



CMMI in Semiconductor Development



The share of semiconductors in the total value of an automobile has been growing in recent years. It is 10 % for the average medium-sized automobile today, and is expected to rise to 20 % in 2015. Associated with this trend are an intensified competitive environment and growing demands for new strategies and development processes. Mastery of complexity, further improvements in development quality and reductions in development costs are called for. This paper by Robert Bosch GmbH and Vector Consulting GmbH shows how the CMMI model is applied to semiconductor development with a special focus on management involvement.

1 History and Initial Situation

Semiconductors represent the foundation of all electronic applications in the automobile. Analogous to the constant growth of the electronic share, semiconductors have exhibited a rising share of value creation in motor vehicles for years now. While in 1985 its share of production costs for an average medium-sized automobile was only 1 %, today it has already grown to 10 %, and 20 % is forecast for 2015 [1], Figure 1.

At Robert Bosch GmbH semiconductors are developed for automotive applications. Typical examples are ICs for safety-critical applications such as airbag, ESP, ABS, circuits for control of diesel and gasoline engines, and communication and navigation applications. The underlying development processes have been evolving by continuous improvement for a long time now. This

has involved observing advances in development methods and tools and integrating the latest ones into the existing development environment (Electronic Design Automation, EDA). Furthermore, a corporate-wide initiative for the analysis, visualization and optimization of development processes was started in 2001. Today, also in the context of a corporate-wide strategic program, systems engineering processes are being optimized using the Capability Maturity Model Integration (CMMI) [2], Figure 2.

In September 2003 a project for CMMI-based process optimization was started in the semiconductor development unit of the Automotive Electronics business area. The goal of the project was to optimize processes to better master the rapidly growing complexity in circuit design and thereby assure competitiveness into the future.

Authors:

Annette Reutter and Dieter Lederer

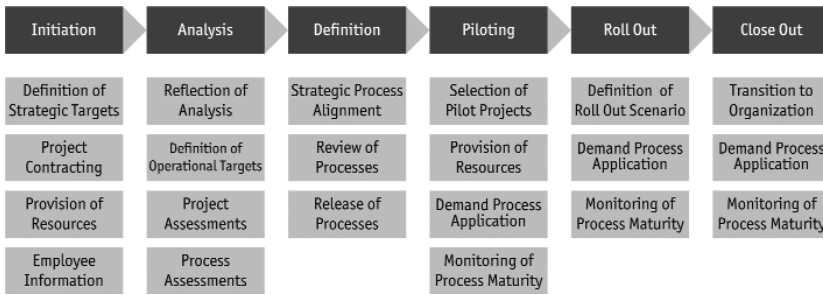


Figure 3: Project phases with management's tasks

2 The Process Improvement Project

A project intended to bring process improvement into an organization must itself be managed in an exemplary manner. In addition, rules of communication and change management must be in force. These simple yet frequently disregarded facts were the guiding principle in defining and implementing the process improvement project.

A full-time project leader who reported directly to the vice president responsible for engineering was put in place. She has the competencies required to lead a large organizational development project to success. The project team was made up of experienced employees. A steering committee was set up for strategic project control and tracking, to which the department managers of the affected area belonged. The strategic partner for the project was Vector Consulting GmbH, which contributed its CMMI know-how and wide-ranging experience in the execution of organizational development projects and methods of change management.

The project was organized into the following phases which are described in the next section:

- Initiation phase
- Analysis phase
- Definition phase
- Pilot phase with first appraisal
- Rollout phase with final appraisal
- Close out phase.

Of special importance to the project were the involvement of management in all project phases, **Figure 3**, and the information and motivation of all affected employees based on a well-defined communication concept, **Figure 4**. It assured need-based communication over all organizational levels and all project phases.

3 The Project Phases

3.1 Initiation Phase

The initiation phase consisted of project definition, rough planning and contracting as well as team building and training. Setting up the project according to the "state of the art of project management" was essential to project success and provided a stable backbone over the entire project period. The project team and management were trained in the CMMI model and in the proceedings of the process improvement project.

In the initiation phase all employees affected by the process improvement project had already been informed in detail by management and project leader, and they were invited to participate in dialog. The special role of management was emphasized by incorporating process improvement goals in the personal objectives of development and department managers.

3.2 Analysis Phase

The analysis phase was used to take inventory. The maturity of the existing development process was assessed in reference to CMMI. Experts with knowledge of the model and experience in model application were needed for this. Self-assessment is definitely not recommended, since this holds a high risk of a faulty assessment.

Management's involvement consisted of reflecting on analysis results, mirroring them to strategic project goals and breaking them down into process improvement goals.

3.3 Definition Phase

During the definition phase existing processes were enhanced according to the requirements of the CMMI model. To organize the definition phase efficiently, a "borrowing strategy" was adopted: Wherever possible, processes, methods and templates were borrowed from other Bosch business areas [3] and adapted to specific requirements. In doing so, it was important to let pragmatism reign, i.e. processes were to be structured toward achieving specific improvement goals and not just to satisfy the CMMI model in a purely formal way. The definition phase concluded with performance of a broad-based review as a quality-assurance measure.

One of the tasks given to management was to achieve strategic alignment of

Target Group	Target	Communication Plan
Higher Management	- Information about project status, success, barriers - Escalation and request of support if needed	Project name and logo
Steering Committee, Middle Management	- Information about activities, goals and benefits of the process improvement project - Information about processes - Information about project status, success, barriers - Escalation and request of support if needed - Support in communication	Intranet
Project Leaders of Pilot Projects	- Information about activities, goals and benefits of the process improvement project - Information about processes - Motivation for being a multiplier - Information about project status, success, barriers	Newsletter
Engineering Process Group	- Information about activities, goals and benefits of the process improvement project - Information about project status, success, barriers	Slides for standard communication
All Employees	- Information about processes - Information about project status, success, barriers	Article in site newspaper
		Advertising material (cups, pens)
		Cockpit chart (project status)
		Project review
		Management consultation
		Information meetings
		Training
		Coaching
		Check of communication success

Figure 4: Communication concept of the process improvement project (extract)

processes; another task was to evaluate new processes and release them based on the review.

3.4 Pilot Phase

In the pilot phase the situation became serious for the first time in development projects. "Trials" of "new" processes were conducted in carefully selected pilot projects. In choosing the projects it was crucial to include "innovators" which were open to new processes and act as signaling examples for other projects [4]. The project teams were trained, and a coach was provided to them, who would support application of the processes. In the pilot projects the process maturity level was regularly measured and tracked as an important goal achievement indicator.

Management had to choose the pilot projects, allocate resources for piloting as well as enlist support for process application and at the same time make project teams accountable. Management's consistent tracking the process maturity level clearly signaled management's expectations to the pilot projects. Compact process training courses were conducted to build management's knowledge base.

3.5 First Appraisal

At the conclusion of the pilot phase an appraisal was conducted as a quality assurance step, comparable to the SCAMPI C appraisal, with the goal of assuring the process maturity necessary for rollout. At the same time the appraisal served as an opportunity to become familiar with the lead appraiser and his evaluation principles and to introduce the lead appraiser to the complex organization. Performance of this quality assurance step is definitely advisable, since it minimizes any residual risk in achieving the objective.

Management worked in detail on the appraisal results, requested their analysis and the definition of suitable corrective actions and consistently tracked implementation actions.

3.6 Rollout Phase

After implementing the actions taken as a result of the appraisal the organization was ready for a widescale rollout of processes. The strategy here was to make it mandatory to apply the processes to all new start-up projects, but to let ongoing projects continue to apply the old processes without requiring conversion. This avoided the added work of retroactive application. Periodic measurements of the process maturity level were taken as was done in the pilot phase, and measurements were aggregated

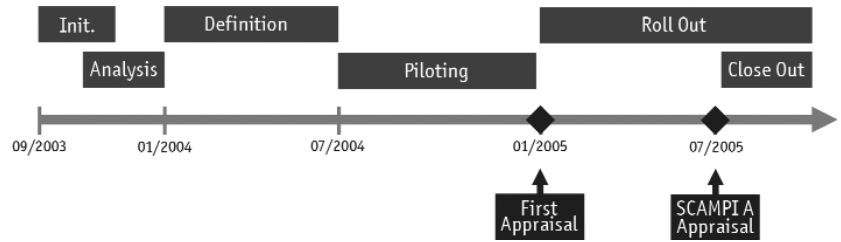


Figure 5: Cycle of the process improvement project

and tracked across processes and departments.

Organization-wide rollout was a task that intensified management's tasks, first in gaining support for the new processes, and second in enforcing unequivocal process conformance.

Overall, an interesting and for large organizations typical trend was apparent in the rollout: Penetration through the organization and an associated broad-based rise in maturity level gained substantial momentum within this phase that spanned six months.

3.7 Final Appraisal

When is the organization ready for appraisal? That is, when has it achieved a process maturity that would lead to confirmation of Maturity Level 2 in a SCAMPI A appraisal? This question was answered based on progress observed in the pilot phase, results of the first appraisal and maturity level measurements in the rollout. The appraisal itself was then only an "act of confirmation". Maturity Level 2 had been achieved in a goal-oriented manner.

In handling the appraisal, management demonstrated a "light handed" approach, that is it allowed the organization sufficient time to apply the process and did not pursue any "level hunting" at the cost of quality, Figure 5.

3.8 Close Out Phase

At the conclusion of the process improvement project preventive measures were taken to ensure permanency of the processes within the organization. The most important actions here were, and continue to be, regular process maturity level measurements in all development projects. They give the projects and management a resilient method for evaluating process application. Trends and any gaps are detected early and countermeasures can be taken.

The future of the organization is clear: Even after achieving the project goal, management is not slackening the effort – the new processes are to become permanently embedded "in flesh and blood".

4 Summary and Outlook

The process improvement project was successfully completed according to the described proceedings after a running time of 22 months. CMMI Maturity Level 2 was achieved for the first time worldwide in semiconductor development in July 2005. The effects are noticeable: Tangible improvements were achieved, especially in complex development projects, e.g. in requirements management and project management – both essential bases for stable and goal-oriented project execution. Significant success factors were the thorough involvement of management in all project phases, need-oriented communication over all organizational levels and target groups as well as project execution according to relevant rules of project management. This improvement initiative is continuing: The next milestone is to achieve CMMI Maturity Level 3 at the end of 2007.

References

- [1] Kfz-Elektronik – Chance und Impulsgeber. Elektronik Praxis, 4/2005.
- [2] www.sei.cmu.edu
- [3] Lederer, D., Fetzler, J., Mentgen, D.: Qualität ist machbar – CMMI in der Hardware-Entwicklung, Automotive Engineering Partners, S. 52-56, 9-10/2005.
- [4] More, G. A.: Crossing the chasm, HarperCollins Publishers, 2002.

1 Historie und Ausgangssituation

Halbleiter sind die Grundlage aller elektronischen Anwendungen im Automobil. Analog zur stetigen Zunahme des Elektronikanteils im Kfz weisen Halbleiter einen seit Jahren steigenden Anteil an der Wertschöpfung von Fahrzeugen auf. Lag deren Anteil an den Produktionskosten eines mittleren Pkw 1985 bei nur 1 %, so ist dieser heute bereits auf 10 % gestiegen und es werden 20 % für 2015 prognostiziert [1], **Bild 1**.

Bei der Robert Bosch GmbH werden Halbleiter für Automobilanwendungen entwickelt. Typische Beispiele sind ICs für sicherheitskritische Anwendungen wie Airbag, ESP, ABS, Schaltungen zur Steuerung von Diesel- und Ottomotoren, aber auch für Kommunikations- und Navigationsanwendungen. Die zu Grunde liegenden Entwicklungsprozesse werden bereits seit langem kontinuierlich verbessert. Hierzu wird der Fortschritt bei den Entwicklungsmethoden und -werkzeugen beobachtet und die jeweils neuesten in die bestehende Entwicklungsumgebung integriert (Electronic Design Automation, EDA). Darüber hinaus wurde ab 2001 ein unternehmensweites Programm zur Analyse, Visualisierung und Optimierung der Entwicklungsprozesse durchgeführt. Heute erfolgt in einem ebenfalls unternehmensweiten strategischen Programm die Optimierung der Systems-Engineering-Prozesse auf Basis des Capability Maturity Model Integration (CMMI) [2], **Bild 2**.

Im September 2003 wurde im Halbleiterentwicklungsbereich des Geschäftsbereichs Automobilelektronik ein Projekt zur CMMI-basierten Prozessoptimierung gestartet. Ziel des Projekts war es, durch optimierte Prozesse die rapide zunehmende Komplexität im Schaltungsentwurf besser zu beherrschen und damit die Wettbewerbsfähigkeit auch zukünftig sicherzustellen.

2 Das Prozessverbesserungsprojekt

Ein Projekt, das Prozessverbesserung in die Organisation bringen soll, muss selbst vorbildlich geführt werden. Zudem muss es die Regeln der Kommunikation und des Change-Managements beherrschen. Diese einfachen – und dennoch häufig missachteten – Tatsachen waren Richtschnur für die Definition und Umsetzung des Prozessverbesserungsprojekts.

Es wurde eine hauptamtliche Projektleiterin mit direkter Zuordnung zum Entwicklungsleiter eingesetzt, die über die erforderlichen Kompetenzen verfügt, um ein großes Organisationsentwicklungsprojekt zum Erfolg zu führen. Das Projektteam wurde mit

erfahrenen Mitarbeitern besetzt. Für die strategische Projektsteuerung und -verfolgung wurde ein Steuerkreis eingerichtet, dem Entwicklungs- und Abteilungsleiter des betroffenen Bereichs angehörten. Strategischer Partner für das Projekt war die Vector Consulting GmbH, die CMMI-Know-how, breite Erfahrung in der Durchführung von Organisationsentwicklungsprojekten und Methoden des Change-Managements einbrachte. Das Projekt war in folgende Phasen gegliedert, die im nächsten Abschnitt beschrieben werden:

- Initiierungsphase
- Analysephase
- Definitionsphase
- Pilotphase mit erstem Appraisal
- Rolloutphase mit abschließendem Appraisal
- Abschlussphase.

Die Autoren



Dr. rer. nat. Annette Reutter ist Gruppenleiterin für Halbleiter-Entwicklung im Geschäftsbereich Automotive Electronics der Robert Bosch GmbH.



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

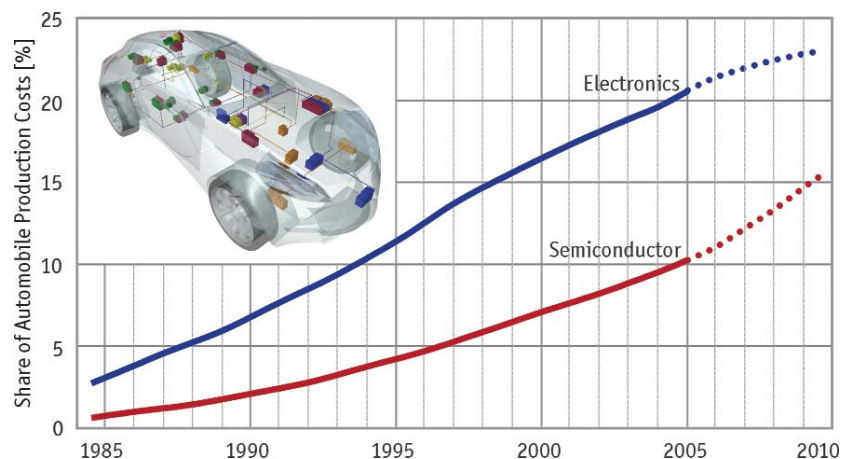
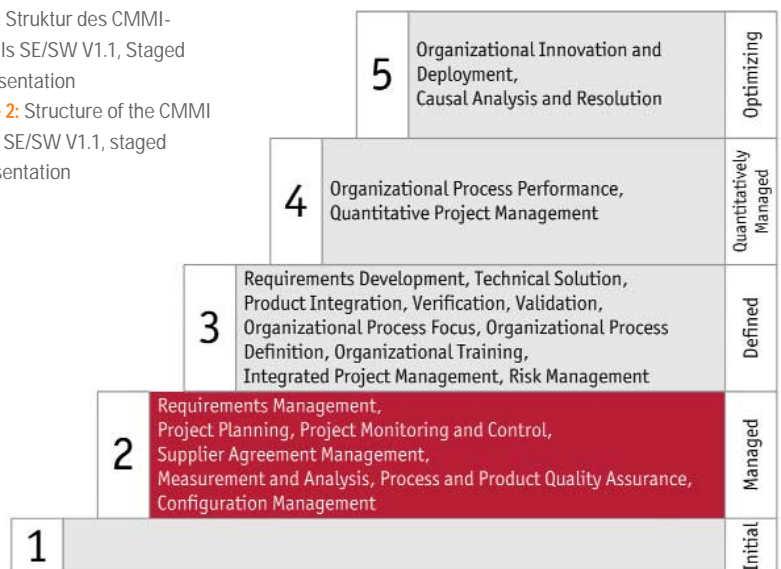


Bild 1: Entwicklung des Elektronik- und des Halbleiteranteils an den Produktionskosten eines mittleren Pkw

Figure 1: Trend in the share of electronics and semiconductors in the production costs of an average medium-sized automobile

Bild 2: Struktur des CMMI-Modells SE/SW V1.1, Staged Representation

Figure 2: Structure of the CMMI model SE/SW V1.1, staged representation



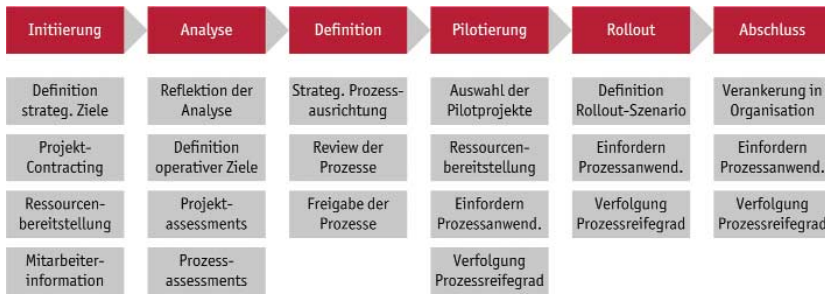


Bild 3: Projektphasen mit den Aufgaben des Managements

Figure 3: Project phases with management's tasks

Von besonderer Bedeutung für das Projekt waren die durchgängige Einbindung des Managements in allen Projektphasen, Bild 3, sowie die Information und Motivation aller betroffenen Mitarbeiter auf Basis eines eigens definierten Kommunikationskonzepts, Bild 4. Mit diesem wurde die bedarfsorientierte Kommunikation über alle Organisationsebenen und über alle Projektphasen hinweg sichergestellt.

3 Die Projektphasen

3.1 Initiierungsphase

Die Initiierungsphase umfasste Projektdefinition, -grobplanung und -contracting sowie Teambildung und Training. Das Aufsetzen des Projekts nach den „Regeln der Kunst des Projektmanagements“ war essenziell für den Projekterfolg und bildete ein stabiles Rückgrat während der gesamten Projektlaufzeit. Projektteam und Management wurden hinsichtlich des CMMI-Modells und des Vorgehens im Prozessverbesserungsprojekt geschult.

Alle vom Prozessverbesserungsprojekt betroffenen Mitarbeiter wurden bereits in

der Initiierungsphase seitens des Managements und der Projektleitung im Detail informiert und zum Dialog aufgefordert. Die besondere Rolle des Managements wurde durch die Aufnahme der Prozessverbesserungsziele in die persönlichen Ziele von Entwicklungs- und Abteilungsleitern betont.

3.2 Analysephase

Die Analysephase diente der Bestandsaufnahme. Es wurde die Reife des aktuellen Entwicklungsprozesses in Bezug auf die Referenz CMMI ermittelt. Hierfür waren Experten mit Modellwissen und Erfahrung in der Modellanwendung erforderlich. Von einer Selbstbewertung wird ausdrücklich abgeraten, da diese das hohe Risiko einer Fehlbeurteilung birgt.

Die Mitwirkung des Managements bestand in der Reflektion der Analyseergebnisse, Spiegelung dieser an den strategischen Projektzielen und Herunterbrechen dieser auf Prozessverbesserungsziele.

3.3 Definitionsphase

Während der Definitionsphase wurden die vorhandenen Prozesse gemäß den Anforderungen

des CMMI-Modells erweitert. Um die Definitionsphase effizient zu gestalten, wurde konsequent auf eine „Übernahme-Strategie“ gesetzt: (Teil-)Prozesse, Methoden und Templates wurden wo immer möglich von anderen Bosch-Geschäftsbereichen übernommen [3] und an die eigenen Anforderungen angepasst. Es war wichtig, dabei Pragmatismus walten zu lassen, also die Prozesse mit Blick auf die eigenen Verbesserungsziele zu gestalten und nicht das CMMI-Modell rein formal zu erfüllen. Die Definitionsphase wurde mit der Durchführung eines breit angelegten Reviews als qualitätssichernde Maßnahme abgeschlossen.

Dem Management kam zum einen die Aufgabe der strategischen Ausrichtung der Prozesse zu, zum anderen die Beurteilung und Freigabe der neuen Prozesse im Rahmen des Reviews.

3.4 Pilotphase

In der Pilotphase wurde es zum ersten Mal ernst für die Entwicklungsprojekte. In sorgfältig ausgewählten Pilotprojekten stand die „Erprobung“ der „neuen“ Prozesse an. Bei der Projektauswahl war es entscheidend, „Innovatoren“ mit einzubeziehen, die den neuen Prozessen aufgeschlossen gegenüberstanden und sich für die Prozessverbesserung mit Signalwirkung für andere Projekte stark machten [4]. Die Projekte wurden geschult und es wurde ihnen ein Coach zur Seite gestellt, der sie bei der Anwendung der Prozesse unterstützte. Der Prozessreifegrad der Pilotprojekte wurde regelmäßig gemessen und als wichtiger Zielerreichungs-Indikator verfolgt.

Das Management hatte die Pilotprojekte auszuwählen, Ressourcen für die Pilotierung bereitzustellen sowie für die Prozess-

Zielgruppe	Ziel
Höheres Management	- Information über Projektstatus, Erfolg, Barrieren - Eskalation und Anforderung von Unterstützung, falls benötigt
Steuerkreis, Mittleres Management	- Information über Aktivitäten, Ziele und Nutzen des Prozessverbesserungs-Projekts - Information über Prozesse - Information über Projektstatus, Erfolg, Barrieren - Eskalation und Anforderung von Unterstützung, falls benötigt - Unterstützung in der Kommunikation
Projektleiter von Pilotprojekten	- Information über Aktivitäten, Ziele und Nutzen des Prozessverbesserungs-Projekts - Information über Prozesse - Motivation, als Multiplikator zu agieren - Information über Projektstatus, Erfolg, Barrieren
Engineering Process Group	- Information über Aktivitäten, Ziele und Nutzen des Prozessverbesserungs-Projekts - Information über Projektstatus, Erfolg, Barrieren
Alle Mitarbeiter	- Information über Prozesse - Information über Projektstatus, Erfolg, Barrieren

Kommunikationsplan
Projektname und Logo
Intranetseiten des Projekts
Newsletter
Folien für Standardkommunikation
Artikel in Hausmagazin
Werbematerial (Tassen, Stifte)
Cockpit-Chart (Projektstatus)
Projekt-Review
Management-Rücksprachen
Informationsveranstaltungen
Training
Coaching
Prüfung des Kommunikationserfolgs

Bild 4: Kommunikationskonzept des Prozessverbesserungsprojekts (Ausschnitt)

Figure 4: Communication concept of the process improvement project (extract)

anwendung zu werben und diese gleichzeitig einzufordern. Durch die konsequente Verfolgung des Prozessreifegrads wurde den Pilotprojekten die Erwartungshaltung des Managements deutlich signalisiert. Zum Wissensaufbau beim Management erfolgten Prozess-Kurzschulungen.

3.5 Erstes Appraisal

Zum Abschluss der Pilotphase wurde ein mit dem SCAMPI-C vergleichbares Appraisal als Qualitätssicherungsschritt durchgeführt mit dem Ziel, die für das Rollout erforderliche Prozessreife sicherzustellen. Gleichzeitig diente das Appraisal dazu, den Lead-Appraiser und seine Bewertungsmaßstäbe kennen zu lernen sowie ihn in die komplexe Organisation einzuführen. Die Durchführung dieses Qualitätssicherungsschritts wird unbedingt angeraten, da mit diesem ein möglicherweise vorhandenes Risiko für die Zielerreichung minimiert wird.

Das Management beschäftigte sich im Detail mit den Appraisalergebnissen, forderte deren Analyse und Definition passender Maßnahmen und verfolgte die Maßnahmenumsetzung konsequent.

3.6 Rolloutphase

Nach der Umsetzung der aus dem Appraisal resultierenden Maßnahmen war die Organisation bereit für den breiten Rollout der Prozesse. Die Strategie bestand darin, die Prozessanwendung in allen neu startenden Projekten verbindlich zu fordern, bereits laufende Projekte jedoch mit den alten Prozessen weiterarbeiten zu lassen und nicht zur Umstellung aufzufordern. Dadurch wurde rückwärtsgewandte Mehrarbeit vermieden. Es erfolgten zyklische Messungen des Prozessreifegrads wie bereits in der Pilotphase, die über Prozesse und Abteilungen hinweg aggregiert und verfolgt wurden.

Dem Management kam mit dem organisationsweiten Rollout verstärkt die Aufgabe zu, einerseits für die neuen Prozesse zu werben und andererseits unmissverständlich die Prozesseinhaltung zu fordern.

Insgesamt war im Rollout eine interessante und für große Organisationen typische Entwicklung zu erkennen: Die Durchdringung der Organisation und damit ein flächendeckender Anstieg des Reifegrads beschleunigte sich innerhalb der sechs Monate dauernden Phase erheblich.

3.7 Abschließendes Appraisal

Wann ist die Organisation appraisalfähig, hat also eine Prozessreife erreicht, die zur Bestätigung des Maturity-Levels 2 in einem SCAMPI-A-Appraisal führt? Diese Frage wurde auf Basis des beobachteten Fortschritts in

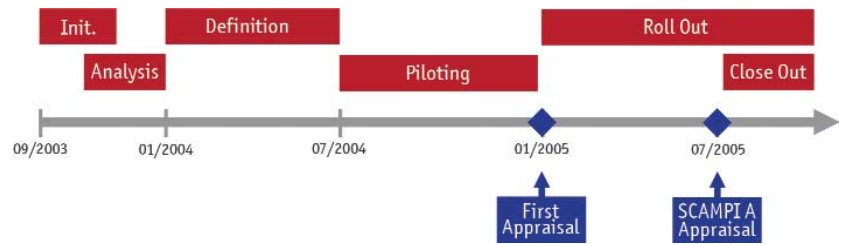


Bild 5: Zeitlicher Ablauf des Prozessverbesserungsprojekts
Figure 5: Cycle of the process improvement project

der Pilotierungsphase, der Ergebnisse des ersten Appraisals und der Reifegradmessungen im Rollout beantwortet. Das Appraisal selbst war dann lediglich ein „Akt der Bestätigung“. Der Maturity-Level 2 wurde zielgerichtet erreicht.

Das Management bewies im Hinblick auf das Appraisal eine „ruhige Hand“, räumte also der Organisation ausreichend Zeit für die Prozessanwendung ein und betrieb kein „Level-Hunting“ auf Kosten der Qualität, **Bild 5**.

3.8 Abschlussphase

Mit dem Abschluss des Prozessverbesserungsprojekts waren Vorkehrungen für eine dauerhafte Verankerung der Prozesse in der Organisation zu treffen. Die wichtigste Maßnahme hierfür waren und sind die regelmäßigen Prozessreifegradmessungen in allen Entwicklungsprojekten. Diese liefern für Projekte und Management eine belastbare Aussage über die Prozessanwendung. Trends und evtl. Lücken sind frühzeitig erkennbar und es kann gegengesteuert werden.

Für die Organisation ist damit klar: Das Management lässt auch nach Erreichen des Projektziels nicht locker – die neuen Prozesse sollen dauerhaft „in Fleisch und Blut“ übergehen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Das Prozessverbesserungsprojekt wurde gemäß dem beschriebenen Vorgehen nach einer Projektlaufzeit von 22 Monaten erfolgreich beendet. Damit war der CMMI-Maturity-Level 2 im Juli 2005 weltweit erstmalig in der Halbleiterentwicklung erreicht. Die Auswirkungen sind spürbar: Insbesondere bei komplexen Entwicklungsprojekten wurden deutlich wahrnehmbare Verbesserungen erzielt, beispielsweise beim Requirements-Management oder beim Projektmanagement – beides essenzielle Basis für eine stabile und zielorientierte Projektdurchführung. Wesentliche Erfolgsfaktoren waren die durchgängige Einbindung des Managements in allen Projektphasen, die bedarfsorientierte Kommunikation über alle Organisations-

ebenen und Zielgruppen hinweg sowie die Durchführung des Projekts nach den gültigen Regeln des Projektmanagements. Die Verbesserungsinitiative wird fortgeführt: Der nächste Meilenstein ist die Erreichung des CMMI-Maturity-Level 3 Ende 2007.

Literaturhinweise

- [1] Kfz-Elektronik – Chance und Impulsgeber. Elektronik Praxis, 4/2005.
- [2] www.sei.cmu.edu
- [3] Lederer, D., Fetzer, J., Mentgen, D.: Qualität ist machbar – CMMI in der Hardware-Entwicklung, Automotive Engineering Partners, S. 52-56, 9-10/2005.
- [4] More, G. A.: Crossing the chasm, HarperCollins Publishers, 2002.

For an English version of this article, see **ATZ elektronik** WORLDWIDE

For information on subscriptions, just call us or send an E-mail or fax:
Vieweg Verlag | Postfach 1546 | D-65173 Wiesbaden
Tel. +49 5241 80-1968 | E-mail: vieweg@abo-service.info