

Produktentwicklungs-Prozess (PEP)

Referenz Produktentwicklungs-Prozess: Festlegung der Soll-Ergebnisse pro Phase

- dient als Orientierung

- Abweichungen geben Hinweise auf Notwendigkeit einer weitergehenden Analyse

Projekt Phasen	Angebot / Klärung	Konzept	Intermediate Design	Final Design	Fertigung	Typstest vor Integration / Erstmusterprüfung (EMP)	Inbetriebsetzung (IBS) statisch	Inbetriebsetzung (IBS) dynamisch	Ertelung Inbetriebnahmegenehmigung (IBG)	Betrieb / Gewährleistung
ERG-STUFEN	3.1	3.2	3.3	3.4		4	5	6 / 7	8	9
IRG-STUFEN	I	II.I	II.II	II.III		III	IV.I	IV.II	IV.III	V
Produktentstehung	Entstehungsphase	Planen - Anforderungen Informationen - Zusammenträgen - Erkennen von Lücken	Konzipieren - Funktionsstrukturen - prinzipielle Lösungen	Entwerfen und Gestalten modulare Strukturen Erarbeiten Lösungen/ Funktionsstrukturen	Gesamtentwurf	Eigenschaftsabsicherung durch Verifizierung/ Validierung				
	Funktions-sicht	Festlegen und Beschreiben Hauptfunktionen	Festlegen und Beschreiben Gesamtfunktion und wesentliche Teilfunktionen Festlegen wie Funktionen erfüllt werden (Systementwurf) durch Funktionsstrukturen (inkl. Teilfunktionen) und Wirkprinzipien bzw. Funktionsarchitektur (Steuerung)	Aufteilung Elemente Steuerung (Verdrahtet/Software; über-/untergeordnetes System)						
	Bauteilsicht	Grobanordnung Baustuktur/-raum festgelegt (Black Box)	Grobanordnung Baustuktur/-raum festgelegt (Black Box)	Gestalten maßgebliche Module (Teilsysteme und Systemelemente z.B. Baugruppen, Einzelteile) einschließlich Verknüpfung (Schnittstellen) bzw. Programmierung der Softwaremodule (Steuerung)	Vorliegen aller wesentlichen gestalterischen Festlegungen, Abschluss Konstruktion und Verknüpfung sämtlicher Bauteile bzw. Softwaremodule (Steuerung) des Systems	Versuchsträger seriennahes Produkt Erstmuster	Erstmuster/Serienelement in übergeordnetes System integriert	Erstmuster/Serienelemente in übergeordnetes System integriert, Anpassung/Programmierung integrativer Teil (über-/untergeordnetes System) der Software (Steuerung) bis zur dynamischen IBS	Serienelement in übergeordnetes System integriert	Serienelement in übergeordnetes System integriert
PM - übergeordnetes- /untergeordnetes System	Vereinbaren Projektkommunikation / Status / Bringe-/Holschuld / Format der Kommunikation (z.B. VDB Requirement Interchange Format / RIF) mit dem Ziel des Austauschs möglichst vieler konkreter Informationen Terminplan mit Festlegung der Abstimmungszeitpunkte für Schnittstellen	Strategie zur Vorgehensweise bezüglich Abstimmung mit Betreiber (Endkunde) und Unterstützung des Systemlieferanten durch Sub-System-Lieferant; Projektbezogener Informationsaustausch übergeordnetes System - untergeordnetes System z.B. Änderungsmanagement, regelmäßige Abstimmung nach jeder Phase; Schrittwiser Ansatz für die Synchronisation der gesamten Lieferkette	Gesamte Lieferkette synchronisiert Projektbezogener Informationsaustausch übergeordnetes/untergeordnetes System, Aktives Leben des Änderungsmanagements (bilateral) für alle abgestimmten Themen - regelmäßige Abstimmung nach jeder Phase Laufende, protokollierte Fortschrittsverfolgung	Projektbezogener Informationsaustausch System - Subsystem, Aktives Leben des Änderungsmanagements (bilateral) für alle abgestimmten Themen - regelmäßige Abstimmung nach jeder Phase	Projektbezogener Informationsaustausch System - Subsystem Aktives Leben des Änderungsmanagements (bilateral) für alle abgestimmten Themen - regelmäßige Abstimmung nach jeder Phase					
Q-Management / QE-Plan	QE-Plan der Systeme auf Basis der Reifegradanalyse (ERG /IRG) Plan für noch nicht berücksichtigte Elemente	Fortgeschriebener, aktualisierter analysebasierter QE-Plan - Bewertung der Elemente am kritischen Pfad - Review nach jeder Phase Maßnahmenplan für noch nicht berücksichtigte Elemente			Fortgeschriebener, aktualisierter analysebasierter QE-Plan - Bewertung der Elemente am kritischen Pfad - Review nach jeder Phase Maßnahmenplan für noch nicht berücksichtigte Elemente					

Kurzbeschreibung von Einsatz- und Integrationsreife

	Kurzbeschreibung IRG-Stufen	Wesentliche Interaktion IRG - ERG	Kurzbeschreibung ERG-Stufen
Definition / Klärung	IRG I Hauptfunktionen definiert und zwischen Systemen aufgeteilt (Modell) Schnittstellen und Interaktion festgelegt (Modell)	Übergeordnetes System definiert untergeordnetem System Randbedingungen und Funktionen →	ERG 3.1 Anforderungen und Randbedingungen beschrieben Hauptfunktionen definiert
Konstruktion	IRG II.I Festlegen sämtlicher systemübergreifender Funktionen (inkl. Neben- und abgeleitete; funktionale Architektur), Funktionsstrukturen und Wirkprinzipien (Modell) Generierung vollständige Information für untergeordnetes System (funktional, nicht-funktional) (Modell)		ERG 3.2 Produkt (Modell) vollständig konzipiert Zuordnung Funktion-Wirkprinzip-Bauelement
	IRG II.II Detailfestlegung Schnittstellen für Elemente der spezifischen Phase (Modell), Festschreiben der Datenschnittstelle für Teilsysteme, welche durch komplexe Software gekennzeichnet sind und Rückkopplung auf Stromlaufplan des Zuges und/oder untereinander haben (Modell)		ERG 3.3 Bauelemente (Modell) einer Funktionsstruktur erfüllen Anforderungen an diese Funktionsstruktur Festlegen der Eigenschaftsabsicherung (Verifizierungs-/Validierungsprinzip)
	IRG II.III Alle übergreifenden Funktionen werden erfüllt (Modell) Detailfestlegung aller Schnittstellen (Modell)		ERG 3.4 Konstruktion aller Bauelemente abgeschlossen (Modell) Alle Bauelemente in System integriert (Modell) Zusammenwirkende Bauelemente erfüllen Anforderungen (Modell)
Eigenschaftsabsicherung isoliert	IRG III Definierter Input von übergeordnetem System erfüllt / löst definierte Funktion an nicht-integriertem untergeordnetem System aus Aus Sicht des untergeordneten Systems, Überprüfung Anbindung an übergeordnete- und andere Systeme	untergeordnetes System erfüllt Randbedingungen und Funktionen ←	ERG 4 Nachweis des Erfüllens sämtlicher Anforderungen durch das nicht in das übergeordnete System integrierte Erstmuster (Versuchsaufbau bei vorgezogener Systemqualifizierung) soweit für Typtest und Erstmusterprüfung (EMP) definiert und prüfbar
Eigenschaftsabsicherung integriert	IRG IV.I Definierte Interaktion erfüllt/ löst definierte Funktion / Rückmeldung des in das übergeordnete System integrierten Erstmusters unter statischen Bedingungen aus	↔ Eigenschaftsabsicherung durch Integration unter-/übergeordnete Systeme	ERG 5 Nachweis des Erfüllens sämtlicher Anforderungen durch das in das übergeordnete System integrierte Erstmuster unter statischen Bedingungen
	IRG IV.II Definierte Interaktion erfüllt / löst definierte Funktion / Rückmeldung des in das übergeordnete System integrierten Erstmusters unter Test- oder Probetrieb aus		ERG >= 6 Nachweis des Erfüllens sämtlicher Anforderungen durch das in das übergeordnete System integrierte Erstmuster unter simulierten Einsatzbedingungen (Testbetrieb) ERG >= 7 ... unter einsatznahen Bedingungen (Probetrieb)
	IRG IV.III Definierte Interaktion erfüllt / löst definierte Funktion / Rückmeldung des in das übergeordnete System integrierten Serienprodukt unter Zulassungs- und Abnahmebedingungen aus		ERG 8 Nachweis des Erfüllens sämtlicher Anforderungen durch das in das übergeordnete System integrierte Serienprodukt unter Zulassungs- und Abnahmebedingungen
	IRG V Definierte Interaktion erfüllt / löst definierte Funktion / Rückmeldung des in das übergeordnete System integrierten Serienprodukts unter Betriebsbedingungen aus		ERG 9 Nachweis des Erfüllens sämtlicher Anforderungen durch das in das übergeordnete System integrierte Serienprodukt unter Betriebsbedingungen

Bestimmung der Reifegrade

PHASEN		Angebot / Klärung	Konzept	Intermediate Design	Final Design	Fortführung	Typstest vor Integration / Erstmusterprüfung (EMP)	Inbetriebsetzung (IBS) statisch	Inbetriebsetzung (IBS) dynamisch	Erteilung Inbetriebnahmegenehmigung (IBG)	Betrieb / Gewährleistung
PEP- ENTSTEHUNGSPHASE		Planen - Anforderungen Informationen - Zusammentragen - Erkennen von Lücken	Konzipieren - Funktionsstrukturen - prinzipielle Lösungen	Entwerfen und Gestalten modularer Strukturen Erarbeiten Lösungen/Funktionsstrukturen	Gesamtentwurf		Eigenschaftsabsicherung durch Verifizierung und Validierung (Umfänge Stand-alone)	Eigenschaftsabsicherung durch Verifizierung/Validierung			
Physischer Zustand / Bedingungen Test		Modell Simulation/Beschreibung					Erstmuster (Versuchsaufbau im Fall vorgezogene Systemqualifizierung) in übergeordnetes System integriert Test - nicht in übergeordnetes System integriert (Stand-alone)	Erstmuster (Versuchsaufbau im Fall vorgezogene Systemqualifizierung) in übergeordnetes System integriert; Test des Systems, in stehendes (statisch) übergeordnetes System integriert	Erstmuster (Seriennahes Produkt im Fall vorgezogene Systemqualifizierung) in übergeordnetes System integriert; Test unter Testbetrieb (ERG 6) oder Probebetrieb (ERG 7) Bedingungen	Serienprodukt in übergeordnetes System integriert; Test unter Bedingungen des Zulassungs- oder Abnahme- Betriebs	Serienprodukt in übergeordnetes System integriert; Einsatz unter Bedingungen des spezifizierten Betriebs
Stufen des Einsatzreifegrades		3.1	3.2	3.3	3.4		4	5	6 / 7	8	9
ERG	Funktionssicht	Vollständige Information zur Interaktion (physikalisch, verfahrenstechnisch, Information...) mit anderen Systemen (Integration) d.h. z.B. welche Beschleunigungen müssen berücksichtigt werden Lösungen für kritische Anforderungen Hauptfunktionen (d.h maßgebliche) festgelegt	Funktionsstrukturen und Wirkprinzipien für alle funktionalen Anforderungen Zuordnung Funktion/Wirkprinzip Bauelement Produkt vollständig konzipiert - Systementwurf (domänenübergreifendes Lösungskonzept)	Festlegen der Eigenschaftsabsicherung (Validierungsprinzip)		Nachweis Erfüllen sämtlicher funktionaler Anforderungen soweit für Typtest und Erstmusterprüfung (EMP) definiert und prüfbar	Nachweis Erfüllen sämtlicher funktionaler Anforderungen (statisch)	Nachweis Erfüllen sämtlicher funktionaler Anforderungen (dynamisch)	Nachweis Erfüllen sämtlicher funktionaler Anforderungen (Zulassung/Abnahme)	Nachweis Erfüllen sämtlicher funktionaler Anforderungen (Betriebsinsatz)	
	Bauteilsicht	Vollständige Information und Beschreibung der Merkmale des Systems Gesetze, Vorschr., Normen Einsatzprofil, Fahrzeug-Konfig. spez. Anforderungen Kunde Schnittstellen (Stoff, Energie, Information) an die zu konstruierenden Bauelemente z.B. Baustruktur-/raum, klima, Dynamik, etc.	Bauelemente einer Funktionsstruktur erfüllen Anforderungen an diese Funktionsstruktur Festlegen der Eigenschaftsabsicherung (Verifizierungs-/Validierungsprinzip)	Konstruktion aller Bauelemente abgeschlossen Alle Bauelemente in System integriert Zusammenwirkende Bauelemente erfüllen Anforderungen		Nachweis Erfüllen sämtlicher Anforderungen an Bauelemente soweit für Typtest und Erstmusterprüfung (EMP) definiert und prüfbar	Nachweis Erfüllen sämtlicher Anforderungen an Bauelemente (statisch)	Nachweis Erfüllen sämtlicher Anforderungen an Bauelemente (dynamisch)	Nachweis Erfüllen sämtlicher Anforderungen an Bauelemente (Zulassung / Abnahme)	Nachweis Erfüllen sämtlicher Anforderungen an Bauelemente (Betriebsinsatz)	
	Nachweise ERG	- Fahrzeug-Prinzipstruktur ("PowerPoint-Design") - Clause by Clause Kommentierung der Anforderungen des Lastenheftes - Benennung der relevanten Haupt- und Teilfunktionen in Anlehnung EN 15380-4, zweite Ebene - Beschreibung der Abweichungen gemäß Checklisten "nicht funktionale Anforderungen" und "funktionale Anforderungen"	- Pflichtenheft - Gesamtanordnung (ausgearbeitete Fahrzeugstruktur) - Einbauräume - Draft Gewichtsbilanz - Vorliegen Schnittstellenbeschreibung	3-D Modell (Preliminary)	- Übergabe sämtlicher Fertigungsunterlagen - Freigabe Schaltpläne - freigegebener Validierungsplan inkl. grober Festlegung der Nachweisführung (Typtests)		Nachweis Erfüllung Anforderungen an untergeordnetes System (EMP-Protokoll) Typtestprotokolle (vor Integration)	Typtest Protokolle (Integration - statisch)	Typtest Protokolle (Integration - dynamisch)	IBG Zulassungsbescheinigung Abnahmeprotokoll	Innerhalb eines Jahreszyklus liegen keine Meldungen über notwendige, konstruktive Anpassungen vor
Stufen des Integrationsreifegrades		I	II.I	II.II	II.III	III	IV.I	IV.II	IV.III	V	
ERG	Funktionssicht	Systemübergreifende Funktionen definiert und Hauptfunktionen aufgeteilt (welches System macht was?)	Festlegen sämtlicher systemübergreifender Funktionen (inkl. Nebens- und abgeteilter; funktionale Architektur), Funktionsstrukturen und Wirkprinzipien	Alle übergreifenden Funktionen werden erfüllt		Definierter Input von übergeordnetem System löst definierte Funktion an nicht integrierten untergeordnetem System aus (Testumgebung z. B. Signal auf Pin x löst Öffnen der Tür aus)	Definierte Interaktion erfüllt / löst definierte Funktion / Rückmeldung des untergeordneten Systems aus				
	Bauteilsicht (Schnittstelle - Stoff Energie Information)	Festlegung Schnittstellen (Stoff, Energie, Information) und Interaktion (physikalisch, verfahrenstechnisch...)	Generierung vollständige Information für untergeordnetes System funktionale Anforderungen; nicht funktionale Anforderungen und Merkmale: Gesetze, Vorschriften, Normen Einsatzprofil, Fahrzeug-Konfig. spez. Anforderungen Kunde Schnittstellen (Stoff, Energie, Information) an die zu konstruierenden Bauelemente z.B. Baukonzept-/raum, klima, Dynamik....	Detailfestlegung Schnittstellen für Elemente der spezifischen Phase; Festschreiben der Datenschnittstelle für Teilsysteme, welche durch komplexe Software gekennzeichnet sind und/oder untereinander haben. Umsetzung von Software (TCMS - Train Control Monitoring System) kann zu einem späteren Zeitpunkt in einem gesonderten Zyklus erfolgen	Detailfestlegung aller Schnittstellen	Aus Sicht des untergeordneten Systems, Überprüfung Anbindung an übergeordnete- und andere Systeme					
	Nachweise IRG	Beschreibung der Abweichungen gemäß Checklisten "nicht funktionale / funktionale Anforderungen"	Vorliegen Tec. Spec. zur Beschaffung Elemente und untergeordnetes System (inkl. Schnittstellenbeschreibung)	Freigabe Schnittstellen (Protokolle)	Freigabe Datenschnittstellen (Protokolle)		Protokoll (EMP)	Typtest Protokoll (statisch)	Typtest Protokoll (dynamisch)	IBG Zulassungsbescheinigung Abnahmeprotokoll	Innerhalb eines Jahreszyklus liegen keine Meldungen über notwendige, konstruktive Anpassungen vor

Bestimmung der Reifegrade - Kompaktdarstellung									
PEP	Angebot / Klärung	Konzept	Intermediate Design	Final Design / Gesamtentwurf	Eigenschaftsabsicherung / Parametereinstellung				
	Anforderungen Informationen (Zusammentragen / Lücken)	Konzipieren Funktionsstrukturen prinzipielle Lösungen	Entwerfen / gestalten modulare Strukturen Erarbeiten Lösungen/ Funktionsstrukturen	Gesamtentwurf	Erstmusterprüfung isoliert	Inbetriebsetzung statisch	Inbetriebsetzung dynamisch	Inbetriebnahme-genehmigung (IBG)	Betrieb / Gewährleistung
Physischer Zustand / Integration	Modell / Simulation / Beschreibung				Erstmuster (Versuchsaufbau im Fall vorgezogene Systemqualifizierung)			Serienprodukt	
					nicht integriert	in übergeordnetes System integriert			
Kurzbeschreibung ERG-Stufen	ERG 3.1	ERG 3.2	ERG 3.3	ERG 3.4	ERG 4	ERG 5	ERG >= 6	ERG 8	ERG 9
	Hauptfunktionen definiert	Zuordnung Funktion-Wirkprinzip-Bauelement	Festlegen der Eigenschaftsabsicherung (Verifizierungs-/Validierungsprinzip)	Zusammenwirkende Bauelemente erfüllen Anforderungen (Modell)	Nachweis des Erfüllens sämtlicher Anforderungen durch das oben (Physischer Zustand / Integration) definierte System...				
	Anforderungen und Randbedingungen beschrieben	Produkt (Modell) vollständig konzipiert	Bauelemente (Modell) einer Funktionsstruktur erfüllen Anforderungen an diese Funktionsstruktur	Konstruktion aller Bauelemente abgeschlossen (Modell) Alle Bauelemente in System integriert (Modell)	...soweit für Typtest und Erstmusterprüfung (EMP) definiert und prüfbar	...unter statischen Bedingungen	...unter simulierten Einsatzbedingungen (Testbetrieb) ERG >= 7 unter Einsatz nahen Bedingungen (Probetrieb)	...unter Zulassungs- und Abnahmebedingungen	...unter Betriebsbedingungen
Wesentliche Interaktion IRG-ERG	Übergeordnetes System definiert untergeordnetem System Randbedingungen und Funktionen				untergeordnetes System erfüllt Randbedingungen und Funktionen	Eigenschaftsabsicherung durch Integration unter-/übergeordnete Systeme			
Kurzbeschreibung IRG-Stufen	IRG I	IRG II.I	IRG II.II	IRG II.III	IRG III	IRG IV.I	IRG IV.II	IRG IV.III	IRG V
	Hauptfunktionen definiert und zwischen Systemen aufgeteilt (Modell)	Festlegen sämtlicher systemübergreifender Funktionen (incl. Neben- und abgeleitete; funktionale Architektur), Funktionsstrukturen und Wirkprinzipien (Modell)	Detailfestlegung Schnittstellen für Elemente der spezifischen Phase (Modell);	Alle übergreifenden Funktionen werden erfüllt (Modell)	Definierter Input von übergeordnetem System erfüllt / löst definierte Funktion an nicht integriertem untergeordneten System aus...	Definierte Interaktion erfüllt/ löst definierte Funktion / Rückmeldung des in das übergeordnete System integrierten Erstmusters...		Definierte Interaktion erfüllt / löst definierte Funktion / Rückmeldung des in das übergeordnete System integrierten Serienprodukts...	
	Schnittstellen und Interaktion festgelegt (Modell)	Generierung vollständige Information für untergeordnetes System (funktional, nicht funktional) (Modell)	Festschreiben der Datenschnittstelle für Teilsysteme, welche durch komplexe Software gekennzeichnet sind und Rückkopplung auf Stromlaufplan des Zuges und/oder untereinander haben (Modell).	Detailfestlegung aller Schnittstellen (Modell)	...aus Sicht des untergeordneten Systems, Überprüfung Anbindung an übergeordnete- und andere Systeme	...unter statischen Bedingungen aus	...unter Test- oder Probetrieb aus	...unter Zulassungs- und Abnahmebedingungen aus	...unter Betriebsbedingungen aus

Checkliste nicht-funktionale Anforderungen / Randbedingungen

Projekt: _____

System: _____

Betrachtung übergeordnetes System (z.B. Fahrzeug ET 4xx)			
Bezugssystem (übergeordnetes System):		<i>Anmerkung: nur auszufüllen, wenn Bezugssystem relevant, z.B. wenn ähnliches Produkt in modifizierter Form verwendet werden soll</i>	
Systembezeichnung	xx	Felderfahrung	xx
Projekt	xx	Kritische Themen	xx
Realisierungszeitraum	xx	ERG [3-9]	xx
Stückzahl	xx	IRG [1-5]	xx
<i>Beschreibung der Abweichungen zwischen dem Bezugssystem (übergeordnetes System) und dem zu analysierenden System (übergeordnetes System), welche die Entwicklung des untergeordneten Systems beeinflussen</i> <i>Abweichungen: [u] - identisch /unwesentlich; [d] - deutlich; [g] - grundlegend</i>			
Abweichungen zu Normen / Vorschriften / Zulassung			
Abweichungen zu Einsatzprofil/ Konfiguration			
Abweichungen zu zusätzlichen, spezifischen Anforderungen durch z.B. Betreiber / Kunde			

Betrachtung untergeordnetes System, welches analysiert werden soll (z.B. Türsystem, Kupplungssystem...)			
Bezugssystem		<i>Anmerkung: Bezugssystem sollte Neu-System möglichst ähnlich sein. Abweichungen werden zwischen Bezugssystem und Neu-System gemessen. Falls kein geeignetes Bezugssystem gewählt wird, ist zu prüfen ob die erforderlichen Informationen zur Entwicklung des Systems vorliegen. Orientierung gibt dabei der Stand der Technik.</i>	
Systembezeichnung	xx	Felderfahrung	xx
Projekt	xx	Kritische Themen	xx
Realisierungszeitraum	xx	ERG [3-9]	xx
Stückzahl	xx	IRG [1-5]	xx
Analyse Nennung, Abweichung, Fehlen nicht-funktionaler Anforderungen	<i>Beschreibung</i> - Nennung der signifikanten nicht-funktionalen Anforderungen (z.B. Zulassungsnorm), welche notwendig sind um das System entwickeln zu können - Abweichungen in den nicht-funktionalen Anforderungen zwischen dem Bezugssystem (z.B. Türsystem aus Projekt x) und dem zu analysierenden (neu) System, welche die Entwicklung des zu analysierenden (neu) Systems beeinflussen - Fehlen von Informationen zu nicht-funktionalen Anforderungen, welche notwendig sind um das System entwickeln zu können <i>Abweichungen: [u] - identisch /unwesentlich; [d] - deutlich; [g] - grundlegend</i>		
	Nennung, Abweichung, Fehlen erforderlicher Informationen zu Normen / Vorschriften / Zulassung z.B. TSI, Feuerschutz...		
	Nennung, Abweichung, Fehlen erforderlicher Informationen zu Einsatzprofil / Konfiguration		
	Nennung, Abweichung, Fehlen erforderlicher Informationen zu zusätzlichen, spezifischen Anforderungen des Betreibers / Kunden z.B. Betriebsmittel des KD, Schraubgleichheit mit x, Austauschbar mit y...		
Analyse Nennung, Abweichung, Fehlen nicht-funktionaler Anforderungen Integration	Nennung, Abweichung, Fehlen erforderlicher Informationen zu Integration Mechanik z.B. Dimensionen, Einbauräume, Kräfte, Momente, Leistung Lichtraumprofil...		
	Nennung, Abweichung, Fehlen erforderlicher Informationen zu Integration Elektrik z.B. Spannung, Ströme, Energiebedarf		
	Nennung, Abweichung, Fehlen erforderlicher Informationen zu Integration Physik (ohne Mechanik) z.B. Akustik, Thermik, Sensorik, Druckluft...		
	Nennung, Abweichung, Fehlen erforderlicher Informationen zu Integration Steuerung z.B. Mensch-Maschine, Sensorsignale, BUS-Protokoll, Datenformat		

Erkenntnisse nutzen <small>z.B. Erkenntnisse aus dem Entwicklungsprozess vorangegangener Projekte</small>			
Kategorie	Thema	Konkrete Beschreibung	
Störgeschehen aus dem Betrieb			
Lessons Learned			

Checkliste funktionale Anforderungen

Projekt: _____

System: _____

		Identifikation und Nennung Hauptfunktionen Kriterium für Hauptfunktion: Maßgeblich zur Zweckerfüllung	Identifikation und Nennung relevanter Teilfunktionen Kriterium für relevant: Notwendig zum Erfüllen Hauptfunktion	Funktionsstruktur und Wirkprinzip	Bauelemente durch welche die Funktionsstruktur realisiert wird	Abweichung Bezugssystem zum zu analysierenden (Neu-) System (Funktion und Bauelement)	Kategorie der Abweichung - Funktionsstruktur, - Wirkprinzip Abweichungsmaß - identisch / unwesentlich - deutlich - grundlegend	Kategorie der Abweichung - Bauelement Abweichungsmaß: - identisch / unwesentlich - deutlich - grundlegend	Einstufung ERG (in welcher Stufe werden Festlegungen zum Gegenstand der Abweichung getroffen)	Einstufung IRG (in welcher Stufe werden Festlegungen zum Gegenstand der Abweichung getroffen)
x	Ebene 1									
	x Ebene 2									
	x Ebene 3									
									
									

Checkliste funktionale Anforderungen - Beispiel

Projekt: _____

System: _____

		Identifikation und Nennung Hauptfunktionen Kriterium für Hauptfunktion: Maßgeblich zur Zweckerfüllung	Identifikation und Nennung relevante Teilfunktionen Kriterium für Relevanz: Notwendig zum Erfüllen Hauptfunktion	Funktionsstruktur und Wirkprinzip	Bauelemente, durch welche die Funktionsstruktur realisiert wird	Abweichung Bezugssystem zum zu analysierenden (Neu-) System (Funktion und Bauelement)	Kategorie der Abweichung - Funktionsstruktur, - Wirkprinzip Abweichungsmaß - identisch / unwesentlich (i) - deutlich (d) - grundlegend (g)	Kategorie der Abweichung - Bauelement Abweichungsmaß - identisch / unwesentlich (i) - deutlich (d) - grundlegend (g)	Einstufung ERG (in welcher Stufe werden Festlegungen zum Gegenstand der Abweichung getroffen)	Einstufung IRG (in welcher Stufe werden Festlegungen zum Gegenstand der Abweichung getroffen)
D	Zugang und Beladen ermöglichen									
B	Zugang von extern vorsehen									
	x							
	F (Außentür verriegeln)	x	...							
	G Außentür entriegeln	x	...							
	H (Öffnen Außentür ermöglichen)	x	...							
	J Eingangsbeleuchtung vorsehen	x	...							
	K Außentüren absperren	x	Tür absperren	Elektrischer Dauerkontakt "1" auf Steuerung	Elektromechanischer Schalter - Elektrischer Teil	Elektrischer Schalter aus Türsystem x mit ERG 9 und IRG 5	Funktionsstruktur [u]	Bauteil [u]	4_	III
			Tür sicher verriegeln	zentraler Drehschalter - übertragen durch Bowdenzug auf Verriegelungsgelenk	Elektromechanischer Schalter - Mechanischer Teil Bowdenzug Kinematik Einbindung in Verriegelungsgelenk	Neuteil	Funktionsstruktur [g]	Bauteil [g]	3.1_	I
				zentraler Drehschalter - übertragen durch Bowdenzug auf Verriegelungsstelle Türflügel unten	Elektromechanischer Schalter - Mechanischer Teil Bowdenzug Kinematik Einbindung in Verriegelungsstelle	Neuteil	Funktionsstruktur [g]	Bauteil [g]	3.1_	I

Festlegen von QE-Maßnahmen in Abhängigkeit von der Abweichung (Phase und Kategorie)

QE-Maßnahmenplan

ERG	IRG	Angebot/Klärung	Konzept	Intermediate Design	Final Design	Fertigung	Typstest vor Integration / Erstmusterprüfung (EMP)	Inbetriebsetzung (IBS) statisch	Inbetriebsetzung (IBS) dynamisch	Erteilung Inbetriebnahmegenehmigung (IBG)	Betrieb/Gewährleistung
3.1	I										
3.2	II										
3.3	III.I										
3.4	III.II										
4	III.III										
5	IV.I										
6	IV.II										
7	IV.II										
8	IV.III										
9	V										

Auswahl geeigneter QE-Methoden zur Absicherung von Ergebnissen

Phase	Angebot/Klärung				Konzept			Intermediate Design		
	3.1				3.2			3.3		
ERG										
IRG										
	Funktions- /Bauteilsicht	Funktionssicht	Bauteilsicht	Funktionssicht	Bauteilsicht	Funktionssicht	Funktionssicht	Bauteilsicht	Funktionssicht	Bauteilsicht
konkrete Abweichung	Vollständige Information zur Interaktion (physikalisch, verfahrenstechnisch, Information, etc.) mit anderen Systemen (Integration) Lösungen für kritische Anforderungen Hauptfunktionen festgelegt	Vollständige Information Gesetze, Vorschriften, Normen Einsatzprofil, Fahrzeug-konfiguration spez. Anforderungen Kunde Schnittstellen (Stoff, Energie, Information) an die zu konstruierenden Bauteile z.B. Bauraum, Klima, Dynamik....	Systemübergreifende Funktionen: Aufteilen Hauptfunktionen (Welches System macht was?)	Festlegung Schnittstellen (Stoff, Energie, Information) und Interaktion (physikalisch, chemisch, verfahrenstechnisch, etc.)	Funktionsstrukturen und Wirkprinzipien für alle funktionalen Anforderungen Zuordnung Funktion/Wirkprinzip Bauteil Produkt vollständig konzipiert	Systemübergreifende Funktionen: Festlegen sämtlicher Funktionen (inkl. Neben- und abgeleitete), Funktionsstrukturen und Wirkprinzipien	Generierung vollständige Information für untergeordnetes System Gesetze, Vorschr., Normen Einsatzprofil, Fahrzeug-konfiguration spez. Anforderungen Kunde Schnittstellen (Stoff, Energie, Information) an die zu konstruierenden Bauteile z.B. Bauraum, Klima, Dynamik, etc.	Bauteile einer Funktionenstruktur erfüllen Anforderungen an diese Funktionenstruktur Festlegen des Validierungs-/Verifizierungsprinzips	Detaillfestlegung Schnittstellen für Elemente der spezifischen Phase	
Geeignete QE-Methoden										
Requirement Engineering	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Checklisten										
Nicht-funktionale Anforderungen	x	x	x	x	x	x	x	x		
Funktionale Anforderungen										
Use Case	x	x			x	x	x			
Systematische Funktions- und Systembeschreibung (z.B.Unified)	x	x			x	x	x			
Quality Function Deployment (QFD)	x	x	x		x	x	x			
Modellierung und Analyse des Systems unter den Aspekten: - Dynamik - Erwärmung - Streufelder - EMV - Schwingungsgeräusch etc.					x	x	x	x		x
FMEA					x	x	x	x		
Virtual Prototyping / 3-D-Modell									x	x
Simulation Software in the loop									x	x
Simulation Hardware in the loop / Iron Bird										
Spez Tests: Festigkeit, Steifigkeit, Dauerfestigkeit, Druck, Dichtigkeit, Emissionen (Flüssigkeit, Gas, Wellen/Schwingungen z.B. Schall, EMV, etc.)										

Auswahl geeigneter QE-Methoden zur Absicherung von Ergebnissen

Phase	Final Design			Fertigung	Typstest vor Integration / Erstmusterprüfung (EMP)			
	3.4		II.III		4		III	
	Funktions- /Bauteilsicht	Bauteilsicht	Funktionssicht		Bauteilsicht	Funktionssicht	Bauteilsicht	Funktionssicht
ERG								
IRG								
konkrete Abweichung	Konstruktion aller Bauteile abgeschlossen Alle Bauteile in System integriert Zusammenwirkende Bauteile erfüllen alle Anforderungen Grobe Festlegung Nachweisführung	Alle übergreifenden Funktionen werden erfüllt	Detailfestlegung aller Schnittstellen	Nachweis Erfüllen sämtlicher funktionaler Anforderungen soweit für Erstmusterprüfung (EMP) definiert und prüfbar	Erfüllen sämtlicher EMP-Anforderungen definiert und prüfbar in EMP	Definierter Input von übergeordnetem System löst definierte Funktion an isoliertem untergeordneten System aus	(Einseitige) Überprüfung Anbindung an übergeordnete und andere Systeme	
Geeignete QE-Methoden								
Requirement Engineering	x		x		x		x	
Checklisten Nicht-funktionale Anforderungen Funktionale Anforderungen								
Use Case	x		x		x		x	
Systematische Funktions- und Systembeschreibung (z.B.Unified)	x		x		x			
Quality Function Deployment (QFD)	x		x		x			
Modellierung und Analyse des Systems unter den Aspekten: - Dynamik - Erwärmung - Streufelder - EMV - Schwingungsgeräusch etc.		x		x			x	
FMEA	x		x					
Virtual Prototyping / 3-D-Modell	x		x				x	
Simulation Software in the loop	x		x				x	
Simulation Hardware in the loop / Iron Bird					x		x	
Spez Tests: Festigkeit, Steifigkeit, Dauerfestigkeit, Druck, Dichtigkeit, Emissionen (Flüssigkeit, Gas, Wellen/Schwingungen z.B. Schall, EMV, etc.)				x			x	

Auswahl geeigneter QE-Methoden zur Absicherung von Ergebnissen

Phase	Inbetriebsetzung (IBS) statisch			Inbetriebsetzung (IBS) dynamisch		Erteilung Inbetriebnahmegenehmigung (IBG)		Betrieb/Gewährleistung	
ERG	5			6 / 7		8		9	
IRG	IV.I			IV.II		IV.III		V	
Funktions- /Bauteilsicht	Bauteilsicht	Funktionssicht	Bauteilsicht	Bauteilsicht	Funktionssicht	Bauteilsicht	Funktionssicht	Bauteilsicht	Funktionssicht
konkrete Abweichung	Nachweis Erfüllen sämtlicher Anforderungen (statisch)	Definierte Interaktion löst definierte Funktion/Rückmeldung des untergeordneten Systems aus	Erfüllen Anforderungen an Interaktion	Nachweis Erfüllen sämtlicher Anforderungen (dynamisch)	Erfüllen Anforderungen an Interaktion	Nachweis Erfüllen sämtlicher Anforderungen (Zulassung/Abnahme)	Erfüllen Anforderungen an Interaktion	Nachweis Erfüllen sämtlicher Anforderungen (Betriebsersatz)	Erfüllen Anforderungen an Interaktion
Geeignete QE-Methoden									
Requirement Engineering	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Checklisten Nicht-funktionale Anforderungen Funktionale Anforderungen									
Use Case	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Systematische Funktions- und Systembeschreibung (z.B.Unified Quality Function Deployment (QFD)									
Modellierung und Analyse des Systems unter den Aspekten: - Dynamik - Erwärmung - Streufelder - EMV - Schwingungsgeräusch etc.									
FMEA									
Virtual Prototyping / 3-D-Modell									
Simulation Software in the loop									
Simulation Hardware in the loop / Iron Bird	x	x	x	x	x	x	x		
Spez Tests: Festigkeit, Steifigkeit, Dauerfestigkeit, Druck, Dichtigkeit, Emissionen (Flüssigkeit, Gas, Wellen/Schwingungen z.B. Schall, EMV, etc.)	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Darstellung Reifegrade der Realisierung der Hauptfunktionen durch Bauelementstrukturen

Anzahl Hauptfunktionen des Systems									
System: xyz									
10									
9									
8									
7									
6									
5									
4									
3									
2									
1									
ERG	3.1	3.2	3.3	3.4	4	5	6 / 7	8	9
IRG	I	II	II.I	III.II	III.III	IV.I	IV.II	IV.III	V

Anzugeben ist jeweils das schwächste Element (ERG/IRG)

System:

Phase:

Projekt:

Darstellung Reifegrade der Realisierung der Hauptfunktionen durch Bauelementstrukturen - Beispiel von 6 Hauptfunktionen

Anzahl Hauptfunktionen des Systems						6			
System: Tür									
10									
9									
8									
7									
6									
5									
4									
3									
2									
1									
ERG	3.1	3.2	3.3	3.4	4	5	6 / 7	8	9
IRG	I	II	II.I	III.II	III.III	IV.I	IV.II	IV.III	V

Anzugeben ist jeweils das schwächste Element (ERG/IRG)

QE-Maßnahmenplan - am Beispiel eines Türsystems

Festlegen von QE-Maßnahmen in Abhängigkeit von der Abweichung (Phase und Kategorie)

ERG	IRG	Angebot/Klärung	Konzept	Intermediate Design	Final Design	Fertigung	Typstest vor Integration / Erstmusterprüfung (EMP)	Inbetriebsetzung (IBS) statisch	Inbetriebsetzung (IBS) dynamisch	Erteilung Inbetriebnahmegenehmigung (IBG)	Betrieb/Gewährleistung
3.1	I	Identifikation "neue Funktion" Ausserbetriebsetzung auch sicher verriegeln									
3.2	II		Detailliertes Pflichtenheft für neue Funktion "Tür" bei Ausserbetriebsetzung auch sicher verriegeln Use-Case Durchsprache								
3.3	III.I			Entwurf für Realisierung neue Funktion K-FMEA Freigabe durch Kunde Kunde bestätigt Integrierbarkeit							
3.4	III.II				Zeichnungen/Stücklisten Freigabe durch Kunde Einphasen in Lieferkette FEM-Berechnung sicherheitsrelevanter Bolzen						
4	III.III					Vor EM prototypische Realisierung und Erprobung in vergleichbarem Türsystem Kompletter Typstest insbesondere Belastungstest 2500 Pa Neigungstest Bedienungskraftnachweis Schwingungstest					
5	IV.I							Prozessschritte Referenzprozess			
6	IV.II								Prozessschritte Referenzprozess		
7									Prozessschritte Referenzprozess		
8	IV.III									Prozessschritte Referenzprozess	
9	V										Prozessschritte Referenzprozess