

Nachhaltige Produktentwicklung bei Mercedes-Benz - Werkzeuge zum Controlling von Projektfortschritt und Produktreifegrad

Dr. Ulf Räse
Mercedes-Benz, Werk Berlin
Entwicklung

1 Einleitung

Bedingt durch die Massenfertigung im Automobilbau, verbunden mit dem Zwang, in immer kürzeren Zyklen neue Modelle herauszubringen und gleichzeitig alle Nischen (SUV, Roadster, Kombi usw.) zu besetzen, sehen sich die OEM's gezwungen ihre Entwicklungszeiten stetig zu verkürzen. DAS Horror-szenario hierbei ist eine Rückrufaktion aufgrund mangelnder Produktreife (Bild 1). Insbesondere im Powertrain (Motor, Getriebe, Achsen) wächst die Notwendigkeit, Komponenten systematisch zu validieren, d.h. ihren Reifegrad nach allen bekannten Anwendungsfällen (hohe/tiefe Temperaturen, min/max. Toleranzen der Fertigung) durch entsprechende Testläufe während der Entwicklungsphase freizufahren. Der Trend zur Kraftstoffeinsparung (CO₂-Reduzierung) verschärft diese Situation noch, da die mechanischen Auswirkungen (z.B. Verschleiß) von neuen, reibleistungsreduzierenden Ölen, optimierten Verbrennungsverfahren (Otto-Direkteinspritzung) sowie gewichtseinsparenden Werkstoffen und Hybridtechnologien zusätzlich validiert werden müssen.



Bild 1: Beispiele von Rückrufaktionen

Im Folgenden werden Ansätze aufgezeigt, die eine systematische Vorgehensweise bei der Entwicklung von Motorenkomponenten sowie ein Controlling des entsprechenden, dem Entwicklungsfortschritt angepassten Reifegrades ermöglichen.

2 Entwicklung von Motorenkomponenten

Basis aller Aktivitäten zur Entwicklung von neuen Motoren und deren Komponenten bei Mercedes-Benz bildet das Mercedes-Benz Development System (MDS, Bild 2). Hier wird vorgeschrieben, welche Quality-Gates (inhaltlich und terminlich) zu durchlaufen sind. Gleichzeitig sind die Meilensteine bzw. Zeichnungstände

- **„P“-Freigabe**
 - der Einkauf kann Anfragen an Lieferanten starten, insbesondere für die werkzeugabhängige Langläufer, wie Druckgussteile

Da das MDS jedoch nur den groben Rahmen eines komplexen, immer wieder an die jeweiligen Umstände anzupassenden Entwicklungsprozesses darstellen kann, müssen Bauteile, wie z.B. Motorenkomponenten, wesentlich detaillierter bzgl. ihres Entwicklungsfortschritts und des zugehörigen Reifegrades controlled werden. Hierfür stehen verschiedene Qualitätswerkzeuge zur Verfügung.

3 Reifegrad-Controlling

Im Rahmen regelmäßiger Sitzungen wird der Bauteilreifegrad vom Projektleiter „Entwicklung“ vorgestellt. Das Zuhörergremium setzt sich zusammen aus erfahrenen Kollegen und Vorgesetzten (Team- und Abteilungsleiter der Entwicklung). Die Projektleiter haben sich hierbei einer offenen, zum Teil kritischen Diskussion ihrer Ergebnisse zu stellen. Basis der Diskussion ist ein Statusbericht (Bild 3):

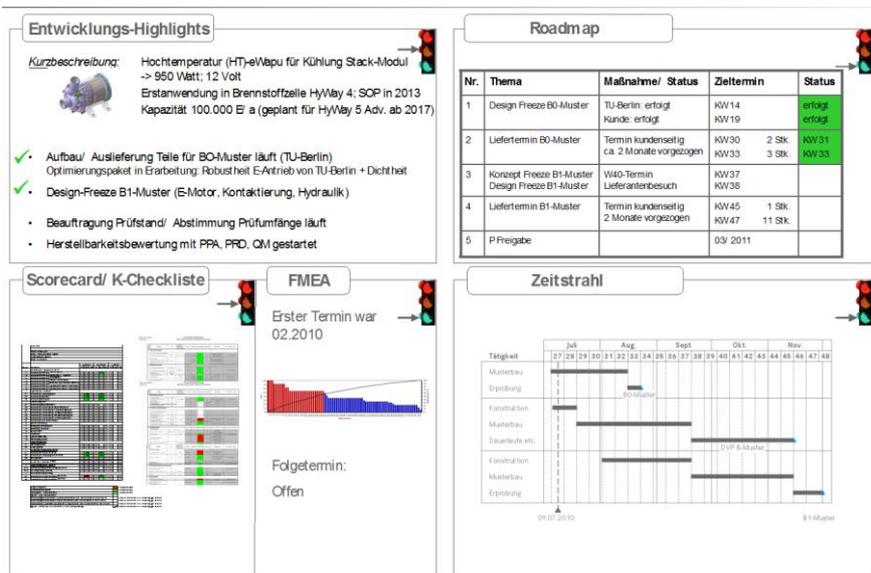


Bild 3: Statusbericht zum Reifegradcontrolling

In den **Entwicklungs-Highlights** werden – neben einer Kurzbeschreibung des Projektes – die im Berichtszeitraum anstehenden Kernthemen (positiv und negativ) aufgeführt. Dieser Teil des Statusberichts kann vom Projektleiter auch als Bitte um Unterstützung an Kollegen oder Vorgesetzte genutzt werden.

Die Highlights referenzieren direkt auf die **Entwicklungs-Roadmap**, wo die technischen Inhalte in den MDS Rahmen gefasst werden und sich somit an Quality-Gates, Meilensteinen und Freigaben orientiert. Aufgezeigt werden Auffälligkeiten, die nach Ampellogik rot, gelb oder grün gemeldet werden. Die gelbe Farbe signalisiert hierbei „Probleme, jedoch beherrscht und mit Abhilfemaßnahmen versehen“ und weist auf inhaltliche Herausforderungen, bzw. zeitliche Probleme hin, die jedoch noch bis Projektende aufgeholt werden können. Die Farbe Rot weist auf vermeintlich unlösbare Probleme hin, bzw. auf einen nicht mehr aufzuholenden Zeitverzug. In diesem Fall ist Management-Unterstützung gefragt, d.h. in der Regel, dass mehr Ressourcen (Man-Power oder Geld) eingesetzt werden, oder dass mit dem Kunden eine Verlängerung der Projektlaufzeit diskutiert wird.

Mittels der **K-Checkliste** und der **Scorecard** werden technische Themen diskutiert. Die K-Checkliste zeigt alle für das Produkt notwendigen Auslegungsschritte und -berechnungen auf. Als Bestandteil des Wissensmanagement enthält sie das Erfahrungswissen, welches über Vorgängerprojekte von verschiedenen Konstrukteuren aufgebaut wurde. Die K-Checkliste (Bild 4) bildet ab, wie entwickelt wird.

Id. Nr.	Aufgabe	Tool	Lastenheft- / Pflichtenheft- / Referenzwerte	Datum	Iststand	Bewertung	Verant.wortl.	Bemerkung	Ref.- Ordner / Datei
3	Festigkeitsberechnungen								
	*Festigkeit Gehäuse	FEM	R _{poor} <140MPa	21.05.2010	110MPa	OK	Plank	Klebung für hohe Temperatur erforderlich	013_Statorfixierung
	*Festigkeit Gehäuse (Verformung Statormontage)	FEM							
	*Zusammenbau Rotor Magnetbefestigung	FEM							
*Festigkeit Gehäuse (Verformung Dichtfläche) Temperatureinfluss	FEM	Wittenstein							
							Rettig	31.07.2010	
4	Geometrie (Toleranzrechnungen)								
	*Verschraubbarkeit Gehäuseschrauben (Fluchtung und Länge beachten)	VIS VSA	-				USt		
	*Freigängigkeit Laufrad	VIS VSA	-				USt		
	*Rotorposition/ axiale Lage zum Stator/ Gehäuse)	VIS VSA					USt		
	*Toleranz Federeinbauraum Kugellagervorspannung	Mdesign	1mm	17.06.2010	1,02mm	NIO	Wegner, Ust	bei statistischer Betrachtung unkritisch	014_Federscheibe
	*grundsätzliches Dichtungskonzept	CAD				OK	Wegner, Ust		
*Auslegung Dichtelemente	Berechnung Lieferant		21.06.2010		OK	Simrax	Toleranceinfluss; Verpreszung	004_Dichtung_Simrax	
6	Auslegung F-Motor								
	Grundauslegung								
	Nenn Drehzahl/ Nennmoment	Mathcad, CCM	*250rpm; 0.8Nm			-	USt	Vorgaben für Motorauslegung aus hydraulischer Auslegung	
	* Wirkungsgrad		>90%	03.06.2010	92%	OK	Fa. Wittenstein	Lieferantenangabe	021_Wirkungsgrad_Motor
	* Drehmomentverälligkeit bei Blockkommutierung		<5%		15%	NIO	Fa. Wittenstein	Lieferantenangabe; magnetische Auslegung für Simulokommutierung; Kritikalität muss im Versuch bewertet werden	
Motor konstante (induzierte Spannung)		~10.5V@9250rpm		9,4V	OK	Fa. Wittenstein	Lieferantenangabe		

Bild 4: Konstruktionscheckliste (K-Checkliste) für eine elektrisch angetriebene Wasserpumpe

Zusätzlich sind in projektbezogene Daten, wie verwendete Tools, Verantwortlichkeiten, Projektpartner und -ablage aufgezeigt, ebenso wie zugrundeliegende Lastenheftwerte (Soll-Wert) und berechnete Werte (Ist-Wert). Gibt es eine Diskrepanz zwischen Sollwert und Istwert, so wird dies durch die Farbe „Rot“ angezeigt und setzt automatisch die Erstellung eines relevanten Maßnahmenplanes, inklusive dessen Controlling (bis der Sollwert erreicht ist) in Gang. Auf diese Weise wird die zu durchlaufende Schleife auditwirksam geschlossen.

Die Farbe „Gelb“ - „Auslegung ist grenzgängig“ existiert hierbei nicht, sondern es werden auf den Automobilbau angepasste Sicherheitsfaktoren verwendet.

Die **Scorecard** bildet den zweiten Baustein zum Controlling des technischen Produktreife-grades. Sie zeigt den Reifegrad des Bauteils auf und schreibt vor, wie das Bauteil validiert wird. Die o.g. drei Prototypen-Chargen dienen dazu, das Bauteil bei zunehmender Produktions-Serienreife (z.B. aus dem Vollen, Sandguss, Druckguss) zu validieren. Hierbei werden sowohl Funktions- als auch Dauerläuferproben bei Nominalmustern und Grenzmustern (Min., Max., Hoch-, Tieftemperatur, verschiedene Ölsorten usw.) durchgeführt.

Am Beispiel einer elektrisch angetriebenen Wasserpumpe (E-Wapu) zeigt Bild 5 auf, welche funktionalen Tests durchlaufen werden. Neben den konventionellen Prüfungen einer mechanisch/hydraulischen Wasserpumpe

- Mechanische Komponententests
- Hydraulisch Funktion
- Dauerhaltbarkeit und
- Umweltprüfung,

die dem Erfahrungswissen entnommen sind, tauchen die für einen bisher mechanisch/hydraulisch aufgestellten Entwicklungsbereich neuen Begriffe wie:

- Elektrische Komponententests
- Elektrische Funktion

Selbstverständlich ist die Scorecard nur die oberste Aggregationsstufe einer Vielzahl von Einzeltest, die alle entsprechend dokumentiert sind. Die folgende Auflistung zeigt die Komplexität eines Validierungsvorganges auf:

- Prototyp wird fertig gestellt und zu 100 % geometrisch vermessen
- Prototyp wird funktionserprobt
- Geometrische und funktionale Merkmale werden dokumentiert
- Prototyp geht in den Dauerlauf (Komponenten- Motoren- oder Fahrzeugdauerlauf)
- Nachdem Dauerlauf erfolgt eine erneute Funktionsprüfung mit einem Abgleich auf die Ursprungs-Funktionswerte
- Prototyp wird erneut vermessen um im Abgleich mit den Ursprungs-Geometriedaten Hinweise auf Verschleiß o.ä. u bekommen.
- Zur Dokumentation wird ein vollständiger Befundbericht erstellt
- Prototyp wird als Rückstellmuster eingelagert.

Ein klassisches Instrument des Reifegrad-Controllings stellt die FMEA (Bild 6) dar.

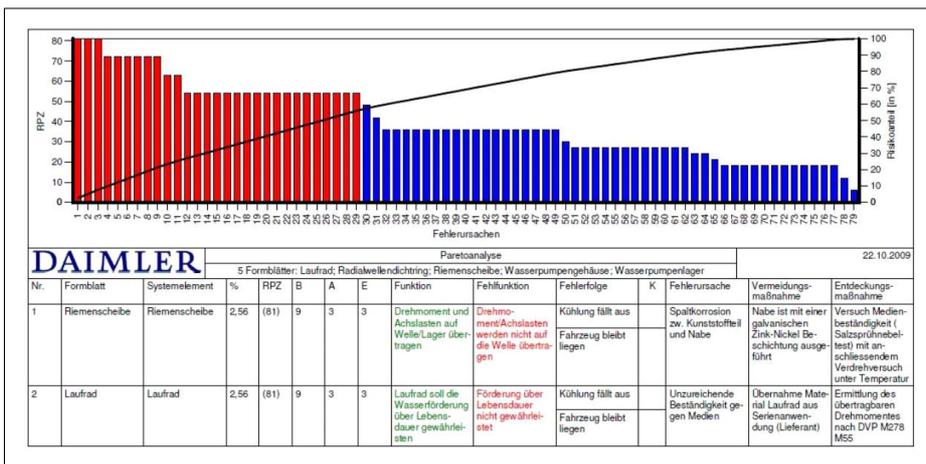


Bild 6: FMEA am Beispiel einer Wasserpumpe

Generell wird die FMEA für jede Prototypen-Charge entsprechend der zugrundeliegenden Veränderungen am Bauteil aktualisiert. Projekt- (Risiko)abhängig wird ein Grenzwert für die maximal zulässige Risiko-Prioritätszahl (RPZ) im Vorfeld festgelegt. Bild 6 zeigt die nach ihrer Höhe geordneten RPZ auf sowie einen Teil des Maßnahmenplans, der automatisch erstellt wird, wenn der Grenzwert für die RPZ überschritten ist. Bestandteil der regelmäßigen Reifegradbesprechungen ist der Abarbeitungsstand der Maßnahmenpläne, während die eigentlichen FMEA's sich nur bedingt verändern.

Letzter Baustein der Reifegrad-Berichterstattung ist der Zeitstrahl. Aus dem MDS-Terminplan wird ein jeweils zeitlich mitlaufender Zoom-Ausschnitt gezogen und diskutiert (Bild 7).

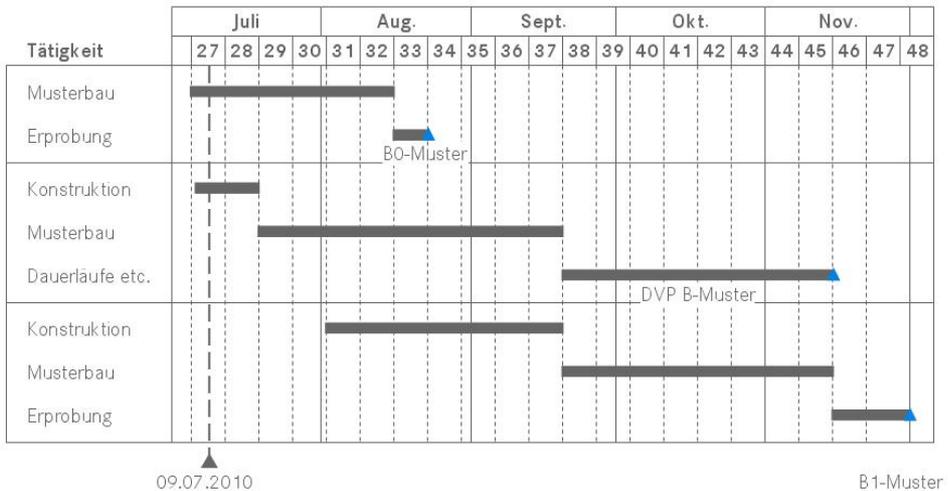


Bild 7: Zeitlicher Ausschnitt des Projektterminplanes

Das jeweilige Berichtsdatum ist durch die gestrichelte Linie angezeigt. Wichtige, im Berichtszeitraum liegende Ereignisse sind durch Dreiecke markiert. Bild 7 zeigt den „Rhythmus“ der Prototypenchargen, bestehend aus jeweils Konstruktion, Musterbau und Erprobung auf. Auch der Terminplan ist als Controlling-Werkzeug des Entwicklungsprojektleiters zu sehen, mit dem Hinweise über bestehende zeitliche Risiken im Projekt an das Management adressiert werden können.

4 Zusammenfassung

Basierend auf der Notwendigkeit, unter erheblichen Zeitrestriktionen die Qualität von zu entwickelnden Bauteilen sicherzustellen, wird am Beispiel von Motorenkomponenten aufgezeigt, mit welchen Methoden der Entwicklungsablauf systematisch controlled werden kann.

Das Mercedes-Benz Development System (MDS) ist ein Werkzeug, welches ein Controlling von Zeitschienen und technischem Reifegrad der Bauteile während der Produktentstehung ermöglicht.

Fußend auf das MDS werden in regelmäßigen Reifegradbesprechungen, mittels der vorgeschriebenen, vom Entwicklungsprojektleiter zu befüllenden Formulare

- Entwicklungs-Highlights
- Roadmap
- Konstruktions-Checkliste
- Design Validation Plan
- FMEA
- Zeitstrahl

die Entwicklungsstände von verschiedenen Projekten unterschiedlicher Komplexität diskutiert. Die beschriebenen Werkzeuge stellen hierbei zum einen ein klassisches Management-Controllingwerkzeug dar, bieten zum anderen aber auch dem Entwicklungsprojektleiter die Möglichkeit, auftretende oder zu erwartende Probleme und Risiken zu eskalieren und Managementunterstützung einzufordern. Gemeinsam mit einem ebenfalls stattfindenden Controlling des Produktions-Reifegrades wird somit die Qualität von Bauteilen während des Produktentstehungsprozesses sichergestellt.