

Entwicklungsrisiken im Griff

Dr. Thomas Friedmann
Matthias Degen
Mainz

Die Produktreife gilt als ein Maß für die Erfüllung von Kundenanforderungen und Entwicklungsvorgaben und damit als ein wirksamer und präziser Stellhebel für die Steuerung von Entwicklungsprojekten. Dieser Ansatz und die Grundzüge der Methodik einer Reifegradsteuerung wurden im ersten Teil des Beitrags in der März-Ausgabe 2009 des CAD-CAM Report vorgestellt.

Wie aber kann eine objektive und reproduzierbare Beurteilung der Produktreife erfolgen? Von welchen Einflussgrößen hängt diese ab? Und wie müssen sich sowohl Produktentstehungsprozesse als auch die Paradigmen zur Steuerung von Entwicklungsprojekten verändern, um daraus den erwarteten Nutzen zu ziehen? Diese und weitere Fragen sollen im Folgenden beantwortet werden.

Die Potenziale zur verbesserten Steuerung der Produktentwicklung auf Basis der Produktreife werden derzeit in Wissenschaft und Industrie intensiv diskutiert, insbesondere für den enorm wachsenden Bereich der mechatronischen Produkte. Der Euphorie über die durchaus bestechende Logik dieses Ansatzes folgt dann zunächst aber meist ein Praxisschock: Während die Serien- oder Auslieferungsreife am physischen Produkt überprüft und die Erfüllung der geforderten Funktionen und Eigenschaften objektiv gemessen werden kann, ist man im Entwicklungsverlauf auf andere Verfahren angewiesen. Die Palette erstreckt sich von der Expertenschätzung über die unterschiedlichsten Berechnungs- und Simulationsmethoden bis hin zur Erprobung von Funktions-, Dauerlauf- und seriennahen Prototypen. Die Aussagekraft der betreffenden Ergebnisse ist, bezogen auf die »voraussichtliche Erfüllung einer spezifischen Lastenheft-Funktion oder -Eigenschaft«, extrem unterschiedlich. Sollen aber zukünftig Entwicklungs- und Projektentscheidungen von oft großer finanzieller Tragweite auf dieser Grundlage getroffen werden, muss das Verfahren zur Reifegradsteuerung dieser Tatsache schon im methodischen Ansatz Rechnung tragen, anderenfalls wird es keine Akzeptanz in den Entwicklungsbereichen finden.

Im hier vorgestellten Verfahren wird daher die bereits erwähnte Definition der Produktreife als »Erfüllung der geforderten Funktion« in

einem zentralen Punkt präzisiert: »Der Reifegrad eines Produktes beschreibt die Abweichung vom definierten funktionalen Ziel (den Zielerreichungsgrad) in Abhängigkeit von der

Absicherungsverfahren (Klassifizierung)	Charakteristik	Bewertungsqualität (in %)
Schätzung	Geschätzte Werte auf Basis von: Erfahrungen Expertenurteil ähnlichen Bauteilen	30
Auslegungsberechnung	Berechnete Werte auf Basis von: Grobkalkulation ersten vereinfachten CAD-Modellen Auslegungsrichtlinien Auswahl von Komponenten aus Katalogen mit zum Teil unvollständigen/ ungenauen Kräften, Momenten	40
Berechnung	Berechnete Werte auf Basis einer: Bauteilkalkulation mit relativ exakten Eingangsgrößen (Kräfte, Momente, Verformungen nach etablierten Berechnungsverfahren) Berechnung unter Berücksichtigung der Fertigungsverfahren	60
Berechnungsnachweis	Berechnete Werte auf Basis von: zertifizierten Berechnungsnormen (z.B. Druckkessel, Federberechnung nach DIN) Nachrechnung mit exakten (gemessenen Eingangsgrößen) oder ersten Testergebnissen Messergebnissen (Gewichte) aus dem CAD Modell	70
Simulation	Berechnete Werte, zusätzlich abgesichert durch geeignete Simulationsverfahren, z.B. FEM Spritzgiessimulation Strömungssimulation	80
Test	Messergebnisse auf Basis von: Versuchen mit Prototypen Messung von Prototyp-/ Vorserienkomponenten und -eigenschaften ersten Werkstoffanalysen	95
Serienbewertung / Abnahme	Messergebnisse auf Basis von: seriennahen Tests Messung von Serienkomponenten und -produkten bestätigten Kenn- und Leistungsdaten bereits erprobter Komponenten	100

Tabelle 1: Absicherungsverfahren, die zur Bestimmung der Produktreife in den verschiedenen Entwicklungsstadien eingesetzt werden.

Sicherheit der Funktionserfüllung.« Hierzu berücksichtigt die Methode die Charakteristik und Ergebnisqualität der Absicherungsverfahren, die zur Bestimmung der Produktreife in den verschiedenen Entwicklungsstadien eingesetzt werden (Tabelle 1).

Die dargestellte Klassifikation der Absicherungsmethoden anhand ihrer Bewertungsqualität ermöglicht die Einbeziehung einer »Auslegungssicherheit« in die Reifegradsteuerung des Entwicklungsprozesses, nämlich:

- bei der Vorgabe der SOLL-Reife: Spezifisch für die betreffende Produktart wird eine

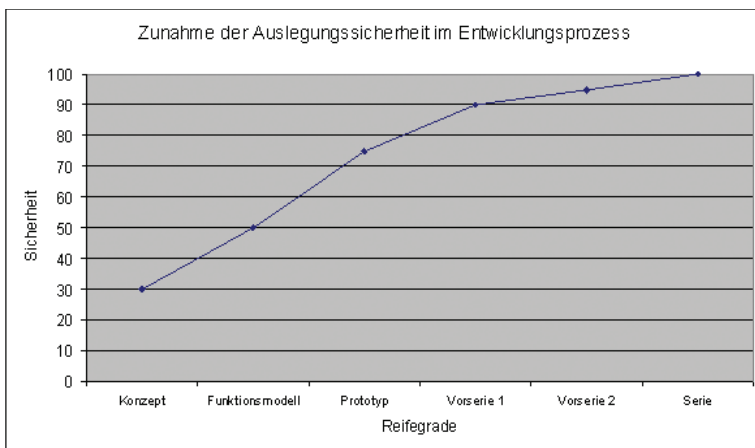


Bild 1: Idealkurve des Reifegradverlaufs als Ergebnis der Strukturierung der Absicherungsmethoden.

»Mindest-Sicherheit« der einzusetzenden Absicherungsmethoden festgelegt, und dies jeweils pro Meilenstein beziehungsweise Gate im Entwicklungsprozess und für jede zu erfüllende Funktion. Damit definiert ein Unternehmen die für seine Produkte im jeweiligen Entwicklungsabschnitt zulässige Unsicherheit bei der Bewertung der Produktreife.

- bei der Ermittlung der IST-Reife: Abhängig von der tatsächlich verwendeten Absicherungsmethode wird die Reife einer Produktfunktion oder -eigenschaft zu jedem Betrachtungszeitpunkt in Relation zur möglichen Ungenauigkeit dieser Methode (also dem Restrisiko einer Fehlbeurteilung) gesetzt.

Das Klassifikationsschema ist nicht starr und muss an die unternehmensspezifische Situation angepasst werden. Dabei ist es wichtig, dass die Grenzen zwischen den Klassen präzise definiert sind, um Missverständnisse zu vermeiden. Auf der Basis dieser Klassifikation und der spezifischen Zuordnung der Absicherungsmethoden zu Funktionen kann zu jedem Zeitpunkt der Entwicklung die Reife und Auslegungssicherheit einer Produktfunktion kalkuliert werden. Zusammengefasst über alle Funktionen ergibt sich somit die Auslegungssicherheit für das Gesamtprodukt zum jeweiligen Betrachtungszeitpunkt. Der Verlauf dieser Ge-

samtsicherheit über die Betrachtungszeitpunkte bildet zugleich die Idealkurve der Reifegradentwicklung (Bild 1).

Die Reife der einzelnen Produktfunktionen und -eigenschaften wird als prozentuale Abweichung von ihrem jeweiligen Planwert ermittelt und geht über die bereits erläuterte Gewichtung der Funktionen in den Reifegrad des Gesamtproduktes ein.

Auf diese Weise lassen sich einige Erfahrungswerte aus der Praxis im Berechnungsmodell abbilden:

- Die Idealkurve der Reifegradentwicklung verläuft analog zur geforderten Auslegungssicherheit. Dies spiegelt somit auch das »normale« Entwicklungsrisiko wider, denn je niedriger die Sicherheit der Methoden, um so höher das Risiko, mit dem die anstehenden Entscheidungen behaftet sind. Die Differenz zwischen dem idealen Verlauf und dem aktuellen, davon abweichenden Verlauf der Reife indiziert ein zusätzliches Entwicklungsrisiko und muss daher die Basis für zu treffende Projektentscheidungen sein.

- Ist der aktuelle Wert (der Reifegrad-Forecast) mit dem Planwert identisch, liegt der Reifegrad auf der Linie der zunehmenden Auslegungssicherheit.

- Kann ein Forecast nur mit eingeschränkter Sicherheit getroffen werden, sinkt der Reifegrad.

- Liegt sowohl die aktuelle Sicherheit der Auslegungsmethoden als auch der Forecast unterhalb des Planwertes, sinkt der Reifegrad deutlich.

Erfahrungen in Entwicklungsprojekten zeigen, dass es für die Berechnung der Reife – entgegen der spontanen Erwartung – irrelevant ist, ob die Abweichung nach oben oder nach unten erfolgt. Hier wird oft das Gegenargument angeführt, dass Übererfüllung einer geforderten Funktion oder Eigenschaft eigentlich positiv und damit grundsätzlich erwünscht sei (Beispiel: Unterschreitung des geforderten Gewichts). In vielen Fällen wird dieses »Overengineering« jedoch mit Einbußen bei anderen Produkteigenschaften erkaufte (am Beispiel Gewicht mit geringerer Stabilität, schlechterem Crash-Verhalten oder höheren Herstellkosten). Daher ist es wichtig, dass die Reifegradsteuerung das frühzeitige Erkennen und Bewerten wirklich aller Abweichungen ermöglicht, um diese wechselseitigen Abhängigkeiten differenzierter wahrnehmen und im Bedarfsfall Maßnahmen zur Gegensteuerung einleiten zu können. Wird die Überschreitung des Zielwertes nach eingehender Prüfung ausdrücklich gewünscht, bietet die Methode

die Möglichkeit, den neuen Wert als Planwert in die Steuerung zu übernehmen.

Die Bewertung der aktuellen Produktreife erfolgt in so genannten Design-Reviews, die anlässlich der definierten Meilensteine seitens des Projektmanagements terminlich festgelegt werden. In einem interdisziplinären Team, (produktabhängig) bestehend aus Mechanik-, Elektronik- und Software-Entwicklern, verstärkt durch weitere Experten aus den Bereichen Simulation, Test oder Fertigung, wird die aktuelle Produktreife festgestellt und analysiert. Hierzu wird die Erfüllung der funktionalen Zielwerte aus den Ergebnissen der verwendeten Absicherungsmethoden berechnet. Die Erfahrung zeigt, dass die Diskussion über den tatsächlich erreichten Entwicklungsstand anschließend sehr effizient abläuft, da Abweichungen in der Zielerreichung explizit und in ihren Auswirkungen für das Team sehr deutlich erkennbar sind (Bild 2).

Die korrekte Positionsbestimmung und –daraus abgeleitet – die Entscheidung über die jeweils richtigen Korrekturmaßnahmen zur Sicherstellung der Zielerreichung, sind absolut erfolgskritisch für ein Entwicklungsprojekt. An dieser Stelle spielt die Reifegradmethode eine ihrer größten Stärken aus: Das hinterlegte Funktionale Produktmodell in Verbindung mit der bereits erwähnten Funktionsgewichtung und der Funktionen-Komponenten-Beziehungsmatrix unterstützt die gezielte Einflussanalyse von Änderungen an Komponenten auf die Zielerreichung der jeweils betroffenen Produktfunktionen. Einfach ausgedrückt: Der gefürchtete »Verschlimmbesserungseffekt«, also die versehentliche Verschlechterung einer Produkteigenschaft durch Optimierung einer anderen, kann schon im Ansatz vermieden werden. Dadurch steigt die Qualität, Effizienz und Nachhaltigkeit der Korrekturmaßnahmen – die Auswirkungen auf Projektkosten und -termine sind offensichtlich. Nebenbei fördert diese Transparenz und die »neutrale« Analyse der Auswirkungen von Änderungen auf die Funktionserfüllung eine neue Diskussionskultur, wo heute eher eine Lagerbildung der Spezialisten aus Mechanik, Elektronik und Software zu beobachten ist. Ist die Reifegradsteuerung auf diese Weise in allen wichtigen Projekten eines Unternehmens etabliert, bieten standardisierte Auswertungen und Ergebnisdarstellungen einen guten Überblick über Status und Forecast des gesamten Entwicklungsportfolios (Bild 3).

Es wäre unrealistisch, anzunehmen, ein initial definiertes Lastenheft würde bei kom-



Bild 2: Einsatz der Reifegradsteuerung im Design-Review (Projektbeispiel).

plexen mechatronischen Produkten über die Laufzeit des Entwicklungsprojektes unverändert bleiben. Daraus ergibt sich eine weitere wichtige Anforderung an die Reifegradmethode: Änderungen an der Gewichtung von Funktionen, Zielwerten oder das »spätek« Hinzufügen einer weiteren Funktion müssen schnell und konsistent durchführbar und in ihren Auswirkungen unmittelbar bewertbar sein. Diese Flexibilität wird erreicht durch Änderungen am Funktionalen Produktmodell und Anpassungen der Funktionsgewichtung, wodurch auch das Durchspielen unterschiedlicher Szenarien zur Unterstützung der Entscheidungsfindung zeitnah möglich wird.

Mit der konsequenten Umsetzung der Reifegradmethodik im Produktentstehungsprozess schafft ein Unternehmen die Voraussetzungen für das »wirtschaftliche Erreichen einer definierten Produktqualität und Auslegungssicherheit zu allen Meilensteinen im Entwicklungsprozess«. Die erzielbaren Effekte liegen damit nur vordergründig im Bereich der Qualitätssteigerung, de facto ergeben sich deutliche Ertragspotenziale aufgrund minimierter Serienanlaufkosten, geringerer Änderungskosten sowie vermiedener Nachbesserungs- und Gewährleistungskosten, und dies bei einer gleichzeitig deutlich gesteigerter Termintreue.

Was bedeutet in diesem Fall »konsequente Umsetzung«, das heißt welche Veränderungen am bisher gelebten Entwicklungsprozess sind vorzunehmen, um die genannten Potenziale voll ausschöpfen zu können? Bisherige Projekterfahrungen zeigen, dass primär

Die Auslegungssicherheit wird als zentrales Erfolgskriterium erkannt

die folgenden vier Themen angegangen werden sollten:

1. Optimierung der Anzahl und Ausprägung von Meilensteinen oder Gates.
2. Optimierung einzelner Absicherungsmethoden in Bezug auf Meilensteine, Methodik, Aufwand und Kosten.
3. Optimierung des Reifegradverlaufs einzelner Funktionen.
4. Optimierung des Risikomanagements.

Zu 1: Zwar gibt es allgemein gehaltene Orientierungshilfen bis hin zu branchenüblichen Vereinbarungen (Phase-Gate Model, APQP), wie Meilensteine in einem Entwicklungsprojekt inhaltlich definiert sein sollten.

Letztlich obliegt es aber jedem Unternehmen, anhand der Charakteristik des Produktes und dem Innovationsgrad der Entwicklungsprojekte festzulegen, wie viele Meilensteine mit welcher Ausprägung für die Messung des Projektfortschritts und damit zur kontrollierten Zielerreichung sinnvoll sind. Zu dieser produkt- und unternehmensspezifischen Festlegung leistet die Reifegradmethodik einen wesentlichen Beitrag. Einerseits »schärft« sie die einzelnen

steine bisher eher dadurch gekennzeichnet, dass im jeweiligen Schritt große Veränderungen erwartet wurden, empfiehlt sich nun die gezielte Einführung weiterer Meilensteine. Damit steigt einerseits die Verlässlichkeit der Wirkung von Projektmaßnahmen auf den Reifegradverlauf. Andererseits führt die gleichmäßige Steigerung der Auslegungssicherheit zusammen mit einer hinreichenden Anzahl von Meilensteinen dazu, dass Projekte sicherer gesteuert, Risiken früher erkannt und die Prognosefähigkeit des Reifegradverlaufs mit der beschriebenen Methode gesteigert werden können.

Zu 2: Quer über die Produktfunktionen wird von Meilenstein zu Meilenstein eine Vielzahl von Absicherungsmethoden in den verschiedenen Fachdisziplinen Mechanik, Elektronik und Software eingesetzt. Folglich entsteht entsprechend hoher Aufwand, sowohl bei der Anwendung virtueller Verfahren – unter anderem für die Erstellung von Simulations- und Berechnungsmodellen – als auch für physische Tests, bei denen oft enorme Kosten für Bauteile, Werkzeuge, Funktionsmuster oder Prototypen anfallen. Die beauftragten Simulationsexperten und Testlabors können aufgrund ihrer auf diese Aufgabe konzentrierten Sichtweise und der parallelen Einbindung in viele weitere Projekte aber nur bedingt die Auswirkungen der durchgeführten Untersuchungen im Kontext des gesamten Projektes bewerten.

An dieser Stelle lässt sich mit der Reifegradsteuerung eine bessere Koordination der verschiedenen Absicherungsverfahren untereinander sowie quer über die Fachdisziplinen erreichen, und das streng

orientiert an der für den jeweiligen Meilenstein notwendigen Auslegungssicherheit. Die intensive Beschäftigung mit der Ergebnisqualität der Absicherungsmethoden führt ebenfalls zu Verbesserungsmöglichkeiten, einerseits hinsichtlich der Voraussetzungen für deren optimale Anwendung, andererseits durch Optimierung der Methoden selbst in Bezug auf die Sicherheit des Resultats. In Summe können auf diese Weise Aufwand und Kosten der Produktabsicherung signifikant gesenkt werden (Bild 4).

Zu 3: Mit dem Einsatz der Reifegradsteuerung im Unternehmen wächst sukzessive

Maximale Flexibilität für »späte« Änderungen im Entwicklungsprozess ermöglichen

Meilensteine durch Vorgabe der jeweils einzusetzenden Absicherungsmethoden mit definierter Ergebnisqualität. Somit werden die Meilensteine unter diesem Aspekt inhaltlich präziser festgelegt und geordnet.

Eine weitere Optimierungsmöglichkeit steckt in der Verbesserung der Prognosen des weiteren Reifegradverlaufs an diesen Meilensteinen. Die Qualität dieser Prognosen, die in Design-Reviews auf der Basis definierter Maßnahmen abgegeben werden, korreliert unmittelbar mit der Anzahl, Ausprägung und den logischen/zeitlichen Abständen der weiteren Meilensteine. Waren diese Meilen-

Produktreife_grad_Ampel_Konzept	Produktreife_Soll_Kon	Produktreife_Ist_Konzept	Produktreife_grad_Ampel
Gesamt	13,00	140,00	125,00 25,46
Entwicklung eines Scheinwerfers	1,00	30,00	29,00 8,96
Entwicklung Scheinw-4	5,00	20,00	15,00 8,00
Entwicklung Scheinw-3	1,00	30,00	29,00 2,00
Entwicklung Scheinw-2	1,00	30,00	31,00 2,00
Entwicklung Scheinw-1	5,00	30,00	25,00 4,50

Produktreife_Ist_Funk	Produktreife_grad_Ampel	Produktreife_Soll_Proj	Produktreife_Ist_Proj	Produktreife_grad_Ampel
217.54	35.40	375.00	349.60	26.37
40.04	16.40	75.00	58.60	2.46
32.00	7.00	75.00	68.00	2.46
52.00	5.00	75.00	80.00	2.45
48.00	2.00	75.00	73.00	17.00
45.50	5.00	75.00	70.00	2.00

Bild 3: Schnelles Erkennen von Risiken und abweichenden Reifegradverläufen in der Multiprojektsicht (Projektbeispiel).

die Erkenntnis über den Einfluss des Reifegradverlaufs einzelner Produktfunktionen auf die Qualität des gesamten Produktentstehungsprozesses. Das Erreichen einer höheren Reife einer Funktion zu einem frühen Zeitpunkt kann erhebliche Einsparungen durch Vermeidung späterer Änderungs- und Optimierungsschleifen bei anderen Funktionen ermöglichen. Umgekehrt kann es sinnvoll sein, die Reife bei bestimmten Funktionen zunächst auf einem hinreichenden Niveau zu belassen und erst in einem späteren Stadium gezielt weiter zu entwickeln, was unter Umständen mehrfache Simulationen und Tests vermeidet.

Ein derart differenzierter Reifegradverlauf wird auch der unterschiedlichen Charakteristik in den Disziplinen Mechanik, Elektronik und Software besser gerecht. Viele Änderungsschleifen in der Software-Entwicklung sind durch unzureichend koordinierte Maßnahmen aus den Bereichen Mechanik und Elektronik verursacht. Weil ja bekannt ist, dass Software-Änderungen »leicht und schnell« durchführbar sind, führt dies hier zu vermehrten Änderungsanforderungen, die jedoch durch eine höhere Reife der Mechanik- oder Elektronik-Funktionen vermeidbar wären. Diese oft historisch geprägte Kultur der Zusammenarbeit in der Mechatronik-Entwicklung kann durch eine differenzierte, bewusste Steuerung des Reifegradverlaufs entzerrt werden und reduziert gleichzeitig signifikant Aufwand und Kosten.

Zu 4: Jede Produktentwicklung und jedes Entwicklungsprojekt hat unternehmerische Risiken. Sie sind umso höher, je innovativer das Produkt, je enger der Zeit- oder Budgetrahmen für das Projekt und je ungewohnter die neue Konfiguration von (auch bereits bestehenden) Komponenten und Modulen ist. Die hier vorgestellte Methode der Reifegradbewertung und -steuerung trägt wesentlich dazu bei, diese zusätzlichen Risiken früher zu erkennen, präziser zu analysieren und ihnen gezielter zu begegnen.

Ist im Unternehmen bereits ein Risikomanagementprozess etabliert, erhält dieser mit der Reifegradprognose aus den Ent-

wicklungsprojekten wesentlich bessere Informationen, um Maßnahmen zur Vermeidung oder Begrenzung wichtiger Risiken zu entwickeln. Dies nützt wiederum auch dem Entwicklungsbereich, insbesondere dann, wenn Maßnahmen außerhalb des Kompetenzbereiches des Projektteams ergriffen werden müssen. Beispiele sind: Bilden von Rückstellungen, Abstimmung von Marketingmaßnahmen bei Nichteinhalten von Produktankündigungen zu Messen, frühzeitiges Ansprechen externer Dienstleister zur Unterstützung des Entwicklungsprojektes. Da bei der Einführung der Reifegradsteue-

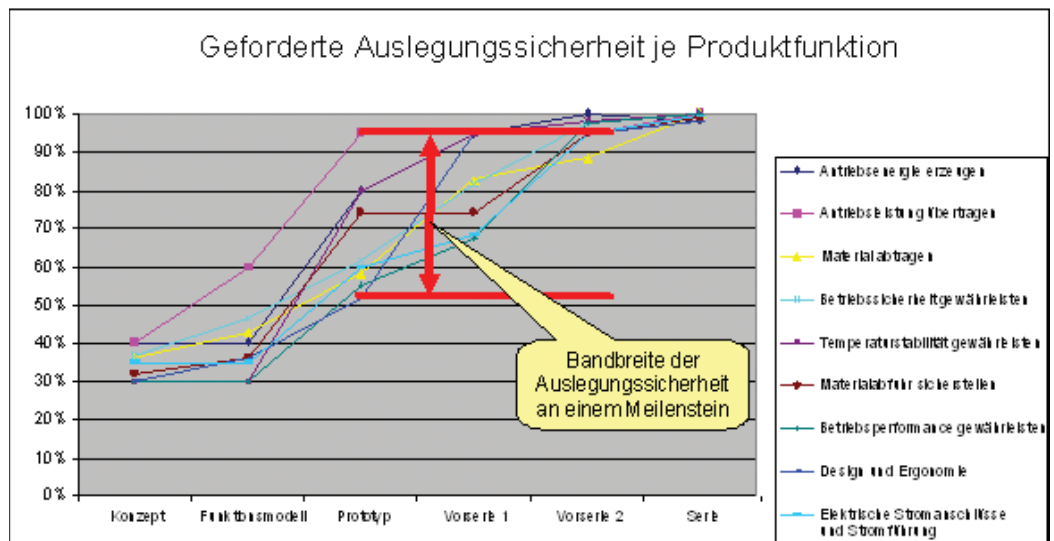


Bild 4: Produktabhängige Differenzierung der Auslegungssicherheit (Projektbeispiel).

wicklung – gleichsam ein Paradigmenwechsel im Kernprozess eines Unternehmens – mit erheblichen Bedenken und Widerständen bei Führungskräften und Mitarbeitern gerechnet werden muss, wird im dritten Teil des Beitrags auf die richtige Vorgehensweise und entsprechende Erfahrungen eingegangen.

Dabei liegt es auf der Hand, dass die dargestellten Potenziale der Methode mit einer auf die Prozessveränderungen abgestimmten, durchgängigen IT-Unterstützung noch besser genutzt werden könnten. Welche Möglichkeiten hierzu bereits heute bestehen und welche Forderungen an die weitere Entwicklung von ERP-, PLM- und Projektmanagement-Lösungen zukünftig zu stellen sind, wird ebenfalls herausgearbeitet. Hierfür wird unter anderem die Integration weiterer Methoden (QFD, FMEA) mit Hilfe des Funktionalen Produktmodells erläutert.

–fr–

thomas.friedmann@life-cycle-engineers.de
www.life-cycle-engineers.de