



Dipl.-Ing. Tim Etterich

**Verbindung des präventiven Qualitätsmanagements
mit dem Systems Engineering
zur nachhaltigen Reduzierung der Nicht-Qualität
in der frühen Phase der Produktentwicklung**

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der technischen Wissenschaften (Dr.techn.)
eingereicht an der

**Technischen Universität Graz
Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften**

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.sc.techn. Reinhard Haberfellner
Institut für Unternehmungsführung und Organisation

2. Gutachter: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Kurt Matyas,
Technische Universität Wien

3. Gutachter: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Hans Heinz Danzer,
Technische Universität Graz

München, 25. August 2014

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

AFFIDAVIT

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Dissertation identisch.

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources, and that I have explicitly indicated all material which has been quoted either literally or by content from the sources used. The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present doctoral dissertation.

Datum / Date

Unterschrift / Signature

Vorwort

*„Es ist wichtig, im Leben Ziele zu haben und diese zu verfolgen,
denn die wirklich interessanten Dinge passieren auf dem Weg dort hin.“*

Thomas Moos (*1967), Autor

Gemäß diesem Zitat war mein Ziel die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit einem Thema, mit dem ich mich in meiner täglichen Arbeit viel beschäftigt hatte. In meiner Tätigkeit als Berater für die 3DSE Management Consultants GmbH lernte ich zunächst die Produktentwicklung der Hochtechnologiebranchen tiefer kennen. In diesem Kontext befasste ich mich mit dem Ansatz des Systems Engineering und den Ansätzen des präventiven Qualitätsmanagements. Dabei wuchs in mir die Erkenntnis, dass diese beiden Themengebiete sehr eng miteinander verzahnt sind und auf ähnlichen Grundprinzipien aufbauen.

Diese Erkenntnis und die zahlreichen wertvollen Diskussionen mit meinem Mentor Dr. Viktor Lévárdy, dem ich besonders Dank sagen möchte, waren der Anstoß für das Vorhaben der Promotion. Dieser Entschluss wurde durch die Geschäftsführung der 3DSE Management Consultants GmbH, Dr. Armin Schulz und Dr. Stefan Wenzel, ohne zu zögern unterstützt und bekräftigt. Für das entgegengebrachte Vertrauen und die Förderung während meiner Promotion möchte ich mich bei beiden an dieser Stelle in besonderem Maße bedanken.

Ein großer Dank gebührt meinem Doktorvater Professor Reinhard Haberfellner. Durch die Möglichkeit einer berufsbegleitenden Promotion im Bereich der Techno-Ökonomie an der Technischen Universität Graz, die wertstiftenden Diskussionen, die Ratschläge und die Betreuung in der Verfassung der Dissertation waren die wichtigsten Bausteine auf dem Weg zum Ziel. Ebenfalls möchte ich mich bei meinen Gutachtern Professor Kurt Matyas von der Technischen Universität Wien und Professor Hans Heinz Danzer von der Technischen Universität Graz bedanken, die sich mit meiner Dissertation intensiv auseinandersetzten.

Wichtig und unerlässlich für das Gelingen der Promotion waren darüber hinaus der Rückhalt, das Verständnis und die Geduld meiner Freunde. Ein besonderer Dank gilt hier Norman Elmers, Hendrik Wruck, Linda Dettmann, Eileen Klusmann, Daniela Heyder, Mareike Haack, David Jochheim, Julia Schmidt, Falk Schmidt, Henri Schmidt, Florian Wagner, Micha Walterscheid, Jörg Bömkes, Alice Abraham, Andreas Kühnert, Elem Safi, Philipp Golenia, Sebastian Bucher, Julia Pottmeyer, Dorothee Schmidt und Stephanie Heppe.

Für die Unterstützung durch meine Eltern Cornelia und Uwe Etterich und das Vertrauen in jegliche Entscheidungen, die ich bisher getroffen habe, möchte ich mich ebenfalls bedanken. Ohne euch und die gesamte Familie Etterich wäre mein eingeschlagener Weg nur sehr schwer möglich gewesen.

Abschließend bleibt nur noch folgendes zu sagen: in Bezugnahme auf das einleitende Zitat waren für mich die „wirklich interessanten Dinge“ auf dem Weg zum Ziel zum einen der inhaltliche und persönliche Erkenntnisgewinn bei der selbstständigen Verfassung einer wissenschaftlichen Arbeit parallel zu meiner Beratungstätigkeit. Zum anderen waren es der Aufbau bzw. Vertiefung von Bekannt- und Freundschaften sowohl im wissenschaftlichen, beruflichen als auch privatem Umfeld.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Ausgangssituation	7
1.2	Zielsetzung	12
1.3	Vorgehen und Aufbau.....	13
2	Grundlagen und Abgrenzung des präventiven Qualitätsmanagements (PQM)	15
2.1	Grundlagen des Qualitätsmanagements (QM).....	16
2.2	Abgrenzung des Betrachtungsumfangs	20
2.2.1	PQM.....	20
2.2.2	Frühe Phase der Produktentwicklung.....	24
2.3	Anwendung des PQM in der Praxis	29
3	Überblick Systems Engineering (SE).....	33
3.1	Definition SE	33
3.2	Historie des SE	33
3.3	Das SE-Konzept nach Hall/BWI	35
3.3.1	SE-Philosophie	36
3.3.2	SE-Problemlösungsprozess	36
4	Verbindung des SE-Konzepts mit dem PQM	39
4.1	PQM als Bestandteil der SE-Philosophie	39
4.1.1	Systemdenken und PQM.....	39
4.1.2	SE-Vorgehensmodell in Verbindung mit PQM und Qualitätsarbeit.....	41
4.2	SE-Problemlösungsprozess und PQM.....	54
4.2.1	Systemgestaltung und präventive Qualitätsarbeit	54
4.2.2	Projektmanagement als Bestandteil des PQM.....	64
4.3	Zusammenfassung	65
5	Zentrale Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Produktentwicklung	67
5.1	Herleitung der zentralen Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität.....	67
5.1.1	Handlungsbedarfe auf Basis von Erfahrungen des Autors aus Beratungsprojekten	67
5.1.2	Kurzstudie: Präventive Qualitätsstrategie im Produktentwicklungsprozess.....	70
5.1.3	Kurzstudie: Fehlervermeidung statt Fehlerbehebung	72
5.1.4	Herleitung der zentralen Elemente aus den Praxiserfahrungen	76
5.2	Einordnung der zentralen Elemente in den Betrachtungsumfang.....	79
5.3	Unterstützende Forschungsfragen zu den zentralen Elementen	80
5.4	Operationalisierte Beschreibung der zentralen Elemente	81
5.5	Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	83
5.5.1	Ausgangssituation für Element 1	83
5.5.2	Zielsetzung für Element 1	86
5.5.3	Vorschlag für Vorgehen und Ergebnis hinsichtlich Element 1	86
5.5.4	Rollen für Element 1	93
5.5.5	Methoden und Werkzeuge für Element 1	94
5.5.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren für Element 1	94
5.6	Element 2: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement.....	96
5.6.1	Ausgangssituation für Element 2.....	96
5.6.2	Zielsetzung für Element 2.....	97

5.6.3	Vorschlag für Vorgehen und Ergebnis hinsichtlich Element 2	97
5.6.4	Rollen für Element 2	102
5.6.5	Methoden und Werkzeuge für Element 2	103
5.6.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren für Element 2	105
5.7	Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung ..	106
5.7.1	Ausgangssituation für Element 3	106
5.7.2	Zielsetzung für Element 3	107
5.7.3	Vorschlag für Vorgehen und Ergebnis hinsichtlich Element 3	108
5.7.4	Rollen für Element 3	111
5.7.5	Methoden und Werkzeuge für Element 3	112
5.7.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren für Element 3	112
5.8	Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	114
5.8.1	Ausgangssituation für Element 4	114
5.8.2	Zielsetzung für Element 4	115
5.8.3	Vorschlag für Vorgehen und Ergebnis hinsichtlich Element 4	115
5.8.4	Rollen für Element 4	119
5.8.5	Methoden und Werkzeuge für Element 4	120
5.8.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren für Element 4	120
5.9	Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	122
5.9.1	Ausgangssituation für Element 5	122
5.9.2	Zielsetzung für Element 5	123
5.9.3	Vorschlag für Vorgehen und Ergebnis hinsichtlich Element 5	123
5.9.4	Rollen für Element 5	130
5.9.5	Methoden und Werkzeuge für Element 5	130
5.9.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren für Element 5	130
5.10	Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien	132
5.10.1	Ausgangssituation für Element 6	132
5.10.2	Zielsetzung für Element 6	133
5.10.3	Vorschlag für Vorgehen und Ergebnis hinsichtlich Element 6	133
5.10.4	Rollen für Element 6	138
5.10.5	Methoden und Werkzeuge für Element 6	139
5.10.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren für Element 6	139
5.11	Zusammenfassung der zentralen Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Produktentwicklung	142
6	Integration der zentralen Elemente des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität	145
6.1	Zentrale Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität im Überblick	145
6.2	Zielsetzung und Anforderungen an ein integriertes Modell	146
6.3	Ermittlung der Beziehungen zwischen den zentralen Elementen	146
6.4	Ausmaß der gegenseitigen Beeinflussung der zentralen Elemente	149
6.5	Grundsätzliche Anwendung des Modells	157
6.6	Zusammenfassung	162
7	Anwendung des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität	165
7.1	Rahmenbedingungen Automobil OEM	165
7.2	Anwendung des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität beim Automobil OEM	167
7.2.1	Ermittlung und Entscheidung Stellhebel zur Reduzierung der Nicht-Qualität	167

7.2.2	Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement.....	175
7.2.3	Einführung Reifebewertung und -planung für kritische Technologien.....	182
7.2.4	Implementierung Q-Prognosen für Systemausfälle und Anlaufqualität.....	189
7.3	Ergebnis und Zusammenfassung der Modell-Anwendung	199
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	201
8.1	Ergebnisse und Fazit.....	201
8.2	Ausblick	205
9	Literaturverzeichnis.....	207
10	Abbildungsverzeichnis	211
11	Abkürzungsverzeichnis	215
12	Anhang.....	217

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Der Begriff der Qualität wird heute in sehr unterschiedlichen Kontexten genutzt. Zunächst einmal sehr allgemein wie z.B. Produktqualität, Prozessqualität, Service- und Dienstleistungsqualität oder lediglich bei der Beschreibung der Qualität von Arbeitsergebnissen. Darüber hinaus sind auch sehr spezielle Verknüpfungen des Qualitätsbegriffs vorzufinden. Z.B. aus Sicht eines Unternehmens mit Begriffen wie Qualitätszertifikaten für Prozesse oder Produkte, Qualitätsnormen, Qualitätsmethoden wie Six Sigma, FMEAs, QFD usw. Des Weiteren existieren jedoch auch weitere Begriffe wie Qualitätswein, hygienische Qualität, Bildungsqualität, Beratungsqualität, Lebensmittelqualität, Trinkwasserqualität und Qualität im Gesundheitswesen.

Nach Qualitätsnorm DIN EN ISO 9000 wird Qualität als „*Vermögen einer Gesamtheit inhärenter (lat. innewohnend) Merkmale eines Produkts, eines Systems oder eines Prozesses zur Erfüllung von Forderungen von Kunden und anderen interessierten Parteien.*“¹ definiert. D.h. Qualität ist sowohl die Erfüllung von externen Kundenanforderungen als auch die Erfüllung interner Anforderungen, wie z.B. von unternehmensinternen Prozesspartnern, an ein Produkt oder einen Prozess. In dieser Arbeit wird die unternehmerische Sichtweise eingenommen. Der weitere Fokus dieser Arbeit wird auf der Qualität von komplexen Produkten aus Hochtechnologiebranchen („engineered products“) wie Luft- und Raumfahrt, Automobilindustrie, Maschinen- und Anlagenbau oder Transport- und Logistikbranche liegen.

Die Qualität eines Produktes gewinnt in der markt- und kundenorientierten Industrie immer mehr an Gewicht. Für diesen steigenden Stellenwert können fünf wesentliche Faktoren genannt werden:²

- Stärkere Position des Kunden durch die Rechte auf Wahl des Produktes, auf Information, auf Sicherheit und zur Reklamation. Darüber hinaus ist der Kunde durch Verbraucheraufklärung, Testvergleiche und Rechtsprechung besser aufgeklärt, anspruchsvoller und kritischer.
- Steigende Ansprüche des Kunden hinsichtlich einer gleichbleibenden Beschaffenheit des Produktes (Konformität). Daraus resultieren eine höhere Prozessstabilität in der Produktion und die damit verbundene notwendige Automatisierung.
- Zunehmendes Umweltbewusstsein und Sensibilisierung der Gesellschaft für ökologische Problemstellungen.
- Zunehmende Globalisierung der Märkte, resultierendes höheres Produktangebot, Variantenvielfalt und Wettbewerbsdruck.
- Höhere Komplexität von Produkten durch mehr Funktionen, höhere Anzahl Bauteile, komplexere Entwicklungsprozesse und steigende Anforderungen an Produktsicherheit.

Insbesondere der Faktor der steigenden Komplexität, als auch die durch den Kunden geforderte und im Wettbewerb existierende Variantenvielfalt der Produkte, spielt in den Hochtechnologiebranchen eine zentrale Rolle. Die steigende Komplexität ist nachfolgend in Abb. 1.1 beispielhaft an der zunehmenden Anzahl von Steuergeräten und Kommunikationssystemen, also Zunahme vernetzter E/E-Umfänge, über die Modellgenerationen sowohl der Luxusklasse als auch der Oberklasse bei Mercedes-Benz Cars dargestellt.

¹ DIN EN ISO 9000:2005-12, S. 13

² Herberg 2001, S. 31 - 33

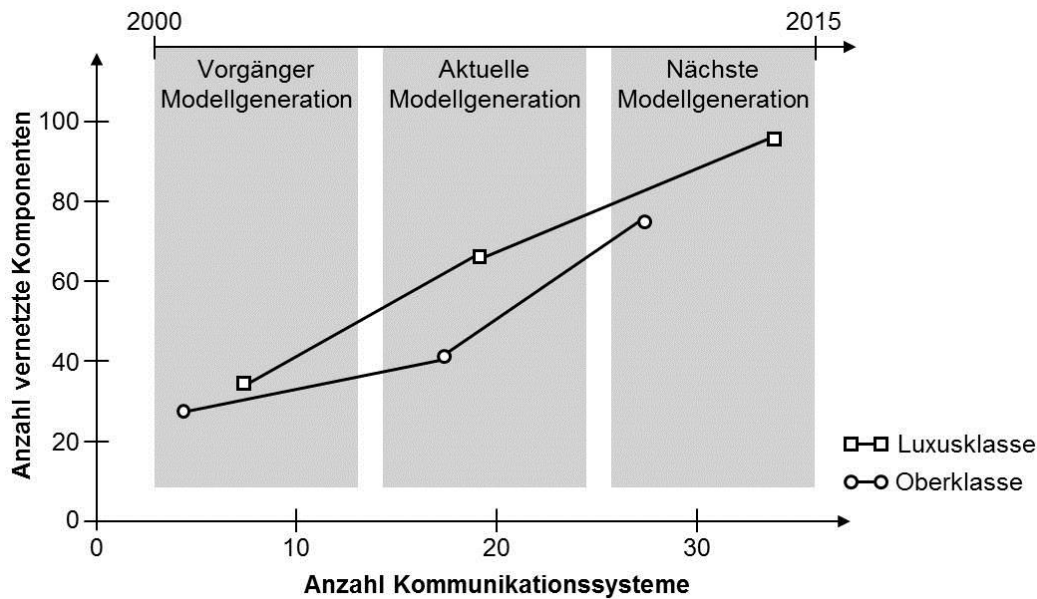


Abb. 1.1: Zunahme der Anzahl der Steuergeräte und Kommunikationssysteme (nach Jaensch)³

Die kontinuierlich steigende Variantenvielfalt kann am Beispiel von BMW verdeutlicht werden. Noch vor einigen Jahren prägten die Basis-Modelle 3er, 5er und 7er die Modellpalette, neben wenigen BMW M-Fahrzeugen. Heute wurde diese, wie in Abb. 1.2 dargestellt, durch die zusätzlichen Modelle 1er, 2er, 4er, 6er, X-Modelle, Z4, Hybrid-Modelle und i-Modelle erweitert. Aufgrund der Kundennachfrage und den unterschiedlichen Anforderungen in den Wachstumsmärkten ist in den nächsten Jahren mit weiterem Zuwachs in der Modellpalette zu rechnen.



Abb. 1.2: BMW-Modelle 2014 (nach BMW AG)⁴

Der Variantenzuwachs in der Luftfahrtindustrie lässt sich in Abb. 1.3 am Beispiel von Airbus darstellen. Mit der Entwicklung und Erstauslieferung der A320-Familie (A318, A319, A320, A321) in

³ Jaensch 30.09.2010, S. 4

⁴ BMW AG 2014

den späten 1980ern und der Entwicklung von Militärflugzeugen mit Erstaustieferungen in 1999 nahm die Anzahl der Varianten hinsichtlich der möglichen Strecken, der Gestaltung des Rumpfes und des Antriebes hier ebenfalls zu. Der A380, das größte zivile Verkehrsflugzeug, mit seinem vierstrahligen Antrieb und zwei Decks für insgesamt bis zu 853 Passagiere, kann zudem als Beispiel für die stark zunehmende Produktkomplexität genannt werden.

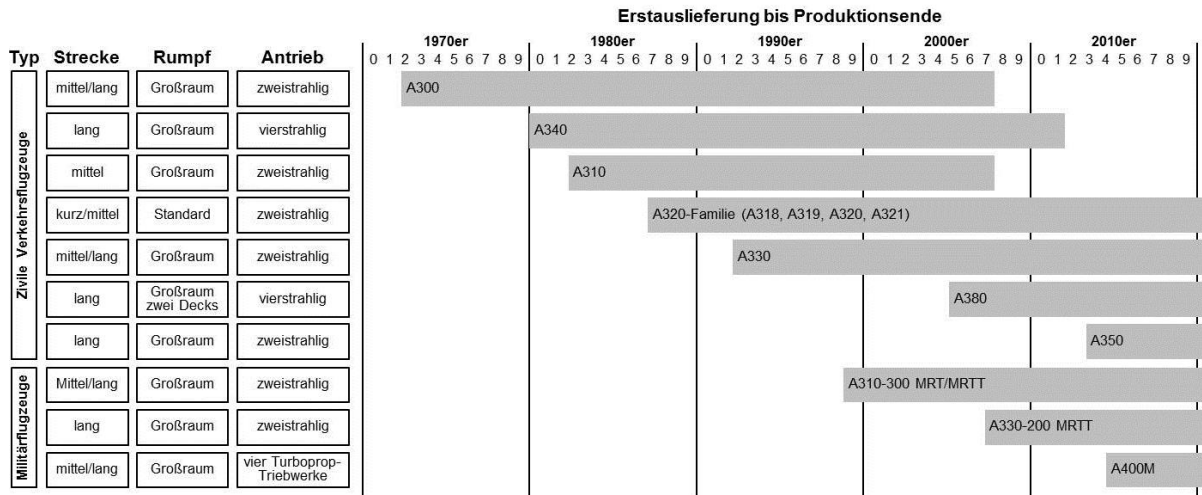


Abb. 1.3: Zeitleiste ziviler Verkehrsflugzeuge und Militärflugzeuge von Airbus (nach Wikipedia)⁵

Insbesondere die Reduzierung von gestiegenen Kosten, die aus der hohen Komplexität und der Variantenvielfalt in den Hochtechnologiebranchen resultiert, führt zu einer intensiveren Umsetzung von Plattform- und Baukastenstrategien über das gesamte Produktportfolio. Wenn nun ein Qualitätsproblem während der Produktion oder der Kundennutzung in einem Baukasten oder einer Plattform auftritt, sind meist sehr große Umfänge des Produktportfolios betroffen. Dies kann zu enormen Kosten für das Unternehmen führen. Die aus einem solchen Qualitätsproblem resultierenden hohen Kosten sollen nachfolgend mit einem Beispiel aus der Beratungstätigkeit des Autors anhand eines Motorbaukastens in der Automobilindustrie in Abb. 1.4 exemplarisch hergeleitet werden. Der hohe Anteil des Motors A im Fahrzeug-Portfolio mit umgerechnet ca. 1,5 Mio. Motoren führt hier mit dem durchschnittlichen Fehlerrate von 0,3 Fehlern pro Motor und den resultierenden Kosten von 120€ pro Fehler zu Kosten in Höhe von 54 Mio. €.

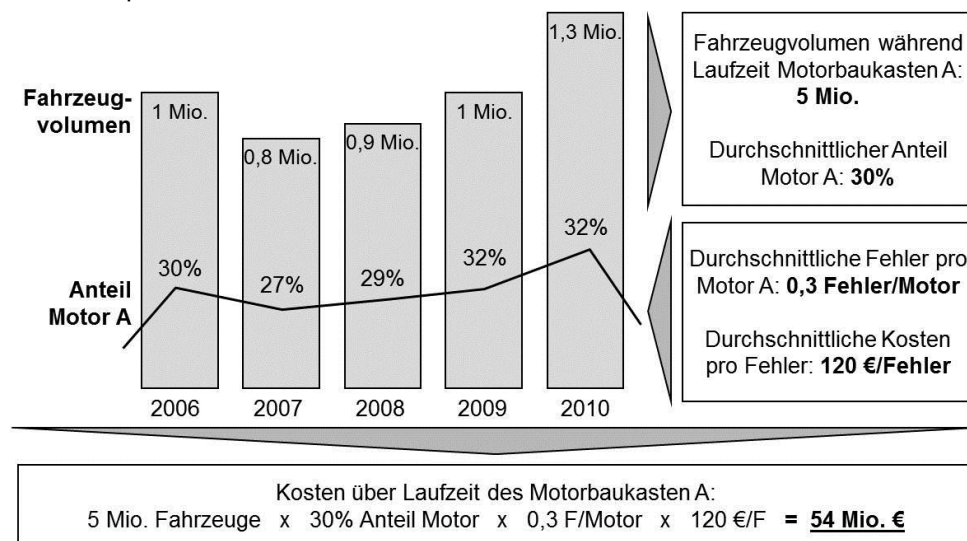


Abb. 1.4: Beispiel: Kosten aufgrund eines Qualitätsproblems eines Motorbaukastens

⁵ Wikipedia 2014a

Die Ursachen für ein Qualitätsproblem können dabei bereits in der Architekturgestaltung liegen, bei der ein Fehler oder ein Qualitätsmangel hineinentwickelt wurde, der dann eine ganze Produktfamilie nachhaltig negativ beeinflusst.⁶

Dabei sind die Folgen eines Image-Schadens aus einer Rückrufaktion oder anderer Feldaktionen, wie in Abb. 1.5 dargestellt, kaum quantifizierbar, sondern nur grob abschätzbar.⁷ Auch wenn die Folgen von Feldaktionen nur selten quantifizierbar sind, wird jede der aufgeführten Feldaktionen eine mehr oder weniger negative Auswirkung auf die Produktwahrnehmung des Kunden haben. Diese ist in der Abbildung über die Achse des Imageschadens dargestellt. Die Aufwände bzw. Kosten für den Hersteller sind hier qualitativ angegeben.

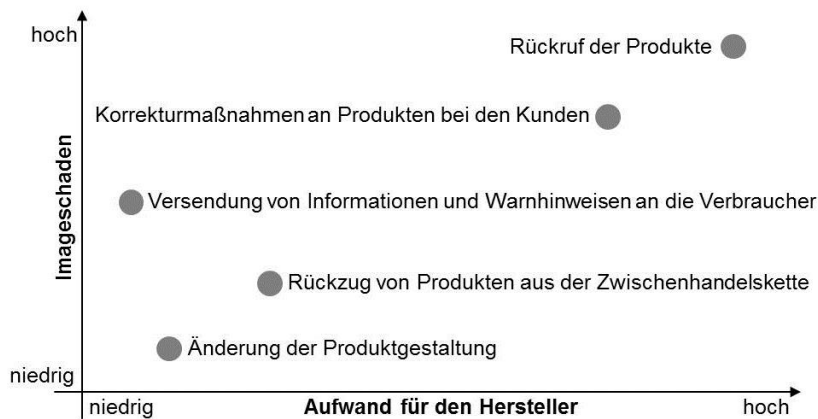


Abb. 1.5: Arten von Feldaktionen (nach Grundmann, Nase)

Grundsätzlich wird hohe Qualität von Hochtechnologie-Produkten durch den Kunden als Basismerkmal vorausgesetzt. Darüber hinaus entwickelt sich die Eigenschaft Qualität in einigen Branchen zum Teil sogar hin zum Leistungsmerkmal, da innerhalb der Produktpalette über einen höheren Produktpreis eine höhere Qualität durch den Kunden erwartet wird. Die Zuordnung der Qualität im Kano-Modell⁸ kann im Wesentlichen als Basismerkmal geschehen, jedoch mit dem Bestreben bzw. der Tendenz in Richtung eines Leistungsmerkmals (Abb. 1.6). Zusätzlich dazu muss das jeweilige Unternehmen das langfristige Ziel verfolgen, eine hohe Kundenzufriedenheit zu erzeugen, d.h. grundsätzlich den rechten oberen Quadranten des Kano-Modells anzusteuern.⁹

⁶ Haberfellner et al. 2012, S. 188

⁷ Grundmann, Nase 16.05.2006, S. 5

⁸ Schmitt, Pfeifer 2010, S. 159

⁹ von Regius 2006, S. 26 - 27

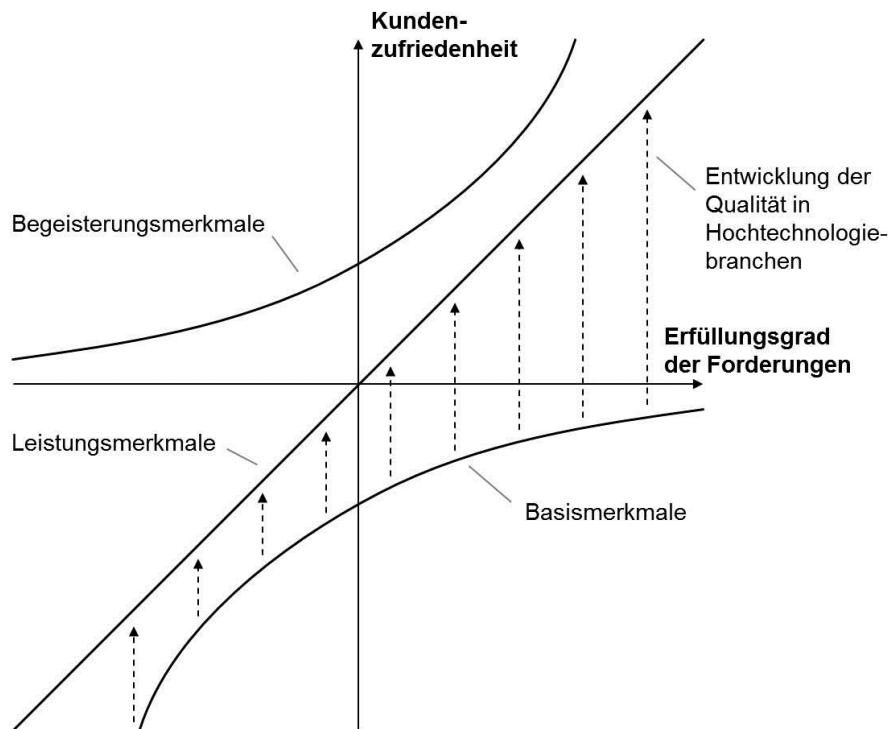


Abb. 1.6: Kano-Modell und Entwicklung der Qualität in Hochtechnologiebranchen (nach von Regius)

Wenn Basis- oder Leistungsmerkmale, also interne wie externe Kundenanforderungen, nicht erfüllt werden, wird dies in dieser Arbeit als Nicht-Qualität bezeichnet. Nicht-Qualität kann z.B. durch ein Motorproblem (Abb. 1.4), ein defektes Navigationssystem im Fahrzeug, reduzierte Datenmengen in der Kommunikation zwischen Satelliten und Bodenstation oder Schäden an einem hochbelasteten Lager im Anlagenbau repräsentiert werden.

Aufgrund des hohen Stellenwerts der Qualität für die Kunden von Hochtechnologie-Produkten, den im Unternehmen anfallenden Kosten aus Qualitätsproblemen und deren Auswirkungen, ist hohe Qualität entscheidend für den langfristigen Unternehmenserfolg. Die Qualität von Produkten kann jedoch nicht erst während der Kundennutzung erzeugt werden. Alle vorhergehenden Schritte in der Entwicklung und Produktion sollten darauf ausgerichtet sein, Nicht-Qualität im Endprodukt zu vermeiden. So werden die Anforderungen der Kunden an die Qualität früh berücksichtigt und Kosten für Nachbesserungen bzw. Lösung von Problemen entfallen nachhaltig.¹⁰

Somit spielt insbesondere die Produktentwicklung eine zentrale Rolle in der nachhaltigen Vermeidung von Nicht-Qualität. Die größte Herausforderung resultiert dabei aus der Komplexität der Entwicklungsprozesse. Diese Komplexität muss beherrscht und auf die qualitätsrelevanten Aspekte ausgerichtet werden. Zur Beherrschung der Entwicklungskomplexität können deshalb die Prinzipien und Vorgehensweisen des Systems Engineering (SE) herangezogen werden. Diese müssen jedoch eng mit den existierenden Ansätzen, Vorgehensweisen und Methoden des präventiven Qualitätsmanagements (QM) vernetzt werden. Neben der punktuellen Anwendung einzelner Methoden (z.B. Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse, Design of Experiments, Fehlerbaum-Analyse) existieren hier im präventiven QM bereits ganzheitliche Vorgehensweisen wie das Advanced Product Quality Planning¹¹ (APQP), um vorausschauend Entwicklungsprojekte zu planen und terminlich sowie kostenmäßig zielgerichtet zu steuern. Beim APQP geschieht dies unter Einbindung der gesamten Lieferkette mit gleichzeitiger Entwicklung von Produkt und Prozess inkl. Risikoprävention unter Berücksichtigung von gesammelten Erfahrungen. Diese Vorgehensweise hat

¹⁰ Kooperation „Wissenschaft & Praxis“ 2012, S. 9

¹¹ Danzer 2013, S. 81

sich seit den 1990er Jahren in der amerikanischen Automobilindustrie bewährt und wird in der deutschen Automobilindustrie ebenfalls verfolgt. Diese existierende präventive QM- und Projektmanagement-orientierte Sichtweise soll mit dieser Arbeit um die systemorientierte Betrachtungsweise mit der Vernetzung des SE und des präventiven QM erweitert werden, um bzgl. des wertschöpfenden Prozesses der Entwicklung einen Mehrwert zu erzeugen.¹² Diese umfassendere Sicht auf die komplexe Struktur der Entwicklung soll helfen, dass präventive QM effektiver zur Anwendung zu bringen, den Entwicklungsprozess als solches robust zu gestalten¹³ und somit einen zusätzlichen Nutzen zur nachhaltigen Reduzierung der Nicht-Qualität zu generieren.

1.2 Zielsetzung

Aus der Verbindung bzw. Verzahnung des SE mit dem präventiven QM soll ein integrierter Ansatz erarbeitet werden. Basis dieses Ansatzes werden die wesentlichen Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität (inkl. Vorgehen, Prozess, Rollen und Verantwortung) in der frühen Phase der Entwicklung sein, deren Zusammenspiel in einem Modell dargestellt wird. Das Modell soll die Entscheidungsfindung zur effektiven Ausrichtung, Umsetzung und Fokussierung der beschriebenen präventiven Elemente in der frühen Phase der Entwicklung unterstützen. So sollen zusätzliche Potentiale zur nachhaltigen Reduzierung der Nicht-Qualität gehoben werden. Das Zielbild des integrierten Ansatzes aus SE und präventivem QM ist in Abb. 1.7 schematisch dargestellt.

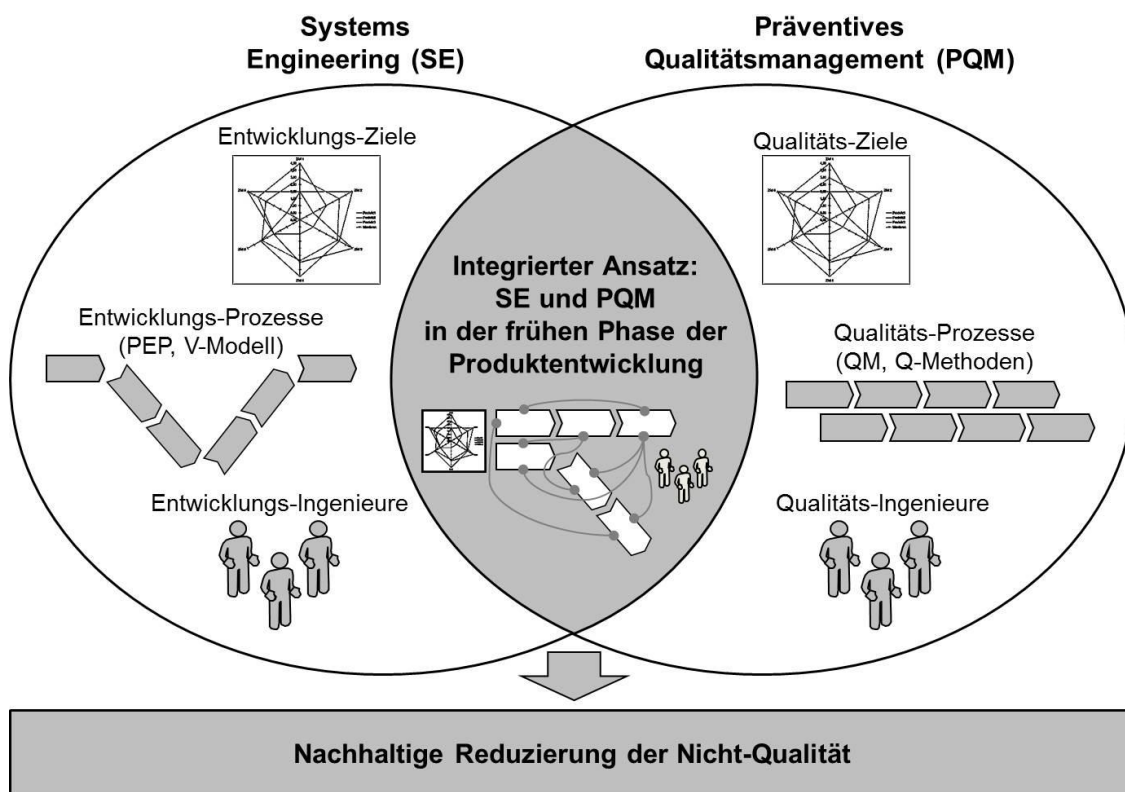


Abb. 1.7: Zielbild integrierter Ansatz zur nachhaltigen Reduzierung der Nicht-Qualität

Aus der beschriebenen Ausgangssituation und Zielsetzung ergeben sich für diese Arbeit die drei folgenden Forschungsfragen:

- Forschungsfrage 1: Lässt sich das präventive QM in der frühen Phase der Produktentwicklung mit der Methodik des Systems Engineering nutzenbringend verzahnen?

¹² Conti 2010, S. 352

¹³ Schmitt, Pfeifer 2010, S. 155

- Forschungsfrage 2: Welche sind die zentralen präventiven Elemente in der frühen Phase der Produktentwicklung zur Reduzierung der Nicht-Qualität. Wie sind diese gestaltet und miteinander vernetzt?
- Forschungsfrage 3: Lassen sich aus einer unternehmensspezifischen Fokussierung und dem Zusammenspiel der zentralen präventiven Elemente zusätzliche Potentiale zur Reduzierung der Nicht-Qualität generieren?

Mit der Beantwortung der Forschungsfragen soll ein Mehrwert für den Stand der Wissenschaft und die Praxis-Anwendung zur nachhaltigen Reduzierung der Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung geschaffen werden.

1.3 Vorgehen und Aufbau

Innerhalb dieser Arbeit werden zunächst die wissenschaftlichen Grundlagen zum präventiven QM und zum SE erläutert. Diese werden anschließend auf Basis der Erfahrungen des Autors zu einem Grundgerüst zusammengefügt. Dieses wird um Praxiserfahrungen von Fachexperten aus der Industrie ergänzt, gefestigt und einzelne Schwerpunkte in Form von Elementen werden herausgearbeitet. Anschließend werden diese Elemente anwenderorientiert detailliert und operationalisiert. Die Elemente werden im nächsten Schritt in einem Modell in Zusammenhang bzw. Beziehung gebracht. Dieses Modell, bestehend aus operationalisierten Elementen und deren Beziehungen, bildet das zentrale Ergebnis dieser Arbeit und wird abschließend anhand eines Praxisbeispiels validiert. Dieses grundsätzliche Vorgehen spiegelt sich im Aufbau und den Kapiteln dieser Arbeit wieder (Abb. 1.8).

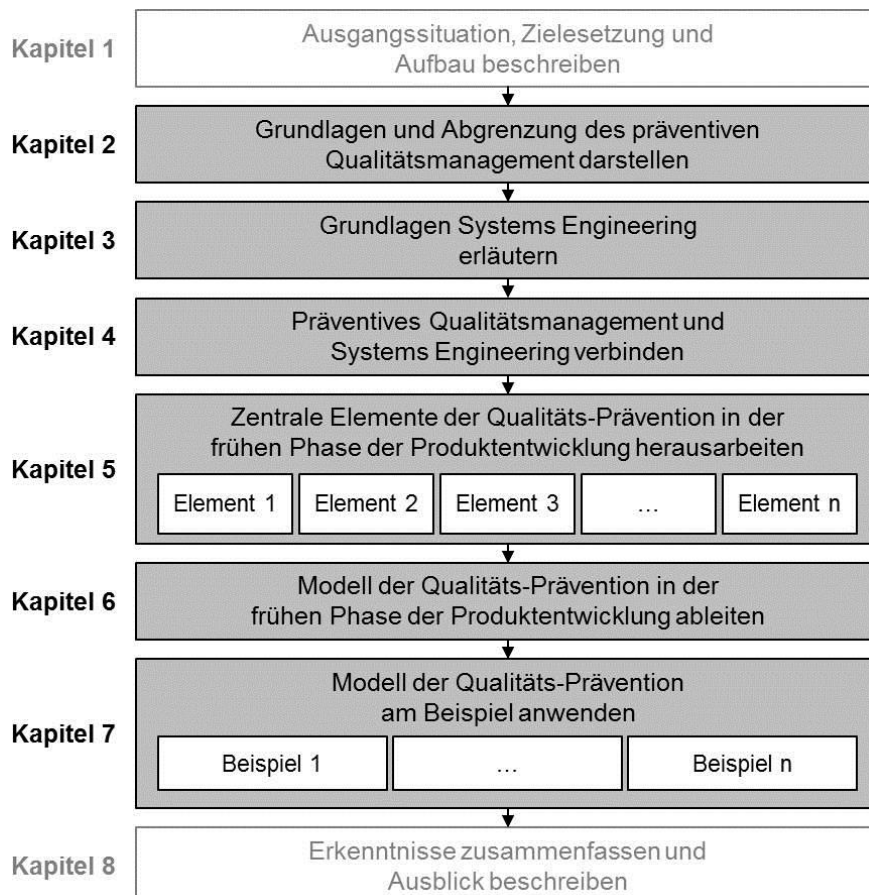


Abb. 1.8: Vorgehen und Aufbau der Arbeit

Die Zielsetzungen der einzelnen Kapitel werden nachfolgend kurz erläutert und mit der Beantwortung der jeweiligen Forschungsfrage in Bezug gesetzt.

Kapitel 2: In diesem Kapitel sollen die Grundlagen des präventiven QM für diese Arbeit erläutert werden. Die wesentlichen Schwerpunkte sollen auf dem präventiven QM und der frühen Phase der Produktentwicklung liegen. Mit den Erläuterungen dieser Schwerpunkte wird der Betrachtungsumfang dieser Arbeit abgegrenzt. Abschließend wird die grundsätzliche Anwendung des präventiven QM in der frühen Phase der Produktentwicklung in der Praxis beschrieben.

Kapitel 3: Hier soll als weitere Grundlage dieser Arbeit ein kurzer Überblick über das SE gegeben werden. Dabei soll für das Verständnis der Fokus auf der allgemeinen Definition des SE, der Historie und dem SE-Konzept liegen. Das SE-Konzept dient als Basis für das folgende Kapitel.

Kapitel 4: An dieser Stelle sollen die Aspekte des präventiven QM in der frühen Phase der Entwicklung mit dem SE verbunden werden. Dabei sollen die spezifischen Ansatzpunkte im SE-Konzept erläutert und anschließend mit den Aspekten und Beispielen des präventiven QM aus den Praxiserfahrungen des Autors verbunden werden. Das Ergebnis sollten Teil-Ansätze aus präventivem QM und SE sein, die in der weiteren Arbeit gefestigt, detailliert und operational beschrieben werden können. Mit dieser Verbindung und Erläuterung soll Forschungsfrage 1 beantwortet werden.

Kapitel 5: In diesem Kapitel sollen zunächst auf Basis weiterer Praxiserfahrungen von Fachexperten aus der Industrie die Elemente der Prävention hergeleitet und in den abgegrenzten Betrachtungsumfang eingeordnet werden. Darauf aufbauend werden die Teil-Ansätze aus präventivem QM und SE genutzt, um die Elemente der Prävention herauszuarbeiten und zu operationalisieren.

Kapitel 6: Hier wird aus den zuvor operationalisiert beschriebenen Elementen ein Modell zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung aufgebaut. Dazu werden zunächst die Anforderungen an das Modell formuliert, die in der Modellgestaltung zu berücksichtigen sind und deren Erfüllung anschließend geprüft wird. Damit soll Forschungsfrage 2 beantwortet werden. Die grundsätzliche Anwendung des Modells wird abschließend anhand eines allgemeinen Vorgehens erläutert.

Kapitel 7: Innerhalb dieses Kapitels soll die Anwendung des Modells zur Prävention der Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung beschrieben werden. Diese Anwendung anhand eines Praxisbeispiels aus der Industrie dient der Validierung des Modells und somit der Beantwortung der Forschungsfrage 3. Dazu werden zunächst die Rahmenbedingungen des Praxisbeispiels beschrieben, innerhalb derer das Modell zur Anwendung kommt. Abschließend soll der Nutzen der Modellanwendung hinsichtlich der nachhaltigen Reduzierung der Nicht-Qualität herausgestellt werden.

2 Grundlagen und Abgrenzung des präventiven Qualitätsmanagements (PQM)

Im Folgenden Kapitel werden die Grundlagen des Qualitätsmanagements (QM) erläutert. Dabei wird zunächst das allgemeine QM beschrieben und die für diese Arbeit wesentlichen Punkte herausgearbeitet. Anschließend wird der Betrachtungsumfang auf das präventive QM in der frühen Phase der Produktentwicklung eingegrenzt und die Anwendung des präventiven QM in der Praxis. In der Folge werden die nachstehenden Abkürzungen verwendet:

- Qualitätsmanagement: QM
- Präventives Qualitätsmanagement: PQM
- Qualitätsarbeit: QA
- Präventive Qualitätsarbeit: PQA
- Reaktive Qualitätsarbeit: RQA

2.1 Grundlagen des Qualitätsmanagements (QM)

Wie bereits früher erwähnt, kann Qualität als die Erfüllung sowohl externer Kundenanforderungen als auch interner Anforderungen, wie z.B. von unternehmensinternen Prozesspartnern, an ein Produkt oder einen Prozess, definiert werden.¹⁴ Diese allgemeine Definition kann wiederum in drei aufeinander aufbauende Ebenen detailliert werden.

Qualität auf unterschiedlichen Ebenen¹⁵

Die hierarchisch aufeinander aufbauenden Ebenen beginnen Top-Down mit der Produktqualität, die die impliziten und expliziten Forderungen des Kunden an das Produkt widerspiegelt. Diese kann meistens nur durch eine hohe Prozessqualität erreicht werden, die die Effizienz- und Effektivitätsaspekte an systematische Prozesse aufgreift. Die Prozessqualität wird wiederum durch das Zusammenspiel aller Prozesse (Kern-, Unterstützungs-, und Managementprozesse) in einem Prozessnetzwerk beeinflusst. Die Erfüllung der Anforderungen an das Zusammenspiel im Prozessnetzwerk wird durch die Systemqualität beschrieben. Zielsetzung dieser Arbeit ist die nachhaltige Reduzierung der Nicht-Qualität von Hochtechnologie-Produkten. Dabei wird im Weiteren die Nicht-Qualität rein auf die Produktqualität bezogen. Die Aspekte der Prozess- und Systemqualität werden implizit im integrierten Ansatz aus SE und PQM als Elemente (inkl. Vorgehen, Prozess, Rollen und Verantwortung) und im Modell (Zusammenspiel der Elemente) aufgegriffen. Prozess- und Systemqualität werden in dieser Arbeit als Befähiger bzw. Basis zur nachhaltigen Reduzierung der Nicht-Qualität verstanden, jedoch nicht explizit adressiert. Diese Abgrenzung ist in Abb. 2.1 dargestellt.

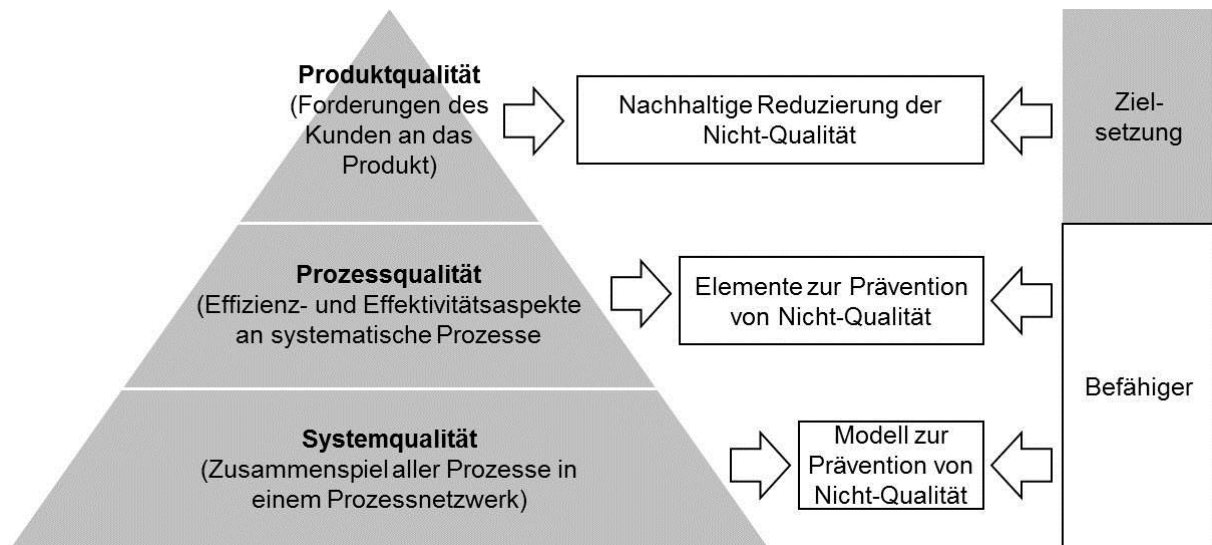


Abb. 2.1: Stufen der Qualität und Zielsetzung der Arbeit

Entwicklungsziele und Zielsystem

In der frühen Phase der Entwicklung eines Automobils, eines Flugzeuges, eines Zuges oder eines Satelliten usw. werden Ziele in Anforderungen übersetzt. Zu diesen Zielen gehören z.B.:

- Herstellkosten
- Wartungskosten
- Gewicht
- Energie- bzw. Treibstoff-Verbrauch
- Schadstoff- bzw. CO₂-Ausstoß

¹⁴ DIN EN ISO 9000:2005-12, S. 13

¹⁵ Schmitt, Pfeifer 2010, S. 276 - 277

- Bedienfreundlichkeit
- Qualität

Diese unterschiedlichen Ziele müssen in einem Zielsystem hinterlegt werden, in dem auch die Produktqualität bereits berücksichtigt wird. Darin wird beschrieben, welche Ergebnisse unter welchen Rahmenbedingungen erarbeitet werden sollen. Im Zielsystem wird jedoch nicht die Lösung selbst, sondern nur die für die Entwicklung relevanten Zusammenhänge und Abhängigkeiten der Ziele beschrieben. Die Ziele beziehen sich dabei auf einen geplanten SOLL-Zustand des Endproduktes.¹⁶ Dabei sind grundsätzlich fünf verschiedene Arten von Zielen zu berücksichtigen:¹⁷

- Umweltziele adressieren Anforderungen und Randbedingungen aus dem Zusammenspiel von Produkt, Prozess und dem Unternehmen mit der Systemumwelt.
- Produktziele beschreiben die an das Produkt gestellten Anforderungen. Dabei werden Kundenanforderungen ermittelt und in technische Vorgaben übersetzt (Lastenhefte).
- Prozessziele beziehen sich auf den Entwicklungsprozess, den zeitlich-inhaltlichen Fortschritt, die Prozessgüte und die aus der Bearbeitung entstehenden finanziellen Auswirkungen.
- (Aufbau-)Organisationsziele beschreiben Anforderungen bezüglich der Organisationsform(en), des Personals, der Zusammenarbeit mit Zulieferern, Partnern, der Betriebsmittel und sachlichen Ressourcen.
- Projektziele dienen der Fixierung von Anforderungen, die projektübergreifend für das Gesamtsystem der Produktentwicklung von Relevanz sind. Produkt-, Prozessziele und Organisationsziele unterstützen somit die Projektziele.

Da der Fokus dieser Arbeit auf der Produktqualität liegt, werden im weiteren Verlauf insbesondere die Produktziele mit dem Thema Qualität in Zusammenhang gebracht. Umwelt-, Prozess-, (Aufbau-) Organisations- und Projektziele werden implizit innerhalb der Elemente und des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität behandelt. Diese Ziele können analog der Unterscheidung zwischen Produkt-, Prozess- und Systemqualität (Abb. 2.1) als Befähiger für die nachhaltige Reduzierung der Nicht-Qualität am Produkt gesehen werden.

Dimensionen der Produktqualität

Die Produktqualität kann grundsätzlich in acht unterschiedliche Dimensionen unterteilt werden:¹⁸

- Leistung (engl. Performance)
- Ausstattung (engl. Features)
- Zuverlässigkeit (engl. Reliability)
- Lebensdauer (engl. Durability)
- Konformität (engl. Conformance)
- Serviceleistung (engl. Service)
- Ästhetik (engl. Aesthetics)
- Qualitätsanmutung (engl. Perceived Quality)

Diesen acht Dimensionen können um die zusätzliche Dimension Nachhaltigkeit ergänzt werden.¹⁹ Die beschriebenen Dimensionen spiegeln die Q-Ziele und -Anforderungsfelder an ein technisches Produkt wieder, unter deren Berücksichtigung das Produkt zu entwickeln und zu produzieren ist.

Q-Ziel- und -Anforderungsfelder

Die neun Q-Ziele und -Anforderungsfelder lassen sich in drei wesentliche Felder zusammenfassen, die sowohl die interne Unternehmenssicht als auch die externe Kundensicht abbilden:

¹⁶ Negele 1998, S. 141

¹⁷ Negele 1998, S. 14

¹⁸ Garvin 1984, S. 29 - 30

¹⁹ Schmitt, Pfeifer 2010, S. 160

- Internes Q-Anforderungsfeld (Unternehmenssicht)
 - Garantie bzw. Gewährleistung (Konformität, kurz- und mittelfristige Zuverlässigkeit)
- Externe Q-Anforderungsfelder (Kundensicht)
 - Kundenwahrgenommene Qualität (Ausstattung, Leistung, Ästhetik, Qualitätsanmutung, Serviceleistung)
 - Langzeitqualität (Nachhaltigkeit, Haltbarkeit, mittel- und langfristige Zuverlässigkeit)

Die Zusammenfassung der neun Dimensionen in die drei wesentlichen Ziel- und Anforderungsfelder der Produktqualität ist in Abb. 2.2 verdeutlicht.

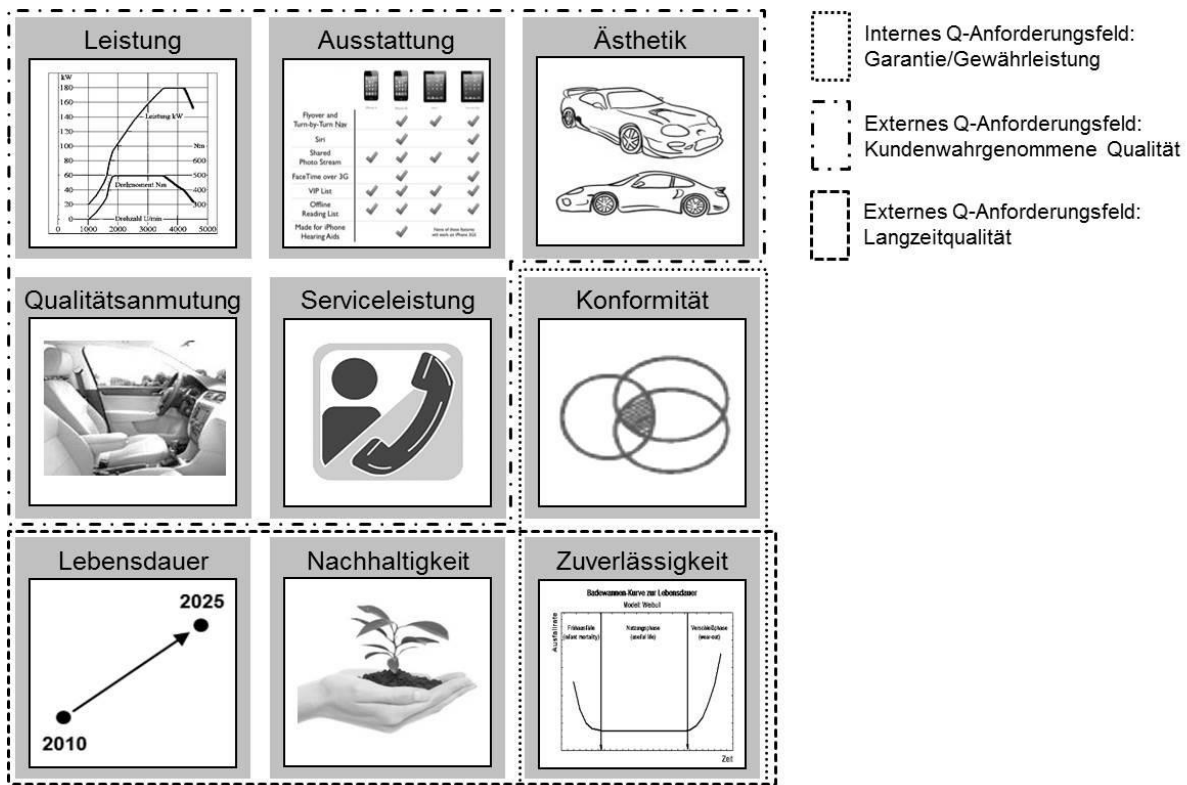


Abb. 2.2: Anforderungsfelder der Produktqualität (nach Schmitt, Pfeifer)

Diese Felder können unterschiedlich quantifiziert werden: die Garantie bzw. Gewährleistung z.B. über Anzahl Fälle, Fehlerraten oder Fehlerkosten im Gewährleistungs- und Kulanz-Zeitraum. Die kundenwahrgenommene Qualität z.B. über Punktesysteme in Studien und Direktvergleichen oder Erfüllungsquoten in Fragebögen. Die Langzeitqualität z.B. über Anzahl Fälle, Fehlerraten und Fehlerkosten außerhalb der Gewährleistung (z.B. zwischen 5 – 10 Jahren), oder durch Gutachten bei älteren Produkten durch unabhängige Prüforganisation (z.B. TÜV, DEKRA). Die Zusammenfassung der Qualität in die wesentlichen drei Felder dient der vereinfachten Betrachtung der Produktqualität und ihrer unterschiedlichen Dimensionen und wird der weiteren Arbeit als Grundlage dienen.

Q-Ansätze, Vorgehensweisen und Methoden

Zur systematischen Erfüllung der Ziele und Anforderungen hinsichtlich Qualität von Produkt und Prozess wurden in den vergangenen ca. 100 Jahren in der Wissenschaft und der Praxis Methoden, Vorgehensweisen, Prozesse, Philosophien und Ansätze erarbeitet und kontinuierlich weiterentwickelt. Diese Weiterentwicklung reichte von der Qualitätskontrolle bzw. -sicherung ab ca. 1900, über die Qualitätssicherung ab ca. 1960 und das QM ab ca. 1980 bis hin zum Total Quality Management (TQM) ab ca. 1990. Um den seit ca. 1900 steigenden Anforderungen des Marktes und den branchen- und unternehmensinternen Ansprüchen gerecht werden zu können, weisen die heute existierenden Q-

Ansätze sowohl eine hohe Komplexität als auch einen hohen Integrationsgrad auf.²⁰ Diese Entwicklung ist in Abb. 2.3 dargestellt.

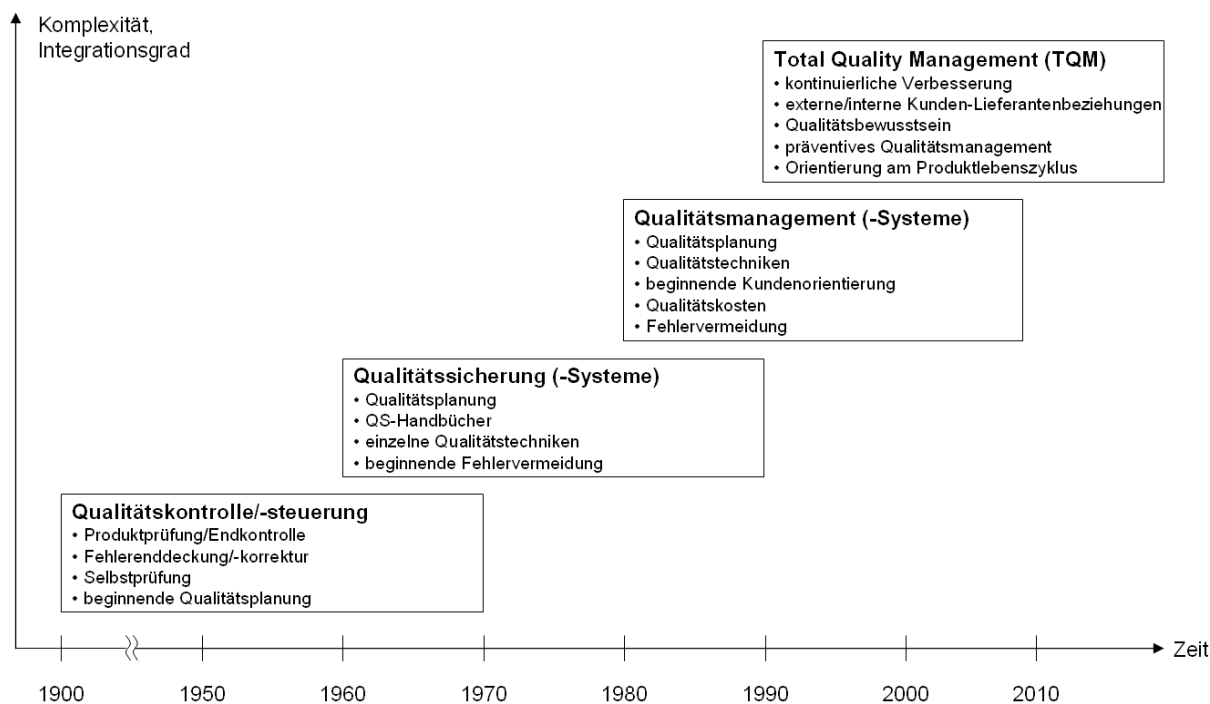


Abb. 2.3: Entwicklung der Q-Ansätze über die Zeit (nach von Regius)

Qualitätsmanagement

QM wird definiert als „aufeinander abgestimmte Tätigkeiten zum Leiten und Lenken einer Organisation, die darauf abzielen, die Qualität der produzierten Produkte oder der angebotenen Dienstleistung zu verbessern“. Zu den Grundsätzen des QM zählen folgende Punkte:²¹

- Kundenorientierung
- Führung
- Einbeziehung der Personen
- Prozessorientierter Ansatz
- Systemorientierter Managementansatz
- Ständige Verbesserung
- Sachbezogener Ansatz zur Entscheidungsfindung
- Lieferantenbeziehungen zum gegenseitigen Nutzen

Total Quality Management

Das Total Quality Management (TQM) ist die Weiterentwicklung des QM. TQM wird als alle Bereiche der Organisation umfassende Qualitätsstrategie, die auch das Umfeld und die Philosophie des Unternehmens mit einbezieht, beschrieben. Zu dieser gängigen und relativ allgemeinen Beschreibung existiert jedoch keine internationale Normung.²² Deshalb wird der Begriff in unterschiedlichen Kulturkreisen, Ländern und Unternehmen sehr unterschiedlich interpretiert und umgesetzt. Die wesentlichen Aspekte für die Einführung eines TQM können jedoch, ähnlich wie in der QM-Definition, als Grundsätze aufgeführt werden:²³

- Unternehmenspolitik, -strategie und -ziele

²⁰ von Regius 2006, S. 4

²¹ DIN EN ISO 9000:2005-12, S. 14

²² Schmitt, Pfeifer 2010, S. 53

²³ Schmitt, Pfeifer 2010, S. 56

- Führung
- Mitarbeiterorientierung
- Prozessorientierung
- Kundenorientierung
- Ergebnisorientierung

QM und TQM beschreiben mit ihren Grundsätzen jeweils eine ganzheitliche Betrachtungsweise des Themas Qualität, die in den komplexen Unternehmensstrukturen integriert und gelebt werden soll. Der in dieser Arbeit zu erarbeitende integrierte Ansatz zur Reduzierung der Nicht-Qualität wird die unterschiedlichen Grundsätze des QM und TQM aufgreifen. Da sich diese sehr stark ähneln, wird im Weiteren zur Vereinfachung nur das QM als Begriff weitergeführt.

Im integrierten Ansatz dieser Arbeit sollen insbesondere die Ansätze des Systems Engineering einen essentiellen Mehrwert zum QM schaffen. Der Ansatz wird zudem stark auf das Ergebnis, nämlich die Reduzierung der Nicht-Qualität, und die Entscheidungsfindung und Fokussierung der Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung ausgerichtet sein.

2.2 Abgrenzung des Betrachtungsumfangs

Aus der beschriebenen Ausgangssituation (Kapitel 1.1) ergibt sich die Notwendigkeit, präventives QM bereits in der frühen Phase der Produktentwicklung anzuwenden, um Nicht-Qualität effektiv und nachhaltig reduzieren zu können. Aus diesem Grund wird, aufbauend auf den Grundlagen des QM, im Folgenden der Betrachtungsumfang auf das präventive QM und die frühe Phase der Entwicklung eingegrenzt.

2.2.1 PQM

Der Begriff Prävention wird als vorbeugende Maßnahme verstanden, um ein unerwünschtes Ereignis zu vermeiden. Allgemein wird der Begriff mit „vorausschauender Problemvermeidung“ übersetzt. In dieser Arbeit steht der Begriff Prävention für die Vermeidung von Q-Problemen oder -Risiken, bevor diese auf- bzw. eintreten. Im Gegensatz zur reaktiven Q-Arbeit, bei der die auftretenden Probleme nachträglich behoben werden. Prävention findet also im Entwicklungsprozess statt, noch bevor das Produkt produziert wird. Hier werden durch das PQM Probleme behoben, bevor sie im später realisierten Produkt auftreten.

In der Entwicklung ist der Stellhebel zur Vermeidung von Nicht-Qualität am größten. Hier liegen ca. 75% der Ursachen für ein Problem, während ca. 80% der Probleme erst während der Produktnutzung, d.h. nach Realisierung entdeckt werden.²⁴ Dieser Zusammenhang ist in Abb. 2.4 dargestellt.

²⁴ Schmitt, Pfeifer 2010, S. 152

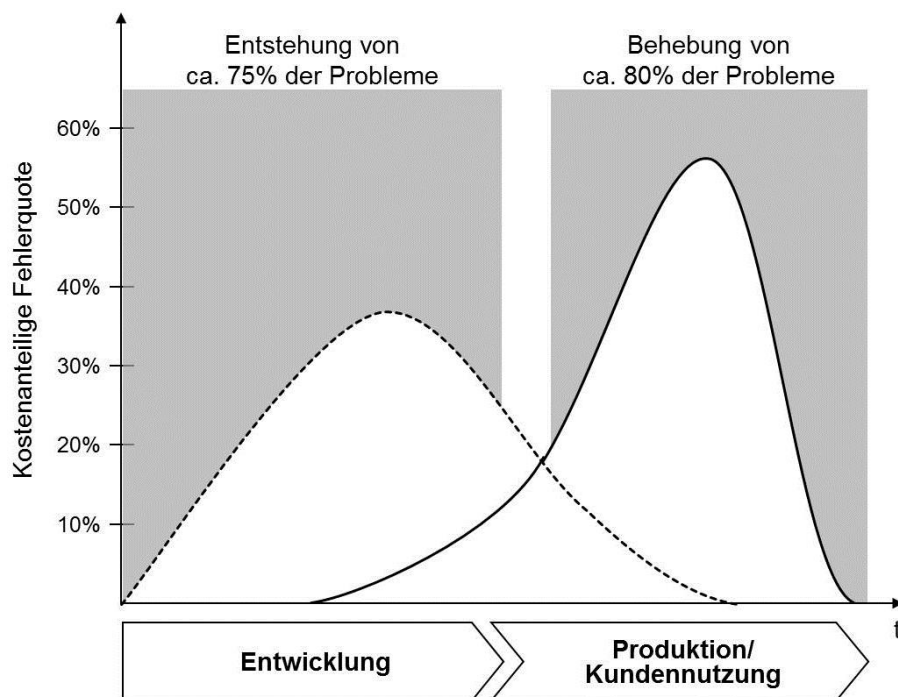


Abb. 2.4: Problementstehung und -behebung (nach Schmitt, Pfeifer)

Heute existierenden diverse Normen, Ansätze und präventive Qualitäts-Methoden, die die Qualität in der Entwicklung berücksichtigen. Im Folgenden wird ein Auszug aus diesen aufgeführt und kurz beschrieben:

- Normen
 - DIN EN ISO 9000 ff.: Umfasst die wichtigsten Normen des modernen QM aus der international anerkannten QM-Normenreihe. Inhalte sind z.B. Anforderungen an ein QM-System, Messmanagementsysteme, Leitfäden für Audits von QM- und/oder Umweltmanagementsystemen.²⁵
- Ansätze²⁶
 - TQM: Eine alle Bereiche der Organisation umfassende Qualitätsstrategie, die das Umfeld und die Philosophie des Unternehmens mit einbezieht. Sie beinhaltet die Bausteine des CWQC (Company Wide Quality Control) und erweitert diese um die Berücksichtigung des Unternehmensumfeldes (der Gesellschaft) und um die Ausrichtung der Unternehmensphilosophie auf das Qualitätsziel des Unternehmens.
 - Six Sigma: Konzept, welches die Organisation auf Grundprinzipien, wie z.B. Ausrichtung an den Kundenanforderungen, angepasste Prozesse, streng analytische Vorgehensweise und zeitnahe Umsetzung von Verbesserungen, ausrichtet. Ursprünglich entwickelt für die Anwendung in Produktionsprozessen werden Six Sigma-Ansätze heute umfassend in allen Geschäftsprozessen und Unternehmensbereichen angewandt und dienen der Verbesserung von Entwicklungs-, Produktions-, Unterstützungs- und Managementprozessen.
 - Risikomanagement (RSKM): Das Hauptziel besteht darin potentielle Probleme in der Produktentwicklung im Vorfeld ihres Auftretens transparent zu machen. Dadurch können Entscheidungen präventiv getroffen werden und Strategien für den Umgang

²⁵ Beuth 2014

²⁶ Schmitt, Pfeifer 2010, S. 53, 90

mit den identifizierten Risiken (sog. Risikokontrollstrategien) frühzeitig eingeplant werden, anstatt Probleme reaktiv und mit meist hohem Zusatzaufwand zu lösen.²⁷

- Methoden²⁸

- Statistische Versuchsmethodik (SVM): Effizientes Werkzeug zur Durchführung von experimentellen Versuchen (engl. Design of Experiments (DoE)). Sie ermöglicht es, einen Versuchsablauf zielgerichtet zu planen, die Umfänge der Untersuchungen gering zu halten und die funktionalen Zusammenhänge in Modellen abzubilden.
- Produkt-FMEA (Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse): Ziel ist es, einen aus konstruktiver Sicht einwandfreien Entwurf zu erhalten, der möglichst wenige Fehlermöglichkeiten aufweist und zu einem möglichst fehlerfreien Produkt führen soll. Aufgaben sind die Identifikation potentieller Fehler des Entwurfs, deren Ursachen und die daraus resultierenden Fehlerfolgen. Diese werden hinsichtlich ihrer Schwere bewertet und es werden geeignete Abstellmaßnahmen abgeleitet.
- Prozess-FMEA (Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse): Zielsetzung ist hier, aus Sicht der Fertigung die Schwachstellen in den Fertigungsplänen aufzudecken, die möglicherweise zu Fehlern führen werden, sie zu bewerten und Abstellmaßnahmen zu generieren. Das Vorgehen mit der Identifikation von Fehlern, Fehlerursachen und Fehlerfolgen entspricht der Produkt-FMEA.
- Fehlerbaumanalyse (engl. Fault Tree Analysis - FTA): Dient der systematischen Suche nach denkbaren Ursachen für einen vorgegebenen Fehler. Ziel ist, eine abgesicherte Aussage über das Verhalten eines Systems hinsichtlich des Auftretens eines zu definierenden Fehlers zu machen, wobei insbesondere eine Abschätzung der Ausfallwahrscheinlichkeit angestrebt wird. Kern der Methode ist die Aufstellung des Fehlerbaums auf Basis einer zuvor durchgeführten Systemanalyse. Hierzu werden, ausgehend von einem Fehler, jeweils alle möglichen Ausfallkombinationen eingetragen.
- Poka Yoke (poka = unbeabsichtigter Fehler; yoke = Vermeidung, Verminderung): Bezeichnet ein japanisches Konzept zur Vermeidung unbeabsichtigter bzw. zufälliger Fehler verursacht durch Menschen im Zuge ihrer Mitwirkung innerhalb eines Arbeitsprozesses. Das Konzept sieht technische Vorkehrungen bzw. Einrichtungen vor, um häufig auftretenden, jedoch vermeidbaren Fehlern im Produktionsprozess vorzubeugen. Dazu werden die bereits identifizierten potentiellen Fehlerquellen mittels simpler mechanischer oder physikalischer Kontrollmechanismen neutralisiert.
- QFD (Quality Function Deployment): Übergeordnetes Ziel ist nicht ein Produkt, das alle technischen möglichen, sondern nur genau die vom Kunden gewünschten Merkmale aufweist und sich durch höchste Gebrauchstauglichkeit auszeichnet. Das grundlegende Prinzip ist es, Kundenorientierung des QM in allen Phasen der Produktentwicklung zu verankern. Der Ingenieur bzw. Entwickler wird dabei als Mittler zwischen den Kundenanforderungen und dem technisch Machbaren verstanden.
- Statistische Prozessregelung (engl. Statistical Process Control - SPC): Dient im Wesentlichen der Optimierung von Produktionsprozessen. Dazu werden in konstanten Zeitabständen eine bestimmte Anzahl Teile entnommen. Danach erfolgen die Prüfung entsprechend der vorgegebenen Prüfmerkmale und die Dokumentation

²⁷ Pfletschinger 2008, S. 48

²⁸ Schmitt, Pfeifer 2010, S. 175, 704 - 705, 709, 718, 764 - 765, 771, 804

der Ergebnisse in Qualitätsregelkarten. Daraus sind Prozessveränderungen erkennbar und es besteht die Möglichkeit, den Prozess zu regeln.²⁹

- SWOT-Analyse (Strength (dt. Stärke) - Weakness (dt. Schwächen) - Opportunities (dt. Chancen) - Threats (dt. Risiken, Bedrohungen)): Häufige Einsatzbereiche sind das QM, zur Identifizierung potentiellen Verbesserungsmöglichkeiten in Prozessen oder Produkten, als auch das strategische Management in Unternehmen, zur Analyse der Wettbewerbssituation. Ziel der SWOT-Analyse ist die Darstellung des Ist-Zustands eines Unternehmens bzgl. innerbetrieblicher Stärken und Schwächen sowie externer Chancen und Risiken, die das Handlungsfeld eines Unternehmens betreffen. Mit der SWOT-Analyse werden Produkte, Prozesse oder gesamte Unternehmen systematisch betrachtet, um bestehende Probleme zu identifizieren und zu lösen.
- Methoden des systematischen Innovation (TRIZ – dt. Theorie des erfinderischen Problemlösens): Das Ziel von TRIZ ist, den Anwender bei der Suche nach kreativen Lösungen für technische Probleme systematisch durch den Einsatz unterschiedlicher Werkzeuge zu unterstützen. Die Methode basiert auf Erkenntnissen, die der russische Patentexperte Genrich Altschuller aus einer intensiven Patentanalyse gewonnen hat.

Die aufgeführten und beschriebenen präventiven Qualitäts-Methoden können und werden, neben weiteren Methoden, in unterschiedlichen Phasen des Entwicklungsprozesses angewendet. Dabei erstreckt sich die Anwendung einiger Methoden über mehrere Phasen, andere hingegen sind auf wenige, aufeinander folgende Phasen beschränkt (Abb. 2.5).

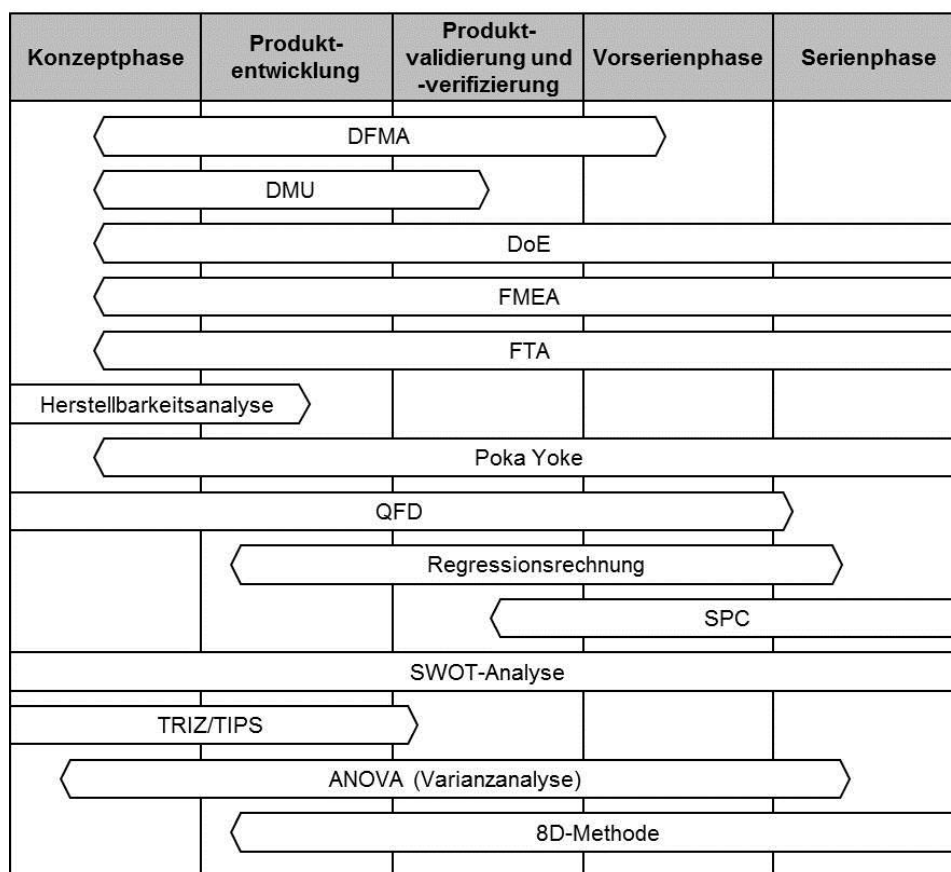


Abb. 2.5: Einordnung der präventiven Qualitäts-Methoden im Produktentwicklungsprozess (nach Pfeifer et al.)³⁰

²⁹ Pfeifer et al. 2007, S. 524

³⁰ VDA QMC - Qualitäts Management Center im Verband der Automobilindustrie 2008, S. 30

Die erläuterten Normen, Ansätze und die in den Entwicklungsprozess eingeordneten Qualitäts-Methoden werden in Kapitel 2.3 weiter hinsichtlich ihrer Anwendung in der Praxis beschrieben.

Neben den unterstützenden präventiven Qualitäts-Methoden spielen jedoch die Kernprozesse eine wesentliche Rolle in der Vermeidung von Nicht-Qualität. Im Entwicklungsprozess haben insbesondere die folgenden Aufgaben einen wesentlichen Beitrag zur Qualität des Endprodukts:³¹

- Ermittlung von Kundenanforderungen
- Planen der Produkteigenschaften
- Planen technischer Spezifikationen
- Planen der Realisierungsbedingungen

Dies sind Aufgaben in der frühen Phase der Entwicklung, die die Produktsubstanz und -beschaffenheit maßgeblich beeinflussen. Zudem sind in dieser Phase die Kosten für Änderungen im Vergleich zu späteren Phasen der Entwicklung, während der Produktion oder der Kundennutzung, wesentlich geringer. In den späteren Phasen sind die Änderungskosten zum Teil um den Faktor 10 höher. Diese sogenannte „Zehner-Regel“³² (engl. „Rule-of-Ten“) ist in Abb. 2.6 verdeutlicht.

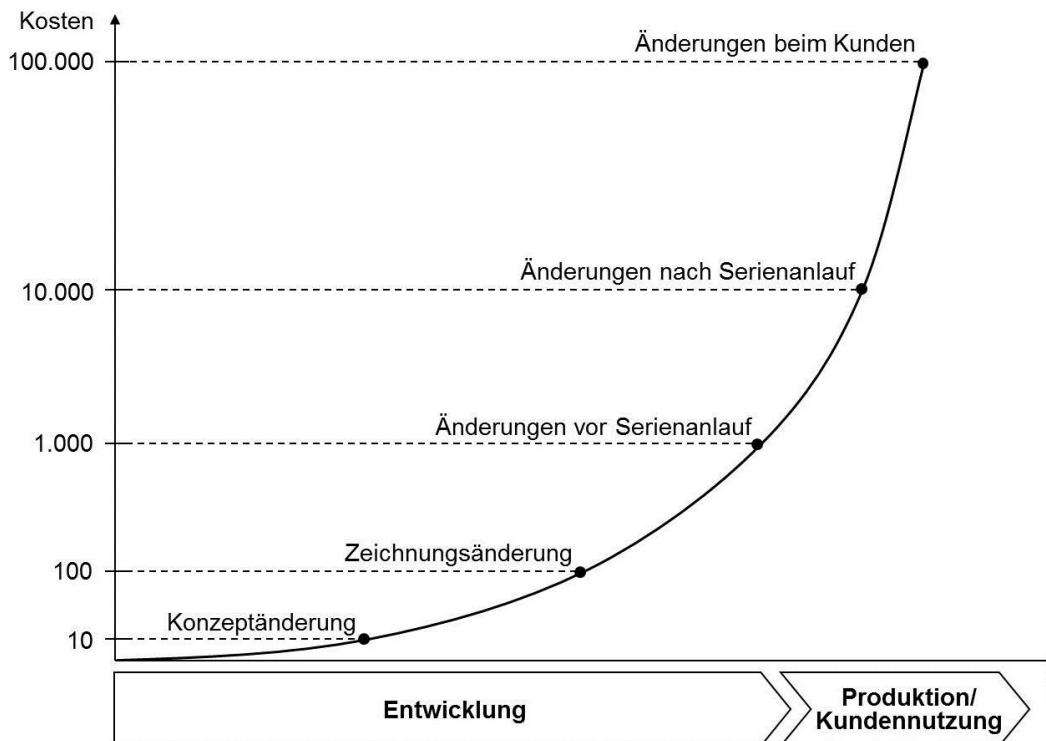


Abb. 2.6: „Zehner-Regel“ der Änderungskosten (nach Ehrlenspiel)

Aus der Darstellung des grundlegenden Sachverhalts zum präventiven QM und der Vermeidung von Nicht-Qualität resultiert die Notwendigkeit, die frühe Phase der Entwicklung noch stärker zu fokussieren. Die Beschreibung und Abgrenzung der frühen Phase der Produktentwicklung für diese Arbeit geschieht im nachfolgenden Kapitel.

2.2.2 Frühe Phase der Produktentwicklung

Das Ziel eines Entwicklungsvorhabens ist die Realisierung eines am Markt erfolgreichen Produkts. Die Prozesse zu Umsetzung des Entwicklungsvorhabens sind je nach Produktkomplexität umfangreich und komplex oder einfach strukturiert. Über die Jahre haben sich unterschiedliche Prozess-Modelle

³¹ Schmitt, Pfeifer 2010, S. 152 - 153

³² Ehrlenspiel 2009, S. 140

durchgesetzt, die im folgenden Kapitel beleuchtet werden. Des Weiteren wird anhand dieser Modelle der Betrachtungsumfang innerhalb der Entwicklung auf die frühe Phase eingegrenzt.

Lineares Prozessmodell der Produktentwicklung

Unterschiedliche Prozessmodelle sind in Richtlinien, in der wissenschaftlichen Literatur oder in unternehmensinternen Prozessvorgaben abgebildet. Eine wesentliche Richtlinie im deutschsprachigen Raum wird dabei durch den Verein Deutscher Ingenieure (VDI) geliefert. In dieser VDI-Richtlinie 2221 wird der Entwicklungsprozess prinzipiell als lineares Modell dargestellt, das alle wesentlichen Prozessschritte und Ergebnisse von der Entwicklungsaufgabe bis hin zum realisierten Produkt beschreibt. Zusätzlich wird eine Zuordnung der Schritte und Ergebnisse zu unterschiedlichen Entwicklungsphasen aufgeführt und der iterative Charakter des Prozesses angedeutet. Die Darstellung des Entwicklungsprozesses nach VDI-Richtlinie 2221 ist in Abb. 2.7 aufgeführt.

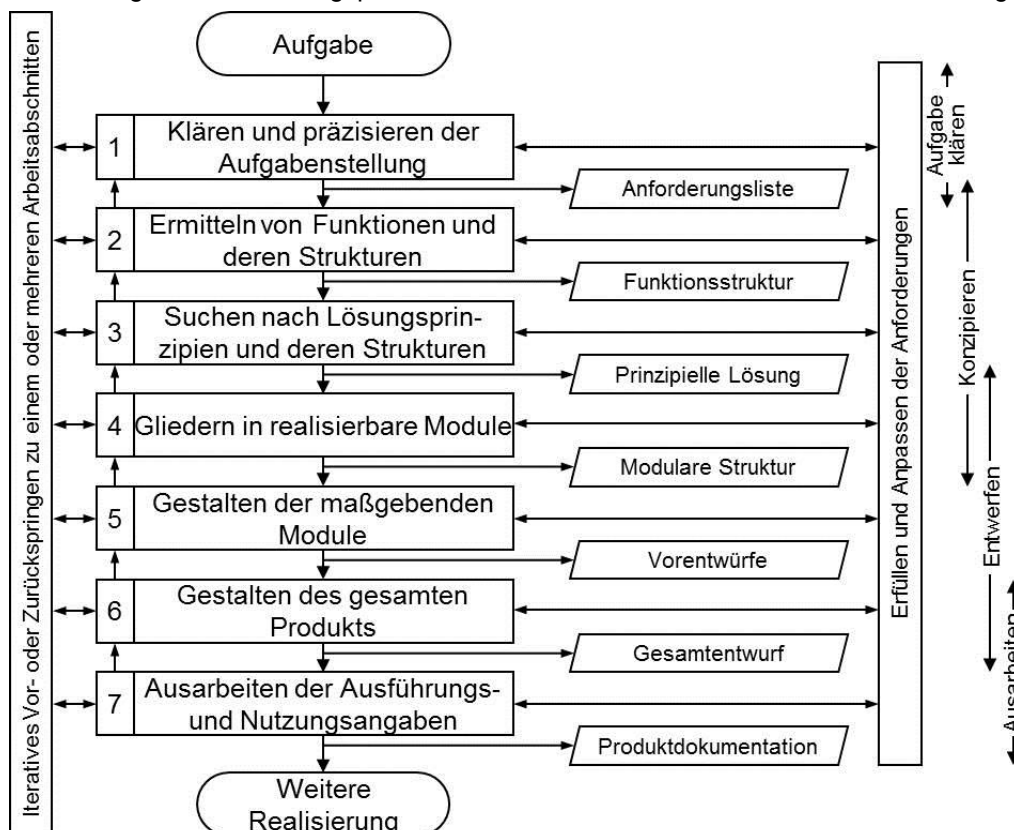


Abb. 2.7: Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren (nach VDI-Richtlinie 2221)³³

Der Nachteil eines linear dargestellten Entwicklungsprozesses ist jedoch, dass Beziehungen, Abhängigkeiten und Iterationen der jeweiligen Prozessschritte nur schwer oder unübersichtlich veranschaulicht werden können. Aus diesem Grund ist die Darstellung von Entwicklungsprozessen in einem V-Modell sinnvoll.

V-Modell der Produktentwicklung

Ein allgemeines V-Modell wird durch den VDI geliefert. In der VDI-Richtlinie 2206 wird der Entwicklungsprozess als V-Modell beschrieben, in dem durch den Systementwurf, den domänenspezifischen Entwurf und die Systemintegration aus Anforderungen ein Produkt realisiert wird. Darüber hinaus wird die Absicherung von Eigenschaften aufgeführt, die iterativ zwischen dem aufsteigendem und absteigenden Ast im V-Modell stattfindet. Dies ist in Abb. 2.8 verdeutlicht.

³³ VDI-Richtlinie 2221, S.8

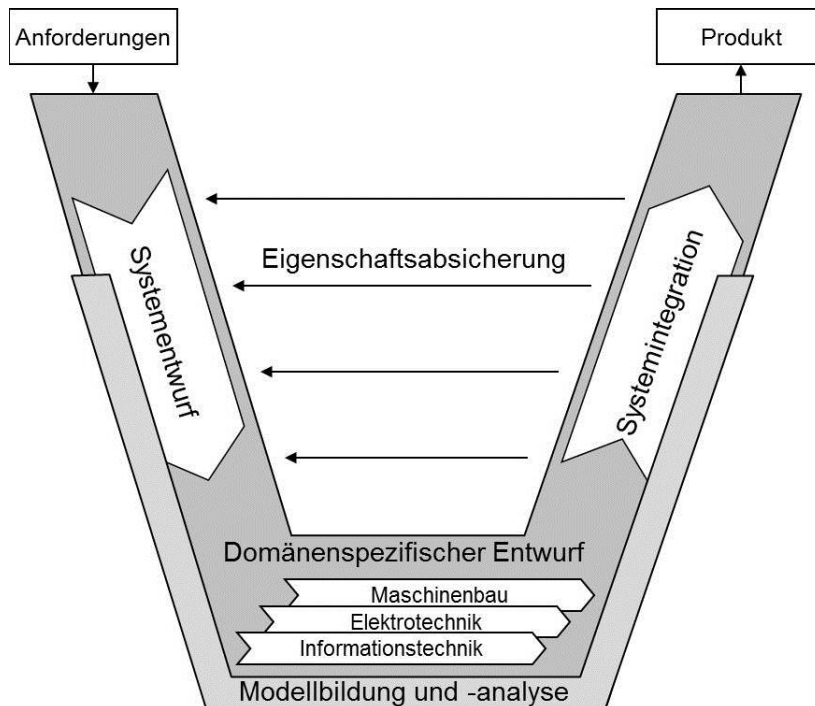


Abb. 2.8: V-Modell (nach VDI-Richtlinie 2206)³⁴

Das V-Modell aus der VDI-Richtlinie 2206 stellt jedoch eine sehr abstrahierte Form des Entwicklungsprozesses dar.

Eine bessere Darstellung findet sich bei Haberfellner et al. (2012): darin sind sowohl unterschiedliche Systemebenen (Detailebenen), Beziehungen und Iterationen beschrieben, als auch die Integration im V-Modell detailliert aufgeführt. Das Modell ist als Kombination eines Top-Down und eines Bottom-Up-Ansatzes zu verstehen, bei dem Top-Down Kundenziele in technische Anforderungen und Spezifikationen für das Gesamtsystem und später in Subsysteme und Konzepte überführt werden, um anschließend Bottom-Up die Subsysteme zu erstellen, zu integrieren und abschließend das Gesamtsystem im Vergleich zu den ursprünglichen Zielen abzunehmen. Mit Fokus dieser Arbeit auf die frühe Phase der Entwicklung beschreibt der linke, absteigende Ast des V-Modells die Dekomposition der Kundenziele in technische Spezifikationen über die Gesamt- und Subsystem-Ebene. Die abwärts verlaufenden Schritte und Iterationen dienen vor allem dem Verständnis der Benutzeranforderungen, Demonstrationen der Machbarkeit bis zur Ebene der kleinsten Elemente des Systems, der Komponenten.³⁵ Diese Zusammenhänge werden im allgemeinen V-Modell in Abb. 2.9 dargestellt.

³⁴ VDI-Richtlinie 2206, S. 30

³⁵ Haberfellner et al. 2012, S. 89 - 90

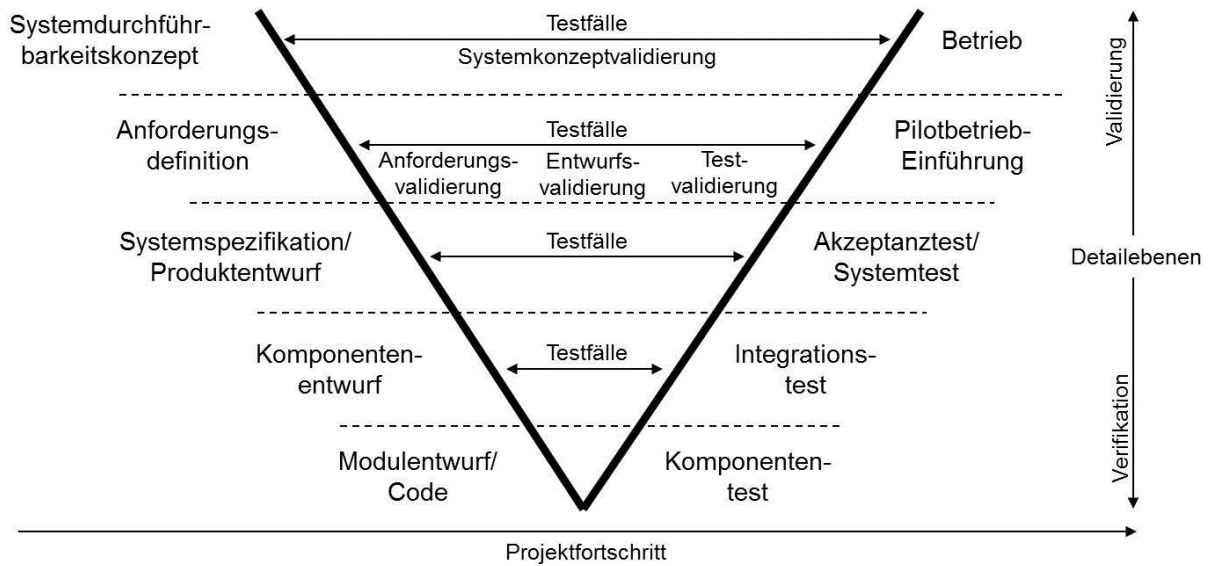


Abb. 2.9: Allgemeines V-Modell (nach Haberfellner et al.)

Anwendung der Prozessmodelle der Produktentwicklung

Die der Anwendung der Modelle des Entwicklungsprozesses in der Industrie kann z.B. anhand der Prozessdarstellungen in der Luft- und Raumfahrt veranschaulicht werden. In Abb. 2.10 sind exemplarisch die Lebenszyklus-Phasen von Raumfahrt-Systemen aufgeführt.³⁶ Dabei sind die Phasen, Meilensteine und Reviews der European Space Agency (ESA), National Aeronautics and Space Administration (NASA) und United States Department of Defense (DoD) dargestellt. Die jeweiligen Phasen, Meilensteine und Reviews in der Entwicklung, als Teil des Lebenszyklus, sind in der jeweiligen Organisation als verbindlicher Standard verankert.

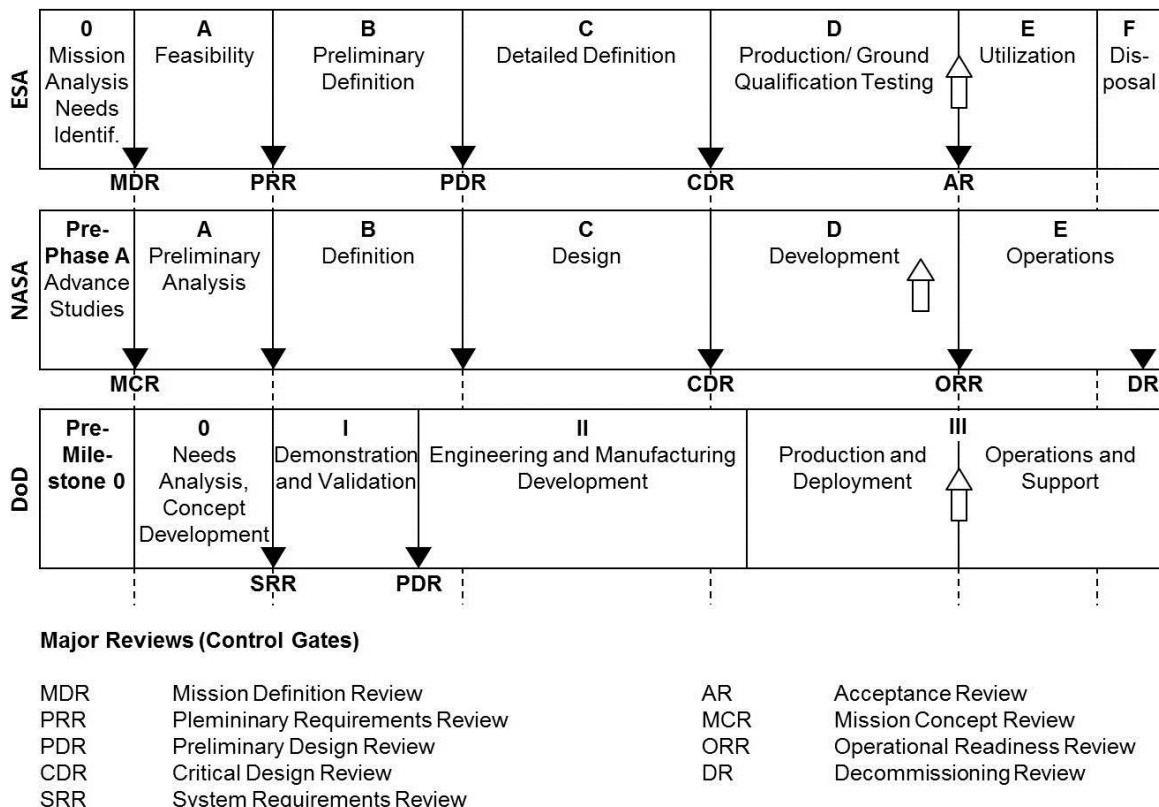


Abb. 2.10: Lebenszyklen von Raumfahrt-Systemen (nach Messerschmid, Bertrand)

³⁶ Messerschmid, Bertrand 1999, S. 330

Das allgemeine V-Modell wird heute in unterschiedlichen Ausprägungen und Detaillierungen in der Industrie angewendet. Als Beispiel wird in Abb. 2.11 das Vorgehen zur Entwicklung von Fahrdynamikregelsystemen³⁷ in der Automobilindustrie herangezogen. Diese Adaption des allgemeinen V-Modells auf ein spezifisches Entwicklungsvorhaben stellt insbesondere die Software-Entwicklung in den Vordergrund, die der zentrale Aspekt bei der Entwicklung von Fahrdynamikregelsystemen ist.

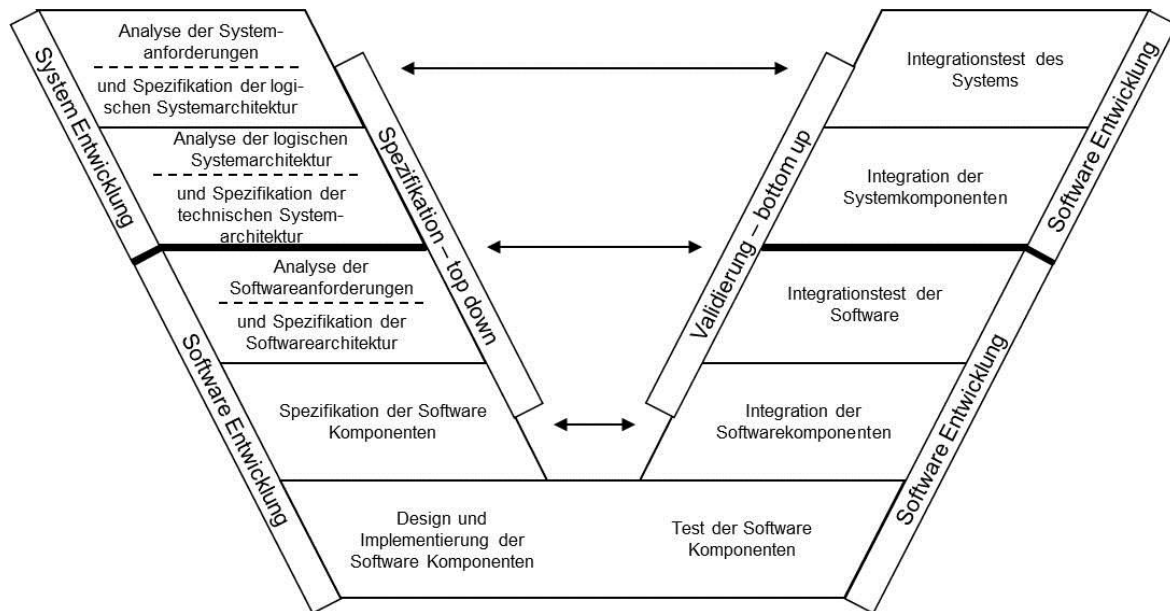


Abb. 2.11: Vorgehen zur Entwicklung von Fahrdynamikregelsystemen (nach Zambou)

Für die weitere Arbeit wird das allgemeine V-Modell als Orientierung und als Ordnungsstruktur für die Entwicklungsprozesse herangezogen. Als frühe Phase der Produktentwicklung wird im Weiteren der beschriebene absteigende Ast des V-Modells verstanden. Der aufsteigende Ast liegt nicht im Betrachtungsumfang dieser Arbeit. Es werden lediglich die Beziehungen und Schnittstellen zwischen dem absteigenden und aufsteigendem Ast des V-Modells betrachtet.

Ein weiterer zentraler Aspekt ist, dass die Prozesse der frühen Phase insbesondere durch generelle systematische und methodische Inhalte gekennzeichnet sind, während die späten Phasen (aufsteigender Ast des V-Modells) stärker ausführungorientiert sind und durch spezielle Fachkenntnisse und Vorgehensweisen dominiert werden.³⁸ Die systematischen und methodischen Inhalte der frühen Phase werden den Kern dieser Arbeit darstellen.

Der Zusammenhang zwischen den Entwicklungsprozessen und dem Thema Qualität kann nun wie folgt dargestellt werden: der Entwicklungsprozess soll sicherstellen, dass sich die Kundenanforderungen und Qualitätsansprüche im Produkt widerspiegeln. Die Entwicklungsabteilung legt dabei das Qualitätsniveau fest, das durch die Fertigung und Produktion umgesetzt wird.³⁹ Qualität wird somit bereits im Entwicklungsprozess erarbeitet und wird deshalb in der weiteren Arbeit als Qualitätsarbeit (QA) bezeichnet. Um diesen Bereich hinsichtlich Produkt und Prozess detaillierter und inkl. der Abhängigkeiten und Iterationen betrachten zu können, wird der Produktentwicklungsprozess als V-Modell abgebildet und in System- bzw. Architekturebene und Teilsystem- bzw. Komponentenebene unterteilt. Somit schaffen die Managementprozesse die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für den Kernprozess, den Entwicklungsprozess. Der Entwicklungsprozess wird als Kernprozess bezeichnet, da er eine Wertschöpfung beinhaltet und damit direkt zur Erfüllung von

³⁷ Zambou 23.06.2010, S. 6

³⁸ Haberfellner et al. 2012, S. 66

³⁹ von Regius 2006, S. 7

Kundenanforderungen beiträgt.⁴⁰ Unterstützende Prozesse werden im Weiteren nicht im Detail betrachtet. Der aus diesen Zusammenhängen und Einordnungen resultierende Betrachtungsumfang dieser Arbeit wird in Abb. 2.12 dargestellt und dient als Ordnungsstruktur für das weitere Vorgehen und die Ergebnisse.

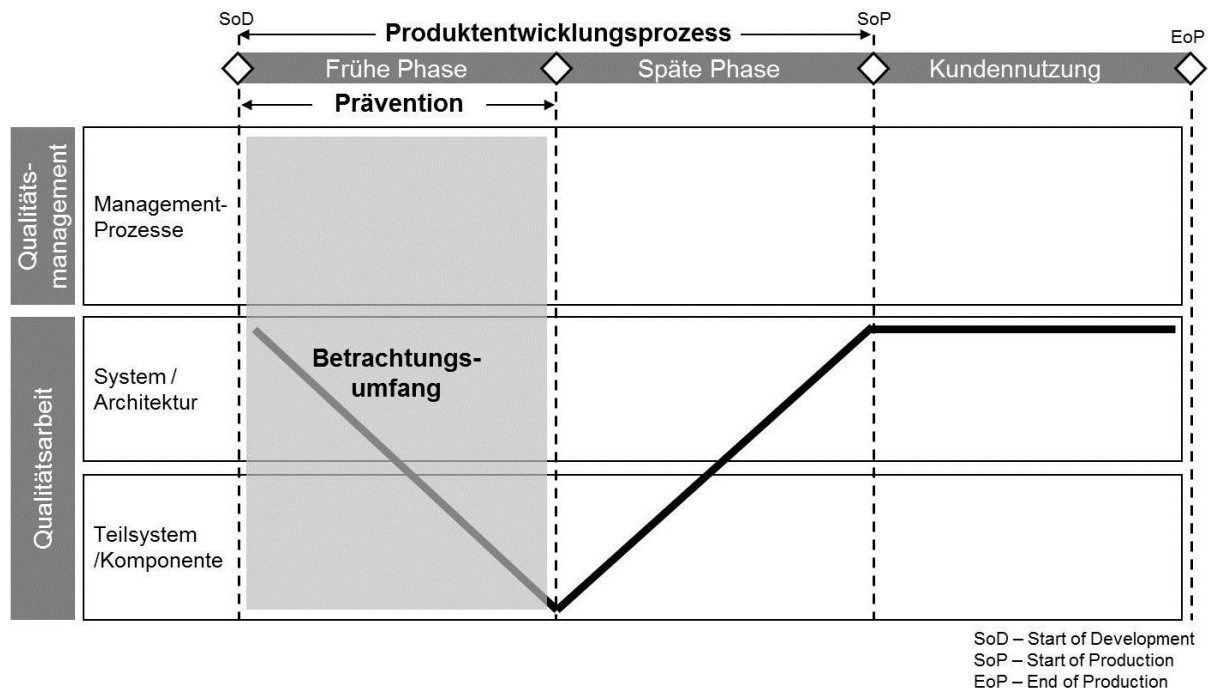


Abb. 2.12: Betrachtungsumfang der Arbeit

Im nächsten Kapitel wird für diesen Betrachtungsumfang die Anwendung des PQM in der Praxis aufgeführt.

2.3 Anwendung des PQM in der Praxis

Hier werden die Ergebnisse einer Studie des Qualitäts Management Center im Verband der Automobilindustrie (VDA QMC) dargestellt. Die Methoden des präventiven QM (Kapitel 2.2.1) kommen heute in der Praxis in einer unterschiedlichen Ausprägung zur Anwendung (Abb. 2.13). Dabei sind auch zwischen verschiedenen Branchen Unterschiede erkennbar. Mit fast 50% ist der Q-Methodeneinsatz in der Automobilindustrie am stärksten ausgeprägt.

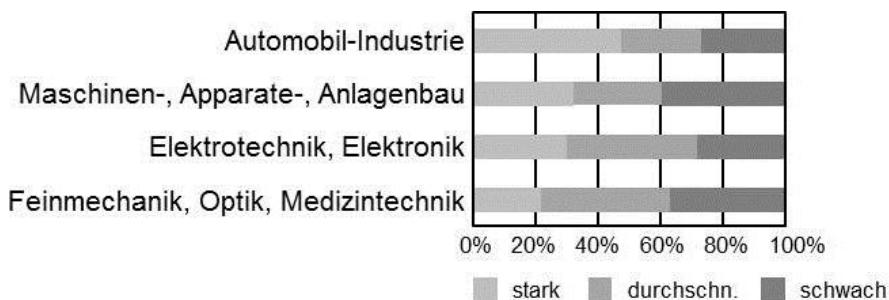


Abb. 2.13: Q-Methodeneinsatz in verschiedenen Branchen (nach VDA QMC)⁴¹

Die Branche mit dem stärksten Methodeneinsatz, die Automobilindustrie, wird nachfolgend exemplarisch betrachtet. Die Anwendungshäufigkeit der einzelnen Methoden in der Automobilindustrie ist sehr unterschiedlich. Wie in Abb. 2.14 dargestellt, ist die am regelmäßigsten genutzte Methode die

⁴⁰ Grzonka 2012, S. 5 - 6

⁴¹ VDA QMC - Qualitäts Management Center im Verband der Automobilindustrie 2008, S. 15

Produkt-FMEA, dicht gefolgt von der Prozess-FMEA, der SWOT-Analyse und der statistischen Prozessregelung. Insgesamt betrachtet kann jedoch nicht von einer regelmäßigen Nutzung von Methoden des präventiven QM gesprochen werden.

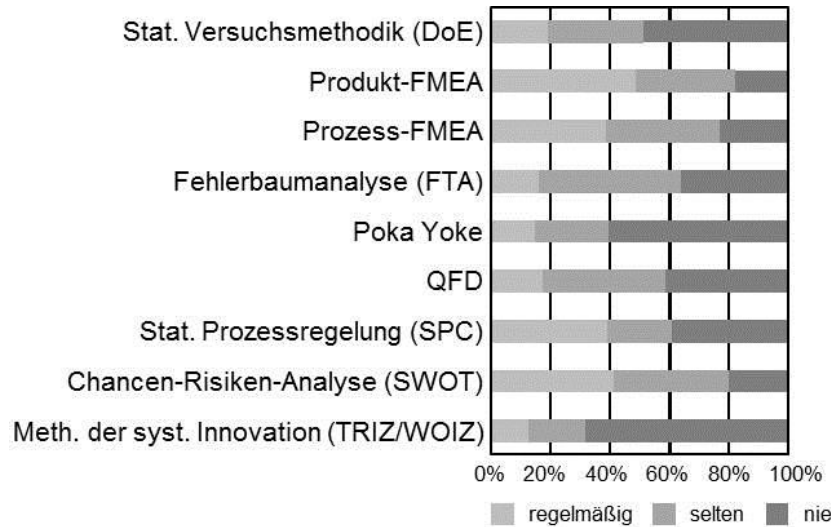


Abb. 2.14: Anwendungshäufigkeit ausgewählter Methoden (nach VDA QMC)⁴²

Der Anteil der Entwicklungsprojekte, in denen die FMEA als am regelmäßigsten genutzte Methode zur Anwendung kommt, liegt lediglich bei 45%. Diese Anwendung ist neben weiteren Methoden in Abb. 2.15 dargestellt. Der Durchschnitt der Anwendung aller Methoden liegt bei nur ca. 20%.

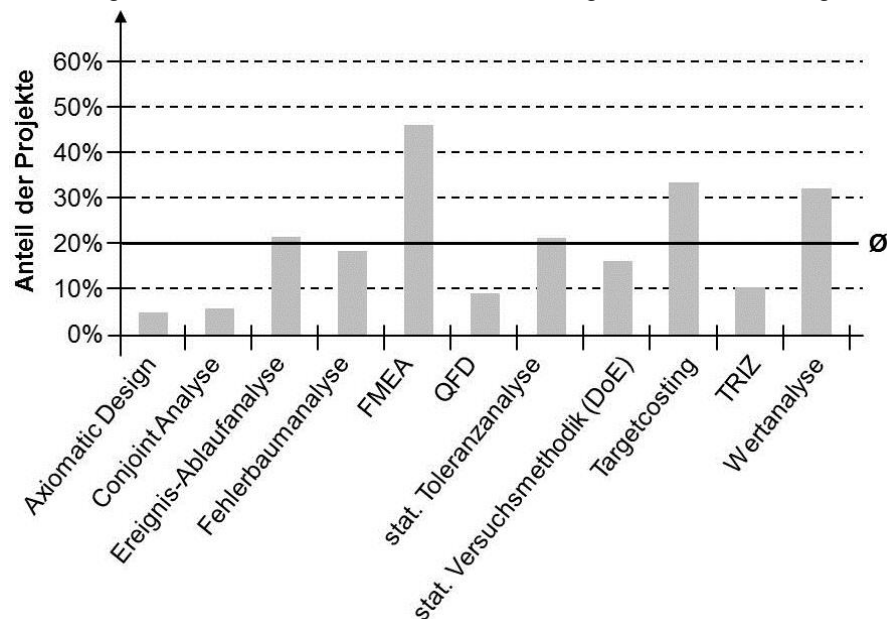


Abb. 2.15: Anwendungsquote von Methoden in Entwicklungsprojekten (nach VDA QMC)⁴³

Die Methoden werden also, wie am Beispiel der Automobilindustrie gezeigt, weder regelmäßig noch flächendeckend in der Entwicklung angewendet. Darüber hinaus ist der Betrachtungsumfang durch eine singuläre Methode sehr begrenzt und fokussiert.

Die Erfahrung aus der Industrie zeigt, dass eine durchgängige Vernetzung von Methoden über den gesamten Entwicklungsprozess nur sehr selten stattfindet. Dies wirkt einer Qualitätsverbesserung bzw. Reduzierung der Nicht-Qualität erheblich entgegen und resultiert dabei vor Allem aus der gestiegenen Komplexität der Entwicklungsprozesse. Hier wird die Notwendigkeit der Erarbeitung

⁴² VDA QMC - Qualitäts Management Center im Verband der Automobilindustrie 2008, S. 14

⁴³ VDA QMC - Qualitäts Management Center im Verband der Automobilindustrie 2008, S. 16

eines integrierten Ansatzes zur Gesamtbetrachtung der Entwicklungsprozesse deutlich. Diese Notwendigkeit wurde bereits in der Ausgangssituation (Kapitel 1.1) und in der Zielsetzung (Kapitel 1.2) dieser Arbeit beschrieben.

Neben den Standard-Methoden nutzen viele Unternehmen spezifische Q-Prozesse bzw. Q-Vorgehensweisen in der Entwicklung, die mehr oder weniger konsequent zur Anwendung kommen. Diese können jedoch meist als eher komponentenorientiert eingestuft werden. Diese unternehmensspezifisch unterschiedlichen Q-Prozesse werden nachstehend in insgesamt fünf Basis-Prozesse geclustert, die nachfolgend aufgeführt sind. Von diesen sind nur die ersten vier in der frühen Phase der Entwicklung einzuordnen bzw. starten in dieser:

- Q-Zielemanagement: Herunterbrechen, Vereinbarung und Verfolgung von Q-Zielen in Entwicklungsprojekten.
- Q-Anforderungsmanagement: Ableitung von Q-Anforderungen zur Q-Zielerreichung. Abstimmung, Vereinbarung und Nachhalten in den jeweiligen Entwicklungsprojekten.
- Q-Risikomanagement: Identifikation von Risiken bzgl. Q-Zielerreichung und Vermeidung durch Erarbeitung von Gegenmaßnahmen inkl. Verantwortlichkeiten, Bewertung und Terminen.
- Q-Absicherungsmanagement: Strategie, Planung und Umsetzung der Produktabsicherung (virtuell/Hardware) über alle Produkte unter Berücksichtigung des Aufwand, Nutzen und Risiko.
- Q-Problemmanagement: Erkennung von Auffälligkeiten im Feld, Priorisierung der bewerteten Probleme und Zielvereinbarung inkl. Verantwortlichkeit, Termin und Verbesserung. Ermittlung von Ursachen und Ableitung von Maßnahmen. Umsetzung der Maßnahmen in den betroffenen Produkten.

Neben den Basis-Prozessen existieren weitere Q-Vorgehensweisen, Q-Methoden und Q-Prozesse, die diese unterstützen. Z.B. spezielle Analysemethoden für Probleme, quantitative Bewertungsmethoden für Fehlerhäufigkeiten oder Vorgehensweisen zur Q-Kapazitätsplanung in der frühen Phase.

Im nachfolgenden Kapitel werden nun zunächst die Grundlagen des SE beschrieben, um im Anschluss den benötigten integrierten Ansatz aus präventivem QM und SE entwickeln zu können.

3 Überblick Systems Engineering (SE)

In diesem Kapitel werden die allgemeine Definition des SE, die Historie und das SE-Konzept im Überblick vorgestellt. Insbesondere das SE-Konzept dient dann im Weiteren als Basis für die Verbindung mit dem präventiven QM. Im Rahmen dieser Verbindung wird auf die relevanten Inhalte und Details des SE dann tiefer Bezug genommen.

3.1 Definition SE

Das International Council on Systems Engineering (INCOSE) definiert SE folgendermaßen:⁴⁴ Systems Engineering ist ein interdisziplinärer Ansatz, um die Realisierung erfolgreicher Systeme zu ermöglichen. Dieser Ansatz fokussiert die Identifikation der Kundenbedürfnisse und Definition der geforderten Funktionalität früh im Entwicklungszyklus, die Dokumentation der abgeleiteten Anforderungen, die Konzept-Entwicklung und Validierung des Systems. Während des gesamten Entwicklungsvorhabens werden folgende Aspekte berücksichtigt:

- Betrieb
- Kosten und Terminplan
- Leistung
- Training und Unterstützung
- Test und Absicherung
- Außerbetriebnahme
- Produktion

Systems Engineering integriert dabei alle Disziplinen und Expertengruppen zu einem Team, das strukturiert den Entwicklungsprozess von der Konzeptentwicklung über die Produktion bis hin zur Inbetriebnahme durchläuft. Systems Engineering berücksichtigt sowohl die betriebswirtschaftlichen als auch technischen Bedürfnisse aller Kunden und Prozesspartner mit dem Ziel, ein Qualitätsprodukt bereitzustellen, das die Bedürfnisse des End-Kunden erfüllt.

3.2 Historie des SE

Schon im alten Mesopotamien, Ägypten und Griechenland gab es die Herausforderungen, große und komplexe Vorhaben, wie z.B. städtische Wassernetze, Bewässerungssysteme und Straßensysteme wie die Alte Römerstraße, zu planen und zu realisieren. Schon damals müssen methodische Ansätze zur erfolgreichen Realisierung derart komplexer Systeme vorhanden gewesen sein, von denen wir jedoch nichts Genaues wissen. In der frühen Vergangenheit waren es dann insbesondere Staaten oder Regierungen, die der Herausforderung der Entwicklung komplexer Systeme gegenüber standen. Diese Systeme waren meist Waffen oder Waffensysteme, um die Bürger zu schützen, die Grenzen zu verteidigen oder auch Macht zu erlangen. Aufgrund der Größe, der Komplexität, der Kosten und der Kritikalität dieser Systeme war die Notwendigkeit für einen ganzheitlichen Ansatz zur erfolgreichen Entwicklung, Produktion, Test und Inbetriebnahme gegeben.⁴⁵ Die Historie des SE, wie wir es kennen, erstreckt sich bis heute über mehr als 75 Jahre. Die wesentlichen Meilensteine in dieser Historie sind im Folgenden aufgeführt:^{46,47,48}

- 1937: Britisches interdisziplinäres Team wird zur Analyse eines Flugabwehr-Systems zusammengestellt.

⁴⁴ International Council On Systems Engineering 2004

⁴⁵ Kevin Kennedy Associates Inc. 2011

⁴⁶ International Council On Systems Engineering 2006

⁴⁷ Kevin Kennedy Associates Inc. 2011

⁴⁸ Wikipedia 2013

- 1939 - 1945: Bell Laboratories unterstützt die NIKE Entwicklung (erstes US Flugabwehr-Raketen-System) des US-Verteidigungsministeriums.
- 1946: Die RAND Corporation wird durch die US Luftwaffe gegründet und entwickelt die Methodik der Systemanalyse (engl. System Analysis), welche ein wichtiger Teil des Systems Engineering ist.
- 1950: Systems Engineering wird zum ersten Mal durch Hr. Gilman, Direktor Systems Engineering bei Bell Laboratories, am Massachusetts Institute of Technology (MIT) unterrichtet (der Begriff Systems Engineering lässt sich zu den Bell Telephone Laboratories in den frühen 1940er Jahren zurückverfolgen)
- 1951 - 1980: Die Entwicklung des SAGE (Semi-Automatic Ground Environment) Flugabwehr-System wird durch das MIT geleitet
- 1954 - 1964: Das ATLAS Interkontinentalraketen-Entwicklungsprogramm wird durch den System-Lieferanten Ramo-Wooldridge Corporation abgewickelt
- 1962: Veröffentlichung von Arthur D. Hall – A Methodology for Systems Engineering
- 1969: Die US-Regierung standardisiert und dokumentiert Systems Engineering für die Entwicklung von Waffen-Systemen. Der wichtigste veröffentlichte Standard war das Leit-Dokument MIL-STD-499 des US-Verteidigungsministeriums (nach dieser Veröffentlichung wurden diverse Handbücher, Prozesse, Vorgehensweisen und dazugehörige Schulungsprogramme bei der US Armee, der NASA, dem Defense Systems Management College und Regierungs-Vertragspartnern wie Martin Marietta, General Dynamics, Hewlett Packard, Boeing und RAND Corporation entwickelt und institutionalisiert).
- 1960 - 1970: Polaris (strategische Mittelstreckenraketen) Entwicklungs-Programm, Apollo Entwicklungs-Programm.
- 1970er, 1980er und 1990er: Systems Engineering wird breit gefächert angewendet. Systems Engineering weckt das Interesse unterschiedlicher Branchen, die auf dieser Basis dann eigene Standards entwickeln.
- 1990: Das National Council on Systems Engineering (NCOSE) wird gegründet. NCOSE ist eine Non-Profit-Organisation, die die interdisziplinären Prinzipien und Praktiken des Systems Engineering weiterentwickelt und weiterträgt, um die Entwicklung erfolgreicher Systeme zu ermöglichen.
- 1995: NCOSE ändert den Namen offiziell in INCOSE (International Council on Systems Engineering), um der zunehmenden Teilnahme von Experten aus zehn unterschiedlichen Ländern der Welt gerecht zu werden.
- 1996: Veröffentlichung des Standards ECSS-E-10A, System Engineering durch die European Cooperation for Space Standardization.
- 1998: Veröffentlichung des Standards EIA-632, Processes for Engineering a System durch die Electronics Industry Association.
- 1998: Veröffentlichung des Standards IEEE STD 1220-1998, standard for Application and Management of the Systems Engineering Process
- 2002: Veröffentlichung des Standards EIA-731-1, Systems Engineering Capability Model durch die Information Technology Association of America
- 2013: INCOSE hat über 8.000 Mitglieder, die die Prinzipien, Prozesse, Vorgehensweisen, Methoden, Standards und Praktiken des Systems Engineering weltweit teilen, fördern und weiterentwickeln.

3.3 Das SE-Konzept nach Hall/BWI

Wie aus der vorstehenden Darstellung der Historie ersichtlich, gibt es mittlerweile eine Vielzahl von Darstellungen der SE-Methodik, die auf ähnlichen Grundgedanken beruhen, in der Anwendung, im Detaillierungsgrad und in der Darstellung aber unterschiedlich sind. In der Folge wird ein SE-Ansatz beschrieben, der seinen Ursprung bei A. D. Hall⁴⁹ hat und 1969 von A. Büchel am Betriebswissenschaftlichen Instituts der ETH (BWI) aufgegriffen wurde⁵⁰. Er kann deshalb auch als Hall-BWI Ansatz bezeichnet werden.

Für die vorliegende Arbeit wird der Hall-BWI-Ansatz aus folgenden Gründen gewählt:

- er ist der umfassendste und am wenigsten dogmatische Ansatz und auf keine konkrete Anwendung bzw. Branche beschränkt
- er ist interpretierbar, erweiterbar, aber auch reduzierbar
- er kann mit wenigen Darstellungen in seinen Grundzügen beschrieben werden
- er ist im deutschsprachigen Raum am weitesten verbreitet (1. Aufl. 1972, 12. Aufl. 2012, engl. Auflage bei MIT-Press in Vorbereitung)

Der Hall-BWI-Ansatz ist somit eine aus dem SE-Ansatz abgeleitete Methodik, die als Hilfsmittel zur Bearbeitung von Problemen dienen soll. Als Problem wird im Rahmen des Hall-BWI-Ansatzes eine Differenz eines IST von einem vorgestellten SOLL verstanden. Im Kontext dieser Arbeit wird als Problem das in Kapitel 2.2.2 beschriebene Entwicklungsvorhaben bzw. die Entwicklungsaufgabe verstanden. Das SE-Konzept besteht im Wesentlichen aus zwei Teilen. Zum einen aus der SE-Philosophie, die als eine Art Überbau das Systemdenken und das SE-Vorgehensmodell umfasst. Zum anderen dem Problemlösungsprozess, der mit den Elementen Systemgestaltung und Projektmanagement den Basisprozess zur Lösung komplexer Problemstellungen darstellt. Die Systemgestaltung wird wiederum in Architektur- und Konzeptgestaltung, also den absteigenden Ast des V-Modells, unterteilt. Die beiden Elemente der Systemgestaltung und des Projektmanagements werden dabei durch konkrete Techniken unterstützt.

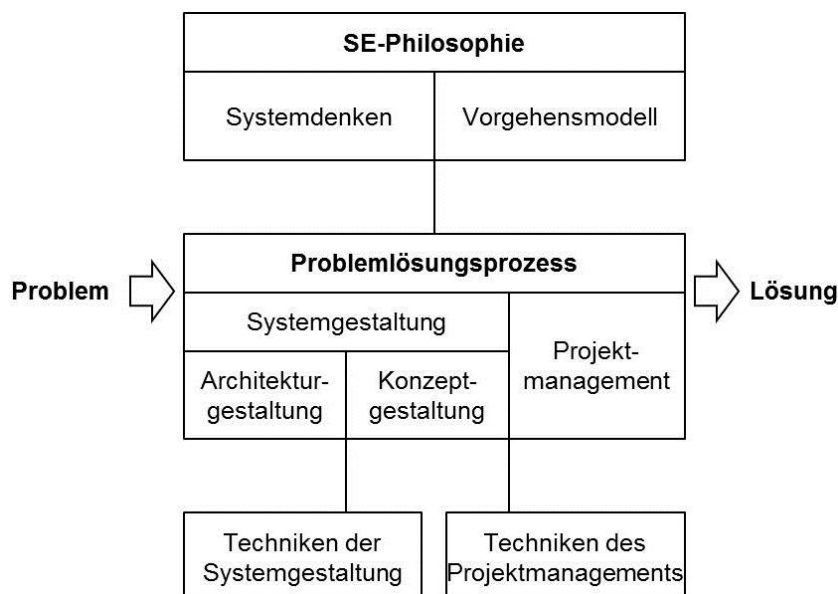


Abb. 3.1: Das SE-Konzept (nach Haberfellner et al.)⁵¹

Das Hall-BWI-Modell eignet sich sehr gut für die Ableitung eines generellen integrierten Ansatzes aus präventivem QM der frühen Phase der Entwicklung und dem SE. Die Bestandteile des SE-Konzepts

⁴⁹ Hall 1962

⁵⁰ Büchel 1969

⁵¹ Haberfellner et al. 2012, S. 28

bieten dabei Ansatzpunkte für die Integration des präventiven QM. Die wesentlichen Ansatzpunkte werden in den nun folgenden Unterkapiteln im Überblick erläutert. Wenn dabei im weiteren Verlauf der Arbeit der Begriff SE verwendet wird, ist immer der Hall-BWI-Ansatz des SE gemeint.

3.3.1 SE-Philosophie

Innerhalb des Systemdenkens, als ein Bestandteil der SE-Philosophie, wird im Wesentlichen auf das System an sich Bezug genommen, um Komplexität besser beschreiben und verstehen zu können. Dazu sind die Grundbegriffe und Merkmale von Systemen beschrieben und erläutert. Sowohl die Definition des Systems als auch die Elemente von Systemen, die Beziehungen zwischen den Elementen, Systemgrenzen, das Umfeld eines Systems, die Struktur des Systems, die dazugehörigen Sub- bzw. Übersysteme und Systeme von Systemen. Des Weiteren sind unterschiedliche Betrachtungs- und Strukturierungsweisen von Systemen beschrieben. So können Systeme z.B. umfeldorientiert, wirkungsorientiert, strukturorientiert betrachtet werden oder in unterschiedliche Hierarchieebenen unterteilt werden. Neben der eher statischen Betrachtung von Systemen wird auf das Konzept der Agilität von Systemen und auf die Methode des System Dynamics (Modellierung von Abläufen in Systemen) Bezug genommen.

Das SE-Vorgehensmodell, als zweiter Bestandteil der SE-Philosophie, lässt sich vier Vorgehensprinzipien untergliedern:⁵²

- Prinzip „Vom Groben zum Detail“, das im Wesentlichen einen Top-down-Ansatz zur Lösung von Problemen beschreibt.
- Prinzip der Variantenbildung, um einen möglichst umfassenden Blick auf Lösungsalternativen zu erlangen.
- Prinzip der Gliederung in Projektphasen als Makrologik, zur zeitlichen und logischen Trennung eines Systementwicklungs- bzw. Lösungsprozesses in die grundlegenden Phasen Vorstudie, Hauptstudie, Detailstudie(n), Systembau, System-Einführung/Übergabe des Projekts und Abschluss des Projekts.
- Prinzip des Problemlösungszyklus als Mikro-Logik, der als Vorgehensleitfaden in jeder der o.g. sechs Projektphasen angewendet werden kann und grob in die Teilschritte Zielsuche, Lösungssuche und Auswahl unterteilt wird.

Eine gesamthafte Methodik wird dabei durch die Kombination bzw. Zusammenhänge zwischen den vier aufgeführten Vorgehensprinzipien dargestellt.

3.3.2 SE-Problemlösungsprozess

Der SE-Problemlösungsprozess wird im Wesentlichen durch die Systemgestaltung und das Projektmanagement (PM) beschrieben.

Dabei ist die Systemgestaltung die Anwendung der SE-Philosophie. Bei der Anwendung des Systemdenkens liegt der Fokus auf der Bildung von Elementen und Beziehungen, der Analyse, Strukturierung und Abgrenzung des Problemfeldes hinsichtlich des Lösungssystems. Der Zusammenhang zwischen Systemdenken und Teamarbeit sowie Projektmanagement ist ebenfalls dargestellt. Die Anwendung des Vorgehensmodells lehnt sich stark an den Prinzipien „Vom Groben zum Detail“, „Variantenbildung“, „Gliederung in Projektphasen als Makrologik“ und des „Problemlösungszyklus als Mikro-Logik“ an. Das Hauptaugenmerk liegt hier auf der Anwendung des Phasenmodells und des Problemlösungszyklus. Die Anwendung der Systemgestaltung wird in der Architektur- und Konzeptgestaltung weiter detailliert. Auf die für diese Arbeit relevanten Details wird in Kapitel 4.2.1 Bezug genommen.

⁵² Haberfellner et al. 2012, S. 57

Das Projektmanagement (PM) wird mit dem Fokus auf die Aktivitäten Ingangsetzung, -haltung, Abschluss von Projekten und dem Einsatz bzw. die zielgerichtete Disposition der wichtigen Ressourcen Personal, Finanzmittel, Sachmittel, Zeit usw. als wichtiger Baustein des Problemlösungsprozesses verstanden.

4 Verbindung des SE-Konzepts mit dem PQM

In diesem Kapitel werden die Aspekte des präventiven QM in der frühen Phase der Entwicklung mit dem SE verbunden. Dazu werden jeweils die spezifischen Ansatzpunkte im einführend beschriebenen SE-Konzept (Kapitel 3.3) aufgegriffen und erläutert. Anschließend werden die mit dem jeweiligen SE-Ansatzpunkt zusammenhängenden Aspekte und Beispiele des präventiven QM aufgegriffen und beschrieben. So entsteht je SE-Ansatzpunkt ein Teil-Ansatz aus SE und präventivem QM. Diese Teil-Ansätze werden im weiteren Verlauf dieser Arbeit bei der Gestaltung der zentralen Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität operationalisiert (Kapitel 5) und in zu einem Gesamt-Ansatz aus SE und präventivem QM zusammengeführt (Kapitel 6). Die Struktur des SE-Konzepts bildet innerhalb dieses Kapitels den Ordnungsrahmen.

Das SE-Konzept soll bei der Bearbeitung von Problemen aller Art helfen. Dabei wird als Problem grundsätzlich die Differenz zwischen einem IST und der Vorstellung eines SOLL verstanden.⁵³ Im Rahmen des präventiven QM ist das SOLL mit einem oder mehreren Q-Ziele (Kapitel □) gleichzusetzen, die sowohl quantitativ als auch qualitativ beschreibbar sind. Das IST wird durch den jeweiligen Zustand eines Produktes hinsichtlich der erläuterten Q-Ziele definiert. Bezogen auf den abgegrenzten Betrachtungsumfang der frühen Phase der Produktentwicklung (Kapitel 2.2.2) lässt sich das IST und das SOLL auch zeitlich einordnen. Das IST kann zu jedem Zeitpunkt innerhalb der frühen Phase der Entwicklung für das betrachtete Produkt bestimmt werden. Das Produkt ist zu diesen unterschiedlichen Zeitpunkten dann z.B. über Anforderungen, über die Architektur oder über virtuelle Konzepte usw. definiert. Das SOLL, also die Q-Ziele, bezieht sich auf den Start der Serienproduktion, bei dem das Produkt unter allen Rahmenbedingungen, wie z.B. geregelten Produktionsprozessen, Serienteile des Lieferanten usw. realisiert wird. Erst hier kann das reale IST bestimmt werden. Das in der frühen Phase der Entwicklung bestimmte IST kommt einer Prognose zum Start der Serienproduktion gleich.

Somit kann das SE-Konzept auch helfen, Q-Probleme bzw. Q-Herausforderungen in der frühen Phase der Produktentwicklung hinsichtlich der Erreichung definierter Q-Ziele zu bearbeiten.

4.1 PQM als Bestandteil der SE-Philosophie

Die SE-Philosophie, bestehend aus den beiden Elementen Systemdenken und dem SE-Vorgehensmodell, bildet den Überbau des SE-Konzepts (Abb. 3.1). Diese beiden bereits kurz beschriebenen Elemente (Kapitel 3.3.1) werden im Folgenden im Zusammenhang mit dem präventiven QM erläutert.

4.1.1 Systemdenken und PQM

Das Systemdenken⁵⁴ ist eine Denkweise, die dabei helfen soll, komplexe Erscheinungen bzw. Systeme besser verstehen, beschreiben und gestalten zu können. Das Systemdenken bildet für diese Arbeit somit das Fundament, um die Gestaltung und Beschreibung des integrierten Ansatzes aus SE und präventivem QM im Kontext komplexer Entwicklungsprozesse und komplexer technischer Produkte zu stützen.

Im Systemdenken wird das System durch die Grundbegriffe Elemente, Beziehungen, Systemstruktur, Systemgrenze und Umfeld beschrieben, die im Folgenden erläutert werden:⁵⁵

⁵³ Haberfellner et al. 2012, S. 27

⁵⁴ Haberfellner et al. 2012, S. 33

⁵⁵ Haberfellner et al. 2012, S. 34 - 35

- **Element:** Elemente besitzen Eigenschaften und Funktionen, die wiederum einem Zweck im Systemzusammenhang dienen. Einzelne Elemente können ebenfalls als Systeme betrachtet werden.
- **Beziehung:** Beziehungen verbinden die Elemente untereinander, z.B. durch Materialfluss-, Informationsfluss-, Signalfluss-, Lagebeziehungen usw.
- **Systemstruktur:** Elemente und Beziehungen weisen einen Zusammenhang bzw. eine Ordnung auf. Diese Struktur weist Anordnungsmuster bzw. Ordnungsprinzipien auf.
- **Systemgrenze:** Abgrenzung zwischen dem System und seiner Umgebung bzw. Umfeld. Innerhalb der Systemgrenze besteht ein größeres (stärkeres, wichtigeres) Maß an Beziehungen als zwischen System und Umfeld.
- **Umfeld:** Elemente und Systeme, die außerhalb der Systemgrenze des betrachteten Systems liegen und durch dieses beeinflusst werden bzw. dieses beeinflussen.

Der Zusammenhang dieser Grundbegriffe ist in Abb. 4.1 schematisch dargestellt.

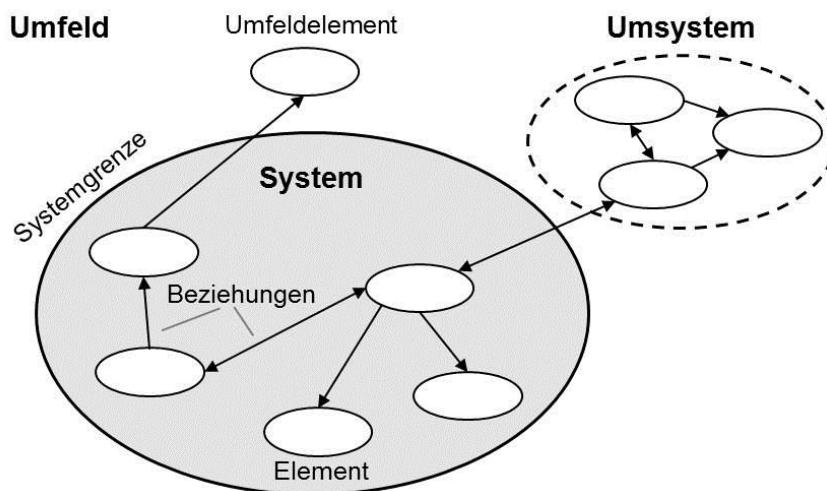


Abb. 4.1: Grundbegriffe des Systemdenkens (nach Haberfellner et al.)

Die beschriebenen Grundbegriffe des Systemdenkens lassen sich neben den Inhalten zum präventiven QM auch auf die Struktur und das Vorgehen dieser Arbeit übertragen:

- Als System wird in dieser Arbeit der integrierte Ansatz aus SE und präventivem QM definiert, dessen Zielsetzung (Kapitel 1.2) bereits beschrieben wurde.
- Die Systemgrenze, die frühe Phase der Produktentwicklung und das präventive QM, wurden als Betrachtungsumfang (Kapitel 2.2) festgelegt.
- Die einzelnen Elemente dieses Systems werden in Form von zentralen Elementen zur Prävention von Nicht-Qualität (Kapitel 5) beschrieben (dabei kann jedes der zentralen Elemente als eigenes System gesehen werden, das jeweils durch Vorgehen, Rollen und Verantwortungen, Methoden und Tools beschrieben wird) .
- Die Struktur des Systems, bestehend aus den zentralen Elementen zur Prävention von Nicht-Qualität, wird ebenfalls gestaltet (Kapitel 5.2). Hier werden die Elemente des Systems innerhalb der Systemgrenze, also dem abgegrenzten Betrachtungsumfang, eingeordnet. Die Strukturierung erfolgt wirkungs- und strukturorientiert entlang der frühen Phase der Entwicklung.
- Die Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen des Systems werden innerhalb des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung (Kapitel 6) abgebildet.
- Auf das Umfeld des Systems wird sowohl bei der Beschreibung der einzelnen zentralen Elemente als auch des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität Bezug genommen. Hier

werden die Schnittstellen zu z.B. Vorleistungen aus einer Strategiephase der Entwicklung, Verbindungen zu Elementen der späten Phase der Entwicklung oder Schnittstellen zu Lieferanten beschrieben.

Somit bildet das Systemdenken das Fundament dieser Arbeit. Neben der Struktur und dem Betrachtungsumfang dieser Arbeit werden die in den folgenden Unter-Kapiteln beschriebenen Inhalte des SE und des präventiven QM ebenfalls mit dem Systemdenken und den dazugehörigen Begrifflichkeiten in Verbindung gesetzt, um diese besser beschreiben und strukturieren zu können.

4.1.2 SE-Vorgehensmodell in Verbindung mit PQM und Qualitätsarbeit

Das SE-Vorgehensmodell fußt auf den vier Vorgehensprinzipien „Vom Groben zum Detail“, „Variantenbildung“, „Gliederung in Projektphasen als Makrologik“ und „Problemlösungszyklus als Mikro-Logik“. Diese Prinzipien werden im SE miteinander verbunden und kombiniert, um die Lösung von komplexen Problemstellungen bzw. Herausforderungen bestmöglich zu unterstützen.⁵⁶ Nachfolgend werden diese Prinzipien zunächst einzeln betrachtet, erläutert und mit dem präventiven QM in Zusammenhang gesetzt.

Vorgehensprinzip „Vom Groben zum Detail“⁵⁷

Die SE-Methodik dient dazu, schwer fassbare, komplexe und/oder stark mit der Umwelt verflochtene Problemstellungen zu strukturieren bzw. zu lösen. Bei Betrachtung des Qualitäts-Aspekts in der frühen Phase der Entwicklung muss genau dieser Herausforderung begegnet werden. In dieser Phase ist das Produkt zunächst nur über Anforderungen, grobe Funktionszusammenhänge, den geometrischen Rahmen oder virtuelle Konzepte beschrieben. In Bezug auf die abgeleiteten internen (Unternehmenssicht) sowie externen (Kundensicht) Q-Anforderungsfelder (Kapitel □) und der in der frühen Phase bekannten Produksubstanz, sind Zusammenhänge schwer fassbar bzw. mit starken Wechselwirkungen und Unsicherheiten belegt. Aus diesem Grund werden die Q-Ziele Garantie bzw. Gewährleistung, Kundenwahrgenommene Qualität und Langzeitqualität in vielen Fällen in der frühen Phase der Entwicklung vernachlässigt.

Das Prinzip „Vom Groben zum Detail“ kann genau hier unterstützen, die Q-relevanten Aspekte, Zusammenhänge und Vernetzungen herauszuarbeiten, um anschließend Maßnahmen in Richtung Erreichung der oben genannten Q-Anforderungen und -Ziele ableiten zu können. Grundsätzlich basiert das Vorgehensprinzip darauf, sich nicht direkt mit Detail-Fragestellungen auseinanderzusetzen, sondern ausgehend von einer sogenannten „Blackbox“ das Problem systemhierarchisch herunter zu brechen und aufzulösen. So ist es möglich, sich systematisch dem Kern einer Problemstellung zu nähern, ohne direkt Detaillösungen zu generieren, die wenig erfolgreich sind. Im Sinne des erläuterten Systemdenkens (Kapitel 4.1.1) sind dazu der Betrachtungsumfang bzw. das Problemfeld einzugrenzen und sowohl die betroffenen Elemente mit ihren Beziehungen, als auch die Umweltelemente zu beschreiben. Anschließend ist der betrachtete Bereich zu strukturieren. Erst wenn für die jeweiligen Betroffenen das System klar abgegrenzt und strukturiert ist, sollte die nächst tiefere Systemhierarchie-Ebene betrachtet werden. Dieses Vorgehen wird so oft wiederholt, bis diejenige Systemebene erreicht ist, in der die systematische Gestaltung der Lösungsentwürfe erfolgen kann. Dieses systematische Vorgehen zur Einengung des Betrachtungsumfangs ist in Abb. 4.2 verdeutlicht.

⁵⁶ Haberfellner et al. 2012, S. 57

⁵⁷ Haberfellner et al. 2012, S. 58 - 60

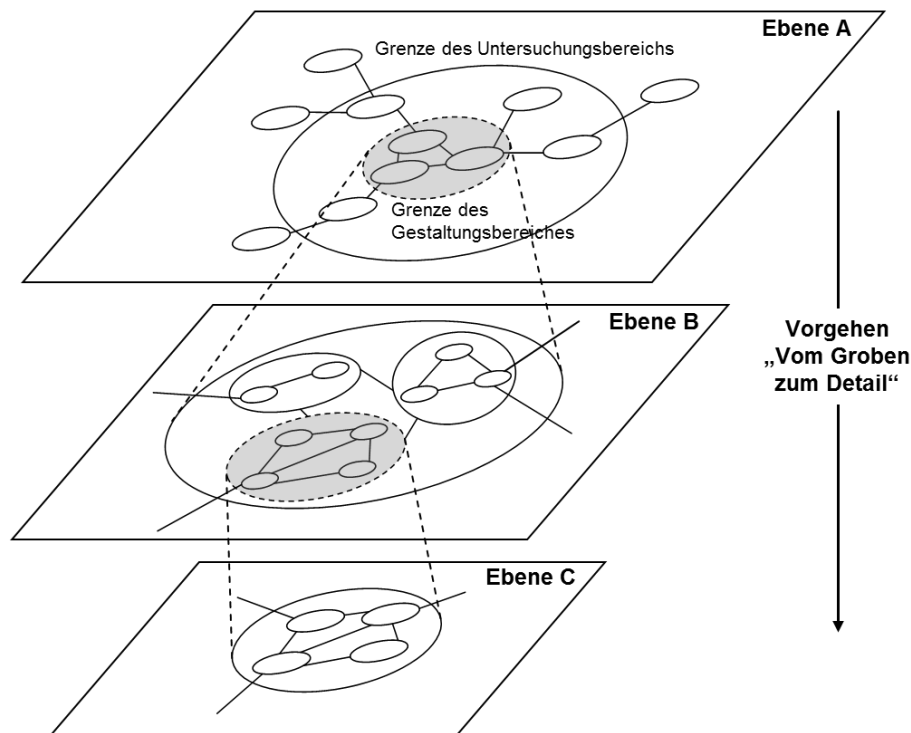


Abb. 4.2: Einengen des Betrachtungsumfangs (nach Haberfellner et al.)

Mit Hilfe dieses Vorgehens können auf der einen Seite z.B. innerhalb der Gestaltung von funktionalen Zusammenhängen die für die kundenwahrgenommene Qualität kritischen Umfänge systematisch identifiziert und isoliert werden, um Gegenmaßnahmen einzuleiten. Auf der anderen Seite können z.B. negative Simulationsergebnisse einer virtuellen geometrischen Integration auf Gesamtsystemebene hinsichtlich der Ursachen untersucht werden. Bei diesem Beispiel wäre es zielführend, das System hierarchisch Top-Down zu analysieren, um die Module und Bauteile zu identifizieren, die für die schlechte Toleranz-Lage auf Gesamtsystemebene verantwortlich sind.

Somit kann das Prinzip „Vom Groben zum Detail“ hinsichtlich der Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung sowohl für gestalterische Aufgaben, als auch Aufgaben in der Ursachenanalyse herangezogen werden.

Prinzip der Variantenbildung⁵⁸

Das Prinzip der Variantenbildung basiert darauf, für eine bestimmte Betrachtungsebene eine möglichst umfassende Übersicht über denkbare Lösungsvarianten zu erarbeiten und nicht nur die nächstliegende Lösung heranzuziehen. Dazu sollte man, bevor eine Lösung ausgewählt und detailliert ausgearbeitet wird, sich der grundlegenden Idee bewusst werden und gezielt Alternativen ableiten. Darüber hinaus ist es hilfreich, sich den Zusammenhang mit Ausgangssituation und Zielsetzung immer vor Augen zu halten, um weitere denkbare Lösungsprinzipien erarbeiten zu können. Um anschließend eine Auswahl zu treffen, sollte man die Eigenschaften, erwünschten und unerwünschten Konsequenzen, Kosten, Nutzen, Vor- und Nachteile der jeweiligen Lösungsvarianten zumindest grob bewerten. Diese Auswahl erfolgt stufenweise in Kombination mit der Top-Down-Vorgehensweise „Vom Groben zum Detail“ zur Konkretisierung bzw. Ausarbeitung von Lösungen über unterschiedliche Hierarchieebenen. Diese kombinierte Vorgehensweise ist in Abb. 4.3 schematisch dargestellt.

⁵⁸ Haberfellner et al. 2012, S. 61 - 62

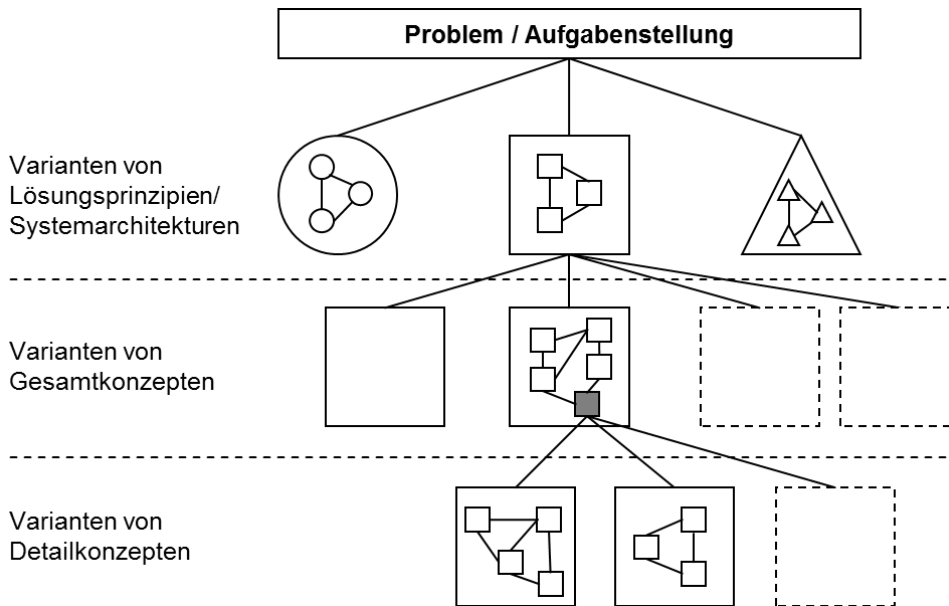


Abb. 4.3: Stufenweise Variantenbildung und Ausscheidung „vom Groben zum Detail“ (nach Haberfellner et al.)

Im Kontext des präventiven QM geht es insbesondere darum, die Lösungsalternativen in der Gestaltungsphase, also der frühen Phase der Entwicklung, hinsichtlich der Q-Ziele Garantie bzw. Gewährleistung, Kundenwahrgenommene Qualität und Langzeitqualität zu bewerten. Diese Bewertung sollte möglichst quantitativ hinsichtlich aller Q-Ziele erfolgen, um eine objektive Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Lösungsvarianten herstellen zu können. Nur dann kann die verantwortliche Rolle im Entwicklungsprozess auch objektive Entscheidungen treffen und die Qualität des später zu realisierenden Produkts positiv beeinflussen. Die stufenweise Variantenbildung, Top-Down von der Gesamtsystemebene aus, ist dabei ebenfalls zu beachten. So sollten aus Sicht der Qualität zunächst die hinsichtlich der Architektur relevanten Entscheidungen getroffen werden, die kritisch für die Erreichung der Q-Ziele sind bzw. die größten Auswirkungen auf die Qualität des zu realisierenden Produktes haben. So sollte z.B. in der frühen Phase der Entwicklung eines Fahrzeugs ein hinsichtlich Gewährleistung robustes Motorenportfolio entschieden werden. Wenn hier ein Motor (komplexestes mechanisches Modul im Fahrzeug), der ein bekannt hohes Fehlerniveau hat, einen hohen Anteil besitzt, kann evtl. das Q-Ziel Gewährleistung nicht mehr erreicht werden (Abb. 1.4). Diese Q-Zielverfehlung kann aufgrund der Komplexität des Motors und des dahinterstehenden Konzepts meist nicht mehr im Nachhinein durch einzelne qualitätsverbessernde Maßnahmen behoben werden.

Prinzip der Phasengliederung als Makro-Logik⁵⁹

Die „Phasengliederung als Makro-Logik“ stellt eine Konkretisierung und Erweiterung der Prinzipien „Vom Groben zum Detail“ und „Variantenbildung“ dar. Der Zweck der Phasengliederung besteht darin, das Vorgehen zur Lösungserarbeitung in Teilschritte zu gliedern und den Planungs-, Entscheidungs- und Konkretisierungsprozess mit definierten Meilensteinen zu versehen. Darüber hinaus soll die Gliederung in Phasen und Meilensteine zum einen das Risiko einer Fehlentscheidung und zum anderen die Komplexität der Problemstellung reduzieren.

Das SE-Phasenkonzept ist in Abb. 4.4 auf Basis der Grundversion dargestellt. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden die aufgeführten Projektphasen Anstoß, Vorstudie, Hauptstudie, Detailstudien, Systembau, System-Einführung bzw. Übergabe des Objekts und der Abschluss des Projekts im Fokus stehen.

⁵⁹ Haberfellner et al. 2012, S. 65 - 66

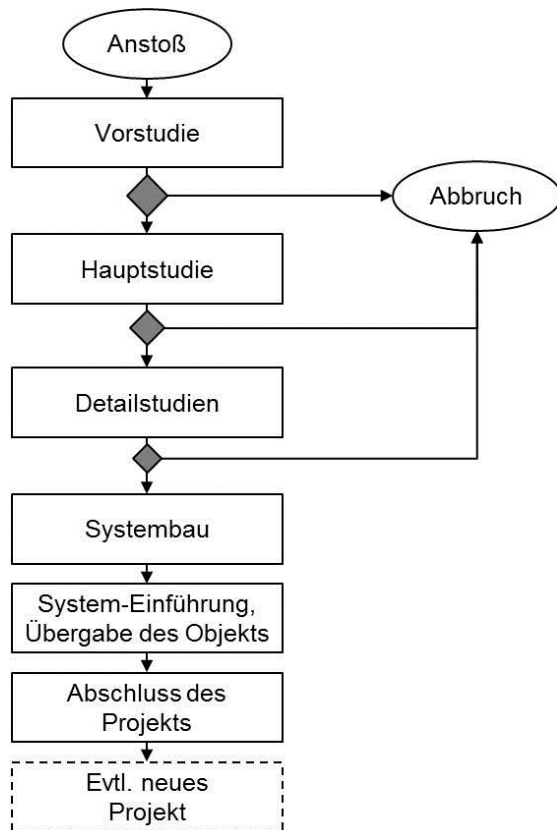


Abb. 4.4: SE-Phasenkonzept inkl. Projektphasen (nach Haberfellner et al.)

Im Folgenden werden die einzelnen Gliederungsphasen beschrieben und jeweils mit den spezifischen Aspekten des präventiven QM in Verbindung gebracht.

Die *Anstoß-Phase*⁶⁰ ist eine eher unstrukturierte Phase, in der sich z.B. das zu bearbeitende Problem manifestiert, eine nicht zufriedenstellende IST-Situation darstellt, eine Chance für eine Verbesserung ergibt oder ein Handlungsbedarf in Richtung einer Lösungsfindung identifiziert wird. Die Problemstellung kann zu diesem Zeitpunkt bereits klar formuliert sein oder auch nur aus vage umschriebenen Vermutungen bestehen. Diese Phase kann sehr kurz sein, wenn ausreichendes Problembewusstsein herrscht und notwendige Mittel verfügbar sind. Sie kann aber auch lange dauern, wenn die potentiellen Auftraggeber bzw. entscheidungsberechtigten Instanzen die Problemstellung nicht erkennen oder nicht wahrhaben wollen.

In der PQA der frühen Phase ist das Qualitätsbewusstsein und somit der Grund für einen Anstoß oft nicht sehr stark ausgeprägt, weil das realisierte Produkt noch „weit vom Start der Serienproduktion entfernt“ ist. Der Leidensdruck und somit auch die Priorität, sich einem Qualitätsthema zu widmen bzw. den Anstoß zur Lösung zu geben, nehmen hingegen in späten Phasen der Entwicklung und während der Kundennutzung stark zu. Das Verhalten in den späten Phasen ist dann jedoch rein reaktiv und endet meist in Task Forces, Problem-Lösungs-Teams oder ähnlichen „Feuerwehr-Aktionen“. In der frühen Phase gibt es zwei wesentliche Voraussetzungen, damit die Problemlösung bzw. Lösungserarbeitung effektiv angestoßen wird. Zum einen kann das Management den Anstoß direkt geben. Dafür muss das notwendige Qualitätsbewusstsein in der Management-Ebene vorhanden sein und ein ausreichender Durchgriff auf die operative Ebene existieren, damit formulierte Aufträge auch umgesetzt werden. Die zweite Voraussetzung liegt in der operativen Ebene der Entwicklungsorganisation. Wenn hier ein ausreichendes Qualitätsbewusstsein vorherrscht, wird über

⁶⁰ Haberfellner et al. 2012, S. 66

eine intrinsische Motivation die Problemlösung angestoßen. Wenn beide Voraussetzungen erfüllt sind, kann von einer gesunden Q-Kultur gesprochen werden. In dieser Kultur herrscht ein Q-Risikobewusstsein, so dass Risiken durch die operative Ebene früh identifiziert, offen ans Management kommuniziert werden und mit ausreichend Ressourcen-Ausstattung bearbeitet werden können.

Die Zielsetzung der *Vorstudie*⁶¹ liegt darin, unter vertretbarem Aufwand folgende Punkte zu klären:

- Untersuchungsbereich (Grenzen des Problemfeldes)
- Wirkungs-Mechanismen im Problemfeld
- Problembeschreibung und -definition (worin besteht das Problem?)
- Bedürfnis, Art und Umfang einer Lösung (Optimierung, Anpassung oder neue Lösung?)
- Grenzen des Lösungs- und Gestaltungsbereichs
- Lösungsanforderungen und Gestaltungsziele
- Lösungsprinzipien, denkbare Varianten und Realisierbarkeit (technisch, wirtschaftlich, politisch, sozial, psychologisch, zeitlich, ökologisch u. ä.)
- Beurteilungskriterien für Lösungsprinzipien
- Favorisiertes Lösungsprinzip (auf Basis Beurteilungskriterien)
- Einfluss der Lösung auf System-Architektur (Anpassung der bestehenden Architektur oder neue Architektur?)

Somit wird in der Vorstudie mehr als nur der IST-Zustand aufgenommen, sondern auch Lösungsalternativen angedacht und grob beschrieben. Dazu sind der Untersuchungsbereich und Umfeld weit zu fassen und wechselseitige Beziehungen mit einer möglichen Lösung zu berücksichtigen.

Aufgrund der meist komplexen Zusammenhänge in der frühen Phase der Entwicklung ist es in der präventiven Q-Arbeit zwingend notwendig, den Untersuchungsbereich klar abzugrenzen und das Problem möglichst konkret zu beschreiben. Wenn hier nachlässig gearbeitet wird, kann es dazu führen, dass die entwickelte Lösung nur ein Teil des Problems adressiert. Dies kann wiederum zu einer reduzierten Wirkung der Lösung in Bezug auf die Q-Ziele führen. Die frühe Beschäftigung mit dem Lösungsbereich, Lösungsanforderungen und denkbaren Lösungsprinzipien ist ebenfalls essentiell. So muss in der frühen Phase festgelegt werden, wie radikal ein mögliches Lösungsprinzip hinsichtlich seiner wirtschaftlichen und technischen Auswirkungen sein darf. So muss z.B. früh entschieden werden, ob der Lösungsbereich grundlegende Anforderungen, die Architektur, Modul-Konzepte, Komponenten-Konzepte oder nur eine mögliche Materialänderung umfasst. Umso größer der mögliche Lösungs- bzw. Gestaltungsbereich gefasst wird, umso komplexer und weittragender sind die Auswirkungen hinsichtlich technischer und wirtschaftlicher Aspekte. Wenn dies nicht berücksichtigt wird, kann es dazu führen, dass in der nachfolgenden Haupt- und Detailstudie hoher Aufwand für die Detaillierung und Ausarbeitung von beispielsweise fünf Lösungsalternativen betrieben wird, von denen im Nachhinein aufgrund der umfassenden Änderungen an der System-Architektur nur noch eine Alternative realistisch betrachtet werden kann.

Ziel der *Hauptstudie*⁶² ist es, aufbauend auf dem Lösungsprinzip (Architektur, Rahmenkonzept), welches in der Vorstudie erarbeitet wurde, die Struktur des Gesamtsystems festzulegen und zu detaillieren. So entstehen Varianten von Gesamtkonzepten, die wiederum eine Beurteilung möglicher Lösungen zulässt. Darüber hinaus sind sowohl die positiven als auch die negativen Auswirkungen der

⁶¹ Haberfellner et al. 2012, S. 67

⁶² Haberfellner et al. 2012, S. 69 - 70

Umwelt auf die Gestaltung der Konzeptentwürfe und umgekehrt zu berücksichtigen. Schnittstellen und Wechselwirkungen sind hier von besonderer Bedeutung.

Im Sinne der präventiven Q-Arbeit sind in dieser Phase insbesondere die Auswirkungen auf die Umwelt bzw. die Schnittstellen zu anderen Komponenten, Modulen oder Systemen zu berücksichtigen. Lösungskonzepte zur Erreichung der Q-Ziele, welche die Auswirkungen auf die Umwelt oder Schnittstellen außer Acht lassen, können zum Teil fatale Folgen haben. Wenn z.B. das Klimasystem eines Zuges im Hinblick auf Funktionsausfälle so ausgelegt wird, dass es selbst bei 35°C Außentemperatur ununterbrochen in Betrieb sein kann, so wird diese erhöhte Leistungsgrenze bei hohen Temperaturbereichen zu einem stark erhöhten Energiebedarf führen. Wenn diese Schnittstelle jedoch nicht ausreichend berücksichtigt wird und das Bordnetz inkl. Energiebereitstellung nicht dementsprechend angepasst wird, kann es dazu führen das bei hohen Temperaturen der gesamte Zug ausfällt. Ein weiteres Beispiel resultiert aus Nicht-Berücksichtigung von Umweltbedingungen. Bei der Auslegung eines Motors eines Automobils spielen zum einen der Kraftstoff und zum anderen die angesaugte Luft eine zentrale Rolle. Wenn der Motor nun hinsichtlich dieser Parameter bzw. Umweltbedingungen nicht ausreichend robust ausgelegt wurde, kann dies in Ländern wie beispielsweise China oder Indien zu erheblichen Motor-Ausfällen führen. Die Luft in einem Ballungsraum wie z.B. Peking hat eine solch hohe Partikeldichte, dass die angesaugte Luft zu Verkokungen im Brennraum führen kann. Dazu kommt dann noch eine Kraftstoffqualität, die zum Teil so niedrig ist, dass sich in den Injektoren kleinste gummiartige Ablagerungen bilden, die den Einspritzvorgang erheblich beeinträchtigen bzw. unterbrechen. Beide Effekte sind mit enormen Reparaturkosten verbunden und können im Extremfall zum Totalschaden führen. Dies sind nur zwei aus einer ganzen Reihe an Beispielen, bei denen die nicht ausreichende Berücksichtigung der Umwelt bzw. der Schnittstellen in der frühen Phase zu erheblichen Beeinträchtigungen in der Kundennutzung des Produktes und somit Verletzung der Q-Ziele führen.

Die in der Phase *Detailstudien*⁶³ behandelten Objekte sind Untersysteme bzw. Systemaspekte, die zeitlich begrenzt aus dem Gesamtkonzept zur weiteren Bearbeitung isoliert werden. Der Betrachtungsumfang wird hier stark eingeengt. Die Anforderungen an die Teillösungen sind aus dem Gesamtkonzept ableitbar, die Abgrenzung des Problem- bzw. Gestaltungsbereichs ist zunehmend einfacher.

Im QM ist dies ist meist die Phase innerhalb des Lösungsprozesses, mit denen sich die Rollen des präventiven QM, vor allem die Ingenieure, schnell befassen: die Lösungserarbeitung im Detail. Diese sollte jedoch nie losgelöst von den beiden vorhergehenden Phasen Vor- und Hauptstudie durchgeführt werden. Das Risiko einer losgelösten Lösungserarbeitung besteht darin, dass die Lösung anschließend weder die Ziele und Anforderungen noch die aus Sicht des Gesamtkonzepts geforderten Funktionen und Eigenschaften erfüllt. Lösungen, die mit „Scheuklappen“ durch die jeweiligen Rollen erarbeitet werden, sind somit oft nicht mehr in das Gesamtkonzept integrierbar. In diesem im QM oft auftretendem Problem spiegelt sich insbesondere die Notwendigkeit der Anwendung des Prinzips „Vom Groben zum Detail“ wieder.

Grundsätzlich ist es möglich das Projekt am Ende der Vor-, der Haupt- oder einzelner Detailstudien abzubrechen (Abb. 4.4). Dies ist als Weichenstellung zu verstehen und nicht als Eingeständnis oder Fehler zu bewerten. Dieser *Abbruch* ist vielmehr ein „Ausstiegs-Punkt“ oder eine „Soll-Bruchstelle“, um das Risiko einer Fehlentwicklung bzw. eines falschen Mitteleinsatzes für eine Lösung zu minimieren. Wenn das Beispiel einer umfassenden Architektur-Änderung, am Ende der frühen Phase mit weitreichenden technischen und wirtschaftlichen Auswirkungen, herangezogen wird, könnte sich

⁶³ Haberfellner et al. 2012, S. 70 - 71

beispielsweise folgende Begründung für einen Abbruch ergeben: die Kosten für eine technische Lösung würden sich aufgrund der gemeinsamen Architektur über mehrere Produkte der Produktpalette multiplizieren. Aus diesem Grund wird von einer technischen Lösung abgesehen. Stattdessen werden beispielsweise nach dem Start der Serienproduktion bzw. während der Nutzung für den Kunden nicht erkennbare Service- bzw. Wartungsmaßnahmen für das betroffene Produkt eingeleitet, um die in der frühen Phase in Kauf genommenen Probleme nachträglich kostengünstiger zu beheben. Somit könnte das Q-Ziel der kundenwahrgenommenen Qualität erreicht werden. Die Kosten für die Service- bzw. Wartungsmaßnahmen würden sich dann jedoch in den Gewährleistungskosten widerspiegeln.

Ziel der Phase *Systembau*⁶⁴ ist es, sowohl Teil- und Gesamtlösungen auszugestalten und einführungsreif zu machen. Vor der Einführung sollen Tests bzw. Erprobungen durchgeführt werden, um die Funktionalität und die gewünschten Eigenschaften der Lösungen sicher zu stellen.

Hier ist es innerhalb der QA der frühen Phase wichtig, trotz begrenzt verfügbarer Hardware alternative Erprobungsstrategien festzulegen, um die erarbeiteten Lösungen und Konzepte hinsichtlich ihrer Funktionalität, Eigenschaften und Wirkungen auf die Q-Ziele testen zu können. Aufgrund der verhältnismäßig geringen Kosten können hier virtuelle Umgebungen und Simulationen gegenüber hardware-gestützten Teilsystem- bzw. Modul-Aufbauten oder Rapid Prototype Lösungen empfohlen werden.

Bei der *Systemeinführung*⁶⁵ wird das gestaltete und realisierte System eingeführt bzw. übergeben. Dabei sind Risiken bei der schlagartigen Einführung komplexer Systeme aufgrund schwer kalkulierbarer Nebenerscheinungen besonders zu berücksichtigen. Hier kann es hilfreich sein, eine stufenweise Einführung anzustreben, bei der die Erfahrungen der einzelnen Stufe in die nächste Stufe einfließen. Einfache und weniger komplexe Lösungen können auch als Ganzes eingeführt bzw. übergeben werden.

So sollten qualitätsverbessernde Maßnahmen nie ad hoc flächendeckend in der gesamten Produktpalette eingeführt werden. Die resultierenden möglichen Risiken können z.B. über die Einführung in einem begrenzten Produktumfang oder in einer kleineren Produktfamilie erheblich reduziert werden. Somit können noch Korrekturmaßnahmen umgesetzt werden, falls negative Auswirkungen der jeweiligen Lösung auftreten.

Der *Abschluss*⁶⁶ des Projektes erfolgt mit Übernahme der Lösung durch den Auftraggeber. Anschließend sind Aufgaben wie z.B. Abschlussdokumentation, Abrechnung, Lessons Learned für Nachfolge-Projekte, Entlastung und Auflösung des Projektteams usw. durchzuführen. Nun beginnt die Nutzungsphase, in der Erfahrungen hinsichtlich des Betriebs der Lösung und möglichen Verbesserungspotentialen gesammelt werden können. Darüber hinaus können diese Erfahrungen auch für die Gestaltung neuer Lösungen bzw. neuer Systeme herangezogen werden.

Ein zentraler Aspekt stellen für das präventive QM dabei die gesammelten Erfahrungen bzw. Lessons Learned dar. Diese Erfahrungen sollten zumindest zum Abschluss eines jeden Projekts bzw. einer Lösungsrealisierung systematisch dokumentiert werden. Hier ist jedoch zu empfehlen, die Erfahrungen bereits während des Projekts zu wesentlichen Projektmeilensteinen oder kontinuierlich systematisch zu erfassen. Für die systematische Erfassung kann z.B. eine Vorstrukturierung hinsichtlich der Themenfelder Produkt, Prozess und Projekt hilfreich sein. Die Erfahrungen und

⁶⁴ Haberfellner et al. 2012, S. 71

⁶⁵ Haberfellner et al. 2012, S. 71

⁶⁶ Haberfellner et al. 2012, S. 72

Lessons Learned sollten dann wieder zum Start eines neuen Projekts in der Vor-, Haupt- oder Detailstudie einfließen und explizit genutzt werden. Ein weiterer für die Q-Arbeit wichtiger Aspekt ist die Entlastung des Projektteams bzw. der beteiligten verantwortlichen Rollen. So sollte z.B. eine Projekt-Entlastung an den Nachweis der Wirkung hinsichtlich der Lösung und des jeweils betrachteten Q-Ziels gekoppelt sein. Somit wäre eine nicht nachgewiesene Wirkung der Anstoß eines neuen Projekts bzw. einer Lösungserarbeitung.

Die beschriebenen Projektphasen des SE-Phasenkonzepts sind als Rahmenwerk zu verstehen. Abhängig von der Komplexität bzw. dem Umfang eines Projektes ist es nämlich möglich, mehr oder weniger Phasen zu planen und zu durchlaufen. Bei kleinen Projekten können z.B. Vor-, Haupt- und Detailstudien zu einer Entwicklungsphase zusammengelegt werden. Bei komplexen Projekten oder Programmen kann z.B. vor die Vorstudie noch eine Studie geschaltet werden, die mit einer eigenen Test- und Abnahmephase versehen wird.⁶⁷

Problemlösungszyklus als Mikro-Logik⁶⁸

Der „Problemlösungszyklus als Mikro Logik“ basiert auf der Dewey'schen Problemlösungslogik und kann innerhalb jeder der beschriebenen Projektphasen bei jeder Art von Problemen angewendet werden. Die Prinzipien sind somit kombinierbar. Dabei besitzt die Mikro-Logik folgende Schwerpunkte:

1. Zielsuche bzw. Zielkonkretisierung: Wo stehen wir? Was wollen bzw. brauchen wir? Warum?
2. Lösungssuche: Welche Möglichkeiten gibt es?
3. Auswahl: Welche ist die beste bzw. zweckmäßigste Lösung?

Diese drei Schwerpunkte sind im Problemlösungszyklus (Abb. 4.5) wiederum in jeweils zwei Teilschritte unterteilt.

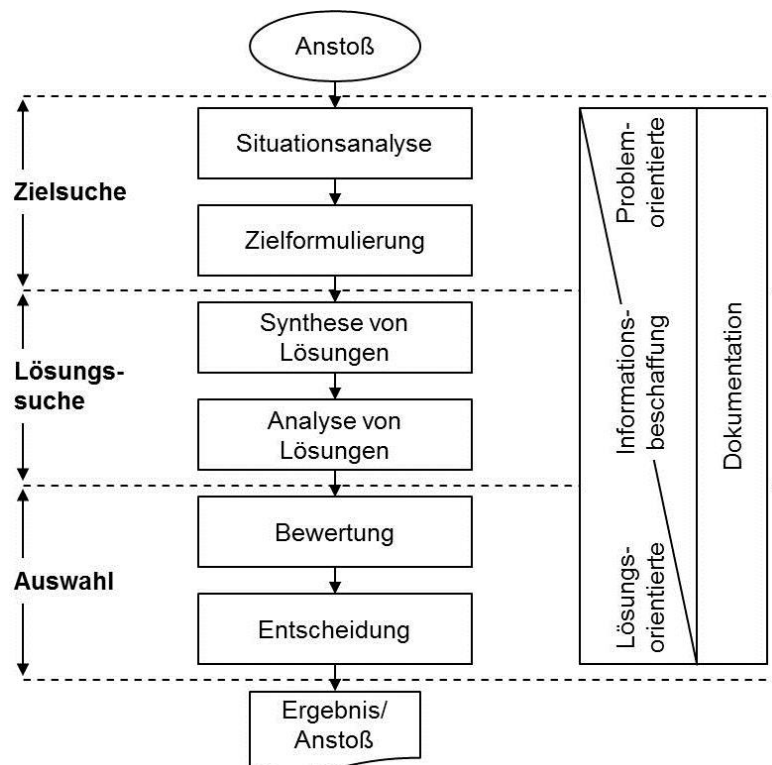


Abb. 4.5: Problemlösungszyklus (nach Habermellner et al.)

⁶⁷ Habermellner et al. 2012, S. 73

⁶⁸ Habermellner et al. 2012, S. 73 - 74

Nachfolgend wird jeder Teilschritt des Problemlösungszyklus erläutert und mit den Aspekten und Beispielen des präventiven QM in der frühen Phase der Entwicklung in Verbindung gebracht. Neben diesen Erläuterungen werden bei der Anwendung des Problemlösungszyklus im Rahmen der Konzeptgestaltung (Kapitel 4.2.1) weitere zusätzliche Inhalte konkretisiert.

Der *Anstoß* ist der Initialpunkt des Problemlösungszyklus und zu Beginn eines Projektes identisch mit dem in der „Phasengliederung als Makro-Logik“ beschriebenen Anstoß. Dieser Anstoß setzt also die Arbeitslogik in Gang und gibt den Anlass für den ersten Teilschritt, die Situationsanalyse.

Die *Situationsanalyse*⁶⁹ dient dazu, die Ausgangssituation und die Aufgabenstellung zu klären. Des Weiteren bildet sie die Basis zur Formulierung der Ziele innerhalb des Problemlösungszyklus. Dabei kann die Situationsanalyse aus vier unterschiedlichen Betrachtungsweisen geschehen, die in Beziehung stehen und auch gleichzeitig zur Anwendung kommen können:

- Die systemorientierte Betrachtung greift das Systemdenken auf und hilft dabei, die Ausgangssituation insbesondere hinsichtlich der Funktionsweise zu strukturieren. Dafür werden die Grundbegriffe Elemente, Beziehungen, Systemstruktur, Systemgrenze und Umfeld (Kapitel 4.1.1) herangezogen, um das Problemfeld einzugrenzen und transparent zu machen. Unter Zuhilfenahme des Begriffes Systemaspekt kann die IST-Situation zusätzlich hinsichtlich unterschiedlicher Betrachtungsaspekte analysiert werden (z.B. hinsichtlich Materialfluss-, Informationsfluss-, Signalfluss-, Lagebeziehungen usw.). Darüber hinaus können Einflussgrößen analysiert oder auch dynamische, ablauforientierte Betrachtungen erfolgen.
- Die ursachenorientierte Betrachtung hat zum Ziel, die Symptome der Problemstellung zu beschreiben, den jeweiligen Elementen des Problems bzw. Systems zuzuordnen und mögliche Ursachen herauszuarbeiten.
- Bei der lösungsorientierten Betrachtung (therapeutischer Ansatz) liegt der Fokus auf Lösungsideen und Eingriffsmöglichkeiten. So lässt sich das Problem besser verstehen und abgrenzen. Hieraus können wiederum realistische Ziele abgeleitet werden. Die Lösungsorientierung sollte sich in diesem Teilschritt jedoch in Grenzen halten und der später folgenden Lösungserarbeitung (Synthese und Analyse) nicht zu stark vorgreifen.
- Die zukunfts- und zeitorientierte Betrachtung überlagert die übrigen drei Betrachtungsweisen. Hier sind die zentralen Fragestellungen: Wie wird sich das Problemfeld in Zukunft entwickeln, wenn nicht eingegriffen wird? Welche Entwicklungen sind im Lösungsfeld zu erkennen? Welche Eingriffe würden welche Wirkungen mit welcher Richtung hervorrufen?

Im PQM der frühen Phase ist die ursachenorientierte Betrachtung zur Situationsanalyse eher ungeeignet (bei der Ursachenanalyse bereits eingetretener Probleme jedoch durchaus sinnvoll). In dieser Phase kann man noch nicht von realen Problemen sprechen, bei denen Ursachenanalysen durchgeführt werden könnten. In diesem Zeitraum des Entwicklungsprozess stehen eher Risiken als Probleme im Fokus. Daher eignen sich die systemorientierte und die lösungsorientierte Betrachtungsweisen in Überlagerung mit der zukunfts- bzw. zeitorientierten Betrachtungsweise besser. Zur Situationsanalyse im Rahmen des PQM können diese Betrachtungsweisen auch in eine Abfolge gebracht werden. So sollten zuerst über eine systemorientierte Betrachtung die funktionalen Zusammenhänge und Abhängigkeiten des Systems bzw. Produktes im jeweiligen Stadium der frühen Phase analysiert werden. Diese funktionalen Zusammenhänge und Abhängigkeiten sind dann in den Kontext der Q-Ziele und -Anforderungen zu setzen. So kann die Systemgrenze hinsichtlich der Beeinflussung der Q-Ziele abgesteckt werden. Um dieses Verständnis von System und Systemgrenze hinsichtlich der Q-Ziele zu festigen, können erste Überlegungen hinsichtlich möglicher Maßnahmen

⁶⁹ Haberfellner et al. 2012, S. 75 - 77

und Lösungskonzepte angestellt werden. Diese lösungsorientierte Betrachtung hilft neben der Systemgrenze auch die Eingriffsgrenze zu bestimmen und die IST-Situation besser zu verstehen. Zum Schluss kann über die zukunfts- bzw. zeitorientierte Betrachtungsweise die Kritikalität der IST-Situation hinsichtlich der Q-Zielerreichung analysiert und somit eine Priorisierung vorgenommen werden. Dazu ist es notwendig, in der frühen Phase zeitliche Fixpunkte bzw. Meilensteine auszuwählen, anhand derer eine zukunfts- bzw. zeitorientierte Betrachtungsweise möglich ist. Dazu können z.B. Meilensteine wie „Architektur-Freigabe“, „Konzept-Freigabe“ oder „Serien-Lieferant-Freigabe“ herangezogen werden. Anhand dieser lassen sich dann z.B. folgende Fragestellungen zur Q-bezogenen Kritikalität des jeweiligen Themas klären:

- Haben wir eine Chance das Thema bis zum Meilenstein X zu lösen?
- Bis zu welchem Meilenstein muss das Thema spätestens gelöst werden?
- Was sind die inhaltlichen und zeitlichen Q-bezogenen Konsequenzen, wenn das Thema bis zum Meilenstein X nicht gelöst wird?
- Welche Q-bezogene Auswirkung hat eine Nicht-Lösung auf die weiteren Themen X, Y und Z?

Zusätzlich zur beschriebenen Analyse der IST-Situation müssen die Randbedingungen für die Lösungssuche herausgearbeitet werden. Dazu werden das Umfeld, frühere relevante Entscheidungen bzw. Festlegungen, Vorstellungen des Auftraggebers (Kostenlimit, Terminvorstellungen usw.) und unveränderlich angesehene Teile des IST-Zustandes bestimmt. Die Berücksichtigung der zeitlichen Vorgaben bzw. des Prozesses der frühen Entwicklungsphase wurde im Zuge der zukunfts- bzw. zeitorientierten Betrachtungsweise bereits erläutert. Dazu können jedoch noch weitere zeitliche Rahmenbedingungen seitens des Auftraggebers hinzukommen. So kann z.B. für die Lösung von Q-Themen bzw. -Risiken mit hoher Kritikalität eine unternehmensinterne Zeitvorgabe existieren, in der das jeweilige Q-Thema bzw. -Risiko gelöst werden muss. In einigen Unternehmen der Automobilindustrie (OEM und Zulieferer) liegt diese beispielsweise bei maximal 30 Tagen, um im Gesamt-Entwicklungsprozess mit Hinblick auf den Start der Produktion möglichst wenig Zeit zu verlieren. Neben diesen zeitlichen Vorgaben existieren z.B. auch Vorgaben zur Einhaltung des zur Verfügung stehenden Q-Budgets, Änderungsmöglichkeiten in Baukästen, einzuhaltende Q-Standards und Richtlinien zur Kommunikation und Umgang mit Lieferanten. All diese Rahmenbedingungen sind in der Situationsanalyse zu berücksichtigen, um eine stabile Basis für alle nachfolgenden Teilschritte des Problemlösungszyklus zu schaffen.

Im Teilschritt der *Zielformulierung*⁷⁰ sollten zunächst die bereits vorhandenen Informationen aufgegriffen werden. So existieren meist schon Vorstellungen, Erwartungen, Anforderungen hinsichtlich Leistung, Leistungsumfang, Kosten, Zeitpunkt der Verfügbarkeit usw., die mit dem Anstoß bzw. dem Projektauftrag formuliert wurden. Zweck der Zielformulierung ist die systematische, lösungsneutrale, vollständige (alle notwendigen Anforderungen), möglichst operationale (präzise, verständlich und anwendbar) und realistische (sachliche Gegebenheiten und subjektive Wertvorstellungen bzw. Meinungsbilder) Zusammenfassung der Absichten für die Lösungssuche.

Dazu werden die in der Situationsanalyse erfassten Q-bezogenen bzw. -relevanten Rahmenbedingungen und groben Vorgaben heruntergebrochen und detailliert. Neben den zeitlichen und kostenseitigen Zielen und Anforderungen sind in der Zielformulierung insbesondere die definierten Q-Ziele und -Anforderungsfelder (Kapitel □) zu berücksichtigen:

- Internes Q-Anforderungsfeld (Unternehmenssicht)
 - Garantie bzw. Gewährleistung (und resultierende Kosten)
- Externe Q-Anforderungsfelder (Kundensicht)
 - Kundenwahrgenommene Qualität

⁷⁰ Haberfellner et al. 2012, S. 76 - 78, 81

- Langzeitqualität

Beim Schwerpunkt Zielsuche innerhalb des Problemlösungszyklus ist die Informationsbeschaffung dabei möglichst problem- bzw. risikoorientiert aufzusetzen. Hier muss der Fokus auf der Erarbeitung realistischer Zielsetzungen auf Basis des beschriebenen und abgegrenzten Problems und des abgesteckten Eingriffs- und Lösungsbereichs erfolgen. Die Herleitung von Q-Zielen sollte hierbei auf unterschiedlichen fundierten Quellen beruhen, um sicher zu stellen, dass diese insbesondere lösungsneutral, realistisch und objektiv messbar sind. Nur dann kann eine effektive, konsequente und zielgerichtete Q-Lenkung in den weiteren Teilschritten des Problemlösungszyklus ermöglicht werden. Dazu können zum einen die Erfahrungen aus den Vorgänger-Produkten, vergleichbaren oder auch bewusst unterschiedlichen Produkten der eigenen Produktpalette herangezogen werden. Hier können meist konkrete Zahlen, die wiederum aus konkreten Themen der Vergangenheit resultieren, verarbeitet werden. Vorgaben für die Höhe der Ziel-Werte können z.B. „10% besser als der Vorgänger“, „besser als das beste Produkt der letzten 5 Jahre“ oder „besser als der Produkt-Durchschnitt“ sein. Für diese Herleitung der Ziele sind jedoch auch die Innovationsumfänge zu betrachten, zu denen noch keine Erfahrungen vorliegen. Hier sind dann Risikovorhalte bzw. -aufschläge z.B. über Expertenmeinungen abzuschätzen oder auch über Pauschalerhöhungen zu berücksichtigen. Zum anderen kann die Betrachtung des Wettbewerbs zur Zielableitung genutzt werden. Wenn auch hier konkrete Zahlen und Themen aus der Vergangenheit vorliegen, können Vorgaben wie z.B. „10% besser als das direkte Wettbewerbsprodukt“, „besser als das beste Produkt im gesamten Segment“ oder „bestes Produkt aller Zeiten“ mit konkreten Zielwerten belegt werden. Wenn die Themen und Zahlen des Wettbewerbs nicht bekannt sind, können beispielsweise externe Studien, die regelmäßig über Institute oder Presse erhoben und veröffentlicht werden, zur Ableitung von Zielwerten herangezogen werden.

Um in der Zielformulierung Prioritäten hinsichtlich der Wichtigkeit von Zielen setzen zu können, wird grundsätzlich zwischen Muss-, Soll- und Wunschzielen unterschieden. Mussziele sind zwingend zu erfüllen, Wunschziele sollten angestrebt werden, deren Erfüllung ist jedoch nicht zwingend. Die Sollziele liegen hinsichtlich ihrer Verbindlichkeit zwischen den Muss- und Wunschzielen. Im QM eines Unternehmens, das technische Produkte entwickelt, sollten alle drei Q-Zielfelder Garantie bzw. Gewährleistung, Kundenwahrgenommene Qualität und Langzeitqualität mit Zielen abgedeckt werden. Diese sollten als klare Mussziele verstanden werden und in keinem Fall nur Wunschziele sein. Q-Ziele sind als Basis-Anforderungen an ein Produkt zu verstehen, die gegenüber dem externen sowie internen Kunden zu erfüllen sind. Je nach Unternehmen kann es dabei notwendig sein, dass die drei Q-Zielfelder in mehrere Q-Ziele unterteilt werden. Wenn zu einem Q-Zielfeld also mehrere Q-Ziele existieren, ist es durchaus möglich zwischen Muss- und Sollzielen zu unterscheiden. Der Abschluss des Teilschritts der Zielformulierung erfolgt durch die Ziel-Entscheidung bzw. -Genehmigung. Dabei werden die zwischen Auftraggeber und Projektteam vereinbarten Ziele verbindlich festgehalten. Sie dienen dann als Grundlage für alle weiteren Teilschritte. Dabei sollten Q-Ziele, als Basis-Anforderungen des externen als auch internen Kunden, als strategische Unternehmensziele verankert und in jedem Entwicklungsprojekt klar vereinbart und dokumentiert werden. D.h. jedes zu entwickelnde Produkt spiegelt die strategische Ausrichtung des Unternehmens wieder. Die Q-Ziele sollten durch den Auftraggeber (Aufsichtsrat, Vorstand, Eigentümer) über alle Managementebenen bis hin zum Projektmanager und den operativen Mitarbeitern vereinbart und nachgehalten werden. Dabei sind nur jene Stellen mit einzubeziehen, die die Q-Ziele auch beeinflussen können. Durch diese Durchgängigkeit über alle Hierarchie-Ebenen und alle Produkte ist sichergestellt, dass der Produkt-Qualität ausreichend Aufmerksamkeit geschenkt wird und eine effektive und zielgerichtete Q-Lenkung erfolgen kann.

Die *Synthese*⁷¹ von Lösungen ist der konstruktive, kreative Schritt im Problemlösungszyklus. Ziel ist es, aufbauend auf den Ergebnissen der Situationsanalyse und der Zielformulierung, Lösungsvarianten zu erarbeiten. Die Konkretisierung der Lösungsvarianten hängt dabei von der jeweiligen Phase innerhalb der „Phasengliederung als Makrologik“ ab.

Hinsichtlich der Produktentwicklung geschieht die Erzeugung von Qualität bzw. die Vermeidung von Nicht-Qualität insbesondere im Kernprozess der frühen Phase. D.h. über die Anforderungsableitung, die Architektur- und Konzeptentwicklung bis hin zum Start der späten Phase. In diesem systematisch konstruktiven und kreativen Prozess kommt der Rolle des Entwicklers die Kern-Aufgabe der Synthese zu. Der Entwickler ist dabei für die Erreichung der Q-Ziele im Rahmen seines Verantwortungsbereichs des Kernprozesses zuständig. Dazu müssen ihm für den jeweiligen Verantwortungsbereich ebenfalls die Problemstellung und Rahmenbedingungen aus der Situationsanalyse und die konkret vereinbarten und ggf. heruntergebrochenen Q-Ziele bekannt und bewusst sein. Dabei kann ihm ein Qualitäts-Ingenieur zur Seite stehen, um ihn zu beraten, zu befähigen, zu unterstützen oder sogar Teile der operativen Arbeit abzunehmen. In der Hauptverantwortung für die Q-Ziele und deren Erreichung sollte jedoch immer der Verantwortliche im Kernprozess, also der Entwickler stehen.

Im Gegensatz zur vorangehenden konstruktiv-kreativen Synthese ist die *Analyse*⁷² von Lösungen der kritische, analytisch-destruktive Schritt. In diesem Teilschritt wird geprüft, ob eine Lösung oder ein Konzept den Anforderungen entspricht, oder ob es Schwachstellen aufweist. Insbesondere die folgenden Punkte sind in diesem Teilschritt zu berücksichtigen:

- Formale Aspekte (z.B. Erfüllung Muss-Ziele usw.)
- Phasenabhängiger Konkretisierungsgrad (zu detailliert bzw. zu unkonkret)
- Integrierbarkeit der Lösung
- Erkennbarkeit der Funktionsweise
- Betriebsfähigkeit (z.B. Sicherheit, Zuverlässigkeit, Bedienbarkeit, Wartbarkeit usw.)
- Beurteilbarkeit der Lösung (z.B. technisch, wirtschaftlich, sozial, emotional, ökologisch usw.)

Die formalen Aspekte im PQM der frühen Phase sind vor allem durch die vereinbarten Q-Ziele beschrieben. Somit ist herauszuarbeiten, ob und in welchem Maße das jeweilige Lösungskonzept die Q-Zielerreichung unterstützt oder dieser entgegenwirkt. Die phasenabhängige Konkretisierung lässt sich an den Entwicklungs-Meilensteinen der frühen Phase und der damit verbundenen geforderten Reife eines Anforderungsprofils bzw. -sets, der Architektur des Produkts oder der einzelnen Produktkonzepte festmachen. Wenn z.B. zum Meilenstein der Nominierung des Serienlieferanten das geforderte Lastenheft für ein Konzept nicht vollständig vorliegt, wäre dies ein eindeutig identifizierter Schwachpunkt der Lösung. Die Integrierbarkeit eines Lösungskonzepts hängt davon ab, in wie weit bei der Synthese die Schnittstellen zum restlichen System bzw. die Umwelt berücksichtigt wurden. Somit muss ebenfalls die Funktionsweise der Lösung, im Kontext des Gesamtsystems und der Erreichung der geforderten Q-Ziele, klar beschrieben und nachvollziehbar sein. Des Weiteren sollte das Lösungskonzept alle Anforderungen hinsichtlich der Betriebsfähigkeit, zu der beispielsweise auch das Q-Zielfeld Langzeitqualität und die Bedienbarkeit aus Kundensicht gehören, berücksichtigen. Neben den Q-bezogenen Aspekten muss das Lösungskonzept bzgl. der für die Auswahl relevanten Beurteilungskriterien bewertbar sein. Hierzu gehören insbesondere die in der Situationsanalyse ermittelten und festgelegten wirtschaftlichen, zeitlichen und technischen Rahmenbedingungen. Die Analyse der formalen Aspekte, des Konkretisierungsgrads, der Integrierbarkeit, der Funktionsweise, der Betriebsfähigkeit und der Beurteilbarkeit der Lösung dient also der Vorselektierung, bei der weniger gute oder taugliche Lösungen bereits ausgeschieden werden bzw. verbesserungswürdige

⁷¹ Haberfellner et al. 2012, S. 78

⁷² Haberfellner et al. 2012, S. 78 - 79

Lösungsentwürfe in die Synthese zurückgeführt werden können. Auch eine Rückkopplung in den Schritt Zielformulierung ist, mit allen damit verbundenen Konsequenzen (z.B. Neuverhandlung), denkbar.

In der *Bewertung*⁷³ von Lösungen werden taugliche Lösungsvarianten systematisch gegenübergestellt, um die am besten geeignete zu identifizieren. Als Bewertungsmaßstab gelten die zwischen Auftraggeber und Projektteam vereinbarten und festgehaltenen Ziele (zur Bewertung werden nur die Varianten zugelassen, die alle Mussziele erfüllen). Dazu werden aus den vereinbarten Zielen und den in der Synthese und Analyse festgestellten Eigenschaften, Bedingungen und Konsequenzen der Lösungsvarianten die zur Bewertung wesentlichen Kriterien abgeleitet.

Beim PQM ist insbesondere die Wirkung zur Erreichung des jeweiligen vereinbarten Q-Ziels zu berücksichtigen. Sie muss jedoch mit dem Kostenrahmen bzw. den Kosten für die angestrebte Lösung in Zusammenhang gebracht werden. Somit kann über den jeweiligen Q-Business Case (Kosten- und Q-Nutzen-Verhältnis) eine objektive Bewertung der Lösungen vorgenommen werden. Neben diesen Kern-Beurteilungskriterien können aus der Integrierbarkeit, der Funktionsweise und der Betriebsfähigkeit weitere Kriterien abgeleitet werden. Das Ergebnis der Lösungs-Bewertung innerhalb des Problemlösungszyklus ist somit gleichzeitig die Lösung auf dem Konkretisierungsniveau der jeweiligen Phase der „Phasengliederung als Makrologik“. Aufgrund dieser Kombination der Prinzipien des SE-Vorgehensmodells bildet das Ergebnis dann wiederum den Anstoß für die darauffolgende Phase der Makro-Logik und für den Problemlösungszyklus als Mikro-Logik.

Auf Basis der vorangegangenen Bewertung der einzelnen Lösungsvarianten wird die *Entscheidung* für eine Variante getroffen. Der Zusammenhang zwischen Bewertung und Entscheidungsfindung wird innerhalb der Konzeptgestaltung im Teilschritt Entscheidungsfindung (Kapitel 4.2.1) detailliert.

Wenn nach dem Durchlauf des Problemlösungszyklus jedoch kein Ergebnis gefunden und somit keine Entscheidung getroffen werden kann (z.B. aufgrund Nicht-Erfüllung der festgelegten Ziele, fehlender finanzieller oder personeller Mittel, oder nicht ausreichender Zeit), gibt es folgende fünf Handlungsoptionen:⁷⁴

- Das Projekt wird abgebrochen, der IST-Zustand bleibt bestehen.
- Die Zusammenarbeit mit dem Projektteam wird beendet.
- Die Ziele werden entschärft, die Anforderungen zurückgeschraubt.
- Eine Lösung auf einer höheren Systemebene wird angestrebt, um das Problem umgehen zu können.
- Das Problem wird gänzlich neu betrachtet und definiert.

Im Rahmen des PQM sollte versucht werden insbesondere die beiden letzten Handlungsoptionen zu nutzen, d.h. Alternativen zu durchdenken und andere Lösungswege einzuschlagen. Je nach Kritikalität, Priorität und Auswirkungen der Problemstellung auf die Q-Zielerreichung kann der Abbruch des Projektes oder eine Zielkorrektur in Kauf genommen werden. Es sollte jedoch davon abgesehen werden, die Zusammenarbeit mit dem gesamten Projektteam zu beenden, da ein Abfluss des aufgebauten Wissens dann unvermeidlich ist. Einzelne Rollen des Projektteams zu verändern ist in vielen Fällen sinnvoll, solange Maßnahmen zur Wissenssicherung in Form von geplanten und systematischen Übergaben umgesetzt werden. Nur als letzten Ausweg sollten die Q-Ziele und -Anforderungen entschärft werden, da diese unternehmens- und produktübergreifend strategisch verankert wurden und als Unternehmens-Leitplanken dienen. Eine Entschärfung sollte hier nur unter

⁷³ Haberfellner et al. 2012, S. 80

⁷⁴ Haberfellner et al. 2012, S. 80 - 81

Berücksichtigung der strategischen Gesamtausrichtung durch die Unternehmensleitung getroffen werden.

Insgesamt hat der Problemlösungszyklus seine größte Bedeutung in den Entwicklungsphasen, also Vor-, Haupt- und Detailstudien, da in dieser frühen Phase eine systematisch-methodische Vorgehensweise zur Lösung von auftretenden Problemen notwendig ist. In den späteren Phasen, Systembau und -einführung, wächst dagegen die Bedeutung von Routineprozessen und einer situationsbedingten Improvisation.⁷⁵

Dies lässt sich im übertragenden Sinne auch für die Entwicklungsprozesse der frühen Phase in Zusammenhang mit dem PQM feststellen. Hier ist es zwingend notwendig, systematisch-methodische Vorgehensweisen anzuwenden, um größtmögliche Stellhebel im Kernprozess (Anforderungs-, Architektur- und Konzeptentwicklung) zur Erreichung der Q-Ziele bewegen zu können. Eine improvisatorische Vorgehensweise würde hier aufgrund der hohen Anzahl Wechselwirkungen innerhalb einer noch nicht vollständig bekannten und festgelegten Produktstruktur vermutlich eher zu negativen Wirkungen hinsichtlich der definierten Q-Ziele führen. Somit stellt der Problemlösungszyklus einen wesentlichen Baustein im integrierten Ansatz zwischen SE und PQM für die frühe Phase der Entwicklung dar.

Nicht nur der Problemlösungszyklus als Ganzes hat in unterschiedlichen Phasen eine unterschiedliche Bedeutung, sondern auch die Schwerpunkte des Problemlösungszyklus an sich. Somit muss die Zielsuche (Situationsanalyse und Zielformulierung) in der Vorstudie aufgrund der grundsätzlichen Weichenstellungen besonders fokussiert werden. Diese Fokussierung kann dann für die Haupt- und Detailstudien abnehmen. Der Lösungssuche (Synthese und Analyse) ist in der Phase der Vor-, Haupt- und Detailstudie besondere Aufmerksamkeit zu schenken, da hier Architekturentscheidungen getroffen werden, die anschließend ausgestaltet werden. Aus demselben Grund ist die Auswahl (Bewertung und Entscheidung) für die frühen Phasen von besonderer Wichtigkeit. Hier kann wiederum auf die hohe Relevanz der präventiven Aktivitäten in der frühen Phase der Entwicklung zur Erreichung der Q-Ziele verwiesen werden (Kapitel 2.2.1).

4.2 SE-Problemlösungsprozess und PQM

Das Systemdenken und das SE-Vorgehensmodell bilden die Leitplanken für den SE-Problemlösungsprozess. Der SE-Problemlösungsprozess besteht aus den beiden zentralen Bausteinen Systemgestaltung und Projektmanagement, wobei die Systemgestaltung noch einmal in Architektur- und Konzeptgestaltung unterteilt wird. Der Problemlösungsprozess ist gewissermaßen die operationalisierte Anwendung des Systemdenkens und des grundsätzlichen SE-Vorgehensmodell auf die Lösung eines konkreten Problems. Dabei bildet die Systemgestaltung die inhaltliche Bearbeitung des Problems und das Projektmanagement die organisatorischen, lenkenden Aufgaben ab. Dieser Zusammenhang innerhalb des SE-Konzepts ist in Abb. 3.1 hervorgehoben.

In den folgenden Abschnitten werden die Charakteristika der Architektur-, Konzeptgestaltung und des Projektmanagements erläutert und wiederum mit den Aspekten und Beispielen des PQM in der frühen Phase der Entwicklung in Verbindung gebracht. Dies dient als Basis für die Ausarbeitung der zentralen Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität (Kapitel 5).

4.2.1 Systemgestaltung und präventive Qualitätsarbeit

Die Architektur- und Konzeptgestaltung bilden die wesentlichen Aufgaben im Kernprozess der frühen Phase der Entwicklung ab. Die Ergebnisse dieser Kernaufgaben sind somit richtungweisend für eine hohe Qualität des später realisierten technischen Produkts und damit wichtiger Bestandteil des PQM.

⁷⁵ Haberfellner et al. 2012, S. 86

Architekturgestaltung⁷⁶

Die Architektur eines Systems wird beschrieben als Allokation von Funktionen zu Elementen (inkl. definierten Schnittstellen zwischen den Elementen und zur Umwelt) innerhalb einer Struktur. Im Hinblick auf die Gestaltung von Systemen ist die Architektur somit eine Art Lösungsprinzip, das sich von anderen unterscheiden lässt und Vor- und Nachteile aufweist. Zweck der Architektur ist dabei die Erzeugung eines bestimmten Wertes. Der zentrale Ausgangspunkt der Architekturgestaltung ist dabei die funktionale Betrachtung, die den Zweck und den Wert des Systems festlegt bzw. erzeugt. Die Funktion ist dabei das, was das System tun soll, um die definierten Ziele zu erfüllen. Diese sollte zu Beginn der Gestaltung lösungsneutral erfasst werden. Über die Form der Architektur, die durch den Architekten aktiv gestaltet wird, wird dann die Realisierung der jeweiligen Funktion ermöglicht bzw. festgelegt. Ihre Funktion und die Form sollte dabei aus unterschiedlichen Perspektiven (z.B. geometrisch, funktional, informatorisch usw.) betrachtet werden.

Im Kontext des QM der frühen Phase muss somit bereits die Architektur und grundlegenden Funktionen des Produktes, und nicht erst das realisierte Produkt nach Start der Produktion, den Q-Anforderungen und -Zielen genügen. Dies kann, aufgrund der zu diesem Zeitpunkt im Entwicklungsprozess nur grob beschriebenen Produktsubstanz, lediglich auf einem relativ abstrakten Niveau geschehen. Hier sind hinsichtlich der Q-Ziele grundlegende Bewertungen der Garantie bzw. Gewährleistung, der kundenwahrgenommenen Qualität und der Langzeitqualität vorzunehmen. Dies kann z.B. in Form von ersten Q-Risikobewertungen zu kundenrelevanten und -wahrnehmbaren Funktionen (z.B. System- und Funktionsausfälle, Funktionsverfügbarkeiten), Abschätzungen zur grundlegenden Lebensdauer aufgrund von Funktionszusammenhängen (z.B. Funktions-Nutzungszyklen, Funktionsdauer) oder bekannten Wechselwirkungen mit der Umwelt (z.B. Temperaturschwankungen, Strahlungen, relative Feuchtigkeit) erfolgen. Diese ersten Q-Risikobewertungen sind dann in der Architektur- und Funktionsgestaltung durch den Architekten bzw. Projektmanager zu berücksichtigen und in der weiteren Konzeptgestaltung durch die jeweiligen Entwickler zu detaillieren, zu konkretisieren und ggf. mit Maßnahmen zur Q-Zielerreichung zu belegen.

Konzeptgestaltung⁷⁷

Ziel der Konzeptgestaltung ist es, die gewählte Architektur konkreter und detaillierter auszugestalten. Diese Konkretisierung und Detaillierung kann bis auf Subsystem- bzw. Systemelement-Ebene reichen. Bei der Ausgestaltung kann die Logik des beschriebenen Problemlösungszyklus (Kapitel 4.1.2) mit den Schwerpunkten Zielsuche (Wo stehen wir? Was wollen bzw. brauchen wir? Warum?), Lösungssuche (Welche Möglichkeiten gibt es?) und Auswahl (Welche ist die beste/ zweckmäßigste?) herangezogen werden. Diese Anwendung des Problemlösungszyklus mit den Teilschritten Situationsanalyse, Zielformulierung, Synthese und Analyse, Bewertung und Entscheidung ist in Abb. 4.6 zusammen mit dem Informationsfluss zwischen den jeweiligen Teilschritten dargestellt.

⁷⁶ Haberfellner et al. 2012, S. 183 - 186

⁷⁷ Haberfellner et al. 2012, S. 195 - 196

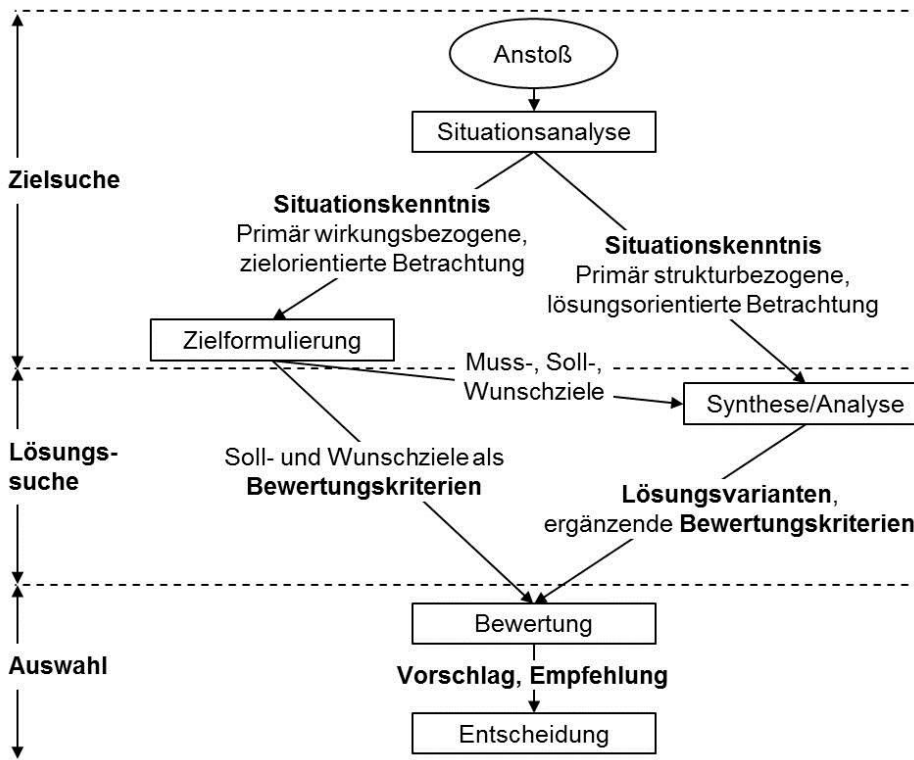


Abb. 4.6: Problemlösungszyklus inkl. Informationsfluss (nach Haberfellner et al.)

Die Teilschritte des Problemlösungszyklus werden im Folgenden im Kontext der Konzeptgestaltung konkretisiert und mit den Aspekten und Beispielen des QM in der frühen Phase der Entwicklung in Verbindung gebracht. Dabei werden nur die Inhalte der Teilschritte konkretisiert, die nicht schon im SE-Vorgehensmodell innerhalb des Problemlösungszyklus als Mikro-Logik (Kapitel 4.1.2) behandelt wurden.

Die *Situationsanalyse*⁷⁸ kann innerhalb der Konzeptgestaltung grundsätzlich als systemorientierter Arbeitsschritt im Zusammenhang mit der Analyse des Problemfeldes beschrieben werden. Dabei sind zum einen das System bzw. Systemteile und seine Umgebung bzw. Teile der Umgebung herauszuarbeiten, aufbauorientiert zu betrachten und ein Strukturmodell zu erarbeiten (nicht relevante Bereiche werden hier abgegrenzt). Zum anderen kommt in diesem systemorientierten Arbeitsschritt ergänzend die funktionsorientierte Betrachtungsweise zum Tragen. Dabei können die Blackbox-Betrachtung, Betrachtung von Prozessstrukturen (ablauforientiert), Festlegung von Elementeigenschaften, Ermittlung von Einflussgrößen, Erarbeitung von Funktionsmodellen und Identifikation von Wechselwirkungen zwischen System und Umgebung zum Einsatz kommen.

Insbesondere die funktionsorientierte Betrachtungsweise, bei der Wechselwirkungen des Systems mit der Umgebung oder auch die Wechselwirkungen zwischen einzelnen Elementen des Systems im Fokus sind, hat eine hohe Relevanz zur Erreichung der Q-Ziele. Mit Hilfe dieser Betrachtungsweise können Risiken identifiziert werden, die später zu Funktionsausfällen im System bzw. Teilsystem führen können. Diese potentiellen Funktionsausfälle haben dann wiederum eine negative Auswirkung auf die Erreichung der Q-Ziele innerhalb der Felder Garantie bzw. Gewährleistung, kundenwahrgenommene Qualität und Langzeitqualität. Die wesentliche Herausforderung ist dabei die zunehmende Komplexität des Produkts, der Prozesse und Anzahl der Funktionen der Produkte (Abb. 1.1), die die Analyse solcher Risiken enorm erschwert.

⁷⁸ Haberfellner et al. 2012, S. 199, 206 - 207

Bei der Analyse eines solchen Problem- bzw. Risikofeldes sind im Wesentlichen drei Bereiche zu betrachten:

- Der Eingriffsbereich ist dabei der Bereich, innerhalb dessen sinnvolle Eingriffsmöglichkeiten zur Lösung des Problems identifiziert werden können.
- Der Lösungsbereich, in dem die Konzeption bzw. die Festlegung der konkreten Lösung erfolgt, ist gegenüber dem Eingriffsbereich, in dem noch mehrere Lösungen möglich sind, enger abgegrenzt.
- Im Wirkungsbereich sind die Auswirkungen der implementierten Lösung zu erwarten. Dieser kann wiederum größer als der festgelegte Lösungsbereich sein. Wenn im Wirkungsbereich negative Auswirkungen zu erwarten sind, muss das betrachtete Problemfeld ggf. neu abgegrenzt werden.

Im Rahmen der PQA wird heute oft der Lösungsbereich und ggf. noch der Eingriffsbereich und die darin naheliegenden, schnell umsetzbaren Lösungen fokussiert, d.h. die im SE-Konzept empfohlene Trennung zwischen Zielsuche und Lösungssuche findet zeitlich-inhaltlich fast parallel statt. Dies ist in vielen Fällen dem Zeitdruck bzw. der Forderung des Managements nach schnellen Lösungen geschuldet, die jedoch einer nachhaltigen Lösung eines Risikos bzw. Problems und somit der Erreichung des bestmöglichen Optimums zwischen allen Q-Zielen entgegenwirkt. Hier muss vielmehr der Wirkungsbereich in den Vordergrund gerückt werden, in dem die negativen Auswirkungen von Wechselwirkungen und Vernetzung innerhalb des Systems inkl. Umfeld zu analysieren sind. Neben den allgemeinen negativen Auswirkungen müssen im Kontext des Optimums zwischen den Q-Zielen hier auch die Beziehungen und Konflikte zwischen den einzelnen Zielen betrachtet werden.

Der Problemlösungszyklus ist entsprechend dem SE-Vorgehensprinzip „Vom Groben zum Detail“ (Kapitel 4.1.2) auf verschiedenen Konkretisierungsebenen zu durchlaufen. Aufgrund dessen müssen die Ziele ebenfalls auf unterschiedlichen Ebenen formuliert werden. Dazu sind die Ziele für Subsysteme aus den Zielen des Systems und die Ziele von Systemelementen aus den Subsystemen abzuleiten. Dabei muss eine operationale *Zielformulierung*⁷⁹, die verständlich und deren Erreichung feststellbar ist, folgende Fragestellungen beantworten:

- Woran ist das Ziel gebunden? Welches Objekt soll verändert bzw. gestaltet und mit einem Ziel belegt werden?
- Was soll erreicht bzw. vermieden werden? Was sind die Zielinhalte bzw. -eigenschaften?
- Wie viel soll erreicht werden? Kann etwas über das Ausmaß der Erreichung ausgesagt werden?
- Bis wann soll etwas erreicht werden?
- Wo soll die Wirkung auftreten bzw. erkennbar sein?

Im Kontext des QM und der Q-Ziele sollten für eine operationale Zielformulierung die o.g. Fragestellungen wie folgt beantwortet werden:

- Die Q-Ziele sind zunächst an das Gesamtsystem bzw. -produkt gebunden. Von dort aus werden die Q-Ziele auf die Strukturelemente der nächst tiefer liegenden Systemhierarchie-Ebene heruntergebrochen. Dieses zu wiederholende Vorgehen (Abb. 4.2) sollte über die jeweilige System- bzw. Produktstruktur bis zu jener Systemhierarchie-Ebene geschehen, auf der das Q-Ziel noch steuerbar ist. Die System- bzw. Produktstruktur kann dabei physisch-geometrisch, funktional sein und/oder auch an der Aufbauorganisation orientiert werden. Somit sind die Q-Ziele auf jeder Systemhierarchie-Ebene verankert und steuerbar.

⁷⁹ Haberfellner et al. 2012, S. 221 - 222

- Allgemein soll Qualität erreicht bzw. Nicht-Qualität vermieden werden. Die Q-Ziele sind dabei in die drei Zielfelder Garantie bzw. Gewährleistung, kundenwahrgenommene Qualität und Langzeitqualität aufgeteilt. Diese wiederum können in unterschiedliche Q-Ziele detailliert werden, die wiederum quantitativ belegt und somit messbar sind.
- Das Ausmaß einer Zielerreichung kann über einen Vertrauensbereich oder eine Ampelschaltung dargestellt werden. Wenn das Ziel z.B. bei 6 Funktionsausfällen liegt, dann kann der Vertrauensbereich zwischen 6 und 8 Fehlern liegen. Die Ampel zeigt also grün bei „weniger als 7 Fehlern“, gelb bei „weniger als 9 und mehr als 6 Fehlern“ und rot „bei mehr als 8 Fehlern“. In jedem Fall sollte das Q-Ziel quantitativ messbar sein.
- Der Zeitpunkt der Zielerreichung kann je nach Betrachtungsumfang und Q-Ziel sehr unterschiedlich sein. Hier sind in z.B. folgende Varianten möglich: Zielerreichung am Ende des Projekts, beim Start der Produktion, am Ende des Kalenderjahres oder auch eine „Anflugkurve“ auf ein Ziel, d.h. das Ziel wird über mehrere Jahre angespannt, bis ab Jahr x das Ziel festgesetzt ist und für die Folgejahre unverändert bleibt.
- Die Wirkungsmessung kann dabei beispielsweise an einem Prototyp, am erstproduzierten Produkt, an den ersten 1000 produzierten Produkten oder an der gesamten Produktpalette vorgenommen werden. Diese Festlegungen müssen für sämtliche Q-Ziele beim Start des Entwicklungsprojektes getätigt werden, um notwendige Wirkungsmessungen inkl. benötigter Mittel und Ressourcen frühzeitig planen und vorbereiten zu können.

Ziele setzen sich aus einer Kombination von Fakten (objektiv) und deren Wertung (subjektiv) zusammen. Fakten beziehen sich dabei auf die Ergebnisse der Situationsanalyse, die als Anhaltspunkte aber noch nicht als Ziele zu verstehen sind. Neben diesen Fakten muss festgelegt werden, in wie weit die derzeitige Situation verändert werden soll und welche der Möglichkeiten (z.B. Zeit, finanzielle Mittel) in welchem Maß ausgeschöpft werden. Diese Entscheidungen sind stark wertbehaftet und somit subjektiv. Der Prozess der Zielformulierung ist in Abb. 4.7 dargestellt.

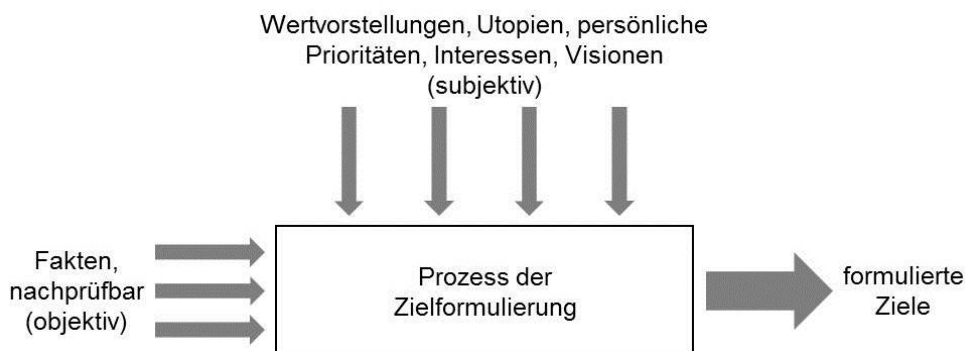


Abb. 4.7: Orientierung von Zielen an Faktoren (objektivierbar) und Wertvorstellungen (subjektiv) (nach Haberfellner et al.)⁸⁰

Im Rahmen der Q-Ziele wurden die objektiven Aspekte bereits erläutert (Beantwortung Fragestellungen zur operationalisierten Zielformulierung). Für die in Abb. 4.7 aufgeführten subjektiven Aspekte der Zielformulierung spielt insbesondere die Q-Kultur im Unternehmen eine zentrale Rolle. Die Q-Kultur innerhalb der Unternehmensführung beeinflusst zum einen die Festlegung der Vision bzw. der strategischen Unternehmensausrichtung zum Thema Qualität. Zum anderen beeinflusst die Q-Kultur, die sich im Idealfall in der strategischen Ausrichtung widerspiegelt, in hohem Maße sowohl die Wertvorstellungen und Interessen der Führungskräfte und Mitarbeiter als auch die persönlichen Prioritäten der Entscheider. Dieser Zweiklang ist eine notwendige Voraussetzung dafür, dass die Q-Ziele zunächst operationalisiert formuliert und dann auch verfolgt und erreicht werden können.

⁸⁰ Haberfellner et al. 2012, S. 227

Die jeweiligen formulierten Ziele können in unterschiedlicher Beziehung zueinander stehen. Die vier Beziehungsarten sind im Folgenden aufgeführt:⁸¹

- Beziehung 1, Unterstützung: Erreichung des Ziels X unterstützt die Erreichung des Ziels Y.
- Beziehung 2, Unabhängigkeit (Indifferenz): Erreichung des Ziels X ist unabhängig von der Erreichung des Ziels Y.
- Beziehung 3, Zielkonkurrenz (Gegenläufigkeit): Ziel X und Ziel Y beeinflussen sich gegenseitig negativ. Je mehr X erreicht wird, umso weniger wird Y erreicht.
- Beziehung 4, Zielkonflikt (Widerspruch): Ziel X und Ziel Y stehen grundsätzlich oder in Bezug auf die aktuelle Situation derart im Widerspruch zueinander, dass sie nicht gleichzeitig bzw. nebeneinander existieren können.

In Kontext des QM und hinsichtlich der Q-Zielfelder Garantie bzw. Gewährleistung, kundenwahrgenommene Qualität und Langzeitqualität (Kapitel □) sind zusätzlich zu den beschriebenen Beziehungen drei wesentliche Konstellationen zu berücksichtigen:

- Konstellation A: Beziehungen zwischen Q-Zielen innerhalb eines der drei Q-Zielfelder
- Konstellation B: Beziehungen zwischen den Q-Zielen unterschiedlicher Q-Zielfelder
- Konstellation C: Beziehungen zwischen Q-Zielen und anderen Produkt-Zielen (z.B. Kosten, Verbrauch, Gewicht usw.)

Diese drei unterschiedlichen Konstellationen sind in Abb. 4.8 beispielhaft verdeutlicht.

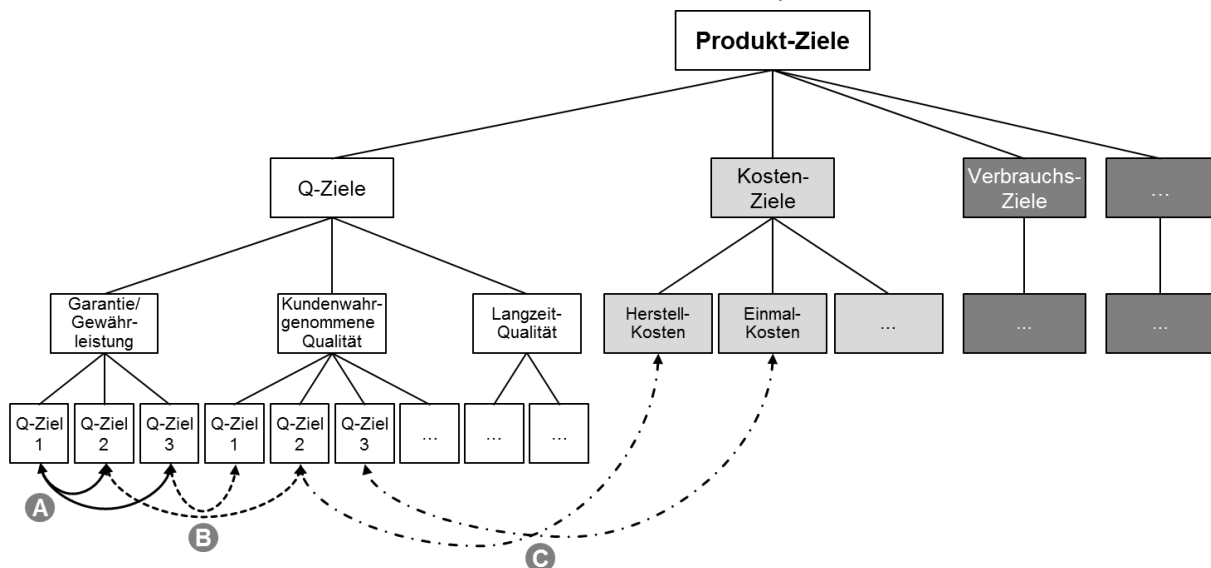


Abb. 4.8: Konstellationen zwischen Q-Zielen und weiteren Produkt-Zielen

Grundsätzlich sollte ein Zielsystem inkl. des Zusammenspiels der vier Ziel-Beziehungen und der drei Konstellationen geklärt und vereinbart werden. Dabei sollte folgender Zustand des Zielsystems erreicht werden:

- Die Zielunterstützung (1) und/oder die Zielunabhängigkeit (2) innerhalb der einzelnen Q-Zielfelder (A) und zwischen den Q-Zielfeldern (B) sollte sichergestellt werden, um eine inkonsistente, gegenläufige und widersprüchliche Q-Lenkung zu vermeiden.
- Neben den Möglichkeiten der Zielunterstützung (1) und/oder der Zielunabhängigkeit (2) zwischen den Q-Zielen und weiteren Produktzielen (C) kann eine Ziel-Konkurrenz (3) eingestellt werden. Diese Zielkonkurrenz ist durch den Projektmanager im Entwicklungsverlauf auszutarieren, um das Optimum zwischen Q-Zielen und den übrigen Produktzielen zu erreichen.

⁸¹ Haberfellner et al. 2012, S. 231

- Ein Zielkonflikt (4) sollte zu Beginn des Entwicklungsprojekts für alle drei Konstellationen über das Zielsystem ausgeschlossen werden. Falls bereits zu Projektbeginn ein Zielkonflikt erkennbar ist, so ist die Ursache meist ein überbestimmtes Zielsystem (der Umgang mit einem Zielkonflikt wird im nachfolgend beschrieben).

Der beschriebene anzustrebende Zustand des Zielsystems ist in Abb. 4.9 schematisch dargestellt.

Beziehungen Konstellationen	(1) Unterstützung	(2) Unabhängigkeit	(3) Zielkonkurrenz	(4) Zielkonflikt
(A) zw. Q-Zielen innerhalb Q-Zielfeld	x	x	-	-
(B) zw. Q-Zielen unter- schiedl. Q-Zielfelder	x	x	-	-
(C) zw. Q-Zielen und weiteren Produktzielen	x	x	x	-

Abb. 4.9: Anzustrebender Zustand des Zielsystems

Für die Bewältigung einer Zielkonkurrenz, die bereits im Zielsystem enthalten sein kann, oder eines Ziel-Konflikts, der z.B. im Verlauf eines Entwicklungsprojekts situativ auftreten kann, sind grundsätzlich drei Strategien möglich:⁸²

- Strategie I, Prioritätensetzung: Definition bzw. Änderung von Muss-, Soll- und Wunschzielen.
- Strategie II, Festlegung von Mindest- oder Höchstwerten: Innerhalb eines Mindestwerts von Ziel A muss ein Höchstwert von Ziel B oder umgekehrt erreicht werden (z.B. das Gewicht X des Produktes muss mit Reduzierungsmaßnahmen mindestens erreicht werden, deren Gesamtkosten Y jedoch nicht übersteigen dürfen)
- Strategie III, Entfernen bzw. Umgehen von Konflikten (wenn keine Kompromisse durch Prioritätensetzung oder Festlegung von Mindest- bzw. Höchstwerte erzielt werden können): Zum einen die Lösung des Konfliktes auf der nächsthöheren Ebene (Ziel-Mittel-Denken), in dem der Nutzen des Ziels hinterfragt bzw. überdacht wird. Zum anderen die Eliminierung eines der Konfliktverursacher, also eines der Ziele.

Die Anwendung dieser Strategien im PQM der frühen Phase hinsichtlich der Q-Zielerreichung hängt stark vom betrachteten System bzw. Produkt selbst und vom jeweiligen Konkretisierungsgrad ab. Somit sind die Ergebnisse der vorangegangenen Situationsanalyse von signifikanter Wichtigkeit zur Auswahl der Lösungs-Strategie.

Die *Synthese und Analyse*⁸³ sind zum einen der kreativ-konstruktive Schritt, in dem mögliche Lösungskonzepte erarbeitet und gestaltet werden, und zum anderen der analytisch-destruktive Schritt, bei dem die jeweiligen erarbeiteten Lösungskonzepte hinsichtlich der Anforderungen kritisch geprüft und ggf. verbessert oder auch verworfen werden.

Im Hinblick auf die Q-Zielerreichung ist in diesem Schritt die Auswirkung hinsichtlich eines der Q-Ziele von besonderer Bedeutung. Wenn mit dem jeweils erarbeiteten Lösungskonzept das definierte Q-Ziel nicht erreicht werden kann, muss konsequent entweder eine Iterationsschleife zur Überarbeitung des Konzepts durchgeführt oder das Konzept komplett verworfen werden. Die Entscheidung für die Iteration oder gegen das Lösungskonzept ist dabei der zentrale Punkt, da über diese Weichenstellung die in Bezug auf die Q-Zielerreichung besten Lösungskonzepte herausgearbeitet und für die

⁸² Haberfellner et al. 2012, S. 232

⁸³ Haberfellner et al. 2012, S. 238, 241, 252 - 257

Bewertung und nachfolgende Entscheidung zugelassen werden. Im Vorgehen zur Synthese bzw. Analyse innerhalb der Konzeptgestaltung kommt insbesondere das Prinzip der Variantenbildung (Kapitel 4.1.2) zu Einsatz, um sich einen möglichst umfassenden Überblick über die Lösungsmöglichkeiten zu verschaffen, die auf der jeweiligen Konkretisierungsebene denkbar sind (z.B. funktionale, naturwissenschaftliche-technische oder strukturelle Lösungen). D.h. hinsichtlich der Q-Zielerreichung sind alle denkbaren Lösungsalternativen zu entwickeln und kritisch zu prüfen. Dazu ist es innerhalb des Projektteams wichtig, die unterschiedlichen Sichten aus Entwicklung, Einkauf, Produktion und Vertrieb einzubinden und zu berücksichtigen. So kann es z.B. sein, dass ein Q-Ziel aus konstruktiver Sicht mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nicht erreichbar ist, es jedoch Lösungsalternativen über Wartungs- oder Servicemaßnahmen gibt, die einen wesentlich geringeren Mitteleinsatz erfordern. Der fünfte Schritt, die „systematische Analyse der Lösungsvorschläge“, ist sozusagen einen Filter innerhalb des Vorgehens der Synthese bzw. Analyse. Das jeweilige Lösungskonzept sollte bei diesem Schritt hinsichtlich der folgenden Aspekte systematisch analysiert werden:

- Formale Aspekte: Beurteilbarkeit, Erfüllung der Mussziele
- Integrierbarkeit: wirkungsbezogene Betrachtung, Blick nach außen
- Funktionen und Abläufe: Blick nach innen
- Betriebsfähigkeit: Benutzer-, Bedienungs-, Wartungsfreundlichkeit, Sicherheit und Zuverlässigkeit
- Voraussetzungen und Bedingungen
- Konsequenzen

Die Betrachtung der o.g. Funktionen und Abläufe, Konsequenzen und Musszielerfüllung wird hier noch einmal näher in den Fokus gerückt. Die formalen Aspekte, der phasenabhängige Konkretisierungsgrad, die Integrierbarkeit der Lösung, die Erkennbarkeit der Funktionsweise, die Betriebsfähigkeit und die Beurteilbarkeit der Lösung wurden im Zusammenhang mit dem PQM der frühen Phase bereits erläutert (Kapitel 4.1.2, Problemlösungszyklus als Mikro Logik, Teilschritt Analyse).

Bei der Betrachtung der Funktionen und Abläufe eines Lösungskonzeptes steht die Umwandlung eines Inputs in einen Output im Vordergrund. Um ein Lösungskonzept hinsichtlich der Funktion systematisch zu analysieren, kann es deshalb hilfreich sein eine vollständige Input-Output-Liste zu erstellen. Über diese kann eine detaillierte Mengenbilanz dargestellt und Diskrepanzen identifizieren werden. Wenn nämlich ein Output existiert, der aus keinem Input resultiert oder ein Input, der keinen Output zur Folge hat, so kann davon ausgegangen werden, dass das gestaltete Lösungskonzept nicht ausreichend durchdacht ist. Hier müssen die Funktionszusammenhänge dann neu/zusätzlich geplant oder geändert werden, um eine konsistente Systemfunktion sicherzustellen. Insbesondere im Kontext der Entwicklung komplexer technischer Produkte bzw. Bearbeitung komplexer Problemstellungen ist diese Analyseverfahrensweise sinnvoll. Diese Vorgehensweise kann auch für die Ableitung von Anforderungen und die Sicherstellung der Durchgängigkeit genutzt werden. Wenn z.B. in der frühen Phase Anforderungen seitens des Kunden existieren (Input), zu denen keine internen Anforderungen an das System abgeleitet wurden (Output), so kann hier bereits ein Risiko identifiziert werden. Derselbe Sachverhalt gilt bei erarbeiteten Lösungskonzepten für Subsysteme. Wenn hier Lösungskonzepte erarbeitet wurden (Output), die auf keine internen Anforderungen zurückzuführen sind (Input), so kann in den meisten Fällen von klassischem „Over-Engineering“ ausgegangen werden.

Bei der Analyse der Konsequenzen werden systematische und methodisch unterstützte Risikoanalysen notwendig (Kapitel 2.2.1, z.B. Produkt- und Prozess-FMEA), da die zu betrachtenden Produkte und Prozesse immer komplexer werden und das Risiko der Verfehlung der Projektziele

enorm steigt. Hier sind Fragestellungen in Richtung des möglichen Schadens aus Nicht-Erfüllung von Spezifikationen, Nicht-Funktionsfähigkeit und nicht zeitgerechter Funktions-Verfügbarkeit zu klären. Des Weiteren sind Fragen hinsichtlich der frühzeitigen Identifikation dieser Punkte oder möglicher Indikatoren im Rahmen des Projektes zu stellen. Diese anzuwendenden Risikoanalyse-Methoden sollten nach Möglichkeit innerhalb des Entwicklungsprojekts zentral geplant, gesteuert und koordiniert werden. Eine rein punktuelle Durchführung dieser Analysen für unterschiedliche Produktumfänge kann dazu führen, dass die Einzelrisiken bzw. -ergebnisse nicht vernetzt, aggregiert und auf Gesamtsystem-Ebene betrachtet werden. Ein wesentlicher Schwachpunkt der punktuellen Durchführung und Betrachtung ist, dass gering bewertete Einzelrisiken nicht als kritisch gesehen werden, obwohl die Vernetzung dieser Risiken ein erhebliches Gesamtrisiko für das Entwicklungsprojekt darstellt. Somit werden die Vermeidungsmaßnahmen ebenfalls nur punktuell für jedes Einzel-Risiko abgeleitet, ohne dass die Wechselwirkungen zwischen den Maßnahmen berücksichtigt werden. Dies kann wiederum zu neuen Risiken und einer möglichen Q-Zielverfehlung im Gesamtsystem-Kontext führen.

Bei der Betrachtung der Ziele innerhalb der Synthese wird oft unbewusst bzw. willkürlich eine Auswahl unter den unterschiedlichen Zielen getroffen, was im Wesentlichen vom Umfang bzw. Komplexität des Zielsystems abhängt. So sollte man sich bei der Lösungssuche geordnet auf einige wenige Ziele fokussieren. Hier bietet sich an, erst die Mussziele heranzuziehen und das grobe Lösungskonzept zu erarbeiten, um dann die restlichen weniger wichtigen Ziele in den einzelnen Lösungselementen zu berücksichtigen bzw. einzuarbeiten. Im Sinne des PQM sollten alle Q-Ziele als Muss-Ziele verstanden werden (Kapitel 4.1.2, Problemlösungszyklus als Mikro Logik, Teilschritt Zielformulierung). Wenn es sich jedoch um sehr viele unterschiedliche Q-Ziele und weitere Produkt-Ziele handelt, muss eine Priorisierung vorgenommen werden. Um sich einen Überblick über alle Ziele bzw. das Zielsystem zu verschaffen und weitere Mussziele für die Fokussierung der Synthese auszuwählen, kann es hilfreich sein, sich die unterschiedlichen Konstellationen im Zielsystem bewusst zu machen (Abb. 4.8) und die Beziehungen der einzelnen Ziele zueinander zu identifizieren (Abb. 4.9). Diese Vorgehensweise ermöglicht eine pragmatische Strukturierung und Filterung bzw. Priorisierung der Ziele für die Synthese.

Der Schritt der *Bewertung*⁸⁴ dient der Vorbereitung der zu treffenden Entscheidung für ein Lösungskonzept. Dazu müssen drei Bedingungen erfüllt sein:

- Vorlage von unterscheidbaren Lösungsvarianten, zwischen denen gewählt werden kann.
- Festgelegte Bewertungskriterien für die Lösungsvarianten, die sowohl die wesentlichen Eigenschaften und Wirkungen adressieren als auch die Konsequenzen der Auswahl berücksichtigen.
- Vorhandensein der Kompetenz, um die Lösungsvarianten hinsichtlich der Erfüllung der Kriterien bewerten zu können.

Dabei sind als Bewertungs- und Wirksamkeitskriterien insbesondere die operativ formulierten Soll- und Wunschziele geeignet. Diese sollten um Zusatzkriterien ergänzt werden, die sich aus den Ergebnissen und Erkenntnissen der zuvor durchlaufenen Synthese bzw. Analyse der Lösungskonzepte ergeben haben.

Als Bewertungskriterien kommen im Kontext des PQM in der frühen Phase der Entwicklung insbesondere die definierten Q-Ziele zum Einsatz. So muss jede Lösungsvariante hinsichtlich der Q-Zielerreichung bewertet werden. Darüber hinaus müssen die Lösungsvarianten bzgl. der weiteren Produktziele, z.B. Herstellkosten, Wartungskosten, Gewicht, Energie- bzw. Treibstoff-Verbrauch, Schadstoff- bzw. CO₂-Ausstoß, Bedienfreundlichkeit (Kapitel □), bewertet werden. Neben den

⁸⁴ Haberfellner et al. 2012, S. 263 - 264, 272, 275 - 276

konkreten Bewertungskriterien muss bei der bewertenden Person bzw. im Team die Kompetenz vorhanden sein, die definierten Q-Ziele deuten zu können. So gibt es z.B. bei einigen Automobilherstellern bis zu acht Q-Ziele, die sich grundlegend von ihrer Erhebungsmethodik (z.B. Messgrößen aus der Handelsorganisation, unternehmensinterne Messgrößen, externe Studien, Kundenbefragungen, vom Gesetzgeber erhobenen Daten), vom Erhebungszeitraum (z.B. bis zwei Jahre nach Produktion, bis 4 Jahre nach Produktion, zwischen Produktion und Auslieferung) oder von der Messgröße (z.B. Anzahl Fehler, Fehlerkosten, Reparaturkosten usw.) unterscheiden. Über die Q-Kompetenz hinaus sollte die Kompetenz der monetären Bewertung vorhanden sein. Hier muss das Wissen zu unterschiedlichen Kostenarten (z.B. Investitionskosten, Herstellkosten, Gewährleistungskosten) in ausreichendem Maß vorliegen. Hier empfiehlt es sich, ein kompetentes Team zusammenzustellen, das die unterschiedlichen Produktziele ebenso gut wie das Produkt und die technische Produktsubstanz kennt. Neben den festgelegten Muss-, Soll- und Wunschzielen sollten weitere Kriterien hinsichtlich der grundlegenden Funktionszusammenhänge, Wechselwirkungen im System bzw. Produkt zur Bewertung herangezogen und bewertet werden.

Zur Bewertung kann beispielsweise die Nutzwert-Analyse herangezogen werden, bei der die Lösungsvarianten hinsichtlich unterschiedlicher Wirksamkeitskriterien gewichtet bewertet, die Bewertungen aufsummiert und gegenüber gestellt werden. Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse setzt auf dieser Methodik auf, wobei die Kostenkriterien erst separat von den übrigen Wirksamkeitskriterien betrachtet und dann durch eine Division mit den Wirksamkeitskriterien ins Verhältnis gesetzt werden. Bei Anwendung dieser Methodik erhält man einen Index, der das Kosten-Wirksamkeitsverhältnis ausdrückt. Beide Methoden stellen den Business Case der einzelnen Lösungsvarianten dar und ermöglichen so eine weitgehend objektive Bewertung. Im Rahmen des PQM ist die zusätzliche Kostenbetrachtung von sehr großer Bedeutung. Hintergrund ist die Beziehung zwischen Q-Zielen und Kostenzielen, die in den meisten Fällen eine Zielkonkurrenz darstellt. Dies resultiert meist daraus, dass eine Verbesserung der Qualität mit z.B. robusterer Auslegung, besseren Materialien, intensiverer Erprobung und den daraus resultierenden Kosten einhergeht. Umgangssprachlich könnte man sagen: „Hohe Qualität kostet Geld“.

Ein systematisches Vorgehen zur Bewertung von Lösungsalternativen wird im Kontext des PQM der frühen Phase der Entwicklung meist nur sehr selten konsequent eingesetzt. Die Nicht-Anwendung ist dabei in vielen Fällen dem Zeit- und Managementdruck zur möglichst schnellen Maßnahmenumsetzung oder den nicht ausreichenden Kompetenzen bzw. Methodenwissen im Bewertungsteam geschuldet. Dies kann dazu führen, dass später die nächstliegende und nicht die für die Situation beste Lösung umgesetzt wird (Kapitel 4.1.2, Prinzip der Variantenbildung).

Beim Durchlaufen des beschriebenen Bewertungsprozesses kann das Einbeziehen von einem oder mehreren Vertretern des späteren Entscheidungsgremiums aus folgenden Gründen von Vorteil sein:

- Gemeinsames Verständnis zum Zweck der Lösung durch die Auswahl und Bedeutung (Gewichtung) der Kriterien im Kontext des Gesamt-Systems.
- Vertiefte Auseinandersetzung mit den Eigenschaften bzw. Wirkungen der einzelnen Lösungsvarianten.
- Involvierung im Entscheidungsprozess durch Transparenz zu Kriterien-Bewertungen der einzelnen Lösungsvarianten.
- Tragfähigkeit des Gesamt-Ergebnisses durch gemeinsame aktive Erarbeitung im Gegensatz zu einer passiven Zustimmung bzw. zur Kenntnisnahme.

Durch das Einbeziehen kann also das Risiko einer Nicht-Entscheidung und der Beauftragung von zusätzlichen Bearbeitungs- und Iterationsschleifen inkl. des resultierenden Aufwands für das Projektteam vermieden werden. Das Einbeziehen des Entscheiders im Bewertungsprozess stellt somit

eine Chance dar, den nachfolgenden Entscheidungsprozess möglichst effektiv und effizient zu gestalten.

Insgesamt sollten auch die Lösungen, mit denen man sich intensiv beschäftigt hat, die jedoch aufgrund der systematischen Bewertung nicht ausgewählt wurden, sorgfältig und konsequent dokumentiert werden. So wird sichergestellt, dass diese im Nachhinein nicht wieder in die Diskussion mit aufgenommen werden, obwohl sich an der Zielsetzung, den Rahmenbedingungen und Kriterien nichts ändert.⁸⁵ Des Weiteren bietet sich über die systematische Dokumentation solcher Lösungen die Möglichkeit, eine Wissensbasis aufzubauen. Auf diese Wissensbasis kann bei Nachfolgeprojekten und ähnlichen Projekten zugegriffen werden und durch Anreichern der dokumentierten nicht-ausgewählten Lösungskonzepte mit den Ergebnissen der neuen Situationsanalyse und Zielformulierung sehr schnell neue Lösungsvarianten generiert werden. Dieses Vorgehen kann dann den Aufwand innerhalb der Synthese bzw. Analyse erheblich reduzieren.

Bei diesem Schritt geht es darum, sich für eine der bewerteten Lösungsvarianten zu entscheiden, um diese dann weiter auszuarbeiten und zu realisieren. Grundlage für die *Entscheidung*⁸⁶ bilden die in den vorherigen Schritten systematisch erarbeiteten Ergebnisse. Wenn die Schritte sorgfältig durchlaufen wurden und dem Entscheider alle relevanten Informationen verständlich vorliegen, kann dieser eine Entscheidung treffen. Dieser Schritt fällt dem jeweiligen Entscheider umso leichter, je mehr dieser im vorhergegangenen Bewertungsprozess oder sogar in der Lösungssuche involviert war. So hatte er bereits die Möglichkeit sich im Vorfeld mit der Problemstellung auseinanderzusetzen und seine subjektiven Wertvorstellungen, Ansichten und Erwartungshaltungen in den Lösungs- und Bewertungsprozess einfließen zu lassen. Falls der Entscheider im Bewertungsprozess nicht eingebunden wurde und die ihm vorgelegten Informationen nicht oder nur schwer verständlich sind, steigt das Risiko einer schlechten Entscheidung. D.h. die Entscheidung kann im Rahmen der definierten Ziele negative Konsequenzen bzw. Auswirkungen nach sich ziehen, die zum Entscheidungszeitpunkt nicht transparent waren. Des Weiteren steigt das Risiko, dass der Entscheider unter diesen Rahmenbedingungen keine Entscheidung treffen kann. Dieser kann dann eine Wiedervorlage beauftragen, die dann wiederum zusätzliche Aufwände im Projektteam erfordert. Somit ist dieser Schritt über die vorhergehenden Schritte sorgfältig vorzubereiten, um Iterationsschleifen zu verhindern und Ressourcen zu schonen.

4.2.2 Projektmanagement als Bestandteil des PQM

Im Rahmen der Systemgestaltung innerhalb des SE-Konzepts wird das Projektmanagement⁸⁷ als Überbegriff für alle planenden, überwachenden, koordinierenden und steuernden Maßnahmen verstanden, die bei der Um- und Neugestaltung von Systemen erforderlich sind.

Im Rahmen des PQM der frühen Phase umfasst das Projektmanagement insbesondere die überwachenden und lenkenden Aktivitäten zur Erreichung der festgelegten Q-Ziele. Darüber hinaus muss über die planenden Aktivitäten die zeit- und hinsichtlich Qualität reifegerechte Bereitstellung von Entwicklungsergebnissen aus dem Projekt sichergestellt werden. D.h. in der Entwicklungsplanung müssen über alle relevanten Meilensteine die zeitlichen und inhaltlichen Aspekte in dem Maße berücksichtigt werden, so dass ein System bzw. Produkt realisiert werden kann, welches den festgelegten Q-Zielen genügt. Dies schließt die Planung der dafür notwendigen Ressourcen, bzw. Kapazitäten und Kompetenzen mit ein. Auf die Details dieser Planung und Steuerung wird bei der Ausarbeitung der Elemente der Prävention (Kapitel 5) eingegangen.

⁸⁵ Haberfellner et al. 2012, S. 289

⁸⁶ Haberfellner et al. 2012, S. 289 - 290

⁸⁷ Haberfellner et al. 2012, S. 167

4.3 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich alle Elemente des SE-Konzepts in Form der Prinzipien des SE und deren Anwendung in der Konzept- und Architekturgestaltung mit den Spezifika des PQM in der frühen Phase der Entwicklung in Zusammenhang bringen lassen. Insbesondere das Systemdenken, die SE-Prinzipien und die SE-Vorgehensmodelle spiegeln sich im PQM wieder und geben diesem eine zusätzliche Perspektive und Struktur. Somit kann die innerhalb der Zielsetzung dieser Arbeit formulierte Forschungsfrage 1 „Lässt sich das PQM in der frühen Phase der Produktentwicklung mit der Methodik des Systems Engineering nutzenbringend verzahnen?“ (Kapitel 1.2) grundsätzlich mit einem „Ja“ beantwortet werden.

Die integrierten Teil-Ansätze des PQM und des SE sind jedoch noch nicht ausreichend operationalisiert und beschrieben, um diese konkret und systematisch auf eine Problemstellung im Unternehmen anwenden zu können. Darüber hinaus wurden in diesem Kapitel die Teil-Ansätze des PQM und des SE größtenteils losgelöst voneinander betrachtet, um die Komplexität im ersten Schritt auf einem handhabbaren Niveau zu belassen. Aus diesem Grund werden in den nächsten Kapiteln zunächst die Teil-Ansätze aus PQM und SE beschrieben. Im Anschluss werden diese Elemente miteinander vernetzt und das integrierte Modell zur Prävention von Nicht-Qualität entwickelt. Das Modell bildet dann den integrierten Ansatz aus PQM und SE in der frühen Phase der Entwicklung zur Reduzierung der Nicht-Qualität.

5 Zentrale Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Produktentwicklung

Die im vorhergehenden Kapitel grundsätzlich beschriebenen Teil-Ansätze aus den Prinzipien des SE-Konzepts und dem PQM der frühen Phase werden in diesem Kapitel als Basis genutzt, um die Elemente der Prävention herauszuarbeiten und operationalisiert zu beschreiben. Die Umsetzung dieser Elemente soll der Schlüssel zur nachhaltigen Reduzierung der Nicht-Qualität sein. Die Elemente werden dabei so beschrieben, dass sie zum einen initial im Unternehmen aufgesetzt und implementiert werden und zum anderen kontinuierlich bzw. regelmäßig zur Anwendung kommen können.

Dazu wird zunächst die Herleitung der Elemente auf Basis von Praxiserfahrungen in Form von Handlungsbedarfen aus Beratungsprojekten und Kurzstudien erläutert. Die so hergeleiteten Elemente werden anschließend in den Betrachtungsumfang der frühen Phase der Produktentwicklung (Kapitel 2.2.2) eingeordnet. Anschließend wird die für dieses Kapitel relevante formulierte Forschungsfrage 2 (Kapitel 1.2) in unterstützende Forschungsfragen je Element heruntergebrochen, um jedes der Elemente mit Bezug auf die erläuterten Teil-Ansätze aus SE und QM (Kapitel 4) fokussiert und operationalisiert beschreiben zu können.

5.1 Herleitung der zentralen Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität

Die Herleitung der zentralen Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung erfolgt auf Basis von Praxiserfahrungen. Dabei werden als Quellen einerseits die eigenen Erfahrungen des Autors aus Beratungsprojekten und andererseits die Erfahrungen von Expertengruppen, die an zwei Kurzstudien teilgenommen haben, herangezogen. Die Kurzstudien wurden anhand von schlanken Fragebögen und Experteninterviews durchgeführt. Aufgrund der geringen Stichprobe sind die Ergebnisse der Kurzstudien als qualitativ einzustufen. Zu den Kurzstudien werden jeweils die Vorbereitung, die Durchführung und die Auswertung inkl. der Ergebnisse, anhand derer dann die Herleitung der Elemente erfolgt, beschrieben.

5.1.1 Handlungsbedarfe auf Basis von Erfahrungen des Autors aus Beratungsprojekten

Die wesentlichen Handlungsbedarfe innerhalb der Prozesse, Vorgehensweisen und Methoden, die in der Praxis zur Anwendung kommen (Kapitel □, Kapitel 2.3), werden nachfolgend aufgeführt. Die Handlungsbedarfe resultieren dabei aus den branchen- und unternehmensübergreifenden Erfahrungen des Autors aus Beratungsprojekten im Bereich des PQM und der PQA in der Entwicklung. Die Erfahrungen wurden während der Beratungstätigkeit bei 3DSE Management Consultants GmbH gesammelt.

Risikoaverse Entwicklungskultur: Eine durch das Management geförderte risikoaverse Entwicklungskultur, bei der Qualitätsrisiken eher schöngeredet, als wirklich thematisiert und mit Maßnahmen belegt werden, schwächt die PQA. In vielen Fällen werden Risiken zwar identifiziert, aber aufgrund des geringen Drucks des Managements nicht sorgfältig mit Vermeidungsmaßnahmen belegt und einer konsequenten Abarbeitung zugeführt. Gerade aus diesen Qualitätsrisiken können in späten Phasen oder nach Produktionsstart schwerwiegende Probleme resultieren.

Reaktive Ausrichtung von Kapazitäten und Kompetenzen: Aufgrund des direkten Kostendrucks und der vermeintlich leichteren Analysierbarkeit bereits vorhandener Probleme fokussiert sich das Management vieler Unternehmen auf die Kosten aus Nicht-Qualität, die nach Produktionsstart auftreten. Die Risiken in der Produktentwicklung, die zu diesen Problemen nach Produktionsstart bzw. während der Kundennutzung führen, werden meist niedrig priorisiert, da das potentielle Problem noch „weit weg“ ist. Dies kann z.B. eine fehlende Multiprojektplanung beim Aufsetzen eines

Entwicklungsprojekts für ein hochvernetztes Steuergeräte sein, bei dem man in der späten Entwicklungsphase in einen Taskforce-Modus umschwenken muss. Diese reaktive Ausrichtung wird oft zusätzlich durch entsprechend positive Erfahrungen des Managements mit dieser Herangehensweise aus Nicht-Entwicklungsbereichen, wie z.B. Produktion und Einkauf verschärft. Die Kompetenzen der operativen Ebene in der RQA sind dementsprechend stark ausgebaut und werden durch weit entwickelte Q-Methoden wie beispielsweise Six Sigma, Fehlerbaumanalysen usw. zur reaktiven Problemlösung unterstützt. Durch diese Fokussierung des Managements auf die RQA wird der Großteil der operativen Kapazitäten in der Problembearbeitung während der Nutzung des Produktes durch den Kunden gebunden. Dies äußert sich z.B. durch eine hohe Anzahl von Taskforces oder Problemlösungsteams, die nach Produktionsstart oder in den späten Entwicklungsphasen eingesetzt werden. Eine plötzliche Umverteilung der Kapazitäten der Problembearbeitung in die Problemvermeidung im Entwicklungsprozess ist jedoch nicht möglich, da das Management verständlicherweise davor zurückschreckt, festgestellte Probleme unbearbeitet zu lassen und die sich daraus ergebenden negativen Konsequenzen (Kosten, Imageverlust usw.) zu akzeptieren.

Intransparente Qualitätsauswirkungen von Entscheidungen in der Entwicklung: Zum Teil werden auch bei Produktentscheidungen in der Entwicklung, z.B. hinsichtlich Verwendung von Werkstoffen oder Maßnahmen zur Gewichtsreduzierungen, die Konsequenzen für die Qualität nach Produktionsstart nicht abgebildet. In diesen Fällen fehlt ein durchgängiges Risikomanagement inkl. Dokumentation unter der besonderen Berücksichtigung der Qualitätsaspekte. Ein prominentes Beispiel ist die zu starke Fokussierung auf Herstellungskosten zur direkten Steigerung der Profitabilität (insbesondere bei angespannten Einsparzielen). So wählen Unternehmen beispielsweise Komponenten- oder Bauteil-Lieferanten in Niedriglohnländern, sogenannten „best cost countries“ aus, durch die Herstellkosten direkt eingespart werden können. Diese sind jedoch oft nicht in der Lage, die Qualitätsanforderungen an Systeme oder Komponenten dauerhaft zu erfüllen. Mögliche Qualitätsrisiken in der Lieferantenauswahl werden oft nicht berücksichtigt. So werden die Qualitätsaspekte dem direkt messbaren Kostenaspekt aufgrund der fehlenden Transparenz untergeordnet. So fehlt den verantwortlichen Entscheidern in vielen Fällen die notwendige Übersicht, um die Erreichung eines Qualitätsziels zu forcieren.

Unzureichende Quantifizierung des Nutzens bzw. der Wirkung der Prävention: Der Nutzen präventiver Aktivitäten und Maßnahmen wird im Produktentwicklungsprozess und insbesondere in der frühen Phase nur selten abgeschätzt oder quantifiziert dargestellt. Weder über die Anzahl der vermiedenen Fehler noch die daraus resultierenden Kosten aus Nicht-Qualität. Ohne diese Abschätzung oder den Business Case lassen sich die aufzusetzenden präventiven Aktivitäten und Maßnahmen jedoch kaum priorisieren oder argumentieren. So werden z.B. in den seltensten Fällen seitens der Führung oder der zentralen Q-Organisationseinheit Budgets für präventive Aktivitäten oder Maßnahmen vier Jahre vor Produktionsstart freigegeben, wenn nicht ein valides Nutzenpotential ausgewiesen werden kann. Daher werden eher reaktive Maßnahmen oder Aktivitäten bevorzugt, deren Nutzen greifbarer und aufgrund der meist vorliegenden Felddaten einfacher und genau zu ermitteln ist. Aus diesem Grund lässt sich die Fokussierung der Prävention zur Erreichung eines nachhaltig hohen Qualitätsniveaus nur sehr schwer argumentieren und durchsetzen.

Geringe Ausprägung der System- und Funktionsorientierung in der Prävention: Wird PQA doch konsequent durchgeführt, findet dies häufig nur auf Komponenten- bzw. Bauteilebene in der späten Phase der Produktentwicklung statt. So können Qualitätsrisiken oder -probleme mit systemischen Ursachen erst in der Integrationsphase, d.h. beim ersten Zusammenfügen und Testen des Gesamtsystems oder nach Produktionsstart entdeckt werden. Dies kann dazu führen, dass bei sehr komplexen Systemen und Produkten, wie z.B. in der Luftfahrtbranche oder Schienenindustrie, aufgrund spät entdeckter zulassungsrelevanter Probleme die Auslieferung zum Kunden gestoppt werden muss. Die daraus notwendigen Änderungen am Produkt und der resultierende Zeitverzug

erzeugen enorme Kosten, die aufgebracht werden müssen, um die Funktionalität des Produktes gewährleisten und die Zulassung sicherstellen zu können. Das Problem der Komponentenorientierung wird meist durch die Organisationsstruktur und Verantwortlichkeiten im Entwicklungsbereich verstärkt, die selten in Richtung Funktionen und Eigenschaften aufgeteilt sind. Die meisten organisatorischen Strukturen sind nach Entwicklungsbaugruppen und Modulen unterteilt, so dass übergreifende Vernetzungen und Wechselwirkungen kaum betrachtet werden.

Unterschätzte Qualitätsrisiken bei der Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien: Unterschätzte Qualitätsrisiken aufgrund der Wiederverwendung von Komponenten (Baukästen) können schwerwiegende Folgen haben. Resultieren aus den unterschätzten Risiken nun Qualitätsprobleme nach Produktionsstart, so sind diese durch die Verwendung des entsprechenden Baukastens in der gesamten Produktpalette nur mit immensem Kostenaufwand lösbar. Bei einem französischen Chiphersteller führte z.B. die Verwendung einer fehlerhaften Software eines Chips dazu, das über den Jahreswechsel 2009/2010 europaweit 30 Millionen EC- und Kreditkarten plötzlich nicht mehr funktionierten, was zu erheblichen Kostenforderungen der betroffenen Bankinstitute an den Chiphersteller führte.⁸⁸ Zusätzlich zu diesen Einmalkosten werden die ausgewählten Baukästen über mehrere Produktgenerationen verwendet, was entweder dazu führt, dass die Baukastenstrategie verworfen werden muss, oder die langfristigen Kosten aus Nicht-Qualität weiter durch das Unternehmen getragen werden müssen. Die Qualitätsprobleme resultieren dabei oft aus der ursprünglich starken Kostenfokussierung bei der Entwicklung von Architekturen und Baukästen.

Mangelnde Qualitätsbewertung von Innovationen und neuen Technologien: Bei Innovationen oder neuen Technologien wird eine systematische und durch Methoden gestützte Qualitätsbewertung selten flächendeckend oder konsequent angewendet. Bei der Entscheidung, eine neue Technologie im Produkt umzusetzen, fehlt aus diesem Grund oft der Qualitätsgedanke. Dies ist häufig bei innovationsgetriebenen Unternehmen der Fall, bei denen die Geschwindigkeit zum Markteintritt und verstärkt Kostenaspekte (Material- und Fertigungskosten) der neuen Technologie oder Innovation im Vordergrund stehen. Die resultierenden Risiken und deren Wirkung auf die Qualität nach Produktionsstart werden kaum betrachtet. So können notwendige Produkthanpassungen und Maßnahmen nicht frühzeitig definiert werden, was dazu führt das die neue Technologie noch in späten Phasen der Entwicklung oder nach Produktionsstart mit kostenaufwändigen qualitätsverbessernden Maßnahmen belegt werden muss. In der Raumfahrt werden z.B. sogenannte Technology Readiness Level (TRL) für neue Technologien vergeben, auf Basis derer weitere Entwicklungsaufwände abschätzt und bewertet werden. Wenn diese TRL aber, wie im Fall eines neu entwickelten Solarzellen-Systems zur Energieversorgung eines Satelliten, aus Zeitgründen nicht realistisch abgeschätzt werden, ist das gesamte Entwicklungsprojekt gefährdet und nur unter enormen Kostenaufwand zu retten.

Fehlende Durchgängigkeit eines kontinuierlichen Qualitätsverbesserungsprozesses: Auch im bereits stark fokussierten Qualitätsprozess auf Komponenten- oder Bauteilebene sind zum Teil große Lücken vorhanden. So werden Lessons Learned aus bereits gelösten Qualitätsproblemen bei ähnlichen oder wiederverwendeten Konzepten oft nicht konsequent berücksichtigt. Auf Grund personeller Wechsel, fehlender Übergaben, oder unzureichender Ziele- und Anforderungsprozesse werden gleiche Fehler erneut begangen. Dies kann dann ebenfalls, wie bei Fehlern in Baukästen oder Plattformen, zu erheblichen und weitreichenden Qualitätsproblemen führen. Die Lücken können dabei sowohl beim OEM als auch bei der Weitergabe von Lastenheften an Lieferanten zum Tragen kommen. Die fehlende Durchgängigkeit liegt also in der gesamten Prozesskette.

⁸⁸ DIE WELT (2014)

Je nach Unternehmen, Umfeld und Zielsetzung des Beratungsprojekts waren die Handlungsbedarfe dabei mehr oder weniger ausgeprägt. Diese Handlungsbedarfe stellen jedoch die grundsätzlichen neuralgischen Punkte innerhalb der frühen Phase in Bezug auf das PQM dar. Somit bilden die Handlungsbedarfe das Fundament für die Herleitung der Elemente der Prävention in der frühen Phase der Entwicklung zur Reduzierung der Nicht-Qualität.

5.1.2 Kurzstudie: Präventive Qualitätsstrategie im Produktentwicklungsprozess

Die Kurzstudie „Präventive Qualitätsstrategie im Produktentwicklungsprozess als Wettbewerbsvorteil“ bezieht ihre Erkenntnisse im Wesentlichen aus der Befragung von 19 Qualitäts- und Entwicklungsexperten des Automobil-Bereichs, dem Nutzfahrzeug-Bereich, der Luftfahrt und dem Maschinen- und Anlagenbau. Die Abfrage wurde durch den Autor innerhalb des gleichnamigen Expertenforums der 3DSE Management Consultants GmbH (vormals 3DSE Systems Engineering GmbH) am 21.10.2011 vorgenommen. Ziel war es, die Diskussionsergebnisse und Erkenntnisse des Forums zusammen mit den Praxiserfahrungen der Teilnehmer gesamthaft zu konsolidieren.

Die Teilnehmer des Expertenforums und somit auch der Kurzstudie sind inkl. Branche und Funktionsbezeichnung in Abb. 5.1 aufgeführt. Die Namen der Teilnehmer und das jeweilige Unternehmen dürfen dabei aus Datenschutzgründen nicht genannt werden.

TN	Branche	Funktionsbezeichnung
1	Automobil OEM	Quality Management Vehicle Architecture and Integration
2	Automobil Zulieferer	Senior Department Manager Product Quality, Engines
3	Automobil Zulieferer	Quality Manager, Powertrain
4	Automobil Zulieferer	Director Business Process Management & PLM Processes, Chassis & Safety
5	Automobil Zulieferer	Director Quality / Business Unit Chassis & Safety
6	Automobil Zulieferer	Manager Field Monitoring Quality, Mechatronic Components and Systems
7	Nutzfahrzeug OEM	Engineering Architecture, Processes & Services
8	Nutzfahrzeug OEM	Total Quality Management, Construction Machines
9	Nutzfahrzeug OEM	Senior Quality Manager, Construction Machines
10	Nutzfahrzeug OEM	Product Verification & Validation, Agricultural Machinery
11	Nutzfahrzeug OEM	Process Management & Continuous Improvement / Business Unit Locomotives
12	Luftfahrt OEM	Head of Airworthiness & QM Engineering
13	Luftfahrt Zulieferer	Head of Corporate Quality, Aero Engines
14	Luftfahrt Zulieferer	Quality Reliability Safety, Air Defence
15	Maschinen- und Anlagenbau	Energy Sector/Fossil Power Generation Division
16	Maschinen- und Anlagenbau	General Manager Engineering Division, Energy Sector
17	Maschinen- und Anlagenbau	Head of Group Quality Assurance, Factory Acceptance Test, Shipbuilding
18	Lichttechnik	Quality Manager Lighting
19	Management Beratung	Managing Partner, Project Planning, Realization and Management

Abb. 5.1: Teilnehmer Kurzstudie „Präventive Qualitätsstrategie im Produktentwicklungsprozess“

Die Befragung der Teilnehmer wurde mittels eines kurzen Fragebogens (Anhang 12.1) durchgeführt. Dabei wurden den Teilnehmern eine geschlossene und vier offene Fragen gestellt, die im Folgenden aufgeführt sind:

1. In welchem der folgenden Bereiche sind Sie hauptsächlich tätig? (Antwortauswahl: „Qualität“ oder „Entwicklung“)
2. Was sind die wichtigsten organisatorischen, prozessualen oder technischen Ursachen für schlechte Produktqualität aus Ihrer Erfahrung (z.B. hohe Produktkomplexität, fehlende Kompetenzen, etc.)?
3. Welche von diesen Ursachen liegen in der Produktentwicklung (z.B. Konzeptentscheidungen zugunsten Kosten, fehlendes Risikomanagement, etc.)?
4. Welche sind die entscheidenden Ansätze und Instrumente für hohe Produktqualität in der Produktentwicklung (z.B. konsequente Quality-Gates, durchgängiges Anforderungsmanagement, etc.)?

5. Durch welche dieser Ansätze und Instrumente sind in den nächsten 3 Jahren die größten Potentiale zur Qualitätsverbesserung zu heben?

Die Auswertung der Antworten auf die Fragen 2 – 5 erfolgte hinsichtlich der drei Felder „Erkenntnisse“, „Beispielhafte Antworten“ und der Sortierung „Antworten nach Top-Themen“ (Beispiel: Anhang 12.3). Dazu wurden die Antworten der Teilnehmer zu den jeweiligen Fragen zunächst in inhaltliche Cluster zusammengefasst, zu denen dann wiederum eine verdichtete Beschreibung und ein gesamthafter Titel formuliert wurden. Die Anzahl der Themen-Nennungen in den einzelnen Clustern wurde aufsummiert und im Feld „Antworten nach Top-Themen“ absteigend sortiert. Der Titel und die Beschreibung der daraus folgenden Top-Themen wurden im Feld „Erkenntnisse“ dokumentiert. Exemplarische Antworten zu den Top-Themen wurden im Feld „Beispielhafte Antworten“ aufgeführt. Die Auswertung der Antworten auf Frage 1 (Unterscheidung zwischen Haupt-Tätigkeit in Qualität und Entwicklung) ergab in Verbindung mit den übrigen Antworten keine signifikanten Unterschiede oder zusätzlichen Erkenntnisse. Dieser Aspekt wird somit in der folgenden Ergebnisdarstellung nicht berücksichtigt.

Die wesentlichen Ergebnisse der Kurzstudie lassen sich in Form von Top-Themen bzw. Erkenntnissen zur Prävention im Entwicklungsprozess hinsichtlich der vier unterschiedlichen Fragestellungen (Fragen 2-5) aufführen.

Ursachen für mangelhafte Produktqualität

- Zeitdruck und Ressourcenmangel in Projekten werden als wichtigste Ursache für Qualitätsprobleme genannt. Wenn Zeit und Ressourcen nicht ausreichend vorhanden sind, bzw. wenn Termin- und Kostenziele höher als die Qualitätsziele priorisiert werden, leidet in der Regel die Produktqualität.
- Inadäquates Anforderungsmanagement trägt dazu bei, dass Kundenwünsche nicht ausreichend erfasst oder technische Anforderungen an das Produkt nicht richtig definiert werden.
- Die drittgrößte Ursache für mangelhafte Qualität liegt im Bereich Prozesse. Wenn die Prozessbeschreibungen schlecht oder keine einheitlichen Vorgehensweisen und Prozessvorlagen vorhanden sind, können prozessuale Best Practices nicht weitergegeben werden. So werden an kritischen Stellen im Prozess Fehler wiederholt begangen. Eine Missachtung von Vorschriften, Standards oder Prozessen hat ähnliche Auswirkungen.
- Hohe Produktkomplexität, späte Änderungen und mangelnde Kompetenzen bzw. unzureichendes Wissen hinsichtlich Q-Methoden (z.B. unzureichendes Wissen zu Q-Methoden wie FMEA oder Design for Six Sigma) führen dazu, dass Fehler nicht im Entwicklungsprozess gefunden werden. Diese treten dann beim Kunden während der Nutzung auf.

Ursachen für mangelhafte Produktqualität in der Produktentwicklung

- Über die Hälfte der Teilnehmer hat eine unzureichende Prozessdefinition in der Produktentwicklung als Ursache für mangelhafte Produktqualität genannt. D.h. dass die Prozesse nicht standardisiert abgewickelt werden und die Erkenntnisse bzw. Best Practices nicht berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist ohne klar definierte Prozesse die kontinuierliche Verbesserung des Produktes nicht möglich.
- Zeitmangel spielt auch im Produktentwicklungsprozess eine zentrale Rolle. Ursachen hierfür sind Überschätzung der Leistungsfähigkeit, eine zu späte Vorentwicklung oder ein spätes Ändern von Produkteigenschaften. Dies kann zu Ressourcenengpässen führen, aus denen wiederum eine nicht ausreichende Qualitätsabsicherung in der späten Phase resultiert.

- Ohne adäquate Reifegradorientierung fehlt die Transparenz zum Projektfortschritt. Somit ist eine effektive Qualitätssteuerung nicht möglich. Die Konsequenzen sind meist unerwartete Fehler während der Absicherung, die nur durch kostspielige Produktänderungen korrigiert werden können.
- Risikomanagement ist ein essentieller Baustein der PQA. Ohne die Kenntnis der Top-Produkttrisiken ist keine wirksame Qualitätsplanung möglich, die die QA auf die kritischen Produktaspekte fokussiert.

Erfolgreiche Ansätze und Instrumente für Produktqualität

- Ein systematisches Anforderungsmanagement wird als wichtigste Methode für hohe Produktqualität gesehen. Die systematische Ermittlung von Kundenanforderungen und die Ableitung von klar und präzise formulierten, technischen Produkthanforderungen sind maßgeblich für die Erfüllung einer hohen Qualität.
- Ein weiteres Instrument zur Verbesserung der Produktqualität ist die Implementierung von Quality Gates. Die konsequente Umsetzung von Quality Gates im Entwicklungsprozess schafft Transparenz zur Produktreife und macht Qualitätsrisiken bzw. -probleme systematisch und regelmäßig zum Thema. Dabei ist wichtig, dass die Ampelbewertung eines Quality Gates von allen Beteiligten ernst genommen wird und zu angemessenen Gegenmaßnahmen führt.
- Verbesserte bzw. angepasste Q-Methoden sind notwendig, wenn z.B. neue Technologien oder die steigende Produktkomplexität durch konventionelle Methoden nicht mehr beherrschbar sind. Der entscheidende Stellhebel dazu ist der gezielte Kompetenzaufbau bei den durchführenden Mitarbeitern.
- Um Qualitätsziele erreichen zu können ist konsequentes Risikomanagement entscheidend. Neben der frühzeitigen Erkennung und Mitigation von möglichen Produktproblemen schafft Risikomanagement Transparenz zur Qualitätssituation im Projekt. So können auf einer Seite Risiken über organisatorische Grenzen hinaus kommuniziert und auf der anderen Seite Produktentscheidungen rechtzeitig beeinflusst werden.

Die Stellhebel mit den größten Potenzialen für Qualitätsverbesserung

- Systematisches Anforderungsmanagement und konsequent durchgeführte Quality Gates bieten in den meisten Unternehmen noch viel Potential zur weiteren Qualitätsverbesserung.
- Darüber hinaus ist die Erreichung der Qualitätsziele oft nur mit einem entsprechenden Mindset aller Beteiligten möglich. Effektive QA beginnt mit der Einschätzung von Q-Risiken und der systematischen und systemischen Ableitung und Vereinbarung von qualitätsverbessernden Maßnahmen. Eine offene und konstruktive Kultur verhindert, dass Risiken und Fehler verschwiegen und erst in der späten Entwicklungsphase oder gar beim Kunden entdeckt werden.
- Auch im Projektmanagement lassen sich Verbesserungspotentiale heben. Nur über realistische Zeit- und Ressourcenplanungen, also kompetentes Projektmanagement, kann beim Eintreten unvorhersehbarer Ereignisse effektiv reagiert werden.
- Produktstandardisierung ist ein wirksamer Stellhebel zur Reduktion der Variantenvielfalt und somit auch von Risikoquellen. Die Verwendung von standardisierten Bauteilen birgt jedoch auch gleichzeitig erhebliche Risiken, wenn die Qualität der Standardbauteile über den Entwicklungsprozess nicht sichergestellt werden kann.

5.1.3 Kurzstudie: Fehlervermeidung statt Fehlerbehebung

Für die Kurzstudie „Fehlervermeidung statt Fehlerbehebung“ wurden zehn Qualitäts-, Entwicklungs- und Projektmanagement-Experten aus dem Automobil-Bereich, dem Nutzfahrzeug-Bereich, der

Luftfahrt, und dem Maschinen- und Anlagenbau befragt. Die Befragung wurde im Zeitraum vom 29.04.2013 bis zum 06.06.2013 durch den Autor und die Geschäftsführung der 3DSE Management Consultants GmbH mit dem Ziel durchgeführt, konsolidierte Erfolgsfaktoren für die Fehlervermeidung aus Praxis-Sicht zu ermitteln. Des Weiteren sollten diese Erfolgsfaktoren hinsichtlich ihrer Wichtigkeit und Umsetzungsgrad zusammen mit den Interviewpartnern bewertet werden.

Die Teilnehmer der Kurzstudie inkl. Branche und Funktionsbezeichnung sind in Abb. 5.2 aufgeführt. Die Namen der Teilnehmer und das jeweilige Unternehmen dürfen dabei aus Datenschutzgründen nicht genannt werden.

TN	Branche	Funktionsbezeichnung
1	Automobil OEM	Quality Management Vehicle Architecture and Integration
2	Automobil OEM	Quality Management Driving Dynamics and Integration
3	Automobil Zulieferer	Head of Microcontroller Development, Powertrain, Safety & Comfort Electronics
4	Nutzfahrzeug OEM	Product Verification & Validation, Agricultural Machinery
5	Nutzfahrzeug OEM	Project & Quality Management, Rail Vehicles and Locomotives
6	Nutzfahrzeug Zulieferer	Project & Quality Management, Rail Equipment and Propulsion
7	Luftfahrt OEM	Head of Quality, Helicopter Division
8	Luftfahrt Zulieferer	Head of Corporate Quality, Aero Engines
9	Maschinen- und Anlagenbau	General Manager Engineering Division, Energy Sector
10	Maschinen- und Anlagenbau	Head of Metal Cutting Machine Tool Development

Abb. 5.2: Teilnehmer Kurzstudie „Fehlervermeidung statt Fehlerbehebung“

Die Befragung der Teilnehmer wurde im Rahmen von Interviews (meist Telefoninterviews) durchgeführt. Dabei wurde das jeweilige Interview über eine zentrale These eingeleitet, über acht offene Leitfragen strukturiert und mit einer Abschlussfrage beendet. Die Eingang-These lautete: "Mit Fehlervermeidung statt Fehlerbehebung kann man die Produktqualität zum SoP bzw. Kundenabnahme 100%ig sicherstellen". Daran schlossen sich die acht offenen Leitfragen an:

1. Ist das ein realistisches Ziel?
2. Unter welchen Rahmenbedingungen wäre eine Erreichung dieses Ziels möglich?
3. Was wären die wesentlichen Erfolgsfaktoren um dieses Ziel zu erreichen?
4. Woran würden Sie merken, dass Sie richtig unterwegs sind (was sind Indikatoren)?
5. Welche dieser Indikatoren wären Frühindikatoren?
6. Unter welchen Rahmenbedingungen würden Sie diese Zielsetzung nicht unterstützen?
7. Gibt es aktuell Ansätze und Methoden, die Sie einsetzen, um das Ziel zu erreichen (Push)?
8. Fordern ihre (internen und externen) Kunden etwas, das diese Zielsetzung unterstützt bzw. fördert (Pull)?

Sämtliche Antworten auf die offenen Fragen wurden im Mindjet MindManager dokumentiert (Beispiel: Anhang 12.4). Für die darauffolgende Auswertung kamen zwei unterschiedliche Methoden zum Einsatz. Zum einen wurde aus Sicht von Erfolgsfaktoren die durch die Leitfragen gegebene Struktur aufgebrochen, die Antworten also in neue inhaltliche Cluster zusammengefasst, zu denen dann wiederum eine verdichtete Beschreibung und ein gesamthafter Titel formuliert wurden. Zum anderen wurden im Wesentlichen die Leitfragen 2 (Rahmenbedingungen), 4 und 5 (Indikatoren), 7 und 8 (Methoden und Vorgehen) als Cluster genutzt, die dann den Erfolgsfaktoren zugeordnet wurden. Die Ergebnisse sind beispielhaft als Auszug im Anhang 12.5 aufgeführt.

Die wesentlichen für diese Arbeit relevanten Ergebnisse der Kurzstudie lassen sich in Form der ermittelten Erfolgsfaktoren zur Fehlervermeidung und der durch die Interview-Teilnehmer genannten Methoden und Vorgehen auführen. Diese sind nachfolgend erläutert.

Stringentes Prozess- und Projektmanagement

- Strukturierte und robuste Entwicklungsprozesse mit klaren Verantwortlichkeiten führen zu einer Vermeidung von Fehlern. Die damit einhergehende Stabilität in Prozess und

Verantwortung bzw. Organisation führen zusätzlich zu einer höheren Effizienz in der Entwicklung.

- Implementierung von konsequent reifeorientierten Reviews als Quality Gates für die Entwicklung. Beispielsweise müssen bei Konzeptübergabe in Serienentwicklung die Q-Anforderungen an ein Produkt erfüllt bzw. die Q-Ziele „grün“ sein. Ist dies nicht erfüllt, so darf der Meilenstein nicht oder nur unter klaren Auflagen freigegeben werden. Dies geht einher mit einem konsequenten Festlegen von Baselines für die Entwicklungsstände des jeweiligen Produkts.
- Interdisziplinäre Teams insbesondere zur Bewertung von Qualitätsaspekten und Ableitung von Maßnahmen. Das Zusammenbringen von Experten z.B. aus Entwicklung, Fertigung und Qualitätssicherung schafft einen erheblichen Mehrwert in Richtung der Robustheit und Qualität von erarbeiteten Lösungen bzw. Maßnahmen.
- Projektmanagement inkl. Qualitäts- und Methodenplanung in der frühen Phase der Entwicklung. Dazu gehören ein sauberer Projektstart inkl. Projektzielen und Projektstruktur und eine realistische Terminplanung, bei dem Methodenplanungen inkl. notwendiger Iterationen und ggf. zeitlicher Puffer berücksichtigt werden.

Methoden und Vorgehen:

- Process Management
- Detailed Project Reviews
- Vier-Augen Prinzip bzw. Peer Review Prinzip
- Gate-Keeping bzw. Gate-Keeper Prozess
- Q-Gate Management
- Professionelles und stringentes Projektmanagement inkl. Risikomanagement und Q-Methodenanwendung

Durchgängiges Anforderungsmanagement

- Vollumfängliche Erfassung, Analyse und Bewertung der Kundenforderungen. Zusätzlich dazu müssen die Anforderungen klar bzw. eindeutig beschrieben und dokumentiert werden. Dazu gehört ein schon vor dem Projektstart verankertes und gelebtes Anforderungsmanagement mit ausreichender „Nähe zum Kunden“.
- Präzise durchgängige Spezifikation aller qualitätskritischen Anforderungen und robuste Auslegung der Produktarchitektur. Zur Sicherstellung der Durchgängigkeit ist es notwendig, technische Spezifikation über das Gesamtsystem, Teilsysteme bis hin zu Komponenten herunterzubrechen. Geschieht dies nicht in ausreichendem Maße, erhöhen sich die Risiken für eine Fehlervermeidung bzw. -behebung in späten Phasen der Entwicklung.
- Durchgängige Absicherungs- bzw. Erprobungsplanung über Komponenten-, Teilsystem- und Gesamtprodukt-Ebene bezogen auf die spezifizierten Anforderungen. Um Absicherungen möglichst früh zu starten, können virtuelle Modelle, die ein volles Abbild des physikalischen Produktes darstellen, bereits in den frühen Phasen der Entwicklung genutzt werden.

Methoden und Vorgehen:

- Durchgängiges Anforderungsmanagement
- Berücksichtigung ISO 26262 (Straßenfahrzeuge - Funktionale Sicherheit)
- Standardisierung
- Simulation
- Anforderungsdefinition für Prototypen
- Konsequente Planung der Verwendung von Prototypen
- Erstmusterprüfungen

Klare Führung und offene Q-Kultur

- Klares Bewusstsein und hohe Aufmerksamkeit für Qualität und unternehmensweite Unterstützung von Q-Zielen durch das (Top-)Management. Mit diesem Erfolgsfaktor geht die Schaffung der richtigen Rahmenbedingungen (z.B. Prozesse, Organisationsstruktur.) und der entsprechenden Entscheidungskultur einher.
- Schaffung einer flächendeckenden Akzeptanz für das Thema Qualität auf der operativen Ebene. Dazu muss auch bei den Mitarbeitern ein ausreichendes Qualitätsbewusstsein vorhanden sein.
- Insgesamt qualitätsaffine und konsequent präventive Entwicklungskultur. Darunter ist sowohl die Kenntnis über Risiken und bewusstes Eingehen von Risiken als auch das Erkennen und Verfolgen von Q-Maßnahmen zu verstehen.

Methoden und Vorgehen:

- Offene Interviews mit Führungskräften
- Mitarbeiter-Schulungen und -Trainings

Stimmiges Zielsystem und stringente Q-Lenkung

- Qualität in der Entwicklung objektiv quantifizierbar machen. Dazu gehört ebenfalls die Sicherstellung der Konsistenz und Vergleichbarkeit von Bewertungen. Nur so wird Qualität feststellbar gemacht.
- Stimmiges und ausgewogenes Qualitäts-Zielsystem (ggü. Kosten und Zeit) über alle Systemhierarchie-Ebenen. Daneben muss Qualität auch als gemeinsames Ziel über alle organisatorischen Hierarchie-Ebenen verankert werden und so gestaltet sein, dass es für die jeweiligen Verantwortlichen realistisch und erreichbar ist.
- Quantifizierung der Ziellücke und harte Indikatoren bzw. Prognosen für die Wirkung von Maßnahmen, die z.B. über Fehlerabbauraten bzw. -kurven oder Fehlererkennungsraten dargestellt werden können. Die Maßnahmen und Wirkungen dürfen aber nicht nur erfasst sondern müssen auch konsequent gesteuert und berichtet werden.

Methoden und Vorgehen:

- KPI (Key Performance Indicator) Measurement
- Kundenrückmeldungen
- Null-Fehler-Forderungen
- Zielespinne ggü. Kosten und Terminen
- Fehlerkostenbetrachtung

Gezielte Methoden und Standards

- Konsequentes, systematisches und intensives Risikomanagement auf Funktions- und Komponenten-Ebene ab der frühen Phase der Entwicklung inkl. kontinuierlicher Berichterstattung. Daneben ist es notwendig, sowohl Risiken aus Rahmenbedingungen des Entwicklungsprojekts im Vorfeld als auch aus späten Änderungen am Produkt zu beherrschen.
- Durchgängige Planung der Methodenanwendung auf Basis eines „Methoden-Werkzeugkastens“ mit anschließendem konsequenten, bewussten und effektiven Einsatz der Methoden. Dabei ist es zielführend, die Methodenanwendung eng mit dem Entwicklungsprozess bzw. der Meilensteine zu koppeln.
- Etablierung von Produkt- und Prozessstandards (Normen, Richtlinien usw., sowohl intern als auch beim Lieferant) und Auditierung der Umsetzung und des Anwendungsgrads in der Entwicklung.

Methoden und Vorgehen:

- Risikomanagement
- FMEA
- Berücksichtigung ISO 26262 (Straßenfahrzeuge - Funktionale Sicherheit)
- Auditierung des Erprobungsprozesses
- Auditierung des Fertigungsprozesses
- Lieferantenaudits

Geplantes Berichtswesen

- Standard-Berichterstattung auf (Top-)Management-Ebene zur Erhöhung der Q-Transparenz in der Entwicklung. Dies muss jedoch mit der konsequenten Ableitung und Steuerung von Maßnahmen und ggf. Ressourcenzuteilung einhergehen.
- Durchgängige und konsequent getaktete Berichterstattung ab der frühen Phase und damit Erhöhung der Transparenz bereits in der Designphase. Nur so kann die Qualität auch innerhalb der frühen Phase des Entwicklungsprozesses bewertet und verfolgt werden.

Methoden und Vorgehen:

- Monatliches, konsequentes Projektreporting
- Non Conformity Reports

Ausgewogene Ressourcenallokation

- Allokieren von Budget und Kapazitäten für Fehlervermeidung in der frühen Phase der Entwicklung. Im Entwicklungsprozess sind bestimmten Personen frühzeitig Rollen zuzuordnen, die sich mit dieser Aufgabe auseinandersetzen. Dazu ist ein ausbalanciertes Entwicklungs- und Q-Budget notwendig.
- Hinsichtlich QM kompetente und erfahrene Mitarbeiter in der frühen Phase der Entwicklung. Dies kann nur durch einen gezielten Kompetenzaufbau Top-Down und in der Breite erfolgen.

Methoden und Vorgehen:

- Keine Nennung

Konsequente Lessons Learned

- Konsequente Berücksichtigung der Erfahrungen (Produkt und Prozess) des Vorgänger-Produkts oder vergleichbaren Produkten inkl. Ableitung von Anforderungen und Maßnahmen. Dazu sollte einerseits ein konsolidiertes und dokumentiertes Breitenwissen über Vorgänger- und Vergleichsprodukte vorliegen und andererseits eine gezielte systematische Lessons Learned Erfassung bei spezifischen Themen erfolgen. Dies muss institutionalisiert werden und die gesamte Fehlerkette mit einbeziehen.
- Analyse von Produkten des Wettbewerbs und Ableitung von Handlungsbedarfen. Dies schließt die Orientierung und Zielableitung am Benchmark mit ein. Der dazugehörige Prozess muss ebenfalls im Unternehmen institutionell verankert sein.

Methode und Vorgehen:

- Keine Nennung

5.1.4 Herleitung der zentralen Elemente aus den Praxiserfahrungen

Für die Herleitung der zentralen Elemente der Prävention werden die Praxiserfahrungen bzw. Handlungsbedarfe aus Beratungsprojekten des Autors (Kapitel 5.1.1) und die Ergebnisse der Kurzstudien (Kapitel 5.1.2, Kapitel 5.1.3.), die durch den Autor und die 3DSE Management Consultants GmbH durchgeführt wurden, herangezogen. Als Arbeits- und Visualisierungs-Instrument für die Herleitung dient dabei der Mindjet MindManager.

Zunächst werden Elemente formuliert, die die beschriebenen Handlungsbedarfe im Sinne einer Maßnahmen-Ursachen-Beziehung adressieren. Diese Elemente entsprechen den grundsätzlichen Vorgehensweisen und Lösungen, die bereits erfolgreich in Beratungsprojekten zur Anwendung kamen. Die Handlungsbedarfe und die zugewiesenen Elemente sind in Abb. 5.3 dargestellt.

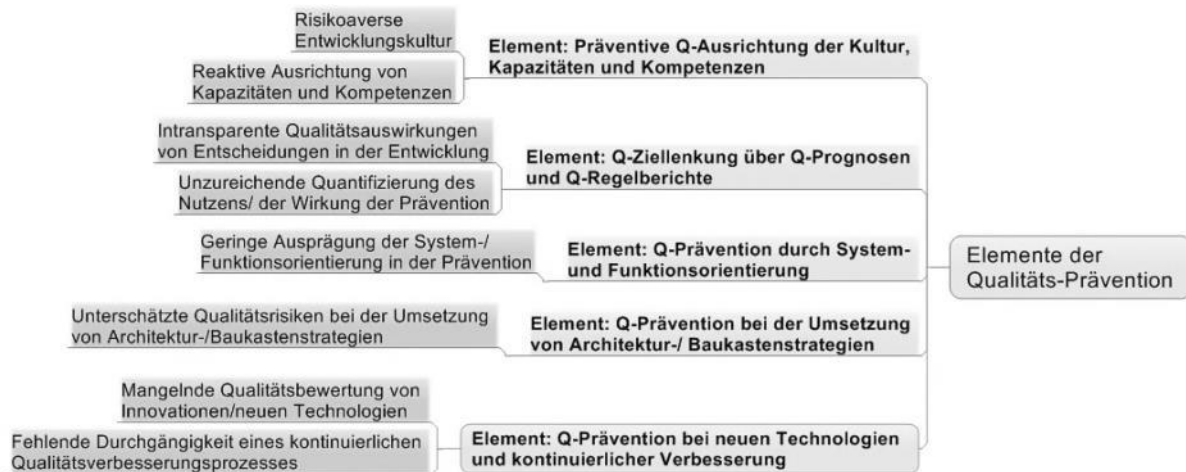


Abb. 5.3: Handlungsbedarfe und Elemente der Prävention aus Praxiserfahrungen des Autors

Im nächsten Schritt werden die beschriebenen Erkenntnisse der Kurzstudie „Präventive Qualitätsstrategie im Produktentwicklungsprozess als Wettbewerbsvorteil“ (Kapitel 5.1.2) zu Überschriften zusammengefasst, die in den nächsten Schritten weiterverarbeitet werden können. Das Ergebnis dieser Zusammenfassung ist in Abb. 5.4 aufgeführt.

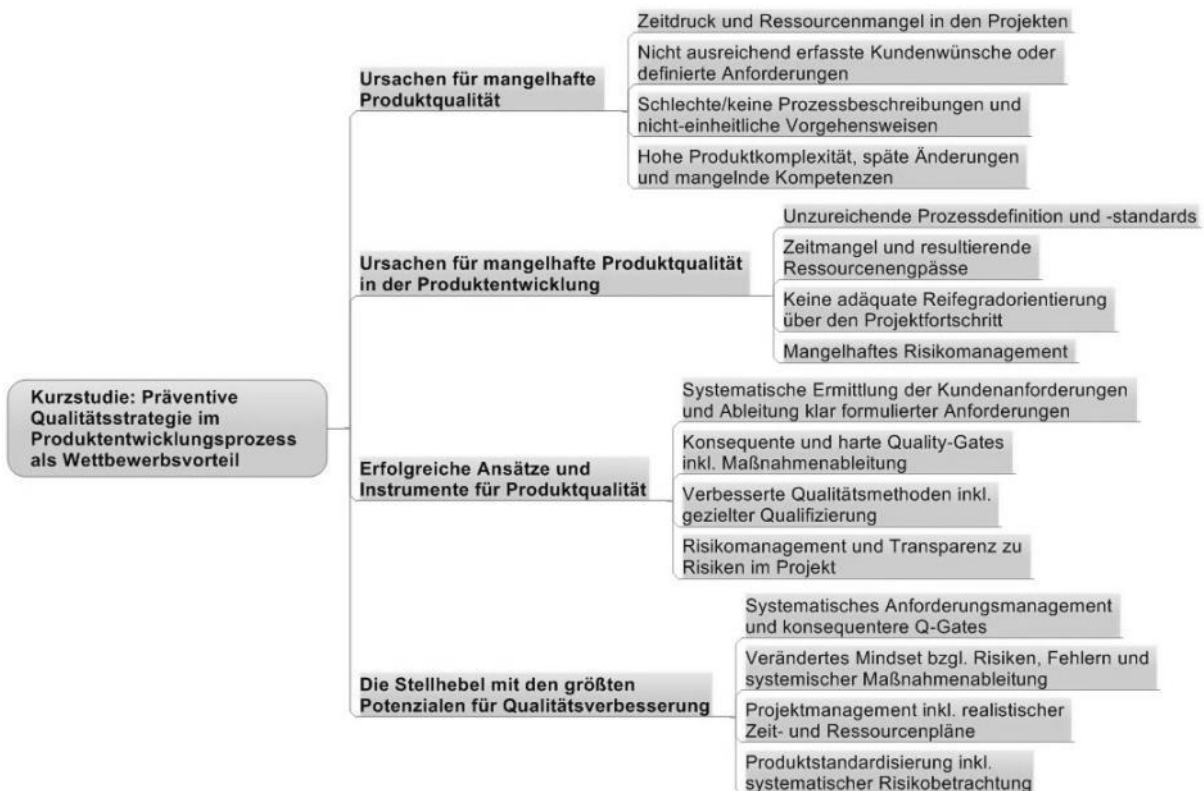


Abb. 5.4: Zusammenfassung Ergebnis der Kurzstudie des Autors und der 3DSE

Die Ergebnisse bzw. beschriebenen Erfolgsfaktoren der Kurzstudie „Fehlervermeidung statt Fehlerbehebung“ (Kapitel 5.1.3) werden ebenfalls zu handhabbaren Überschriften zusammengefasst. Diese Aufbereitung der Ergebnisse ist Abb. 5.5 als Ausschnitt visualisiert.



Abb. 5.5: Ausschnitt: Zusammenfassung Erfolgsfaktoren der Kurzstudie des Autors und der 3DSE

Die zu Überschriften zusammengefassten Erkenntnisse (Abb. 5.4, ohne Unterscheidung zwischen Ursachen, Ansätzen und Stellhebeln) und die Erfolgsfaktoren (Abb. 5.5, inkl. Methoden und Vorgehen) werden nun den im ersten Schritt formulierten Elementen der Prävention (Abb. 5.3) zugeordnet. Ziel ist nicht nur die inhaltliche Bestätigung der bereits formulierten Elemente der Prävention, sondern auch die Prüfung auf Vollständigkeit in Bezug auf die Erkenntnisse und Erfolgsfaktoren der beiden Kurzstudien. Somit werden die eigenen Erfahrungen mit den Praxiserfahrungen der Experten zusammengebracht, um ein inhaltlich konsolidiertes Mengengerüst an Elementen der Prävention herauszuarbeiten. Das Ergebnis dieser Vorgehensweise ist die Aufnahme eines sechsten Elements, dem „Q-orientierten Prozess- und Projektmanagement“. Aus den Kurzstudien waren Inhalte zu diesem Thema benannt worden, die keinem anderen Element ohne weiteres zuzuordnen waren. Neben dieser Ergänzung wurden mit den Studienergebnissen unterhalb der Element-Ebene inhaltliche Cluster gebildet, um der operationalisierten Element-Beschreibung eine Struktur zu geben. Das Gesamtergebnis dieser Herleitung ist Anhang 12.6 zu entnehmen. Nachfolgend werden die zentralen Elemente der Prävention und zur Vereinfachung nur die inhaltlichen Cluster der darunterliegenden Hierarchie-Ebene als Ergebnis aufgeführt:

- Element: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung
 - System- und funktionsorientiertes Risikomanagement
 - Organisation
- Element: Prävention von Nicht-Qualität bei der Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien
 - Zielverteilung (Verteilung der Zielwerte auf Produktumfänge)
 - Durchgängiges Anforderungsmanagement
 - Erprobungsplanung
- Element: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen
 - Kultur

- Kapazitäten
- Kompetenzen
- Element: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung
 - Zielsystem
 - Q-Prognosen
 - Q-Regelberichterstattung
- Element: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung
 - Reifegradbewertung und -planung bei neuen Technologien
 - Lessons Learned
- Element: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement
 - Prozess- und Methodenstandardisierung
 - Projektplanung

Die aufgeführten zentralen Elemente der Prävention in der frühen Phase der Entwicklung werden auf Basis der jeweiligen inhaltlichen Cluster in den Kapiteln 5.5 bis 5.10 operationalisiert und detailliert.

5.2 Einordnung der zentralen Elemente in den Betrachtungsumfang

Die hergeleiteten Elemente können nun in den abgegrenzten Betrachtungsumfang der frühen Phase der Entwicklung (Kapitel 2.2.2) eingeordnet werden. Dazu wird die bereits beschriebene Darstellung des QM und der QA in Zusammenhang mit dem Entwicklungsprozess über die System-Ebenen (Abb. 2.12) als Ordnungsstruktur genutzt.

Dem QM und somit den Managementprozessen werden die zentralen Elemente „Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen“, „Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement“ und „Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung“ zugeordnet. Diese Zuordnung resultiert aus dem starken Management-Bezug bzw. der Top-Down Ausrichtung und der koordinierenden bzw. lenkenden Inhalte dieser Elemente. Die „Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung“ findet als Teil des Entwicklungsprozesses im Wesentlichen auf System- und Architektur-Ebene statt, jedoch mit Vernetzungen bis in die Teilsystem- und Komponenten-Ebene. Die „Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien“ hat ihren Ursprung ebenfalls auf der System- und Architektur-Ebene mit einem zusätzlichen Fokus auf den Baukästen, die eher auf Teilsystem-Ebene angesiedelt sind. Die „Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung“ ist dagegen hinsichtlich neuer Technologien eher auf der Teilsystem-Ebene und hinsichtlich der kontinuierlichen Verbesserung stärker auf der Komponenten-Ebene einzuordnen. Die Einordnung der Elemente der Prävention in den Betrachtungsumfang dieser Arbeit ist in Abb. 5.6 dargestellt.

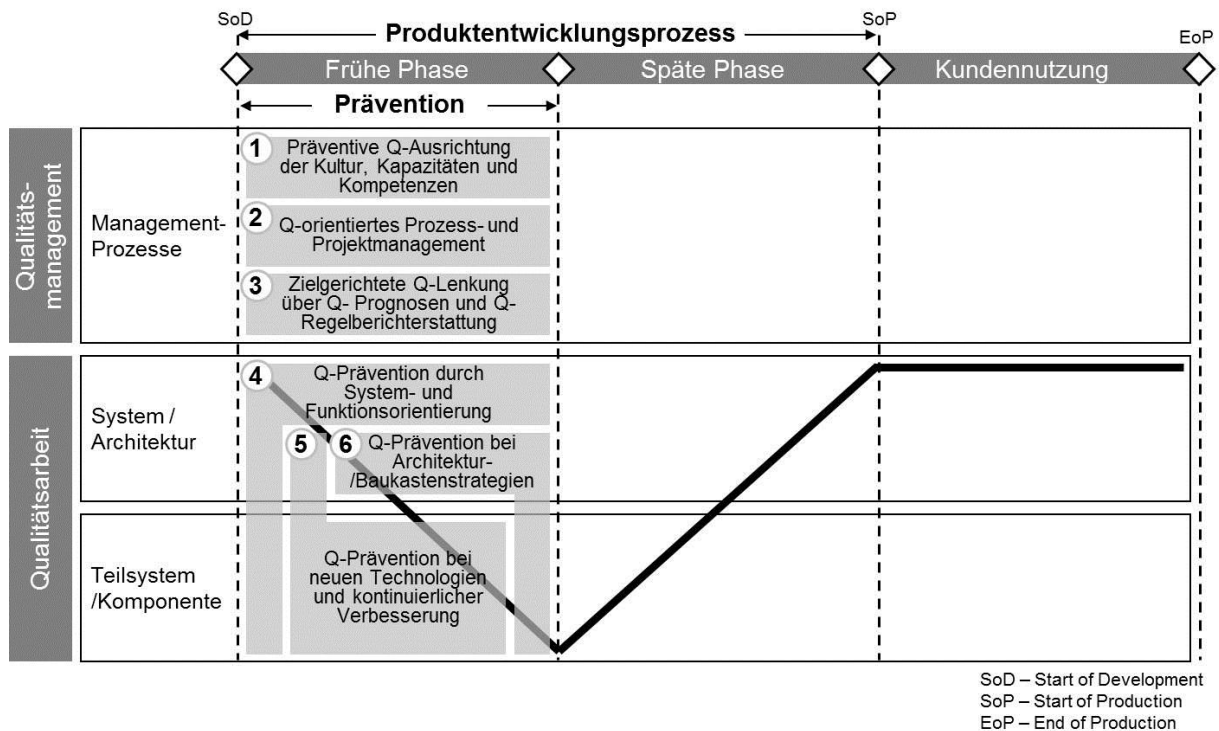


Abb. 5.6: Einordnung der Elemente der Prävention in den Betrachtungsumfang

Entlang dieser Einordnung innerhalb Ordnungsstruktur wird in den folgenden Kapiteln die Beschreibung der einzelnen Elemente der Prävention vorgenommen. Die Nummerierung von 1 bis 6 dient dabei lediglich der Orientierung und stellt keine Priorisierung, zeitliche Reihenfolge oder ähnliches dar.

5.3 Unterstützende Forschungsfragen zu den zentralen Elementen

Mit der vorangegangenen Herleitung und Einordnung der zentralen Elemente der Prävention kann lediglich der erste Teil der formulierten Forschungsfrage 2 „Welche sind die zentralen präventiven Elemente in der frühen Phase der Produktentwicklung zur Reduzierung der Nicht-Qualität?“ (Kapitel 1.2) beantwortet werden. Der zweite Teil der Forschungsfrage 2 „Wie sind diese gestaltet und miteinander vernetzt?“ soll durch die operationalisierte Beschreibung der einzelnen Elemente in diesem Kapitel und das zu erarbeitende „Modell zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Produktentwicklung“ (Kapitel 6) beantwortet werden.

Da die Frage nach der Gestaltung der einzelnen Elemente der Prävention sehr allgemein gehalten ist, werden im Folgenden unterstützende Forschungsfragen zu jedem Element formuliert (Abb. 5.7). Diese sind an den inhaltlichen Clustern der Elemente orientiert, die zusätzlich hergeleitet wurden (Kapitel 5.1). Durch diese Orientierung an den inhaltlichen Clustern soll zusätzlich der Praxisnutzen bzw. -relevanz der Elemente erhöht werden.

Elemente	unterstützende Forschungsfragen
1 Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	<p>Wie kann die Prävention als Bestandteil der Entwicklungskultur verstanden und akzeptiert werden? Welche Rahmenbedingungen müssen seitens des Managements dafür geschaffen werden?</p> <p>Wie müssen die Kapazitäten in der präventiven Qualitätsarbeit im Vergleich zur reaktiven Qualitätsarbeit verteilt sein? Wie kann eine Umverteilung durchgeführt werden?</p> <p>Wie können die zentralen Kompetenzen zur Durchführung der präventiven Qualitätsarbeit aufgebaut werden?</p>
2 Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	<p>Wie und in welcher Form müssen Entwicklungs- und Qualitätsprozesse standardisiert und vernetzt werden?</p> <p>Wie kann Q-Methodenanwendung in den Prozessen der Entwicklung effektiv verankert werden?</p> <p>Welches sind die zentralen Aspekte einer Q-orientierten Projektplanung und -organisation?</p>
3 Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	<p>Wie kann die Q-Lenkung grundsätzlich unter Berücksichtigung des Zielsystems erfolgen?</p> <p>Wie müssen Prognose-Instrumente gestaltet sein, die die Auswirkungen von Entscheidungen inkl. Risiken und Wirkungen auf Qualität transparent und steuerbar machen?</p> <p>Welche Voraussetzungen muss ein konsequentes und durchgängiges Q-Berichtswesen bereits ab der frühen Phasen der Entwicklung erfüllen? Wie muss dieses aufgebaut sein?</p>
4 Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	<p>Wie ist die system- und funktionsorientierte Q-Arbeit zu gestalten und was sind die zentralen Bestandteile? Wie kann sie in die Prozesslandschaft der komponentenorientierten Q-Arbeit integriert werden?</p> <p>Welche organisatorischen Rahmenbedingungen sind für die Etablierung dieses Ansatzes notwendig?</p>
5 Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	<p>Wo sind die Ansatzpunkte für Prävention in der Entwicklung von neuen Technologien? Wie können Q-Bewertungen mit dem zugehörigen Reifegradprozess (Bewertung und Planung) vernetzt werden?</p> <p>Wie ist ein durchgängiger Lessons Learned Prozess gestaltet, um heutige Probleme und ihre Ursachen für zukünftige Produktgenerationen zu vermeiden?</p>
6 Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien	<p>Wie kann innerhalb der Architektur- und Baukastenentwicklung eine konsistente Q-Zielverteilung erfolgen?</p> <p>Was sind die wesentlichen Stellhebel im Ziele-/Anforderungsmanagement und die daran anschließende initiale Absicherungsplanung für Architektur-/Baukastenumfänge zur Reduzierung der Nicht-Qualität?</p> <p>Wie sind diese Ansatzpunkte im Ziele- bzw. Anforderungsmanagement und Absicherungsplanung in der frühen Phase der Entwicklung zu gestalten und wie greifen diese ineinander?</p>

Abb. 5.7: Unterstützende Forschungsfragen zu Elementen der Prävention

Die Beantwortung der unterstützenden Forschungsfragen je Element erfolgt über die operationalisierte Beschreibung in den Kapiteln 5.5 bis 5.10. Die unterstützenden Forschungsfragen bilden dabei die Grundlage für die zu formulierende Zielsetzung des jeweiligen Elementes.

5.4 Operationalisierte Beschreibung der zentralen Elemente

In den folgenden Kapiteln wird jedes Element zur Prävention von Nicht-Qualität anhand einer wiederkehrenden Struktur dargestellt. Dies soll eine konkrete Anwendung eines Elements mit entsprechend notwendigen Anpassungen im jeweiligen Unternehmenskontext ermöglichen. Jedes Element soll durch die folgende Struktur abgebildet werden.

- Ausgangssituation: Hier wird die Begründung bzw. Notwendigkeit für die Anwendung des Elementes beschrieben. Dazu gehört das typische Symptom bzw. Problem, das im Unternehmen entsteht oder besteht, ebenso wie die dazugehörigen Rahmenbedingungen. Es werden also die Bedarfe für die Anwendung des jeweiligen Elementes der Prävention zur Reduzierung der Nicht-Qualität erläutert. Dies erfolgt im Wesentlichen anhand von Beispielen, die bereits in den Handlungsbedarfen in Kapitel 5.1.1 skizziert wurden oder auf realen Situationen bzw. Problemen in der Industrie basieren.

- Zielsetzung: Bezogen auf die Ausgangssituation wird in diesem Abschnitt die Zielsetzung der Anwendung des jeweiligen Elementes hergeleitet. Die Zielsetzung bezieht sich auf die Veränderung des Symptoms bzw. des in der Ausgangssituation festgestellten Problems und wird qualitativ beschrieben.
- Vorgehen und Ergebnis: Hier geht es um das konkrete Vorgehen, den Ablauf, den Leitfaden oder auch die Prozessbeschreibung inkl. Input und Output zur Umsetzung des jeweiligen Elements. Aufgrund der unterschiedlichen Zielsetzung und Inhaltsebene (z.B. Prozess, Strategie, Trainingskonzept, Organisation usw.) der einzelnen Elemente wird sich die Form der Darstellung in diesem Abschnitt jeweils unterscheiden. Im Anschluss an die Beschreibung des jeweiligen Vorgehens wird das konkrete Ergebnis beschrieben, das auf die qualitativ formulierte Zielsetzung bezieht. In diesem Abschnitt wird auf die Ansätze aus der Verbindung des SE-Konzepts mit dem PQM (Kapitel 4) Bezug genommen.
- Rollen: Auf Basis des zuvor beschriebenen Vorgehens werden die Rollen und deren Beteiligung an der konkreten Umsetzung des jeweiligen Elements erläutert. Der Begriff „Rolle“ wird in dieser Arbeit wie folgt definiert: eine Rolle wird durch ihre Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortungen beschrieben. Hier wird vorausgesetzt, dass die jeweilige Rolle zur Durchführung ihrer zugeteilten Aufgaben mit ausreichend Kompetenzen und Verantwortung ausgestattet ist. In diesem Abschnitt wird der Fokus auf den Aufgaben und der Art der Verantwortung liegen. Die Art der Verantwortung kann dabei hauptverantwortlich (im Weiteren nur noch verantwortlich genannt), durchführend und/oder mitwirkend sein. Der Abschnitt orientiert sich stark an der Darstellungsform des vorhergehenden Abschnitts.
- Methoden und Werkzeuge: Sofern vorhanden, werden in diesem Abschnitt Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung bzw. Vereinfachung der Umsetzung des Elementes beschrieben. Wenn keine Methoden oder Werkzeuge existieren, werden grobe Anforderungen an diese bzw. die notwendigen Voraussetzungen für diese aufgeführt. Auch hier werden Beispiele aus der Praxis herangezogen.
- Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren: Dieser Abschnitt dient der Zusammenfassung der Ausgangssituation, der Zielsetzung, des Vorgehens, der Rollen und Verantwortung sowie der beschriebenen Methoden und Werkzeuge. Dabei wird das Vorgehen inkl. Ergebnisse und der Rollen und Verantwortung in einer SIPOC (Supplier - Input - Process - Output - Customer) Darstellung zusammengefasst (Abb. 5.8). Die SIPOC-Analyse entstammt der „Define-Phase“ des Six Sigma Ansatzes und wird in der Regel als Instrument zur Aufnahme der zu betrachtenden Prozesse und der potenziellen Projektteilnehmer eingesetzt. Diese Methode ist Bestandteil der Ansätze zur Prozessanalyse und stellt sicher, dass die Forderungen der Kunden berücksichtigt werden.⁸⁹ Dazu werden zu jedem Prozessschritt der notwendige Input inkl. des Lieferanten und der resultierende Output inkl. des Kunden beschrieben. Jeder Prozessschritt wird in Aktivitäten detailliert. Darüber hinaus wird festgehalten, welche Rollen für den Prozessschritt verantwortlich, durchführend oder mitwirkend sind.

⁸⁹ Pfeifer et al. 2007, S. 256

#	Input [von Lieferant]		Prozessbeschreibung / Aktivitäten [V: Verantwortlich; D: Durchführend; M: Mitwirkend]		Output [an Kunden]
1	-Input [von Lieferant]	▷	Prozessbeschreibung / Aktivitäten [V: ...; D: ...; M: ...]	▷	-Output [an Kunden]
2	~...	▷	... [V: ...; D: ...; M: ...]	▷	~...
3	~...	▷	... [V: ...; D: ...; M: ...]	▷	~...
...	~...	▷	... [V: ...; D: ...; M: ...]	▷	~...

Abb. 5.8: SIPOC-Darstellung (Supplier-Input-Process-Output-Customer) (nach Pfeifer et al.)

Darüber hinaus werden Erfolgsfaktoren für die Umsetzung des jeweiligen Elements der Prävention beschrieben. Diese können sich z.B. auf organisatorische, prozessuale, projektbezogene, menschliche, kulturelle, technische oder auch zeitliche Aspekte beziehen. Diese Erfolgsfaktoren stellen eine Art Kompass zur effektiven und effizienten Umsetzung des jeweiligen Elements dar und resultieren aus den Praxiserfahrungen des Autors aus Beratungsprojekten. Aufgrund der inhaltlichen Vernetzung der sechs Elemente können sich die Erfolgsfaktoren zum Teil überschneiden.

5.5 Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen

Gemäß der Einordnung der zentralen Elemente in der frühen Phase der Entwicklung (Abb. 5.6) ist dieses Element dem QM bzw. den Managementprozessen zuzuordnen.

5.5.1 Ausgangssituation für Element 1

Auf Basis der Erfahrungen des Autors ist die Matrix-Organisation in heutigen Hochtechnologiebranchen und -unternehmen typisch (z.B. Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Transportindustrie, Maschinen- und Anlagenbau, Informationstechnologiebranche, Medizintechnik-Industrie usw.). Diese Organisationsform spiegelt sich ebenfalls in der dazugehörigen Produktentwicklung wieder. Die Matrix-Organisation ist dabei eine Mischform aus Entwicklungs- und Funktionsbereichen (z.B. Entwicklung Antrieb, Entwicklung Karosserie, Entwicklung Fahrwerk, Entwicklung Triebwerk, Entwicklung Elektrik/Elektronik usw.) und Produktbereichen (z.B. kleine Fahrzeuge, große Fahrzeuge, Lokomotiven, Waggonen, zivile Flugzeuge, militärische Flugzeuge, Kommunikationssatelliten, Wissenschaftssatelliten usw.). Hier werden Projektmanager eingesetzt, die den Entwicklungsprozess für ein Produkt, das über mehrere Entwicklungs- bzw. Funktionsabteilungen hinweg bearbeitet wird, koordinieren und steuern. Daneben gibt es dann Entwicklungsbereichsleiter, in deren Bereichen mehrere unterschiedliche Produkte gleichzeitig bearbeitet werden.⁹⁰ Die Entwicklungsbereiche sind dabei meist in Produktmodule gegliedert, in denen Modul-Varianten entwickelt werden und in den unterschiedlichen Produkten zum Einsatz kommen. Die beschriebene Matrix-Organisation in der Entwicklung ist in Abb. 5.9 grundsätzlich dargestellt.

⁹⁰ Ehrlenspiel 2009, S. 189

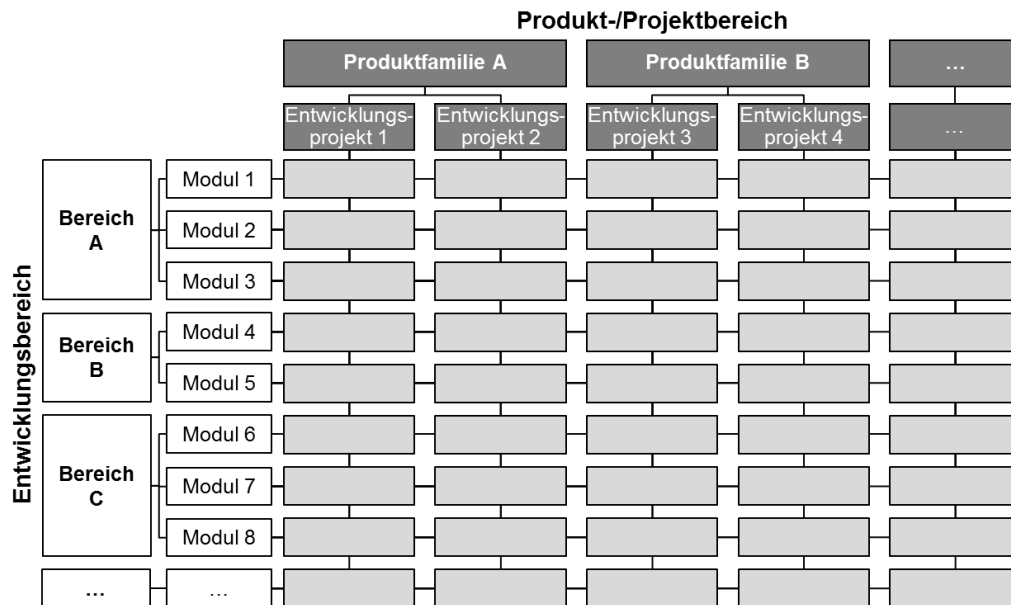


Abb. 5.9: Matrix-Organisation in der Entwicklung

Innerhalb der Entwicklungsorganisation gibt es unterschiedliche Rollen, die hier abstrahiert mit ihren, von der Hierarchie-Ebene unabhängigen, Q-relevanten Verantwortungen kurz erläutert werden:

- Produktfamilienleiter, Projektmanager
 - Verantwortungen: Entscheidet und integriert technische Lösungen und Konzepte. Entscheidet Maßnahmen zur Erreichung der Produktziele.
- Bereichsleiter, Modulleiter
 - Verantwortungen: Entwickelt technische Lösungen und Konzepte für die Entwicklungsprojekte. Erarbeitet Maßnahmen zur Erreichung der Produktziele.

Die Matrix-Organisation inkl. der Rollen und Verantwortungen wird für dieses Element und die übrigen fünf Elemente der Prävention als Referenz genutzt. D.h. die rein funktionale, rein produktbezogene oder andere Aufbauorganisationsformen werden, aufgrund der hohen Verbreitung der Matrix-Organisation in Hochtechnologie-Branchen, in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet.

Neben der Matrix-Organisation der Entwicklung gibt es in vielen Unternehmen eine „Schatten-Organisation“, die für das Thema Qualität in der Entwicklung verantwortlich ist. Diese Organisation besteht aus Q-Verantwortlichen, die die Entwicklungs-Verantwortlichen in der Matrix-Organisation doppeln. D.h. jedem Bereichs-, Modul-, Produktfamilien-, Projektverantwortlichen und Entwickler steht ein Q-Verantwortlicher zur Seite, der für den jeweiligen Umfang die Erreichung der Q-Ziele steuert bzw. den Entwickler dahingehend berät. Diese „Schatten-Organisation“ ist in Abb. 5.10 schematisch dargestellt.

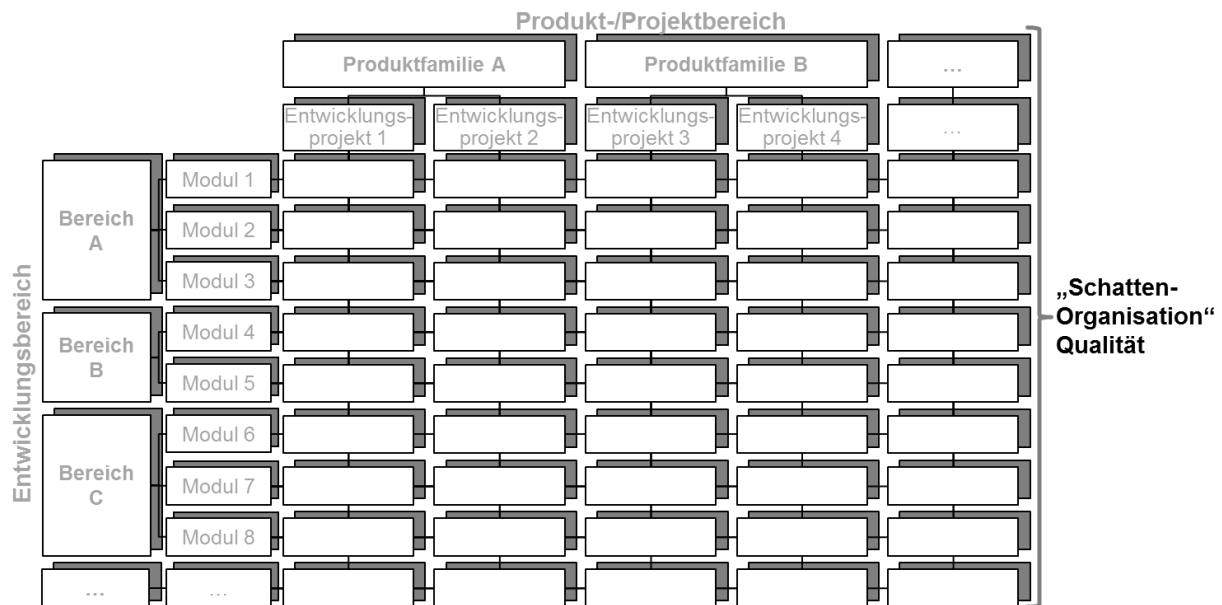


Abb. 5.10: "Schatten-Organisation" Qualität in der Entwicklungs-Organisation

Neben dieser Q-Organisation in der Entwicklung gibt es meist noch einen zentralen Q-Bereich bzw. eine zentrale Q-Abteilung, die außerhalb der Entwicklung angesiedelt ist und neben dieser die Qualität in beispielsweise Einkauf, Produktion und Vertrieb übergreifend steuert bzw. die Mitarbeiter in Qualitätsfragen berät. Daraus resultieren zwei unterschiedliche Ausprägungen der „Schatten-Organisation“ Qualität, die sich aus den organisatorischen Verantwortungen ergeben. So kann die Q-Organisation entweder organisatorisch den jeweiligen Entwicklungsbereichen und Produktbereichen oder dem zentralen Q-Bereich zugeordnet sein. Aus diesen Ausprägungen ergeben sich drei unterschiedliche Varianten der Q-Organisation in der Entwicklung:

- Variante 1: Die Q-Organisation ist integraler Bestandteil der Entwicklungs-Organisation, d.h. jeder Entwicklungs-Verantwortliche ist auch für die Q-Zielerreichung verantwortlich.
- Variante 2: Die Q-Organisation ist eine „Schatten-Organisation“ der Entwicklung, dieser jedoch organisatorisch zugeordnet. Jedem Entwicklungs-Verantwortlichen steht also ein Q-Verantwortlicher zur Seite, der organisatorisch der Entwicklung angehört und die Q-Zielerreichung steuert bzw. den Entwickler berät.
- Variante 3: Die Q-Organisation ist eine „Schatten-Organisation“ der Entwicklung und ist organisatorisch dem zentralen Q-Bereich zugeordnet. Jedem Entwicklungs-Verantwortlichen steht also ein Q-Verantwortlicher zur Seite, der organisatorisch nicht der Entwicklung angehört und trotzdem die Q-Zielerreichung steuert bzw. den Entwickler berät.

Aus diesen drei Varianten ergeben sich unterschiedliche Ausgangssituationen insbesondere für die Q-Kultur und -Kompetenzen. Die benötigten personellen Kapazitäten werden separat behandelt. Wenn die Q-Organisation integraler Bestandteil der Entwicklungsorganisation ist (Variante 1), so ist die Akzeptanz für das Thema Qualität in der Entwicklung meist auch höher. Da der Fokus und die Kompetenz der Entwickler jedoch auf den Aufgaben und Aktivitäten der Produktentwicklung liegt, werden die Q-Methoden nur selten in einer angemessenen Weise beherrscht und angewendet. Somit ist zwar die Akzeptanz für das Thema Qualität höher und es wird auch bewusster mit erkennbaren Q-Risiken umgegangen, jedoch können diese Risiken aufgrund mangelnder Q-Methodenkompetenz meist nicht systematisch mit der notwendigen inhaltlichen Tiefe identifiziert und bearbeitet werden. Somit ist das Risiko höher, dass Themen nicht erkannt oder erst in späten Phasen entdeckt werden, in denen die Problemlösung dann entsprechend aufwändig und kostenintensiv ist (Kapitel 1.1). Existiert nun eine „Schatten-Organisation“ zur Qualität (Variante 2), so kann genau das

Entgegengesetzte beobachtet werden: hier sind die Q-Methodenkompetenz und der Umgang mit Q-Risiken bei den Q-Verantwortlichen weitaus stärker ausgeprägt. Dies hat jedoch den Nachteil, dass die Entwickler sich sehr wenig mit dem Thema Qualität auseinandersetzen und sich damit nicht identifizieren. In dieser Organisation ist die Trennung zwischen Entwicklung und Qualität stark ausgeprägt. Sie wird durch eine Zentralisierung der Q-Verantwortlichen außerhalb der Entwicklung (Variante 3) noch verstärkt. Den Q-Verantwortlichen fehlt dann oft die inhaltliche Nähe zum Produkt und der Entwicklung. Dies führt dazu, dass die Q-Verantwortlichen eine stärker steuernde Rolle einnehmen, ohne sich inhaltlich mit dem Produkt und den Risiken bzw. Problemstellungen auseinanderzusetzen. Die Varianten 2 und 3 unterscheiden sich dabei kaum.

Die Ausgangssituation und somit die Varianten der Q-Organisation sind von Unternehmen zu Unternehmen stark unterschiedlich. Aus diesem Grund werden für die weitere Beschreibung dieses Elements jeweils beide Haupt-Ausrichtungen (Variante 1: Qualität als integraler Bestandteil der Entwicklung; Variante 2 + 3: „Schatten-Organisation“ Qualität) betrachtet. Neben diesen Haupt-Ausrichtungen existieren noch diverse Mischformen, die jedoch aufgrund ihrer Komplexität und jeweiligen Unternehmens-Spezifika nicht betrachtet werden.

Neben diesen organisatorischen Rahmenbedingungen ergeben sich die bereits beschriebenen Handlungsbedarfe hinsichtlich einer „risikoaversen Entwicklungskultur“ und einer „reaktiven Ausrichtung von Kapazitäten und Kompetenzen“ (Kapitel 5.1.1).

5.5.2 Zielsetzung für Element 1

Die Zielsetzung dieses Elementes wird in drei Ziele gegliedert. Diese werden auf Basis der unterstützenden Forschungsfragen (Kapitel 5.3) und der Ausgangssituation dieses Elements wie folgt formuliert:

- Schaffung der Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für eine offene Q-Kultur mit präventiver Ausrichtung auf Management- und operativer Ebene.
- Verteilung ausreichender Kapazitäten für die zielgerichtete Durchführung präventiver Aktivitäten (z.B. Q-Risikomanagement und -Maßnahmenableitung) in der frühen Phase.
- Ausstattung der Kapazitäten bzw. Q-Rollen in der frühen Phase mit den notwendigen präventiven Kompetenzen (Q-Methodenwissen) zur effektiven und effizienten Ausübung der präventiven Aktivitäten.

5.5.3 Vorschlag für Vorgehen und Ergebnis hinsichtlich Element 1

Zur Schaffung einer präventiven Q-Ausrichtung der Kultur, der Kapazitäten und Kompetenzen kann aufgrund der formulierten Ausgangssituation, der Zielsetzung und der Erfahrungen des Autors die Umsetzung von vier wesentlichen aufeinander folgenden Punkten empfohlen werden (Abb. 5.11):

1. Die Zuordnung einer positiven Q-Kultur zu den subjektiven Aspekten der Zielformulierung wurde bereits im Kapitel 4.2.1 vorgenommen. Die Q-Kultur und die strategischen Vorgaben des Unternehmens beeinflussen wiederum die Wertvorstellungen und Interessen der Führungskräfte (Management-Ebene) und Mitarbeiter (operative Ebene). Die strategischen Vorgaben im Zusammenspiel mit Q-Kultur sollten somit als ein wesentlicher Stellhebel zur Schaffung und Stärkung einer positiven und präventiven Q-Kultur berücksichtigt werden. Ohne diese Voraussetzung sind die in den weiteren Kapiteln beschriebenen Elemente der Prävention nahezu wirkungslos.
2. Um neben diesen grundsätzlichen Richtungsvorgaben eine positive Q-Kultur im Management und auf der operativen Ebene zu etablieren und Q-Akzeptanz bzw. Q-Bewusstsein zu schaffen, sollte die Aufmerksamkeit auf das Thema Qualität gelenkt werden. Auf die Wichtigkeit der Q-Akzeptanz bzw. des Q-Bewusstseins wurde bereits im Teil-Schritt Anstoß

der Phasengliederung und des Problemlösungszyklus (Kapitel 4.1.2) innerhalb des SE-Konzepts hingewiesen. Um eine Q-Akzeptanz bzw. Q-Bewusstsein zu schaffen, sollte sowohl in der Breite in Richtung aller Beteiligten als auch fokussiert in Richtung der direkten Zielgruppe kommuniziert werden. Die Breiten-Kommunikation kann in diesem Schritt beispielsweise über Infoveranstaltungen oder Dialogrunden erfolgen.

3. In vielen Fällen sind die Kapazitäten für die Prävention jedoch in der reaktiven Q-Arbeit gebunden (Kapitel 5.1.1), was wiederum eine Umverteilung bzw. Erhöhung bestehender Kapazitäten notwendig macht. Deshalb sollten ausreichend Kapazitäten für die operative Umsetzung präventiver Q-Methoden geplant und damit die Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung gestärkt werden.
4. Eine Fokus-Kommunikation bzw. Trainings zum Kompetenzaufbau sollten in Form von konkreten Q-Methodentrainings oder über Q-Ergebnis-Workshops (Erarbeitung initialer Projektergebnisse anhand von Q-Methoden) erfolgen. Die fokussierte Kommunikation und der präventive Kompetenzaufbau erfordert jedoch eine klar abgegrenzte Zielgruppe, die die präventiven Q-Methoden anschließend auch effektiv in der frühen Phase anwenden kann. Diese Zielgruppe muss somit bereits vor dem Kompetenzaufbau definiert und in ausreichender Stärke vorhanden bzw. mit Kapazitäten ausgestattet sein.

Das empfohlene Vorgehen zur präventiven Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen ist in Abb. 5.11 schematisch dargestellt.

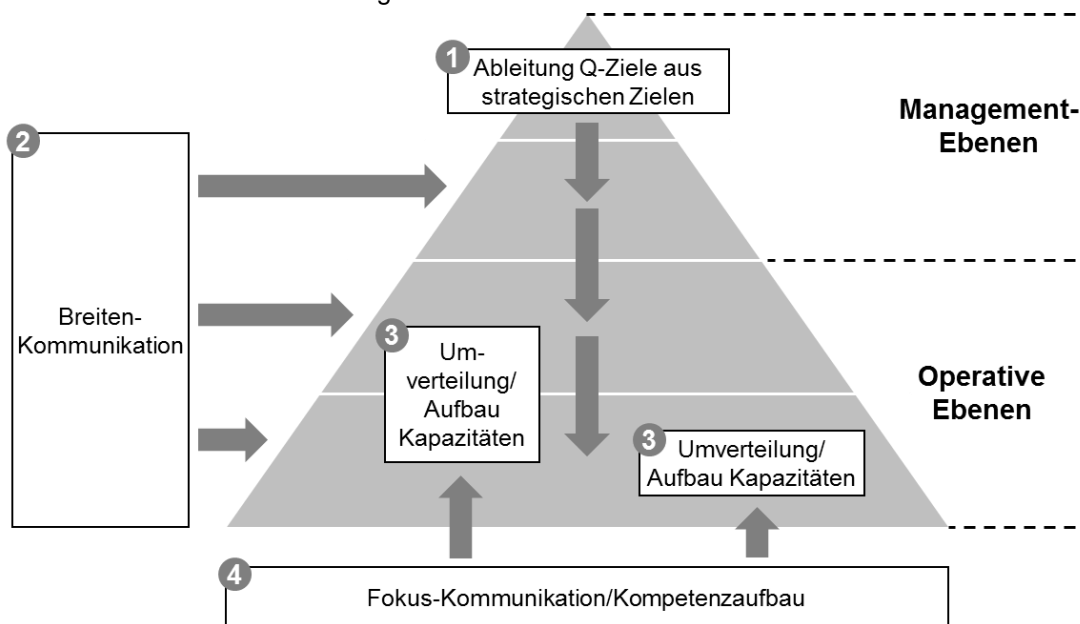


Abb. 5.11: Vorschlag für Vorgehen zur präventiven Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen (Element 1)

Das Vorgehen über die vier aufeinander folgenden Schritte geht von der Annahme aus, dass weder die Q-Kultur, die -Kapazitäten noch die -Kompetenzen präventiv ausgerichtet sind. Die Schritte bzw. Stellhebel können jedoch auch separat und unabhängig von einander umgesetzt werden. Wenn Teile oder sogar alle Stellhebel im Unternehmen bereits bewegt wurden, kann ggf. eine Anpassung bzw. Verstärkung notwendig sein. Die einzelnen Schritte werden im Folgenden detailliert beschrieben.

1. Ableitung von Q-Zielen aus strategischen Zielen des Top-Managements

Zunächst sollten aus der strategischen Ausrichtung des Unternehmens die strategische Q-Ausrichtung abgeleitet werden. Die beiden Ausrichtungen müssen dabei miteinander harmonieren. So wird z.B. ein Automobilhersteller aus dem Premiumsegment eher die Themen Anmutung, Komfort und Sicherheit in den Fokus stellen. Dagegen wird ein Hersteller von Kommunikationssatelliten nicht die

Anmutung, sondern eher die Zuverlässigkeit, Robustheit und Langzeitqualität in der strategischen Zielsetzung verankern. Hier sollte ein widerspruchsfreier Zustand im Kontext des Gesamt-Zielsystems (Abb. 4.9) angestrebt werden.

Im Folgenden werden die SE-Ausführungen zur Zielformulierung (Kapitel 4.1.2) auf die Formulierung von Q-Zielen angewandt. Zunächst sollten für die strategischen Q-Ziele Messgrößen definiert werden, welche die Messung bzw. die Beurteilung der Erfüllung der vorgegebenen strategischen Q-Ziele ermöglichen. Hier sollte eine klare Entscheidung getroffen werden, ob interne Messgrößen (z.B. Gewährleistungskosten, Fehlerraten bei der Absicherung usw.) und/oder externe Messgrößen (z.B. negative Kundenrückmeldungen, Studien von Behörden, Kundenumfragen usw.) herangezogen werden. Die Entscheidungskriterien Datenqualität (inkl. statistische Relevanz, Konsistenz, Fehleranfälligkeit) und Datenverfügbarkeit (inkl. Lieferzeitpunkten, -umfang, Beschaffungskosten) sollten detailliert bewertet werden.

Wenn die Messgröße festgelegt ist, erfolgt der Schritt der operationalen Zielableitung. Hier sollte anhand der Messgröße und unter Betrachtung einer Vergleichsbasis die Höhe des Q-Ziels bestimmt werden. Als Vergleichsbasis kann dabei grundsätzlich der Vergleich (Einzelbetrachtung oder Durchschnitt) mit eigenen Produkten oder den Produkten des Wettbewerbs herangezogen werden, z.B. „10% besser als der Vorgänger“, „besser als das beste Produkt der letzten 5 Jahre“, „besser als der Produkt-Durchschnitt“, „10% besser als das direkte Wettbewerbsprodukt“, „besser als das beste Produkt im gesamten Segment“ oder „bestes Produkt aller Zeiten“ (Kapitel 4.1.2, Problemlösungszyklus als Mikro-Logik, Zielformulierung). Hier muss auch die Unternehmensstrategie berücksichtigt werden: so ist z.B. für einen Premiumhersteller der Automobilindustrie die Vorgabe „im Industriedurchschnitt“ nicht geeignet. Ebenso wenig für einen Flugzeughersteller „1% Ausfallrate in der gesamten Flotte“, was einen erheblichen Personen- und Imageschaden nach sich ziehen würde. Neben den strategischen Aspekten ist die realistische Erreichbarkeit des jeweiligen Ziels ein entscheidender Punkt: ist diese nicht gegeben, so sinken die Akzeptanz des Q-Ziels und die Motivation innerhalb des Unternehmens bzw. bei den Mitarbeitern, dieses zu erreichen.

Anschließend sollte die Verteilung der Q-Ziele erfolgen. Dazu ist zwingend zu betrachten, welche Unternehmenseinheiten die jeweiligen Ziele beeinflussen können. So kann z.B. eine Entwicklungsabteilung die Servicequalität im Vertrieb nur geringfügig beeinflussen. Genauso wenig wie eine Finanzabteilung die Montagefehler bzw. die Nacharbeit in der Produktion beeinflussen kann. Hier wird empfohlen, ein Q-Ziel über mehrere Bereiche zu verteilen, so dass es nur unter dem Zusammenwirken dieser Bereiche zu erreichen ist. So kann das Bereichsdenken zum Thema Qualität aufgebrochen und eine gemeinsame Q-Zielbearbeitung erreicht werden, die sich wiederum positiv auf die Q-Kultur auswirken kann. Neben dieser horizontalen Zielverteilung sollten die Q-Ziele ebenfalls vertikal verteilt werden. Diese vertikale Verteilung soll nach dem SE-Vorgehensprinzip „Vom Groben zum Detail“ (Kapitel 4.1.2) erfolgen. Dabei ist zwingend zu beachten, dass für das jeweilige Q-Ziel über die jeweiligen hierarchischen Ebenen (Organisation und Produkt) die Ziel-Beziehung „Unterstützung“ gilt. Die Beziehungen „Unabhängigkeit (Indifferenz)“, „Zielkonkurrenz (Gegenläufigkeit)“ und „Zielkonflikt (Widerspruch)“ sind zu vermeiden. Für die Matrix-Organisation in der Entwicklung (Abb. 5.9) bedeutet dies, dass die jeweiligen Q-Ziele sowohl auf alle Entwicklungsbereiche und Module als auch Produktfamilien und Entwicklungsprojekte heruntergebrochen werden, so dass die Entwicklungsorganisation als Ganzes für die Erreichung des jeweiligen Q-Ziels verantwortlich ist und gemeinsam daran arbeitet.

Ergebnis dieses Schrittes „Ableitung von Q-Zielen aus strategischen Zielen des Top-Managements“ sollte ein Q-Zielsystem sein, welches aus der Unternehmensstrategie abgeleitet, messbar bzw. feststellbar, realistisch erreichbar, beeinflussbar und stimmig verteilt ist. Dies ist eine notwendige Rahmenbedingung und Basis für eine präventive Q-Kultur und die Anwendung der weiteren fünf

zentralen Elemente der Prävention und aller flankierenden Q-relevanten Aktivitäten im jeweiligen Unternehmen.

2. Breiten-Kommunikation in Richtung aller Beteiligten

Zunächst sollte die anzusprechende Zielgruppe inkl. der Hierarchieebene klar abgegrenzt und festgelegt werden. Hier ist zu vermeiden, Unbeteiligte mit einzubeziehen. Dagegen sollte die Gruppe der Beteiligten sorgfältig festgelegt werden. Werden hier Beteiligte nicht berücksichtigt bzw. vergessen, kann dies negative Auswirkungen in Form von Nicht-Akzeptanz oder Ablehnung gegenüber dem Thema Qualität bzw. den spezifischen Inhalten haben.

Kanäle für die Durchführung der Breiten-Kommunikation können z.B. Newsletter, Info-E-mails, Ankündigungen, Infoveranstaltungen, Vorträge von Führungskräften sein. Der Nachteil dieser Formate ist, dass der jeweilige Empfänger mit Informationen versorgt wird und eine eher passive Rolle einnimmt, die wiederum zu einer inhaltlichen Distanz gegenüber dem Thema Qualität führen kann. Hier haben sich Formate wie z.B. Dialogrunden mit Führungskräften, Diskussionsplattformen, interne Messen oder Foren bewährt. Bei diesen wird die jeweilige Zielgruppe aktiv mit einbezogen und ein Dialog zugelassen bzw. gefordert.

Ergebnis dieses Schrittes sollte eine möglichst hohe Durchdringung der betroffenen Rollen bzw. Organisationseinheiten und das Verständnis (bezogen auf den jeweiligen inhaltlichen Detaillierungsgrad) der vermittelten Q-bezogenen Inhalte sein.

3. Umverteilung bzw. Aufbau der präventiven Kapazitäten

Die Notwendigkeit einer Umverteilung von bestehenden Kapazitäten resultiert aus der meist vorherrschenden reaktiven Ausrichtung der Q-Arbeit und die sich daraus ergebende Verteilung von Kapazitäten und Kompetenzen (Kapitel 5.1.1), die wiederum aus den Zusammenhängen der Problemstellung und -behebung (Abb. 2.4) getrieben wird. Aus dieser Ausgangssituation ergibt sich die in Abb. 5.12 schematisch dargestellte Kapazitätsverteilung in Bezug auf den Produktentwicklungsprozess und die sich anschließende Kundennutzung des Produktes.

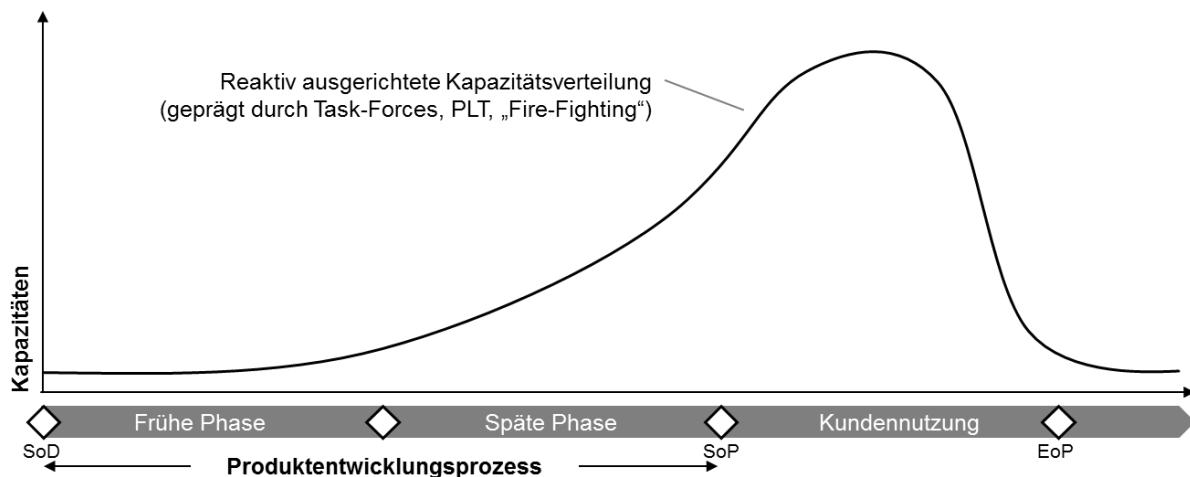


Abb. 5.12: Kapazitätsverteilung aufgrund später Fehlerbehebung

Diese Kapazitätsverteilung wird umgangssprachlich auch „Teppichfalte“ genannt, die ein Unternehmen bzw. die Entwicklung kontinuierlich vor sich herschiebt. Die reaktiv gebundenen Kapazitäten können jedoch nicht einfach abgezogen und umverteilt werden. Somit fehlen die Kapazitäten in der frühen Phase, um die Risiken bzw. Probleme in der Entwicklung zu vermeiden. Dies führt dann wiederum zu Fehlern in den späten Phasen bzw. während der Kundennutzung, für deren Lösung dann wieder reaktive Kapazitäten notwendig sind. Um diesen Kreislauf durchbrechen zu können und eine kurz- oder mittelfristige Lösung zu erzielen, sollten Zusatzkapazitäten in der

Entwicklung aufgebaut bzw. eine „Aktivierungsenergie“ aufgebracht werden. Diese werden im Folgenden als Anschub-Kapazitäten bezeichnet, da diese nach vollzogener Umverteilung wieder abgebaut werden können. Diese Anschub-Kapazitäten können dabei aus freien Kapazitäten in anderen Bereichen oder aus Fremdleistungskapazitäten stammen (der Aufbau von neuen Kapazitäten in Form von Neueinstellungen wird aufgrund des wieder stattfindenden Abbaus hier nicht betrachtet). Umverteilungen von bereits bestehenden Kapazitäten im selben Bereich oder aus anderen Bereichen sollten dabei grundsätzlich mit Umschulungsprogrammen bzw. gezieltem Kompetenzaufbau gestützt werden, um deren Effektivität sicherstellen zu können.

Ausgehend von der dargestellten Ausgangssituation (Abb. 5.12) und unter Nutzung von Anschub-Kapazitäten können drei unterschiedliche Varianten der Kapazitätsumverteilung empfohlen werden. Dabei wird die Umverteilung aus Gründen der Einfachheit hier jeweils in zwei Schritten beschrieben. Bei der ersten eher radikalen Variante sollten im ersten Schritt nahezu alle bestehenden Kapazitäten, die in der reaktiven Q-Arbeit gebunden sind, durch die Anschub-Kapazitäten ersetzt werden. Dies setzt voraus, dass die Übergabe der zu bearbeitenden Inhalte reibungslos von statten geht und die Anschub-Kapazitäten die notwendigen Kompetenzen zur Übernahme und Bearbeitung der reaktiven Themen besitzen. Die durch diese Ersetzung frei werdenden bestehenden Kapazitäten sollten nun in die frühe Phase der Entwicklung, also die Prävention umverteilt werden. Im zweiten Schritt sollten die Anschub-Kapazitäten wieder abgebaut werden. Dies setzt wiederum voraus, dass einerseits die wesentlichen reaktiven Themen nachhaltig abgearbeitet wurden und andererseits die Wirkung der präventiven Aktivitäten in Form einer Reduzierung der reaktiven Themen eintritt. Die zwei Schritte der ersten Variante der Kapazitätsumverteilung sind in Abb. 5.13 dargestellt.

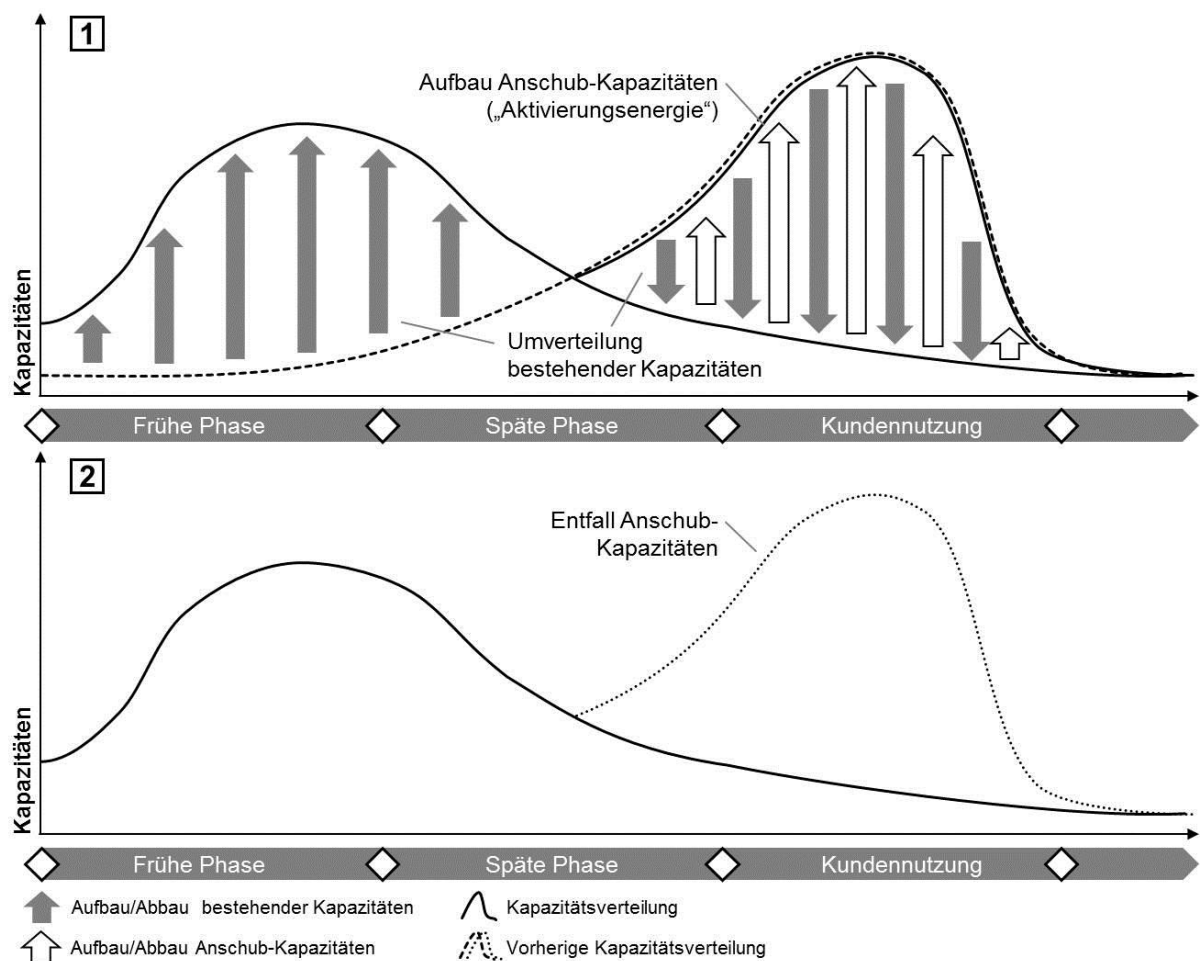


Abb. 5.13: Variante 1: Umverteilung Kapazitäten von der reaktiven Q-Arbeit zur Prävention

Die zweite Variante ist weniger radikal und unterscheidet sich von der ersten durch die gestaffelte Umverteilung der bestehenden Kapazitäten bei gleichzeitigem Aufbau der Anschub-Kapazitäten in der reaktiven Q-Arbeit und Prävention. Im ersten Schritt sollten hier die bestehenden Kapazitäten in der reaktiven Q-Arbeit nur teilweise reduziert und durch die Anschub-Kapazitäten kompensiert werden. Die so teilweise frei werdenden bestehenden Kapazitäten können in die Prävention umverteilt und dort durch zusätzliche Anschub-Kapazitäten unterstützt werden. Im zweiten Schritt sollten die restlichen noch in der reaktiven Q-Arbeit verbliebenen bestehenden Kapazitäten vollständig in die Prävention umverteilt werden. Die Anschub-Kapazitäten können nun vollständig abgebaut werden. Diese Variante stellt einen eher fließenden Übergang dar, der jedoch einer ähnlichen Größenordnung an Anschub-Kapazitäten bedarf, wie die erste Variante. Die beschriebene Variante zwei der Umverteilung der Kapazitäten ist in Abb. 5.14 veranschaulicht.

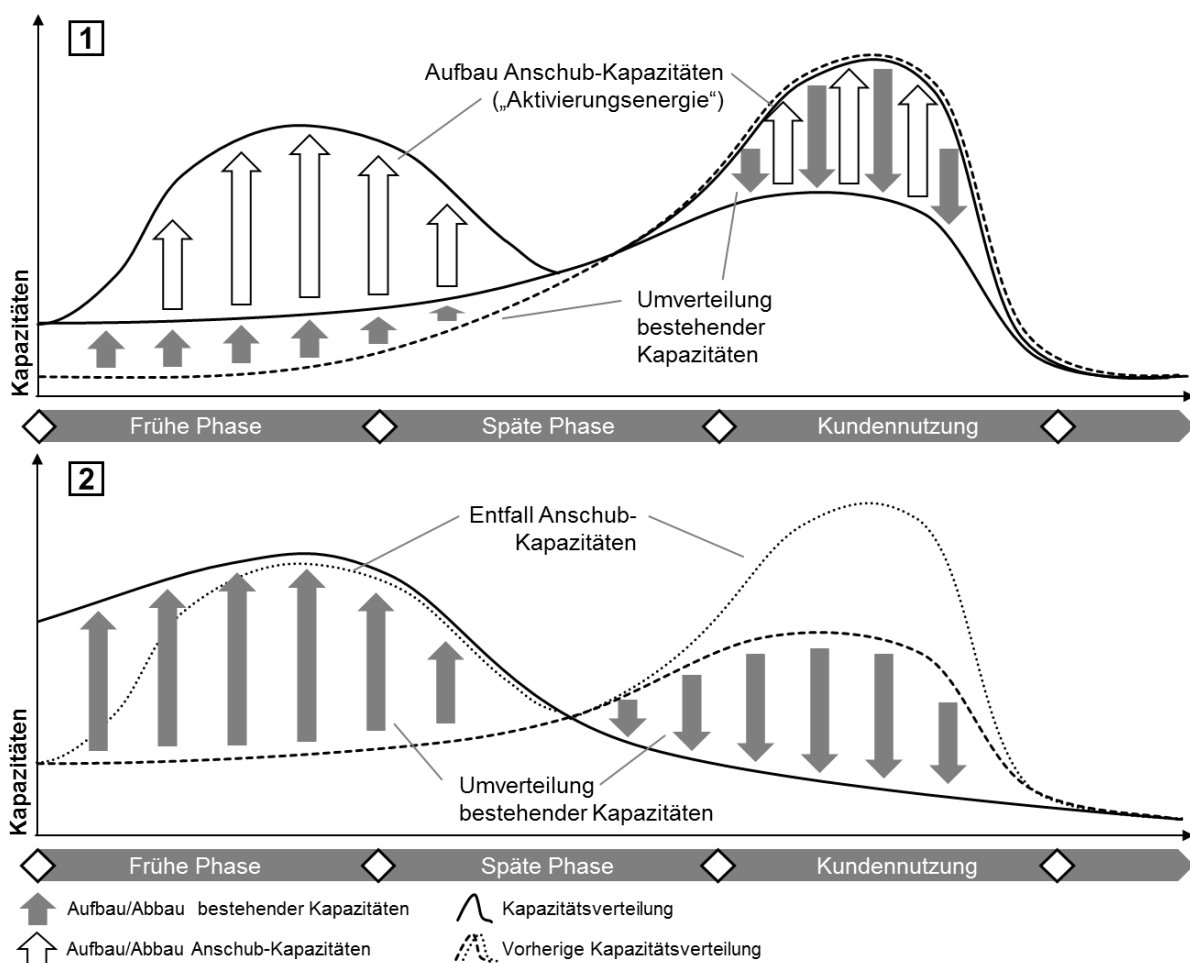


Abb. 5.14: Variante 2: Umverteilung Kapazitäten von der reaktiven Q-Arbeit zur Prävention

Für die dritte Variante werden gegenüber den vorherigen Varianten weniger Anschub-Kapazitäten benötigt. Der Unterschied ist hier, dass die im ersten Schritt abgebauten bestehenden Kapazitäten in der reaktiven Problembearbeitung nicht durch die Anschub-Kapazitäten kompensiert werden. Dies setzt allerdings eine klare Priorisierung der zu bearbeitenden reaktiven Themen voraus. Hier sollte entschieden werden, welche aktuellen Probleme nicht mehr bzw. in reduziertem Umfang bearbeitet werden. Dies birgt jedoch Risiken in Richtung der Kundenwahrnehmung, da einige Probleme auch bewusst in Kauf genommen werden müssen. Der zweite Schritt sollte dann die Umverteilung der restlichen bestehenden Kapazitäten aus der reaktiven Q-Arbeit und den vollständigen Abbau der Anschub-Kapazitäten in der Prävention beinhalten. Diese Variante ist inkl. der zwei Schritte nachfolgend aufgeführt (Abb. 5.15).

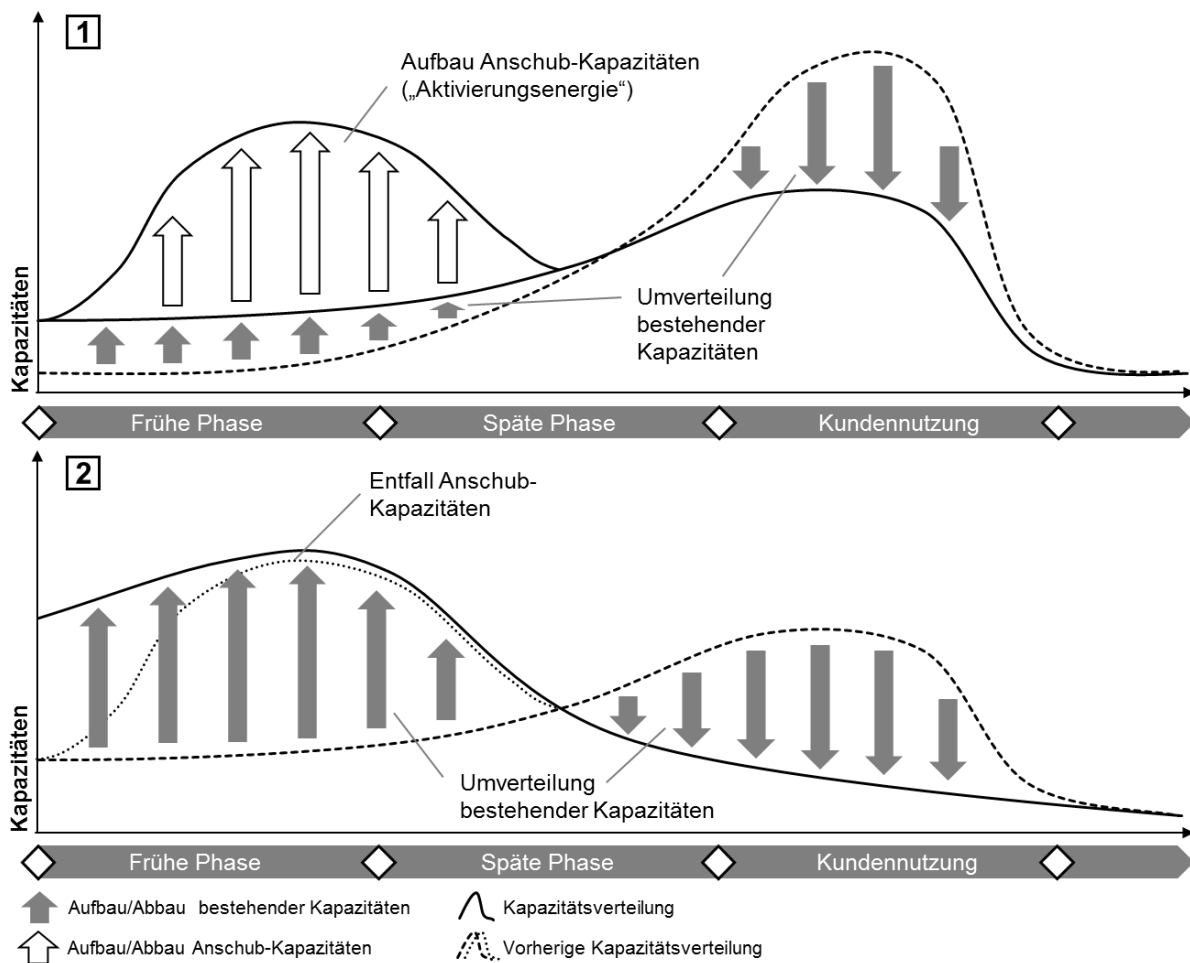


Abb. 5.15: Variante 3: Umverteilung Kapazitäten von der reaktiven Q-Arbeit zur Prävention

Diese drei empfohlenen Varianten sollen grundsätzliche Möglichkeiten einer Kapazitäts-Umverteilung von der reaktiven Q-Arbeit in die Prävention darstellen und sollten als Modelle betrachtet werden. Neben diesen drei aufgeführten Varianten sind weitere Mischformen denkbar, die unternehmensspezifische, produktspezifische oder politische Rahmenbedingungen (Vorschriften für Eigen- und Fremdleistung) berücksichtigen. Der wesentliche zeitlich begrenzende Faktor für die aufgezeigten Varianten ist die Dauer des Entwicklungszyklus. Die Dauer des Entwicklungszyklus verzögert die Wirkung von präventiven Aktivitäten, da diese erst am realisierten Produkt nachgewiesen werden können. Somit können auch erst dann die reaktiven Kapazitäten ohne Risiko abgebaut werden. Eine vorausschauende Umverteilung von Kapazitäten könnte bei einem Wirkungsnachweis vor der Produkt-Realisierung in der späten Phase bzw. nach Start der Produktion erfolgen. Dieser Wirkungsnachweis kann z.B. über Q-Prognosen dargestellt werden (Kapitel 5.7). Ergebnis dieses Schrittes sollte die vom jeweiligen Unternehmen bzw. jeweiligen Produktentwicklung abhängige optimale Verteilung zwischen präventiven und reaktiven Kapazitäten sein, so dass unter angemessenem Mitteleinsatz die gesteckten Q-Ziele erreicht werden.

4. Fokussierte Kommunikation bzw. der Kompetenzaufbau bei Q-Verantwortlichen

Auch hier sollte die Zielgruppe inkl. der Hierarchieebene klar und sorgfältig festgelegt werden. Die Zielgruppe sollte alle Verantwortlichen, Durchführenden und Mitwirkenden für den jeweiligen Q-bezogenen Inhalt, Q-Prozesse bzw. -Methoden umfassen. Die Kommunikation muss hier stark empängerorientiert und fokussiert stattfinden.

Bei diesem Vorgehen sind zwei Stoßrichtungen zu unterscheiden. Zum einen die fokussierte Kommunikation von Informationen und zum anderen das gezielte Training bzw. der Kompetenzaufbau zu bestimmten Q-Prozessen und -Methoden. Ersteres sollte ähnlich wie bei der Breiten-Kommunikation durch Formate wie z.B. Dialogrunden mit Führungskräften, Diskussionsplattformen, interne Messen oder Foren, die den Empfänger aktiv mit einbeziehenden, geschehen. Hier sollten aber im Unterschied zur Breiten-Kommunikation Detail-Informationen zu spezifischen Q-Themen, -Prozessen und -Methoden vermittelt werden.

Neben Standard-Trainings bzw. -Schulungen für Q-Prozesse und -Methoden, die eher aus Frontalvorträgen mit Praxisanteilen bestehen, soll hier eine wesentlich praxis- und ergebnisorientiertere Format erläutert werden: „Q-Ergebnis-Workshops“. Dieses workshop-basierte Format zum Kompetenzaufbau hat einen Praxisanteil von ca. 80%. D.h. der Theorieteil, in dem der jeweilige Q-Prozess oder die -Methode erläutert wird, kann eher als Impulsvortrag verstanden werden. Daran schließt sich der Praxisteil an, innerhalb dessen der jeweilige Q-Prozess und -Methode mit Inhalten aus dem aktuellen Entwicklungsprojekt unter Anleitung eines Moderators zur realen Anwendung kommen sollte. Ziel sollte dabei sein, dass am Ende des Workshops konkrete Projektergebnisse vorliegen, die anschließend weiterbearbeitet bzw. -verwendet werden können. Somit bildet die Arbeit im Workshop die originäre Entwicklungs- bzw. Q-Arbeit des jeweiligen Verantwortlichen ab, was wiederum Synergiepotentiale hebt.

An dieses Format lässt sich noch ein weiteres unkonventionelles Format ankoppeln: Die „Q-Prozess- bzw. -Methoden-Sprechstunde“. Hier sollte der jeweilige Prozess- bzw. Methoden-Verantwortliche oder -Durchführende in einem festgelegten Zeitrahmen seine Fragestellungen, Probleme oder auch Verbesserungsvorschläge mit einem Q-Prozess bzw. -Methoden-Coach diskutieren können. Dies ist als Nachsorge zur Fokus-Kommunikation, Schulungen oder Workshops zu verstehen, um die Q-Prozess bzw. -Methoden-Anwendung begleiten bzw. sicherzustellen zu können. Aufgrund dieser Zielsetzung sollten die Sprechstunden im Idealfall durch den jeweiligen Prozess- bzw. Methoden-Eigner geleitet werden, der für die flächendeckende und konsequente Anwendung und Weiterentwicklung der jeweiligen Q-Prozesse bzw. -Methoden verantwortlich ist.

Ergebnis dieses Schrittes sollte sein, dass alle an einem Q-Prozess bzw. einer Q-Methode beteiligten Rollen die Kompetenz aufweisen und diese in ihrem Verantwortungsrahmen (verantwortlich, durchführend oder mitwirkend) effektiv und effizient zur Erreichung der Q-Ziele anwenden.

5.5.4 Rollen für Element 1

Anhand der in Abb. 5.11 dargestellten vier Schritte lassen können die notwendigen Rollen und deren Beteiligung beschrieben werden. Dabei sind insbesondere die Kommunikationsaktivitäten, der Kompetenzaufbau und die Kapazitätsumverteilung stark abhängig von den unterschiedlichen Varianten der Q-Organisation (Kapitel 5.5.1). D.h. hier sollte bei Auswahl der Zielgruppe die jeweilige Q-Organisation innerhalb der Entwicklung als Empfänger bzw. Betroffene zwingend berücksichtigt werden.

Gesamthaft sollte das Top-Management bzw. die Unternehmensleitung für dieses Element (Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen) in der Verantwortung stehen. Für die Durchführung sollte jedoch eine Organisationseinheit verantwortlich sein, der es möglich ist, quantitativ messbare, realistisch erreichbare Q-Ziele herzuleiten und diese horizontal zu verteilen. Die Q-Zielherleitung sollte dabei im engen Austausch und Abstimmung mit der Unternehmensleitung geschehen. In vielen Unternehmen ist es üblich, dass die Herleitung durch den zentralen Q-Bereich getätigt wird. Die vertikale Q-Zielverteilung kann dabei auch durch diese vorgenommen werden. Hier ist jedoch das Mitwirken der Organisations- und Produkthierarchie gefragt, da diese die jeweiligen Strukturen (Organisation, Produkt) im Detail kennen. Nur mit dieser Kenntnis lassen sich unterstützende Q-Ziele ableiten, was wiederum im Interesse derjenigen liegt, die für die Erreichung

der Ziele verantwortlich sind. Je nach Q-Organisationsform sollten die Entwickler (Kapitel 5.5.1, Variante 1) und/oder die Q-Verantwortlichen (Kapitel 5.5.1, Variante 2 + 3) für die Zielerreichung verantwortlich sein.

Für die Breitenkommunikation sollte ebenfalls die Unternehmensleitung in der Gesamtverantwortung stehen, da diese auch für die Erreichung der Q-Ziele im Kontext der Unternehmensstrategie verantwortlich ist. Die Zuordnung der Durchführung und Mitwirkung an der Breiten-Kommunikation ist sehr unternehmensspezifisch. Wichtig sind hier im Wesentlichen die Festlegung der Zielgruppe und die Sicherstellung kommunikationsfähiger Inhalte.

Die adäquate Verteilung der präventiven und reaktiven Kapazitäten im Entwicklungsprozess sollte in der Verantwortung der Entwicklung liegen. Da sich diese Verteilungen je nach Projekt- und Produktbereich unterscheiden kann und den Kernprozess der Entwicklung betreffen, sollte dies durch die jeweiligen Produktfamilienleiter bzw. Bereichsleiter verantwortet werden. Diese Umverteilung sollte durch die Steuerungsstellen der jeweiligen Bereiche unter Mitwirkung der betroffenen Projekt- und Modulleiter (Abb. 5.9) durchgeführt werden. Mitwirkend bzw. beratend können hier auch die jeweiligen Q-Verantwortlichen der Organisationsform sein.

Der Aufbau der präventiven Kompetenzen sollte je nach Varianten der Q-Organisation (Kapitel 5.5.1) in der Verantwortung der Entwicklungs- oder Q-Organisation und deren Unterstruktur liegen. Die Durchführung hängt vom jeweiligen Format ab, die Mitwirkung sollte jedoch klar bei den Rollen bzw. der Zielgruppe liegen, bei denen die präventiven Kompetenzen aufgebaut werden sollen.

5.5.5 Methoden und Werkzeuge für Element 1

Als unterstützendes Werkzeug kann für die Ableitung der Q-Ziele aus den strategischen Zielen die Methode der Balanced Score Card genutzt werden. Die Balanced Score Card ermöglicht eine Ausgewogenheit der Darstellung und Berichterstattung über Kennzahlen, die mit Zielen verbunden und aus der Vision und Strategie des Unternehmens systematisch abgeleitet werden. Dabei stehen finanzielle und nicht finanzielle Leistungen nicht nur einfach nebeneinander, sondern ergänzen sich gegenseitig. Die Vision, Mission und Strategie des Unternehmens bilden den Ausgangspunkt, um schrittweise die wichtigsten Ziele, Kennzahlen und Vorgaben für die einzelnen Perspektiven Top-Down abzuleiten.⁹¹

Um eine Breiten-Kommunikation zu planen, zu koordinieren und durchzuführen sind Kommunikationspläne ein effektives Hilfsmittel. Darin werden Zielgruppen und Personenanzahl je Zielgruppe festgelegt (An wen muss kommuniziert werden?) und die jeweiligen Kommunikationsumfänge auf Zielgruppen heruntergebrochen (Was muss an wen kommuniziert werden?). Auf dieser Basis erfolgt dann bedarfsorientiert die Auswahl der erforderlichen Kommunikationsmaßnahmen (Wie wird kommuniziert?) und die organisationsübergreifende Koordination der Umsetzung (Wer übernimmt die Kommunikation?).

Für die Umverteilung der Kapazitäten von der reaktiven Q-Arbeit in die Prävention der frühen Phase wird keine allgemein gültige Methodik bzw. Werkzeug empfohlen. Die Umsetzung dieser Vorgehensweise ist sehr unternehmensspezifisch und hängt stark vom jeweiligen Anwendungsfall und Ausprägung ab.

5.5.6 Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren für Element 1

Die operationalisierte Beschreibung von Element 1 erfolgt, wie in Kapitel 5.4 erläutert, nachfolgend anhand einer SIPOC Darstellung in Abb. 5.11.

⁹¹ Schmitt, Pfeifer 2010, S. 519

#	Input [von Lieferant]	Prozessbeschreibung / Aktivitäten [V: Verantwortlich; D: Durchführend; M: Mitwirkend]	Output [an Kunden]
1	<ul style="list-style-type: none"> Strategische Unternehmens-Ausrichtung/-Ziele [von Unternehmensleitung] Interne/externe Quantitative Messgrößen [von zentraler Q-Bereich] Organisations-/Produktstruktur [von betroffenen Organisationseinheiten] 	<p>Ableitung von Q-Zielen aus strategischen Zielen des Top-Managements:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ableitung der strategische Q-Ausrichtung auf Basis der strategischen Ausrichtung des Unternehmens. Definition quantitativer Messgrößen für strategische Q-Ziele. Operationale Zielableitung (realistisch, erreichbar) aus den quantitativen Messgrößen. Vertikale und horizontale Verteilung der Q-Ziele (stimmig, beeinflussbar). <p>[V: Unternehmensleitung; D: zentraler Q-Bereich; M: Entwicklungs-/Produktbereiche]</p>	<ul style="list-style-type: none"> Q-Zielsystem, aus der Unternehmensstrategie abgeleitet, quantitativ messbar, realistisch erreichbar, beeinflussbar, stimmig verteilt [an Ziel-Verantwortliche]
2	<ul style="list-style-type: none"> Q-relevante Rollen [von zentraler Q-Bereich] Q-Inhalte [von zentraler Q-Bereich] 	<p>Breiten-Kommunikation in Richtung aller Beteiligten:</p> <ul style="list-style-type: none"> Klare Festlegung der Zielgruppe inkl. der Hierarchieebene. Auswahl und Vorbereitung Kommunikationsformat. Durchführung Kommunikation. <p>[V/D: zentraler Q-Bereich; M: Q-relevante Rollen]</p>	<ul style="list-style-type: none"> Newsletter; Info-E-mails; Ankündigungen; Infoveranstaltungen; Vorträge von/Dialogrunden mit Führungskräften; Diskussionsplattformen; interne Messen/Foren [an alle betroffenen Rollen]
3	<ul style="list-style-type: none"> Kapazitätsverfügbarkeit Eigenleistung/Fremdleistung [von Entwicklungs-/Produktbereich] Aktuelle Entwicklungsinhalte [von Entwicklungs-/Produktbereich] Aktuelle Risiko-/Problemlandschaft [von Entwicklungs-/Produktbereich] 	<p>Umverteilung bzw. Aufbau der präventiven Kapazitäten</p> <ul style="list-style-type: none"> Festlegung der Betroffenen und Eingriffsbereich. Auswahl Variante Umverteilung der Kapazitäten von der Reaktion zur Prävention Aufbau Anschlag-Kapazitäten („Aktivierungsenergie“) Umverteilung bestehender Kapazitäten Abbau Anschlag-Kapazitäten <p>[V/D: Entwicklungs-/Produktbereich; M: zentraler Q-Bereich]</p>	<ul style="list-style-type: none"> optimale Verteilung zwischen präventiven und reaktiven Kapazitäten [an Projektmanager, Entwicklungsbereichsleiter]
4	<ul style="list-style-type: none"> Q-Relevante Rollen [von zentraler Q-Bereich] Q-Inhalte [von zentraler Q-Bereich] 	<p>Fokussierte Kommunikation bzw. der Kompetenzaufbau bei Q-Verantwortlichen</p> <ul style="list-style-type: none"> Klare Festlegung der Zielgruppe inkl. der Hierarchieebene. Auswahl und Vorbereitung Kommunikations-/Schulungsformat. Durchführung Kommunikation. „Nachsorge“ zur Kommunikation. <p>[V/D: zentraler Q-Bereich; M: Q-relevante Rollen]</p>	<ul style="list-style-type: none"> Fokussierte Informationen über Standard-Formate (siehe oben); Standard-Trainings-/Schulungen für Q-Prozesse/-Methoden; Q-Ergebnis-Workshops; Q-Prozess/-Methoden-Sprechstunde [an Q-Verantwortliche Rollen]

Abb. 5.16: SIPOC zur präventiven Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen (Element 1)

Für eine erfolgreiche und möglichst wirksame Umsetzung dieses Vorgehens können auf Basis der Erfahrungen des Autors die nachfolgend beschriebenen Erfolgsfaktoren genannt werden.

Management-Aufmerksamkeit von Beginn an kontinuierlich auf die Prävention lenken:

- Aufbau einer hohen Q-Glaubwürdigkeit bzw. -Akzeptanz im Management durch die schnelle Erarbeitung konkret umsetzbarer und in den Projekten sichtbar, erlebbar sowie wirksamer Ergebnisse.
- Um Prävention als zentralen Stellhebel für exzellente Qualität im Unternehmen zu verankern, ist oft ein Umdenken im Management nötig. Das Management muss daher auf die Einhaltung der Q-Prozesse und -Methodenanwendung in der Entwicklung bestehen.

Eine Kultur der Offenheit aktiv fördern:

- Q-Risiken und -Probleme offen durch das Management zusammen mit den operativen Mitarbeitern thematisieren und diskutieren.
- Qualität muss nicht nur im Zielsystem verankert sein sondern auch incentiviert werden, um die Leistung von Führungskräften im Sinne der Zielerreichung messen zu können sowie deren Handeln in Richtung des Erfolgs der gesamten Unternehmung zu steuern.
- Nicht nach dem Verursacher eines Risikos suchen und diesen bestrafen, sondern den Melder eines Risikos unterstützen, fördern und ggf. incentivieren.

Problem-Vermeider und Problem-Beheber gleichermaßen wertschätzen:

- Fehler- und Wertschätzungskultur spielen eine wichtige Rolle in der Problemvermeidung und -behebung. Die Akzeptanz eines Q-Verantwortlichen steht und fällt im Allgemeinen mit seinen bewältigten Problemen. Gleichgewichtige Wertschätzung gegenüber denen, die das Problem verhindern, nicht nur gegenüber den „Helden“ die das Feuer löschen, schafft eine Kultur zur Prävention von Nicht-Qualität.

Entwicklungsprojekte grundsätzlich mit genügend Ressourcen für QA ausstatten:

- Nicht an der Qualität im Entwicklungsprojekt sparen, sondern Mittel gezielt für präventive Aktivitäten planen und einsetzen.
- Ressourcen nicht auf maximale Effizienz planen, sondern Ressourcen leicht überplanen, um Puffer für das Unerwartete zu haben und so die Einhaltung von Zeitplänen zu ermöglichen.

Langfristiges Talent- und Kernkompetenzmanagement:

- Bewusstes, langfristiges Q-Kompetenzmanagement, um die notwendigen Skills in den richtigen und kritischen Q-Kompetenzfeldern gezielt aufzubauen und diese langfristig zu stärken.
- Hohe Kompetenz des Einzelnen, in Form von fachlich und prozessual sehr gut ausgebildeten Mitarbeitern, die in interdisziplinären Zusammenarbeitsmodellen agieren und ihre jeweilige Rolle optimal ausfüllen.

5.6 Element 2: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement

Dieses Element wird aufgrund der Nähe zum Prozess- und Projektmanagement dem QM als Managementprozess innerhalb der frühen Phase der Entwicklung zugeordnet (Abb. 5.6).

5.6.1 Ausgangssituation für Element 2

Aus Sicht des Autors sind im Wesentlichen zwei prozess- und projektbezogene Aspekte in der frühen Phase der Entwicklung zu nennen, die in späteren Phasen zu Problemen führen können. Einerseits ist dies eine fehlende oder geringe Prozess- und Methodenstandardisierung und andererseits eine unzureichende Projektplanung innerhalb des jeweiligen Entwicklungsprojekts.

Eine geringe Prozessesstandardisierung in der frühen Phase ist daran zu erkennen, dass die Entwicklungs- und Q-Aktivitäten bzw. Prozesse kaum oder gar nicht beschrieben sind. Dies führt dazu, dass im jeweiligen Entwicklungsprojekt von Beginn an unterschiedlich vorgegangen wird und prozessuale Best Practices nicht berücksichtigt werden. Des Weiteren sind die Verantwortlichkeiten für die Aktivitäten bzw. Prozesse der frühen Phase oft nicht eindeutig beschrieben. Dies führt wiederum dazu, dass Ergebnisse nicht, nur auf Zuruf oder auch doppelt erarbeitet werden. Hier fehlt eine klare Strukturierung der Entwicklungs- und Q-Prozesse, die eine Voraussetzung für reproduzierbare Qualität und Prozessrobustheit darstellt.

Mit einer geringen Prozessesstandardisierung geht oft eine mangelnde Q-Methodenstandardisierung einher. Dabei ist nicht definiert, welche Standard Q-Methoden der Entwicklung zur Verfügung stehen bzw. in wie weit die Kompetenzen vorhanden sind, um diese anzuwenden. Darüber hinaus ist nicht definiert, zu welchem Zeitpunkt oder Meilenstein im Entwicklungsprozess diese Q-Methoden zur Anwendung kommen können oder müssen. So werden z.B. in vielen Unternehmen Q-Bewertungen von neuen Technologien oder Innovationen nicht flächendeckend durchgeführt, bevor diese für ein Produkt entschieden werden. Dies kann dann dazu führen, dass hinsichtlich der Q-Aspekte unreife Technologien mit sehr hohem Mitteleinsatz in späten Phasen zu einer ausreichenden Reife geführt werden müssen. Dies birgt erhebliche Risiken, da die Zeit für das Aufholen dieses Rückstands oft nicht vorhanden ist.

Mit dieser Ausgangssituation ist meist auch eine mangelhafte Projektplanung verbunden, die zeitlich oft so knapp getaktet ist, dass Iterationsschleifen in der frühen Phase nicht durchgeführt werden können. So ist kein Puffer vorhanden, um auf unvorhergesehene Problemstellungen bzw. Risiken reagieren zu können. Darüber hinaus stehen die notwendigen Ressourcen innerhalb des Projektes meist nicht zur Verfügung (Kapitel 5.5.3). Auch die Planung und Zusammensetzung von interdisziplinären Teams in der Entwicklung von komplexen Systemen ist hier ein Erfolgsfaktor (Kapitel 3.1), der jedoch leider nur selten zum Einsatz kommt.

5.6.2 Zielsetzung für Element 2

Auf Basis der beschriebenen Ausgangssituation und der formulierten unterstützenden Forschungsfragen (Kapitel 5.3) werden für das zweite Element folgende Zielsetzungen abgeleitet:

- Standardisierung und Vernetzung der Entwicklungs- und Q-Prozesse inkl. der effektiven Verankerung der Q-Methodenanwendung in den Prozessen.
- Definition der wesentlichen Bausteine und Unterstützung einer Q-orientierten Projektplanung und -organisation.

5.6.3 Vorschlag für Vorgehen und Ergebnis hinsichtlich Element 2

Um die übergeordnete Zielsetzung eines Q-orientierten Projekt- und Prozessmanagement erreichen zu können, wird die Ausführung von vier wesentlichen Schritten (Abb. 5.17) empfohlen:

1. Der Entwicklungsprozess der frühen Phase der Entwicklung sollte konkret über Inhalte, Aktivitäten und geplante Ergebnisse inkl. der dazugehörigen Verantwortung und Rollen detailliert beschrieben und definiert werden. Diese Prozessesstandardisierung ist zwingend notwendig, um einen robusten Ablauf zu gewährleisten und Produkte in gleichbleibend hoher Qualität entwickeln zu können.
2. Ein weiterer wesentlicher Bestandteil der Standardisierung des Entwicklungsprozesses sollte die Definition von Baselines sein, zu denen eine zuvor festgelegte Produktreife inkl. der dazugehörigen Entwicklungs-Ergebnisse vorliegen muss. Dazu sollten sogenannte Q-Gates und Reviews zeitlich und inhaltlich festgelegt werden. Hier ist es notwendig, die Q-Anforderungen und -Zielfelder mit zu verankern, um diese konsequent betrachten und bewerten zu können.
3. Im nächsten Schritt sollte festgelegt werden, wie die geforderten Ergebnisse zum jeweiligen Zeitpunkt erzeugt werden können bzw. welche Q-Prozesse, -Vorgehensweisen und -Methoden diese Erreichung unterstützen oder dafür notwendig sind. Hier sollte eine definierte Anzahl von Standard-Q-Methoden und -Prozessen mit konkreten Anwendungsfällen und zeitlichem Zusammenhang beschrieben werden. Diese Standardisierung soll im Weiteren bildlich als „Werkzeugkasten“ beschrieben werden, in diesem zu jedem Anwendungsfall bzw. zu jeder Problemstellung das richtige Werkzeug bereit liegt.
4. Neben der beschriebenen Standardisierung des Entwicklungsprozesses inkl. definierter Q-Gates und Reviews, der Q-Prozesse und -Methoden, ist die entwicklungsprojektbezogene Umsetzung dieser Standardisierung enorm wichtig. D.h. die standardisierten Prozesse und Methoden sollten auf das jeweilige Entwicklungsprojekt mit spezifischen Zielsetzungen angewendet werden. Hier sollte festgelegt werden, wer mit welchen Ressourcen die jeweils standardisierten Prozesse und Methoden zu welchem Zeitpunkt anwendet. Dieser letzte Schritt ist im Rahmen der Projektplanung durchzuführen.

Die vier im Überblick beschriebenen Schritte des Vorgehens zur Umsetzung des Q-orientierten Prozess- und Projektmanagements in der frühen Phase der Entwicklung sind in Abb. 5.17 veranschaulicht. Aufgrund des abgegrenzten Betrachtungsumfanges (Kapitel 2.2.2) wird die späte Phase der Entwicklung hier inhaltlich nicht näher betrachtet.

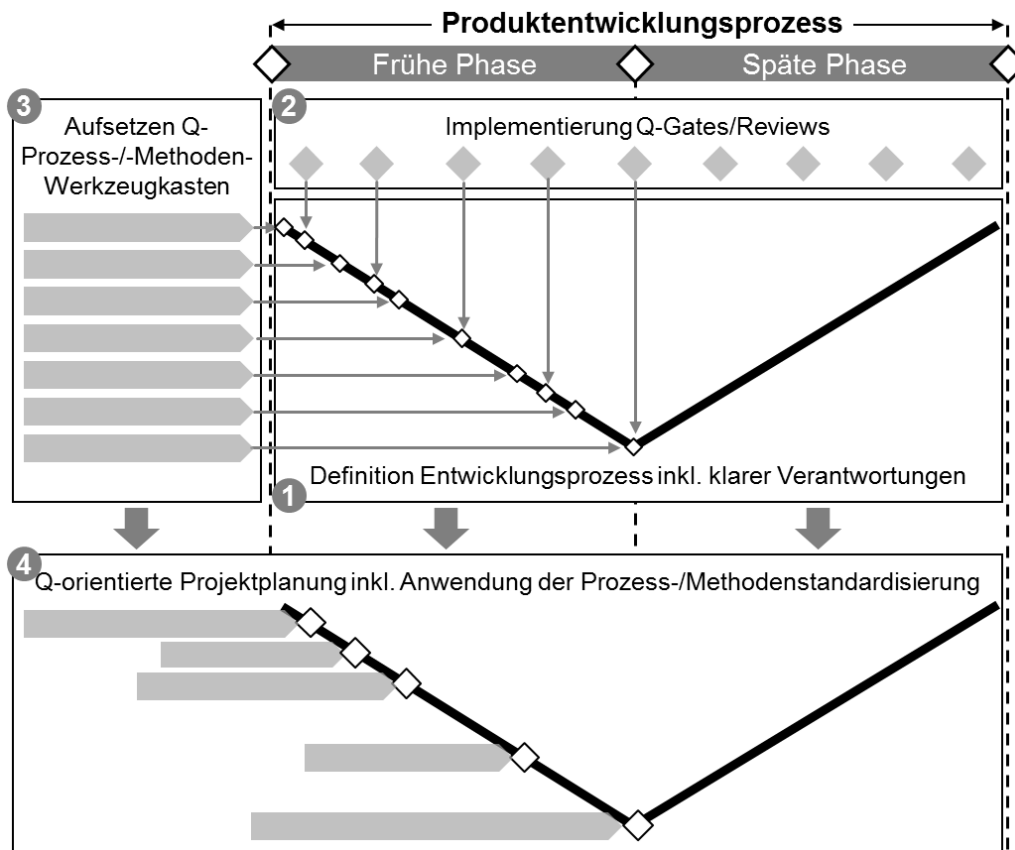


Abb. 5.17: Vorschlag für Vorgehen zur Umsetzung des Q-orientierten Prozess- und Projektmanagements (Element 2)

Dieses empfohlene Vorgehen beruht auf der Annahme, dass weder das Prozess- noch das Projektmanagement Q-orientiert ausgerichtet sind. Die Schritte sind jedoch auch separat und unabhängig voneinander umsetzbar. Z.B. sollte die Anwendung der Projektplanung auf Basis der Entwicklungs-, Q-Prozess- und Methodenstandardisierung bei Initialisierung jedes Entwicklungsprojektes erneut durchgeführt werden. Auch der aufgesetzte Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten sollte in regelmäßigen Abständen überprüft und ggf. angepasst werden. Bei bereits im Unternehmen bestehenden Prozessen und Methoden können die hier beschriebenen Schritte als Orientierung oder Kalibrierung herangezogen werden. Die vier Schritte werden nachfolgend konkreter beschrieben.

1. Definition Entwicklungsprozess inkl. klarer Verantwortungen

Hier ist es wichtig, den Entwicklungsprozess systematisch zu strukturieren und zu standardisieren. Die Prozessmodelle aus der VDI-Richtlinie 2221, die Lebenszyklen von Raumfahrt-Systemen, das V-Modell aus der VDI-Richtlinie 2206 und das allgemeine V-Modell (Kapitel 2.2.2) können für diese Strukturierung und Standardisierung als Basis genutzt werden. Diese Modelle sollten jedoch hinsichtlich der Unternehmens-, Prozess- und Produkt-Spezifika angepasst und detailliert werden. Zunächst sollten die Entwicklungsaktivitäten inhaltlich in Form von Teil-Prozessen beschrieben werden. Anschließend sollte die Festlegung der sowohl zeitlichen Abfolge und Schnittstellen der einzelnen Teil-Prozesse als auch die Festlegung und Verteilung der Verantwortungen erfolgen. Die Verantwortung dieser Teil-Prozesse sollte dabei zum einen auf Prozesseigner, die den Teil-Prozess inkl. Messgrößenerhebung, Anwenderbetreuung und Weiterentwicklung verantworten, und zum anderen auf die jeweiligen Anwender oder mitwirkenden Rollen aufgeteilt werden. Dabei müssen alle Prozessschnittstellen berücksichtigt und miteinander inhaltlich und zeitlich harmonisiert werden. Dazu gehört ebenfalls die Schnittstelle mit externen Lieferanten, da diese einen erheblichen Anteil an der

Entwicklungsleistung bzw. am Entwicklungsprozess haben können. Interne wie externe Schnittstellen bergen aufgrund der starken und zum Teil unternehmensübergreifenden Vernetzung und Kommunikation hohe Risiken. Diese Risiken können nur über die interne und externe Harmonisierung und Synchronisation der Schnittstellen und Teil-Prozesse angegangen werden. Nur so kann die Konsistenz des gesamten Entwicklungsprozesses sichergestellt werden.

Die Einhaltung des unternehmensspezifischen Entwicklungsprozesses sollte vom Management eingefordert und durch die operative Ebene gelebt werden. Dazu ist es notwendig, den gesamten Prozess und alle Teil-Prozesse verständlich zu dokumentieren und für jeden Mitarbeiter im Unternehmen zugänglich zu machen. Eine flankierende Kommunikation (Kapitel 5.5.3, Breiten- und Fokus-Kommunikation) ist hier ebenfalls sinnvoll. Nur so kann der Entwicklungsprozess als unternehmensinterner Standard und verpflichtende Vorgabe verstanden werden.

Das Ergebnis dieses Schrittes sollte ein standardisierter Entwicklungsprozess sein, der über alle internen und externen Schnittstellen hinweg synchronisiert und mit eindeutigen Verantwortungen in Richtung der Prozesseigner und Anwender versehen wurde. Dieser Prozess ist einfach und verständlich beschrieben und allen am Prozess Beteiligten bekannt gegeben.

2. Implementierung Q-Gates und Reviews

Dieser Schritt ist ein wesentlicher Teil der Standardisierung des Entwicklungsprozesses und der präventiven Q-Ausrichtung. Innerhalb des Entwicklungsprozesses sollten Baselines und Meilensteine definiert werden, zu denen eine phasenadäquate Entwicklungsreife des Produkts inkl. der Entwicklungsergebnisse vorliegen muss und bewertet wird. Diese Q-Gates bzw. Meilensteine genannten Baselines müssen zu definierten Zeitpunkten im Entwicklungsprozess durchlaufen werden. Innerhalb dieser sogenannten Q-Gates müssen die hinsichtlich der jeweiligen Produktreife definierten Anforderungen und Ziele erreicht werden. Z.B. „zu allen Kundenwünschen Anforderungen abgeleitet“, „kollisionsfreies Digital Mockup“, „erste Gewichtsabschätzungen“, „virtuelle Crashes bestanden“. Diese Anforderungen und Ziele können dabei sowohl qualitativ als auch quantitativ festgelegt werden. Die Q-Gates sind somit managementorientierte, zentrale Entscheidungs- und Synchronisationspunkte, zu denen anhand definierter Kriterien gemessen wird. Zusätzlich sollten diese Q-Gates die jeweilige Baseline bzw. Absprungbasis für die darauffolgenden Aktivitäten und Prozesse der Entwicklung darstellen. Die Abfolge solcher Q-Gates innerhalb des Entwicklungsprozesses wird schematisch inkl. der Abschnitte, in denen die jeweiligen Ergebnisse erarbeitet werden, in Abb. 5.18 aufgeführt.

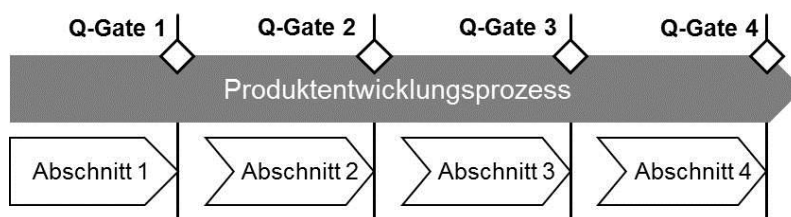


Abb. 5.18: Quality Gates im Produktentwicklungsprozess (nach Schmitt, Pfeifer)⁹³

Neben den reifeorientierten Produkthanforderungen sollten jedoch insbesondere die Q-Anforderungen und -Ziele hinsichtlich der Reduzierung der Nicht-Qualität berücksichtigt bzw. hervorgehoben werden. D.h. hinsichtlich der Qualität sollten konkrete Aussagen, Prognosen oder Messungen eingefordert werden. Liegen diese nicht vor oder liegen diese nicht im Q-Zielkorridor, so darf das Q-Gate nicht passiert werden und es ist eine Iterationsschleife inkl. Maßnahmenableitung notwendig. Diese Iterationsschleife muss zeitlich und inhaltlich detailliert geplant werden. Im Hinblick auf ein hartes Q-Gate sollten deshalb Reviews durchgeführt werden, die der Vorbereitung dieser Go bzw. No-Go Entscheidung dienen. Bei Reviews steht die Sichtung und Bewertung der zu berichtenden

⁹³ Schmitt, Pfeifer 2010, S. 155

Entwicklungsergebnisse und insbesondere die Maßnahmenableitung im Vordergrund. Das Review dient somit der Steuerung der Reife-Anflugkurve auf ein Q-Gate. In den Reviews ist es zwingend notwendig, Konsequenzen und Maßnahmen darzustellen, falls die Ergebnisse bzw. deren Qualität für das Passieren des Q-Gates nicht ausreichend sind. Aufgrund der unterschiedlichen Inhalte und Zielsetzungen sollte im Entwicklungsprozess klar zwischen Reviews und Q-Gates unterschieden werden. Die Struktur solcher Q-Gates und Reviews sollte nach Möglichkeit standardisiert sein (phasenspezifisch ggf. unterschiedlich), um verbindliche Vorgaben zu schaffen. Die grundsätzlichen festzulegenden Rahmenbedingungen für Q-Gates und Reviews sollten dabei folgende sein:

- Zielsetzung
- Termin und Zeitrahmen
- Moderator und Teilnehmer
- Ort und räumliche Erfordernisse
- Ablauf bzw. Agenda
- Hilfsmittel

Die Einordnung der beschriebenen Q-Gates und Reviews sollte entlang des Entwicklungsprozesses der frühen Phase erfolgen und insbesondere die quantifizierten Q-Ziele bzw. die konkreten Q-Anforderungen berücksichtigen. Dies ist in Abb. 5.19 zusammen mit einer beispielhaften Iterationsschleife dargestellt.

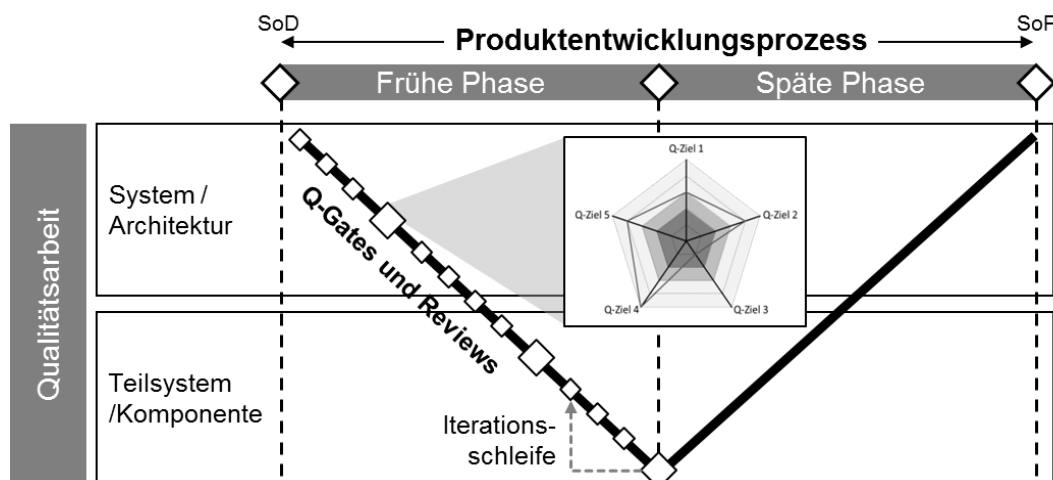


Abb. 5.19: Einordnung Q-Gates und Reviews in die frühe Phase der Entwicklung

Sollte das Q-Gate an dieser Stelle unter Auflagen doch freigegeben werden, so sollte man sich der Konsequenzen bewusst sein. Hier wird die Logik der harten Q-Gates nämlich aufgeweicht und in Richtung eines Reviews interpretiert. Daraus kann eine Abschwächung der Verbindlichkeit, Konsequenz und Härte des gesamten Entwicklungsprozesses resultieren. Hier spielt die Q-Kultur eine wesentliche Rolle (Kapitel 5.5). Ist diese eher schwach ausgeprägt, werden auch die Q-Aspekte innerhalb der Q-Gates und Reviews weniger konsequent verfolgt und Maßnahmen abgeleitet. Dies wiederum kann letztendlich zu einer geringeren Qualität des realisierten Produkts führen. Auf die Rollen-Besetzung der Q-Gates und Reviews inkl. der notwendigen Kompetenzen soll im Schritt der Projektplanung eingegangen werden.

Ergebnis dieses Schritts sollten zeitlich und inhaltlich klar festgelegte Q-Gates und Reviews sein, zu denen phasenadäquat die Entwicklungsreife des Produkts unter Berücksichtigung der Q-Anforderungen und -Ziele bewertet bzw. gemessen wird. Auf Basis dieser Bewertung bzw. Messung sollten aus Reviews konsequent Maßnahmen abgeleitet oder Iterationsschleifen zur Erreichung von Q-Gates beschlossen werden.

3. Aufsetzen Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten

Dieser Schritt bezieht sich auf die Schaffung der Voraussetzungen bzw. Befähigung zur Erreichung der Ergebnisse, die innerhalb der Q-Gates und Reviews gefordert werden. Hier sollten zunächst die Standard Q-Prozesse festgelegt werden, die notwendig sind, um die geforderten Ergebnisse erzeugen und die jeweiligen Q-Gates passieren zu können. Die Q-Prozesse sollten dabei direkt auf den definierten Entwicklungsprozessen aufsetzen und eng mit diesen verzahnt werden. Neben den Q-Prozessen sollten die notwendigen bzw. unterstützenden und befähigenden Q-Methoden ebenfalls definiert und zeitlich im Entwicklungsprozess eingeordnet und an den Q-Gates und Reviews orientiert werden. Diese Verzahnung und die zeitliche Taktung ist mit Beispielen von Q-Prozessen und -Methoden in Abb. 5.20 dargestellt.

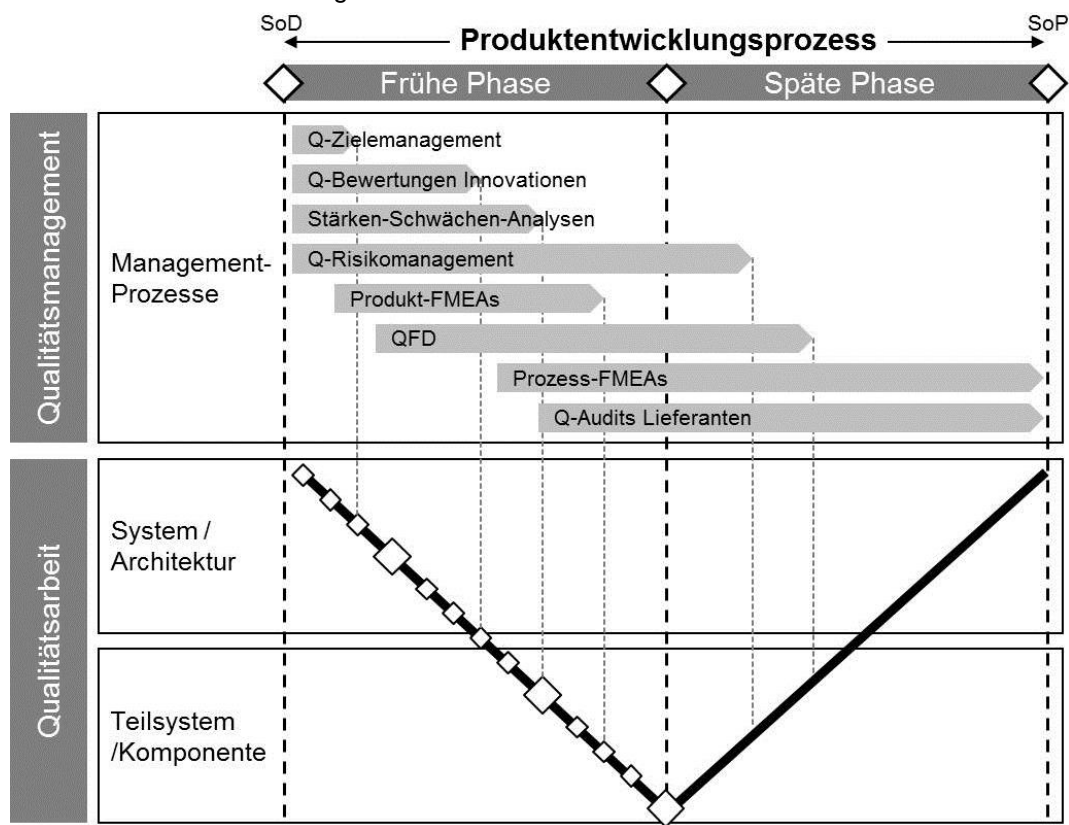


Abb. 5.20: Verzahnung Q-Prozesse und -Methoden und Entwicklungsprozess

Bei dieser Verzahnung müssen die Ergebnisse der einzelnen Q-Prozesse und -Methoden nicht zwingend erst bei Abschluss in den Q-Gates oder Reviews berichtet werden. Hier können auch Zwischenergebnisse oder Ergebnisse einer zyklischen Durchführung einfließen. Die Festlegung der Anzahl und Art der Q-Prozesse und -Methoden muss, ähnlich wie der Entwicklungsprozess, auf das jeweilige Unternehmen, die zu entwickelnden Produkte und typischen Q-Problemstellungen bzw. Risiken in der Entwicklung zugeschnitten werden. Neben der Festlegung des Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkastens ist die Anwendungsplanung inkl. der notwendigen Kapazitäten und Kompetenzen von hoher Wichtigkeit. Diese Anwendung im jeweiligen Entwicklungsprojekt wird im Schritt Projektplanung aufgegriffen.

Nach diesem Schritt sollte der Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten festgelegt sein, der zeitlich und inhaltlich mit dem Entwicklungsprozess, den Q-Gates und Reviews verzahnt und auf die Spezifika des Produktes und der Entwicklung zugeschnitten ist. Dieser sollte so bestückt sein, dass die Erreichung aller Q-Gates, Reviews und Q-Ziele unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Kapazitäten und Kompetenzen unterstützt bzw. befähigt wird.

4. Q-Orientierte Projektplanung inkl. Anwendung der Prozess- und Methodenstandardisierung

Mit Beginn der Projektplanung beginnt auch die Anwendung der standardisierten Entwicklungs-, Q-Prozesse und -Methoden hinsichtlich eines konkreten Entwicklungsprojektes. Dieser Schritt sollte Bestandteil des Projektmanagements sein, bei dem hinsichtlich der Q-Zielerreichung zwei Bausteine im Fokus stehen: die Zeit- und Ressourcenplanung (Kapitel 4.2.2). Hier ist zunächst notwendig, eine realistische Zeitplanung auf Basis der standardisierten Entwicklungs- und Q-Prozesse inkl. der Q-Gates und Reviews durchzuführen. Dazu sollten zeitliche Risiken in Form von Iterationsschleifen im Prozess bereits berücksichtigt werden. Werden diese nicht berücksichtigt und keine zeitlichen Puffer vorgehalten, kann auf eintretende Risiken oder Unvorhergesehenes nicht in ausreichendem Maße reagiert werden. Dies wiederum führt zu Problemen, die in einer niedrigeren Qualität des realisierten Produkts münden können. Die einzuplanenden zeitlichen Puffer sind eng verknüpft mit den Ressourcen für die Durchführung der Entwicklungs- und Q-Aktivitäten. Hier ist es notwendig, ausreichend präventive Kapazitäten direkt zu Entwicklungsbeginn einzuplanen bzw. zur Verfügung zu stellen, die außerdem die notwendigen Kompetenzen aufweisen (Kapitel 5.5.3, „Umverteilung bzw. Aufbau präventiver Kapazitäten“ und „Kompetenzaufbau bei Q-Verantwortlichen“).

Die mit der Zeitplanung zusammenhängende Q-Methodenplanung orientiert sich an den jeweiligen Produktspezifika, z.B. müssen für neue Technologien Q-Bewertungen durchgeführt und bei wiederverwendeten fehlerbehafteten Produktumfängen Lessons Learned erhoben bzw. Fehlerbauanalysen durchgeführt werden. Dabei sollte eine sowohl zeitliche als auch inhaltliche Durchgängigkeit sichergestellt werden, d.h. die einzelnen Methoden werden zeitlich aufeinander abgestimmt und greifen inhaltlich über System- und Teilsystem-Ebenen sowie Schnittstellen ineinander. Diese Q-Methodenplanung sollte zum Projektstart durchgeführt und kontinuierlich überarbeitet werden, da sich über den Projektverlauf ggf. Änderung bzw. neue Risiken oder Problemstellungen ergeben. Hinter der Methodenplanung sollte ebenfalls eine konkrete Ressourcenplanung liegen, innerhalb der klar definiert ist, welche Personen mit welchen Kapazitäten an der Durchführung der Methoden beteiligt bzw. für diese notwendig sind. Die so zusammengestellten Q-Methodenteams sollten interdisziplinär ausgerichtet sein und in jedem Fall sowohl Verantwortliche bzw. Experten für Qualität als auch Entwicklung mit einbeziehen. Für die Besetzungen von Q-Gates und Reviews gilt dieselbe Ausrichtung. Bei Q-Gates jedoch mit der Ergänzung, dass die Teilnahme des Managements zwingend notwendig ist, um die Verbindlichkeit und Konsequenz dieser Baselines hervorzuheben (Kapitel 5.5). Je nach zu bearbeitendem Thema kann es außerdem sinnvoll sein, Verantwortliche bzw. Experten aus beispielsweise Produktion und Einkauf hinzuzuziehen, um bestmögliche Lösungen erarbeiten zu können (Kapitel 3.1).

Ergebnis dieses Schrittes sollte eine realistische Zeit- und präventiv ausgerichtete Ressourcenplanung für ein Entwicklungsprojekt basierend auf den standardisierten Entwicklungs-, Q-Prozessen und Q-Methoden sein. Diese Planung kann als Q-orientierte Projektplanung bezeichnet werden.

5.6.4 Rollen für Element 2

Die Verantwortung für die Definition des Entwicklungsprozesses sollte beim Entwicklungsleiter liegen. Die Umsetzung sollte dabei über eine neutrale Entwicklungsprozessesstelle erfolgen, die für die (Weiter-)Entwicklung des Produktentwicklungsprozesses und für dessen Einhaltung verantwortlich ist. Ist diese nicht existent, so sollte diese installiert werden, um ggü. den Entwicklungs- und Produktbereichen eine steuernde Stelle zu haben, die im Entwicklungsprozess nicht inhaltlich verantwortlich bzw. ausführend ist. Diese Entwicklungsprozessesstelle sollte den Entwicklungsprozess strukturieren, dokumentieren, pflegen und unter Mitwirkung der jeweiligen Entwicklungs- und Produktbereiche und Abstimmung mit beteiligten Schnittstellen kontinuierlich weiterentwickeln.

Die Implementierung der Q-Gates und Reviews erfolgt ähnlich wie die Strukturierung und Definition des Entwicklungsprozesses, nur dass die Verantwortung nicht beim Entwicklungsleiter sondern bei der Entwicklungsprozessstelle liegen sollte. Hintergrund ist hier, dass die Q-Gates und Reviews den Entwicklungsprozess stützen und die Einhaltung der Prozesse inkl. Ergebnisse sicherstellen sollten, was wiederum in der grundlegenden Verantwortung der benannten Prozessstelle liegt.

Das Aufsetzen des Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkastens sollte in der Verantwortung des zentralen Q-Bereichs liegen und ebenfalls durch diesen durchgeführt werden. In diesem Bereich sollte das Wissen zu Q-Prozessen und -Methoden zentralisiert vorhanden sein. Allerdings sollten die Entwicklungs- und Produktbereiche mitwirken bzw. eingebunden werden, da die Q-Prozesse und -Methoden inhaltlich auf die Entwicklung ausgerichtet werden müssen, um diese effektiv befähigen und unterstützen zu können.

Bei der Projektplanung inkl. Anwendung der Prozess- und Methodenstandardisierung sollte die Verantwortung ebenso wie die Durchführung bei den jeweiligen Produktbereichen bzw. den verantwortlichen Projektmanagern liegen. Diese können dabei die Produkt- bzw. Projektverantwortlichen der Entwicklungsbereiche bei Bedarf hinzuziehen.

5.6.5 Methoden und Werkzeuge für Element 2

Um den Entwicklungsprozess zu standardisieren, können zunächst die in Prozessmodelle aus der VDI-Richtlinie 2221, das V-Modell aus der VDI-Richtlinie 2206 und das allgemeine V-Modell (Kapitel 2.2.2) als Basis genutzt werden. Diese eignen sich besonders dann, wenn den Entwicklungsprozessen im Unternehmen noch keine Struktur zugrunde liegt und diese noch nicht dokumentiert wurden. Über die Modelle lässt sich eine grundlegende Struktur durch Einordnung von bestehenden Prozessen und Aktivitäten herstellen, die dann weiter detailliert werden können. Wenn schon eine Struktur vorliegt, die z.B. im Rahmen einer Prozess-Zertifizierung optimiert, harmonisiert oder detailliert werden muss, so kann die SIPOC-Analyse (Kapitel 5.4) als Methode genutzt werden. Diese sollte dabei analog des SE-Vorgehensprinzip „Vom Groben zum Detail“ (Kapitel 4.1.2) Top-Down geschehen, d.h. beginnend beim gesamten Entwicklungsprozess, über die Prozessbereiche zu den Detailprozessen der Entwicklung. Mit dieser Vorgehensweise und die Berücksichtigung der Input-Output- und Lieferanten-Kunden-Beziehung kann neben der Dokumentation auch eine Harmonisierung des gesamten Prozesses erfolgen.

Die Q-Gates und Reviews sollten unternehmens-, produkt- und prozessspezifisch mit Methoden und IT-Tools hinterlegt werden. Aufgrund der starken unternehmensspezifischen Unterschiede werden hier keine speziellen Methoden oder Werkzeuge genannt.

Beim Aufsetzen des Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkastens können als Basis die in der Industrie gängigen und am weitest verbreiteten Q-Methoden (Kapitel 2.2.1) herangezogen werden:

- Statistische Versuchsmethodik (SVM)
- Produkt-/Prozess-FMEA
- Fehlerbaumanalyse
- Poka Yoke (Poka = unbeabsichtigter Fehler; Yoke = Vermeidung, Verminderung)
- QFD (Quality Function Deployment)
- Statistische Prozessregelung (engl. Statistical Process Control - SPC)
- SWOT-Analyse
- TRIZ

Bei der Einordnung dieser präventiven Q-Methoden im Entwicklungsprozess kann der grundsätzliche zeitliche Bezug der Methoden (Abb. 2.5) als Orientierung genutzt werden. Diese Einordnung und die konkrete Auswahl der Methoden sind auf die Entwicklungsspezifika sowie das jeweils zu entwickelnde Produkt anzupassen und durch weitere notwendige Q-Prozesse und -Methoden zu ergänzen.

Bei der Q-orientierten Projektplanung können für die zeitliche Projektplanung sogenannte Entwicklungspläne herangezogen werden. In diesen Plänen wird auf der Horizontalachse der zeitliche Entwicklungsverlauf bis zum Start der Produktion inkl. aller relevanten Meilensteine (Baselines, Q-Gates, Reviews usw.) aufgetragen. Auf der Vertikalachse werden alle im Entwicklungsprozess verantwortlichen bzw. beteiligten organisatorischen Funktionsbereiche aufgeführt. Im Plan werden dann alle Prozesse und Aktivitäten inkl. der Ergebnisse der jeweiligen Entwicklungsfunktionen zeitlich aufgetragen. So kann der Entwicklungsprojekttablauf und der kritische Pfad eines konkreten Projektes ermittelt und visualisiert werden. Auf Basis des kritischen Pfades können notwendige zeitliche oder kapazitive Puffer eingeplant bzw. vorgehalten werden. In Abb. 5.21 ist ein solcher Entwicklungsplan eines Schienenfahrzeugherstellers beispielhaft und vereinfacht aufgeführt. Bei diesem sind die Entwicklungsprozesse als V-Modells dargestellt.

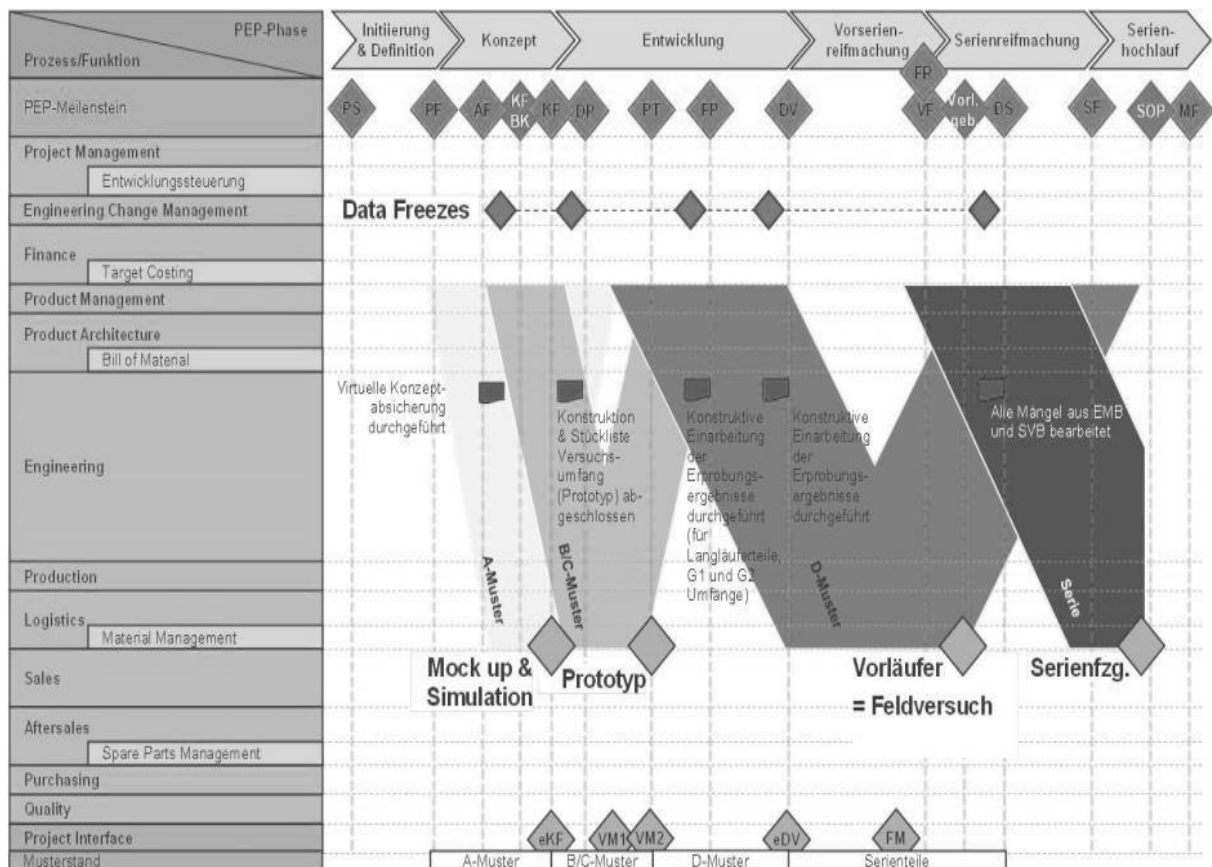


Abb. 5.21: Beispiel: Entwicklungsmasterplan eines Schienenfahrzeugherstellers

Wenn sich ein Entwicklungsplan für verschiedene Projekte eignet, empfiehlt es sich diesen als SOLL-Masterplan verbindlich vorzuschreiben. Dieser bildet den generischen Entwicklungsprozess ab und sollte zum Projektstart als Planungsbasis bzw. Muster herangezogen werden.

Die Ressourcenplanung als zweiter wesentlicher Baustein einer Q-orientierten Projektplanung setzt auf der Struktur des Entwicklungsplans auf und kann als Werkzeug empfohlen werden. In diesem werden die organisatorischen Funktionsbereiche hinsichtlich der verantwortlichen, durchführenden und mitwirkenden Rollen detailliert und den einzelnen Prozessen und Aktivitäten zugeordnet. Im Ressourcenplan werden dann je Aktivität und Rolle die jeweiligen Aufwände abgeschätzt. So kann je Funktionsbereich und Rolle die notwendigen Aufwände aufsummiert bzw. herausgefiltert und mit den vorhandenen Kapazitäten verglichen werden. Ein mögliches Delta zwischen den notwendigen Bottom-Up geplanten Aufwänden und den Top-Down zur Verfügung stehenden Kapazitäten kann so sehr schnell identifiziert und mit Maßnahmen belegt werden.

5.6.6 Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren für Element 2

Das durch den Autor vorgeschlagene Vorgehen mit seinen vier Schritten „Definition Entwicklungsprozess inkl. klarer Verantwortungen“, „Implementierung Q-Gates und Reviews“, „Aufsetzen Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten“ und „Projektplanung inkl. Anwendung der Prozess- und Methodenstandardisierung“ kann in der SIPOC-Darstellung (Abb. 5.22) gesamthaft inkl. Prozess, Aktivitäten, Rollen, Verantwortung, Input und Output zusammengefasst werden.

#	Input [von Lieferant]	Prozessbeschreibung / Aktivitäten [V: Verantwortlich; D: Durchführend; M: Mitwirkend]	Output [an Kunden]
1	<ul style="list-style-type: none"> Bestehende Entwicklungsaktivitäten, -Prozesse [von Entwicklungs-/Produktbereiche, ggf. Entwicklungsprozessstelle] Bestehende Verantwortungen [von Entwicklungs-/Produktbereiche, ggf. Entwicklungsprozessstelle] 	<p>Definition Entwicklungsprozess inkl. klarer Verantwortungen</p> <ul style="list-style-type: none"> Beschreibung aller Entwicklungsaktivitäten und -prozesse. Festlegung der zeitlichen Abfolge und Schnittstellen der Prozesse Verteilung und Definition der Verantwortungen innerhalb der Prozesse (Prozesseigner/Anwender). Synchronisation und Harmonisierung aller Schnittstellen (intern/extern). Verständliche Dokumentation und flächendeckende Kommunikation des Prozesses. <p>[V: Entwicklungsleiter; D: Entwicklungsprozessstelle; M: Entwicklungs-/Produktbereiche]</p>	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklungsprozess, der standardisiert, über alle internen und externen Schnittstellen synchronisiert, mit eindeutigen Verantwortungen versehen, einfach und verständlich beschrieben und bei allen am Prozess Beteiligten bekannt ist [an Entwicklungs-/Produktbereiche]
2	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklungsprozess [von Entwicklungsprozessstelle] 	<p>Implementierung Q-Gates und Reviews</p> <ul style="list-style-type: none"> Definition Q-Gates zur phasenadäquaten Bewertung der Produktreife. Implementierung Q-Anforderungen und -Ziele innerhalb der Q-Gates. Etablierung systematischer Reviews zur Vorbereitung auf Q-Gates <p>[V/D: Entwicklungsprozessstelle; M: Entwicklungs-/Produktbereiche]</p>	<ul style="list-style-type: none"> Q-Gates, die zeitlich, inhaltlich klar festgelegt, standardisiert sind und die Q-Anforderungen/-Ziele beinhalten [an Kunden] Reviews, die zeitlich, inhaltlich klar festgelegt, standardisiert sind und die Q-Anforderungen/-Ziele beinhalten [an Entwicklungs-/Produktbereiche]
3	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklungsprozess inkl. Q-Gates und Reviews [von Prozessstelle Entwicklung] Verfügbare Q-Prozesse und -Methoden und Kompetenzen [von zentraler Q-Bereich] 	<p>Aufsetzen Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten</p> <ul style="list-style-type: none"> Festlegung der Standard Q-Prozesse im Hinblick auf die geforderten Ergebnisse in Q-Gates. Festlegung Standard Q-Methoden zur Unterstützung der Entwicklungs- und Q-Prozesse. <p>[V/D: zentraler Q-Bereich; M: Entwicklungs-/Produktbereiche]</p>	<ul style="list-style-type: none"> Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten, der mit Entwicklungs- und Q-Prozessen verzahnt ist [an Entwicklungs-/Produktbereiche]
4	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklungsprozess inkl. Q-Gates und Reviews [von Prozessstelle Entwicklung] Q-Prozess-/-Methoden-Werkzeugkasten [von zentraler Q-Bereich] 	<p>Projektplanung inkl. Anwendung der Prozess- und Methodenstandardisierung</p> <ul style="list-style-type: none"> Erstellung realistische Zeitplanung auf Basis der standardisierten Entwicklungs- und Q-Prozesse. Ableitung Q-Methodenplanung auf Basis Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten. Erstellung Ressourcenplanung unter Berücksichtigung der notwendigen präventiven Kapazitäten und Kompetenzen. <p>[V/D: Projektmanager; M: Entwicklungsbereiche]</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realistische Zeit- und präventiv ausgerichtete Ressourcenplanung auf Basis Entwicklungs-, Q-Prozessen und Q-Methoden [an Projektmanager]

Abb. 5.22: SIPOC Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement (Element 2)

Um dieses Element im Unternehmen effektiv umsetzen und einen Beitrag zur nachhaltigen Reduzierung der Nicht-Qualität liefern zu können, werden im Rahmen dieser Arbeit die folgenden Erfolgsfaktoren für entscheidend gehalten.

Einfach verständlicher, harmonisierter und integrierter Entwicklungsprozess:

- Der Entwicklungsprozess muss durchgängig gestaltet sein. D.h., dass dieser über alle Schnittstellen und Hierarchie-Ebenen hinweg synchronisiert und harmonisiert wurde. Des Weiteren muss dieser auf alle relevanten Standards (Branchenstandards, branchenübergreifende Standards, Kunden- und Lieferantenstandards) abgestimmt sein.
- Die Prozessdokumentation muss einfach und für jeden Beteiligten verständlich sein. Dies ist der erste Schritt in Richtung einer flächendeckenden Akzeptanz.
- Prozessorientierung in der Aufbauorganisation, d.h. die Orientierung der organisatorischen Strukturen entlang der Prozesse, um Brüche zwischen den beteiligten Bereichen bzw. an kritischen Schnittstellen zu vermeiden.

Konsequente Taktung der Q-Gates und Reviews:

- Produktübergreifende Taktung der Q-Gates und Reviews entlang des kritischen Pfads und der Schlüsselergebnisse des Entwicklungsprozesses bzw. des jeweiligen Entwicklungsprojekts.

- Strikte Durchführung der Q-Gates und Reviews inkl. konsequentem „rot“ schalten von Ampeln und Einleitung von Iterationsschleifen als auch Ableitung von Maßnahmen.

Definierte Inhalte und systematische Vorbereitung der Q-Gates und Reviews:

- Die Ziele, Erfolgs-, Abnahmekriterien und Entscheidungsgrundlagen für die Q-Gates und Reviews müssen eindeutig festgelegt und im Vorfeld kommuniziert werden. Dazu gehört die eindeutige Festlegung der relevanten Ergebnisdokumente und der Qualitätsanforderungen sowie des Entscheidungsmodell und sich daraus ergebenden Folgeaktivitäten.
- Vorbereitung der jeweiligen Ergebnisse und Inhalte der Q-Gates und Reviews mit ausreichend zeitlichem Vorlauf inkl. der inhaltlichen Vorbereitung des Kunden und der beteiligten Experten.

Zielgerichtete Einbindung von Experten und Stakeholdern in Q-Gates und Reviews:

- Die Rolle des Moderators muss diesem klar sein. Er sollte neben der zeitlichen und inhaltlichen Moderation die Aufgabe haben, eine konstruktive Atmosphäre zu schaffen und die Wichtigkeit der gemeinsamen frühzeitigen Fehlerentdeckung erkennbar machen.
- Die Kunden der Q-Gates müssen frühzeitig eingebunden und zu Zielen, Erfolgs- und Abnahmekriterien informiert werden.
- Nutzung interdisziplinärer, kompakter Teams zur fach- und bereichsübergreifenden Bewertung der Ergebnisse innerhalb der Q-Gates und Reviews. Dazu gehört ebenfalls die Sicherstellung der Teilnahme der wirklich wichtigen Experten an der Vorbereitung und Durchführung.

Schlanker und effektiver Q-Prozess- und Methoden-Werkzeugkasten:

- Schlanke Q-Prozesse/-Methoden sind auf den Nutzen für interne und externe Kunden ausgerichtet und vermeiden Verschwendung, Fehler und unnötige Kosten. Dies ist die Voraussetzung für die Akzeptanz der Q-Prozesse und -Methoden in der Entwicklung.
- Die notwendigen Fachkompetenzen zur Anwendung des Q-Prozess- und -Methodenbaukasten müssen vorhanden sein oder ggf. kurzfristig aufgebaut werden. Die Weiterentwicklung dieser Kompetenzen sollte jedoch mittel- bis langfristig geplant werden.

Realistische Zeit- und Ressourcenplanung von Beginn an:

- Realistische Einschätzung des kritischen Pfads entlang der zeitlichen Planung zu Beginn des Projekts und Vorhalten von notwendigen Zeitpuffern. Risiken müssen schon hier diskutiert und mit Maßnahmen belegt werden.
- Realistische Ressourcenplanung inkl. der notwendigen Kompetenzen für die frühe Phase der Entwicklung und die Anwendung der Q-Prozesse und -Methoden.
- Kontinuierliche Überprüfung der Zeit- und Ressourcenplanung und ggf. Ableitung von Korrekturmaßnahmen.

5.7 Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung

Dieses Element dient vor Allem der Lenkung der Q-Ziele in der frühen Phase der Entwicklung. Aufgrund des steuernden bzw. lenkenden Charakters dieses Elementes kann es dem QM bzw. den Managementprozessen (Abb. 5.6) zugeordnet werden. Dieses Element soll sicherstellen, dass sowohl der IST- und SOLL-Zustand gegenüber den definierten Q-Zielen als auch die Handlungsbedarfe und Maßnahmen zur Q-Zielerreichung transparent sind.

5.7.1 Ausgangssituation für Element 3

In der Entwicklung von technischen Produkten sollte ein Zielsystem bestehend aus den einzelnen Produkt-Zielen (Kapitel 2.1) vorhanden sein. Zu diesen Produkt-Zielen gehören im Automobilbereich z.B. Herstellkosten, Wartungskosten, Gewicht, Energie- bzw. Treibstoff-Verbrauch, Schadstoff- bzw. CO₂-Ausstoß, Bedienfreundlichkeit, Qualität. Zwischen Q-Zielen und den übrigen Zielen bestehen

meist Ziel-Konkurrenzen und -Konflikte, die in der Entwicklung mit unterschiedlichen Strategien aufgelöst werden müssen (Kapitel 4.1.2, Problemlösungszyklus als Mikro-Logik, Zielformulierung). Die Produkt-Ziele werden in der frühen Phase der Entwicklung in Produkthanforderungen übersetzt. Diese beeinflussen im Weiteren dann Entscheidungen auf System-, Teilsystem-, Komponenten-Ebene im Entwicklungsverlauf bis hin zur Realisierung des Produktes. Für eine erfolgreiche Q-Lenkung muss (neben den übrigen Zielen) somit bereits in der frühen Phase der Entwicklung bei Entscheidungen eine Aussage zur möglichen Zielerreichung oder-verfehlung in der Qualität getroffen werden.

Neben den Herausforderungen bzgl. Q-relevanter Produktentscheidungen und des Zielsystems besteht in der frühen Phase die Herausforderung darin, dass wenig Informationen zum Produkt verfügbar sind, obwohl hier die mögliche Beeinflussung der Produkteigenschaften und damit auch der Qualität am höchsten sind. Somit sollte der Informationsrückfluss aus ähnlichen Produktvorläufern berücksichtigt werden. Dies ist in Abb. 5.23 im sogenannten Paradoxon der Konstruktion⁹⁵ zu erkennen.

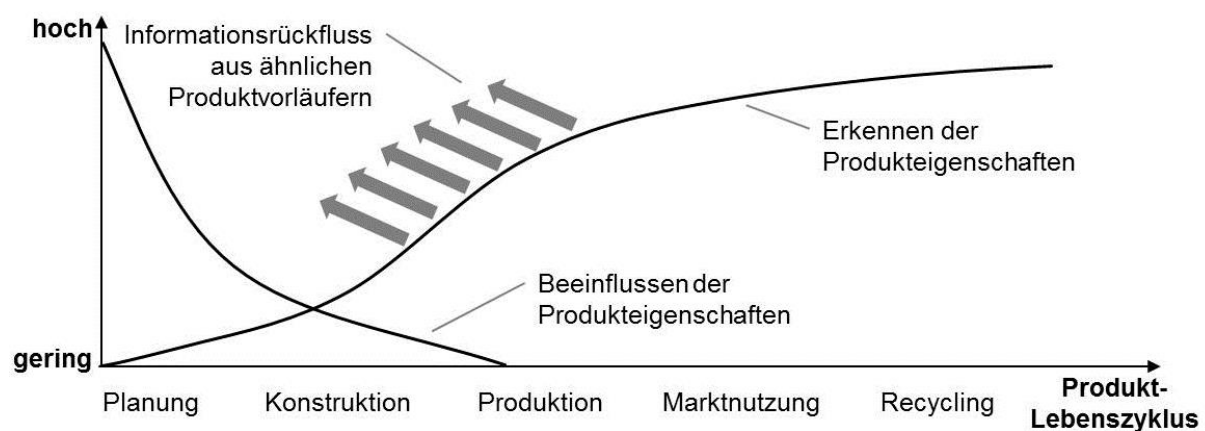


Abb. 5.23: Paradoxon der Konstruktion

Aufgrund der wenigen Informationen hinsichtlich des Endprodukts und seiner Qualität in der frühen Phase müssen das im Unternehmen vorhandene Expertenwissen und Informationen von Vorgängerprodukten oder vergleichbaren Produkten bei der Q-relevanten Entscheidungsfindung herangezogen werden. Das Expertenwissen muss insbesondere auch bei der qualitativen und quantitativen Bewertung von qualitätsverbessernden Maßnahmen berücksichtigt werden.

Für die weitere Beschreibung dieses Elementes wird vorausgesetzt, dass entsprechend der „Ableitung von Q-Zielen aus strategischen Zielen des Top-Managements“ (Kapitel 5.5.3) und unter Berücksichtigung des Zielsystems (Kapitel 4.1.2) konfliktfreie Q-Ziele festgelegt wurden. D.h. es sind Q-Ziele zur Garantie bzw. Gewährleistung, kundenwahrgenommene Qualität und Langzeitqualität verankert, die aus der Unternehmensstrategie abgeleitet, quantitativ messbar, realistisch erreichbar, beeinflussbar und stimmig verteilt sind.

5.7.2 Zielsetzung für Element 3

Gemäß der beschriebenen Ausgangssituation und den unterstützenden Forschungsfragen (Kapitel 5.3) werden für dieses Elements folgende Zielsetzungen formuliert:

- Zielgerichtete Q-Lenkung unter Berücksichtigung des quantitativen Zielsystems, der in der frühen Phase zur Verfügung stehenden Informationen und der abgeschätzten Auswirkungen von Q-relevanten Entscheidungen.
- Etablierung einer konsequenten und durchgängigen Q-Regelberichterstattung in der frühen Phasen der Entwicklung.

⁹⁵ Ehrlenspiel 2009, S. 193

5.7.3 Vorschlag für Vorgehen und Ergebnis hinsichtlich Element 3

Auf Basis der Zielsetzung und den Erfahrungen des Autors aus Beratungsprojekten sollten beim Vorgehen zwei Aspekte berücksichtigt werden: die zielgerichtete Q-Lenkung und die dazugehörige Q-Berichterstattung. Zielgerichtete Q-Lenkung wird hier verstanden als Messung der Zielerfüllung, Ableitung von Handlungsbedarfen und ggf. korrigierende Maßnahmen zur Zielerreichung. Die Messung der Q-Zielerfüllung in der frühen Phase der Entwicklung kann in Bezug auf das später zu realisierte Produkt als Prognose bezeichnet werden. Als Bezugspunkt für die Prognose sollte dabei der Start der Produktion dienen, da erst zu diesem Zeitpunkt eine Aussage zur realen Qualität des Produktes getroffen werden kann. Dabei kann eine Prognose grundsätzlich wie folgt beschrieben werden:¹⁰²

- Eine Prognose ist eine Aussage über Ereignisse, Zustände oder Entwicklung in der Zukunft.
- Von anderen Aussagen über die Zukunft (z.B. Prophezeiungen) unterscheiden sich Prognosen durch ihre Wissenschaftsorientierung.
- Quantitative Prognosetechniken bestehen hauptsächlich aus der Aufarbeitung von Datenmaterial und geben konkrete, zahlenmäßige Resultate.

Dabei liefern Prognosen zum einen keine exakten Ergebnisse und zum anderen nimmt die Genauigkeit von Prognoseergebnissen mit größer werdendem Prognosezeitraum ab. Trotzdem können Prognosen Aussagen über zukünftige Entwicklungen und Szenarien liefern, ein besseres Verständnis eines Problems und seiner Dringlichkeit erzeugen und bei der Abschätzung von Auswirkungen einer Lösung unterstützen.¹⁰³ Q-Prognosen sollten dabei zu jedem Q-Gate (Kapitel) quantifiziert vorliegen. Darüber hinaus können Q-Prognosen auch während der Kundennutzung durchgeführt werden, der Bezugspunkt kann dann z.B. die Qualität des Produktes nach 10 Jahren Betrieb, nach 20 Jahren Betrieb oder bei Außerbetriebnahme sein. Dies liegt jedoch nicht im Betrachtungsumfang der frühen Phase der Entwicklung und wird hier nicht weiter behandelt. Die empfohlene grundsätzliche Einordnung und Taktung der Q-Prognosen im Entwicklungsprozess anhand der Q-Gates wird in Abb. 5.24 inkl. der jeweiligen Prognose-Durchführung dargestellt.

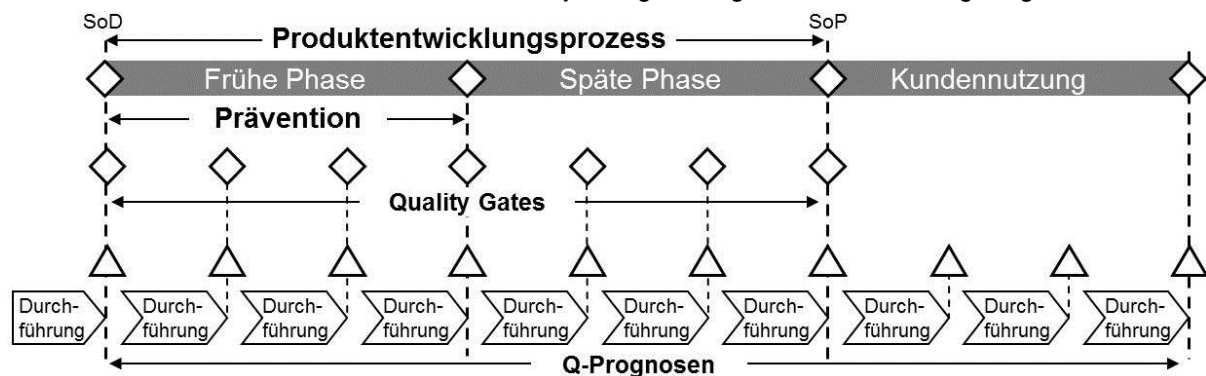


Abb. 5.24: Einordnung Q-Prognosen im Entwicklungsprozess inkl. Q-Gates

Die Durchführung der Q-Prognosen wird im Weiteren detailliert beschrieben.

Durchführung von Q-Prognosen

Für das Vorgehen zur Durchführung von Q-Prognosen wird dabei unabhängig vom Q-Ziel bzw. von der jeweiligen Q-Messgröße grundsätzlich eine Abfolge von fünf Schritten (Abb. 5.25) empfohlen.

1. Q-Prognose vorbereiten:

¹⁰² Wikipedia 2014b

¹⁰³ Habermellner et al. 2012, S. 205 - 206

- Zunächst sollte das Produkt, die zu prognostizierende Q-Messgröße (z.B. Gewährleistungskosten, Fehlerraten usw.) und das Referenzprodukt(e) (z.B. Vorgängerprodukt, Vergleichsprodukte) für die Prognose festgelegt werden.
 - Anschließend ist der Zielprognosestermin (z.B. Start der Produktion) zu definieren. Dieser bildet den Bezugspunkt für alle weiteren, während der Entwicklung durchzuführenden Prognosen.
 - Abschließend sollte das Vorgehen und der Terminplan festgelegt und an alle an der Prognose beteiligten Rollen kommuniziert werden.
2. Q-Prognosebasis erzeugen:
- Hier sollten als Eingangsgröße die quantifizierten Q-Messgrößen der ausgewählten und festgelegten Referenzprodukte herangezogen werden.
 - Anschließend sollte das Delta der Produktsubstanz zwischen Referenzprodukt und dem zu prognostizierenden Produkt identifiziert werden.
 - Zu den Deltaumfängen muss dann eine quantifizierte Abschätzung hinsichtlich der ausgewählten Messgröße durch Experten abgeleitet werden.
 - Abschließend sollte die Prognosebasis aus quantifizierten Q-Messgrößen des Referenzprodukts und der Expertenabschätzung zu Delta-Umfängen erstellt werden. Diese Prognosebasis bzw. der Startwert wird dann für die nachfolgende Entwicklung eingefroren.
3. Maßnahmen, Chancen und Risiken identifizieren:
- In diesem Schritt sollten zunächst Maßnahmen oder Änderungen identifiziert werden, die in der Entwicklung bereits zur Umsetzung entschieden sind (z.B. Konzeptänderungen, neue Technologien, Optimierungen).
 - Zusätzlich sollten Chancen (z.B. aus Konzeptalternativen, neuen Technologien, Optimierungen) und Risiken (z.B. aus bereits abgeschlossenen oder zusätzlichen Aktivitäten wie Risikomanagement, FMEAs) identifiziert werden.
4. Q-Prognose erzeugen:
- Hier müssen die identifizierten Maßnahmen, Chancen und Risiken hinsichtlich ihrer quantifizierten Verbesserung bzw. Verschlechterung über Expertenabschätzungen bewertet werden.
 - Aus der Prognosebasis und der quantifizierten Verbesserung der entschiedenen Maßnahmen ergibt sich dabei der Prognosewert.
 - Die quantifizierten Chancen und Risiken sollten auf diesen Prognosewert bezogen werden. Der resultierende Prognosewert inkl. Chancen und Risiken kann als Best Case bzw. Worst Case Betrachtung herangezogen werden.
 - Abschließend sollte dieses Prognoseergebnis eingefroren werden.
5. Handlungsbedarfe ableiten:
- Auf Basis der abgeschlossenen bzw. eingefrorenen Prognose sollte die Q-Ziellücke ermittelt werden. Diese Prognose bzw. das Ergebnis inkl. Q-Ziellücke, Best- und Worst-Case-Betrachtung und Inhalten (Maßnahmen, Chancen, Risiken) ist mit allen Beteiligten abzustimmen.
 - Auf Basis der Prognose bzw. dem Ergebnis sollten die Handlungsbedarfe zur Erreichung des Q-Ziels abgeleitet werden. Grundsätzlich gilt: Chancen entscheiden und umsetzen, Risiken vermeiden, zusätzliche Chancen erarbeiten, zusätzliche Risiken identifizieren und Maßnahmen zur Vermeidung planen.
 - Darüber hinaus müssen neue Maßnahmen, Chancen und Risiken in der Durchführung der nächsten Prognose zum nächsten Q-Gate berücksichtigt werden.

Diese empfohlenen fünf Schritte zur Durchführung von Q-Prognosen sind in Abb. 5.25 mit den wesentlichen Ergebnissen des jeweiligen Schrittes grafisch veranschaulicht.

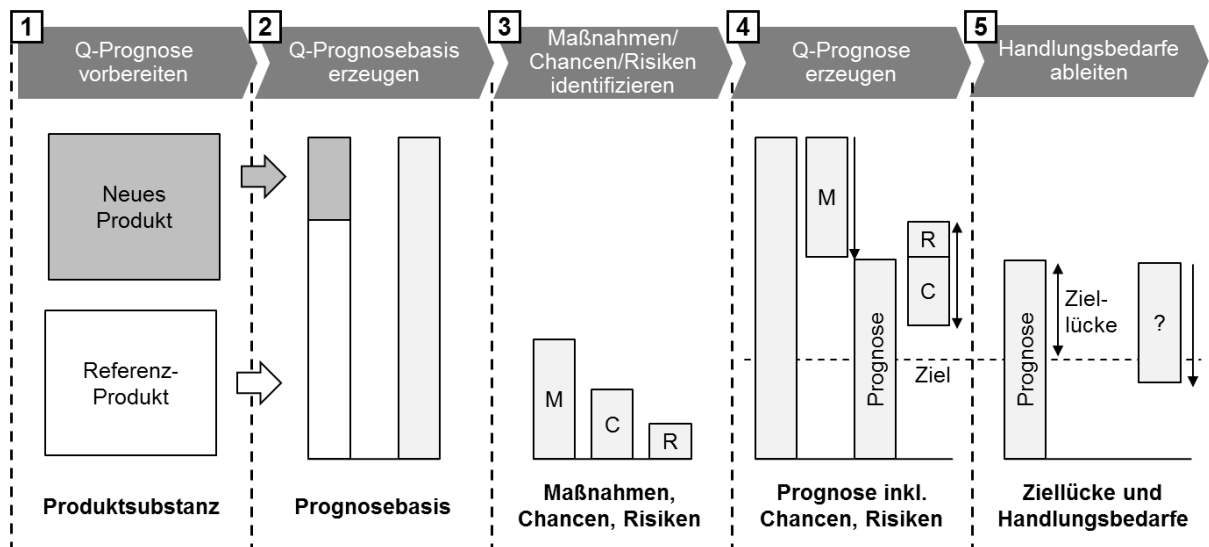


Abb. 5.25: Vorschlag für Vorgehen zur Durchführung von Q-Prognosen

Das Aufzeigen von quantifiziert bewerteten Maßnahmen, Chancen und Risiken in Richtung der jeweiligen Q-Ziele stellt einen besonderen Mehrwert dar. Nur über diese Transparenz hinsichtlich der möglichen Lösungsvarianten kann der jeweilig Verantwortliche im Entwicklungsprojekt unter Berücksichtigung weiterer Produktziele die beste Lösung entscheiden (Kapitel 4.1.2; Prinzip der Variantenbildung; Phasengliederung, Analyse und Bewertung; Problemlösungszyklus, Synthese bzw. Analyse und Bewertung). Dazu gehört insbesondere die Berücksichtigung der Kostenziele (Kapitel 4.2.1, Konzeptgestaltung, Bewertung).

Das Ergebnis der Q-Prognose sollte die Transparenz zur phasenadäquaten Q-Situation im Entwicklungsprojekt inkl. des Q-Prognosewerts, der Q-Ziellücke und der Handlungsbedarfe zur Q-Zielerreichung sein.

Aufbau Q-Regelberichterstattung

Sämtliche Prognoseergebnisse sollten in die Q-Gates einfließen und dort standardmäßig berichtet werden. Die aus den Q-Prognosen ermittelten Prognosewerte inkl. Maßnahmen, Chancen und Risiken sollten also verpflichtende Anforderungen in jedem Q-Gate sein. Somit kann die auf den Prognoseergebnissen aufbauende Q-Regelberichterstattung zeitlich an den Q-Gates im Entwicklungsprozess orientiert werden.

Über die Regelberichterstattung muss einerseits die operative Ebene hinsichtlich der Q-Ziele lenkungsfähig sein. Daraus resultiert eine kontinuierliche Berichterstattung im jeweiligen Entwicklungsprojekt. Hier sollten diejenigen, die Einfluss auf die jeweiligen Q-Ziele nehmen können, laufend über den aktuellen Prognosewert inkl. Ziellücke, Maßnahmen, Chancen und Risiken im Bilde sein. Dazu kann auch die regelmäßige Q-Berichterstattung in Reviews gehören. Hier ist allerdings darauf zu achten, dass die Erzeugung bzw. Aktualisierung von Q-Prognosen schlank gehalten wird und möglichst geringen Aufwand erzeugt. Eine Übersteuerung oder übertriebene Berichtskultur wirkt sich negativ auf die Effizienz der operativen Ebene, die Q-Kultur und die Q-Zielerreichung aus. Andererseits sollte die Management-Ebene, d.h. Unternehmensleitung, Entwicklungsleiter, Entwicklungsbereichsleiter, Produktbereichsleiter in die Regelberichterstattung eingebunden werden. Hier sollte eher eine allgemeine Transparenz zur aktuellen Q-Situation im Vordergrund stehen, um die Q-Kultur im Unternehmen fördern, die Einhaltung der Entwicklungs- und Q-Prozesse einfordern und die Richtungsweisenden Q-relevanten Entscheidungen treffen zu können. Dabei sollte nicht, wie bei

der Berichterstattung in Q-Gates und/oder Reviews, ein einzelnes Entwicklungsprojekt, sondern die Multi-Projektsituation berichtet werden. Dieser Bericht sollte zum jeweiligen Berichtszeitpunkt aus den aktuell gültigen Q-Gate-Berichten der einzelnen Projekte aggregiert und ggf. mit Zusatzinformationen bestückt werden.

Bei den Regelberichten auf operativer und Management Ebene sollte grundsätzlich darauf geachtet werden, dass nur die für den Empfänger bzw. die Zielgruppe relevanten Informationen aufgenommen werden. Dies ist zusammen mit einer angemessenen Taktung die Basis für eine schlanke und effektive Q-Regelberichterstattung. Zusätzlich sollten die Eskalationswege klar und eindeutig beschrieben werden. Diese sollten einen klaren Weg von der operativen Ebene bis hin zum Top-Management beschreiben. Nur über klare Eskalationswege können mögliche Zielkonflikte zwischen der Qualität und weiteren Produktzielen wirkungsvoll und effizient gelöst werden.

Das Ergebnis der Regelberichterstattung sollte also die getaktete Transparenz zur Q-Situation und Sicherstellung der zielgerichteten Q-Lenkung sowohl im Entwicklungsprojekt als auch projektübergreifend sein. Darüber hinaus sollten weitere Ergebnisse auf Management-Ebene die Aufmerksamkeit zum Thema Qualität, die Förderung der Q-Kultur und das Einfordern der Einhaltung der Entwicklungs- und Q-Prozesse sein.

5.7.4 Rollen für Element 3

Die im Folgenden beschriebene Verteilung der Rollen und deren Verantwortung basiert auf der Logik der parallelen Q-Zielverteilung sowohl über alle Entwicklungsbereiche und Module als auch Produktfamilien und Entwicklungsprojekte. D.h., die Entwicklungsorganisation arbeitet gemeinsam an der Erreichung des jeweiligen Q-Ziels und es gibt keine „Q-Schattenorganisation“ (Kapitel 5.5.1). Somit sollte die Q-Zielverteilung für alle aufgeführten Rollen innerhalb der Entwicklungsorganisation gelten:

- Produktfamilienleiter, Projektmanager
 - Verantwortungen: Entscheidet und integriert technische Lösungen und Konzepte. Entscheidet Maßnahmen zur Erreichung der Produkt-Ziele.
- Bereichsleiter, Modulleiter
 - Verantwortungen: Entwickelt technische Lösungen und Konzepte für die Entwicklungsprojekte. Erarbeitet Maßnahmen zur Erreichung der Produkt-Ziele.

Grundsätzlich sollte, aufgrund der Verantwortungsverteilung zwischen den Rollen, der Projektmanager für die Q-Prognosen verantwortlich sein und diese steuern. D.h. er sollte den Betrachtungsumfang, terminliche Details und das Vorgehen festlegen. Darüber hinaus sollte er die Ergebnisse (Ziellücke, Maßnahmen, Chancen und Risiken) abstimmen und diese kommunizieren. Die Moduleiter hingegen sollten als Experten inhaltlich die Q-Prognose durchführen. D.h. die Identifikation und quantifizierte Bewertung von Maßnahmen, Chancen und Risiken inkl. der Ableitung von weiteren Maßnahmen aus der Ziellücke. Mitwirkend in diesem Vorgehen sollte der zentrale Q-Bereich sein, der ggf. Methodenwissen und Vergleichs- bzw. Wettbewerbsdaten zusteuert.

Die Q-Regelberichterstattung in Richtung der relevanten Q-Gates sollte durch die jeweiligen Projektmanager erfolgen, die diese ebenfalls verantworten. Die Moduleiter sollten mitwirkend auftreten, z.B. als Experten für Detailfragen oder bei speziellen Problemstellungen. Die aggregierte und ggf. ergänzte Q-Regelberichterstattung in Richtung des Managements sollte durch den zentralen Q-Bereich erfolgen (verantwortlich und durchführend), der als neutraler Partner auftritt. Die Projektmanager sollten hier lediglich bei Detailfragen und inhaltlichen Fragen mitwirkend sein.

5.7.5 Methoden und Werkzeuge für Element 3

Für die Delta-Betrachtung zwischen Referenzprodukten und dem zu prognostizierenden Produkt kann die SWOT-Analyse genutzt werden (Kapitel 2.2.1). Über diese Analysen können zusätzlich Risiken und Chancen identifiziert werden, die allerdings im Nachgang separat detailliert beschrieben und bewertet werden müssen.

Für die Risikoidentifikation, -analyse, -bewertung und -handhabung kann das klassische Risikomanagement genutzt werden. Für die detaillierte Betrachtung bzw. Analyse komplexer Risiken kann dieses auch durch Produkt-FMEAs unterstützt werden (Kapitel 2.2.1).

Als Unterstützung für die Q-Prognosedurchführung dienen im wesentlichen Excel-Tools, deren Funktionen in einigen Unternehmen auch als spezielle IT-Anwendungen (z.B. SAP) abgebildet werden. Zur Visualisierung der Prognose-Ergebnisse kommen sowohl Excel- als auch IT-basierte Anwendungen zum Einsatz, die jedoch stark unternehmensspezifisch ausgerichtet und aus diesem Grund hier nicht vertieft werden.

Die unternehmensspezifische und zudem Q-Ziel spezifische Ausrichtung trifft ebenfalls auf Tools zur Aufnahme, Analyse und Visualisierung von Qualitätsbezogenen Feld-Daten (Ist-Daten) zu. Als Basis dient in den meisten Fällen die bereits existierende IT-Infrastruktur, die auf die Spezifika von Q-Daten angepasst wird.

5.7.6 Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren für Element 3

Die vom Autor vorgeschlagene Durchführung von Q-Prognosen inkl. der damit zusammenhängenden Regelberichterstattung wird in der SIPOC-Darstellung (Abb. 5.26) zusammengefasst.

#	Input [von Lieferant]	Prozessbeschreibung / Aktivitäten [V: Verantwortlich; D: Durchführend; M: Mitwirkend]	Output [an Kunden]
1	<ul style="list-style-type: none"> • Produkte, Referenzprodukte [von Projektmanager] • Q-Messgrößen [von zentraler Q-Bereich] • Projektpläne [von Projektm.] 	Q-Prognose vorbereiten <ul style="list-style-type: none"> • Festlegung Produkt, Q-Messgröße und Referenzprodukt(e). • Definition Zielprognosetermin bzw. Bezugspunkt. • Festlegung Terminplan, Kommunikation an beteiligten Rollen. [V/D: Projektm.; M: Modulleiter, zentraler Q-Bereich]	<ul style="list-style-type: none"> • Produkt-Betrachtungsumfang, Q-Messgröße, Prognose-Zieltermin und Terminplan [an Projektmanager]
2	<ul style="list-style-type: none"> • Q-Messgrößen Referenzprodukte [von zentraler Q-Bereich] • Produktsubstanz, Referenzproduktsubstanz [von Projektmanager] 	Q-Prognosebasis erzeugen <ul style="list-style-type: none"> • Heranziehen quantifizierter Q-Messgrößen aus Referenzprodukt(en). • Identifikation Delta Produktsubstanz zw. Referenzprodukt und zu prognostizierenden Produkt. • Ableitung quantifizierte Abschätzung zu Deltaumfängen. • Erstellung Prognosebasis aus quantifizierten Q-Messgrößen Referenzprodukts und Abschätzung Delta-Umfänge. [V: Projektm.; D: Modulleiter; M: zentraler Q-Bereich]	<ul style="list-style-type: none"> • Quantifizierte Prognosebasis [an Projektmanager]
3	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen-Management [von Projektmanager, Modulleiter] • Ergebnisse Q-Methoden [von zentraler Q-Bereich] 	Maßnahmen, Chancen und Risiken identifizieren <ul style="list-style-type: none"> • Identifikation Maßnahmen bzw. Änderungen. • Identifikation von zusätzlichen Chancen und Risiken. [V: Projektm.; D: Modulleiter; M: zentraler Q-Bereich]	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen, Chancen und Risiken [an Projektmanager]
4	<ul style="list-style-type: none"> • Quantifizierte Prognosebasis [von Projektmanager] • Maßnahmen, Chancen und Risiken [von Projektmanager] 	Q-Prognose erzeugen <ul style="list-style-type: none"> • Bewertung quantifizierte Verbesserung bzw. Verschlechterung der Maßnahmen, Chancen und Risiken. • Errechnung Prognosewert aus Prognosebasis und Verbesserungen bzw. Verschlechterungen. • Ermittlung Best- und Worst-Case-Wert mit quantifizierten Chancen und Risiken inkl. Einfrieren des Ergebnis. [V: Projektm.; D: Modulleiter; M: zentraler Q-Bereich]	<ul style="list-style-type: none"> • Quantifizierte Maßnahmen, Chancen und Risiken [an Projektmanager] • Prognosewert, Best- und Worst-Case-Wert [an Projektmanager]
5	<ul style="list-style-type: none"> • Prognosewert, Best- und Worst-Case-Wert [von Projektmanager] 	Handlungsbedarfe ableiten <ul style="list-style-type: none"> • Ableitung und Abstimmung Q-Ziellücke aus Prognose. • Ableitung Handlungsbedarfe zur Erreichung des Q-Ziels. [V: Projektm.; D: Modulleiter; M: zentraler Q-Bereich]	<ul style="list-style-type: none"> • Q-Ziellücke [an Projektm.] • Handlungsbedarfe zur Q-Zielerreichung [an Projektm.]
6	<ul style="list-style-type: none"> • Prognose-Ergebnis [von Projektmanager] 	Regelberichterstattung in Q-Gates <ul style="list-style-type: none"> • Erstellung Bericht auf Basis Prognose-Ergebnisse inkl. Handlungsbedarfe zur Q-Zielerreichung und ggf. Detail-Infos. [V/D: Projektm.; M: Modulleiter, zentraler Q-Bereich]	<ul style="list-style-type: none"> • Regelbericht Q-Gate [an Teilnehmer Q-Gate]
7	<ul style="list-style-type: none"> • Regelberichte Q-Gates [von Projektmanager] 	Regelberichterstattung auf Management-Ebene <ul style="list-style-type: none"> • Aggregation Bericht aus Q-Gate Regelberichten über alle Entwicklungsprojekte ggf. inkl. Detail-/Zusatz-Infos. [V/D: zentraler Q-Bereich; M: Projektm., Modulleiter]	<ul style="list-style-type: none"> • Regelbericht Management [an Unternehmensleitung, Entwicklungsleiter, Entwicklungs-/Produktbereichsleiter]

Abb. 5.26: SIPOC Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung (Element 3)

Für die konsequente und effektive Umsetzung der zielgerichteten Q-Lenkung werden erfahrungsgemäß die folgenden Erfolgsfaktoren für entscheidend erachtet.

Eindeutiges Q-Ziel- und Prognosesystem:

- Innerhalb des Q-Zielsystems sollten von Anfang an Ziel-Konkurrenzen und -Konflikte vermieden werden.
- Wenn zu unterschiedlichen Q-Zielen bzw. -Messgrößen gleichzeitig Q-Prognosen erstellt und berichtet werden, muss vorher deren Widerspruchsfreiheit sichergestellt werden. Ist dies nicht der Fall, leidet die Akzeptanz der Qualität bzw. der Q-Ziele.

Harte und konsequente Taktung der Q-Prognosen:

- Eine erfolgreiche zielgerichtete Q-Lenkung in der frühen Phase der Entwicklung ist nur über Q-Prognosen zu klar definierten Zeitpunkten im Entwicklungsprozess möglich.
- Diese Zeitpunkte in Form von Q-Gates müssen konsequent eingehalten werden. Hier sollte es keine Ausnahmeregelungen geben.

Schnelle Steuerungsfähigkeit:

- Schlankes aber regelmäßiges Monitoring in Form von einfachen Kontrollschleifen und Ergebnismessungen, um die Kontrolle und Steuerung insbesondere von kritischen Inhalten und damit die Zielerreichung zu gewährleisten.
- Hier können z.B. die bestehenden Review-Zeitpunkte im Entwicklungsprozess genutzt werden.
- Rasche Entscheidungen, die durch klare Verantwortlichkeiten sowie transparente Entscheidungskaskaden und deren konsequente Einhaltung ermöglicht wird.

Schlanke Regelberichterstattung:

- Die Berichterstattung in Q-Gates, Reviews oder in anderen Gremien sollte nicht in übertriebenem Maße stattfinden und muss immer handlungsorientiert sein.
- Es ist eine Balance zwischen dem notwendigen Informationsfluss für Entscheidungen und dem Aufwand für die Q-Prognose- und Berichtserstellung herzustellen.

5.8 Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung

Dieses Element ist im Betrachtungsumfang dieser Arbeit (Abb. 5.6) im Wesentlichen auf System- bzw. Architektur-Ebene eingeordnet. Da das Vorgehen dieses Elements jedoch alle System- und Funktionsebenen mit einschließt, reicht die Einordnung auch bis zur Komponenten-Ebene. Die Vorgehensweise setzt direkt am Entwicklungsprozess an und ist deshalb der QA zugeordnet.

5.8.1 Ausgangssituation für Element 4

Aufgrund der gestiegenen Anforderungen der Kunden müssen die heute auf dem Markt als auch die in der Entwicklung befindlichen Produkte aus Hochtechnologiebranchen immer mehr Funktionen erfüllen. Dabei werden neue Funktionen insbesondere im E/E-Bereich dargestellt, z. B. durch intelligente Motorsteuerungen in der Nutzfahrzeugbranche, die erheblich zur Reduzierung der CO₂-Reduzierung beitragen sollen. Um dies zu realisieren, ist es notwendig, unterschiedliche Systeme oder Teilsysteme innerhalb der Produkte zu vernetzen. Daraus resultieren hochvernetzte Systeme, z.B. Fahrerassistenzsysteme wie Spurhalte- oder aktive Abstandhaltesysteme, die den Fahrer unterstützen und dabei Fahrwerks- mit Antriebsfunktionen kombinieren und vernetzen. Durch die sowohl immer größer werdende Anzahl neuer Funktionen als auch deren Vernetzung auf System- und Teilsystem-Ebene erhöht sich die Komplexität heutiger Produkte aus Hochtechnologiebranchen erheblich. Um diese Komplexität in der Entwicklung beherrschen zu können, muss insbesondere in den Prozessen der frühen Phasen der Entwicklung sichergestellt werden, dass die Funktionalität des Produktes und der Systeme benötigt und während der späteren Kundennutzung gewährleistet ist (Kapitel 1.1). So müssen z.B. bei der Auslegung eines Energiespeichers für ein Elektro-Fahrzeug in der Entwicklung aus Funktionssicht unterschiedliche in Wechselwirkung stehende Aspekte berücksichtigt werden: die einzelnen Zellen, elektromechanische Komponenten, die Elektronik, die Software, die Kühlung, das Gehäuse und die Sicherheit¹⁰⁴. Eine verwandte Vorgehensweise zur System- und Funktionsorientierung ist dabei die Funktionale Sicherheit, die in der internationalen Norm für Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbar elektronischer Systeme¹⁰⁵ grundsätzlich und in einer für die Automobilindustrie spezifische Interpretation¹⁰⁶ beschrieben ist. Funktionale Sicherheit bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Schäden an Personen oder an der Systemumwelt, die durch den Ausfall oder das fehlerhafte Verhalten eines Systems entstehen, vermieden werden sollen.¹⁰⁷ Der Fokus dieser Vorgehensweise bzw. Methodik liegt also auf den sicherheitsrelevanten Systemen. Eine Vorgehensweise zur Reduzierung der Nicht-Qualität muss somit weiter gefasst werden, um nicht nur sicherheitsbezogene sondern alle system- und funktionsbezogenen Q-Anforderungsfelder bzw. -Ziele betrachten und bearbeiten zu können.

In der Industrie existieren dazu unternehmensabhängig mehr oder weniger etablierte Q-Prozesse, die die Q-Zielerreichung der jeweiligen Komponente unterstützen bzw. sicherstellen sollen. Die dazugehörigen meist stark komponentenorientiert ausgerichteten Aktivitäten lassen sich fünf wesentlichen Prozessen zuordnen (Kapitel 2.3):

- Q-Zielemanagement

¹⁰⁴ Birke et al. 14.11.2012, S. 9

¹⁰⁵ DIN EN 61508:2011-02; VDE 0803:2011-02

¹⁰⁶ ISO 26262:2011-11

¹⁰⁷ Martin Hillenbrand 2012, S. 10

- Q-Anforderungsmanagement
- Q-Risikomanagement
- Q-Absicherungsmanagement
- Q-Problemmanagement

Die Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung soll hier einen Ansatz darstellen, der in den beschriebenen Q-Prozessen übergreifend zur Anwendung kommen kann. Jedoch nicht aus nicht der Komponenten-, sondern Funktionssicht heraus.

5.8.2 Zielsetzung für Element 4

Auf Basis der Ausgangssituation und den unterstützenden Forschungsfragen (Kapitel 5.3) wird für dieses Element folgende Zielsetzung formuliert:

- Definition des Vorgehens für die system- und funktionsorientierte QA und Integration in die Prozesslandschaft der komponentenorientierten QA.
- Beschreibung der notwendigen organisatorischen Rahmenbedingungen.

5.8.3 Vorschlag für Vorgehen und Ergebnis hinsichtlich Element 4

Das Vorgehen zur Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung soll sich am SE-Vorgehensmodell, insbesondere dem Phasenmodell und dem Problemlösungszyklus (Kapitel 4.1.2) orientieren. Dabei werden für die Ableitung des Vorgehens die Begriffe des Problemlösungszyklus und das Phasenmodell der Idee nach übernommen bzw. miteinander kombiniert. Im Kontext der System- und Funktionsorientierung werden durch den Autor aus dieser Kombination sechs wesentliche Vorgehensschritte abgeleitet, die im Zusammenhang mit der Phasengliederung und dem Problemlösungszyklus in Abb. 5.27 dargestellt werden. Dabei ergibt sich ein unterschiedlicher Fokus des Problemlösungszyklus für die einzelnen Vorgehensschritte. Nach den ersten drei Vorgehensschritten soll es dabei möglich sein, wie bereits im Phasenmodell angeführt, das Vorgehen abubrechen. Dies ist dann notwendig, wenn z.B. der Betrachtungsumfang wesentlich zu weit gewählt wurde, sich nach erster Analyse eine Zielerreichung als unmöglich darstellt oder sich auf Basis von Erkenntnissen der Detailanalysen das Problem als zu komplex und die mögliche Lösung als nicht wirtschaftlich darstellt. Die Entscheidung für einen Abbruch sollte dabei auf Basis der Ergebnisse, Erkenntnisse und vorliegenden Informationen am Ende des jeweiligen Vorgehensschritts geschehen.

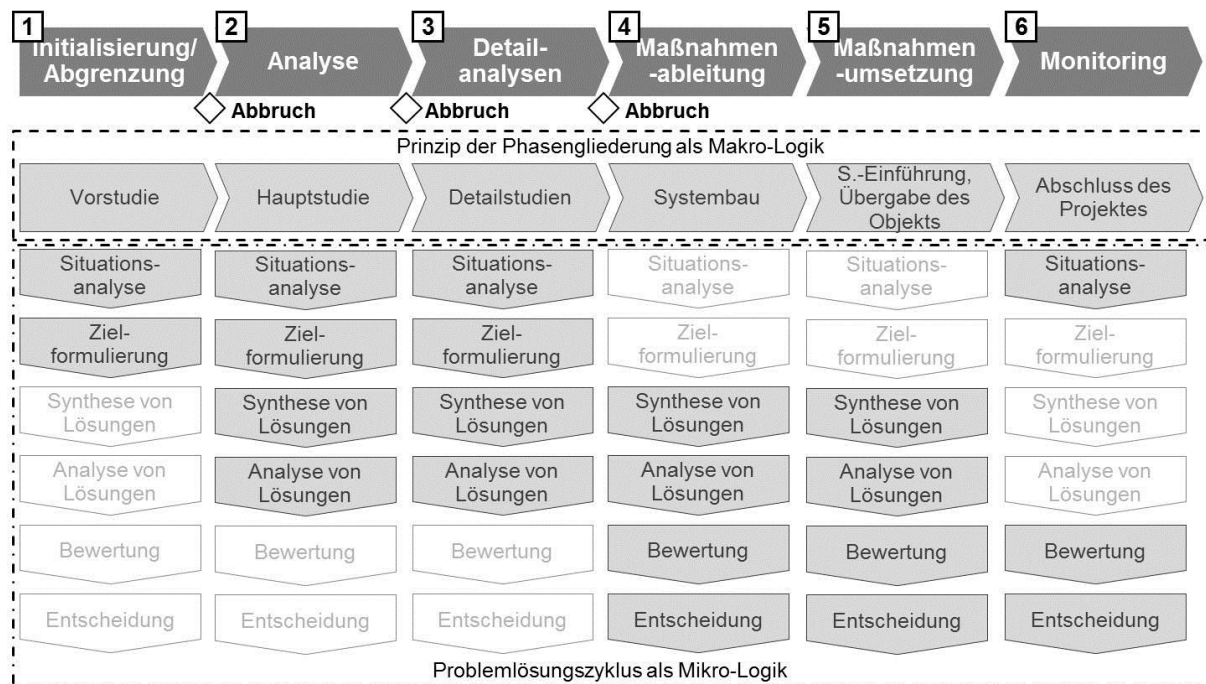


Abb. 5.27: Vorschlag für Vorgehen System- und Funktionsorientierung (Element 4) im Zusammenhang mit SE-Prinzipien

Die Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung entspricht einem phasengegliederten Top-Down-Ansatz. Dieser Ansatz sollte bei den Kundenfunktionen ansetzen und über Systemfunktionen, Subsystemfunktionen und letztendlich Komponenten mögliche Risiken, Ursachen und Maßnahmen zur Vermeidung von Nicht-Qualität betrachten. Das grundsätzliche Vorgehen ist mit dem des klassischen Risikomanagements vergleichbar. Das hier dargestellte Vorgehen wird jedoch aufgrund der Integration des SE-Vorgehensmodells und der Funktionsicht im Weiteren als system- und funktionsorientiertes Risikomanagement bezeichnet. Die Inhalte der Vorgehensschritte zur Durchführung werden im nachfolgenden Abschnitt erläutert.

Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement

Das Vorgehen zur Durchführung von system- und funktionsorientierten Risikoanalysen sollte auf Basis der beschriebenen Herleitung über das SE-Vorgehensmodell in sechs Schritten durchgeführt werden:

1. Initialisierung und Abgrenzung:
 - Zunächst sollte auf Basis einer ersten groben Eingrenzung des Betrachtungsumfangs das Team zur Durchführung festgelegt werden: Benennung eines Moderators, eines Methodikers aus dem zentralen Q-Bereich (der das Vorgehen beherrscht), der jeweils betroffenen Modulleiter und, sofern vorhanden, betroffene Funktionsverantwortliche. Hier kann es zusätzlich sinnvoll sein, relevante Vertreter aus Produktion und Einkauf hinzuzuziehen.
 - Anschließend sollte die Arbeitsweise des Teams inkl. Berichts- und Eskalationswegen vereinbart werden.
 - Nun müssen innerhalb des groben Betrachtungsumfangs ausgehend von Kunden Use Cases die Kundenfunktionen identifiziert und analysiert werden (z.B. Tür öffnen/schließen, Triebwerk starten, Satellit von Trägerrakete entkoppeln).
 - Auf dieser Basis sollte der exakte Betrachtungsumfang inkl. System-Schnittstellen abgegrenzt und festgelegt werden. Nach diesem Schritt kann es notwendig sein, die Teambesetzung zu ändern bzw. anzupassen.

- Im Kontext des Gesamtsystems sollte nun für den Betrachtungsumfang das Verbesserungspotential identifiziert und abgeschätzt werden. Das Verbesserungspotential sollte die Grundlage für die Formulierung des Ziels auf Gesamtsystem-Ebene sein.
2. Analyse:
- In diesem Schritt sollte zuerst der Funktionsablauf analysiert und dokumentiert werden. Dazu gehört insbesondere die Identifikation von Funktionen, möglichen Fehlfunktionen und Fehlerpfaden, die die funktionale Vernetzung inkl. der Schnittstellen beschreiben.
 - Nun sollten die Konsequenzen der möglichen Fehlfunktionen analysiert, beschrieben und bewertet werden, so dass eine Priorisierung hinsichtlich der Q-Ziele erfolgen kann. Die Analyse, Beschreibung und Bewertung der möglichen Fehlfunktionen ermöglicht eine Eingrenzung von Teil-Fehlfunktionen, die im nächsten Schritt detailliert analysiert werden können. Das Bewertungsschema ist dabei im Team eindeutig festzulegen. Dieses gilt dann für alle System- und Funktionsebenen.
 - Auf Basis der Analyse sollte dann das jeweilige Ziel auf Funktionsebene formuliert werden.
 - Ggf. können an dieser Stelle bereits erste Kurzfrist-Maßnahmen abgeleitet werden. Dies ist jedoch stark abhängig von der jeweiligen Komplexität bzw. Vernetzung innerhalb des Betrachtungsumfangs, da die Auswirkungen solcher Kurzfrist-Maßnahmen vor einer Umsetzung genau bekannt sein sollten (Kapitel 4.1.2, Prinzip der Phasengliederung als Makro-Logik, Systemeinführung).
3. Detailanalysen:
- Hier sollten die Konsequenzen von Teilfehlfunktionen analysiert, beschrieben und bewertet werden. Nun sollte eine Systemhierarchie-Ebene erreicht sein, auf der die verursachenden Komponenten für diese Fehlfunktionen identifiziert werden können.
 - Dies ermöglicht wiederum eine Zielformulierung auf Teilfunktions- bzw. Komponenten-Ebene.
 - In diesem Schritt sollte die Abschätzung und Quantifizierung der Risiken auf Basis Analyse der Teilfehlfunktionen und verursachenden Komponenten erfolgen.
 - Je nach System- und Funktionskomplexität kann es notwendig sein, zwischen den Fehlfunktionen in Schritt 2 und den Teilfehlfunktionen und Komponenten in Schritt 3 eine zusätzliche Funktions- bzw. Fehlfunktions-Ebene zu analysieren und zu bewerten.
4. Maßnahmenableitung:
- In diesem Schritt sollte die systematische Ableitung von Vermeidungsmaßnahmen für (Teil)-Fehlfunktionen erfolgen.
 - Dazu sollte ebenfalls die Maßnahmenbewertung und quantifizierte Abschätzung der Verbesserung durchgeführt und die Verbesserung in die Q-Prognosen überführt werden (Kapitel 5.7).
 - Hier ist es notwendig, neben der Verbesserung auch die Kosten der jeweiligen Maßnahmen abzuschätzen. Dies dient der Vorbereitung der Entscheidung zur Maßnahmenumsetzung.
 - Die Herbeiführung dieser Entscheidung sollte dann durch die jeweilig verantwortliche Rolle bzw. Gremium in der Entwicklung erfolgen.
5. Maßnahmenumsetzung:
- Die Umsetzung der entschiedenen Maßnahmen sollte dabei gestuft erfolgen, d.h. erst in einem Produkt, dann innerhalb der Produktfamilie, erst dann im Gesamt-Produktportfolio. So kann das Risiko von unbekanntem negativen Auswirkungen eingebrachter Maßnahmen reduziert werden (Kapitel 4.1.2, Systemeinführung).

- Parallel zur Maßnahmenumsetzung muss die Ableitung der Absicherungsstrategie und Verankerung im Absicherungsplan erfolgen. Über die Absicherung sollte dann die Wirksamkeit der Maßnahme bestätigt werden.
 - Des Weiteren kann es notwendig sein, die Erkenntnisse aus Funktionsanalyse und Maßnahmenableitung in Form von zusätzlichen bzw. neuen Anforderungen in die frühe Phase einzusteuern oder als Lessons Learned für Folgeprodukte zu verankern.
6. Monitoring:
- Hier ist es wichtig, ein Monitoring-Konzept und dedizierte Verantwortungen festzulegen. D.h., hier sollte die Verfolgung der Umsetzung der Vermeidungsmaßnahmen, die Implementierung einer Früherkennung im Feld, das Monitoring des Ausfallverhaltens im Feld und die Überprüfung der in den Q-Prognosen eingesteuerten Verbesserung (Wirksamkeitsnachweis) festgelegt werden.
 - Aus diesem Monitoring heraus kann dann ggf. der Anstoß zur weiteren Maßnahmenarbeitung erfolgen.

Das durch den Autor empfohlene system- und funktionsorientierte Vorgehen kann dabei zu jedem Zeitpunkt der frühen Phase angewandt werden. Falls zu diesem Zeitpunkt noch keine Konzepte zu Komponenten oder Modulen vorliegen, wird das Vorgehen nur bis zur niedrigsten möglichen Funktionsebene durchgeführt. Auch hier können bereits mögliche Ursachen identifiziert und Maßnahmen abgeleitet werden. Die Ergebnisse des system- und funktionsorientierten Risikomanagements sollten grundsätzlich auch als Voraussetzungen für Q-Gates herangezogen werden. In diesem Fall wäre die zeitliche Taktung dieser Vorgehensweise in der frühen Phase des Entwicklungsprozesses ebenfalls klar festgelegt.

Die Integration dieser Vorgehensweise in die komponentenorientierte Q-Arbeit sollte über die in beiden Ansätzen enthaltene Komponentenebene erfolgen. D.h. Ursachen und Maßnahmen, die Top-Down aus System- und Funktionssicht bis auf die Komponentenebene analysiert und abgeleitet wurden, können in der komponentenorientierten Q-Arbeit und somit in den Basisprozessen Q-Zielemanagement, -Anforderungsmanagement, -Risikomanagement und -Absicherungsmanagement (Kapitel 2.3) integriert und weiterverfolgt werden. So können Ursachen und Maßnahmen aus der regulären komponentenorientierten Q-Arbeit in die system- und funktionsorientierte Vorgehensweise mit aufgenommen und im System- und Funktionskontext betrachtet werden.

Das Ergebnis dieser Top-Down Vorgehensweise sollte die Kenntnis über mögliche Ursachen von Fehlfunktionen über alle System- und Funktionshierarchie-Ebenen inkl. der Priorisierung hinsichtlich der jeweiligen Q-Zielerreichung für den abgegrenzten Betrachtungsumfang sein. Weitere Ergebnisse sind die aus den Ursachen abgeleiteten und umgesetzten Maßnahmen bzw. in die Entwicklung eingeflossene Anforderungen inkl. quantifizierter Wirkung und Kosten.

Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung

In diesem Abschnitt werden die notwendigen organisatorischen Rahmenbedingungen für die Etablierung des beschriebenen system- und funktionsorientierten Ansatzes beschrieben. Dazu sollte in erster Linie die übliche modul- und projektorientierte Matrixorganisation innerhalb der Entwicklung (Kapitel 5.5.1) in Richtung einer Funktionsorientierung ausgerichtet werden. Hierzu ist es zunächst ausreichend, zusätzlich zur Rollenverteilung nach Projekten und Modulen wesentliche Produktfunktionen abzugrenzen und auszuwählen, die wiederum mit bereichs- und produktübergreifenden Funktionsverantwortlichen besetzt werden. Die Produktfunktionen können dabei aus interner Sicht oder Kundensicht abgegrenzt werden. Die empfohlene Verteilung dieser Funktionsverantwortung innerhalb der bestehenden Matrixorganisation ist in Abb. 5.28 schematisch dargestellt.

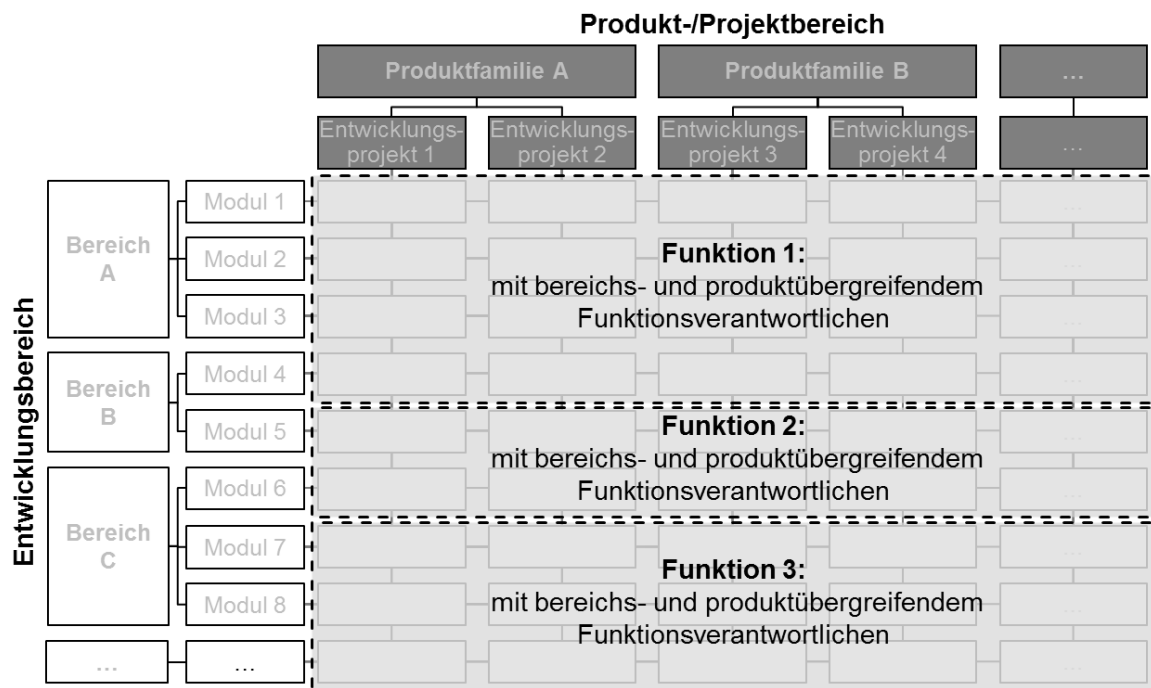


Abb. 5.28: Funktionen und Verantwortliche in der Matrixorganisation der Entwicklung

Das durch die benannten Verantwortlichen standardmäßig durchzuführende system- und funktionsorientierte Risikomanagement würde dabei die Funktionsentwicklung in der frühen Phase stützen bzw. stärken. Daneben könnten die Basisprozesse Q-Zielemanagement, -Anforderungsmanagement, -Risikomanagement und -Absicherungsmanagement der frühen Phase durch diese Rollen ebenfalls aus der system- und funktionsorientierten Sichtweise unterstützt werden. Die parallele Umsetzung beider Ansätze sollte somit die Wahrscheinlichkeit erhöhen, Q-Risiken zu identifizieren. Dies wiederum würde einen erheblichen Nutzen zur Reduzierung der Nicht-Qualität aufgrund gestiegener Produkt- und Entwicklungsprozesskomplexität mit sich bringen.

Ergebnis sollte hier die Schaffung von Funktionsverantwortungen sein, die den system- und funktionsorientierten Ansatz bzw. Vorgehensweise in der frühen Phase standardmäßig anwenden und somit zur system- und funktionsorientierten Ausrichtung der Entwicklung und Risikovermeidung beitragen.

5.8.4 Rollen für Element 4

Das Vorgehen zur Durchführung der system- und funktionsorientierten Vermeidung von Nicht-Qualität bzw. Risiken sollte über die empfohlenen sechs Schritte Initialisierung und Abgrenzung, Analyse, Detailanalysen, Maßnahmenableitung, Maßnahmenumsetzung und Monitoring geschehen. Für die Anwendung dieses Vorgehens sollte der jeweilige Projektmanager verantwortlich sein. Dieser muss die Anwendung und somit die Ergebnisse einfordern. Die Durchführung sollte im Wesentlichen das benannte Team aus Moderator, Methodiker aus dem zentralen Q-Bereich, Modulleitern und ggf. Funktionsverantwortlichen geschehen. Dieses Team kann auch als Risiko-Vermeidungsteam bezeichnet werden. Bei Bedarf können weitere Teilnehmer bzw. Rollen aus Produktion, Einkauf oder anderen Bereichen zum Team hinzugezogen werden. Diese bilden dann als Mitwirkende das erweiterte Team.

Für die Schaffung von Funktionsverantwortungen innerhalb der Matrixorganisation der Entwicklung sollte der Entwicklungsleiter verantwortlich sein. Die Durchführung sollte dann, unter Mitwirkung der bereits bestehenden Entwicklungs- und Produktbereiche, bei der neutralen Entwicklungsprozessstelle liegen.

5.8.5 Methoden und Werkzeuge für Element 4

Für die Durchführung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements kann das klassische Risikomanagement mit gängigen Bewertungsschemata als Basis genutzt werden. Darüber hinaus können Produkt-FMEAs und Fehlerbaumanalysen (Kapitel 2.2.1) als methodische Unterstützung des system- und funktionsorientierten Ansatzes herangezogen werden. Wichtig ist dabei jedoch die konsequente Top-Down-Ausrichtung über die Gesamtsystem-Ebene, die Funktionen und Teilfunktionen bis hin zur Komponenten-Ebene.

Zur Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung können keine unterstützenden Methoden oder Werkzeuge empfohlen werden. Hier kann nur darauf hingewiesen werden, dass die Rollenbeschreibung der Funktionsverantwortlichen die Bereiche Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortung explizit ausweisen und abdecken sollte. Diese Bereiche müssen mit bereits bestehenden Rollen der Entwicklung abgeglichen und harmonisiert werden, um Doppelarbeit bzw. Effizienzverluste an Schnittstellen zu vermeiden.

5.8.6 Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren für Element 4

Das zuvor im Detail beschriebene Vorgehen zur Durchführung von system- und funktionsorientierten Risikoanalysen und die Schaffung der dafür notwendigen organisatorischen Rahmenbedingungen werden in Abb. 5.29 in einer SIPOC-Darstellung zusammenfassend inkl. Input, Output und den jeweiligen Verantwortungen dargestellt.

#	Input [von Lieferant]	Prozessbeschreibung / Aktivitäten [V: Verantwortlich; D: Durchführend; M: Mitwirkend]	Output [an Kunden]
1	<ul style="list-style-type: none"> • Komplexe, innovative und grundsätzlich risikobehaftete Produktumfänge [von Projektmanager] • Kapazitäten [von Projektmanager] • Vorgehen bzw. Methodik system- und funktionsorientierte Risikoanalysen [von zentraler Q-Bereich] 	<p>Initialisierung und Abgrenzung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grobe Eingrenzung Betrachtungsumf. inkl. Festlegung Team. • Vereinbarung Arbeitsmodell inkl. Berichts- und Eskalationswegen. • Identifikation und Analyse Kunden Use Cases. • Abgrenzung und Festlegung exakter Betrachtungsumfangs inkl. System-Schnittstellen. • Identifikation und Abschätzung Verbesserungspotential im Gesamtsystem-Kontext und Formulierung des Ziels. <p>[V: Projektmanager; D/M: Risiko-Vermeidungsteam]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Risiko-Vermeidungsteam [an Projektmanager] • Betrachtungsumfang, Verbesserungspotential, Ziel Gesamt-System-Ebene [an Risiko-Vermeidungsteam]
2	<ul style="list-style-type: none"> • Betrachtungsumfang, Ziel Gesamt-System-Ebene [von Risiko-Vermeidungsteam] 	<p>Analyse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse und Beschreibung Funktionsablauf inkl. Funktionen, möglichen Fehlfunktionen und Fehlerpfaden • Analyse, Beschreibung und Bewertung Konsequenzen möglicher Fehlfunktionen inkl. Priorisierung bzgl. der Q-Ziele. • Formulierung Ziel auf Funktionsebene. • Eingrenzung Teil-Fehlfunktionen für Detailanalysen. • Ggf. Ableitung von Kurzfrist-Maßnahmen. <p>[V: Projektmanager; D/M: Risiko-Vermeidungsteam]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionsablauf, Konsequenzen von Fehlfunktionen, Ziel Funktions-Ebene, Teil-Fehlfunktionen [an Risiko-Vermeidungsteam] • Ggf. Kurzfrist-Maßnahmen [an Projektmanager]
3	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionsablauf, Konsequenzen von Fehlfunktionen, Ziel Funktions-Ebene, Teil-Fehlfunktionen [von Risiko-Vermeidungsteam] 	<p>Detailanalysen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse, Beschreibung und Bewertung Konsequenzen möglicher Teil-Fehlfunktionen. • Identifikation verursachender Komponenten • Formulierung Ziel auf Teilfunktions-/Komponentenebene. • Abschätzung und Quantifizierung Risiken aus Teil-Fehlfunktionen/verursachenden Komponenten. <p>[V: Projektmanager; D/M: Risiko-Vermeidungsteam]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Konsequenzen von Teil-Fehlfunktionen, verursachende Komponenten, Ziel Teilfunktions-Ebene, quantifizierte Risiken [an Risiko-Vermeidungsteam]
4	<ul style="list-style-type: none"> • Konsequenzen von Teil-Fehlfunktionen, verursachende Komponenten, Ziel Teilfunktions-Ebene, quantifizierte Risiken [von Risiko-Vermeidungsteam] 	<p>Maßnahmenableitung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ableitung Vermeidungsmaßnahmen für (Teil)-Fehlfunktionen • Maßnahmenbewertung und quantifizierte Abschätzung Verbesserung inkl. Einsteuerung in Q-Prognosen. • Abschätzung Kosten für Maßnahmen. • Herbeiführung Maßnahmenentscheidung. <p>[V: Projektmanager; D: Risiko-Vermeidungsteam]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeidungsmaßnahmen inkl. quantifizierter Verbesserung und Kosten [an Projektmanager]
5	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeidungsmaßnahmen inkl. quantifizierter Verbesserung und Kosten [von Projektmanager] 	<p>Maßnahmenumsetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gestufte Maßnahmenumsetzung. • Ableitung Absicherungsstrategie und Verankerung im Absicherungsplan für Wirksamkeitsnachweis. • Einsteuerung Anforderungen/Verankerung Lessons Learned. <p>[V/D: Projektmanager; M: Risiko-Vermeidungsteam]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Umgesetzte Maßnahmen, Absicherungsplan [an xxx] • Anforderung, Lessons Learned [an Projektmanager]
6	<ul style="list-style-type: none"> • Umgesetzte Maßnahmen [von Projektmanager] 	<p>Monitoring</p> <ul style="list-style-type: none"> • Festlegung Monitoring-Konzept inkl. Verantwortung. • Verfolgung Maßnahmen-Umsetzung. • Implementierung Früherkennung im Feld. • Überprüfung eingesteuerter Verbesserung in Q-Prognosen. • Ggf. Anstoß weitere Maßnahmenarbeit. <p>[V: Projektmanager; D/M: Risiko-Vermeidungsteam]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoring-Konzept, Früherkennung [an Projektmanager]
7	<ul style="list-style-type: none"> • Produkt-Funktionen [von Entwicklungs-/Produktbereichen] 	<p>Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abgrenzung und Auswahl wesentlicher Produkt-Funktionen. • Benennung Funktionsverantwortlicher inkl. Verantwortungsrahmen und Aufgaben. <p>[V: Entwicklungsleiter; D: Entwicklungsprozessstelle; M: Entwicklungs-/Produktbereiche]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionsverantwortliche inkl. Verantwortungsrahmen und Aufgaben [an Entwicklungsleiter]

Abb. 5.29: SIPOC Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung (Element 4)

Für die effektive Umsetzung der empfohlenen Vorgehensweisen werden auf Basis von Praxiserfahrungen folgende Erfolgsfaktoren als wichtig betrachtet.

Frühes Einsetzen und konsequente Weiterführung der Vorgehensweise:

- Ein erfolgreiches system- und funktionsorientiertes Risikomanagement setzt bereits in einer sehr frühen Projektphase an. Entscheidend ist hierbei, Wissen über zukünftige Risiken in der Entwicklung zu berücksichtigen, wenn das zu System noch nicht festgelegt bzw. definiert ist.
- Risiken einmalig zu identifizieren, zu bewerten und zu vermeiden, reicht nicht aus. Nur ein regelmäßiges und tiefgründiges system- und funktionsorientiertes Risikomanagement ermöglicht eine nachhaltige Behandlung von Risiken und spürbare Reduzierung der Nicht-Qualität. Die Anwendung der Vorgehensweise kann dabei bis in die späte Phase der Entwicklung hineinreichen.

Realistische Risikoeinschätzung, offene Kommunikation:

- System- und funktionsorientiertes Risikomanagement ist auch geprägt von Politik: Die Ampeln zum Projektstatus werden nach oben (hierarchisch) immer grüner. Hier müssen Risiken realistisch und faktenbasiert bewertet, diskutiert und kommuniziert werden.
- Idealer Nährboden für das erfolgreiche Risikomanagement ist eine offene und ehrliche Risikokultur, in der Verstehen vor Wissen geht und Risiken offen kommuniziert werden, um frühzeitig gemeinsam Risikomaßnahmen ergreifen zu können. Nur dadurch wird Risikomanagement zu einem integralen Bestandteil der täglichen Q-Arbeit.

Risiko-Aggregation:

- Um Auswirkungen von Risiken auf das Gesamtprojekt abschätzen zu können, müssen Risiken, die aus unterschiedlichen Anwendungen der Vorgehensweise stammen, aggregiert werden. Das schafft Transparenz und der jeweilige Projektmanager behält den Gesamt-Überblick.
- Hier ist eine Aggregation von Risiken über Vernetzung oder Verkettung möglich. Dies geht über eine reine Addition von Einzel-Risiken hinaus, ist jedoch entsprechend aufwändig.

Klare Verantwortung und Mandat vom Management:

- Klare Verankerung der Verantwortung zur gezielten und kontinuierlichen Durchführung der system- und funktionsorientierten Risikoanalysen (Funktionsverantwortung).
- Eindeutiges und robustes Mandat vom Management für die Ermittlung der System- und Funktionsrisiken sowie deren Hinterlegung mit Kosten-Rückstellungen. Dies beinhaltet auch eine laufende Priorisierung für und Kommunikation in die Organisation.
- Verfügbarkeit geeigneter, mit Mandat und Kapazität ausgestatteter Experten bzw. Prozesspartner aus allen notwendigen Bereichen für die Ermittlung und Plausibilisierung der Risiken.

5.9 Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung

Dieses Element ist im Betrachtungsumfang dieser Arbeit (Abb. 5.6) auf Teilsystem- bzw. Komponenten-Ebene des Entwicklungsprozesses eingeordnet. Je nach technischem Umfang und Vernetzung der neuen Technologie bzw. des abgegrenzten Betrachtungsumfangs können Teil-Aspekte dieses Element auch die System- bzw. Architektur-Ebene betreffen.

5.9.1 Ausgangssituation für Element 5

Um weitere Potentiale zur Reduzierung von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung heben zu können, sollten zwei Sichten auf das Produkt im Hinblick auf seine Qualität eingenommen werden. Zum einen der „Blick nach vorne“ und zum anderen der „Blick nach hinten“.

Der „Blick nach vorne“ bezieht sich insbesondere auf die Entwicklung neuer Technologien, die so noch nicht innerhalb des Unternehmens bzw. Produktportfolios zum Einsatz kamen. Zu diesen neuen Technologien existieren meist nur wenige Erfahrungswerte im Hinblick auf die Industrialisierung, erfolgreiche Markteinführung und Kundennutzung. Diese neuen Technologien stammen oft aus der hauseigenen Vorentwicklung und Forschung oder aus ähnlichen Organisationseinheiten jeweiliger Zulieferer. Neue Technologien sind in den Hochtechnologiebranchen ein wichtiger strategischer Stellhebel, um sich gegenüber dem Wettbewerb zu behaupten. Dementsprechend hohe Risiken werden mit neuen Technologien eingegangen. Aufgrund dieses Innovationsdrucks werden des Öfteren unreife Technologien kurzfristig in die Produkte, die sich in der frühen Phase der Entwicklung befinden, hineinentschieden. Darüber hinaus wird der Reifezuwachs über die weiteren Phasen der Produktentwicklung selten im Voraus geplant. Dies wiederum hat zur Folge, dass neben der initialen Reife der neuen Technologie auch die Reife zum jeweiligen Zeitpunkt in der Entwicklung nicht klar

definiert und somit nicht steuerbar ist. Daraus resultiert dann ein erhebliches Risiko hinsichtlich Nicht-Qualität und Q-Zielerreichung zum Start der Produktion der neuen Technologie.

Der „Blick nach hinten“ ist auf Produktumfänge gerichtet, zu denen bereits Erfahrungen im Unternehmen vorliegen. D.h. diese Produktumfänge befinden sich im gleichen oder in einem ähnlichen Kontext bereits in der Kundennutzung. Hier sind bereits Erfahrungen zur Qualität des Produktes bzw. Produktumfangs in Form von Problemen, Ursachen und Maßnahmen vorhanden. Studien¹¹¹ belegen, dass ca. 60% der auftretenden Probleme in ähnlicher Form bereits schon einmal aufgetreten sind. Als Grund wird hier die räumliche und zeitliche Entkopplung der Problemstehung und -entdeckung in der späten Phase bzw. der Kundennutzung angeführt. Dadurch wird ein effektiver kontinuierlicher Verbesserungsprozess verhindert. Neben der Betrachtung von Risiken bzw. der Reife neuer Technologien wird mit diesem Element somit ebenfalls die Schaffung bzw. Optimierung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses adressiert.

5.9.2 Zielsetzung für Element 5

Auf Basis dieser Ausgangssituation und der unterstützenden Forschungsfragen (Kapitel 5.3) werden für dieses Element folgende Zielsetzungen festgelegt:

- Definition eines Vorgehens zur systematischen Bewertung der Reife und Qualität einer neuen Technologie inkl. der Planung des Reifeaufwuchses innerhalb der frühen Phase der Entwicklung.
- Gestaltung eines durchgängigen Lessons Learned Prozesses zur Berücksichtigung von bekannten Problemen und kontinuierlichen Verbesserung der bestehenden Technik.

5.9.3 Vorschlag für Vorgehen und Ergebnis hinsichtlich Element 5

Die beiden formulierten Zielsetzungen und die beiden unterschiedlichen Sichtweisen des „Blickes nach vorne“ und des „Blickes nach hinten“ erfordern aus Sicht des Autors zwei grundlegend unterschiedliche Vorgehensweisen. Die Ergebnisse dieser beiden Vorgehensweisen, zum einen eine reife neue Technologie und zum anderen verbesserte bzw. optimierte bestehende Konzepte, werden gemeinsam im Produkt realisiert. Somit liegen die Schnittstellen dieser beiden Vorgehensweisen bzw. derer Ergebnisse eher auf der Produkt- als auf der Prozessebene. Die beiden Vorgehensweisen werden in den beiden folgenden Abschnitten deshalb unabhängig voneinander erläutert.

Reifebewertung und -planung bei neuen Technologien

Innerhalb dieser Vorgehensweise existieren zwei Aspekte, die im Folgenden beleuchtet werden sollen. Einerseits die Durchführung von systematischen Bewertungen der Reife bzw. der Qualität von neuen Technologien bei Eintritt in die frühe Phase der Entwicklung. Dazu sollten sogenannte Reifebewertungen für neue und kritische Technologien implementiert werden. Andererseits die phasenadäquate Reifeplanung für neue Technologien zu definierten Meilensteinen über den gesamten Entwicklungsprozess. Hier wird aufgrund des Betrachtungsumfangs dieser Arbeit die frühe Phase im Fokus stehen. Diese zwei Aspekte werden in Abb. 5.30 als initiale Reifebewertung der Technologie bei Eintritt in die frühe Phase und über den geplanten Reifezuwachs über den Entwicklungsprozess bis Start der Produktion dargestellt.

¹¹¹ Schmitt, Pfeifer 2010, S. 153

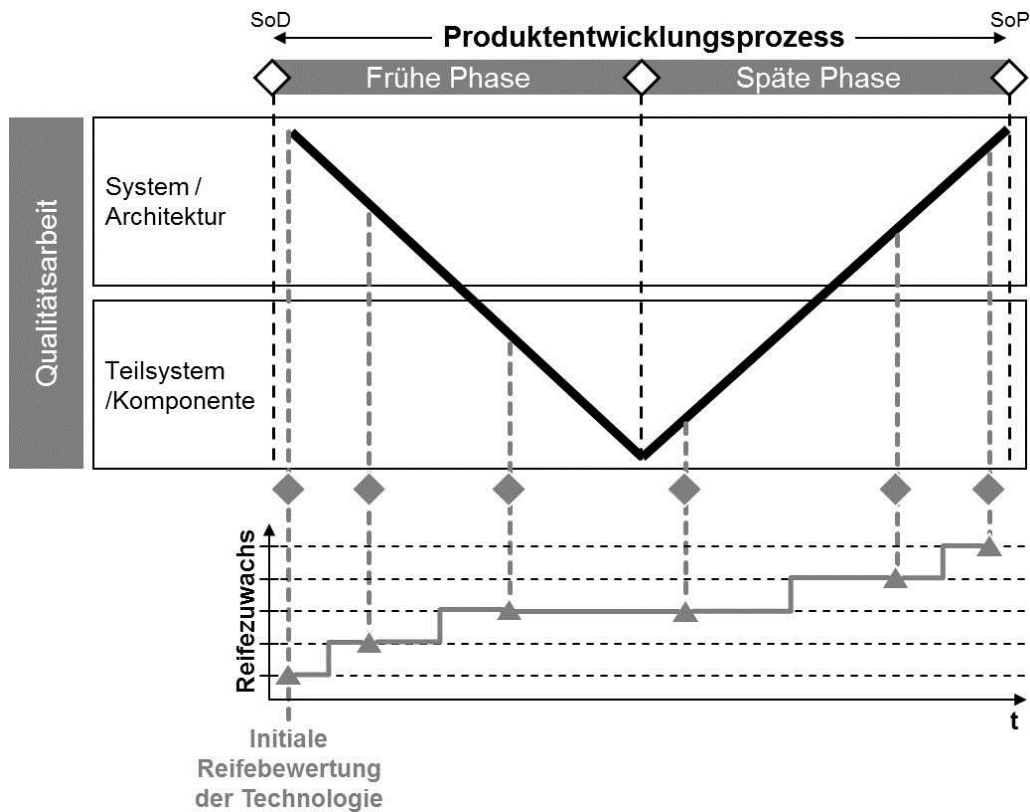


Abb. 5.30: Reifebewertung und -planung ab der frühen Phase der Entwicklung

Zunächst sollte, wenn die Entscheidung zur Integration einer neuen Technologie in die Architektur des zu entwickelnden Produkts gefällt wurde, eine systematische Bewertung der Reife bzw. der Qualität durchgeführt werden. Diese Bewertung sollte dabei verpflichtend festgelegt und im Entwicklungsprozess als Meilenstein verankert werden. Diese Bewertung kann ähnlich der Vorstudie innerhalb des „Prinzips der Phasengliederung als Makrologik“ (Kapitel 4.1.2) als Grundvoraussetzung für die weitere Entwicklung verstanden werden. Die für die Durchführung notwendigen Kapazitäten müssen dabei zuvor in der Projektplanung vorgehalten werden. Zur Durchführung der Bewertung ist es des Weiteren notwendig, das Experten-Team, welches die Entwicklung der neuen Technologie bis zu diesem Zeitpunkt betreut hat, klar in die Verantwortung zu nehmen. Das Experten-Team sollte den aktuellen Entwicklungsstand bzw. die Reife vertreten und in das jeweilige Entwicklungsprojekt übergeben. Dies kommt einer Übergabe eines Staffel-Stabes gleich. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, zur Durchführung der Bewertung diejenigen Rollen des Entwicklungsprojektes hinzuzuziehen, die die Verantwortung für diese Technologie bzw. den Produktumfang im weiteren Entwicklungsprozess übernehmen. Der Zeitpunkt der Bewertung sollte möglichst zu Beginn der frühen Phase der Entwicklung stattfinden, da nur so die neue Technologie inkl. ihrer Schnittstellen und Wechselwirkungen zum restlichen Produkt innerhalb der regulären Entwicklungsprozesse berücksichtigt werden kann. Dies wiederum trägt erheblich zur Reduktion von Risiken bei. Die Reifebewertung sollte dabei systematisch anhand definierter Themenfelder bzw. eines Fragenkatalogs durchgeführt werden und sowohl die grundlegende inhaltliche Arbeit als auch die zeitliche Einordnung umfassen. Die zeitliche Einordnung ist deshalb wichtig, da der Idealzustand einer sehr frühen Integration der neuen Technologie ins Entwicklungsprojekt nur selten dargestellt werden kann. Die Bewertung sollte somit zum einen anhand des inhaltlichen Umsetzungsgrads mit der Skalierung „Ja“, „zum Teil“ und „Nein“ und zum anderen auf Basis der zeitlichen Einordnung „nicht kritisch“, „kritisch“ und „nicht darstellbar“ erfolgen. Über diese beiden Bewertungen lässt sich dann der

Reifegrad zum jeweiligen Themenfeld bestimmen und über alle Themenfelder aggregieren. Das grundsätzliche Reifebewertungsschema ist in Abb. 5.31 aufgeführt.

The diagram is a 3x3 matrix. The vertical axis is labeled 'Umsetzungsgrad' and has three categories: 'Ja', 'zum Teil', and 'Nein'. The horizontal axis is labeled 'zeitliche Einordnung' and has three categories: 'nicht darstellbar', 'kritisch', and 'nicht kritisch'. Each cell in the matrix contains a percentage value. The shading of the cells increases from top-right to bottom-left.

Umsetzungsgrad	nicht darstellbar	kritisch	nicht kritisch
Ja	50%	75%	100%
zum Teil	25%	50%	75%
Nein	0%	25%	50%

Abb. 5.31: Grundsätzliches Reifebewertungsschema

Die Themenfelder sollten dabei durch einen Fragenkatalog abgedeckt werden, der die grundsätzliche Reife einer Technologie adressiert. Ein generischer Fragenkatalog mit den jeweiligen Themenfeldern wird im Weiteren exemplarisch dargestellt (Abb. 5.32). Dieser sollte als Orientierung dienen. Die Themenfelder bzw. Fragen können dabei unternehmens- und branchenspezifisch ergänzt und gewichtet werden. Wenn im jeweiligen Unternehmen bereits ein systematisches Risikomanagement inkl. Fragenkatalog implementiert ist und umgesetzt wird, kann eine Auswahl der Risikofragen auch für die Reifebewertung herangezogen werden.

Themenfeld	Fragen
Systemdefinition	Sind die grundlegenden Anforderungen an das Gesamtsystem (z.B. Projektauftrag, Systemübersicht, grundlegende Funktionsabläufe) bekannt und dokumentiert?
	Sind die grundlegenden Anforderungen an die Komponenten (z.B. detaillierte Funktionsübersicht, Wirkprinzipien) bekannt?
	Sind alle Haupt- und Teilfunktionen bekannt und vollständig dargestellt (z.B. hierarchische Darstellung des Systems inklusive aller Funktionen)?
	Sind die mechanischen Wechselwirkungen mit funktional vernetzten Systemen identifiziert und bewertet (z.B. Anforderungen der Komponente an das Gesamtsystem)?
	Sind die elektronischen Wechselwirkungen mit funktional vernetzten Systemen identifiziert und bewertet (z.B. Anforderungen der Komponente an das Gesamtsystem, Steuergerätekommunikation)?
	Sind alle Auswirkungen der neuen Technologie auf die Produkt-Eigenschaften identifiziert, bewertet und dokumentiert?
Architekturkompatibilität	Kann die neue Technologie in die Produktarchitektur integriert werden?
Ausfallverhalten	Sind Rückfall-Ebenen (Konzepte) vorhanden und definiert, die verhindern, dass auftretende Fehler der neuen Technologie sofort zu stark kundenrelevanten Beeinträchtigungen führen (z.B. Gesamtsystemausfall)?
	Ist bereits definiert, wie ein Ausfallverhalten bzw. Funktionsausfall im Gesamtsystem diagnostiziert wird? Ist die Machbarkeit der Diagnose bewertet und nachgewiesen?
	Wurde das Ausfallverhalten des Wettbewerbs analysiert und berücksichtigt?
	Sind die Auswirkungen des Ausfallverhaltens auf die Erreichung der Q-Ziele bewertet und quantifiziert worden?
Rückfall-Lösungen	Sind Rückfall-Lösungen (mit den davon betroffenen Komponenten) betrachtet worden, die als Ersatz für die Funktion eingesetzt werden können (z.B.: Welche anderen Systeme oder Produktumfänge können hiervon betroffen sein)?
	Sind die Auswirkungen der Rückfall-Lösungen auf die Produkt-Eigenschaften und -Ziele bekannt?
Gesetzliche Anforderungen	Sind alle relevanten gesetzlichen Anforderungen berücksichtigt?
Absicherung	Wurden in ausreichendem Maß System-/Funktionsanalysen, ggf. mit Funktionsabläufen und Fehlerpfaden für das Gesamtsystem und alle Teilsysteme/Komponenten durchgeführt?
	Sind über die wesentlichen Umfänge Risikoanalysen durchgeführt worden (z.B. System-FMEA)?
	Wurden bereits grundlegende Absicherungsaktivitäten für die späte Phase der Entwicklung festgelegt?
Lieferant	Sind Risiken durch systemspezifische Lieferantenabhängigkeiten identifiziert und bewertet?
Umweltverträglichkeit	Ist die Umweltverträglichkeit des Systems untersucht und bewertet?
Herstellbarkeit	Sind Risiken im Produktions- und Einkaufsprozess (in-house und Lieferant) identifiziert und bewertet?
Kundenrelevanz	Sind Untersuchungen hinsichtlich der Kundengruppen, -verhalten und der Akzeptanz der neuen Technologie durch den Kunden durchgeführt worden (z.B. Kundenbefragungen, „Produktkliniken“)?
	Ist die flächendeckende Einführung der neuen Technologie über das gesamte Produktportfolio geplant und/oder bekannt?

Abb. 5.32: Generischer Fragenkatalog zur Reifebewertung von Technologien

Es wird empfohlen insbesondere bei Fragen, die bezogen auf das Bewertungsschema einen Reifegrad <75% aufweisen, Maßnahmen zu ergreifen, um die Reife zu erhöhen. Dazu sollten sowohl Sofort-Maßnahmen umgesetzt als auch ganze Iterations-Schleifen im Entwicklungsprozess durchgeführt werden. Über den Mittelwert der Reifegrade zu jeder Frage kann dabei eine gesamthafte Aussage zur Reife der betrachteten Technologie ermittelt werden.

Diese initiale Reifebewertung anhand der Themenfelder bzw. der generischen Fragen und des Bewertungsschemas sollte nun als Basis für die Reifeplanung der Technologie für die darauffolgenden Entwicklungsphasen dienen. Die zu erstellende Reifeplanung sollte dabei zu vereinbarten Meilensteinen im Entwicklungsprojekt einen klar definierte Produkt-, Prozess- und Projektreife einfordern. Diese sollte sich an Ergebnissen orientieren, die entlang des Produktentwicklungsprozesses zu erbringen sind. Somit kann die Reifeplanung mit den Q-Gates, als definierte Meilensteine, synchronisiert werden. Für die Definition des Reifegrads zum jeweiligen Meilenstein bzw. Q-Gate können die Themenfelder der initialen Reifebewertung der neuen Technologie herangezogen werden. Diese sollten jedoch in ausreichendem Maße zu detailliert werden, um konkrete Messgrößen bzw. Kriterien für den jeweiligen Reifegrad zum jeweiligen Meilenstein zugrunde legen zu können. Dieses Vorgehen über die Definition von Messgrößen bzw.

Kriterien und die Bewertung zum jeweiligen Meilenstein basiert auf dem Vorgehen der Zielformulierung und Bewertung im „Problemlösungszyklus als Mikro-Logik“ (Kapitel 4.1.2) und innerhalb der Konzeptgestaltung (Kapitel 4.2.1). Angelehnt an die Reifegradabsicherung von Lieferumfängen¹¹² können dabei aufeinander aufbauende Reifegrade 0 bis 6 definiert werden. Jeder Reifegrad beschreibt dabei einen zuvor festgelegten Inhalt inkl. eines klaren Kriterien-Sets, das je Ergebnis zwischen Kunden und Lieferant festgelegt werden sollte. Die Kunden-Lieferanten-Beziehungen lassen sich unternehmensintern ebenfalls darstellen. Z.B. kann ein Eigenschaftsverantwortlicher zum Meilenstein X von den Modul-Verantwortlichen, die seine Eigenschaft beeinflussen, eine konkrete Reife fordern. Diese sollte dann mit den Lieferanten, den Modul-Verantwortlichen, vereinbart werden und zum Meilenstein X an den Kunden, den Eigenschaftsverantwortlichen, geliefert werden. Ziel ist dieses Vorgehens ist, dass zum Start der Produktion alle relevanten Technologien den Reifegrad 6 erreicht haben. Diese Logik zielt auf eine klare und verbindliche Vereinbarung von meilensteinbezogenen Reifekriterien ab. Durch eine mögliche Nicht-Vereinbarung können Risiken frühzeitig identifiziert und Maßnahmen zur Sicherstellung der geforderten Reife ergriffen werden. Die Vereinbarungsgespräche zwischen Kunden und Lieferant (intern und extern) stellen über die inhaltlichen Aspekte hinaus eine gesteuerte Kommunikation innerhalb der Entwicklung dar, die wiederum die Prävention von Nicht-Qualität und Q-Kultur fördert.

Systematische Erfassung Lessons Learned zum Projektstart

Die systematische Erfassung von Lessons Learned sollte den Rückfluss von positiven wie negativen Erfahrungen aus dem Vorgängerprodukt oder aus vergleichbaren Produkten des Wettbewerbs sicherstellen. Diese Erfahrungen in Form von bekannten Problemen, Ursachen und Maßnahmen sollten dann konsequent in der frühen Phase der Entwicklung im jeweiligen Entwicklungsprojekt in Anforderungen bzw. Maßnahmen übersetzt und umgesetzt werden. Nur so kann eine Reduzierung der Nicht-Qualität vom Vorgänger- zum Nachfolge-Produkt bzw. ggü. dem Wettbewerb erreicht werden. Diese Aufnahme von Erfahrungen und strukturierte Integration in die Entwicklungsaktivitäten kommt der Vorstudie innerhalb der „Phasengliederung als Makrologik“ (Kapitel 4.1.2) gleich, da auch hier auf das Problemfeld (inkl. Grenzen und Wirkungs-Mechanismen), Problembeschreibung und -definition, Lösungen (inkl. Grenzen, Lösungsanforderungen und -prinzipien) Bezug genommen wird. Die Lessons Learned sollten hier aus unterschiedlichen Lebenszyklus-Phasen des Vorgängerprodukts, der Wettbewerbs-Produkte oder von ähnlichen bzw. vergleichbaren Produkten stammen und sowohl Produkt, Prozess und Projekt betreffen. Die Lessons Learned sollten dabei systematisch ermittelt und zum Projektstart des neuen Produktes berücksichtigt werden. Dieser Zusammenhang der Berücksichtigung von Lessons Learned aus den benannten unterschiedlichen Quellen zum Start des jeweiligen Entwicklungsprojekts ist in Abb. 5.33 schematisch dargestellt.

¹¹² VDA QMC - Qualitäts Management Center im Verband der Automobilindustrie 2006, S. 17

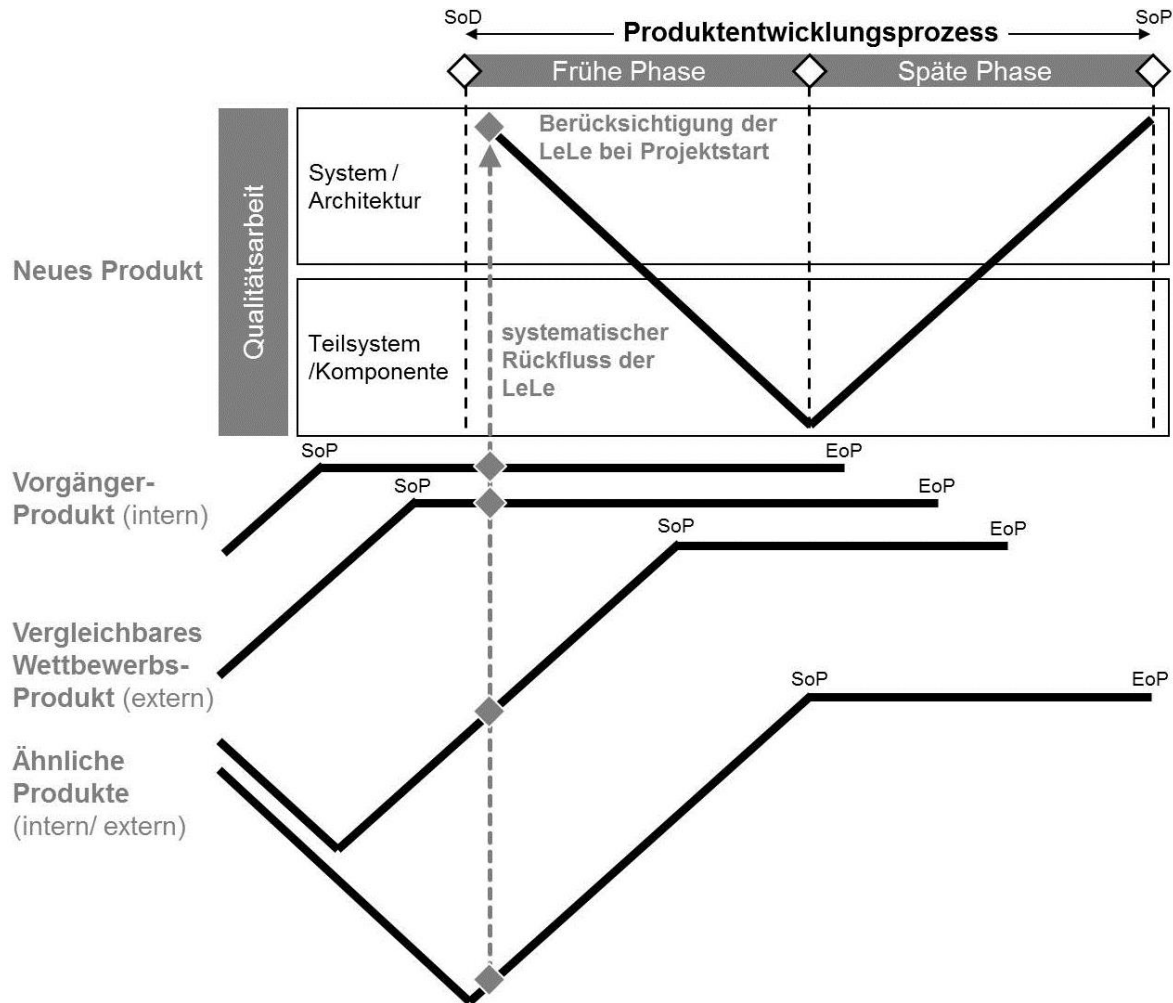


Abb. 5.33: Systematische Berücksichtigung von Lessons Learned bei Projektstart

Die Ermittlung der Lessons Learned bis hin zur Berücksichtigung im Entwicklungsprojekt sollte dabei strukturiert und systematisch nach folgendem Vorgehen erfolgen:

1. Lessons Learned ermitteln und beschreiben:
 - Zur Ermittlung der Lessons Learned sollte die Produkbsubstanz im Fokus stehen, die bereits in der frühen Phase des Entwicklungsprojekts festgelegt ist. Hier können Anhaltspunkte bereits im Projektauftrag formuliert sein. Z.B. Nutzung der technischen Basis von Produkt X, 40% Übernahmetteile aus Produkt Y, Orientiert an Wettbewerbsprodukt Z. Aus letzterem könnte dann z.B. die Notwendigkeit eines technischen Benchmarks entstehen. Darüber hinaus können externe Studien oder ähnliches genutzt werden.
 - Bei der Betrachtung von Lessons Learned sollten im Hinblick auf die Qualität des zu entwickelnden Produkts die Fragen „Was war gut und sollte beibehalten werden?“ und „Was war schlecht und sollte vermieden werden?“ gestellt werden. Diese Fragen kann sich dabei ein speziell für diesen Prozess zusammengesetztes Experten-Team stellen, oder es werden ausgewählte Personen im Entwicklungsprojekt befragt, die ausreichend Erfahrung besitzen oder Zugang zu notwendigen Daten und Messgrößen haben.
 - Das Ergebnis sollten dabei Stärken und Schwächen aus Produkt-, Prozess- und Projekt-Sicht sein, die klar und eindeutig inkl. ihrer Ursache beschrieben sind und ggf. den unterschiedlichen Q-Anforderungsfeldern bzw. -Zielen zugeordnet sind.
2. Lessons Learned konsolidieren:

- In diesem Schritt müssen die zuvor identifizierten und beschriebene Stärken und Schwächen konsolidiert werden. D.h. Doppelt-Nennungen streichen, ähnliche Themen zusammenfassen oder auch ggf. Cluster bilden.
 - Hier kann es ebenfalls nötig sein, eine Iterationsschleife mit den jeweiligen Meldern der Stärken oder Schwächen durchzuführen, um diese zu präzisieren oder zu ergänzen.
3. Inhalte der Lessons Learned bewerten und priorisieren:
- Die erfassten Stärken bzw. Schwächen sollten an dieser Stelle hinsichtlich ihrer Auswirkung bewertet werden. Dies sollte sowohl qualitativ als auch quantitativ (sofern Q-Messgrößen vorliegen) geschehen. Eine Bewertung („gering“, „mittel“, „hoch“) der Dringlichkeit (was muss schnell berücksichtigt werden?) und der Wichtigkeit (was hat einen hohen Einfluss auf die Produkt-Qualität bzw. trägt stark zur Q-Zielerreichung bei?) ist an dieser Stelle ebenfalls möglich.
 - Auf Basis dieser Bewertung sollte dann eine Priorisierung der Lessons Learned durchgeführt werden, da es sich insgesamt je nach Quellen bzw. Prozess zur Ermittlung (Schritt 1) um eine sehr große Anzahl handeln kann.
4. Anforderungen bzw. Maßnahmen aus Lessons Learned ableiten und formulieren:
- Dazu ist es zunächst notwendig aus den bewerteten Lessons Learned neutrale Anforderungen zu formulieren bzw. aus den möglichen Ursachen Maßnahmen abzuleiten.
 - Diese Anforderungen bzw. Maßnahmen sollten inkl. ihrer Wirkung, ihren Kosten und ggf. weiteren Auswirkungen beschrieben werden. Diese Wirkung sollte dabei möglichst quantifiziert werden, um eine Aufnahme als Chancen in die Q-Prognosen (Kapitel 5.7.3) zu ermöglichen.
5. Anforderungen bzw. Maßnahmen abstimmen und vereinbaren:
- Die formulierten Anforderungen bzw. Maßnahmen müssen mit den jeweiligen für die Umsetzung verantwortlichen Rollen abgestimmt und vereinbart werden.
 - Kommt es hier nicht zu einer Vereinbarung, so sollte dies innerhalb der Q-Prognosen als quantifiziertes Risiko ausgewiesen werden, welches wiederum in der Q-Regelberichterstattung kommuniziert werden muss (Kapitel 5.7.3).
 - Bei Umsetzung der jeweiligen Anforderung bzw. Maßnahme sollte dies als Wirkung innerhalb der Q-Prognosen ausgewiesen werden.
6. Umsetzung der Anforderungen bzw. Maßnahmen verfolgen und Wirksamkeit nachweisen:
- In diesem Schritt sollte durch den jeweiligen Verantwortlichen die Umsetzung der Maßnahme nachgehalten und sichergestellt werden.
 - Das Selbe gilt für die prognostizierte Wirkung der Anforderung bzw. Maßnahme. Dies ist über ein geeignetes Absicherungs- bzw. Messkonzept nachzuweisen.

Das Ergebnis dieses Vorgehens sollten dann Stärken und Schwächen sein, die bis hin zur Umsetzung der jeweiligen Anforderung bzw. Maßnahme durchgängig und nachvollziehbar dokumentiert sind. Diese sollten systematisch über die Attribute Quelle bzw. Sensor (Mitarbeitername, Produkt), Stärke bzw. Schwäche inkl. Beschreibung und Auswirkung (qualitativ und quantitativ), Priorisierung, Beschreibung Anforderung bzw. Maßnahme inkl. Wirkung, Umsetzer bzw. umsetzender Bereich, Status, Erstellungs- und Umsetzungsdatum beschrieben werden. Dieses Vorgehen sollte als Standard-Prozess im Unternehmen bzw. im Entwicklungsprozess verankert werden, um eine kontinuierliche Verbesserung der bestehenden Technik sicherzustellen. Je früher dieser Prozess im jeweiligen Entwicklungsprojekt zur Anwendung kommt, desto eher können die Ergebnisse im Entwicklungsprozess berücksichtigt und integriert werden. Dies vermeidet Risiken und reduziert die Kosten aus späten Änderungen.

5.9.4 Rollen für Element 5

Die initiale Reifebewertung neuer Technologien sollte in der Verantwortung des jeweiligen Projektmanagers stehen, der ebenfalls für die Erreichung der Produkt-, Prozess- und Projektreife verantwortlich ist. Das Vorentwicklungsteam, welches die neue Technologie bis zu diesem Zeitpunkt entwickelt und verantwortet hat, sollte die Bewertung auf Basis ihres Wissen und ihrer Fachkompetenz durchführen. Diejenigen Moduleiter, die diese neue Technologie dann über den Produktentwicklungsprozess bis zum Start der Produktion verantworten werden, sollten ebenfalls teilnehmen, um Sachverhalte und Themen hinterfragen und Wissen zur jeweiligen Technologie aufbauen zu können.

Die anschließende Reifeplanung der neuen Technologie sollte ebenfalls durch den Projektmanager verantwortet werden. Die Durchführung der Planung erfolgt dann im Zusammenspiel zwischen Projektmanager und Moduleitern, die die Reifegrade inkl. der Kriterien zu den jeweiligen Meilensteinen vereinbaren müssen. Bei einer Nicht-Vereinbarung sollten die Moduleiter Maßnahmen ableiten, um die Reife der Technologie zum jeweiligen Meilenstein sicherzustellen.

Die systematische Erfassung der Lessons Learned zum Projektstart sollte durch den Projektmanager verantwortet werden, der ebenfalls die Erreichung der Reife und der Q-Ziele verantwortet. Die Erfassung, Beschreibung, Konsolidierung, Bewertung, Priorisierung und Anforderungs- bzw. Maßnahmenableitung sollte durch die Moduleiter erfolgen, die die Experten für die jeweiligen Produktumfänge darstellen. Zusätzlich sollten die Moduleiter die Schnittstelle zu den Q-Prognosen sicherstellen, die ebenfalls durch diese erstellt werden. Unterstützt werden sollten die Moduleiter durch den zentralen Q-Bereich, der sowohl Q-Daten und Q-Wettbewerbsdaten zur Verfügung stellen als auch Benchmarks und Studien organisieren und koordinieren sollte.

5.9.5 Methoden und Werkzeuge für Element 5

Für die Durchführung initialer Reifebewertungen können im Unternehmen bestehende Risikomanagement-Tools genutzt bzw. angepasst werden. Inhaltlich können dafür insbesondere bestehende Bewertungsschemata und Fragenkataloge herangezogen werden. Für die Unterstützung einer Reifeplanung können keine spezifischen Methoden und Werkzeuge empfohlen werden.

Für die systematische Erfassung von Lessons Learned im Entwicklungsprozess existieren diverse Excel-Tools und Datenbanken. Diese sind jedoch stark unternehmensspezifisch ausgerichtet und in die jeweilige IT-Landschaft eingebettet. Schnittstellen zu Prozessen und IT-Systemen des Ziel-, Anforderungs-, Absicherungs- und Problemmanagements sind aufgrund der engen inhaltlichen Verzahnung an dieser Stelle ausdrücklich zu empfehlen.

5.9.6 Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren für Element 5

Die durch den Autor vorgeschlagenen Vorgehensweisen zur Reifebewertung und -planung bei neuen Technologien und systematischen Erfassung von Lessons Learned zur kontinuierlichen Verbesserung der bestehenden Technik werden in Abb. 5.34 zusammenfassend als SIPOC dargestellt.

#	Input [von Lieferant]	Prozessbeschreibung / Aktivitäten [V: Verantwortlich; D: Durchführend; M: Mitwirkend]	Output [an Kunden]
1	<ul style="list-style-type: none"> • Neue Technologien [von Projektmanager] • Kapazitäten [von Projektmanager] • Themenfelder und Fragenkatalog [von Projektmanager] 	<p>Initiale Reifebewertung neuer Technologien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifikation neuer und kritischer Technologien. • Vorhalt der notwendigen Kapazitäten in der Projektplanung. • Durchführung inhaltliche und zeitliche Reifebewertung anhand definierter Themenfelder und Fragenkatalog. • Ggf. Ableitung von Sofort-Maßnahmen bzw. Initiierung Iterations-Schleifen. <p>[V: Projektmanager; D: Vor-Entwicklungsteam; M: Modulleiter]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reifebewertung neuer Technologien [an Projektmanager] • Ggf. Sofort-Maßnahmen bzw. Iterationsschleifen [an Projektmanager]
2	<ul style="list-style-type: none"> • Projektmeilensteine bzw. Q-Gates [von Projektmanager] • Inhalte Produkt-, Prozess und Projektreife [von Projektmanager, Modulleiter] 	<p>Reifeplanung neuer Technologien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definition Meilensteine bzw. Synchronisation mit Q-Gates. • Festlegung Kriterien für Produkt-, Prozess- und Projektreife. • Verteilung Kriterien auf Reifegrade 0 bis 6. • Vereinbarung Reifegrade bzw. Kriterien zw. Kunde und Lieferant für Meilensteine. • Identifikation von Risiken aus Nicht-Vereinbarung der Reife. • Ableitung Maßnahmen zur Sicherstellung der Reife. <p>[V: Projektmanager; D/M: Projektmanager, Modulleiter]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kriterien für Produkt-, Prozess- und Projektreife [an Projektmanager, Modulleiter] • (Vereinbarte) Reifegrade 0 bis 6 [an Projektmanager, Modulleiter] • Risiken und Maßnahmen [an Projektmanager]
3	<ul style="list-style-type: none"> • Festgelegte Produktsubstanz [von Projektmanager] • Relevante Rollen [von Projektmanager] • Q-Anforderungsfelder/-Ziele [von zentraler Q-Bereich] 	<p>Lessons Learned ermitteln und beschreiben</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifikation Produktsubstanz für Betrachtungsumfang • Auswahl und Befragung relevanter Rollen zur Identifikation Stärken/Schwächen hinsichtl. Produkt, Prozess und Projekt. • Ggf. Durchführung Benchmarks bzw. externe Studien. • Beschreibung der Ursache für Stärken/Schwächen. • Ggf. Zuordnung zu Q-Anforderungsfeldern bzw. -Zielen. <p>[V: Projektm.; D: Modulleiter; M: zentraler Q-Bereich]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Betrachtungsumfang, ausgewählte Rollen [an Projektm.] • Benchmarks, externe Studien [an Projektm., Modulleiter] • Stärken/Schwächen inkl. Ursachen und Zuordnung Q-Anforderungsfelder/-Ziele [an Projektmanager, Modulleiter]
4	<ul style="list-style-type: none"> • Stärken/Schwächen [von Projektmanager, Modulleiter] 	<p>Lessons Learned konsolidieren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konsolidierung Stärken/Schwächen. • Ggf. Iterationsschleife zur Präzisierung/Ergänzung. <p>[V: Projektm.; D: Modulleiter; M: zentraler Q-Bereich]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Konsolidierte Stärken/Schwächen [an Projektmanager, Modulleiter]
5	<ul style="list-style-type: none"> • Konsolidierte Stärken/Schwächen [von Projektmanager, Modulleiter] 	<p>Lessons Learned bewerten und priorisieren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bewertung hinsichtl. Auswirkung (quantitativ/qualitativ) • Priorisierung der Stärken/Schwächen. <p>[V: Projektm.; D: Modulleiter; M: zentraler Q-Bereich]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bewertete und priorisierte Stärken/Schwächen [an Projektmanager, Modulleiter]
6	<ul style="list-style-type: none"> • Bewertete und priorisierte Stärken/Schwächen [von Projektmanager, Modulleiter] 	<p>Anforderungen/Maßnahmen aus LeLe ableiten/formulieren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formulierung Anforderungen bzw. Ableitung Maßnahmen. • Beschreibung hinsichtl. quantifizierter Wirkung und Kosten. • Ggf. Aufnahme Chancen in Q-Prognosen. <p>[V: Projektm.; D: Modulleiter; M: zentraler Q-Bereich]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Anforderungen/Maßnahmen inkl. Wirkung und Kosten [an Projektmanager, Modulleiter] • Ggf. aktualisierte Q-Prognosen [an Projektm., Modulleiter]
7	<ul style="list-style-type: none"> • Anforderungen/Maßnahmen [von Projektmanager, Modulleiter] 	<p>Anforderungen/Maßnahmen abstimmen und vereinbaren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abstimmung und Vereinbarung Anforderungen bzw. Maßnahmen mit verantwortlichen Rollen. • Ggf. Ausweisung quantifizierter Risiken bei Nicht-Vereinbarung in Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung. • Ausweisung quantifizierte Wirkung bei Umsetzung Anforderung/Maßnahme in Q-Prognose. <p>[V: Projektm.; D: Modulleiter; M: zentraler Q-Bereich]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vereinbarte Anforderungen/Maßnahmen [an Projektmanager] • Aktualisierte Q-Prognosen, Q-Regelberichterstattung [an Projektmanager, Modulleiter]
8	<ul style="list-style-type: none"> • Vereinbarte Anforderungen/Maßnahmen [von Projektmanager, Modulleiter] 	<p>Umsetzung der Anforderungen/Maßnahmen verfolgen, Wirksamkeit nachweisen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sicherstellung Umsetzung Anforderung/Maßnahme inkl. prognostizierter Wirkung. <p>[V: Projektm.; D: Modulleiter; M: zentraler Q-Bereich]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Umgesetzte und wirksame Anforderungen/Maßnahmen [an Projektmanager, Modulleiter]

Abb. 5.34: SIPOC Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung (Element 5)

Zur Umsetzung der Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung gelten erfahrungsgemäß folgende Erfolgsfaktoren als wesentlich.

Verankerung und Einforderung der Reifebewertung neuer Technologien im Entwicklungsprozess:

- Eine systematische Analyse und Bewertung der Technologiereife ist die Grundlage für die Beherrschbarkeit der damit einhergehenden Risiken und Fundament einer robusten Technologieentscheidung.
- Die Bewertung der Technologiereife muss als Schlüsselmeilenstein in der frühen Phase der Entwicklung verankert sein und durch das Management eingefordert werden.

Kunden-Lieferanten-Beziehung und Kommunikation als Basis der Reifeplanung:

- Um eine Reifeplanung zur konsequenten Reifesteuerung nutzen zu können, ist es notwendig, dass die Kunden- und Lieferantenbeziehungen (intern und extern) etabliert sind.
- Dazu ist eine Kenntnis dieser Beziehung sowie die offene Kommunikation an dieser Schnittstelle unabdingbar.

Ausreichende Informationen zu Wettbewerbsprodukten und eigenen Produkten:

- Um externe Lessons Learned heranziehen zu können, müssen technische Benchmarks und externe Studien als Bestandteil der Entwicklung verstanden und verankert werden.
- In Bezug auf die eigenen Produkte müssen dazu alle Informationen sowohl konsequent aufgenommen und dokumentiert werden als auch für alle am Entwicklungsprozess beteiligten Rollen einfach zugänglich sein.

Enge Verzahnung des Lessons Learned Prozesses mit den Basisprozessen:

- Der Lessons Learned Prozess muss standardmäßig im Entwicklungsprozess verankert und innerhalb der Projektinitialisierung verpflichtend durchgeführt werden.
- Der Lessons Learned Prozess sollte dabei durchgängig mit dem Ziel-, Anforderungs-, Absicherungs- und Problemmanagement prozessual und IT-seitig verzahnt werden.

5.10 Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien

Die in diesem Element beschriebene Prävention von Nicht-Qualität setzt sowohl auf Architektur- als auch Baukasten- bzw. Teilsystem-Ebene an. Aus diesem Grund ist das Element innerhalb des Betrachtungsumfangs (Abb. 5.6) sowohl auf System- bzw. Architektur- als auch Teilsystem-Ebene eingeordnet. Zusätzlich dazu kann die in diesem Element beschriebene Vorgehensweise auch auf der Komponenten-Ebene angewendet werden. Dieses Element setzt direkt am Kernprozess der Entwicklung an.

5.10.1 Ausgangssituation für Element 6

Architektur- und Baukastenstrategien sollten immer auf langfristig orientierten Zielsetzungen aufbauen. Zielsetzungen können dabei sein: Komplexitätsreduktion, Variantenreduktion, Flexibilitätserhöhung, Entwicklungszeitverkürzung und vor allem die daraus resultierende Kostenreduktion im Unternehmen bzw. in der Entwicklung. Insbesondere der Aspekt der langfristigen Umsetzung solch einer Strategie und die damit verbundenen Risiken hinsichtlich Nicht-Qualität stehen hier im Vordergrund. Werden in einem Unternehmen neue Architekturen oder Baukästen entwickelt, so muss sichergestellt sein, dass diese den Q-Anforderungen bzw. Q-Zielen gerecht werden. Eine Verfehlung dieser Anforderungen bzw. Ziele hat aufgrund der höheren Produktstückzahl (im Vergleich zur gesamten Produktstückzahl) bzw. des unternehmensweiten Einsatzes eines Baukastens eine große Auswirkung auf Nicht-Qualität und die damit verbundenen Kosten. Die möglichen Auswirkungen wurden bereits in der Ausgangssituation dieser Arbeit beispielhaft erläutert (Abb. 1.4). Um diese Risiken zu vermeiden, ist es deshalb in der frühen Phase der Entwicklung wichtig, „die richtigen Dinge richtig zu tun“. Die „richtigen Dinge“ sind dabei insbesondere das Zielemanagement, Anforderungsentwicklung (Anforderungsmanagement-Aufgaben wie Steuerung und Verwaltung werden hier ausgeklammert) und die Absicherungsplanung als Kernprozesse der frühen Phase. Das „richtig tun“ bezieht sich auf die Sicherstellung der Durchgängigkeit über Gesamtsystem-, Teilsystem- und Komponenten-Ebene, also dem SE-Prinzip „Vom Groben zum Detail“ (Kapitel 4.1.2). So können über das Zielemanagement, die Anforderungsentwicklung und die Absicherungsplanung Q-Risiken vermieden und zu einer Reduzierung der Nicht-Qualität beigetragen werden.

Im Folgenden wird dazu der Entwicklungsprozess eines neuen Produktes, mit dem eine neue Architektur, neue Baukästen entwickelt und im Unternehmen eingeführt werden, als Referenz genutzt. Über dieses Referenzprodukt werden die neue Architektur innerhalb einer Produktfamilie und die Baukästen über mehrere Produktfamilien gestaffelt eingeführt. Die beschriebene Vorgehensweise gilt jedoch auch grundsätzlich für jedes andere zu entwickelnde Produkt, welches kein Führungsprodukt ist.

5.10.2 Zielsetzung für Element 6

Auf Basis der beschriebenen Ausgangssituation und der unterstützenden Forschungsfragen (Kapitel 5.3) wird für die Prävention von Nicht-Qualität bei Architektur- und Baukastenstrategien folgende Zielsetzung formuliert:

- Konsistente Verteilung der Q-Ziele über Gesamtsystem- (bzw. Architektur-), Teilsystem- (bzw. Baukasten-) und Komponenten-Ebene.
- Beschreibung der wesentlichen Stellhebel im Zielemanagement, Anforderungsentwicklung und Absicherungsplanung und deren Verzahnung zur Reduzierung der Nicht-Qualität.

5.10.3 Vorschlag für Vorgehen und Ergebnis hinsichtlich Element 6

Auf Basis der Praxiserfahrungen des Autors aus Beratungsprojekten sollte die Prävention von Nicht-Qualität bei Architektur- und Baukastenstrategien im Wesentlichen drei aufeinander aufbauende Vorgehensschritte (Abb. 5.35) beinhalten:

1. Als erstes sollte ausgehend von den durch das Top-Management vorgegebenen, strategischen Q-Zielen (Kapitel 5.5) eine stimmige und konsistente vertikale Zielverteilung in der Entwicklung erfolgen. Dazu sollte die generische Produktstruktur bzw. Architektur inkl. Teilsystemen und Komponenten als Basis herangezogen werden. Über diese Produktstruktur können die unterschiedlichen Q-Ziele konsistent verteilt werden.
2. Im nächsten Schritt sollte die Q-Anforderungsentwicklung als Kern-Entwicklungsaktivität der frühen Phase erfolgen. Hier ist insbesondere die Durchgängigkeit über die System-, Teilsystem- und Komponenten-Ebene sicherzustellen.
3. Ausgehend von der Anforderungsentwicklung über die einzelnen Systemebenen und die jeweils spezifizierten Anforderungen sollte die durchgängige Q-Absicherungsplanung erfolgen. D.h. zu jeder spezifizierten Q-Anforderung müssen Absicherungsaktivitäten bzw. -maßnahmen geplant werden. Diese sind in der späten Phase durchzuführen, um die Q-zielkonforme Realisierung zu überprüfen und den Start der Produktion freigeben zu können.

Diese drei aufeinander folgenden bzw. aufbauenden Vorgehensschritte sind in Abb. 5.35 dargestellt.

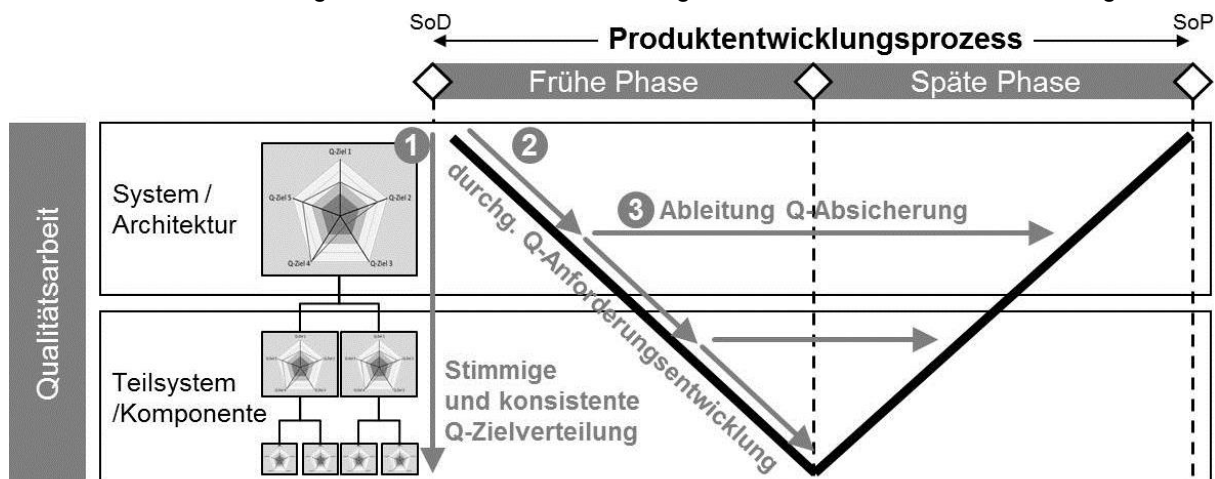


Abb. 5.35: Vorschlag für Vorgehen zur Prävention von Nicht-Qualität bei Architektur- und Baukastenstrategien (Element 6)

Die zuvor kurz beschriebenen Schritte werden in den nachfolgenden Abschnitten detailliert erläutert.

1. Stimmige und konsistente Q-Zielverteilung

Die Q-Zielverteilung sollte angelehnt an das SE-Vorgehensprinzip „Vom Groben zum Detail“ (Kapitel 4.1.2) Top-Down über die Systemhierarchie-Ebenen geschehen. Voraussetzung dazu ist, dass durch

das Top-Management strategische Q-Ziele für jedes Produkt vorgegeben und vereinbart wurden. Jedes Q-Ziel sollte nun, ausgehend vom Gesamtprodukt, auf die Teilsysteme oder Komponenten der darunterliegenden Systemhierarchie-Ebene aufgeteilt werden. Aufsummiert müssen die einzelnen Zielwerte den Zielwert der darüber liegenden Ebene ergeben. Die Architektur wird im Weiteren mit dem System und die Baukästen mit Teilsystemen gleichgesetzt. Die Q-Zielverteilung sollte unabhängig davon, ob es sich um neue Baukästen oder nur angepasste Teilsysteme handelt, nach demselben Vorgehen durchgeführt werden. Die Top-Down Zielverteilung auf die jeweiligen Systemhierarchie-Ebenen ist in Abb. 5.36 schematisch aufgeführt.

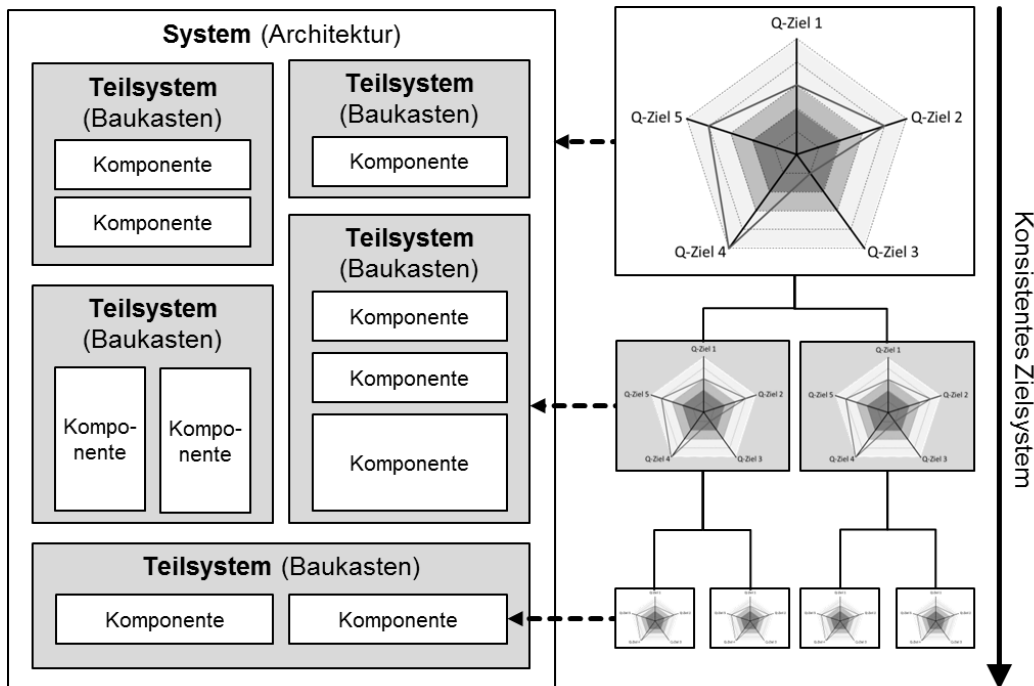


Abb. 5.36: Sicherstellung konsistentes Q-Zielsystem

Die Höhe der Q-Zielwerte jedes Teilsystems oder Komponente auf einer Hierarchieebene hängt vom jeweiligen Potenzial bzw. Anteil ab, welches die jeweiligen Teilsysteme oder Komponenten an der Q-Zielerreichung haben. Dies sollte je Teilsystem oder Komponente sehr sorgfältig abgeschätzt werden. Hier sollte im Wesentlichen auf Erfahrungswerte in Form von Ausfall- und Fehlerraten der Vergangenheit zurückgegriffen oder Benchmarks bzw. externe Studien herangezogen werden. Die quantifizierte Abschätzung sollte dann, ähnlich wie die Abschätzung von Wirkungen innerhalb der Q-Prognosen (Kapitel 5.7.3) oder der Abschätzung von Auswirkungen von Stärken bzw. Schwächen (Kapitel 5.9.3), durch Experten erfolgen. Die Orientierung der Zielaufteilung am Potential bzw. Anteil des jeweiligen Teilsystems oder Komponente soll dabei sicherstellen, dass das festgelegte Ziel realistisch und erreichbar ist. Da die Entwicklung der jeweiligen Teilsysteme und Komponenten durch klare Verantwortungen innerhalb der Organisation erfolgen sollte, ist die Q-Zielerreichung durch diese Rollen direkt beeinflussbar. Mit diesen Rollen bzw. Verantwortungen müssen die einzelnen abgeleiteten Q-Ziele abschließend vereinbart werden. Dies sollte mit Projektbeginn bzw. -planung geschehen.

Die resultierende stimmige und konsistente Q-Zielverteilung über alle Systemebenen eines Produktes sollte die Basis für die weitere Anforderungsentwicklung hinsichtlich der jeweiligen Produktumfänge darstellen.

2. Durchgängige Q-Anforderungsentwicklung

Aufgrund der vielfachen Behandlung und sehr unterschiedlichen Definition des Anforderungsmanagements wird in diesem Abschnitt als Referenz der Best-Practice-Requirements-

Management- und Engineering-Prozess¹¹³ herangezogen. Dieser besteht aus Best Practices und den in der gängigen Literatur beschriebenen Anforderungsmanagement-Prozessen. Der zentrale Teil dieses Prozesses, der als Anforderungsentwicklung definiert werden kann, gliedert sich in die fünf folgenden Prozessschritte inkl. Tätigkeiten, wie in Abb. 5.37 dargestellt. Der Teil-Prozess der Anforderungskontrolle/-verfolgung/-verwaltung wird hier nicht weiter betrachtet, da der Fokus auf der Anforderungsentwicklung, nicht dem Anforderungsmanagement liegt.

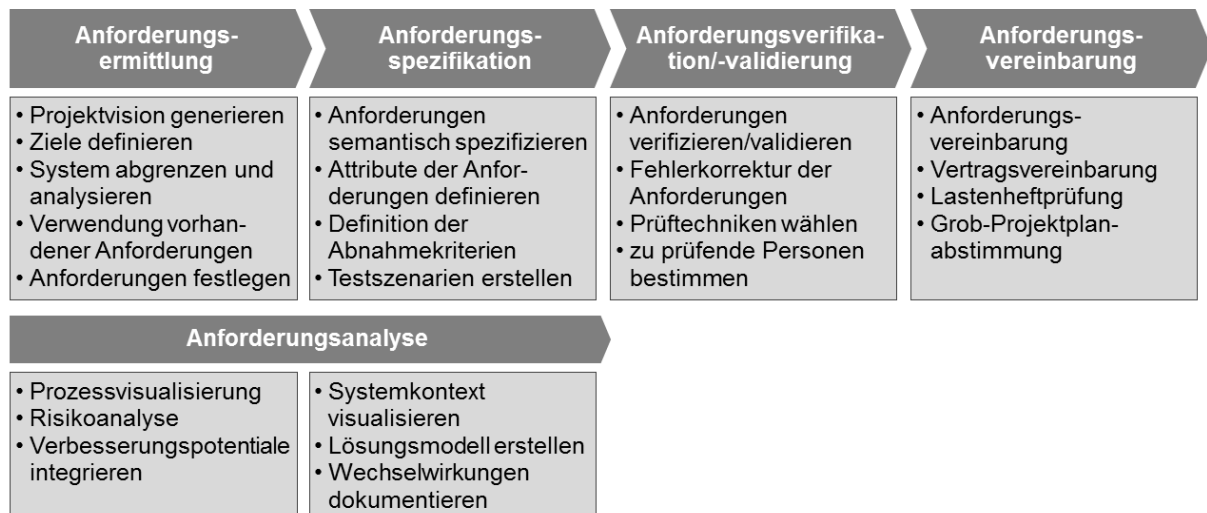


Abb. 5.37: Prozessschritte und Tätigkeiten der Anforderungsentwicklung (nach Jochem, Landgraf)

Die einzelnen Schritte der Anforderungsentwicklung sollten zur Sicherstellung der Durchgängigkeit je Systemebene konsequent durchgeführt werden, beginnend mit den Kunden bzw. -Marktanforderungen bis hin zu Komponentenanforderungen. Dabei resultieren aus dem Schritt der Anforderungsanalyse im Systemkontext und über Wechselwirkungen sogenannte Wirkketten zwischen den spezifizierten Q-Anforderungen, die die Vernetzungen von Eigenschaften, Funktionen und Komponenten beschreiben. Diese sollten als ein wesentliches Ergebnis innerhalb der Q-Anforderungsentwicklung über System-, Teilsystem- und Komponentenebene gezielt erarbeitet und dokumentiert werden. Dies ist in Abb. 5.38 schematisch aufgeführt.

¹¹³ Jochem, Landgraf 2011, S. 25

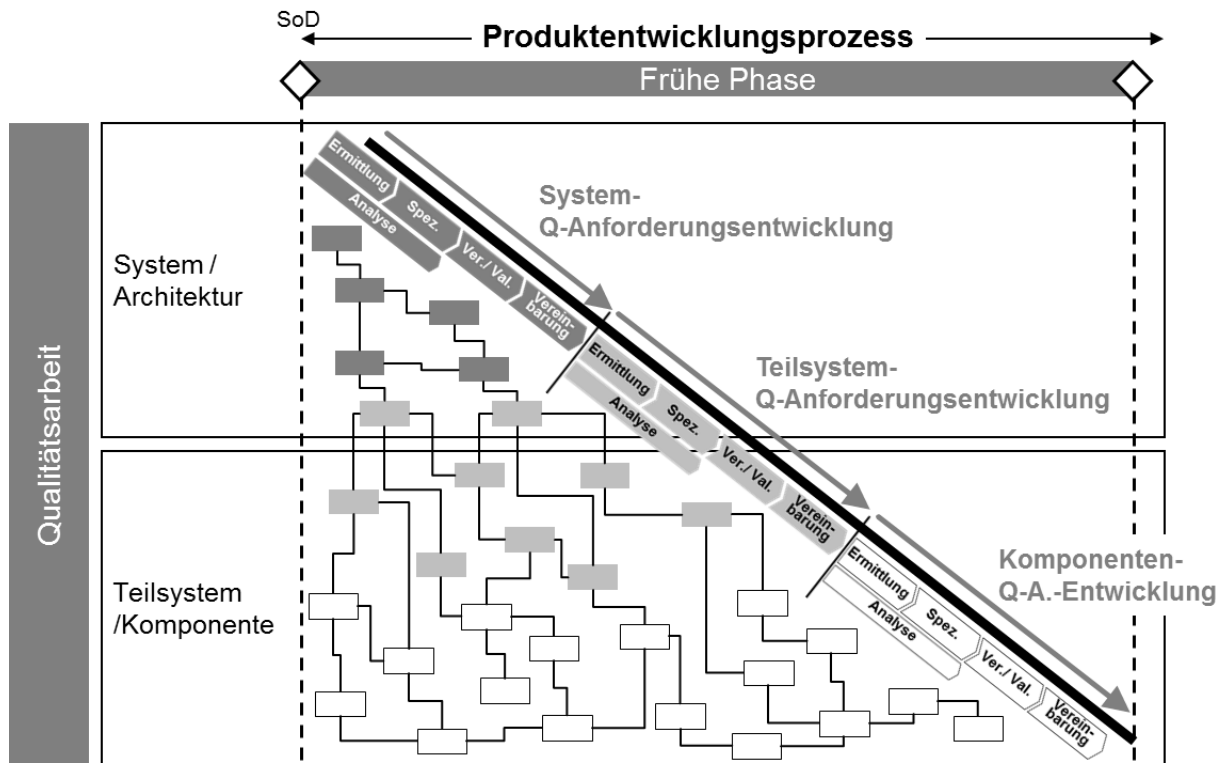


Abb. 5.38: Q-Anforderungsentwicklung und Erarbeitung Wirkketten über die System-Ebenen

Die sorgfältige und konsequente Anforderungsentwicklung und Beherrschung der Wirkketten ist der Schlüssel zur hohen Qualität, da ein wesentlicher Anteil der Nicht-Qualität aus der nicht beherrschten Vernetzung bzw. Komplexität im System resultiert. Die durchgängige Q-Anforderungsentwicklung inkl. der vollständig spezifizierten Anforderungen und Wirkketten ist die notwendige Voraussetzung für die durchgängige Q-Absicherungsplanung. Diese wird im nächsten Abschnitt beschrieben.

3. Durchgängige Q-Absicherungsplanung

Durchgängige Q-Absicherungsplanung wird in dieser Arbeit definiert als: entwicklungsbereichsübergreifende Strategie, Planung und Steuerung der Produktabsicherung (virtuell und Hardware) entlang der System-, Teilsystem- und Komponenten-Ebenen auf Basis der spezifizierten Q-Anforderungen und unter Berücksichtigung der vereinbarten Reifegrade für neue Technologien (Kapitel 5.9.3). Die durchgängige Q-Absicherungsplanung sollte im Prozessschritt der Anforderungsspezifikation (Abb. 5.37) bei der Definition der Abnahmekriterien und Erstellung der Testszenarien jeweils auf der System-, der Teilsystem- und Komponenten-Ebene ansetzen. Auf Basis dieser Inhalte sollte dann die Q-Absicherungsplanung zur wesentlichen Durchführung in der späten Phase der Entwicklung erfolgen. Dieser Zusammenhang ist in Abb. 5.39 dargestellt.

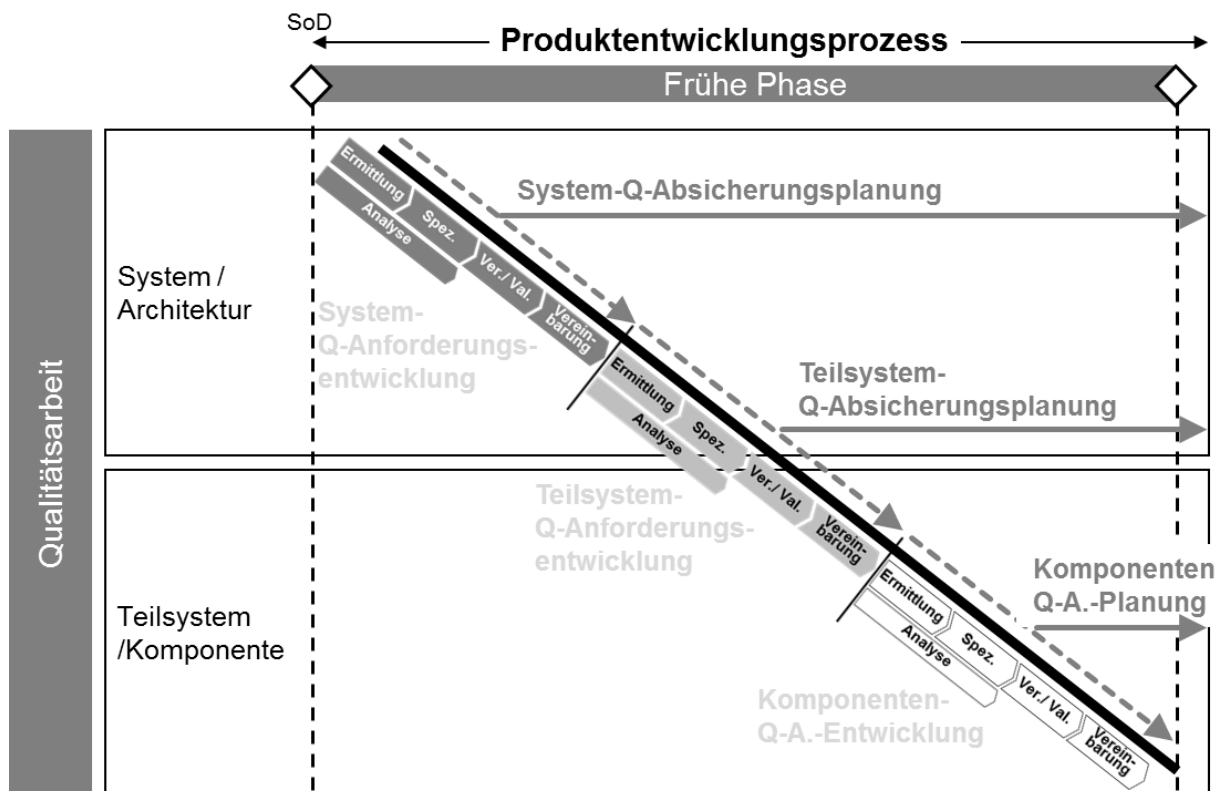


Abb. 5.39: Durchgängige Q-Absicherungsplanung auf Basis der Q-Anforderungsspezifikation

Das Ziel der durchgängigen Q-Absicherungsplanung sollte dabei die früheste mögliche Identifikation aller Probleme bei Eigenschaften, Funktionen, Komponenten und deren Wechselwirkungen auf der kleinstmöglichen bzw. höchstnötigen System-Ebene sein. Diese sollten dann innerhalb des Entwicklungsprozesses gelöst werden, was wiederum zu einer Reduzierung der Nicht-Qualität zum Start der Produktion führt. Die Q-Absicherungsplanung sollte dabei inhaltlich vollständig und zeitlich stimmig sein. Die spezifizierten Anforderungen auf allen System-Ebenen müssen mit Abnahmekriterien und Testszenarien bzw. detaillierten Absicherungsmaßnahmen hinterlegt werden. Die Absicherungsmaßnahmen müssen mit eindeutigen Verantwortlichen hinterlegt und untereinander zeitlich synchronisiert bzw. harmonisiert werden. Das Vorgehen zur Erstellung einer derartigen Q-Absicherungsplanung kann im Wesentlichen durch sechs Schritte beschrieben werden:

1. Aufnahme Q-Anforderungen:
 - Sammlung aller spezifizierten Anforderungen auf den System-Ebenen.
 - Ein Teil der Anforderungen sollte dabei als projektübergreifend, generischer Anteil betrachtet und standardmäßig übernommen werden.
 - Der Fokus sollte hier auf neuen Produktumfängen bzw. Technologien liegen. Hier können neben den neu spezifizierten Q-Anforderungen auch die Kriterien der Reifepaltung inkl. vereinbarter Reifegrade herangezogen werden.
2. Grob-Planung der Absicherungsumfänge:
 - Heranziehen und Zuordnung der Standard-Absicherungsumfänge für den generischen Anteil der Anforderungen.
 - Ableitung von groben Absicherungsszenarien bzw. -umfängen für die neuen Anforderungen.
 - Zuordnung aller Absicherungsumfänge zu den jeweiligen System-Ebenen.
3. Inhaltliche Konsolidierung von Absicherungsumfängen:

- Identifikation von inhaltlichen Abhängigkeiten und Vernetzungen sowohl entwicklungsbereichs- bzw. produktübergreifend als auch entlang aller System-Ebenen über die bekannten Wirkketten.
- Herstellung der inhaltlichen Stimmigkeit der Umfänge zueinander.
- 4. Zeitliche Konsolidierung von Absicherungsumfängen:
 - Identifikation von zeitlichen Abhängigkeiten sowohl entwicklungsbereichs- bzw. produktübergreifend als auch entlang aller System-Ebenen auf Basis definierter Meilensteine bzw. Q-Gates im Entwicklungsprozess.
 - Hier sollte eine Rückwärts-Terminierung auf Basis der jeweiligen Meilensteine vorgenommen werden, um Unstimmigkeiten aufzudecken und ausräumen zu können.
- 5. Fein-Planung Absicherungsmaßnahmen:
 - Dieser Schritt sollte sich an den relevanten Meilensteinen und Inhalten bzw. Vorgaben im Entwicklungsprozess orientieren.
 - Hier sollten die Absicherungsmaßnahmen im Detail beschrieben und mit den jeweiligen Verantwortlichen vereinbart werden. Dazu sind neben Terminen und Verantwortlichen die Absicherungs-Methode, Prüfvorschriften, Absicherungs- bzw. Testumgebung, Infrastruktur, Versuchsobjekt und Hilfsmittel zu präzisieren und festzulegen.
- 6. Prüfung der Absicherungsplanung auf Vollständigkeit und Synergiepotentiale:
 - Prüfung aller spezifizierten Anforderungen auf allen System-Ebenen hinsichtlich der vollständigen Abdeckung mit detailliert beschriebenen Absicherungsmaßnahmen.
 - Darüber hinaus können ggf. Synergiepotentiale zwischen einzelnen Absicherungsmaßnahmen gehoben werden (z.B. gleiche Absicherungsmaßnahme, gemeinsame Prüfstands-Nutzung, gleicher Prototyp usw.). Über diese Potentiale können wiederum Aufwände und somit Kosten reduziert werden.

Da der Betrachtungsumfang dieser Arbeit auf der frühen Phase der Entwicklung liegt, wird die Durchführung der Absicherung in der späten Phase inkl. Identifikation und Lösung von Problemen nicht behandelt. Die Absicherung in der späten Phase umfasst insbesondere die Hardware-Absicherung. In der frühen Phase sollten jedoch Absicherungen bereits in einer virtuellen Umgebung erfolgen. So können z.B. Bauraumprüfungen, Kollisionsprüfungen von Bauteilen, Steifigkeitstests, Crashesimulationen und Thermodynamische Tests bereits in dieser Phase durchgeführt werden. Diese Verlagerung von Absicherungsmaßnahmen in eine virtuelle Umgebung der frühen Phase sollte gezielt in der durchgängigen Q-Absicherungsplanung auf Basis der Q-Anforderungsentwicklung identifiziert und anschließend geplant werden. Nur so können Probleme früh im Entwicklungsprozess auf der kleinstmöglichen bzw. höchstnötigen System-Ebene erkannt und gelöst werden. Bei der Ursachenanalyse erkannter Probleme und der Maßnahmenableitung sollten die in der Anforderungsentwicklung erarbeiteten Wirkketten herangezogen werden. Diese liefern einen erheblichen Nutzen: sie ermöglichen aufgrund der genauen Kenntnis der Vernetzung von Eigenschaften, Funktionen und Komponenten inkl. deren Wechselwirkungen eine schnelle und gezielte Ursachenermittlung. Darüber hinaus lassen die Wirkketten eine präzisere Abschätzung der vernetzten Auswirkungen umzusetzender Maßnahmen zu.

5.10.4 Rollen für Element 6

Die stimmige und konsistente Q-Zielverteilung sollte durch den jeweiligen Projektmanager verantwortet werden, der ebenfalls die Q-Zielerreichung in Summe verantwortet. Der Prozess der Verteilung sollte durch den zentralen Q-Bereich gesteuert und durchgeführt werden. Als Experten zur Potentialabschätzung sollten die jeweiligen Projektmanager für die Produkt-Ebene und die Modulleiter für die Teilsystem- und Komponenten-Ebene herangezogen werden.

Die durchgängige Q-Anforderungsentwicklung sollte durch den für das jeweilige Entwicklungsprojekt verantwortlichen Projektmanager gesteuert werden. Die Modulleiter sollten die Q-Anforderungsentwicklung ab der System-Ebene abwärts operativ durchführen. Die Ableitung und Spezifikation von Anforderungen auf Gesamtsystem- bzw. Architektur-Ebene sollte hingegen operativ durch den Projektmanager des Referenzproduktes durchgeführt werden. Die Verteilung der Rollen und Verantwortung bei der Erstellung der durchgängigen Q-Absicherungsplanung sollte die Gleiche wie bei der Q-Anforderungsentwicklung sein. D.h. der Projektmanager ist gesamthaft verantwortlich und auf System- bzw. Architektur-Ebene durchführend. Die Modulleiter stehen für die Teilsystem- und Komponenten-Ebene in der Verantwortung.

Hier wird die Einrichtung einer Organisationseinheit empfohlen, die die durchgängige Q-Anforderungsentwicklung und anschließende Q-Absicherungsplanung technisch-inhaltlich steuert und verantwortet. Grund ist die hohe Komplexität und starke Vernetzung der Anforderungsentwicklung und Absicherungsplanung und die damit einhergehenden Aufwände. Diese Organisationseinheit sollte insbesondere die Aufgabe haben, die inhaltliche und zeitliche Durchgängigkeit über alle System-Ebenen sicherzustellen. Diese Aufgabe ist für den Betrachtungsumfang der Modulleiter in der Regel zu weitreichend vernetzt und für den Projektmanager zu aufwändig. Diese Organisationseinheit kann als „Durchgängige Q-Anforderungsentwicklung und -Absicherungsplanung“ bezeichnet werden.

5.10.5 Methoden und Werkzeuge für Element 6

Zur Unterstützung der beschriebenen Vorgehensschritte können keine standardisierten Methoden oder Werkzeuge empfohlen werden. Eingesetzte Werkzeuge in Form von IT-Tools sind stark unternehmensspezifisch ausgerichtet bzw. in die bestehende IT-Bebauung eingebettet.

5.10.6 Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren für Element 6

Die vorgeschlagene Vorgehensweise zur Prävention von Nicht-Qualität bei der Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien kann zusammenfassend in nachfolgenden SIPOC-Darstellungen zusammengefasst werden. Die Q-Zielverteilung und durchgängige Q-Anforderungsentwicklung wird dabei mit Fokus auf die unterschiedlichen System-Ebenen in Abb. 5.40 aufgeführt und die durchgängige Q-Absicherungsplanung vereinfacht und Ebenen unabhängig in Abb. 5.41 zusammengefasst.

#	Input [von Lieferant]	Prozessbeschreibung / Aktivitäten [V: Verantwortlich; D: Durchführend; M: Mitwirkend]	Output [an Kunden]
1	<ul style="list-style-type: none"> Q-Ziele Produkt [von zentraler Q-Bereich] Generische Produktstruktur [von Produktbereiche] Q-Messgrößen [von zentraler Q-Bereich] 	<p>Stimmige, konsistente Q-Zielverteilung Teilsystem-Ebene</p> <ul style="list-style-type: none"> Voraussetzung: Q-Ziele System/Produkt. Quantifizierte Abschätzung Q-Potentiale/-Anteile Teilsysteme. Verteilung Q-Ziel auf Teilsysteme. Vereinbarung Q-Ziele je Teilsystem. <p>[V: Projektmanager; D: zentraler Q-Bereich; M: Modulleiter]</p>	<ul style="list-style-type: none"> Q-Ziele je Teilsystem [an Projektmanager, Modulleiter]
2	<ul style="list-style-type: none"> Q-Ziele je Teilsystem [von Projektmanager] Generische Produktstruktur [von Produktbereiche] Q-Messgrößen [von zentraler Q-Bereich] 	<p>Stimmige, konsistente Q-Zielverteilung Komp.-Ebene</p> <ul style="list-style-type: none"> Quantifizierte Abschätzung Q-Potentiale/-Anteile Komp. Verteilung Q-Ziel auf Komponenten. Vereinbarung Q-Ziele je Komponente. <p>[V: Projektmanager; D: zentraler Q-Bereich; M: Modulleiter]</p>	<ul style="list-style-type: none"> Q-Ziele je Komponente [an Projektmanager, Modulleiter]
3	<ul style="list-style-type: none"> Kunden-/Marktanforderungen [von Vertrieb] 	<p>Q-Anforderungsentwicklung System-Ebene</p> <ul style="list-style-type: none"> Anforderungsermittlung System-Ebene. Anforderungsspezifikation System-Ebene. Anforderungsanalyse System-Ebene inkl. Identifikation und Dokumentation Wirkketten. Anforderungsverifikation/-validierung System-Ebene. Anforderungsvereinbarung System-Ebene. <p>[V: Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung; D: Projektm.]</p>	<ul style="list-style-type: none"> Spezifizierte Anforderungen System, Wirkketten [an Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung, Projektmanager]
4	<ul style="list-style-type: none"> Spezifizierte Anforderungen System, Wirkketten [von Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung, Projektmanager] 	<p>Q-Anforderungsentwicklung Teilsystem-Ebene</p> <ul style="list-style-type: none"> Anforderungsermittlung Teilsystem-Ebene. Anforderungsspezifikation Teilsystem-Ebene. Anforderungsanalyse Teilsystem-Ebene inkl. Identifikation und Dokumentation Wirkketten. Anforderungsverifikation/-validierung Teilsystem-Ebene. Anforderungsvereinbarung Teilsystem-Ebene. <p>[V: Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung; D: Modulleiter]</p>	<ul style="list-style-type: none"> Spezifizierte Anforderungen Teilsystem, Wirkketten [an Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung, Modulleiter]
5	<ul style="list-style-type: none"> Spezifizierte Anforderungen Teilsystem, Wirkketten [von Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung, Modulleiter] 	<p>Q-Anforderungsentwicklung Komponenten-Ebene</p> <ul style="list-style-type: none"> Anforderungsermittlung Komponenten-Ebene. Anforderungsspezifikation Komponenten-Ebene. Anforderungsanalyse Komponenten-Ebene inkl. Identifikation und Dokumentation Wirkketten. Anforderungsverifikation/-validierung Komponenten-Ebene. Anforderungsvereinbarung Komponenten-Ebene. <p>[V: Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung; D: Modulleiter]</p>	<ul style="list-style-type: none"> Spezifizierte Anforderungen Komponente, Wirkketten [an Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung, Modulleiter]

Abb. 5.40: SIPOC Q-Zielverteilung und durchgängige Q-Anforderungsentwicklung

#	Input [von Lieferant]	Prozessbeschreibung / Aktivitäten [V: Verantwortlich; D: Durchführend; M: Mitwirkend]	Output [an Kunden]
1	• Spezifizierte Anforderungen System, Teilsystem, Komponente, Wirkketten [von Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung]	Aufnahme Q-Anforderungen <ul style="list-style-type: none"> • Sammlung aller spezifizierten Anforderungen auf den Systemebenen. • Identifikation generischer Anforderungen. • Identifikation von neuen Anforderungen und Kriterien aus Q-Anforderungsentwicklung und Reifeplanung/-grade. [V: Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung; D: Projektm., Modulleiter]	<ul style="list-style-type: none"> • Generische Anforderungen [an Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung] • Neue Anforderungen [an Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung]
2	• Generische Anforderungen, Standard-Absicherungsumfänge [von Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung] • Neue Anforderungen [von Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung]	Grob-Planung Absicherungsumfänge <ul style="list-style-type: none"> • Zuordnung Standard-Absicherungsumfänge zu generischen Anforderungen. • Ableitung Absicherungsszenarien/-umfänge für neuen Anforderungen. • Zuordnung Absicherungsumfänge zu System-Ebenen. [V: Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung; D: Projektmanager, Modulleiter]	<ul style="list-style-type: none"> • Zugeordnete neue und Standard Absicherungsumfänge [an Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung]
3	• Zugeordnete neue und Standard Absicherungsumfänge [von Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung]	Inhaltliche Konsolidierung von Absicherungsumfängen <ul style="list-style-type: none"> • Identifikation inhaltlicher Abhängigkeiten und Vernetzungen. • Herstellung der inhaltlichen Stimmigkeit zueinander. [V: Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung; D: Projektm., Modulleiter]	<ul style="list-style-type: none"> • Inhaltlich konsolidierte Absicherungsumfänge [an Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung]
4	• Inhaltlich konsolidierte Absicherungsumfänge [von Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung]	Zeitliche Konsolidierung von Absicherungsumfängen <ul style="list-style-type: none"> • Identifikation zeitlicher Abhängigkeiten. • Rückwärts-Terminierung auf Basis Meilensteinen. • Unstimmigkeiten aufdecken und synchronisieren. [V: Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung; D: Projektm., Modulleiter]	<ul style="list-style-type: none"> • Inhaltlich konsolidierte und zeitlich synchronisierte Absicherungsumfänge [an Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung]
5	• Inhaltlich konsolidierte und zeitlich synchronisierte Absicherungsumfänge [von Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung]	Fein-Planung Absicherungsmaßnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung Absicherungsmaßnahmen im Detail. • Vereinbarung Absicherungsmaßnahme mit Verantwortlichen. [V: Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung; D: Projektm., Modulleiter]	<ul style="list-style-type: none"> • Detaillierte und vereinbarte Absicherungsmaßnahmen [an Projektmanager, Modulleiter, Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung]
6	• Detaillierte und vereinbarte Absicherungsmaßnahmen [von Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung]	Prüfung Absicherungsplanung auf Vollständigkeit und Synergiepotentiale <ul style="list-style-type: none"> • Prüfung der vollständigen Abdeckung aller Anforderungen. • Prüfung der vollständigen Beschreibung aller Absicherungsmaßnahmen. • Identifikation und ggf. Umsetzung Synergiepotentiale. [V: Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung; D: Projektm., Modulleiter]	<ul style="list-style-type: none"> • Vollständige, inhaltlich und zeitlich stimmige, vereinbarte und durchgängige Absicherungsplanung [von Durchgängige Q-Anf.Entw./-Abs.Planung]

Abb. 5.41: SIPOC durchgängige Q-Absicherungsplanung

Für die Umsetzung dieser Vorgehensweisen im Unternehmen sollen erfahrungsgemäß die folgenden Erfolgsfaktoren berücksichtigt werden.

Adäquate Anpassung der Q-Zielverteilung bei neuen Produkten:

- Die Q-Ziele für das jeweilige Produkt sollten durch das Top-Management für jedes Produkt unter Berücksichtigung des Innovationsgrades, Anteil Baukästen und Wettbewerbs-Rahmenbedingungen angepasst werden.
- Auf den Teilsystem- und Komponenten-Ebenen sollten Q-Ziele für jedes neue Produkt überprüft und ggf. neu festgelegt werden.
- Ein stures Festhalten an alten Q-Zielen führt sowohl auf Produkt- als auch Teilsystem- und Komponenten-Ebene schnell zu einem unstimmigen und inkonsistenten Q-Zielsystem.

Den Kunden verstehen und Q-Anforderungen konsequent umsetzen:

- Kundenwünsche und -anforderungen in Richtung Qualität müssen strukturiert erfasst, eindeutig verstanden, durchgängig spezifiziert und richtig umgesetzt werden. Prävention beginnt also beim Kunden. Sind alle Anforderungen erfüllt, ist der Kunde zufrieden und das Produkt besitzt eine hohe Qualität.
- Hilfreich dabei sind überprüfbare Use Cases, die aufzeigen, wie der Kunde mit dem Produkt umgeht und welche Nutzungsmöglichkeiten er erwartet. So wird von vornherein festgelegt, was ein geplantes technisches System aus Kundensicht leisten muss.

Vollständigkeit sicherstellen:

- Bei der Q-Anforderungsentwicklung liegt der Schlüssel in der vollständigen Erfassung und darauf aufbauenden durchgängigen Spezifikation der Q-Anforderungen über alle System-

Ebenen. Die Nicht-Berücksichtigung von einzelnen Anforderungen kann im Gesamtsystem zu erheblichen Q-Risiken führen.

- Zu jeder spezifizierten Q-Anforderung müssen konkrete Abnahmekriterien und detaillierte Absicherungsmaßnahmen beschrieben, geplant und durchgeführt werden. Nur so kann hohe Qualität zum Start der Produktion und in der Kundennutzung sichergestellt werden.

Konsequente Verwendung von Architekturen und Baukästen:

- Nur die konsequente Verwendung durchgängig (hinsichtlich Qualität) entwickelter und abgesicherter Architekturen und Baukästen führt zu einer langfristigen und nachhaltigen Reduzierung der Nicht-Qualität.
- Ein Abweichen von Architekturen und Baukästen bzw. das Einbringen von übermäßigen und späten Änderungen birgt dagegen erhebliche zusätzliche Q-Risiken.

5.11 Zusammenfassung der zentralen Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Produktentwicklung

Die in diesem Kapitel durch den Autor vorgeschlagenen Elemente und Teil-Elemente werden als wesentliche Ansatzpunkte zur Reduzierung der Nicht-Qualität bereits in der frühen Phase der Entwicklung betrachtet. Die innerhalb jedes Elements dargestellten Abläufe können als Orientierung genutzt werden. Diese müssen jedoch nicht zwingend in den aufgeführten Reihenfolgen umgesetzt werden. Sowohl die Reihenfolgen als auch die Umsetzung und Ausprägung der einzelnen Teil-Elemente und Elemente hängt stark vom Entwicklungsprozess, den zu entwickelnden Produkten und der jeweiligen IST-Situation im Unternehmen ab. Zusammenfassend sind alle Elemente und Teil-Elemente inkl. Kurz-Beschreibung im Folgenden aufgeführt:

- Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen
 - Ableitung von Q-Zielen aus strategischen Zielen des Top-Managements: Ableitung eines quantitativ messbaren, realistisch erreichbaren, beeinflussbaren und stimmig verteilten Q-Zielsystem aus der Unternehmensstrategie.
 - Breiten-Kommunikation in Richtung aller Beteiligten: Erzeugung eines allgemeinen Verständnisses zu Q-Inhalten mit einer möglichst hohen Durchdringung der betroffenen Rollen bzw. Organisationseinheiten.
 - Umverteilung bzw. Aufbau der präventiven Kapazitäten: Optimale Verteilung der präventiven und reaktiven Kapazitäten (abhängig vom jeweiligen Unternehmen bzw. jeweiligen Produktentwicklung), so dass unter angemessenem Mitteleinsatz die gesteckten Q-Ziele erreicht werden können.
 - Fokussierte Kommunikation bzw. der Kompetenzaufbau bei Q-Verantwortlichen: Aufbau der Q-Kompetenzen aller am Q-Prozess bzw. einer Q-Methode beteiligten Rollen zur effektiven und effizienten Steuerung bzw. Unterstützung der Q-Zielerreichung.
- Element 2: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement
 - Definition Entwicklungsprozess inkl. klarer Verantwortungen: Festlegung eines standardisierten Entwicklungsprozesses, der über alle internen und externen Schnittstellen hinweg synchronisiert und mit eindeutigen Verantwortungen in Richtung der Prozesseigner und Anwender versehen ist.
 - Implementierung Q-Gates und Reviews: Zeitliche und inhaltliche Festlegung von Q-Gates und Reviews, zu denen phasenadäquat die Entwicklungsreife des Produkts unter Berücksichtigung der Q-Anforderungen und -Ziele bewertet bzw. gemessen wird. Darüber hinaus sind konsequent Maßnahmen abzuleiten oder Iterationsschleifen zur Erreichung von Q-Gates zu beschließen.

- Aufsetzen Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten: Festlegung eines Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten, der zeitlich und inhaltlich auf den Entwicklungsprozess, die Q-Gates, Reviews und die Spezifika des Produktes und der Entwicklung abgestimmt ist. Dieser unterstützt bzw. befähigt die Erreichung der Q-Gates, Reviews und Q-Ziele unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Kapazitäten und Kompetenzen.
- Projektplanung inkl. Anwendung der Prozess- und Methodenstandardisierung: Realistische Zeit- und präventiv ausgerichtete Ressourcenplanung für ein Entwicklungsprojekt basierend auf den standardisierten Entwicklungs-, Q-Prozessen und Q-Methoden.
- Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung
 - Durchführung von Q-Prognosen: Erzeugung der Transparenz zur phasenadäquaten Q-Situation im Entwicklungsprojekt und Lenkung der Q-Zielerreichung über einen Prognosewert, eine Q-Ziellücke und Handlungsbedarfe.
 - Aufbau Q-Regelberichterstattung: Getaktete Transparenz zur Q-Situation und Sicherstellung der Q-Lenkung sowohl im Entwicklungsprojekt als auch projektübergreifend. Erhöhung der Aufmerksamkeit zum Thema Qualität, Förderung der Q-Kultur und Einfordern der Einhaltung der Entwicklungs- und Q-Prozesse.
- Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung
 - Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement: Ermittlung möglicher Ursachen von Fehlfunktionen über alle System- und Funktionshierarchieebenen inkl. der Priorisierung hinsichtlich der jeweiligen Q-Zielerreichung in einem abgegrenzten Betrachtungsumfang. Ableitung von Maßnahmen bzw. Anforderungen inkl. quantifizierter Wirkung und Kosten.
 - Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung: Verankerung von Funktionsverantwortungen, die den system- und funktionsorientierten Ansatz bzw. Vorgehensweise in der frühen Phase standardmäßig anwenden und zur system- und funktionsorientierten Ausrichtung der Entwicklung und Risikovermeidung beitragen.
- Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung
 - Reifebewertung und -planung bei neuen Technologien: Durchführung von systematischen Bewertungen der Reife bzw. der Qualität von neuen Technologien bei Eintritt in die frühe Phase der Entwicklung und meilenstein- bzw. phasenorientierte Reifeplanung über den gesamten Entwicklungsprozess.
 - Systematische Erfassung Lessons Learned zum Projektstart: Ermittlung von Lessons Learned in Form von Stärken und Schwächen, die quantitativ bewertet und bis hin zur Umsetzung der jeweiligen Anforderung bzw. Maßnahme durchgängig und nachvollziehbar dokumentiert sind.
- Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei der Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien
 - Stimmige und konsistente Q-Zielverteilung: Verteilung der Q-Ziele über die Systemebenen und Produktstruktur als Basis für die nachfolgende Anforderungsentwicklung und effektive Q-Lenkung.
 - Durchgängige Q-Anforderungsentwicklung: Q-Anforderungsentwicklung als Kern-Entwicklungsaktivität der frühen Phase unter besonderer Berücksichtigung der Durchgängigkeit über die System-, Teilsystem- und Komponenten-Ebene.

- Durchgängige Q-Absicherungsplanung: Erarbeitung einer entwicklungsbereichsübergreifenden Strategie, Planung und Steuerung der Produktabstimmung entlang der System-, Teilsystem- und Komponentenebenen auf Basis der spezifizierten Q-Anforderungen und unter Berücksichtigung der vereinbarten Reifegrade für neue Technologien

Mit der Herleitung, Einordnung und Beschreibung der Elemente und Teil-Elemente in diesem Kapitel kann der wesentliche Teil der Forschungsfrage 2 „Welche sind die zentralen präventiven Elemente in der frühen Phase der Produktentwicklung zur Reduzierung der Nicht-Qualität. Wie sind diese gestaltet und miteinander vernetzt?“ beantwortet werden. Allein die Vernetzung der Elemente und Teil-Elemente wurde in diesem Kapitel nicht beantwortet. Die Beantwortung dieses Teils der Forschungsfrage 2 wird im Rahmen der Modellbildung aufgegriffen. Dazu werden im nachfolgenden Kapitel die einzelnen Elemente und Teil-Elemente miteinander zum Modell der Prävention in der frühen Phase der Entwicklung vernetzt. Mit dem Modell kann die jeweilige Umsetzung bzw. Ausprägung dann konkret auf das jeweilige Unternehmen mit den jeweiligen Entwicklungs-Spezifika zugeschnitten und so die Anwendbarkeit unterstützt werden.

6 Integration der zentralen Elemente des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität

In diesem Kapitel wird das Modell zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung hergeleitet. Basis sind die in Kapitel 5 formulierten und erläuterten Elemente und Teil-Elemente der Prävention. Anschließend werden die Zielsetzung und die Anforderungen an das Modell beschrieben. Auf Basis der Anforderungen, der hergeleiteten Elemente und Teil-Elemente der Prävention wird das Modell erarbeitet. Die grundsätzliche Anwendung des Modells der Prävention wird abschließend anhand eines allgemeinen Vorgehens erläutert.

Mit diesem Kapitel soll schlussendlich die Vernetzung der Elemente und Teil-Elemente, die ein wesentlicher Bestandteil der Forschungsfrage 2 (Kapitel 1.2) ist, aufgezeigt und beantwortet werden.

6.1 Zentrale Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität im Überblick

Die hergeleiteten Elemente und Teil-Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung bilden die Basis für den Aufbau des Modells. Die einzelnen Elemente und Teil-Elemente sind in Abb. 6.1 zusammenfassend dargestellt.



Abb. 6.1: Überblick Elemente und Teil-Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität

Die grundlegenden Zuordnungen der Teil-Elemente zu Elementen und die hergeleiteten Zusammenhänge bzw. Abfolgen der Teil-Elemente (Kapitel 5.5 bis Kapitel 5.10) werden im Weiteren

nicht mehr verändert. Die Zuordnungen und Zusammenhänge bilden somit die Grundstruktur zur Entwicklung des integrierten Modells zur Prävention von Nicht-Qualität.

6.2 Zielsetzung und Anforderungen an ein integriertes Modell

Ziel dieser Modellbildung ist es, eine Entscheidungsunterstützung zur notwendigen Ausprägung und groben zeitlichen Reihenfolge der einzelnen Elemente bzw. Teil-Elemente im jeweiligen Unternehmen bereitzustellen, um Nicht-Qualität zu reduzieren. Dazu werden die zuvor einzeln beschriebenen und betrachteten Elemente und Teil-Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität miteinander vernetzt und Beeinflussungen bzw. Abhängigkeiten identifiziert, untersucht und bewertet. Über das Modell mit Elementen und Teil-Elementen soll dann einerseits die Bewertung der IST-Situation im jeweiligen Unternehmen ermöglicht werden. Andererseits soll über die bewertete Beeinflussung bzw. Abhängigkeit und Abläufe zwischen den Elementen eine Aussage zur notwendigen Ausprägung und groben zeitlichen Reihenfolge der Elemente im jeweiligen Unternehmen erfolgen. Der Teil des Modells, der für die Bewertung der IST-Situation im Unternehmen herangezogen wird, kann als statisches Modell oder Referenzmodell bezeichnet werden. Der Teil des Modells, der die Ausprägungen, grobe zeitliche Reihenfolge und die Beeinflussung der Elemente untereinander betrifft, kann als dynamisches Modell bezeichnet werden. Die aus dieser Zielsetzung abgeleiteten Anforderungen an das Modell der Prävention sind:

- Nutzung einer methodisch nachvollziehbaren Basis.
- Betrachtung aller beschriebenen Elemente und Teil-Elemente der Prävention.
- Beschreibung und Darstellung der inhaltlichen Vernetzung aller Elemente und Teil-Elemente der Prävention (statischer Teil).
- Beschreibung, Bewertung und Darstellung der Beeinflussung bzw. Abhängigkeit der Elemente und Teil-Elemente untereinander (dynamischer Teil).
- Branchen- und unternehmensunabhängige Beschreibung und Formulierung.
- Um weitere Elemente und/oder Teil-Elemente erweiterbare Struktur.
- Anpassbar auf Spezifika eines Unternehmens inkl. Entwicklungsprozess und Produkte.
- Unterstützung der Bewertung der IST-Situation im Unternehmen hinsichtlich der Umsetzung der Elemente und Teil-Elemente.
- Unterstützung von Entscheidungen zur Ausprägung bzw. Umsetzung und groben zeitlichen Reihenfolge von Elementen und Teil-Elementen.

Diese Anforderungen werden in den nachfolgenden Abschnitten im Rahmen der Modellbildung berücksichtigt. Im Abschnitt zur Zusammenfassung dieses Kapitels wird die Erfüllung der Anforderungen überprüft bzw. reflektiert.

6.3 Ermittlung der Beziehungen zwischen den zentralen Elementen

Um die zentralen Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität und die Teil-Elemente miteinander zu vernetzen, wird im Folgenden die Methodik der Design Structure Matrix (DSM) angewendet. Mit dieser Methode kann die starke Vernetzung zwischen den sechs Elementen bzw. den 17 Teil-Elementen und die resultierende Komplexität dargestellt werden. Die DSM Methode wird grundsätzlich dazu genutzt, um komplexe Abhängigkeiten und Beziehungen zwischen Elementen eines Systems strukturiert zu erfassen. Dazu wird eine Matrix genutzt, in der die Elemente gegenübergestellt und deren Interaktionen bzw. Input und Output innerhalb der jeweiligen Zellen dokumentiert werden.¹¹⁴ In Abb. 6.2 ist der grundsätzliche Aufbau und die Beziehungen innerhalb der DSM dargestellt.

¹¹⁴ Danilovic, Browning 2007, S. 302

	Element A	Element B	Element C	Element D
Element A		B		B
Element B				B
Element C		B		
Element D	B			

B - Beziehung

Abb. 6.2: Design Structure Matrix (DSM) (nach Danilovic, Browning)

Die Beziehungen eines Elementes zu sich selber sind in der DSM irrelevant (graue Kästchen in der Matrix). Die Leserichtung einer DSM kann aus unterschiedlichen Sichtweisen geschehen und somit variieren. Diese kann entweder die Beziehung des vertikalen Elements zum horizontalen Element, die Beziehung des horizontalen Elements zum vertikalen Element, oder eine beidseitige Beziehung abbilden. Für die Vernetzung der Elemente und Teil-Elemente werden im Folgenden die Beziehungen der vertikalen zu den horizontalen Elementen beschrieben. So kann die Beeinflussungsrichtung klar herausgearbeitet werden.

Um die Vernetzung der zentralen Elemente und Teil-Elemente der Prävention vollständig erfassen zu können, wird das Modell der Prävention im Weiteren Bottom-Up über die erläuterten Inhalte der Teil-Elemente entwickelt. Über die Aggregation der Teil-Element-Vernetzung lässt sich dann im Weiteren auch die Vernetzung der zentralen Elemente ableiten. Die angewendete grundsätzliche Vernetzungs-Logik über die DSM Methode ist in Abb. 6.3 schematisch aufgeführt. Dabei werden nur die Vernetzungen der vertikalen Teil-Elemente zu den horizontalen Teil-Elementen betrachtet, also nur eine Richtung. Diese gerichtete Vernetzung kann auch als Beeinflussung bezeichnet werden, d.h. das vertikale Teil-Element liefert einen Input für das horizontale Teil-Element bzw. das horizontale Teil-Element ist vom vertikalen Teil-Element abhängig.

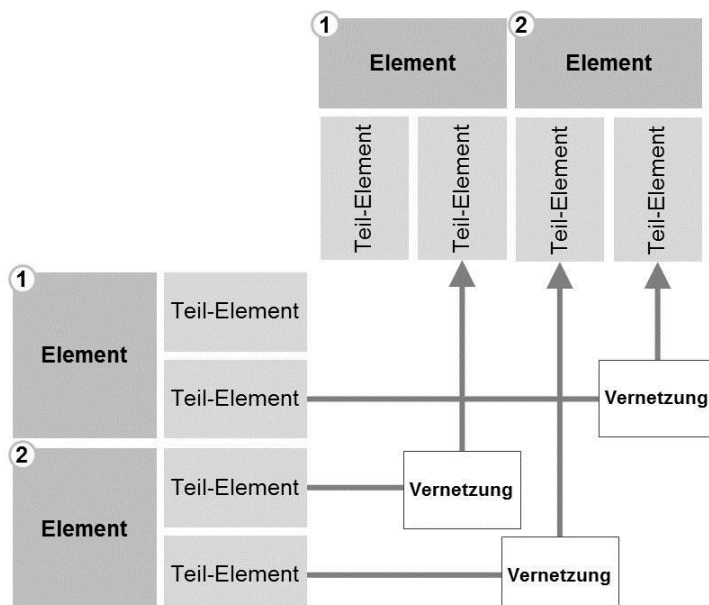


Abb. 6.3: Vernetzungs-Logik der Teil-Elemente und Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität

Bei Anwendung der beschriebenen Logik auf die Inhalte der 17 Teil-Elemente ergibt sich eine Matrix mit 289 Feldern. Um die Beziehungen in dieser Matrix feststellen und beschreiben zu können, werden folgende Überlegungen hinsichtlich des Zusammenspiels der Teil-Elemente angestellt:

- Welcher Output eines Teil-Elements stellt den Input für ein anderes Teil-Element dar?
- Welches Teil-Element beeinflusst ein anderes Teil-Element?
- Welches Teil-Element ist abhängig von einem anderen Teil-Element?
- Wo sind inhaltliche Schnittstellen (Ausgangssituation, Vorgehen, Ergebnisse, Rollen) zwischen Teil-Elementen?

Die Überlegungen orientieren sich dabei vor Allem am Vorgehen und den Ergebnissen der Teil-Elemente, die in Kapitel 5 dargestellt wurden. Mit diesen Überlegungen konnten insgesamt 155 relevante bzw. sinnvolle inhaltliche Beziehungen zwischen den Teil-Elementen beschrieben werden. Diese gesamte Vernetzung der Teil-Elemente inkl. der beschriebenen Beziehungen ist in Anhang 12.7 bis Anhang 12.10 im Detail dargestellt.

Über die inhaltliche Zusammenfassung der Teil-Element-Beziehungen auf die Ebene der Elemente lässt sich diese komplexe Vernetzung aggregieren und somit vereinfacht darstellen. Dazu werden zum einen inhaltlich ähnliche Beziehungen zwischen Teil-Elementen zusammengefasst. Zum anderen werden zur Vereinfachung sehr schwach ausgeprägte Beziehungen entfernt und somit für die Element-Ebene nicht berücksichtigt. Die Beziehungen zwischen den Teil-Elementen innerhalb eines Elements werden ebenfalls nicht berücksichtigt, da die Beziehung des Elements zu sich selber gemäß DSM-Logik (Abb. 6.2) nicht dargestellt wird. Die resultierende aggregierte Vernetzung der Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität ist in Abb. 6.4 aufgeführt.

Leserichtung: Vertikale Elemente beeinflussen horizontale Elemente	1 Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	2 Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	3 Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	4 Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	5 Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	6 Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur-/Baukastenstrategien
1 Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen		<ul style="list-style-type: none"> • Einforderung der Einhaltung durch das Management • Bereitstellung ausreichender Kapazitäten und Kompetenzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Strat. Q-Ziele sind Grundvoraussetzung der zielgerichteten Q-Lenkung • Bereitstellung ausreichender Kapazitäten und Komp. • Einfordern Q-Berichterstattung durch Management 	<ul style="list-style-type: none"> • Bereitstellung ausreichender Kapazitäten und Kompetenzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Bereitstellung ausreichender Kapazitäten und Kompetenzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Strategisches Q-Ziel ist Input für die Q-Zielverteilung • Bereitstellung ausreichender Kapazitäten und Kompetenzen
2 Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	<ul style="list-style-type: none"> • Definierter Entwicklungsprozess ermöglicht Rollen-Auswahl für Kommunikation und Kompetenzaufbau • Einforderung Kapazitäten und Kompetenzen über Projektplanung 		<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklungsprozess inkl. Q-Gates und Reviews gibt Taktung und Inhalte vor • Projektplanung beinhaltet Durchführung 	<ul style="list-style-type: none"> • Q-Gates/Reviews geben Taktung und Inhalte vor • Standard Q-Prozesse beinhalten sys.-/fkt.-orientierte Risikoanalysen • Projektplanung beinhaltet Durchführung 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklungsprozess inkl. Q-Gates/Reviews gibt Taktung u. Inhalte vor • Standard Q-Prozesse beinhalten Reifebewertung, -planung und LeLe • Projektplanung beinhaltet Durchführung 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklungsprozess inkl. Q-Gates/Reviews gibt Taktung und Inhalte vor • Verankerung als Standard Q-Prozesse • Berücksichtigung Durchführung in Projektplanung
3 Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	<ul style="list-style-type: none"> • Q-Prognosen ermöglichen die Lenkung der strategischen Q-Ziele • Q-Managementberichte spiegeln die Ziellücke der Q-Ziele wieder 	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitl. und inhaltl. Orientierung am Entwicklungsprozess inkl. Q-Gates und Reviews • Verankerung als Standard Q-Proz. • Berücksichtigung Durchführung in Projektplanung 		<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung Risiken und Schaffung Kommunikationsplattform 	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung Reifebewertung, quantifizierte LeLe und Schaffung Kommunikationsplattform 	<ul style="list-style-type: none"> • Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung stellen die Ziellücke der verteilten Q-Ziele dar
4 Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	<ul style="list-style-type: none"> • Benötigt Kapazitäten und Kompetenzen • Etablierung Funktionsverantwortung ist ein Teil des Kapazitäts- und Kompetenzaufbaus 	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung der Risiken in den Q-Gates und Reviews • Verankerung als Standard Q-Proz. • Berücksichtigung Durchführung in Projektplanung 	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung der Risiken 		<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung der Risiken in der Reifebewertung 	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung der Risiken in Q-Absplanung • Funktionsverantwortliche können zusätzliche Q-Anf. und Q-Abs.maßnahmen liefern
5 Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	<ul style="list-style-type: none"> • Benötigt Kapazitäten und Kompetenzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitl. und inhaltl. Orientierung am Entwicklungsprozess inkl. Q-Gates und Reviews • Verankerung als Standard Q-Proz. • Berücksichtigung Durchführung in Projektplanung 	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung Reifebewertung, -planung (Input für quantifizierte Bewertung) und quantifizierte LeLe 			<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung der Reife und LeLe in Q-Anforderungsentwicklung und Q-Absicherungsplanung
6 Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation der verteilten Q-Ziele in der breite und an die Verantwortlichen • Benötigt Kapazitäten und Kompetenzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Q-Lenkung der verteilten Q-Ziele zu Q-Gates/Reviews • Schaffung Abnahmekriterien für Q-Gates • Verankerung als Standard Q-Proz. • Berücksichtigung Durchführung in Projektplanung 	<ul style="list-style-type: none"> • Q-Lenkung hinsichtlich der verteilten Q-Ziele erfolgt über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung • Berücksichtigung Q-Anforderungen und Q-Absicherungsmaßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung verteilter Q-Ziele und Q-Anforderungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung der Q-Anforderungen in Reifebewertung und -planung 	

Abb. 6.4: Vernetzung der zentralen Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität

Nun lässt sich erkennen, dass bis auf eine einzige Beziehung (zwischen Element 5 und 4) jedes der sechs zentralen Elemente mit den übrigen vernetzt ist. Die Beziehungen können auch als Input vom einen für das andere Element verstanden werden. Dabei sind einige Beziehungen bzw. Inputs oder Outputs inhaltlich umfangreicher ausgeprägt als andere. Insgesamt betrachtet ergibt sich jedoch eine starke inhaltliche Vernetzung der Elemente innerhalb des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität. Diese dargestellte Vernetzung entspricht dem statischen Teil des Modells (Kapitel 6.2).

6.4 Ausmaß der gegenseitigen Beeinflussung der zentralen Elemente

Auf Basis der inhaltlichen Vernetzung wird in diesem Abschnitt das Maß der Beeinflussung zwischen den jeweiligen Elementen und Teil-Elementen hergeleitet. Als Beeinflussung wird der Output eines Teil-Elements bzw. Elements für ein anderes betrachtet. Für die weitere Integration der Elemente im

Modell wird angenommen, dass es sich bezogen auf das gemeinsame Ziel der Reduzierung von Nicht-Qualität im Wesentlichen um eine positive gegenseitige Beeinflussung handelt. Um die gesamthafte Beeinflussung der Teil-Elemente modellieren zu können, wird zunächst auf die DSM Methode zurückgegriffen. Für die Anwendung der DSM Methode wird dazu die beschriebene Vernetzungs-Logik (Abb. 6.3) um die Bewertung der Beeinflussung ergänzt. Dazu werden die jeweiligen Beziehungen der Teil-Elemente über eine Skala von 0 (keine Beeinflussung) bis 3 (starke Beeinflussung) bewertet. Diese Bewertungs-Logik für die Beeinflussung zwischen den Teil-Elementen ist in Abb. 6.5 schematisch dargestellt.

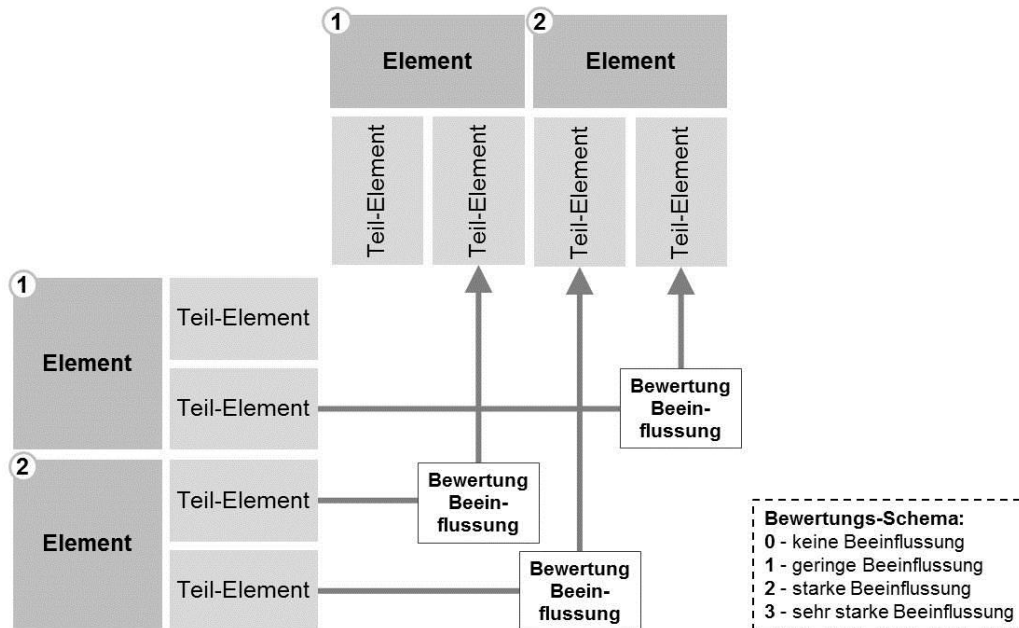


Abb. 6.5: Bewertungs-Logik der Beeinflussung der Teil-Elemente und Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität

Die quantifizierte Bewertung der Beeinflussung zwischen den Teil-Elementen basiert zum einen auf der dokumentierten inhaltlichen Vernetzung der Teil-Elemente (Anhang 12.7 bis Anhang 12.10) und Elemente (Abb. 6.4) und zum anderen auf den praktischen Erfahrungen des Autors. Die Vernetzung über die einzelnen Beziehungen und deren Bewertungen wurden dabei durch zwei Experten der 3DSE Management Consultants GmbH validiert. Diese Experten besitzen ebenfalls praktische Erfahrungen in der Durchführung von Beratungsprojekten im Bereich des PQM in der Produktentwicklung. Diese Bewertungsgrundlage ist die Annahme für die weitere Modellbildung. Das Modell wird dann gesamthafte über die Praxis-Anwendung validiert (Kapitel 7).

Zur Auswertung werden die einzelnen Bewertungen innerhalb der DSM zunächst je Zeile, d.h. je Teil-Element aufsummiert. Diese absoluten Summen werden dann bezogen auf die Gesamtsumme aller Bewertungen relativiert. Die relativen Werte je Teil-Element werden als Beeinflussungsgrad des jeweiligen Teil-Elements bezeichnet. Der Beeinflussungsgrad gibt an, in welchem Maße das jeweilige Teil-Element andere Teil-Elemente grundsätzlich beeinflusst bzw. Output bereitstellt. Darüber hinaus kann nach demselben Auswertungsschema der Abhängigkeitsgrad der jeweiligen Teil-Elemente ermittelt werden. Dieser errechnet sich aus den Summen der Bewertungen der einzelnen Spalten und der Relativierung anhand der Gesamtsumme aller Bewertungen. Der Abhängigkeitsgrad gibt dabei an, in welchem Maße das jeweilige Teil-Element von anderen Elementen abhängt bzw. auf Input angewiesen ist. Die Darstellung der Ergebnisse in Form von bewerteten Beziehungen auf Teil-Element-Ebene, errechneten Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgraden ist in Anhang 12.11 und Anhang 12.12 im Detail dargestellt.

Die aus der Auswertung resultierenden Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrade der Teil-Elemente im Modell zur Prävention von Nicht-Qualität lassen sich zusammengefasst grafisch darstellen. Diese

Darstellung erfolgt anhand einer absteigenden Sortierung der Teil-Elemente hinsichtlich des Beeinflussungsgrades inkl. Zuordnung des dazugehörigen Abhängigkeitsgrades (Abb. 6.6). Die Summe der relativen Beeinflussungsgrade ergibt dabei ebenso wie die Summe der Abhängigkeitsgrade 100%. Dies entspricht je nach Sicht auf Beeinflussung oder Abhängigkeit 100% der Beziehungen im Modell bzw. System. Die abgebildeten Werte des Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrads je Teil-Element spielen für die weitere Betrachtung eine untergeordnete Rolle. Im Fokus steht die relative Höhe des Wertes im Vergleich zu den anderen Teil-Elementen. Die Teil-Elemente mit einem hohen Beeinflussungsgrad, relativ gegenüber den anderen Teil-Elementen, beeinflussen bei Umsetzung grundsätzlich in einem hohen Maße andere Teil-Elemente. Diese haben einen aktiven beeinflussenden Part innerhalb des Modells. Teil-Elemente mit einem hohen Abhängigkeitsgrad werden dagegen stärker durch andere Teil-Elemente beeinflusst. Diese sind beispielsweise in einem höheren Maße vom Input anderer Teil-Elemente abhängig. Diese spielen innerhalb des Modells eine eher passive Rolle. Wenn nun ein Teil-Element sowohl einen hohen Beeinflussungs- als auch Abhängigkeitsgrad besitzt, dann kann dieses als Knotenpunkt im Modell bezeichnet werden. Diese Teil-Elemente beeinflussen in hohem Maße andere Teil-Elemente und sind gleichzeitig stark abhängig von diesen.

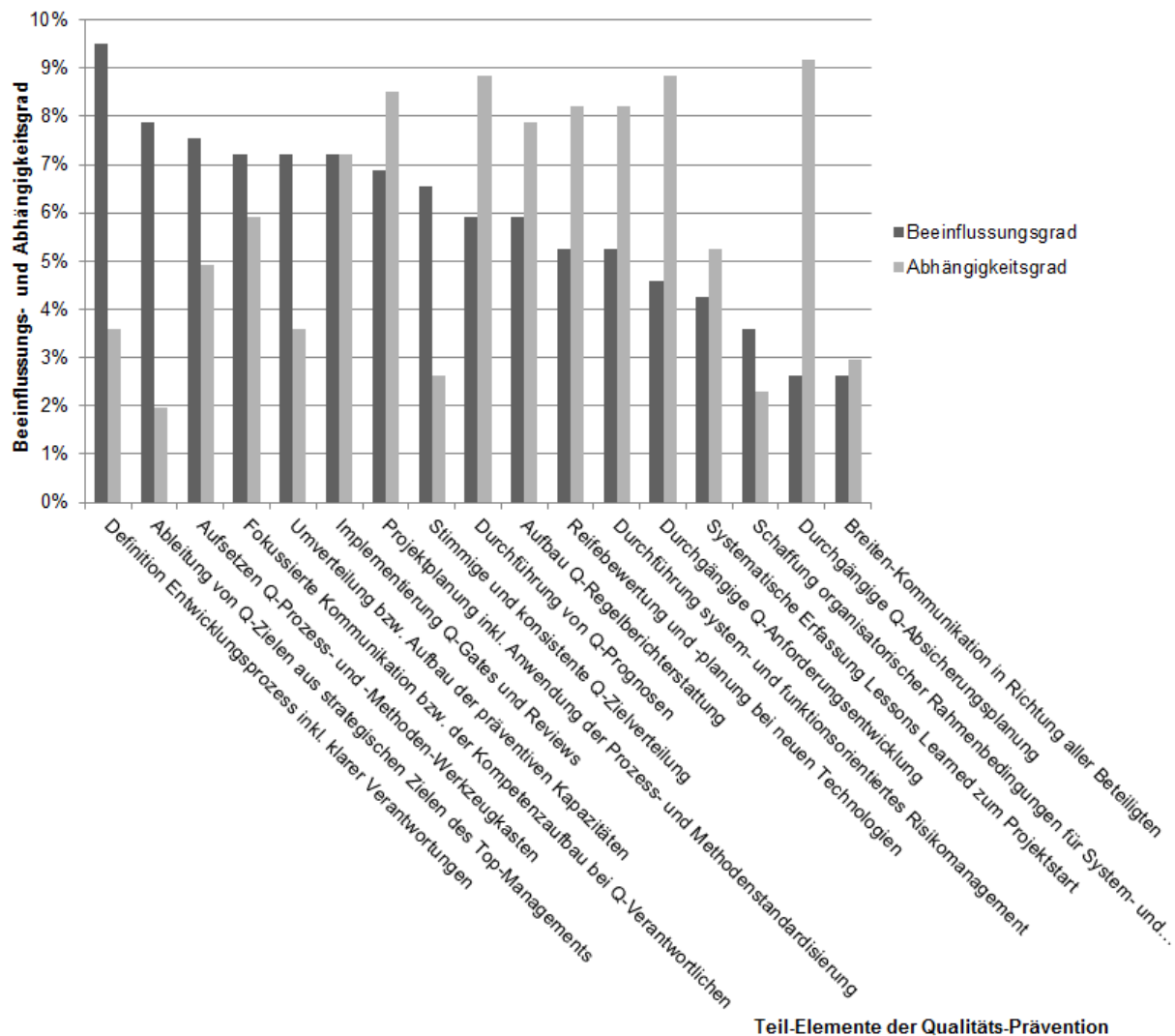


Abb. 6.6: Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrade der Teil-Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität

Um die bewertete Beeinflussung und Abhängigkeit im Modell auch auf der Ebene der Elemente darstellen zu können, werden die Ergebnisse der Teil-Element-Ebene aggregiert. Als Grundstruktur dient hier die bereits hergeleitete Vernetzung der Elemente (Abb. 6.4). Über den Mittelwert der

quantifiziert bewerteten Beeinflussung der einzelnen Teil-Elemente (Anhang 12.11, Anhang 12.12) wird die gemittelte Beeinflussung zwischen den jeweiligen Elementen errechnet. Hier wird mit dem Mittelwert gerechnet, da die Anzahl der Teil-Elemente innerhalb der Elemente stark variiert. Diese Ungleichgewichtung hinsichtlich der Anzahl der Teil-Elemente kann mit der Mittelwertbildung eliminiert werden. So ergeben sich miteinander vergleichbare Beeinflussungen auf Element-Ebene. Über die quantifizierten Beeinflussungen werden nun mit der Logik der Summenbildung und Relativierung pro Zeile und Spalte analog der Teil-Elemente die Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrade je Element bestimmt werden. Das Ergebnis dieser Aggregation über Mittelwertbildung ist in Abb. 6.7 dargestellt.

Leserichtung: Vertikale Elemente beeinflussen horizontale Elemente	Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	Element 2: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien	Summe Bewertung Beeinflussung je Element (absolut/relativ)	
Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen		1,4	1,1	1,1	1,4	1,2	6,2	19%
Element 2: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	0,8		2,0	1,1	2,3	1,4	7,5	23%
Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	0,8	1,0		1,0	2,0	0,7	5,4	17%
Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	0,6	0,8	0,5		0,8	1,2	3,8	12%
Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	0,5	0,6	2,0	0,0		2,0	5,1	16%
Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien	0,5	0,8	1,7	1,0	0,2		4,2	13%
Summe Bewertung Abhängigkeit je Element (absolut/relativ)	3,1 10%	4,6 14%	7,3 23%	4,3 13%	6,5 20%	6,4 20%		

Abb. 6.7: Aggregation der Bewertung der Beeinflussung auf Element-Ebene

Zusammenfassend ergeben sich auf Basis dieser Aggregation die in Abb. 6.8 aufgeführten Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrade je Element innerhalb des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität. Auch hier spielen die abgebildeten Werte des Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrads je Element für die weitere Betrachtung eine untergeordnete Rolle. Im Fokus steht die relative Höhe des Wertes im Vergleich zu den anderen Elementen. Ähnlich wie auf der Teil-Element-Ebene gibt es Elemente mit einem hohen Beeinflussungsgrad relativ gegenüber anderen Elementen. Diese beeinflussen bei Umsetzung grundsätzlich stärker andere Elemente. Elemente mit einem hohen Abhängigkeitsgrad werden hingegen stärker durch andere Elemente beeinflusst. Diese sind beispielsweise in einem höheren Maße vom Input anderer Teil-Elemente abhängig. Über diese Betrachtungsweise wird deutlich, dass die wesentlich beeinflussenden Elemente für die Reduzierung der Nicht-Qualität das „Q-orientierte Prozess- und Projektmanagement“ und die „präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen“ sind. Die übrigen Elemente der Prävention sind innerhalb des Modells von diesen beiden beeinflussenden Elementen stark abhängig. Diese Elemente bilden somit das Fundament bzw. den Rahmen für die Prävention in der frühen Phase der Entwicklung zur Reduzierung der Nicht-Qualität. Die „Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung“ nimmt dagegen mit einem geringen Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrad eine eher passive Rolle im Modell der Prävention ein.

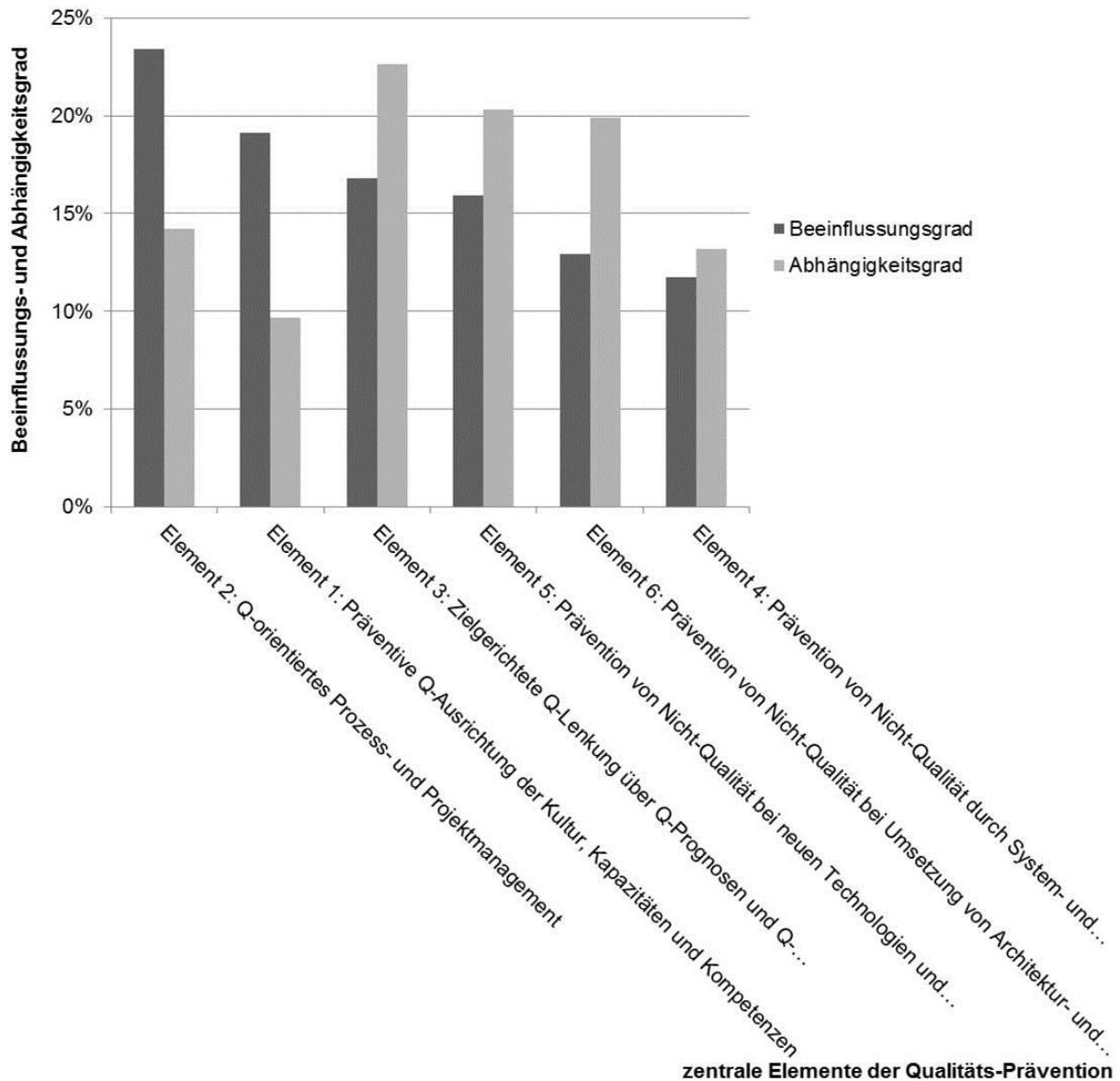


Abb. 6.8: Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrade der Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität

Da die Beeinflussung im Modell der Prävention bis hierhin im Wesentlichen auf Basis der paarweisen Beziehungen zwischen Teil-Elementen bzw. Elementen erarbeitet wurde, werden im Folgenden die Beziehungen bzw. Abläufe zwischen den zentralen Elementen gesamthaft betrachtet und visualisiert. Dies dient dem besseren Verständnis und der Interpretation des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität. Diese Zielsetzung kann durch die Methode des System Dynamics¹¹⁵ unterstützt werden, mit der das System bzw. Modell unter dynamischen Gesichtspunkten betrachtet werden kann. Da aufgrund der starken Vernetzung nicht alle 30 Beziehungen der aggregierten DSM (Abb. 6.7), also 100% der Beziehungen innerhalb der Visualisierung betrachtet werden können, wird eine Priorisierung vorgenommen. Um dabei zusätzliche Erkenntnisse herausarbeiten zu können, wird eine dreistufige Priorisierung der bewerteten Beziehungen (Abb. 6.7) durchgeführt. So kann das Modell, ausgehend von den stärksten Beziehungen zwischen den Elementen, schrittweise detailliert und visualisiert werden:

¹¹⁵ Stermann 2006

1. Betrachtung von ca. 1/3 der stärksten Beeinflussungen. Dies entspricht allen Beeinflussungen mit Bewertung größer als 1,7.
2. Betrachtung von ca. 1/2 der stärksten Beeinflussungen. Dies entspricht allen Beeinflussungen mit Bewertung größer als 1,2.
3. Betrachtung von ca. 2/3 der stärksten Beeinflussungen. Dies entspricht allen Beeinflussungen mit Bewertung größer als 1.

Zur Vereinfachung werden die innerhalb der DSM (Abb. 6.7) aufgeführten quantitativen Beeinflussungen in geringe (+), starke (++) und sehr starke Beeinflussungen (+++) unterteilt bzw. übersetzt. Dabei gilt folgender Verteilungsschlüssel:

- geringe Beeinflussung (+): $0 < x \leq 1,0$
- starke Beeinflussung (++) : $1,0 < x \leq 1,7$
- sehr starke Beeinflussung (+++) : $1,7 < x$

Die resultierenden qualitativen Bewertungen der Beeinflussungen sind in Abb. 6.9 aufgeführt.

Leserichtung: Vertikale Elemente beeinflussen horizontale Elemente	Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	Element 2: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien
Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	X	++	++	++	++	++
Element 2: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	+	X	+++	++	+++	++
Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	+	+	X	+	+++	+
Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	+	+	+	X	+	++
Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	+	+	+++	X	X	+++
Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien	+	+	++	+	+	X

Abb. 6.9: Qualitative Beeinflussung der Elemente

Auf Basis dieser qualitativen Bewertungen und der ersten Stufe der Priorisierung ergibt sich die in Abb. 6.10 aufgeführte Konstellation und Beeinflussung der Elemente innerhalb des Modells. In dieser Ausprägung lässt sich erkennen, dass die Elemente 1 und Element 4 zunächst nicht Teil des Modells sind. Diese werden in dieser Ausprägung eliminiert, da die Beziehungen zu den übrigen Elementen nicht stark genug ausgeprägt sind. Element 2 hingegen beeinflusst die Elemente 3 und 5 sehr stark, wird jedoch selbst nicht beeinflusst. Dieses Element kann also als Taktgeber verstanden werden. Dies spiegelt sich auch in der Einordnung dieses Elementes bei den Managementprozessen im Betrachtungsumfang (Abb. 5.6) wieder. Hier sind Element 2 und Element 3 Bestandteil des QM, welches steuert und die Vorgaben für die QA macht, in der Element 5 und 6 eingeordnet sind. Betrachtet man nun das Zusammenspiel der Elemente 3 und 5, so lässt sich dort eine Verstärkung der Beeinflussung erkennen: hier beeinflusst Element 3 das Element 5 sehr stark, welches wiederum Element 3 sehr stark beeinflusst. Im Kontext der Methode des System Dynamics spricht man in

diesem Fall von einem reinforcing loop¹¹⁶, d.h. je stärker das Element forciert wird, desto stärker wird auch das andere Element forciert. Also eine sich verstärkende Schleife. Im System Dynamics existieren ebenso balancing loops, d.h. die Verstärkung eines Elements würde ein anderes Element dämpfen. Für die betrachteten Elemente des Modells der Prävention wird angenommen, dass diese sich mit der Zielsetzung der Reduzierung der Nicht-Qualität gegenseitig nur positiv beeinflussen. Aus diesem Grund existieren keine Dämpfungen bzw. balancing loops. Die Betrachtung von balancing loops wäre dann sinnvoll, wenn das Modell um zusätzliche Elemente ergänzt würde, die z.B. auf eine Kosten- oder Gewichts-Zielerreichung ausgerichtet wären und somit der Zielsetzung der Reduzierung der Nicht-Qualität entgegenwirken würden.

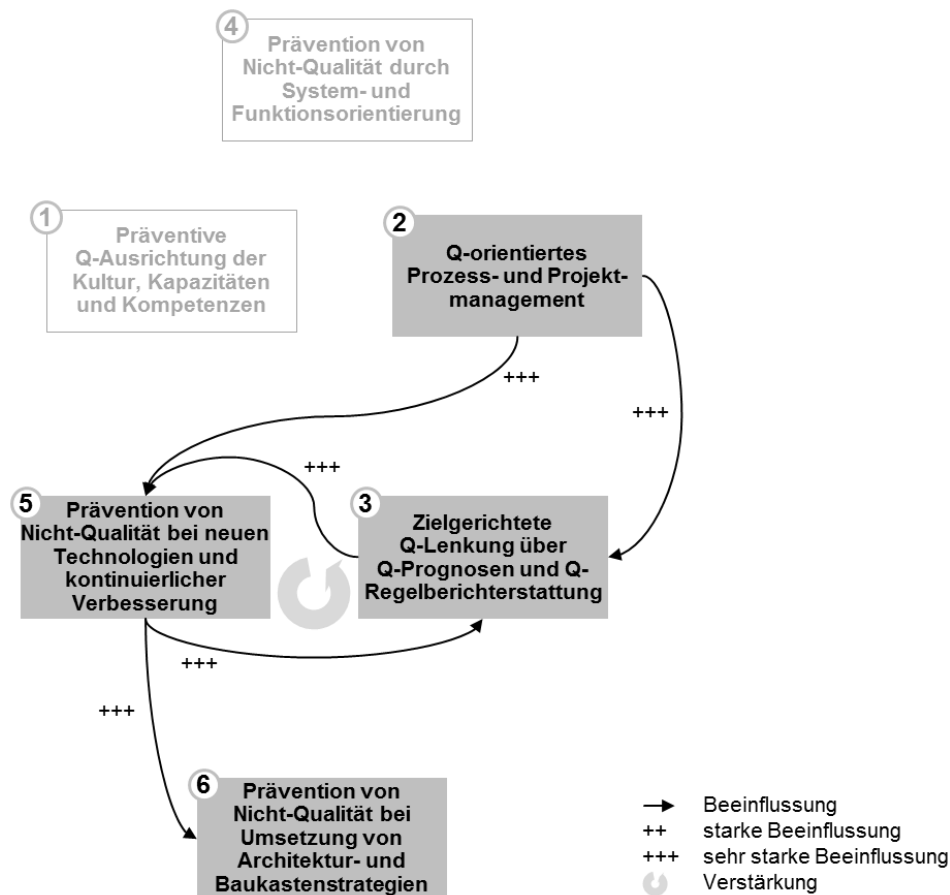


Abb. 6.10: Modell der Prävention in der frühen Phase der Entwicklung (Priorisierungsstufe 1)

Die im Modell der Prävention beschriebene Verstärkung zwischen den Elementen 3 und 5 resultiert inhaltlich im Wesentlichen daraus, dass zum einen die Reifebewertungen neuer Technologien und zum anderen die quantifizierten Bewertungen der Lessons Learned die Basis der Q-Prognosen und -Regelberichterstattung bilden. In umgekehrter Richtung stellen die Q-Prognosen und -Regelberichterstattung das wesentliche Steuerungsinstrument und die zentrale Kommunikationsplattform für die Qualität bzw. Reife der Technologien und der bereits bekannten Produksubstanz bereit. Daneben beeinflusst Element 5 das Element 6 sehr stark, welches jedoch kein weiteres Element beeinflusst. Inhaltlich sind hier insbesondere die Reifebewertung neuer Technologien und die Stärken bzw. Schwächen von vergleichbaren Produkten ein zentraler Input für die durchgängige Q-Anforderungsentwicklung und -Absicherungsplanung.

Mit der nächsten Stufe der Priorisierung werden zum bereits erläuterten Modell weitere Beeinflussungen hinzugezogen. Das sich daraus ergebende Zusammenspiel der Beeinflussungen

¹¹⁶ Sterman 2006

innerhalb des Modells ist in Abb. 6.11 dargestellt. Zusätzlich zu den bestehenden Elementen und Beeinflussungen innerhalb des Kern-Modells aus Priorisierungsstufe 1 kommt nun Element 1 hinzu. Dieses hat zwei Beeinflussungen auf andere Elemente, ohne selbst beeinflusst zu werden. Dieses Element hat eine ähnliche taktgebende Funktion wie Element 2, jedoch weniger stark ausgeprägt. Diese Funktion des Elements 1 spiegelt sich ebenfalls in der Einordnung dieses Elementes bei den Managementprozessen im Betrachtungsumfang (Abb. 5.6) wieder. Element 2 wird nun durch Element 1 mitbeeinflusst. Die Verstärkung im Kern des Modells wird gegenüber der vorherigen Priorisierung durch die neue Beeinflussung des Elements 3 durch Element 6 ausgeweitet. Zusätzlich wirkt Element 1 über Element 5 und Element 2 über Element 6 auf die Verstärkung ein. Diese Verstärkung wird nun durch drei Elemente der QA in der frühen Phase der Entwicklung beschrieben. Insgesamt betrachtet steigt der Beeinflussungsgrad des Elements 2. Dies ist gegenüber der ersten Priorisierungsstufe durch die weitere Beeinflussung von Element 6 begründet. Insgesamt beeinflussen somit Element 1 und Element 2 als wesentliche Bestandteile des QM nun die übrigen Elemente der QA, die sich im Kern des Modells befinden.

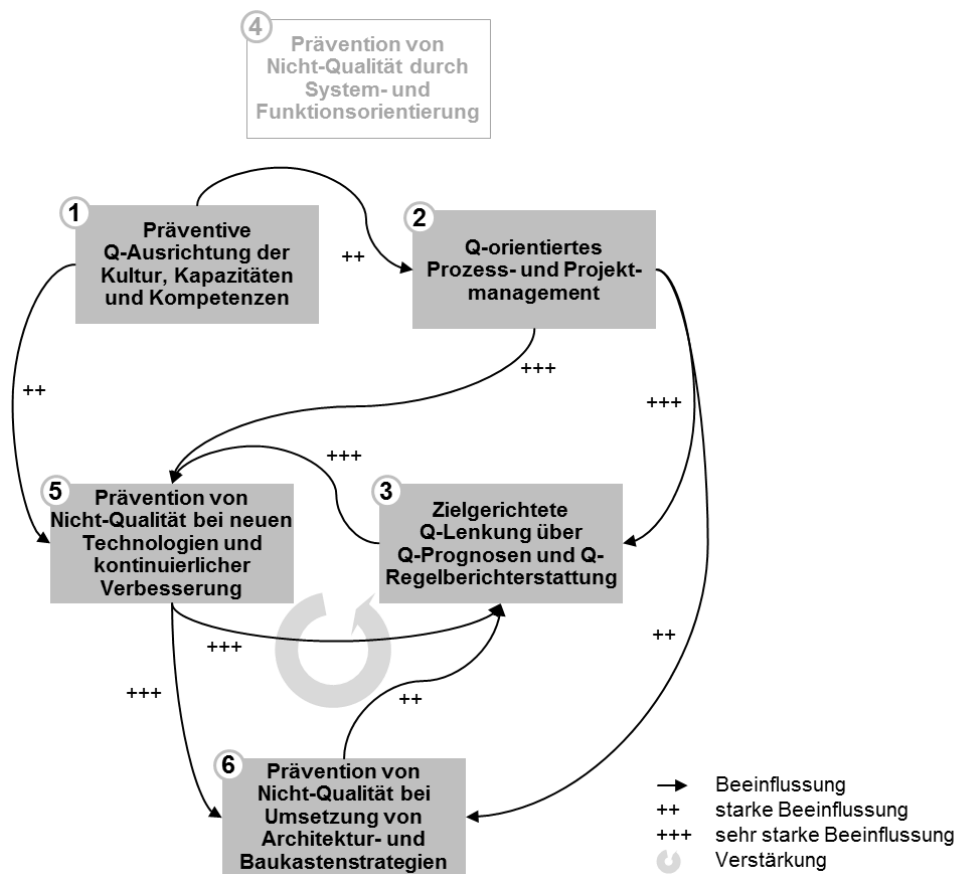


Abb. 6.11: Modell der Prävention in der frühen Phase der Entwicklung (Priorisierungsstufe 2)

Mit der wiederum nächsten Priorisierungsstufe werden weitere Beeinflussungen sichtbar. Diese Priorisierungsstufe stellt mit 14 Beziehungen den höchsten Detaillierungsgrad des Modells dar, der noch verständlich, visualisier- und handhabbar ist. Dieser Detaillierungsgrad des Modells ist in Abb. 6.12 visualisiert. Mit dieser letzten Priorisierungsstufe kommt Element 4 hinzu. Die Beeinflussung des Elements 4 erfolgt dabei durch Element 1 und 2. Zusätzlich beeinflusst Element 1 und Element 4 nun auch Element 6. Somit wird die Verstärkung im Kern und der Gesamteinfluss durch Element 1 gegenüber der vorherigen Priorisierungsstufe weiter erhöht.

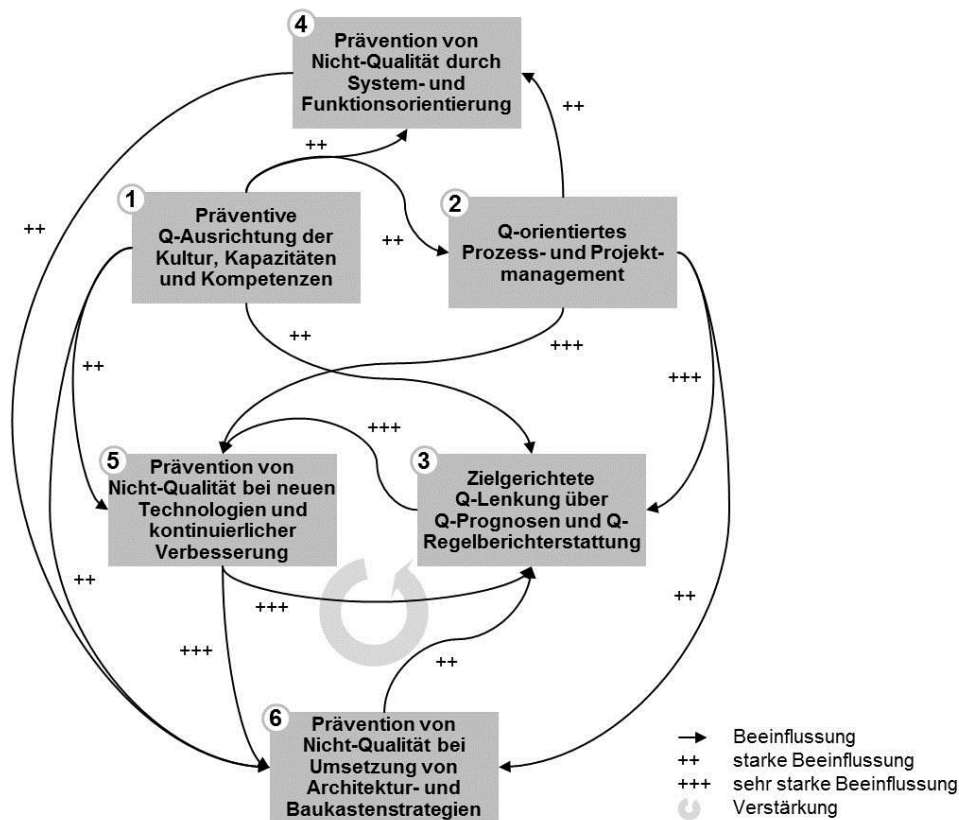


Abb. 6.12: Modell der Prävention in der frühen Phase der Entwicklung (Priorisierungsstufe 3)

Insgesamt kann über die Modellbildung mit Hilfe der DSM und des System Dynamics festgestellt werden, dass Elemente und Teil-Elemente innerhalb des Modells der Prävention existieren, deren Umsetzung bzw. Ausprägung die Ausprägung weiterer Elemente und Teil-Elemente stark positiv beeinflusst. Dazu gehören insbesondere die Elemente 1 und 2, die gemäß Betrachtungsumfang dieser Arbeit dem QM zugeordnet wurden. Diese bilden die Basis bzw. geben den Takt für die Reduzierung der Nicht-Qualität an. Darüber hinaus existieren andere Elemente und Teil-Elemente, die einen geringeren Beeinflussungsgrad haben und somit eine eher geringere Priorität bei der Umsetzung haben. Eine zentrale Erkenntnis der Modell-Visualisierung ist die Verstärkung zwischen den Elementen 3, 5 und 6, die als wesentliche Bestandteile der QA den Kern des Modells der Prävention darstellen. Eine weitere Erkenntnis ist die weniger starke Stellung des Elements 4, das als einziges Element nur ein einziges weiteres Element beeinflusst.

Die erfolgte Modellbildung ist nun die Basis für die Anwendung des Modells der Prävention. Das grundsätzliche Vorgehen zu Anwendung wird im nächsten Abschnitt erläutert.

6.5 Grundsätzliche Anwendung des Modells

In diesem Abschnitt wird die grundsätzliche Anwendung des Modells der Prävention zur Unterstützung von Entscheidungen erläutert. Ziel ist es dabei, die notwendigen Ausprägungen und grobe zeitliche Reihenfolge der jeweiligen Elemente und Teil-Elemente herauszuarbeiten und somit Entscheidungen zu unterstützen. Das Vorgehen ist in Abb. 6.13 dargestellt.

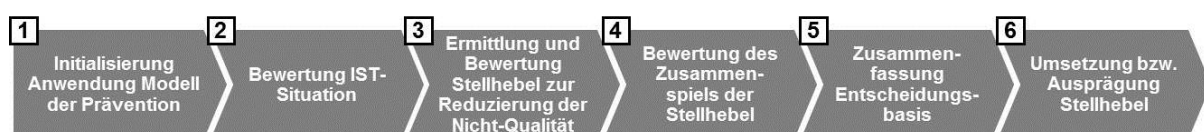


Abb. 6.13: Vorgehen zur grundsätzlichen Anwendung des Modells

Das grundsätzliche Vorgehen zur Erzeugung der Entscheidungsbasis wird nachfolgend mit Bezug auf die Ergebnisse und Instrumente der zuvor durchgeführten Modellbildung aufgeführt.

1. Initialisierung Anwendung Modell der Prävention: In diesem Schritt wird demjenigen/dem Team, der/das das Modell anwendet oder durch die Anwendung geführt wird, das Modell der Prävention in der frühen Phase der Entwicklung nähergebracht und erläutert. Dazu gehören das Ziel und der Betrachtungsumfang des Modells, die Einordnung der Elemente in der frühen Phase der Entwicklung (Abb. 5.6) und die Beschreibung der Elemente bzw. der Teil-Elemente (Kapitel 5.11). An dieser Stelle muss des Weiteren festgelegt werden, auf welchen Bereich das Modell angewendet werden soll. Dies kann den gesamten Entwicklungsbereich, einzelne Entwicklungs- und Produktbereiche oder auch ein einzelnes Entwicklungsprojekt umfassen. Der Betrachtungsumfang ist dabei mit demjenigen/dem Team, der/das das Modell anwendet oder durch die Anwendung geführt wird, klar abzugrenzen und zu vereinbaren.
2. Bewertung IST-Situation: Hier sollten die Teil-Elemente der Prävention als Referenzmodell zur Bewertung herangezogen werden. An dieser Stelle ist es möglich weitere unternehmensspezifische Elemente- bzw. Teil-Elemente zu ergänzen. Anhand der festgelegten Teil-Elemente kann der Umsetzungsgrad des jeweiligen Teil-Elements auf einer Skala von 1 (nicht umgesetzt) bis 4 (voll umgesetzt) bewertet werden. Die Bewertungen der Teil-Elemente können dann über die Bildung des Mittelwerts auf die Element-Ebene aggregiert werden. Mögliche Darstellungen mit beispielhaften Bewertungen sind auf Teil-Element-Ebene in Abb. 6.14 veranschaulicht und aggregiert auf Element-Ebene in Abb. 6.15 aufgeführt.

		Bewertung Umsetzungsgrad								
		nicht umgesetzt		voll umgesetzt						
		1	2	3	4	0	1	2	3	4
Elemente	Teil-Elemente									
Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	Ableitung von Q-Zielen aus strategischen Zielen des Top-Managements				4	████████████████████				
	Breiten-Kommunikation in Richtung aller Beteiligten			3		██████████████				
	Umverteilung bzw. Aufbau der präventiven Kapazitäten		2			██████████				
	Fokussierte Kommunikation bzw. der Kompetenzaufbau bei Q-			3		██████████████				
Element 2: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	Definition Entwicklungsprozess inkl. klarer Verantwortungen				4	████████████████████				
	Implementierung Q-Gates und Reviews			3		██████████████				
	Aufsetzen Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten			3		██████████████				
	Projektplanung inkl. Anwendung der Prozess- und Methodenstandardisierung			3		██████████████				
Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	Durchführung von Q-Prognosen		2			██████████				
	Aufbau Q-Regelberichterstattung		2			██████████				
Element 4: Q-Prävention durch System- und Funktionsorientierung	Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement	1				██████				
	Schaffung org. Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung	1				██████				
Element 5: Q-Prävention bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	Reifebewertung und -planung bei neuen Technologien	1				██████				
	Systematische Erfassung Lessons Learned zum Projektstart			3		██████████████				
Element 6: Q-Prävention bei der Umsetzung von Architektur-/Baukastenstrategien	Stimmige und konsistente Q-Zielverteilung				4	████████████████████				
	Durchgängige Q-Anforderungsentwicklung			3		██████████████				
	Durchgängige Q-Absicherungsplanung		2			██████████				

Abb. 6.14: Beispiel: Bewertung Teil-Elemente nach Umsetzungsgrad

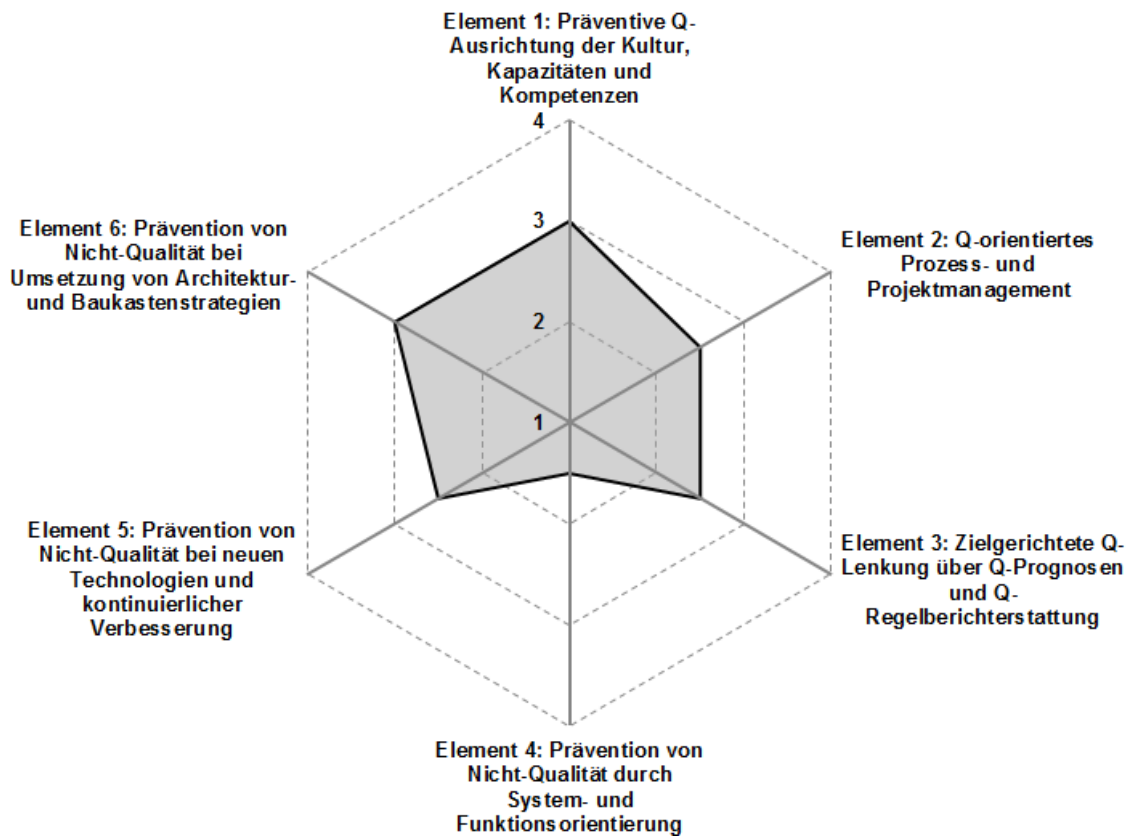


Abb. 6.15: Beispiel: aggregierte Bewertung Elemente nach Umsetzungsgrad

- Ermittlung und Bewertung Stellhebel zur Reduzierung der Nicht-Qualität: Anhand der IST-Situation und Bewertung können nun die größten Stellhebel zur Reduzierung der Nicht-Qualität ermittelt werden. Die größten Stellhebel sind dabei in der Regel bei den Teil-Elementen vorzufinden, die eine Bewertung von 1 oder 2 aufweisen. Die Größe des jeweiligen Stellhebels ergibt sich aus dem Delta zwischen voller Umsetzung (Bewertung 4) und der Bewertung des Umsetzungsgrades. Die Interpretation der jeweiligen Stellhebel ist jedoch immer im Kontext des jeweiligen Unternehmens und des festgelegten Betrachtungsumfangs zu validieren. Hier kann z.B. das Ziel nicht die volle Umsetzung (Bewertung 4) sein, sondern nur eine Bewertung 3. Anschließend werden den ermittelten Stellhebeln die im Modell bewerteten Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrade zugeordnet. Hier ist es möglich, die Bewertungen innerhalb des Modells mit dem jeweiligen Verantwortlichen oder Team zu validieren bzw. unternehmensspezifische Änderungen vorzunehmen. Darüber hinaus ist je Stellhebel auf Teil-Element-Ebene eine Kostenbewertung hinsichtlich der Umsetzung bzw. Fokussierung vorzunehmen. Diese kann z.B. mit einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse (Kapitel 4.2.1, Konzeptgestaltung, Bewertung) unterstützt werden. Diese Business Case Betrachtung wird hier nicht weiter vertieft (Anwendungsbeispiele und methodische Vorgehensweisen zu diesem Thema können der Literatur¹¹⁷ entnommen werden). Das Ergebnis der Stellhebel-Ermittlung (Schritt 4) und dieses Schrittes kann dabei in Diagrammen dargestellt werden, bei denen auf den Achsen die Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrade aufgetragen sind und die Größe des Stellhebels mit der Größe einer Blase verdeutlicht wird (Kostenaspekte werden hier nicht grafisch dargestellt). Eine Aggregation der Stellhebel von Teil-Element- auf Element-Ebene erfolgt analog der Bewertungs-Aggregation über eine Mittelwertbildung. Auf Basis der beispielhaften Bewertungen aus Abb. 6.14 werden nachfolgend die Top-Stellhebel (Delta 2

¹¹⁷ z.B. Taschner 2013

Punkte und 3 Punkte) auf Teil-Element-Ebene (Abb. 6.16) und aggregiert auf Element-Ebene (Abb. 6.17) dargestellt.

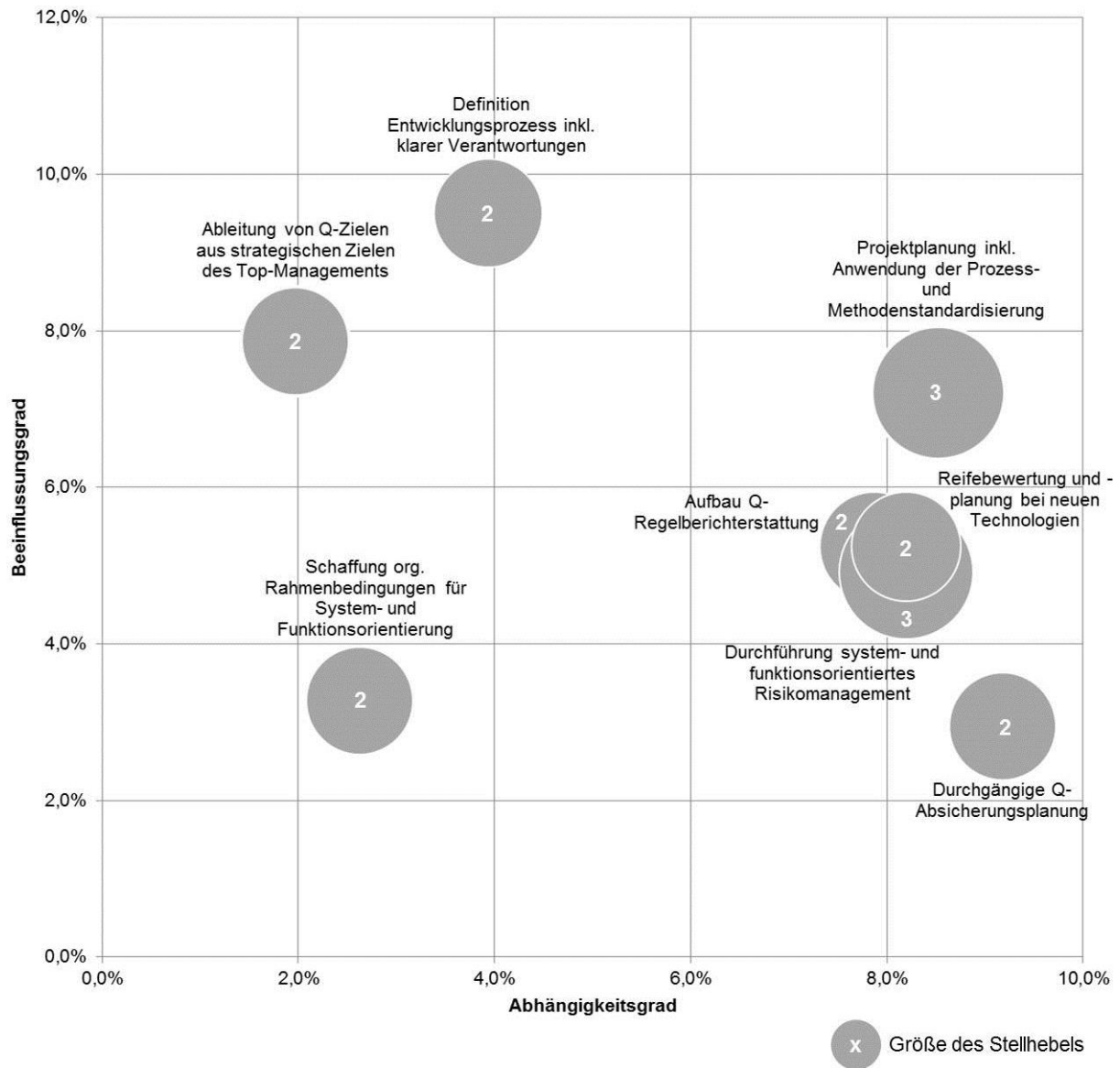


Abb. 6.16: Beispiel: Top-Stellhebel auf Teil-Element-Ebene

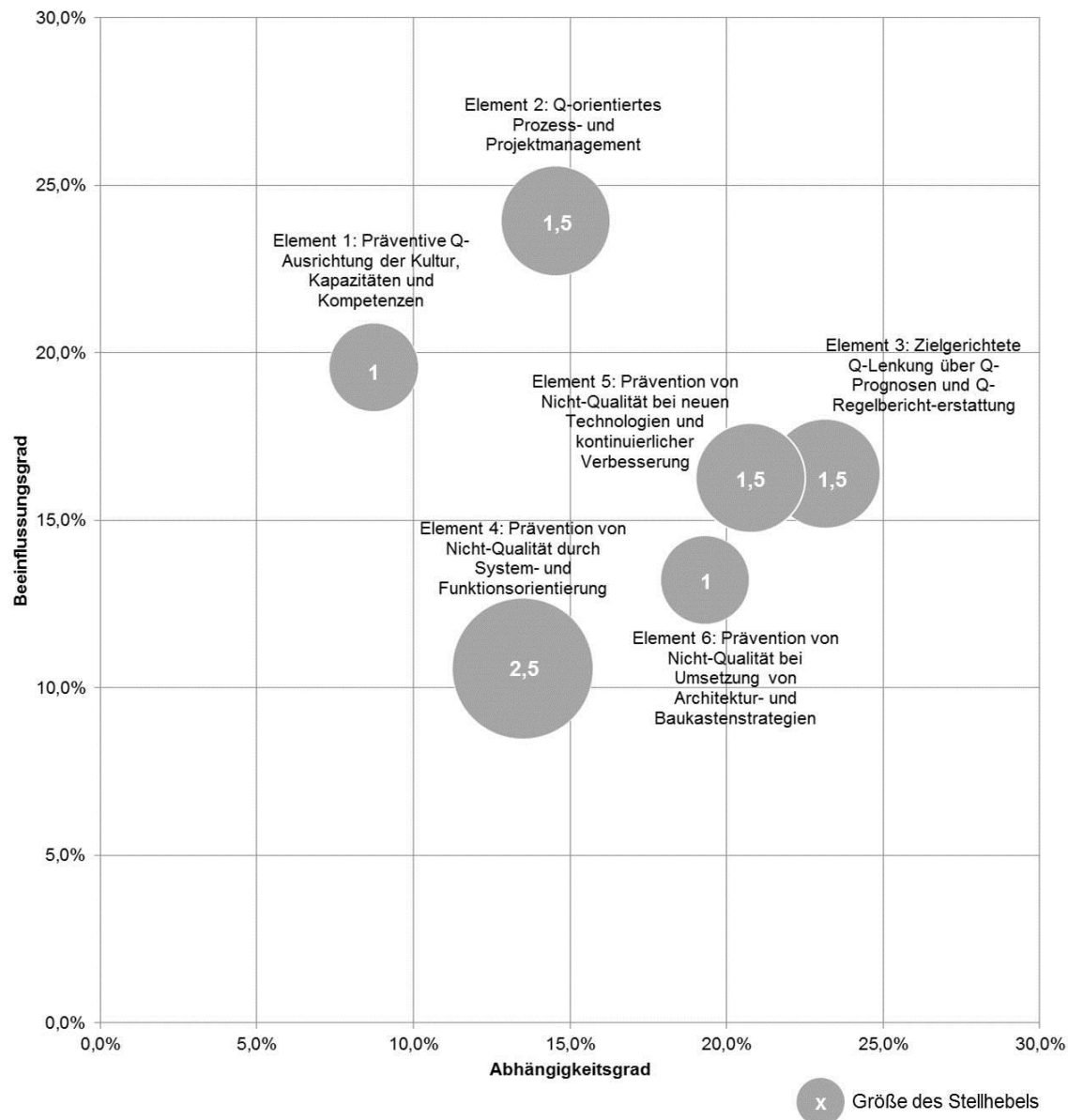


Abb. 6.17: Beispiel: Stellhebel auf Element-Ebene mit Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgraden

4. Bewertung des Zusammenspiels der Stellhebel: Hier wird das visualisierte Modell genutzt, um die grundsätzlichen Beeinflussungsrichtungen und Abläufe zwischen den Elementen auf die mögliche Umsetzung bzw. Ausprägung der ermittelten Stellhebeln zu spiegeln. Anhand des Modells der Prävention (Abb. 6.12) wird dann simuliert, welche Auswirkungen und grobe zeitliche Reihenfolgen bzw. Abläufe sich aus der Umsetzung bzw. Ausprägung eines oder mehrerer Stellhebel auf Element-Ebene ergeben. Über diese Betrachtung kann abschließend die Gesamt-Strategie bzw. -Ausrichtung analysiert und validiert werden.
5. Zusammenfassung Entscheidungsbasis: in diesem abschließenden Schritt müssen alle Informationen bzw. Ergebnisse des Vorgehens zusammengetragen und entscheidungstauglich aufbereitet werden. Die Aufbereitung in Form von Präsentationen oder anderen Entscheidungsvorlagen wird hier nicht tiefergehend beschrieben. Die Inhalte dieser Aufbereitung sind auf Basis des Vorgehens:
 - festgelegter Betrachtungsumfang (z.B. gesamter Entwicklungsbereich, einzelne Entwicklungs- und Produktbereiche, einzelnes Entwicklungsprojekt)
 - bewerteter Umsetzungsgrad der Teil-Elemente und Elemente inkl. grafischer Aufbereitung (Abb. 6.14, Abb. 6.15)

- validierte und bewertete Stellhebel auf Teil-Element- und Element-Ebene inkl. grafischer Aufbereitung (Abb. 6.16, Abb. 6.17)
 - validierte Gesamt-Ausrichtung und grobe zeitliche Reihenfolge der Elemente
6. Umsetzung bzw. Ausprägung Stellhebel: auf Basis der getroffene Entscheidung müssen die jeweiligen Stellhebel im Unternehmen bzw. der frühen Phase der Entwicklung umgesetzt werden. Dabei kann es zum einen notwendig sein, abhängig von der bewerteten IST-Situation, Stellhebel komplett neu im Unternehmen einzuführen und zu etablieren. Zum anderen können bereits vorhandene Stellhebel stärker ausgeprägt oder konsequenter angewendet werden. Für diesen Schritt kann das für jedes Element bzw. Teil-Element der Prävention empfohlene Vorgehen inkl. Rollen/Verantwortungen und Methoden/Werkzeuge herangezogen werden.

Das beschriebene Vorgehen muss nicht zwangsläufig die Teil-Element-Ebene mit einbeziehen. Für schnelle Bewertungen der IST-Situation im Unternehmen und die Ableitung grober Ausrichtungen kann das Vorgehen auch nur auf der Element-Ebene durchgeführt werden.

6.6 Zusammenfassung

Das Ergebnis der Zusammenfassung der zentralen zu einem integrierten Modell wird nun den anfangs formulierten Anforderungen an das Modell gegenübergestellt. Dazu wird der jeweiligen formulierten Anforderung das jeweilige Ergebnis inkl. Beschreibung zugeordnet:

- Nutzung einer methodisch nachvollziehbaren Basis: Für die Modellerstellung wurde zum einen die Methode der Design Structure Matrix (DSM) herangezogen, um die starke Vernetzung der Teil-Elemente strukturiert darstellen und bewerten zu können. Zum anderen wurde die Methode des System Dynamics genutzt, um die wesentlichen Abläufe innerhalb des Modells in Bezug auf die Ausprägung und der Elemente visualisieren zu können.
- Betrachtung aller beschriebenen Elemente und Teil-Elemente der Prävention: In der DSM wurden alle Elemente und Teil-Elemente miteinander in Verbindung gesetzt. Somit wurde keins der beschriebenen Elemente und Teil-Elemente (Kapitel 5) ausgelassen.
- Beschreibung und Darstellung der inhaltlichen Vernetzung aller Elemente und Teil-Elemente der Prävention (statischer Teil): Innerhalb der DSM wurden alle vorhandenen inhaltlichen Vernetzungen zwischen den Teil-Elementen hergestellt und beschrieben.
- Beschreibung, Bewertung und Darstellung der Beeinflussung bzw. Abhängigkeit der Elemente und Teil-Elemente untereinander (dynamischer Teil): Alle inhaltlichen Vernetzungen innerhalb des Modells wurden beschrieben. Die Struktur der DSM und die inhaltliche Vernetzung der Elemente wurden für die Bewertung der Beeinflussung herangezogen. Aus den Bewertungen der Teil-Elemente wurden zeilen- und spaltenweise die Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrade der Teil-Elemente ermittelt. Die aggregierten Bewertungen auf Teil-Element-Ebene wurden für die Herleitung der Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrade auf Element-Ebene genutzt.
- Branchen- und unternehmensunabhängige Beschreibung und Formulierung: Das erarbeitete Modell wird als grundsätzlich auf alle Hochtechnologiebranchen anwendbar betrachtet und allgemein beschrieben.
- Um weitere Elemente und/oder Teil-Elemente erweiterbare Struktur: Die in der DSM abgebildete Basis-Struktur ist um weitere Elemente und Teil-Elemente erweiterbar. Dazu können einfach Zeilen und Spalten hinzugefügt werden, in denen dann neue Vernetzungen beschrieben und bewertet werden müssen. Die sich daraus ergebenden neuen Erkenntnisse sind dann im Modell zu berücksichtigen.

- Anpassbar auf Spezifika eines Unternehmens inkl. Entwicklungsprozess und Produkte: Das erarbeitete Modell ist zunächst allgemein für alle Unternehmen der Hochtechnologiebranchen gültig. Bei Anwendung im jeweiligen Unternehmen können über den Betrachtungsumfang, zusätzliche Elemente bzw. Teil-Elemente und Anpassungen der Vernetzungen bzw. Bewertungen das Modell zugeschnitten werden. Die Spezifika eines Unternehmens können somit berücksichtigt werden.
- Unterstützung der Bewertung der IST-Situation im Unternehmen hinsichtlich der Umsetzung der Elemente und Teil-Elemente: Die Bewertung des Umsetzungsgrades der Teil-Elemente und eine Aggregation auf Element-Ebene ist für die Anwendung des Modells im Unternehmen eine notwendige Voraussetzung. Die Struktur der Teil-Elemente und Elemente dienen für diese Bewertung als Referenzmodell.
- Unterstützung von Entscheidungen zur Ausprägung bzw. Umsetzung und groben zeitlichen Reihenfolge von Elementen und Teil-Elementen: Die Anwendung des Modells stellt eine Entscheidungsbasis zur Verfügung, mit derer Hilfe die Ausprägung bzw. Umsetzung und grobe zeitliche Reihenfolge der Elemente und Teil-Elemente im Unternehmen unterstützt wird. Bei der zeitlichen Reihenfolge liegt der Fokus auf der Element-Ebene, von der aus im Nachgang eine konkrete Zeitplanung erfolgen kann.

Die wesentlichen Erkenntnisse der Modellbildung waren, dass Elemente und Teil-Elemente innerhalb des Modells der Prävention existieren, deren Umsetzung bzw. Ausprägung weitere Elemente und Teil-Elemente stark beeinflussen. Dazu gehören insbesondere die dem QM zugeordneten Elemente 1 und 2 (Abb. 5.6). Diese Elemente bilden somit das Fundament für die Reduzierung der Nicht-Qualität. Daneben existieren auch weniger wichtige Elemente, die in Bezug auf die anderen Elemente einen geringeren Beeinflussungsgrad aufweisen. Hier ist insbesondere Element 4 hervorzuheben, das als einziges Element nur ein einziges weiteres Element beeinflusst. Des Weiteren wurde herausgearbeitet, dass im Kern des Modells eine Verstärkung zwischen den Elementen der QA besteht, zu denen gemäß Einordnung (Abb. 5.6) die Elemente 3, 5 und 6 gehören.

Mit der abgeschlossenen Modellbildung und der Erfüllung der formulierten Anforderungen kann der bisher noch nicht bearbeitete Teil der Forschungsfrage 2 „Welche sind die zentralen präventiven Elemente in der frühen Phase der Produktentwicklung zur Reduzierung der Nicht-Qualität. Wie sind diese gestaltet und miteinander vernetzt?“ beantwortet werden. Die bis hierhin noch offene Vernetzung wird durch das erarbeitete Modell der Prävention in der frühen Phase der Entwicklung dargestellt. Dieses bedient sich der gestalteten und beschriebenen Elementen und Teil-Elementen (Kapitel 5). Somit kann mit Abschluss dieses Kapitels die Forschungsfrage 2 vollständig beantwortet werden. Das erarbeitete Modell bildet den integrierten Ansatz aus PQM und SE in der frühen Phase der Entwicklung zur Reduzierung der Nicht-Qualität.

7 Anwendung des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität

In diesem Kapitel kommt das Modell zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung, bestehend aus Elementen und Teil-Elementen, deren Vernetzung und Beeinflussung, zur Anwendung. Diese Anwendung dient dazu, die in der Zielsetzung dieser Arbeit formulierte Forschungsfrage 3 (Kapitel 1.2) zu beantworten: „Lassen sich aus einer unternehmensspezifischen Fokussierung und dem Zusammenspiel der zentralen präventiven Elemente zusätzliche Potentiale zur Reduzierung der Nicht-Qualität generieren?“. Dazu werden zunächst die Rahmenbedingungen bei einem Automobil OEM beschrieben, bei dem das Modell der Prävention zur Anwendung kam. Anschließend wird die konkrete Anwendung beim OEM inkl. Umsetzung der mit Hilfe des Modells identifizierten Stellhebel beschrieben. Abschließend wird die Wirkung der Umsetzung mit Blick auf die Zielsetzung der Reduzierung der Nicht-Qualität in den Fokus genommen.

7.1 Rahmenbedingungen Automobil OEM

Die beim Automobil OEM vorherrschenden Rahmenbedingungen werden mit Fokus auf die Entwicklung bzw. Entwicklungsaufgaben anhand einer Klassifikation¹¹⁸ vereinfacht dargestellt und kurz erläutert. Die Klassifikation des Automobil OEM inkl. der zugehörigen Kriterien und deren Beschreibung dienen als Orientierungsrahmen für die Anwendung des Modells der Prävention. Die Ausprägung der Kriterien ist in Abb. 7.1 dargestellt.

Kriterien		Ausprägung					
Markt	Kunden	ein großer		wenige mittelgroße		viele kleine	
		lokal		international		global	
	Lieferanten	ein großer	wenige mittelgroße	viele mittelgroße	viele kleine		
	Strategie	Preis		Differenzierung		Nische	
Gesetzgebung	reglementieren		normal		freies Kräftespiel		
Unternehmen (Gesamtsystem)	Phase	Pionier/Start Up		Differenzierung		Integration	
	Größe	klein	mittel		groß	sehr groß	
Wertschöpfungskette (Prozess)	Verteilung/Ort	lokal		international		global	
	Tiefe	gering		mittel		hoch	
	Rolle	Teillieferant		Systemlieferant		Endprodukt	
	Phase	Forschung	Vorentwicklung	Serienentwicklung	Applikation		
Produkt	Reife	Einführung		Wachstum		Reife	Niedergang
	Art	Dienstleistung		Konsum		Industrie	Hochtechnologie
	Stückzahl	Einzel		klein/mittel		Serie	Massen
	Hierarchie	Teil/Komponente		System		Plattform/Produktfamilie	
	Varianz	Einzelstück		wenige Varianten		viele Varianten	
	Funktionalität	niedrig		mittel/modular		hoch/integriert	
	Kerntechnologie	Produkt		Prozess		Information	
	Innovationsschritte	inkremental	modular		architekturel	radikal	
Zyklen-Zeiten	Innovation/Zeit	flach		mittel		steil	
	Time To Market	kurz	mittel		lang	sehr lang	
	Produktlebenszyklus	kurz	mittel		lang	sehr lang	

Abb. 7.1: Klassifikation Entwicklung Automobil OEM (nach Wenzel)

Die einzelnen Ausprägungen der Kriterien des Automobil OEM und seiner Entwicklung werden im Folgenden kurz erläutert:

- Markt: die Kundenstruktur des Automobil OEM ist sehr breit aufgestellt. Jeder Kunde, der dabei aus nahezu jedem Land dieser Welt stammen kann, wird mit seinen spezifischen Wünschen individuell zu betrachten. Die Lieferantenstruktur des Unternehmens besteht aus vielen mittelgroßen Lieferanten. Unter diesen Lieferanten befinden sich einige wenige große. Die Strategie des OEM zielt in Richtung einer Differenzierung gegenüber dem Wettbewerb. Diese Differenzierung ist vor Allem innovationsgetrieben, jedoch immer mit Blick auf den Preis des Endproduktes im Vergleich zum Wettbewerb. Da das Unternehmen im Premium-Sektor

¹¹⁸ Wenzel 2003, S. 106

positioniert ist, steht die Produktqualität und die Qualitätsführerschaft gegenüber dem Wettbewerb ebenfalls im Fokus. Diese wird über insgesamt fünf Q-Ziele abgedeckt und gesteuert. Die Q-Ziele sind dabei Gewährleistung und Kulanz, Langzeitqualität, Anlaufqualität, Systemausfälle und Konzeptqualität aus Kundensicht. Hinsichtlich der Gesetzgebung, durch die das Unternehmen beeinflusst wird, kann in den letzten Jahren eine Verschärfung der gesetzlichen Anforderungen in Richtung Sicherheit und Umwelteinflüsse bzw. Verbrauch und CO₂-Ausstoß beobachtet werden.

- Unternehmen: der OEM besteht aus einer Gruppe von Automobil-Marken, die auf einer sehr ähnlichen technischen Basis bzw. Plattform aufsetzen. Das Unternehmen kann als groß bezeichnet werden. Die Ausprägung sehr groß trifft hier nicht zu, da sich im Markt global agierende Groß-Konzerne befinden, die mit wesentlich höherem Umsatz als wesentlich größer eingestuft werden können.
- Wertschöpfungskette: das Unternehmen besitzt einen einzigen wesentlichen Entwicklungsstandort, der durch einige wenige kleine Ableger an anderen Orten gestützt wird. Die Produktionsstandorte hingegen sind international in den absatzstärksten bzw. wichtigsten Märkten verteilt. Die Wertschöpfungstiefe kann als mittel eingestuft werden, da sich intern entwickelte und produzierte Fahrzeugumfänge mit extern entwickelten und produzierten Umfängen ungefähr die Waage halten. Als OEM liegt der Fokus dabei auf der Integration und Fertigstellung des Gesamtfahrzeuges. Das Unternehmen ist somit für das Endprodukt voll verantwortlich. Innerhalb des Unternehmens werden alle Phasen der Produktentwicklung von der Forschung über die Vorentwicklung und Serienentwicklung abgedeckt. Der Fokus liegt allerdings auf der Serienentwicklung, zu der im Kontext dieser Arbeit die frühe und späte Phase der Entwicklung gezählt wird. Die Vorentwicklung macht dagegen einen eher geringen Umfang aus.
- Produkt: das Produkt Automobil kann als reifes Produkt mit einer langen Historie bezeichnet werden, obwohl in Wissenschaft und Praxis der Niedergang des herkömmlichen Automobils vielfach diskutiert und prophezeit wird. Aufgrund der eingesetzten Technologien und der hohen Vernetzung kann das Automobil als Hochtechnologie-Produkt betrachtet werden, das in sehr hohen Stückzahlen mit mehr als 1,5 Million Fahrzeuge pro Jahr produziert wird. Aus diesem Grund kann hier von einer Massenproduktion gesprochen werden. Dabei wird das Produkt in Plattformen bzw. Produktfamilien unterteilt, wobei sich jedes Produkt aufgrund Individualisierungsmöglichkeiten auch innerhalb einer Produktfamilie unterscheiden kann. Somit existieren zu jedem Produkt sehr viele verschiedene Varianten. Aufgrund des komplexen Zusammenspiels unterschiedlicher Systeme, dem gesteigerten Anteil an E/E-Innovationen und der IT-Vernetzung ist das Automobil heute ein hoch integriertes Produkt. Die Innovationsschritte zwischen den Produktgenerationen verlaufen dabei eher auf modularer Ebene. Architektur-Innovationen sind eher selten, finden jedoch z.B. im Kontext der Elektromobilität derzeit statt.
- Zyklen-Zeiten: Aufgrund der Entwicklungszeiten von ca. fünf Jahren kann die Innovationszeit eher als mittel bezeichnet werden. Diese Entwicklungszeit ist nicht so kurz wie z.B. in der Mobilfunkbranche und nicht so lang wie z.B. in der Luft- und Raumfahrt. Der Produktlebenszyklus ist als lang einzustufen, da ein durchaus großer Anteil der produzierten Fahrzeuge länger als 15 Jahre im Betrieb ist.

Diese Einordnung des Automobil OEM bildet den Orientierungsrahmen für die nachfolgende Anwendung des Modells der Prävention in der frühen Phase der Entwicklung. Die im Folgenden dargestellten Kosten und Qualitätszahlen sind aus Geheimhaltungsgründen und der strategischen Relevanz verändert. Die relativen Höhen der Werte bzw. Zahlen zueinander entsprechen jedoch den

realen Daten, so dass eine Aussage zum Nutzen der Modell-Anwendung getroffen werden kann. Bezeichnungen neuer Technologien sowie Namen und Abteilungsabkürzungen von Maßnahmen-Verantwortlichen sind aufgrund des Datenschutzes abstrahiert bzw. anonymisiert.

7.2 Anwendung des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität beim Automobil OEM

Die Anwendung des Modells beim beschriebenen Automobil OEM orientierte sich am Vorgehen der grundsätzlichen Anwendung (Kapitel 6.5), das in Abb. 7.2 dargestellt ist.



Abb. 7.2: Vorgehen zur Anwendung des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität

Das Vorgehen wurde beim Automobil OEM verwendet, um die Stellhebel zur Reduzierung der Nicht-Qualität zu identifizieren, zu entscheiden (Schritte eins bis fünf) und anschließend konkret umzusetzen (Schritt sechs). Die Umsetzung der Stellhebel orientierte sich an den jeweils empfohlenen grundsätzlichen Vorgehen zur Umsetzung der Elemente und Teil-Elemente, die in Kapitel 5 beschrieben wurden.

7.2.1 Ermittlung und Entscheidung Stellhebel zur Reduzierung der Nicht-Qualität

Das in Abb. 7.2 dargestellte Vorgehen in sechs Schritten wird in der Folge schrittweise beschrieben. Der sechste Schritt wird dabei separat in den Kapiteln 7.2.2 bis 7.2.4 behandelt.

1. Initialisierung der Anwendung des Modells der Prävention: die Zielgruppe war ein Team bestehend aus einem Vertreter des zentralen Q-Bereichs und den Qualitätsverantwortlichen der Entwicklungs- und Produktbereiche. Die Finanzierung der Stellhebel-Ermittlung sowie die jeweilige Umsetzung bzw. Ausprägung erfolgte über ein Teil-Budget des zentralen Q-Bereichs. Dieses Budget war für spezielle Qualitätsprogramme zur Verbesserung der Produkt- und Prozessqualität vorgesehen. Dem verantwortlichen Team wurde das Modell im Rahmen eines Workshops vorgestellt, dessen Zielsetzung die Ermittlung von Stellhebeln zur Verbesserung der Qualitätssituation in der Entwicklung war. Im des Workshop wurde der Betrachtungsumfang für die Ermittlung der Stellhebel festgelegt. Dieser umfasste den gesamten Entwicklungsbereich als organisatorische Einheit. Des Weiteren wurde festgelegt, dass die frühe Phase des Entwicklungsprozess ohne Einschränkung auf bestimmte Produkte zu betrachten war. Die frühe Phase befand sich im Entwicklungsprozess des Automobil OEM zwischen den Meilensteinen „Start Entwicklungsprojekt“ und „Alle Lieferanten für die Serienentwicklung nominiert“ (ca. 2,5 Jahre vor Start der Produktion).
2. Bewertung IST-Situation: durch das Team wurden keine zusätzlichen Elemente oder Teil-Elemente benannt und hinzugezogen. Somit konnte die Bewertung der IST-Situation hinsichtlich der Umsetzung anhand der beschriebenen Elemente und Teil-Elemente des Modells geschehen (Abb. 7.3). Die Bewertung der Teil-Elemente erfolgte auf einer Skala von 1 („nicht umgesetzt“) bis 4 („voll umgesetzt“). Die Bewertungen wurden dabei gemeinsam im Team diskutiert und anschließend festgelegt. Die Begründungen der Bewertungen sind nachfolgend erläutert:
 - Innerhalb Element 1 wurde nur ein einziger wesentlicher Handlungsbedarf identifiziert. Dieser betraf die zur Verfügung stehenden präventiven Kapazitäten. Diese waren nur schwach ausgeprägt, da sich ein wesentlicher Anteil der Kapazitäten mit der reaktiven Behebung von Problemen in der späten Phase bzw. mit negativen Kundenrückmeldungen

beschäftigte. Die übrigen Teil-Elemente innerhalb von Element 1 waren aus Sicht des Teams ausreichend umgesetzt.

- Im Element 2 wurden keine Handlungsbedarfe identifiziert. Begründet wurde dies durch die konsequente Umsetzung des definierten Entwicklungsprozesses inkl. der dazugehörigen Meilensteine, Q-Gates und Reviews. Darüber hinaus war im Unternehmen eine Q-Prozess- und -Methoden-Landschaft festgelegt, die mit jedem Entwicklungsprojekt verpflichtend zu durchlaufen war. Diese Q-Prozess- und -Methoden-Anwendung wurde dabei bereits zu Projektstart in der Terminplanung berücksichtigt.
- Element 3 hingegen wurde insgesamt als unzureichend umgesetzt bewertet. Dies war damit begründet, dass zu den Q-Zielgrößen Anlaufqualität und Systemausfälle zwar grundsätzlich Daten aus dem Feld erhoben wurden, jedoch keine Q-Lenkung anhand dieser erfolgte. Somit wurde die Erreichung bzw. Verfehlung dieser Ziele nicht berichtet bzw. kommuniziert. Die übrigen Q-Ziele wurden aus Sicht des Teams in ausreichendem Maße gelenkt und berichtet.
- Element 4 wurde aus Sicht des Teams gar nicht umgesetzt. Es war zwar ein technisches Risikomanagement in der Entwicklung etabliert, dieses fokussierte jedoch nur die Komponentenqualität und die damit zusammenhängenden Kosten. Insbesondere die Systemausfälle, die aus systemischen und funktionalen Ursachen resultieren, wurden nicht betrachtet. Darüber hinaus waren organisatorische Rahmenbedingungen zur Bearbeitung dieses Themas unzureichend, da die Organisation in der Entwicklung auf die Modulstruktur der Fahrzeuge ausgerichtet war und eine stark abteilungsorientierte Denkweise vorherrschte.
- Innerhalb Element 5 wurde eine starke Differenz zwischen der Betrachtung von neuen Technologien und bestehender Technik in Form von Baukästen identifiziert. Aufgrund der konsequenten Umsetzung der Baukastenstrategie wurden Fehler bzw. Probleme innerhalb der Baukästen konsequent verfolgt und behoben. Diese Lessons Learned wurden in der Q-Anforderungsentwicklung neuer Produkte berücksichtigt. Die Differenzierung durch Innovationen und der Zeitdruck ihrer Markteinführung war jedoch der Grund dafür, dass neue Technologien oft spät entschieden und ohne Reifeplanung in die bereits laufende Fahrzeugentwicklung eingebracht wurden. Dies verursachte dann diverse erhebliche Probleme bei den Prototypen und im Produktionsanlauf. Somit wurde die Reifebewertung und -planung neuer Technologien als „nicht umgesetzt“ bewertet.
- Die bereits erwähnte konsequente Erhebung von Lessons Learned und Berücksichtigung in der Q-Anforderungsentwicklung ließ sich auch in der Bewertung der Teil-Elemente des Elements 6 positiv erkennen. Die darauf aufbauende Q-Absicherungsplanung wurde jedoch aufgrund des stark steigenden Zeitdruckes in Richtung des Produktionsstarts oft vernachlässigt. Die Q-Zielverteilung hingegen wurde für alle Q-Ziele, selbst für die Systemausfälle und die Anlaufqualität, umgesetzt. Wie jedoch in Element 3 bewertet, wurde nicht konsequent nach diesen Q-Zielen gelenkt.

Der resultierende bewertete Umsetzungsgrad der einzelnen Teil-Elemente ist in Abb. 7.3 im Überblick dargestellt.

Elemente	Teil-Elemente	Bewertung Umsetzungsgrad								
		nicht umgesetzt		voll umgesetzt		0	1	2	3	4
		1	2	3	4					
Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	Ableitung von Q-Zielen aus strategischen Zielen des Top-Managements				4					
	Breiten-Kommunikation in Richtung aller Beteiligten			3						
	Umverteilung bzw. Aufbau der präventiven Kapazitäten		2							
	Fokussierte Kommunikation bzw. der Kompetenzaufbau bei Q-Verantwortlichen			3						
Element 2: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	Definition Entwicklungsprozess inkl. klarer Verantwortungen				4					
	Implementierung Q-Gates und Reviews			3						
	Aufsetzen Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten			3						
	Projektplanung inkl. Anwendung der Prozess- und Methodenstandardisierung			3						
Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	Durchführung von Q-Prognosen		2							
	Aufbau Q-Regelberichterstattung		2							
Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement	1								
	Schaffung org. Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung	1								
Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	Reifebewertung und -planung bei neuen Technologien	1								
	Systematische Erfassung Lessons Learned zum Projektstart			3						
Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien	Stimmige und konsistente Q-Zielverteilung				4					
	Durchgängige Q-Anforderungsentwicklung			3						
	Durchgängige Q-Absicherungsplanung		2							

Abb. 7.3: Bewertung Umsetzungsgrad Teil-Elemente beim Automobil OEM

Über die Bildung des Mittelwerts der Teil-Element-Bewertungen wurde je Element die Gesamtbewertung ermittelt. Dadurch war zu erkennen, dass die wesentlichen Handlungsbedarfe zur Verbesserung der Qualitätssituation in der Umsetzung bzw. Ausprägung der Elemente „Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung“, „Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung“ und „Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung“ lagen. Diese aggregierte Bewertung ist Abb. 7.4 zu entnehmen.

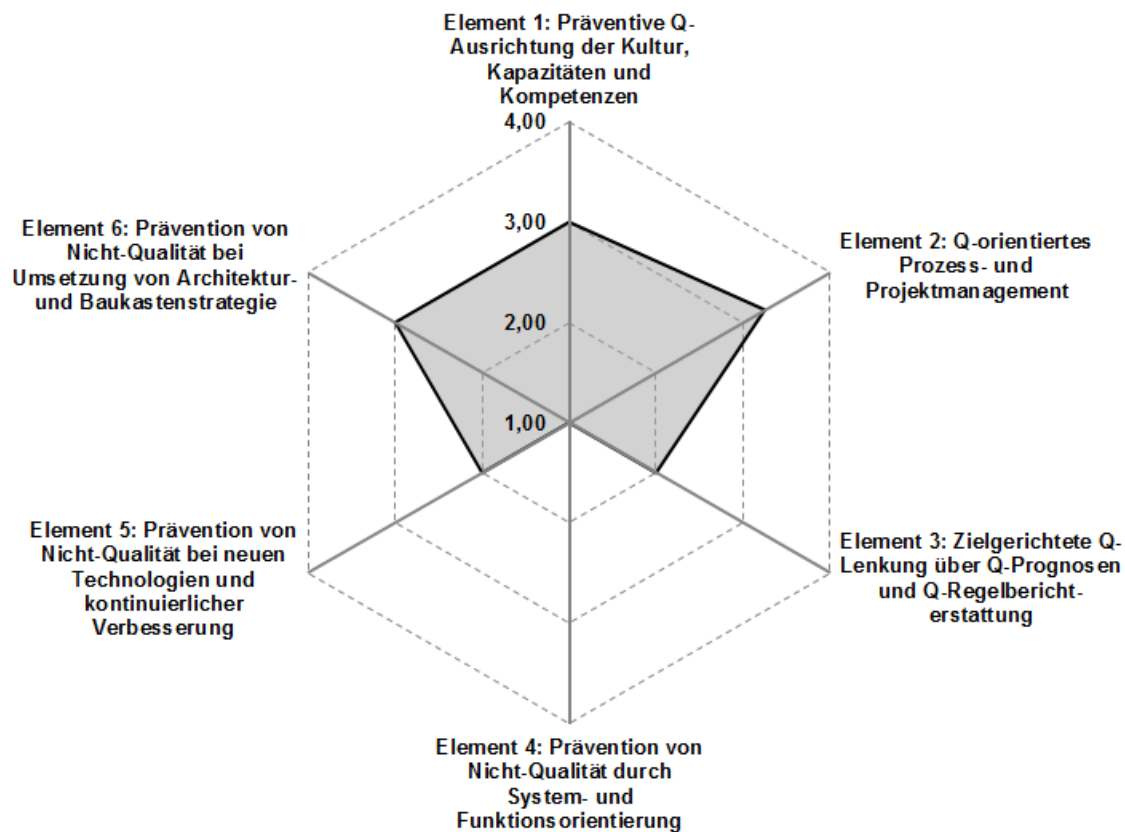


Abb. 7.4: Aggregierte Bewertung Umsetzungsgrad Elemente beim Automobil OEM

Durch das Team wurden also anhand der Elemente des Modells die IST-Situation und die dazugehörigen Handlungsbedarfe zur Verbesserung der Qualität in der Entwicklung systematisch bewertet und dokumentiert.

3. Ermittlung und Bewertung Stellhebel zur Reduzierung der Nicht-Qualität: anhand der durchgeführten Bewertungen konnten nun die größten Stellhebel identifiziert werden. Dazu wurden alle Teil-Elemente herangezogen, deren Umsetzungsgrad kleiner als 3 war. Die Größe des Stellhebels wurde dabei durch das Delta zwischen der Maximalbewertung 4 („voll umgesetzt“) und dem bewerteten IST-Umsetzungsgrad ermittelt. Diese Top-Stellhebel wurden durch das Team weiterverfolgt und mit den im Modell definierten Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgraden in Zusammenhang gebracht und dargestellt (Abb. 7.5). Die Größe des jeweiligen Stellhebels ist als Zahl in jeder Blase verdeutlicht. Den höchsten Beeinflussungsgrad hatte dabei die „Umverteilung bzw. der Aufbau der präventiven Kapazitäten“ bei einem relativ geringen Abhängigkeitsgrad. Die Top-Stellhebel „Q-Prognosen und -Berichterstattung“, „Reifebewertung und -planung“ und das „system- und funktionsorientierte Risikomanagement“ wiesen dabei einen ähnlich hohen Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrad auf. Die zum „system- und funktionsorientierten Risikomanagement“ gehörenden Rahmenbedingungen hatten den niedrigsten Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrad. Den höchsten Abhängigkeitsgrad bei gleichzeitigen niedrigsten Beeinflussungsgrad hat dabei die „durchgängige Q-Absicherungsplanung“.

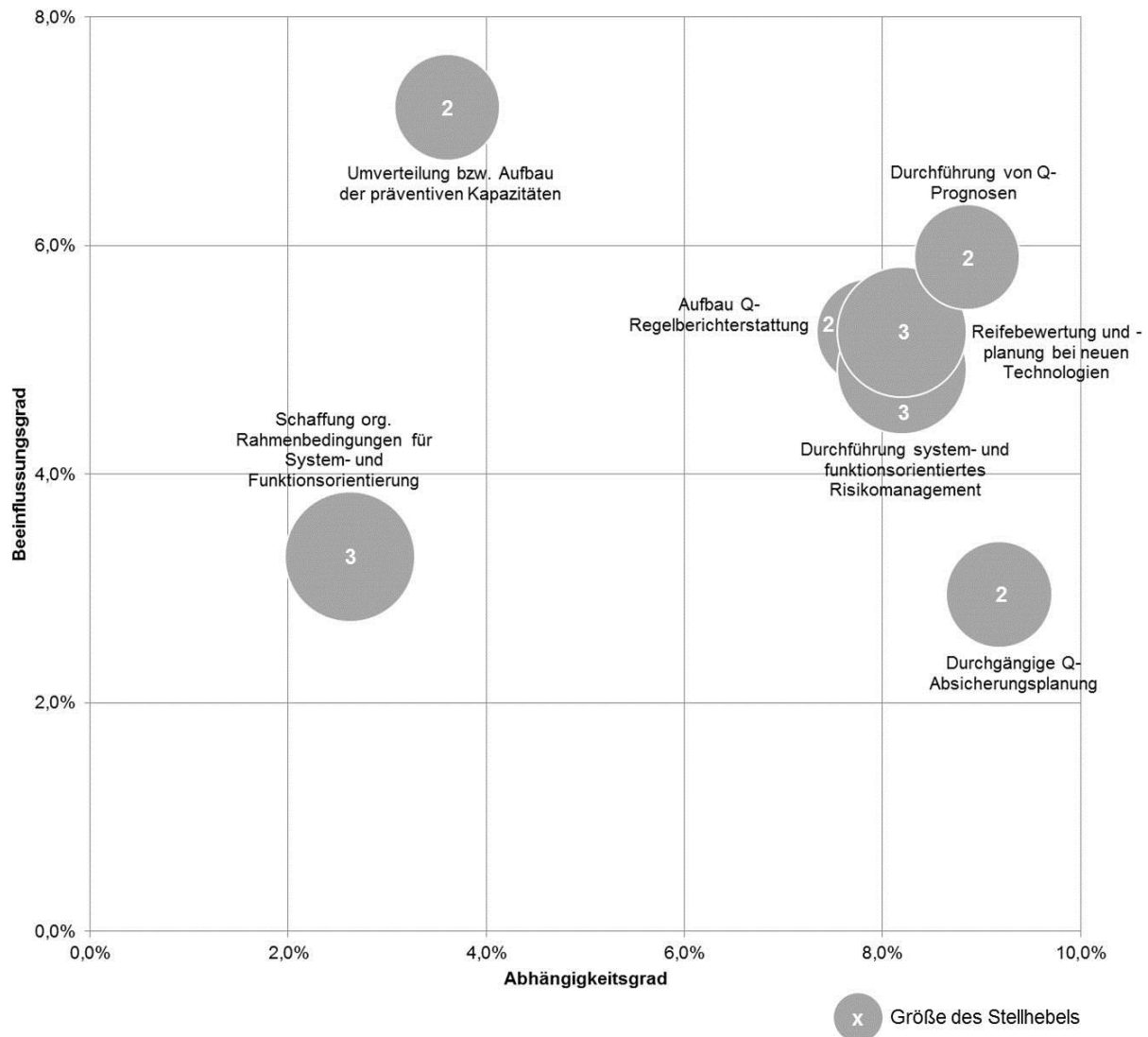


Abb. 7.5: Top-Stellhebel Teil-Element-Ebene beim Automobil OEM

Alle Stellhebel (keine Unterscheidung zwischen Stellhebel und Top-Stellhebel) der Teil-Element-Ebene wurden anschließend auf die Element-Ebene aggregiert, um einen Gesamtüberblick zu erhalten (Abb. 7.6). Nun war erkennbar, dass im Gesamtzusammenhang die „Umverteilung bzw. Aufbau präventiver Kapazitäten“ im Element 1 und die „durchgängige Q-Absicherungsplanung“ im Element 2 als Top-Stellhebel Gewicht verloren. Dies war durch die Aggregation mit den übrigen Stellhebeln, die neben den Top-Stellhebeln hinzugezogen wurden, begründet.

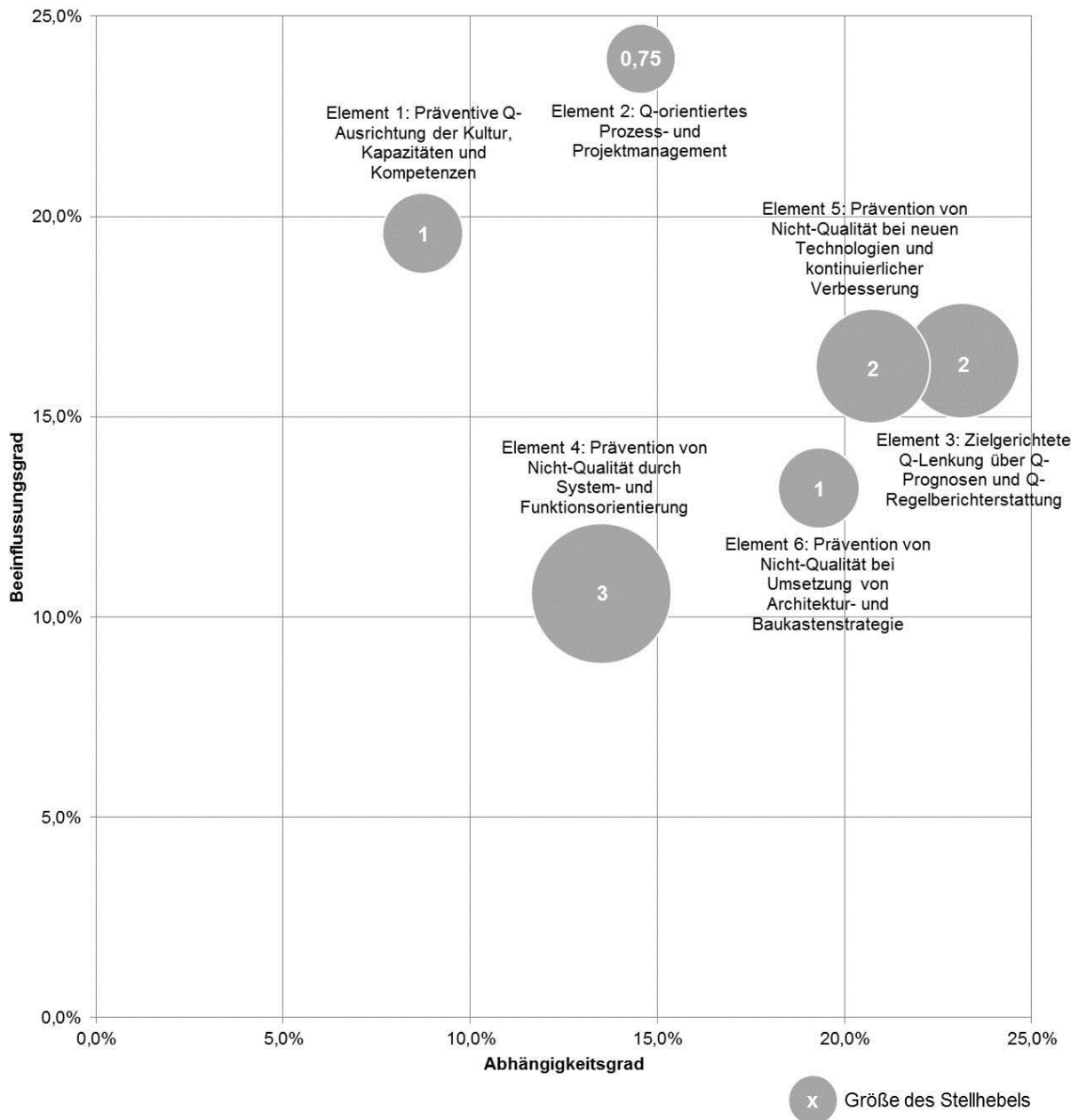


Abb. 7.6: Stellhebel Element-Ebene beim Automobil OEM

Aufgrund der im Gesamtzusammenhang abgeschwächten Gewichtung des Top-Stellhebels „Umverteilung bzw. Aufbau präventiver Kapazitäten“ und einer bereits laufenden Initiative zum Thema „Stärkung Gesamtfahrzeug-Entwicklungskapazitäten in der frühen Phase“, wurde dieser Stellhebel für die weitere Betrachtung ausgeklammert. Der Top-Stellhebel „durchgängige Q-Absicherungsplanung“ wurde trotz Abschwächung im Gesamtzusammenhang weiter betrachtet. Je Top-Stellhebel wurden durch das Team nun die Kosten (in tausend Euro: T€) für eine mögliche Umsetzung abgeschätzt (Abb. 7.7). Die abgeschätzten Kosten je Top-Stellhebel wurden dabei auf Element-Ebene aufsummiert.

Elemente	Top-Stellhebel	Abgeschätzte Kosten	Element-Ebene
Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	Durchführung von Q-Prognosen (für Anlaufqualität, Systemausfälle)	300T€	350T€
	Aufbau Q-Regelberichterstattung (für Anlaufqualität, Systemausfälle)	50T€	
Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement	500T€	600T€
	Schaffung org. Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung	100T€	
Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	Reifebewertung und -planung bei neuen Technologien	500T€	500T€
Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien	Durchgängige Q-Absicherungsplanung	200T€	200T€

Abb. 7.7: Abgeschätzte Umsetzungs-Kosten der Top-Stellhebel

4. Bewertung des Zusammenspiels der Stellhebel: hier wurde das visualisierte Modell der Prävention genutzt, um die grundsätzlichen Beeinflussungsrichtungen und Abläufe zwischen den Elementen bzw. der Stellhebel hinsichtlich einer möglichen Umsetzung zu verdeutlichen (Abb. 7.8). Dazu wurden die Höhe des Stellhebels und die abgeschätzten Kosten auf Element-Ebene abgebildet. Durch diese Darstellung war erkennbar, dass Element 4 mit dem höchsten Stellhebel separat umgesetzt werden musste, da dieses nicht durch andere beeinflusst wurde. Des Weiteren war die Verstärkung zwischen den beiden Stellhebeln bei Element 3 und 5 im Kern des Modells erkennbar. Element 6, mit dem geringsten Stellhebel im Gesamtzusammenhang, wurde über die Verstärkung und den separaten Stellhebel bei Element 4 beeinflusst.

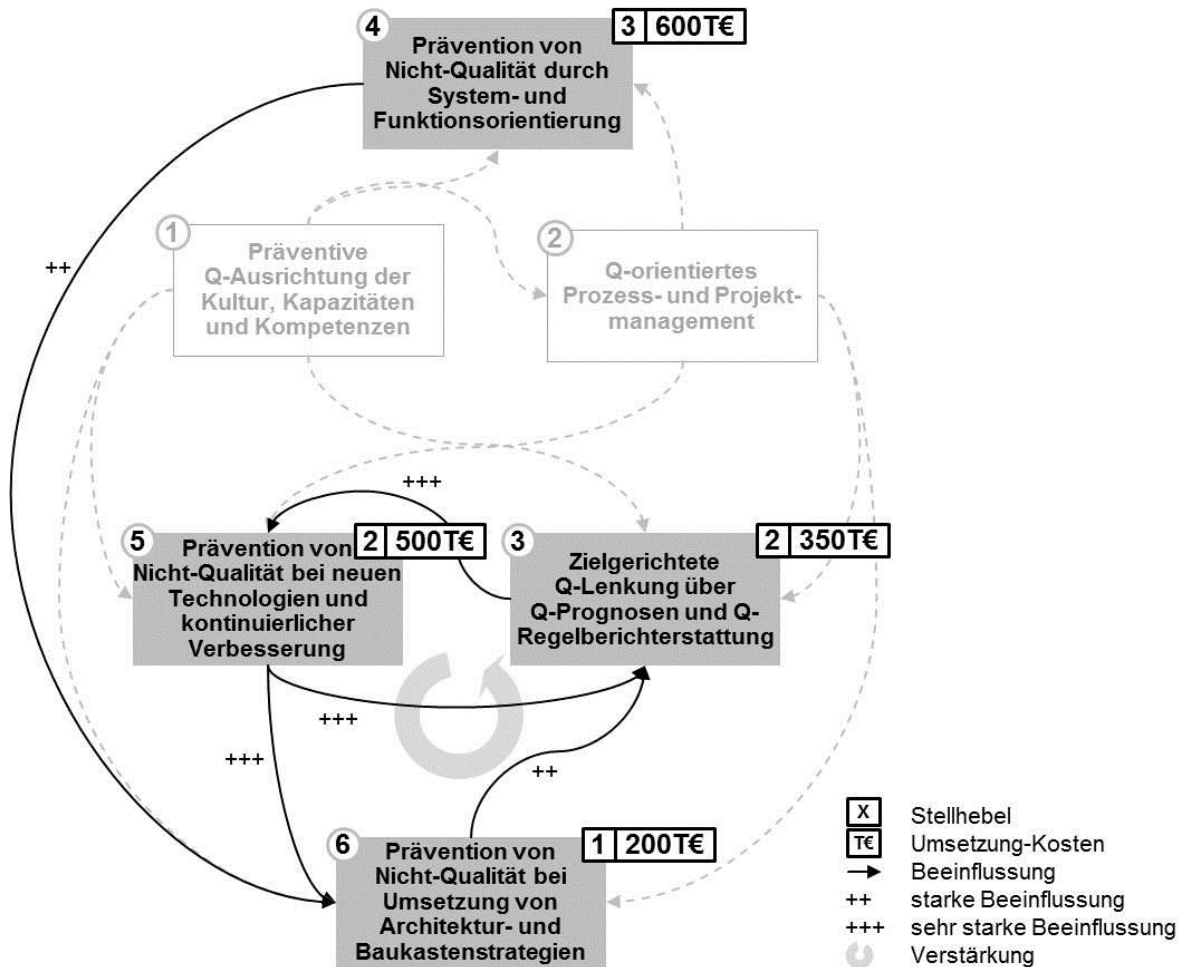


Abb. 7.8: Ausprägung und Beeinflussung Stellhebel im Modell zur Prävention von Nicht-Qualität

5. Zusammenfassung Entscheidungsbasis: dieser Schritt betraf die Zusammenfassung der Workshop-Ergebnisse, die in den vorhergehenden Schritten erarbeitet wurden. Diese Ergebnisse wurden dem Entwicklungsleiter und dem Leiter des zentralen Q-Bereichs zur Entscheidung vorgelegt. Auf Basis der vorgelegten Ergebnisse und der Empfehlung des Teams wurde die Entscheidung getroffen, folgende fünf Stellhebel umzusetzen:

- Durchführung von Q-Prognosen (für Anlaufqualität, Systemausfälle)
- Aufbau Q-Regelberichterstattung (für Anlaufqualität, Systemausfälle)
- Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement
- Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung
- Reifebewertung und -planung bei neuen Technologien

Die Umsetzung der durchgängigen Q-Absicherungsplanung wurde auf Basis der Modell-Visualisierung nicht empfohlen und nicht entschieden, da diese neben dem niedrigeren Stellhebel stark durch die übrigen Elemente und die Verstärkung im Kern des Modells gefördert und unterstützt wurde. Aus diesem Grund wurde dieser Stellhebel zurückgestellt und das Budget mit den Aufwänden für die Umsetzung nicht belastet. Somit wurden gesamthaft drei der präventiven Elemente beim Automobil OEM angegangen (Element 3, 4 und 5). Die drei Elemente inkl. der darunter liegenden Stellhebel wurden im Unternehmen als strategische und präventive Qualitätsmaßnahmen unter folgenden Benennungen zusammengefasst:

- Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement
- Implementierung Q-Prognosen für Systemausfälle und Anlaufqualität
- Einführung Reifebewertung und -planung für kritische Technologien

Die „Implementierung Q-Prognosen für Systemausfälle und Anlaufqualität“ wurde gegenüber den beiden anderen Maßnahmen zeitlich später umgesetzt, da diese Maßnahme die Ergebnisse der beiden anderen Maßnahmen aufgreifen und quantitativ als Wirkung ausweisen sollte.

7.2.2 Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement

Das Vorgehen zur Durchführung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements beim Automobil OEM orientierte sich an dem generischen Vorgehen innerhalb des Elements „Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung“ (Kapitel 5.8.3, Abb. 5.27). Das Vorgehen in sechs Schritten ist in Abb. 7.9 dargestellt.

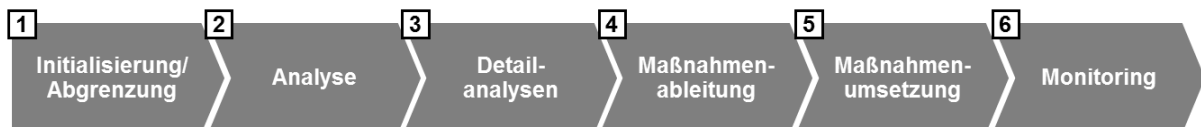


Abb. 7.9: Vorgehen zur Durchführung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements

Das Vorgehen wurde im Unternehmen Schritt für Schritt zur präventiven Reduzierung der Systemausfälle und somit Reduzierung der Nicht-Qualität durchgeführt und anschließend organisatorisch verankert.

1. Initialisierung und Abgrenzung: die Initialisierung erfolgte durch die Qualitätsstelle des Entwicklungsbereichs Gesamtfahrzeug. Dieser Entwicklungsbereich verantwortet die Architekturentwicklung, Systemauslegung, das Anforderungsmanagement sowie die Absicherung der Kundenanforderungen. Hintergrund für den Anstoß aus diesem Bereich war die System- und Funktionsrelevanz, die hohe Vernetzung dieses Themas über alle weiteren Entwicklungsbereiche und die Relevanz in Richtung der Kundenanforderungs-Erfüllung (der Systemausfall war mit einem Mobilitätsverlust gleichzusetzen). Für die grobe Eingrenzung des Betrachtungsumfangs wurden deshalb die aktuell vorhandenen Qualitätsdaten zu Systemausfällen aus einer Kundensicht analysiert. Dazu wurden die Systemausfälle hinsichtlich ihres Auftretens den wesentlichen Kunden Use Cases zugeordnet (Abb. 7.10). Das Ergebnis dieser Analyse war, dass ca. 70% der Systemausfälle dann auftraten, wenn das Fahrzeug durch den Kunden fahrbereit gemacht wurde. Nur ca. 20% der Systemausfälle resultierten aus dem laufenden Betrieb des Fahrzeuges. Ca. 10% der Fälle entfielen auf den Zugang zum Fahrzeug oder das Abstellen des Fahrzeuges.

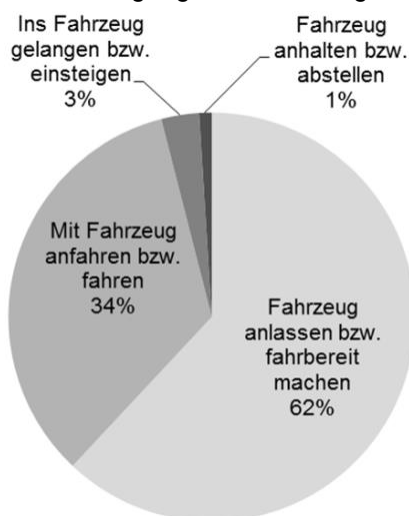


Abb. 7.10: Kunden Use Cases zu Systemausfällen

Auf Basis dieser Voranalyse und der Erkenntnis, dass der wesentliche Anteil der Systemausfälle beim Anlassen bzw. Fahrbereitmachen des Fahrzeugs auftrat, wurde Antrieb-Entwicklungsbereich für die weiteren Analysen hinzugezogen. Die weitere Analyse ergab dann, dass die Funktionen Motorstart, Einspritzung, Kraftstoffversorgung und Motorsteuerung ca. 75% Anteil am Use Case „Fahrzeug anlassen bzw. fahrbereit machen“ hatten. Die übrigen ca. 25% waren auf einzelne Funktionen verteilt, die jedoch eng mit den vier wesentlichen vernetzt waren. Die Anteile der jeweiligen Funktionen am Use Case „Fahrzeug anlassen bzw. fahrbereit machen“ sind in Abb. 7.11 dargestellt.

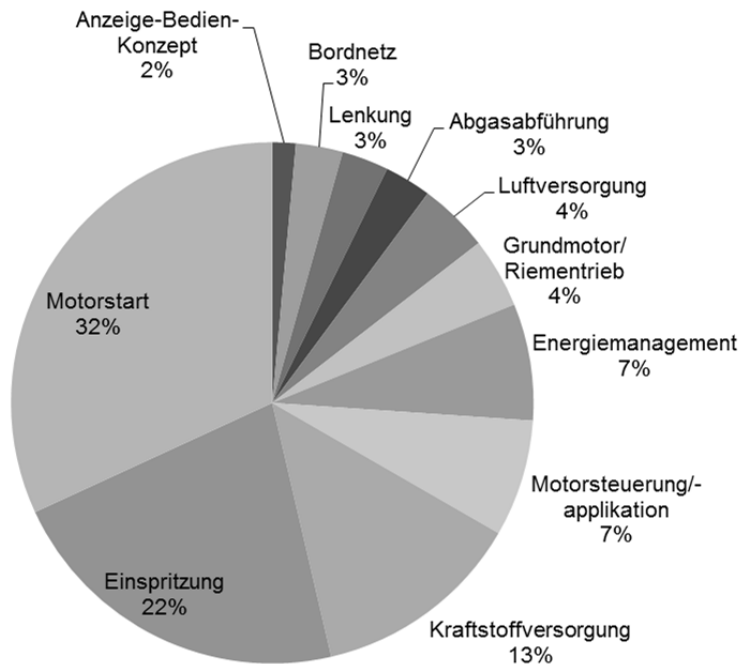


Abb. 7.11: Funktionen zu Systemausfällen beim "Fahrzeug anlassen bzw. fahrbereit machen"

Um das system- und funktionsorientierte Risikomanagement umsetzen zu können, wurde auf Basis der Verteilung ein Fachspezialist zum Thema Motorstart als Projektleiter benannt. Dieser hatte die Aufgabe, die Spezialisten und Verantwortlichen der übrigen Funktionen bei der Durchführung zu steuern bzw. zu koordinieren. Der Projektleiter sowie die weiteren Fachspezialisten zum Thema Einspritzung und Motorsteuerung entstammten dabei organisatorisch dem Antrieb-Entwicklungsbereich. Der Fachspezialist zur Kraftstoffversorgung kam aus dem Karosserie-Entwicklungsbereich (der Tank wurde als Teil der Außenhaut und somit Karosserie betrachtet, welcher lediglich nach innen gekehrt war). Neben den Beteiligten aus der Entwicklung wurden weitere Vertreter aus Produktion, Einkauf und Vertrieb benannt, die bei Bedarf als erweitertes Projektteam hinzugezogen werden konnten. Die Mentorenschaft wurde dabei durch zwei Manager aus den Entwicklungsbereichen Antrieb und Gesamtfahrzeug übernommen. Dieses Tandem hatte die Aufgabe, das Thema voranzutreiben und ggf. Eskalationen bzw. Klärungen auf Management-Ebene herbeizuführen. An diese Manager wurde zudem regelmäßig der Projektfortschritt durch das Team berichtet. Innerhalb des Kern-Projektteams wurde nun der exakte technische Betrachtungsumfang inkl. der Systemschnittstellen festgelegt (Abb. 7.12). Der Betrachtungsumfang mit Fokus auf die Funktionen Motorstart, Einspritzung, Kraftstoffversorgung und Motorsteuerung wurde dabei in den Tankumfang, den Niederdruckbereich, den Hochdruckbereich und die digitale Motorelektronik (Motorsteuerung) unterteilt. Innerhalb dieser Unterteilung wurden die beteiligten Komponenten eingeordnet und durch den Kraftstofffluss sowohl im Niederdruck- als auch Hochdruckbereich und den Informationsfluss verbunden. Die Schnittstellen zu den

Elementen Kraftstoff, die Umwelt, Temperatur und Schwingungen wurden ebenso wie Energieversorgung und Brennraum mit aufgenommen.

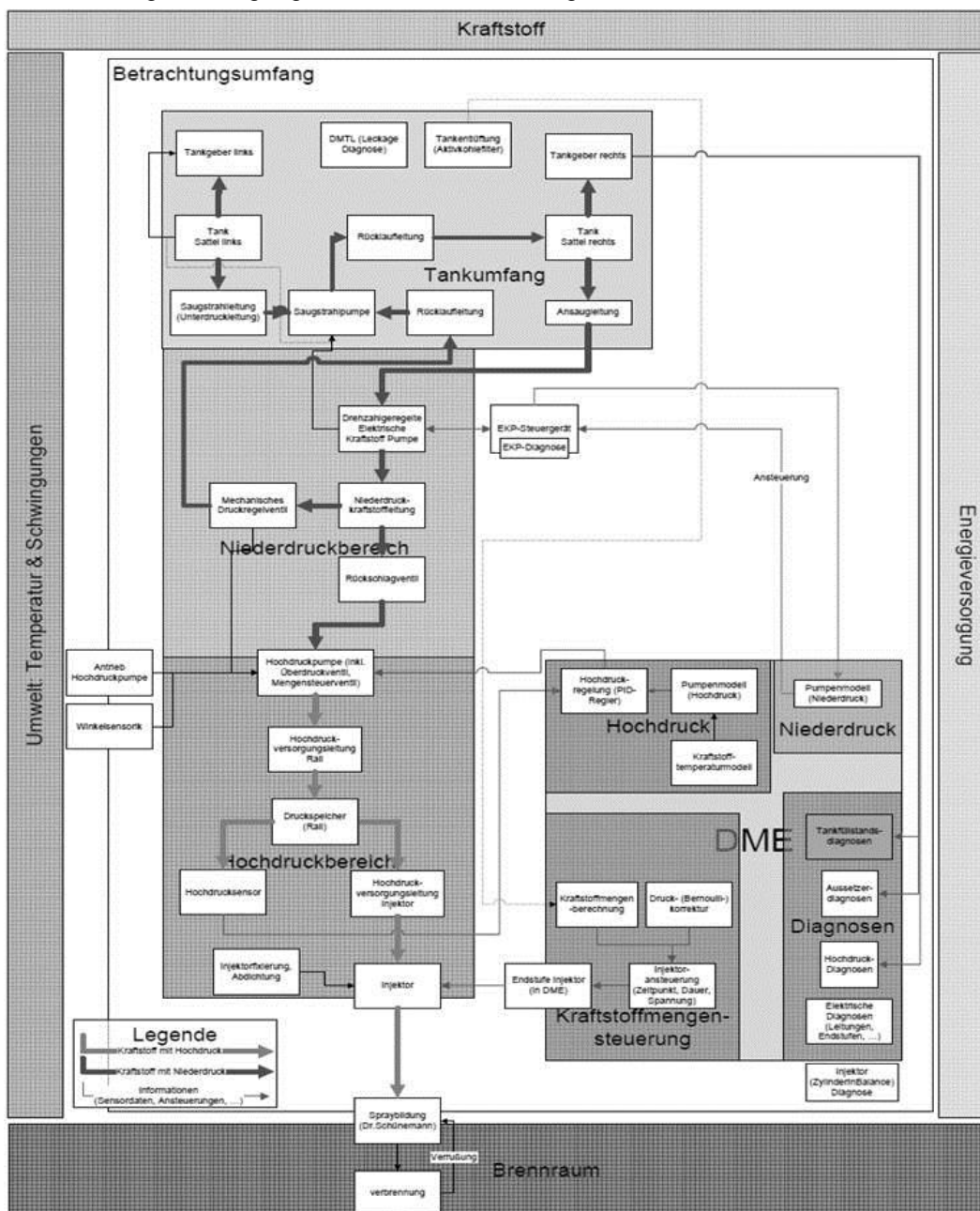


Abb. 7.12: Betrachtungsumfang system- und funktionsorientiertes Risikomanagement

Die im Unternehmen verfügbaren Qualitätsdaten zu den Systemausfällen besagten, dass innerhalb eines Jahres ca. 5,1 Systemausfälle pro 100 Fahrzeuge (Fälle/100Fzge.) zu verzeichnen waren. Diese Zahl war ein Durchschnitt über alle Fahrzeuge, die innerhalb dieses Jahres beim Kunden im Betrieb waren. Dabei wurden nur Fahrzeuge betrachtet, die innerhalb der ersten 36 Monate nach Auslieferung einen Systemausfall hatten. Bezogen auf den Betrachtungsumfang, also den Kunden Use Case Anteil in Höhe von ca. 69% und dem Anteil der Funktionen Motorstart, Einspritzung, Kraftstoffversorgung und Motorsteuerung von ca. 74% ergab sich ein Potential von ca. 2,6 Fälle/100Fzge. Da dieses Potential aufgrund von zum Teil kundenverursachten Systemausfällen nicht zu 100% gehoben werden konnte, wurde ein Ziel von 70% durch die Mentoren aus den Entwicklungsbereichen Antrieb und

4. Maßnahmenableitung: dabei wurden auf Basis der Detail-Analysen drei Stoßrichtungen verfolgt. Zum einen Hardware-Maßnahmen an den Komponenten. Zum anderen funktionale Maßnahmen, z.B. angepasste Diagnosen, Ersatzfunktionen oder optimierte funktionale Wechselwirkungen. Ergänzend konnten auch prozessuale Maßnahmen abgeleitet werden, die den Entwicklungsprozess und -abläufe betrafen. Jede abgeleitete Maßnahme wurde einem Thema bzw. einer Funktion zugewiesen. Dabei wurde eine Unterscheidung zwischen Dieselmotor- und Benzinmotor-Themen eingeführt. Diese resultierte aus der unterschiedlichen Funktionsweise und Architektur der Motoren. Jede Maßnahme wurde im Detail beschrieben, mit Umsetzungs-Verantwortlichen versehen, eine quantifizierte Wirkung der Maßnahme in Bezug auf die jeweilige Funktion durch die Experten abgeschätzt, Kosten kalkuliert und der Umsetzungstermin inkl. Status festgelegt. Die Liste der aus dem system- und funktionsorientierten Risikomanagement abgeleiteten Maßnahmen inkl. Attributen ist in Abb. 7.14 aufgeführt.

Thema	Maßnahmen	Verantw.	Reduktion Systemausfälle (relativ)	Kosten	Zieltermin	Status
Anzeige-Bedien-Konzept	Optimierung elektronischer Meldungen in der Instrumenten-Kombination	Name, Abteilung	25%	250T€	08/20xx	umgesetzt
Einspritzung (Benziner)	Diagnosen und Notläufe: Rücknahme Zylinderabschaltung nach erkanntem Aussetzer und Wechsel in leistungsreduzierten Betrieb	Name, Abteilung	12%	30T€	09/20xx	umgesetzt
	Diagnosen und Notläufe: Überarbeitung Einspritzkorrektur für Sommer- / Winterkraftstoffe bei niedrigen Kraftstoffdrücken		14%	80T€	09/20xx	umgesetzt
	Frühzeitige Ermittlung der thermischen Belastung in allen Fahrzeug- und Betriebszuständen		6%	30T€	09/20xx	umgesetzt
	Diagnosen und Notläufe: Präventive Fehlererkennung durch Optimierung Tankfüllstandsgeberdiagnose und Ersatzfunktion		8%	15T€	07/20xx	offen
	Untersuchung physikalische Kraftstoffqualitäten und Definition Worst-Case-Kraftstoff		14%	40T€	06/20xx	umgesetzt
	Diagnose: Erstellung einer OnBoard-Detektion von Nichtstartern bzw. Motorausgehern mit Ablegen eines Infospeichereintrags		10%	35T€	09/20xx	umgesetzt
Fahrzeugzugang	Spezifikation-Qualität: Erhöhung der Software Wartbarkeit, Erhöhung der Testabdeckung	Name, Abteilung	6%	200T€	12/20xx	umgesetzt
	Funktion-Qualität: Fahrzeug und Heckklappe werden entriegelt, wenn Kofferraumtaste gedrückt wird		4%	40T€	7/20xx	umgesetzt
	Technik-Qualität: Integration zweite Antenne im Innenraum als Serienausstattung		7%	20T€	12/20xx	umgesetzt
	Dokumentation-Qualität: Überarbeitung unstimmmige Funktionsbezeichnungen zwischen Kundensicht in der Betriebsanleitung		8%	10T€	06/20xx	umgesetzt
Grundmotor/ Riementrieb (Diesel)	Steuertrieb/Kette, Kettenrisse: Robustheitssteigerung der Oberflächen	Name, Abteilung	10%	30T€	02/20xx	umgesetzt
Kraftstoffversorgung (Diesel)	Hochdruckpumpe (Triebwerkschaden, Tankleerfahrt, Falschbetankung, Vorförderdruck ,Raildruck): Abklärung Konzeptthemen Digitale Deselelektronik für kritische Kraftstoffe und kraftstoffkritische Märkte	Name, Abteilung	27%	130T€	09/20xx	offen
Luftversorgung (Diesel)	Turbolader, Hochdruck Stufe Wellenbruch, Adhäsionsverschleiß der Kolbenringe: Verlagerung der Kolbenringnut und Anpassung Wellenwerkstoff	Name, Abteilung	14%	70T€	07/20xx	umgesetzt
	Signal-Geber und Sensoren: Offboard-Erweiterung Diagnosetools für dynamische Komponentenprüfung	Name, Abteilung	29%	240T€	09/20xx	offen
Motorstarten (Benziner)	Optimierung Information des Fahrers durch Meldung „Zum Motorstart: Bremse / Kupplung treten“	Name, Abteilung	14%	30T€	07/20xx	umgesetzt
	Bereitstellung Nullgangsignal an Steuergerät Front für Ersatzreaktion bei Fehler Kupplungsschalter		13%	35T€	07/20xx	umgesetzt
	Anpassung Kurztext Meldung „Fernbedienung an Lenksäule halten“		11%	15T€	11/20xx	umgesetzt
	Variabler Ventil-Steller: Verhinderung Ansteuerung Warnlampe bei vorliegendem Ventil-Fehler und definiertem Abstellen Ventil in Endlage		16%	5T€	07/20xx	umgesetzt
	Maßnahmenpaket Motorausgeher bei kleiner Momentenanforderung: Definition von Multihub-Kennfeldern für die variable Ventil-Steuerung		6%	10T€	09/20xx	umgesetzt
	Motorausgeher: Reduzierung der Saugrohrdruckabsenkung		4%	15T€	03/20xx	umgesetzt
	Motorausgeher bei reduziertem Drehzahlüberschwinger: Konsolidierung und Neubewertung Akustik, Startzeit und Starticherheit für Verbesserungspakete Motor Start Stopp		6%	40T€	07/20xx	umgesetzt
	Verbesserung Anfahrverhalten durch enge Zusammenarbeit Applikation Getriebe/Motor: Unterscheidung Einschaltaufforderer durch Fahrzeug oder Kunde bzgl. Momentenbegrenzung und Schließzeiten		26%	170T€	07/20xx	offen
Motorstarten (Diesel)	Thermische Sicherung auf der Elektronikplatine zur Filterheizungsansteuerungsunterbrechung im Fehlerfall	Name, Abteilung	29%	110T€	07/20xx	umgesetzt
	Pleuellagerausfälle: optimierter zweistufiger Finishprozess		7%	45T€	04/20xx	umgesetzt
	Auslassventil: Optimierung Qualitätsmanagement-Prozess Kaufteile mit Lieferanten		3%	20T€	05/20xx	umgesetzt
	Starter: Reduzierung Magnetschalter-Korrosion über Kontakt- und Dichtungsoptimierung		14%	90T€	09/20xx	offen
Motorsteuerung/-applikation (Diesel)	Steuergerät-Software Probleme: Anzeige-Bedien-Konzept-Überarbeitung im Rahmen „Eliminierung der Systembefundung in Richtung Bauteilbefundung“	Name, Abteilung	25%	180T€	09/20xx	offen
	Glühsteuergerät und -Kerzen: Einführung „bleifreie“ Endstufen		11%	55T€	09/20xx	offen
Ölversorgung Antrieb (Diesel)	Ölwannenpumpe: Prozessmaßnahmen Sinterzahnrad: Reinigen, Bürsten	Name, Abteilung	17%	110T€	09/20xx	umgesetzt

Abb. 7.14: Maßnahmenliste aus system- und funktionsorientiertem Risikomanagement

- Maßnahmenumsetzung: der wesentliche Anteil der abgeleiteten und bewerteten Maßnahmen wurde in den relevanten Gremien der Entwicklung entschieden und einer Maßnahmenumsetzung zugeführt. Für einen geringen Anteil der Maßnahmen mussten diese Entscheidungen noch getroffen werden. Diese offenen Maßnahmen wurden als Chancen bezeichnet. Neben der regulären Umsetzung im Fahrzeugprojekt wurden architektur- und funktionsrelevante Maßnahmen in den Komponenten-Anforderungen nachhaltig verankert und

für neue Fahrzeuggenerationen dokumentiert. Zu den eingesteuerten neuen Anforderungen wurden zudem Q-Absicherungsmaßnahmen formuliert, die wiederum im Absicherungsplan verankert wurden. Die Absicherungsdurchführung wurde aufgrund des Betrachtungsumfangs der frühen Phase der Entwicklung nicht weiter vertieft.

6. Monitoring: des Weiteren wurden der zentrale Q-Bereich und die betroffenen Modulleiter damit beauftragt, die Maßnahmen in die Q-Prognosen mit aufzunehmen. In diesem Zusammenhang wurde dann auch die in Schritt 1 formulierte Zielsetzung der Reduzierung des Potentials von ca. 2,6 Fälle/100Fzge. auf ca. 0,8 Fälle/100Fzge. berücksichtigt (dies wird in Kapitel 7.2.4 weiter behandelt).

Zur erfolgreichen Etablierung dieser Maßnahmen mussten noch entsprechende organisatorische Rahmenbedingungen geschaffen werden: das anhand des definierten Vorgehens erfolgreich eingeführte system- und funktionsorientierte Risikomanagement wurde anschließend in der Prozesslandschaft des Automobil OEM verankert. Dazu wurde festgelegt, dass für die Entwicklung jedes Teilsystems, das potentiell Systemausfälle verursachen konnte, grundsätzlich Funktions-FMEAs durchzuführen waren. Die darüber identifizierten Risiken mussten in das Risikomanagement eingesteuert werden. Die Funktions-FMEAs waren dabei zunächst im Rahmen der frühen Phase der Entwicklung über die System- bis hin zur Komponenten-Ebene durchzuführen. Mit den Ergebnissen wurden dann Prozess-FMEAs im Werk durchgeführt, um prozessuale Ursachen für Systemausfälle ausschließen zu können. Über die Ergebnisse der Funktions-FMEAs auf Komponenten-Ebene wurden darüber hinaus FMEAs beim Lieferanten angestoßen, die wiederum einzelne kritische Bauteile und Fertigungsprozesse inkl. deren Risiken fokussierten. Dieser Zusammenhang ist in Abb. 7.15 schematisch dargestellt.

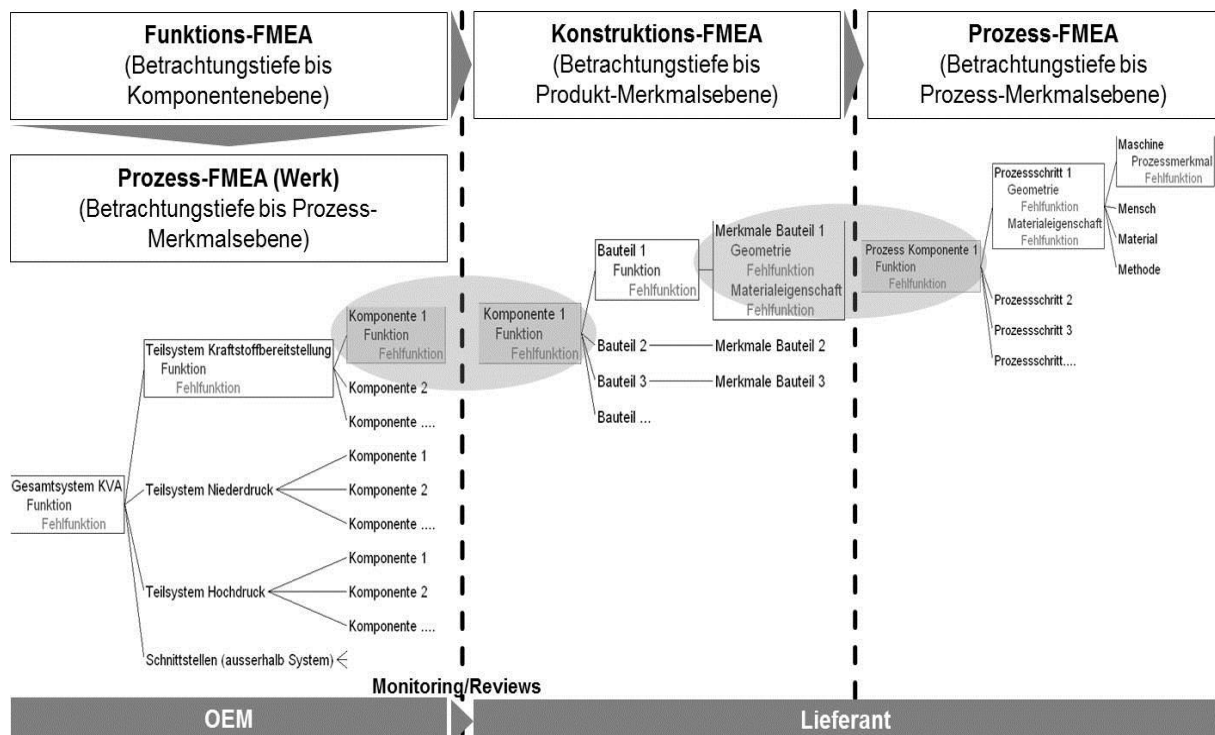
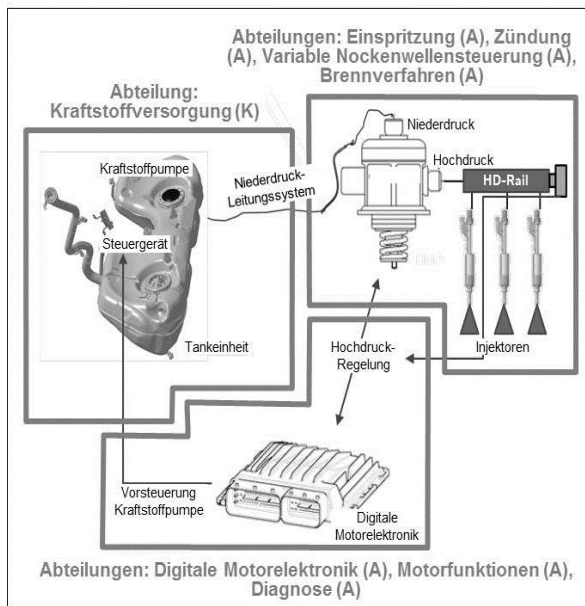


Abb. 7.15: Integration und Zusammenhang system- und funktionsorientiertes Risikomanagement

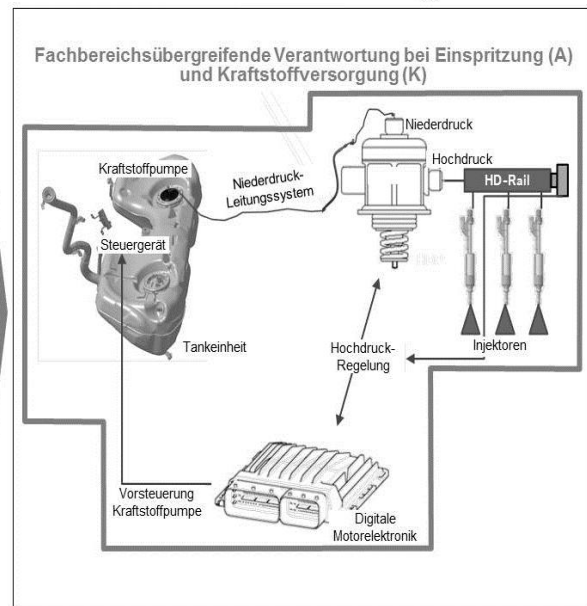
Neben dieser prozessualen Verankerung wurde die für die Vermeidung von Systemausfällen wesentliche Funktionsverantwortung fachbereichsübergreifend ausgeweitet und implementiert. Dazu wurden die im Rahmen der system- und funktionsorientierten Risikomanagements für den Use Case „Fahrzeug anlassen bzw. fahrbereit machen“ involvierten Abteilungen funktional in einer fachbereichsübergreifenden Verantwortung gebündelt (Abb. 7.16). Die betroffenen Abteilungen waren

dabei Einspritzung, Zündung, Variable Nockenwellensteuerung, Brennverfahren, Kraftstoffversorgung, Digitale Motorelektronik, Motorfunktionen und Diagnose.

Betrachtung von Modulen/Komponenten in den einzelnen Fachbereichen*



Fachbereichsübergreifende System-/Funktionsbetrachtung



*Beteiligte Entwicklungsfachbereiche: Antrieb (A), Karosserie (K)

Abb. 7.16: Bündelung der fachbereichsübergreifenden funktionalen Verantwortung

Diese funktional gebündelte Verantwortung bildete die Basis für die konsequente Umsetzung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements bezogen auf den größten relevanten Stellhebel bzw. Kunden Use Case „Fahrzeug anlassen bzw. fahrbereit machen“. So konnte die Ableitung von Maßnahmen bzw. Einsteuerung von neuen Anforderungen zur Reduzierung von Systemausfällen im Unternehmen verankert werden.

7.2.3 Einführung Reifebewertung und -planung für kritische Technologien

Auf Basis der Anwendung des Modells und der Entscheidung der Maßnahmenumsetzung (Kapitel 7.2.1) war die Einführung von Reifebewertungen und -planungen für kritische Technologien notwendig. Dazu wurde Vorgehen innerhalb des Elements „Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung“ (Kapitel 5.9.3) für die Anwendung beim Automobil OEM detailliert. Das beim Automobil OEM angewendete Vorgehen ist in Abb. 7.17 dargestellt.



Abb. 7.17: Vorgehen Einführung Reifebewertung und -planung beim Automobil OEM

Entlang des Vorgehens erfolgte dann die Einführung der Reifebewertung und -planung für kritische Technologien. Die Technologien werden aus Geheimhaltungsgründen nicht mit der unternehmensinternen Arbeitstiteln bzw. Bezeichnung benannt, da sich einige noch in der Entwicklung befinden. Im Weiteren werden lediglich Technologie-Bereiche genannt.

1. Identifikation relevanter Technologien: zunächst wurden grundsätzlich relevante Technologien durch die betroffenen Fahrzeugprojektmanager und die Vorentwicklung ausgewählt. Insgesamt wurden acht grundsätzlich relevante Technologie-Bereiche als Betrachtungsumfang festgelegt. Die entsprechenden Technologien sollten in die nächste

Fahrzeuggeneration integriert werden und waren für den Automobil OEM die strategisch wichtigsten Innovationen, um sich gegenüber dem Wettbewerb in den nächsten fünf bis acht Jahren differenzieren zu können. Die Technologien befanden sich zeitlich am Ende der Vorentwicklung kurz vor dem Beginn des Standard Fahrzeugentwicklungs-Prozesses:

- Technologie - Verbrauch/CO2
 - Technologie - Wärmemanagement
 - Technologie - Sicherheit
 - Technologie - Heiz- und Klimakomfort
 - Technologie - Leichtbau
 - Technologie - Montage
 - Technologie - Elektrifizierung
 - Technologie - Akustik/Schwingungen
2. **Initiale Reifebewertung:** diese relevanten Technologien wurden jeweils hinsichtlich ihrer technisch-inhaltlichen und zeitlichen Reife eingeordnet und bewertet. Dafür wurde der in Kapitel 5.9.3 entwickelte generischer Standard Fragenkatalog mit 22 Fragen aus 10 Themenfeldern herangezogen (Abb. 5.32). Die Bewertungen wurden dabei jeweils durch das verantwortliche Vorentwicklungsteam gemeinsam mit den Projektmanagern, für deren Fahrzeuge diese Technologien geplant waren, durchgeführt. Das dafür genutzte Format waren sogenannte Reifebewertungs-Workshops, die als Halb-Tages-Workshops angelegt waren. Für die Bewertung wurde das ebenfalls in Kapitel 5.9.3 dargestellte Reifebewertungsschema herangezogen (Abb. 5.31), welches hinsichtlich der jeweiligen Fragen bzw. technischen Aspekte sowohl die Bewertung der technisch-inhaltlichen als auch zeitlichen Reife zuließ. Aus den Bewertungen der einzelnen 22 Fragestellungen ließ sich über die Bildung des Mittelwertes die Gesamtreife der jeweiligen Technologie ermitteln. Die Maßgabe war hier, dass aufgrund der begrenzten geplanten Kapazitäten zunächst jene Technologien mit einer Reifeplanung tiefer bearbeitet wurden, deren Reife unter 75% lag. Diese wurden hinsichtlich ihrer Reife als kritische Technologien bezeichnet. Für die höher bewerteten Technologien wurden Sofort-Maßnahmen generiert, um die phasenadäquate Reife in Richtung 100% zu erhöhen. Die drei Reifebewertungen der Technologien, die unter 75% lagen, sind exemplarisch im Anhang 12.13, Anhang 12.14 und Anhang 12.15 dargestellt.
 3. **Ableitung Sofortmaßnahmen:** auf Basis der aggregierten Reifebewertungen wurde die Ableitung von Sofort-Maßnahmen bzw. Initiierung von Iterations-Schleifen in der Entwicklung notwendig, um zum Entwicklungsstart der jeweiligen Fahrzeugprojekte eine phasenadäquate Reife von 100% zu erreichen. Die Sofort-Maßnahmen betrafen dabei meistens Entwicklungsaktivitäten, die ergänzend durchgeführt oder nachgeholt werden mussten. Die hinsichtlich der Reife aufsteigend sortierten Technologien inkl. aggregierter Bewertung und zusammengefasster Sofort-Maßnahmen sind in Abb. 7.18 aufgeführt.

Betrachtete neue Technologien	Reifebewertung (aggregiert)	Sofort-Maßnahmen (Zusammenfassung)	Verantwortlich	Ziel-Termin
Technologie - Akustik/Schwingungen	61%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung; Name, Abteilung; ...	29.11.20xx
Technologie - Sicherheit	69%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung; Name, Abteilung; ...	29.11.20xx
Technologie - Leichtbau	74%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung; Name, Abteilung; ...	29.11.20xx
Technologie - Verbrauch/CO2	79%	Neubewertung gesetzlicher Anforderungen und Notwendigkeit der zeitnahen Umsetzung	Name, Abteilung; Name, Abteilung; ...	28.02.20xx
Technologie - Heiz- und Klimakomfort	86%	Neuauslegung Gesamtkonzept inkl. Funktions-Zusammenhängen und -Wechselwirkungen	Name, Abteilung; Name, Abteilung; ...	25.04.20xx
Technologie - Elektrifizierung	91%	Detail-Planung Absicherungsmaßnahmen und -aktivitäten späte Phase der Entwicklung	Name, Abteilung; Name, Abteilung; ...	30.10.20xx
Technologie - Montage	92%	Überarbeitung Montagekonzept	Name, Abteilung; Name, Abteilung; ...	20.12.20xx
Technologie - Wärmemanagement	96%	Neubewertung Umweltverträglichkeit und ggf. Ableitung zusätzlicher Maßnahmen	Name, Abteilung; Name, Abteilung; ...	27.09.20xx

Abb. 7.18: Reifebewertungen und Sofort-Maßnahmen zur Reifeerhöhung

Die gemittelte Reife über alle neuen Technologien lag dabei bei ca. 81%. Über die definierten Maßnahmen sollten also die verbleibenden 19% Nicht-Reife reduziert werden.

4. Definition Q-Gates bzw. Meilensteine: beim Automobil OEM war es nicht notwendig, für die Reifeplanung neue Q-Gates bzw. Meilensteine zu definieren. Hier konnte auf den detailliert beschriebenen und für jedes Projekt verpflichtenden Entwicklungsprozess zurückgegriffen werden. Die zeitliche Einordnung der definierten Meilensteine entlang des Entwicklungsprozesses des Automobil OEM ist in Abb. 7.19 im Überblick dargestellt.

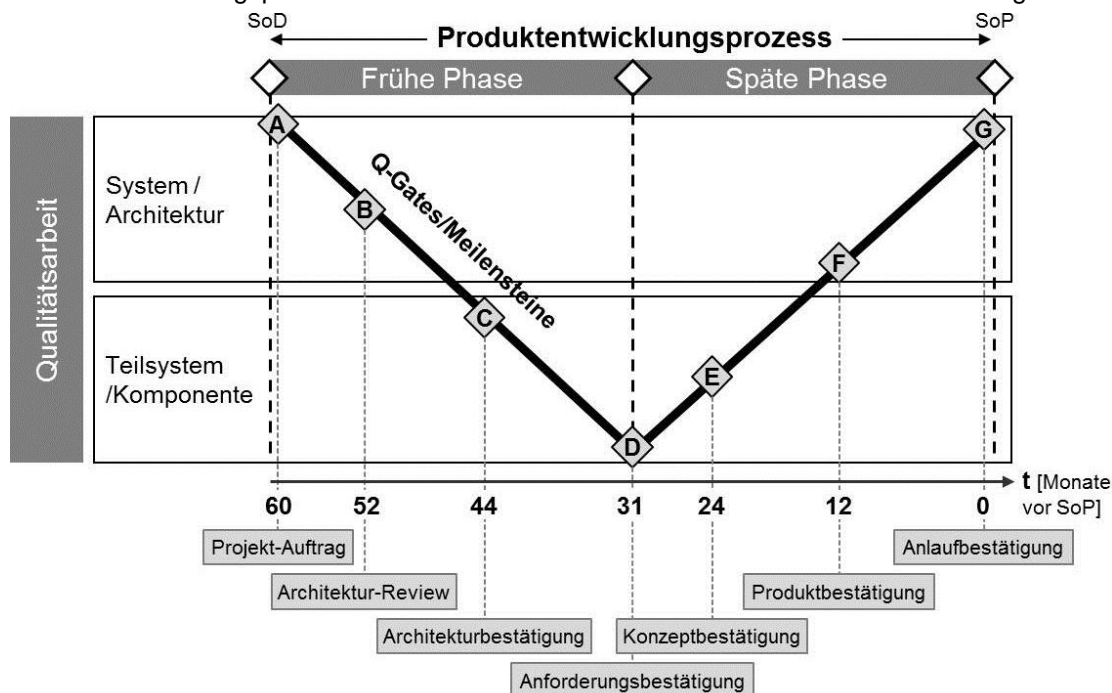


Abb. 7.19: Q-Gates/Meilensteine im Entwicklungsprozess des Automobil OEM

Die grundlegenden Ziele bzw. notwendigen Ergebnisse je Meilenstein waren im Entwicklungsprozess ebenfalls schon beschrieben und dienten im Weiteren als Grundlage für die Definition der Reifegrade. Die Ziele bzw. notwendigen Ergebnisse je Meilenstein im Entwicklungsprozess des Automobil OEM sind nachfolgend zusammengefasst aufgeführt:

- Projekt-Auftrag:
 - Projekt-Ziele sind definiert
 - Fahrzeug-Eigenschaften sind festgelegt

- Projektplanung ist abgeschlossen
 - (B) Architektur-Review:
 - Vorgesehene Produkt- und Prozessbaukästen sind bestätigt
 - Architektur kann grundsätzlich bestätigt werden
 - (C) Architekturbestätigung:
 - Detaillierung 100% Architekturumfang und Nachweis aller Architekturstandards
 - Nachweis der Produktgrundkonzept- und Produktionskonzeptreife
 - Lessons Learned sind vollständig ermittelt
 - (D) Anforderungsbestätigung:
 - Detaillierung 100% Fahrzeugvarianten
 - Ziele und Anforderungen vollständig und vereinbarungsfähig
 - Bestätigung Serienlieferanten und seriennaher Betriebsmittel
 - (E) Konzeptbestätigung:
 - Vollständige Implementierung des Funktions-Grundumfangs
 - Integrationsfähigkeit nachgewiesen
 - Produkt- und Produktionskonzept bestätigt
 - Logistikplanung abgeschlossen, Serienverpackung definiert und bestellt
 - (F) Produktbestätigung:
 - Feinjustierung (Produkt-Grundumfang vollständig vorhanden)
 - Vollständiger Integrationsnachweis
 - Nachweis der Serienprozess- und Serienwerkzeugreife bestätigt
 - Konsequenter Fehlerabbau nach Maßnahmenplan
 - Konsequentes Fehler-Monitoring ist aufgesetzt
 - (G) Anlaufbestätigung:
 - Finaler Nachweis der Serienprozess- und Serienwerkzeugreife, sowie notwendiger Mitarbeiter-Qualifikationen
 - 100% Fehlerfreiheit aller Eigenschaften und Funktionen im Fahrzeug
5. Definition Reifegrade je Meilenstein: mit Hilfe der bereits festgelegten Ziele bzw. notwendigen Ergebnissen wurde mit einem Expertenteam aus ausgewählten Projektmanagern und Modulleitern in mehreren Workshops generische Reifegrade von 0 bis 6 erarbeitet (Kapitel 5.9.3), die als Vorgaben und Messkriterien der Reife zum jeweiligen Meilenstein dienen. Die vollständige Erfüllung dieser Vorgaben zum jeweiligen Meilenstein entsprach einer phasenadäquaten Reife von 100%. Die Reifegrade wurden dabei zusätzlich mit den gängigen Standards der Lieferanten abgeglichen und mit diesen vereinbart. Somit besaßen die Reifegrade sowohl intern als auch extern an der Schnittstelle zum Lieferanten Gültigkeit. Die formulierten Kriterien deckten dabei sowohl die Produkt-, Prozess- und Projektreife ab und waren technologieunabhängig beschrieben. Die generischen Reifegrade inkl. der Reifekriterien sind in Abb. 7.20 aufgeführt.

Reifegrad	Reifekriterium
Reifegrad 0 (R0)	Keine Implementierung und keine Straßenfreigabe
	Strategische Ziele sind festgelegt und zueinander stimmig
	Wirkzusammenhänge der Technologie sind bekannt, aber nicht konzeptionell dargestellt
	Lessons Learned und Stärken bzw. Schwächen liegen vor
Reifegrad 1 (R1)	Prämissen zur Erstellung von Grobkonzepten der Produktionstechnologien liegen vor.
	Technologie ist spezifiziert, Anforderungen sind definiert und konzeptionell (virtuell und/oder Hardware) dargestellt
	Technologie ist teilweise implementiert und am Teilsystem dargestellt
	Maßnahmen zur Erreichung der Fahrzeugeigenschaften sind bekannt
	Prinzipielle produktionstechnische Machbarkeit für Konzeptthemen ist bewertet
	Straßenfreigabe mit spezieller Fahrausbildung und Prototypenzulassung
	Lastenheft ist anfragefrei
Zielableitung ist erfolgt	
Reifegrad 2 (R2)	Grobkonzepte der Produktionstechnologien liegen vor und sind bewertet.
	Technologie ist vollständig (virtuell und/oder Hardware) dargestellt, Anforderungen sind bestätigt und integrationsfähig
	Technologie ist vollständig implementiert
	Technologie ist am Teilsystem dargestellt und eingeschränkt absicherungstauglich
	Bekannte Maßnahmen zur Erreichung der Fahrzeugeigenschaften sind bewertet und zielführend
	Handlungsbedarfe aus produktionstechnischer Machbarkeit sind auf Fahrzeug-Ebene bewertet und zielführend
Reifegrad 3 (R3)	Spezifische Straßenfreigabe für Entwicklungspartner mit spezieller Fahrausbildung
	Lastenheft bereit zur Vergabe
	Technologie ist im Fahrzeug dargestellt und absicherungstauglich in definierten Betriebszuständen
	Umsetzung Maßnahmen zur Erreichung der spezifizierten Fahrzeugeigenschaften sind vereinbart
	Handlungsbedarfe aus produktionstechnischer Machbarkeit sind auf Komponenten-Ebene vereinbart
Reifegrad 4 (R4)	Bedingte Straßenfreigabe für Entwicklungspartner auch außerhalb Versuchsgelände
	Serienlieferant ist ausgewählt (Bauteile ggf. aus Serienwerkstoff)
	Technologie ist im Fahrzeug kollisionsfrei dargestellt und unter allen Umweltbedingungen absicherungsstauglich
	Bewertete Maßnahmen zur Erreichung des Produktionsstarts sind vollständig entschieden
Reifegrad 5 (R5)	Produktionstechnische Machbarkeit auf Komponenten-Ebene ist bestätigt
	Bedingte Straßenfreigabe für Fahrer mit spezieller Fahrausbildung
	Bauteile vom Serienlieferanten aus Serienwerkstoff.
	Technologie ist im Fahrzeug ohne Einschränkungen integriert und zulassungsfähig
	Produktionstechnische Machbarkeit auf Komponenten-Ebene ist mit Serienwerkzeug nachgewiesen
Reifegrad 6 (R6)	Uneingeschränkte Freigabe für den Straßenverkehr
	Bauteile aus Serienwerkzeug und Serienproduktionsprozess
	Prozessfähigkeit der Produktionssysteme bestätigt.
	Technologie ist serienreif und in allen zu betrachtenden Varianten ohne Einschränkungen dargestellt
Reifegrad 6 (R6)	Uneingeschränkte Verwendung im Straßenverkehr (Straßenzulassung)
	Stabiler Serienproduktionsprozess

Abb. 7.20: Generische Reifegrade und Reifekriterien

Diese durch das Expertenteam definierten Reifegrade inkl. Kriterien waren die Basis für die Reifeplanung der kritischen Technologien.

6. Aufsetzen Reifeplanung: die Reifeplanung besteht einerseits aus der Verteilung der Reifegrade über den Entwicklungsprozess bzw. die Zeit und andererseits der Vereinbarung Reifegrade inkl. Kriterien zwischen dem Anforderer und dem Lieferanten (intern und extern) zum jeweiligen Meilenstein. Bei der Verteilung der Reifegrade über den Entwicklungsprozess ist es grundsätzlich möglich, Reifesprünge zu planen und zu vereinbaren. Z.B. einen Reifesprung von Reifegrad 3 auf Reifegrad 5 zum Meilenstein E. Diese Verteilung und Festlegung hängt dabei sowohl von der jeweiligen Technologie, also den technischen Inhalten und initial bewerteter Reife als auch dem Entwicklungsprozess und der Anzahl der Meilensteine ab. Beim Automobil OEM waren es sieben Meilensteine und sieben Reifegrade, so dass jeder Reifegrad grundsätzlich einem Meilenstein zugeordnet werden konnte. Des Weiteren besaßen die drei kritischen Technologien zum Zeitpunkt der Reifeplanung eine ähnliche Reife größer als 60% (Abb. 7.18), so dass keine signifikanten Reifesprünge eingeplant werden mussten. Für zukünftige Technologien, deren Reife möglicherweise geringer (kleiner als 50%) bewertet werden würde, wurde die Möglichkeit einer Reifesprung-Planung vorgesehen, um zum Start der Produktion eine Reife von 100% erreichen zu können. Aus den genannten Gründen war für den Automobil OEM und die betrachteten Technologien

der geplante Reifezuwachs nahezu linear. Die grundsätzliche Planung der Reifegrade für die drei kritischen Technologien über die Zeit ist in Abb. 7.21 dargestellt.

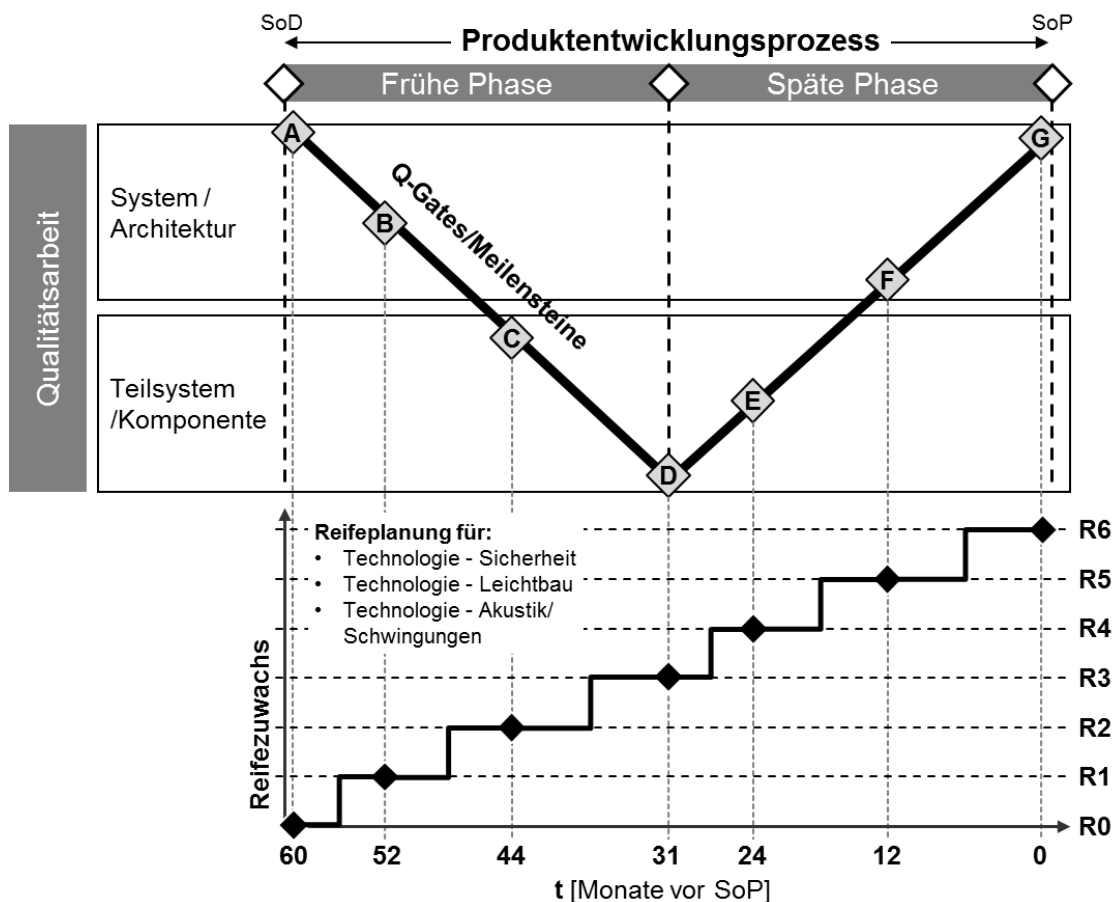


Abb. 7.21: Reifeplanung kritischer Technologien beim Automobil OEM

Um diese Planung konkret auf die kritischen Technologien herunterbrechen zu können, wurden die in Schritt 5 erarbeiteten generischen Reifegrade hinsichtlich der Technologien detailliert bzw. spezifiziert. So konnten konkrete Kriterien der Reife für die jeweilige Technologie zum jeweiligen Meilenstein festgelegt werden. Diese Kriterien wurden dabei durch den Anforderer, in diesem Fall den Projektmanager und sein Team, formuliert. Diese Kriterien wurden anschließend in sogenannten Reifevereinbarungsgesprächen mit dem für die Technologie verantwortlichen Modulleiter (oder mehreren Modulleitern) vereinbart. Das Ergebnis der Gespräche war die vereinbarte Reifeplanung für die drei kritischen Technologien inkl. der Reifegrade, Kriterien und Meilensteinen (Anhang 12.16, Anhang 12.17, Anhang 12.18). Bei der Vereinbarung der Reifeplanung konnten dabei zwischen Anforderer und Lieferant nicht alle geforderten Kriterien vereinbart werden. Diese Nicht-Vereinbarungen resultierten z.B. aus nicht ausreichend vorhandenen Informationen, unvollständigen oder unstimmgigen Detail-Planungen, nicht berücksichtigten Lieferantenabhängigkeiten, unvollständigen Konstruktionen. So konnte bei der Technologie Akustik/Schwingungen der Reifegrad 3 zum Meilenstein Anforderungsbestätigung und der Reifegrad 4 zur Konzeptbestätigung nicht vereinbart werden. Bei der Technologie Sicherheit konnte der Reifegrad 4 ebenfalls zur Konzeptbestätigung nicht vereinbart werden. Somit wurde über die Erstellung der Reifeplanung und der Durchführung von Reifevereinbarungsgesprächen Diskrepanzen zwischen den geforderten Reifekriterien und den lieferbaren Ergebnissen aufgedeckt.

7. Identifikation Risiken und Ableitung Maßnahmen: die durch die Reifeplanung und -vereinbarung aufgedeckten Diskrepanzen zwischen geforderten Reifekriterien und lieferbaren Ergebnissen wurden als Risiken zur Erreichung einer hohen Anlaufqualität behandelt. Diese früh identifizierten Risiken wären ohne Reifeplanung vermutlich erst beim jeweiligen Meilenstein oder erst kurz vor dem Produktions-Anlauf entdeckt worden. Um die Anlaufqualitäts-Risiken vermeiden zu können, wurden die Begründungen bzw. die Ursachen für die Nicht-Vereinbarung dokumentiert und analysiert. Auf Basis dieser Analyse konnten dann Maßnahmen abgeleitet und vereinbart werden. In Abb. 7.22 sind die nicht-vereinbarten Reifegrade inkl. Begründung bzw. Ursache und abgeleiteten Maßnahmen zusammengefasst dargestellt.

Technologien	Nicht-Vereinbarte Reife	Q-Gate/ Meilenstein	Anforderer	Lieferant/ Verantw.	Begründung/Ursache bei Nicht-Vereinbarung	Maßnahmen
Technologie - Akustik/ Schwingungen	R3 nicht vereinbart	(D) Anforderungs- bestätigung 31 Monate vor SoP	Name, Abteilung	Name, Abteilung	1. Zeitplanung: Serienlieferanten noch nicht vollständig nominiert 2. Stoßfänger Montierbarkeitskonzept in Prüfung, Ergebnisse möglicherweise zu spät 3. Rohbau Fertigung nicht ausgeplant 4. Abdichtung Stirnwand nicht dargestellt 5. Absorber erreicht Anforderungen nicht 6. Schaum in der Motorabdeckung und Abdichtung linke Motor-Seite nicht dargestellt	1. Neuplanung Lieferanten-Nominierung 2. Stoßfänger Maßnahmenentwicklung vorziehen und prüfen 3. Detailplanung Rohbau Fertigung 4. Neudesign Dichtung Stirnwand 5. Neuauslegung Absorber 6. Schaum im CAD frühzeitig darstellen
Technologie - Akustik/ Schwingungen	R4 nicht vereinbart	(E) Konzept- bestätigung 24 Monate vor SoP	Name, Abteilung	Name, Abteilung	1. Verspäteter Lieferantennominierung 2. Geplanter Anpressdruck Abdichtung Kantenschutz ggf. zu hoch 3. Lagerkennlinien Motorlager und Getriebelager nur teilerprobungstauglich	1. Eskalation und Herbeiführung Entscheidung Lieferanten-Nachnominierung beim Einkauf 2. Neuauslegung Anpressdruck 3. Neuauslegung und Absicherung Lagerkennlinien
Technologie - Sicherheit	R4 nicht vereinbart	(E) Konzept- bestätigung 24 Monate vor SoP	Name, Abteilung	Name, Abteilung	1. Geplantes Material Instrumententafel nicht High-Speed-Crash tauglich 2. Türverkleidung für Entwicklungsstand noch nicht beplant 3. Kein Versuchsfahrzeug mit Darstellung seriennaher Lenkung vorhanden 4. Kein Versuchsfahrzeug mit Darstellung seriennaher Vordersitze vorhanden 5. Scheinwerfer nicht als seriennaher Stand mit Innenleben geplant	1. Materialänderung Instrumententafel 2. Update Türverkleidung als Input für Simulation 3. Sicherstellung der Liefertermine virtuelle Baugruppe Lieferant 4. Sicherstellung der Liefertermine virtuelle Baugruppe Lieferant 5. Ersatzmodell mit höherer Aussagekraft konstruieren

Abb. 7.22: Nicht-vereinbarte Reifegrade, Begründungen bzw. Ursachen und Maßnahmen

Erst bei nachgewiesener Umsetzung der Maßnahmen durch die jeweiligen Lieferanten wurde der Reifegrad auf „vereinbart“ gesetzt. Des Weiteren wurde bei Erreichung jedes Meilensteins ein SOLL-IST-Vergleich zwischen der vereinbarten Reife und der tatsächlichen Reife der Technologie in der Projektplanung verankert. Über diesen SOLL-IST-Vergleich sollten Probleme identifiziert werden, die wiederum mit Maßnahmen bis zum Produktionsanlauf zu beheben waren. Die Reifebewertung und -planung diente insgesamt der Identifikation und

Eliminierung von Risiken für die Anlaufqualität. Die Wirkung der Einführung der Reifebewertungen und -planungen und der abgeleiteten (Sofort-)Maßnahmen auf die Anlaufqualität wurde anschließend im Rahmen der Q-Prognosen (Kapitel 7.2.4) berücksichtigt.

7.2.4 Implementierung Q-Prognosen für Systemausfälle und Anlaufqualität

Die Implementierung der Q-Prognosen für Systemausfälle und Anlaufqualität beim Automobil OEM stützte sich auf dem generischen Vorgehen zur Durchführung von Q-Prognosen und Aufbau Q-Regelberichterstattung ab (Kapitel 5.7.3). Das Vorgehen zur Implementierung setzt sich also aus diesen beiden Aspekten zusammen (Abb. 7.23).



Abb. 7.23: Vorgehen zur Implementierung Q-Prognosen für Systemausfälle und Anlaufqualität

Die einzelnen Schritte des Vorgehens wurden beim Automobil OEM zum einen für die Systemausfälle und zum anderen für die Anlaufqualität durchlaufen. Dabei wurden die jeweiligen Ergebnisse bzw. Maßnahmen aus der „Durchführung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements“ (Kapitel 7.2.2) und der „Einführung der Reifebewertung und -planung“ (Kapitel 7.2.3) berücksichtigt.

Q-Prognose für Systemausfälle

1. Q-Prognose vorbereiten: bei der Implementierung der Q-Prognose für Systemausfälle beim Automobil OEM ging es zunächst darum, das gesamte Produktportfolio zu betrachten. Betrachtungsumfang waren also die durchschnittlichen Systemausfälle über alle Fahrzeuge und Varianten. Die Q-Messgröße Systemausfälle wurde definiert als Zahl der Systemausfälle pro 100 Fahrzeuge (Fälle/100Fzge.), die während eines Jahres beim Kunden im Betrieb waren. Dabei wurden nur Fahrzeuge betrachtet, die innerhalb der ersten 36 Monate nach Auslieferung einen Systemausfall hatten, also maximal drei Jahre alte Fahrzeuge. Diese Q-Messgröße war stark kundenorientiert ausgerichtet, da Systemausfälle eine unmittelbar negative Kundenwahrnehmung in Form eines Verlusts der Mobilität hervorrufen. Die für den Automobil OEM resultierenden Kosten aus Reparatur und Teiletausch innerhalb des Gewährleistungs- und Kulanzzzeitraumes für Systemausfälle wurden aufgrund der geringen Fallzahl nicht in den Fokus gerückt. Für die Kostenbetrachtung innerhalb des Gewährleistungs- und Kulanzzzeitraums existierte eine separate Q-Ziel- und Messgröße. Das Q-Ziel Systemausfälle in Höhe von 3 Fälle/100Fzge. wurde beim Automobil OEM auf Basis der Analyse der eigenen Qualitätsdaten und der ADAC (Allgemeine Deutsche Automobil-Club) Pannenstatistik ermittelt. Bei der Q-Zielermittlung wurden die Wettbewerbsdaten ebenfalls analysiert, um die Vorstands-Vorgabe der Qualitätsführerschaft in der Zielformulierung der Systemausfälle berücksichtigen zu können. Die gesamte Analyse erfolgte durch den zentralen Q-Bereich des Automobil OEM. Als zeitlicher Bezugspunkt für die Q-Prognose wurde der Start der Produktion in fünf Jahren festgelegt. Die fünf Jahre bezogen sich dabei auf die Gesamtdauer des Entwicklungszyklus von 60 Monaten. Ausgehend von der damaligen IST-Situation im Produktportfolio war die Q-Prognose also auf die nächste Fahrzeuggeneration im Unternehmen ausgerichtet. Die Q-Prognose zu den Systemausfällen über das gesamte Produktportfolio diente der Top-Down Betrachtung der IST-Situation und der Identifikation der Handlungsbedarfe in Richtung einer Qualitätsführerschaft. Die Verantwortung für die Durchführung dieser ersten Top-Down Betrachtung über eine Q-Prognose zu Systemausfällen lag beim zentralen Q-Bereich. Diese hatte des Weiteren die Aufgabe, die Prognose-Systematik im Nachgang im Fahrzeug-Entwicklungsprozess zu

verankern. Somit waren die Kunden zum einen der Entwicklungsleiter und zum anderen die Projektmanager der Fahrzeugprojekte. Die jeweils betroffenen Modulleiter wurden als Fachexperten für die Identifikation und Bewertung (qualitativ und quantitativ) von technischen Maßnahmen, Chancen und Risiken hinzugezogen.

2. Q-Prognosebasis erzeugen: als Prognosebasis bzw. Startwert konnte die IST-Situation der Systemausfälle herangezogen werden. Dazu diente insbesondere die Datenbasis, die im Zuge der internen Kostenabrechnung von Gewährleistungsfällen erhoben wurde. In dieser Datenbasis wurden Systemausfälle, die die Mobilität des Kunden erheblich einschränkten, gesondert ausgewiesen. Aus dieser Datenbasis konnte die exakte Anzahl der Systemausfälle des letzten Jahres über alle Fahrzeuge ermittelt werden. Die Anzahl der Fahrzeuge im Kundenbetrieb sowie das Fahrzeugalter waren ebenfalls im Unternehmen bekannt. Aus diesen Daten konnte somit die aktuelle IST-Situation zu den Systemausfällen ermittelt werden. Diese lag bei ca. 5,1 Fälle/100Fzge. innerhalb des letzten Jahres für maximal drei Jahre alte Fahrzeuge. Nun wurde ermittelt, welche neuen technischen Umfänge bzw. neue Technologien in der nächsten Fahrzeuggeneration gegenüber der damals bestehenden Technik zum Einsatz kommen sollten. Unter Einbindung der Vorentwicklung und Betrachtung der Innovationsstrategie konnten acht wesentlich neue Technologien aus den Bereichen Verbrauch/CO₂, Wärmemanagement, Sicherheit, Heiz- und Klimakomfort, Leichtbau, Montage, Elektrifizierung und Akustik/Schwingungen (Kapitel 7.2.3) identifiziert werden. Von diesen acht neuen Technologien wurden lediglich die Technologien aus den Bereichen Verbrauch/CO₂, Wärmemanagement, Sicherheit und Elektrifizierung als potentiell relevant für Systemausfälle identifiziert. Das aus diesen Technologien resultierende Risiko für Systemausfälle aufgrund von gesteigener Komplexität und Vernetzungsgrad wurde durch die jeweiligen Vorentwicklungsteams und aus system- und funktionsorientierter Sicht einzeln abgeschätzt. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse der Reifebewertungen (Kapitel 7.2.3) berücksichtigt. Aus den quantitativen Risikoabschätzungen und der Aufsummierung ergab sich ein Risikoaufschlag von ca. 1,4 Fälle/100Fzge. wegen der neuen komplexen und vernetzten Technologien in der neuen Fahrzeuggeneration. Dieses Risiko wurde zum IST-Wert der Systemausfälle in Höhe von ca. 5,1 Fälle/100Fzge. addiert. Somit ergab sich für die Q-Prognose eine neue Prognosebasis bzw. ein neuer Startwert von 6,5 Fälle/100Fzge.
3. Maßnahmen, Chancen und Risiken identifizieren: für die Q-Prognose wurden unterschiedliche Arten von Maßnahmen, Chancen und Risiken betrachtet. So wurde bei den Maßnahmen, Chancen und Risiken zwischen system- und funktionsorientierten und konventionellen unterschieden. Als konventionell wurden alle aus der komponentenorientierten Q-Arbeit resultierenden Ergebnisse bezeichnet (Kapitel 5.8.1). Maßnahmen waren als umgesetzt und Chancen als noch nicht umgesetzt definiert. Alle aus dem system- und funktionsorientierten Risikomanagement resultierenden Maßnahmen und Chancen wurden der zuvor erarbeiteten Maßnahmenliste (Abb. 7.14) entnommen. Die erarbeiteten Maßnahmen und Chancen wurden aus den identifizierten system- und funktionsorientierten Risiken abgeleitet. Aus diesem Grund wurden die Risiken in der Prognose nicht separat aufgeführt. Alle systemausfallrelevanten konventionellen Maßnahmen, Chancen und Risiken wurden dem komponentenorientierten Risiko- und Änderungsmanagement entnommen.
4. Q-Prognose erzeugen: die quantifizierte Bewertung der Maßnahmen, Chancen und Risiken basiert sowohl aus system- und funktionsorientierter als auch komponentenorientierter Sicht auf den Erfahrungen und dem Expertenwissen der jeweiligen Verantwortlichen. Die quantifizierten Abschätzungen der relativen Reduzierung der Systemausfälle wurden im Rahmen des system- und funktionsorientierten Risikomanagements erarbeitet und in der Maßnahmenliste (Abb. 7.14) dokumentiert. Diese relative Reduzierung wurde nun auf den

Startwert in Höhe von ca. 6,5 Fälle/100Fzge. bezogen, um eine absolute Reduzierung darstellen zu können. Dazu mussten je nach Maßnahmenbezug (Diesel, Benzin, Motorunabhängig) die prozentualen Funktionsanteile und die Anteile der Diesel- und Benzinmotoren an der Prognosebasis berücksichtigt werden. Die dazu benötigte prozentuale Aufteilung der IST-Situation (ca. 5,1 Fälle/100Fzge.) hinsichtlich der Funktionen und Systemausfälle ist in Abb. 7.24 (bezogen auf alle Use Cases, Abb. 7.10) dargestellt.

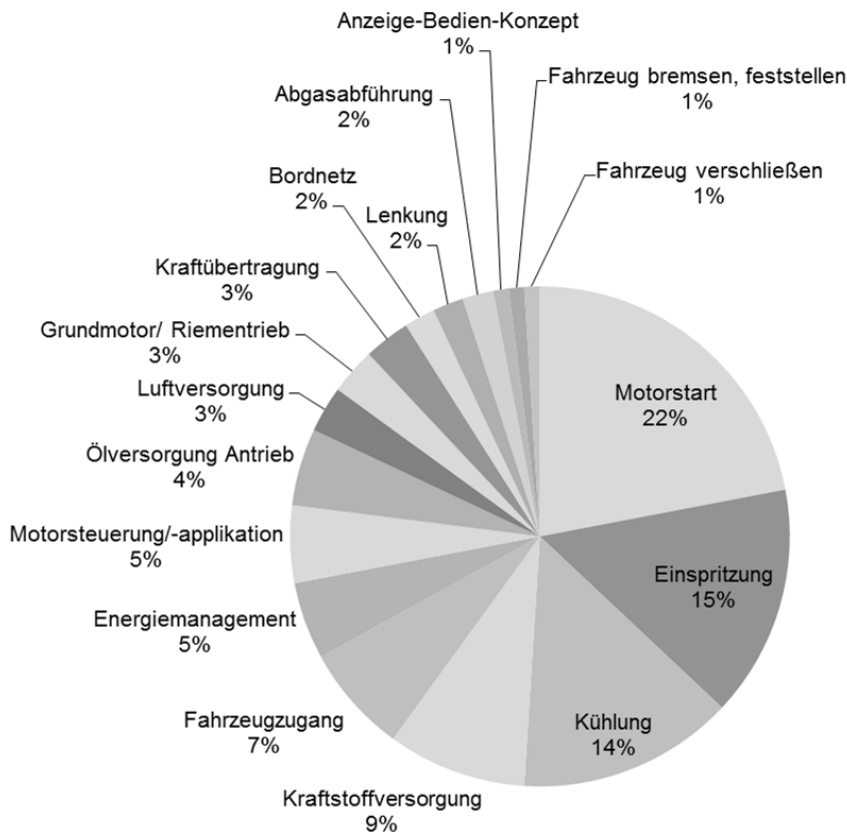


Abb. 7.24: Anteile Funktionen zu Systemausfällen

Diese Anteile der Funktionen an der IST-Situation wurden als Näherung auf die Prognosebasis bzw. den Startwert von ca. 6,5 Fälle/100Fzge. skaliert, da die realen Anteile in der Zukunft nicht bekannt waren. Die Diesel- und Benzinmotoren teilten sich im geplanten Motorenportfolio der neuen Fahrzeuggeneration bzw. zum Prognosebezugspunkt wie folgt auf:

- Dieselmotoren: ca. 40%
- Benzinmotoren: ca. 60%

Auf dieser Grundlage konnte über die Multiplikation der relativen Reduzierung der Systemausfälle mit dem jeweiligen Funktionsanteil, ggf. mit dem Motorenanteil und dem Startwert der Prognose die absolute Reduzierung der Systemausfälle berechnet werden. Diese Berechnung inkl. Ergebnis ist in Abb. 7.25 im Überblick dargestellt.

Thema	Reduzierung Systemausfälle (relativ)	Anteil Funktionen (relativ)	Anteil Benzin- oder Dieselmotoren (relativ)	Prognosebasis (absolut, Fälle/100Fzge.)	Reduzierung Systemausfälle (absolut, Fälle/100Fzge.)	Status
Anzeige-Bedien-Konzept	25%	1%	-	6,50	0,02	umgesetzt
Einspritzung (Benziner)	12%	15%	60%	6,50	0,07	umgesetzt
	14%				0,08	umgesetzt
	6%				0,04	umgesetzt
	8%				0,05	offen
	14%				0,08	umgesetzt
	10%				0,06	umgesetzt
Fahrzeugzugang	6%	7%	-	6,50	0,03	umgesetzt
	4%				0,02	umgesetzt
	7%				0,03	umgesetzt
	8%				0,04	umgesetzt
Grundmotor/Riementrieb (Diesel)	10%	3%	40%	6,50	0,01	umgesetzt
Kraftstoffversorgung (Diesel)	27%	9%	40%	6,50	0,06	offen
Luftversorgung (Diesel)	14%	3%	40%	6,50	0,01	umgesetzt
	29%				0,02	offen
Motorstarten (Benziner)	14%	22%	60%	6,50	0,12	umgesetzt
	13%				0,11	umgesetzt
	11%				0,09	umgesetzt
	16%				0,14	umgesetzt
	6%				0,05	umgesetzt
	4%				0,03	umgesetzt
	6%				0,05	umgesetzt
	26%				0,22	offen
Motorstarten (Diesel)	29%	22%	40%	6,50	0,17	umgesetzt
	7%				0,04	umgesetzt
	3%				0,02	umgesetzt
	14%				0,08	offen
Motorsteuerung/-applikation (Diesel)	25%	5%	40%	6,50	0,03	offen
	11%				0,01	offen
Ölversorgung Antrieb (Diesel)	17%	5%	40%	6,50	0,02	umgesetzt

Abb. 7.25: Berechnung absolute Reduzierung Systemausfälle je Maßnahme bzw. Chance

Auf die Berechnung der absoluten Reduzierung der konventionellen Maßnahmen wird hier nicht näher eingegangen, da der Fokus auf der Darstellung der Wirkung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements liegt. Auf Basis des Startwerts in Höhe von ca. 6,5 Fälle/100Fzge., den absolut quantifizierten Maßnahmen und Chancen ließ sich die Q-Prognose der Systemausfälle für den Automobil OEM darstellen. Diese ist inkl. des Q-Ziels in Höhe von 3,0 Fälle/100Fzge. in Abb. 7.26 aufgeführt.

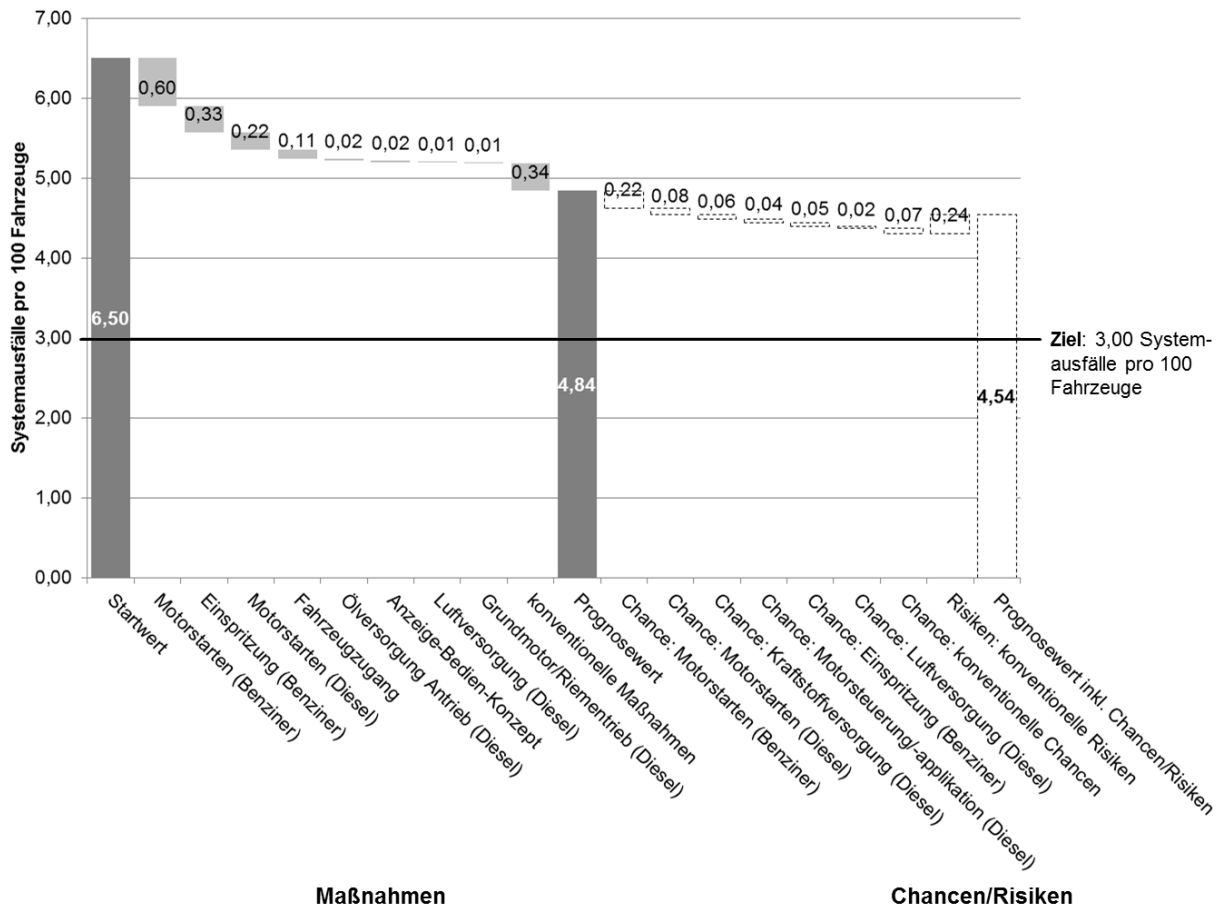


Abb. 7.26: Q-Prognose Systemausfälle beim Automobil OEM

- Handlungsbedarfe ableiten: aus der dargestellten Q-Prognose der Systemausfälle und der Ziellücke von ca. 1,84 Fälle/100Fzge. ließen sich Handlungsbedarfe sowohl hinsichtlich der Zielerreichung auf Unternehmens-Ebene als auch hinsichtlich der Zielsetzung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements ableiten. Für das system- und funktionsorientierte Risikomanagement wurde das Ziel einer Reduzierung um ca. 1,8 Fälle/100Fzge. formuliert (Kapitel 7.2.2, Schritt 1). Dieses Ziel war jedoch auf die IST-Situation von 5,1 Fälle/100Fzge. bezogen. Skaliert auf die Prognosebasis von 6,5 Fälle/100Fzge. (inkl. des Risikoaufschlags von 1,4 Fälle/100Fzge.) entsprach dies einer Ziel-Reduzierung von ca. 2,3 Fälle/100Fzge. Die mit den system- und funktionsorientierten Maßnahmen erreichte Reduzierung lag jedoch nur bei ca. 1,32 Fälle/100Fzge. Die system- und funktionsorientierten Chancen hatte ein weiteres Reduzierungspotential von ca. 0,47 Fälle/100Fzge. Aus diesem Prognoseergebnis resultierten zwei Handlungsbedarfe für das system- und funktionsorientierte Risikomanagement. Einerseits die Umsetzung der noch offenen Chancen, andererseits die detaillierte Betrachtung der weiteren Funktionen über die Funktionen Motorstart, Einspritzung, Kraftstoffversorgung und Motorsteuerung hinaus (Abb. 7.11). Mit dieser erweiterten Betrachtung ergab sich die Möglichkeit, weitere Risiken identifizieren und Maßnahmen ableiten zu können. Hinsichtlich der Zielerreichung auf Unternehmens-Ebene waren die abgeleiteten Handlungsbedarfe zum einen die Umsetzung der noch offenen Chancen und die Vermeidung der konventionellen Risiken in der Ziellücke von ca. 1,84 Fälle/100Fzge. Zum anderen wurde deutlich, dass die system- und funktionsorientierte Betrachtung des Use Cases „Fahrzeug anlassen bzw. fahrbereit machen“ allein nicht ausreichte. Das system- und funktionsorientierte Risikomanagement musste hier auf die

übrigen Use Cases (Abb. 7.10) ausgeweitet werden, um zusätzliche Maßnahmen erarbeiten zu können. Um die Zielerreichung sicherstellen und stabilisieren zu können, resultierte zusätzlich die Notwendigkeit, die komponentenorientierte PQA zu intensivieren.

6. Regelberichterstattung in Q-Gates: das angewendete Vorgehen und die Systematik zur Erstellung der ersten Top-Down Q-Prognose zu Systemausfällen wurde als Standard Q-Prozess im Unternehmen verankert. Dazu wurde das Vorgehen zur Erstellung der Q-Prognose dokumentiert und für alle Projektmanager und Moduleiter zugänglich gemacht. Des Weiteren wurde das Ergebnis der Q-Prognose als notwendiges Ergebnis bzw. Kriterium in den Entwicklungs-Meilensteinen verankert. Es wurde definiert, dass die erste Q-Prognose zu den Systemausfällen in jedem Entwicklungsprojekt 52 Monate vor Produktionsstart zum Meilenstein Architektur-Review als Ergebnis vorliegen musste. Die Erstellung dieser ersten Q-Prognose startet mit dem Meilenstein Projekt-Auftrag 60 Monate vor Produktionsstart. Für alle darauf folgenden Meilensteine sollte die jeweils vorliegende Q-Prognose der Systemausfälle dann kontinuierlich aktualisiert und in die Q-Regelberichterstattung zum jeweiligen Meilenstein integriert werden. Diese Einordnung bzw. Abfolge ist in Abb. 7.27 dargestellt.

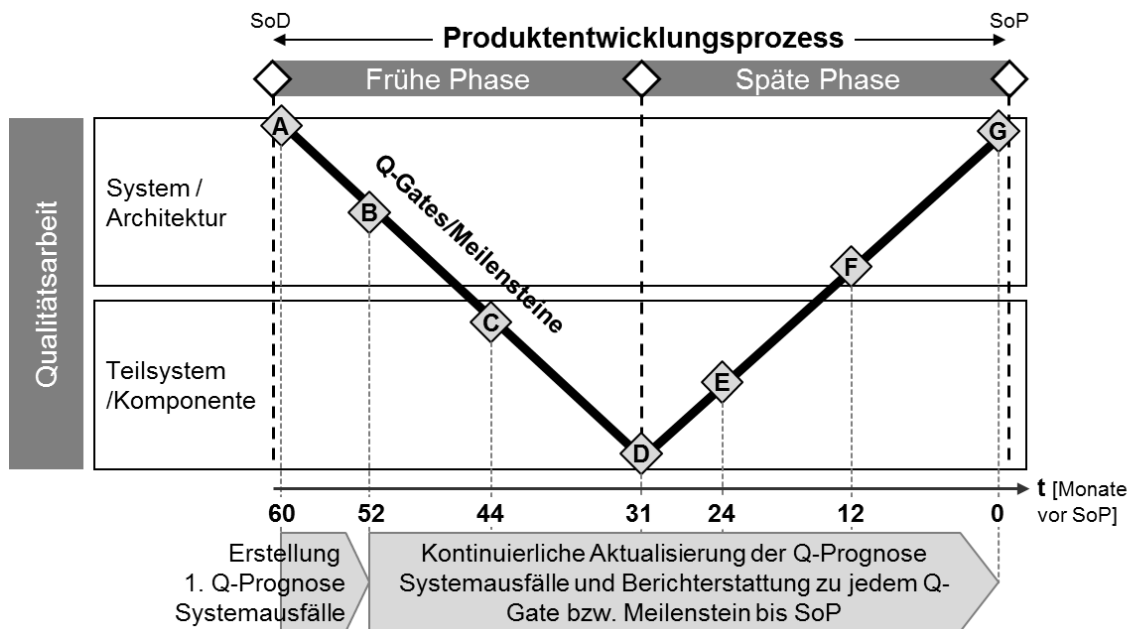


Abb. 7.27: Regelberichterstattung Q-Prognose Systemausfälle beim Automobil OEM

Über diese Q-Regelberichterstattung in Q-Gates wurde die kontinuierliche und konsequente Q-Lenkung inkl. der Ableitung von Handlungsbedarfen und Maßnahmen ab der frühen Phase der Entwicklung sichergestellt.

7. Regelberichterstattung auf Management-Ebene: darüber hinaus wurde ein Standardbericht generiert, in welchem monatlich die Q-Prognosen zu den Systemausfällen aller Fahrzeugprojekte aufgeführt und dem Vorstand berichtet wurden. Dazu wurden je Fahrzeugprojekt die zum jeweiligen Meilenstein letztgültigen Q-Prognosen herangezogen. Zusätzlich wurden über die geplanten Anteile der Fahrzeuge im Gesamt-Produktportfolio die Q-Prognosen der Fahrzeugprojekte zu einer Unternehmens-Q-Prognose aggregiert. Diese monatliche Berichterstattung der Systemausfälle auf Unternehmens-Ebene stellte die Aufmerksamkeit des Top-Managements sicher und stärkte das system- und funktionsorientierte Risikomanagement als Stellhebel zur Q-Zielerreichung auf der operativen Ebene.

Q-Prognose für Anlaufqualität

1. Q-Prognose vorbereiten: der Betrachtungsumfang dieser Q-Prognose war, ähnlich wie bei den Systemausfällen, die nächste Fahrzeuggeneration. Produktseitig wurde also das gesamte Fahrzeugportfolio sowohl als Referenz als auch als Prognoseumfang betrachtet. Als Q-Messgröße wurde die Anlaufqualität herangezogen. Als Anlaufqualität wurden die in den ersten sechs Monaten nach Produktionsstart auftretenden Fehler beim Kunden bezeichnet, es wurden also die Fehler der maximal sechs Monate alten Fahrzeuge ausgewertet. Für diese Fehler muss der Automobilhersteller im Rahmen der Gewährleistung kostenseitig aufkommen. Die Fehler wurden in der Einheit Gewährleistungsfälle pro Fahrzeug (Fälle/1Fzg.) geführt. Innerhalb dieser Messgröße waren Systemausfälle enthalten, da diese ebenfalls Gewährleistungsfälle darstellten. Systemausfälle waren also eine Untermenge der Gewährleistungsfälle. Da der Anteil der Systemausfälle an den Gewährleistungsfällen jedoch kleiner als 5% war, wurden die Maßnahmen des system- und funktionsorientierten Risikomanagements aufgrund der resultierenden sehr geringen Wirkung nicht betrachtet. Die Anlaufqualität auf Basis der Gewährleistungsfälle war im Gegensatz zu den Systemausfällen eine stark kostenorientierte Q-Zielgröße. Die aus den Gewährleistungsfällen resultierenden Kosten waren direkt im Unternehmensergebnis spürbar und wurden aus diesem Grund mit einer entsprechenden Aufmerksamkeit durch das Top-Management verfolgt. Ein weiterer Indikator für die Anlaufqualität, die Nacharbeit in der Produktion während des Anlaufes, wurde ausgeklammert. Diese war keine Q-Messgröße der Entwicklung, sondern der Produktion. Die in der Entwicklung erarbeiteten Maßnahmen wurden jedoch durch die Verantwortlichen der Produktion hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Produktionsanlauf bewertet. Der festgelegte Zielprognosetermin für die Anlaufqualität war ähnlich wie bei den Systemausfällen auf den Produktionsstart der neuen Fahrzeuggeneration bezogen. Somit lag dieser aufgrund des Produktentwicklungszyklus von 60 Monaten genau fünf Jahre in der Zukunft. Die Durchführung und die Implementierung der Q-Prognose zur Anlaufqualität lagen in der Verantwortung des zentralen Q-Bereichs. Kunden waren vor allem die Fahrzeugprojektmanager, deren Leistungen in der Entwicklung an der Anlaufqualität gemessen wurden. Die Moduleiter bzw. die Verantwortlichen für die Technologien der Vorentwicklung wurden als Fachexperten zur Prognoseerstellung hinzugezogen.
2. Q-Prognosebasis erzeugen: aus den Analysen der Qualitätsdaten des Unternehmens war bekannt, dass neue Anläufe im Durchschnitt Gewährleistungsfälle von ca. 1,0 Fälle/1Fzg. in den ersten sechs Monaten aufwiesen. Diese 1,0 Fälle/1Fzg. wurden also als Referenz für die Prognoseerstellung herangezogen. Aus der Vorentwicklung wurden acht neue Technologien für die neue Fahrzeuggeneration identifiziert, die auch in den Reifebewertungen und -planungen (Kapitel 7.2.3) betrachtet wurden. Auf Basis der über die Reifebewertungen ermittelten und aggregierten Gesamt-Reife von 81% wurde ein Risiko hinsichtlich der Anlaufqualität auf den Referenzwert aufgeschlagen. Dieses Risiko in Höhe von 19%, als Delta zwischen der bewerteten Gesamtreife und der Zielreife von 100%, wurde als Risiko aus der Nicht-Reife der neuen Technologien bezeichnet. Der sich aus diesem Aufschlag ergebende Startwert bzw. die Prognosebasis lag somit bei ca. 1,2 Fälle/1Fzg. Das durch den zentralen Q-Bereich ermittelte und durch den Vorstand des Automobil OEM vorgegebene Ziel lag bei 0,7 Fälle/1Fzg. für jedes neu anlaufende Fahrzeug der neuen Generation. Dieses Ziel wurde auf Basis der internen Qualitätsdaten der Vergangenheit ermittelt und stellte gegenüber der aktuellen Fahrzeuggeneration eine Verbesserung von 30% dar. Mit Lenkung in Richtung dieses Q-Ziels und der Erreichung sollten erhebliche Kostenpotentiale aus Nicht-Qualität über das gesamte Produktportfolio gehoben werden.

3. Maßnahmen, Chancen und Risiken identifizieren: da der Fokus auf der Wirksamkeitsbetrachtung der Reifebewertung und -planung lag, wird im Folgenden der Fokus auf die in diesem Rahmen erarbeiteten Maßnahmen gelenkt. Die Maßnahmen, Chancen und Risiken, die über die reguläre Q-Arbeit und in Bezug auf die Anlaufqualität erarbeitet wurden, werden als konventionell bezeichnet. Konventionelle Maßnahmen resultierten dabei vor Allem aus dem Lessons Learned Prozess, eingeflossenen Änderungen und bereits gelösten Problemen der aktuellen Fahrzeuggeneration, deren Wirkung jedoch in der IST-Situation und somit der festgelegten Prognosebasis noch nicht enthalten war. Die Maßnahmen und Chancen aus der Reifebewertung und -planung wurden für die weitere Bearbeitung über die einzelnen Technologien zusammengefasst. Für die Erstellung der Q-Prognose der Anlaufqualität hatten diese Maßnahmen jedoch einen reinen Chancen-Charakter, da diese erst in den nachfolgenden Entwicklungsphasen umgesetzt werden mussten, um die Reife zu erhöhen.
4. Q-Prognose erzeugen: im Nachgang an die Reifebewertung und -planung (Kapitel 7.2.3) wurden zu den erarbeiteten Chancen relative Reduzierungspotentiale hinsichtlich der Gewährleistungsfälle je Technologie abgeschätzt. Diese Abschätzungen beruhten auf dem Expertenwissen sowohl der Vorentwicklungsteams als auch der jeweiligen Modulleiter und bildeten die Basis für die Berechnung der absoluten Reduzierung der Gewährleistungsfälle. Da sich die jeweiligen Chancen und relativen Reduzierungen auf einzelne Technologien bezogen, mussten für die weitere Berechnung deren Anteile an der IST-Situation der Gewährleistungsfälle ermittelt werden. Dazu wurden die aktuellen Gewährleistungsfälle über technologische Ähnlichkeitsbetrachtungen oder hinsichtlich ihrer Ursachen den acht neuen Technologien zugeordnet. Die Fälle, die nicht zugeordnet werden konnten, wurden der Kategorie „weitere Technologien“ zugewiesen. Aus dieser Zuordnung ergab sich die in Abb. 7.28 dargestellte hergeleitete Verteilung der Technologien innerhalb der IST-Situation der Anlaufqualität.

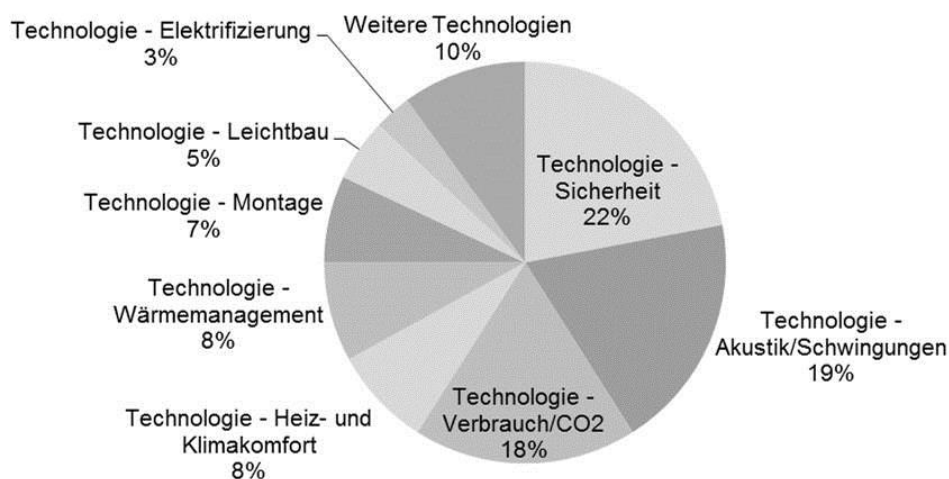


Abb. 7.28: Anteile Technologien zu Gewährleistungsfällen

Diese Anteile an der IST-Situation wurden auf die Prognosebasis der neuen Fahrzeuggeneration in Höhe von ca. 1,2 Fälle/1Fzg. skaliert, um eine Näherung für die weitere Berechnung zugrunde legen zu können. Da sich die Chancen aus der Reifebewertung und -planung nur auf die neuen Technologien bezogen, musste die Verteilung zwischen diesen neuen Technologien und der bestehenden Technik in der Produksubstanz der neuen Fahrzeuggeneration berücksichtigt werden. Die Verteilung zwischen neuer Technologie und

bestehender Technik war hinsichtlich des Ziels der Innovationsführerschaft strategisch wie folgt festgelegt:

- Neue Technologien: ca. 30%
- Bestehende Technik: ca. 70%

Auf Basis dieser Daten konnte die absolute Reduzierung der Gewährleistungsfälle berechnet werden. Dazu wurde die relative abgeschätzte Reduzierung je Technologie mit dem Anteil der neuen Technologien in der neuen Fahrzeuggeneration, mit dem skalierten Anteil der Technologie an der Prognosebasis und der Höhe der Prognosebasis multipliziert. Das Ergebnis war die absolute Reduzierung der Gewährleistungsfälle in der Einheit Fälle/1Fzg. Der Status jeder Maßnahme war noch offen, so dass diese als Chancen ausgewiesen wurden. Die Grundlagen der Berechnung und das Ergebnis der absoluten Reduzierung je Technologie ist in Abb. 7.29 im Überblick dargestellt.

Technologie	Maßnahmen	Reduzierung Gewährleistungsfälle (relativ)	Anteil neuer Technologien im Fzg. (relativ)	Anteil Technologien (relativ)	Prognosebasis (absolut, Fälle/1Fzg.)	Reduzierung Gewährleistungsfälle (absolut, Fälle/1Fzg.)	Status
Technologie - Akustik/Schwingungen	Einhaltung vereinbarte Reifeplanung	60%	30%	19%	1,2	0,041	offen
	Neuplanung Lieferanten-Nominierung						offen
	Stoßfänger Maßnahmenentwicklung vorziehen und prüfen						offen
	Detailplanung Rohbau Fertigung						offen
	Neudesign Dichtung Stirnwand						offen
	Neuauslegung Absorber						offen
	Schaum im CAD frühzeitig darstellen						offen
	Eskalation und Herbeiführung Entscheidung Lieferanten-Nachnominierung beim Einkauf						offen
	Neuauslegung Anpressdruck						offen
	Neuauslegung und Absicherung Lagerkennlinien						offen
Technologie - Sicherheit	Einhaltung vereinbarte Reifeplanung	50%	30%	22%	1,2	0,040	offen
	Materialänderung Instrumententafel						offen
	Update Türverkleidung als Input für Simulation						offen
	Sicherstellung der Liefertermine virtuelle Baugruppe Lieferant						offen
	Sicherstellung der Liefertermine virtuelle Baugruppe Lieferant						offen
Technologie - Leichtbau	Einhaltung vereinbarte Reifeplanung	20%	30%	5%	1,2	0,004	offen
Technologie - Verbrauch/CO2	Neubewertung gesetzlicher Anforderungen und Notwendigkeit der zeitnahen Umsetzung	30%	30%	18%	1,2	0,019	offen
Technologie - Heiz- und Klimakomfort	Neuauslegung Gesamtkonzept inkl. Funktions-Zusammenhängen und -Wechselwirkungen	65%	30%	8%	1,2	0,019	offen
Technologie - Elektrifizierung	Detail-Planung Absicherungsmaßnahmen und -aktivitäten späte Phase der Entwicklung	15%	30%	3%	1,2	0,002	offen
Technologie - Montage	Überarbeitung Montagekonzept	15%	30%	7%	1,2	0,004	offen
Technologie - Wärme-management	Neubewertung Umweltverträglichkeit und ggf. Ableitung zusätzlicher Maßnahmen	15%	30%	8%	1,2	0,004	offen

Abb. 7.29: Berechnung absolute Reduzierung Gewährleistungsfälle je Technologie

Mit dem Startwert bzw. der Prognosebasis in Höhe von 1,2 Fälle/1Fzg. und den quantifizierten Chancen aus Reifebewertung und -planung sowie den konventionellen Maßnahmen, Chancen und Risiken konnte die Q-Prognose zur Anlaufqualität abgebildet werden. Diese Q-Prognose

ist inkl. des durch den Vorstand ausgegebenen Q-Ziels von 0,7 Fälle/1Fzg. in Abb. 7.30 aufgeführt.

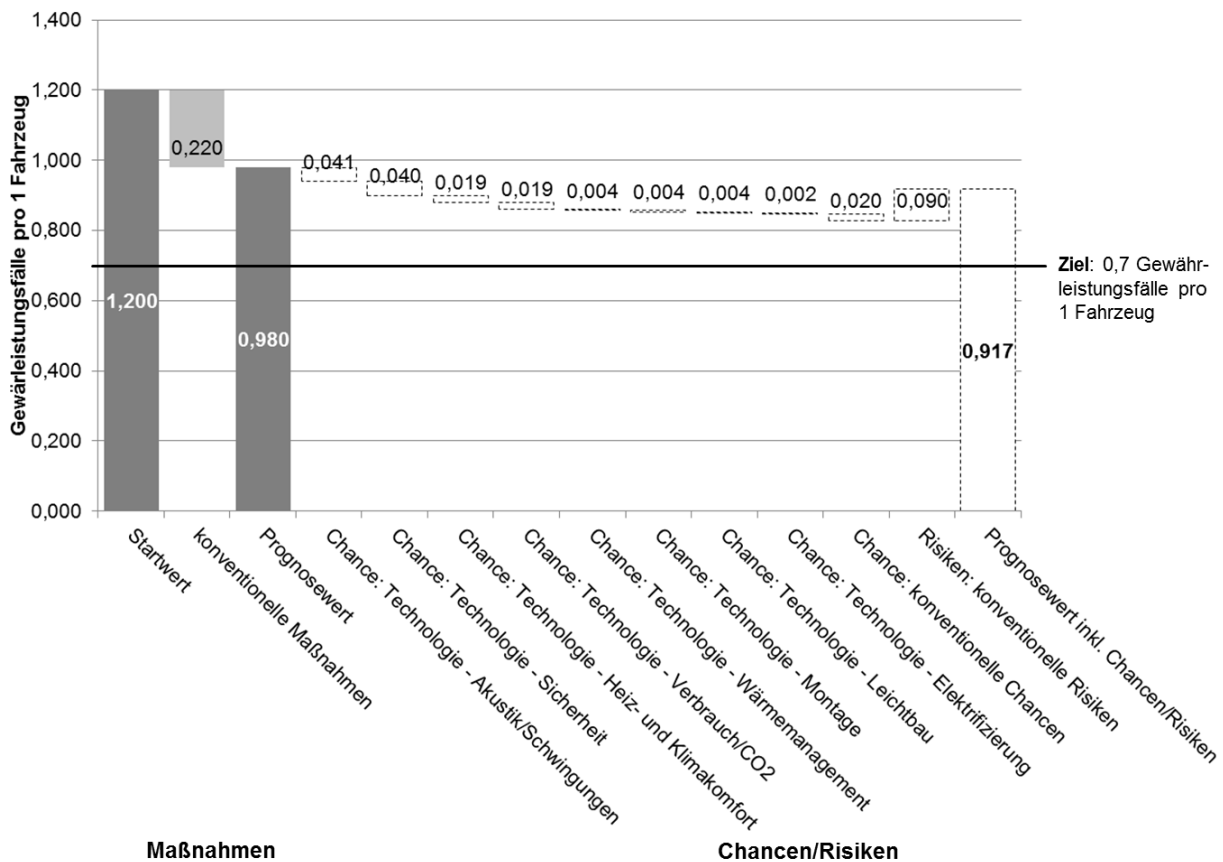


Abb. 7.30: Q-Prognose Anlaufqualität beim Automobil OEM

5. Handlungsbedarfe ableiten: aus der Prognose ergab sich eine Ziellücke in Höhe von ca. 0,28 Fälle/1Fzg. Diese sollte mit Umsetzung der Chancen aus Reifebewertung und -planung um ca. die Hälfte reduziert werden können. Zusätzlich mussten die konventionellen Chancen umgesetzt und die Risiken vermieden werden. Über diese Chancen hinaus war es für eine Zielerreichung jedoch notwendig, weitere konventionelle Chancen in der aktuellen Fahrzeuggeneration zu identifizieren und in die neue Fahrzeuggeneration einzusteuern. Dies musste zum Start und kontinuierlich während der Entwicklung der neuen Fahrzeuggeneration geschehen. Des Weiteren war es notwendig, neben den drei ausgewählten die restlichen neuen Technologien ebenfalls mit einer Reifeplanung zu belegen, um die Reife zum Anlauf und somit eine hohe Anlaufqualität sicherstellen zu können. Daneben wurde deutlich, dass die Reifeplanung nicht nur für neue Technologien, sondern auch für die bestehende Technik wirkungsvoll angewendet werden konnte und musste. Dies betraf insbesondere hochkomplexe und stark vernetzte Systeme mit weitverzweigten Wirkketten, bei denen über eine vereinbarte Reife inkl. Kriterien, SOLL-IST-Vergleich und Maßnahmenableitung eine zusätzliche Wirkung hinsichtlich einer hohen Anlaufqualität erzeugt werden konnte.
6. Regelberichterstattung in Q-Gates: die Grundlogik der Reifebewertung und -planung wurde als Standard-Q-Prozess in der Entwicklung verankert. So musste für jede neue Technologie zum Start eines Fahrzeugprojekts eine Reifebewertung inkl. Maßnahmen vorliegen. Diese Ergebnisse wurden zum Meilenstein Projekt-Auftrag, 60 Monate vor Start der Produktion eingefordert und im Reifegrad 0 verankert. Die durchgängige Planung und Vereinbarung der Reifegrade über den Entwicklungsprozess wurde sowohl für neue Technologien als auch ausgewählte kritische Systeme im Fahrzeug (bestehende Technik) zum Projekt-Auftrag

eingefordert. Der SOLL-IST-Vergleich zwischen den vereinbarten Reifegraden inkl. Kriterien und der Ableitung von Maßnahmen sollte zu jedem Q-Gate durchgeführt und berichtet werden (Abb. 7.21).

7. Regelberichterstattung auf Management-Ebene: auf Vorstandsebene wurde die Reife bzw. Anlaufqualität der Fahrzeugprojekte meilensteingesteuert in einem Regelbericht durch den jeweiligen Projektmanager berichtet. Dieser Regelbericht der Fahrzeugprojekte umfasst neue Technologien als auch ausgewählte kritische Systeme der bestehenden Technik und basiert auf der Q-Prognose zur Anlaufqualität.

7.3 Ergebnis und Zusammenfassung der Modell-Anwendung

Zunächst konnten mit der Anwendung die Stellhebel zur Reduzierung der Nicht-Qualität beim Automobil OEM identifiziert und bewertet werden. Über die Umsetzung der ausgewählten Stellhebel konnten wesentliche Ergebnisse in Richtung der Produktqualität, der prozessualen Verankerung und strategischer Ausrichtung hinsichtlich der Prävention von Nicht-Qualität generiert werden:

- **Produktqualität:** über die Durchführung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements als auch der Reifebewertung und -planung konnten präventive Maßnahmen und Chancen abgeleitet werden. Mit diesen Maßnahmen und Chancen, die in einer sehr frühen Phase der Entwicklung erarbeitet wurden, konnte die Situation der Systemausfälle und der Anlaufqualität für die neue Produktgeneration verbessert werden. Dies zeigte sich in der quantifizierten Darstellung von Q-Prognosen über die Startwerte zu Systemausfällen und Anlaufqualität inkl. der quantifizierten Wirkung von Maßnahmen, Chancen und Risiken. Der Bezugspunkt dieser Q-Prognosen war jeweils der Produktionsstart der neuen Fahrzeuggeneration. Der Betrachtungshorizont erstreckte sich somit über einen kompletten Produktentwicklungszyklus. Über diese Q-Prognosen konnte die Wirksamkeit des system- und funktionsorientierten Risikomanagements als auch der Reifebewertung und -planung dargestellt werden. So konnte zusammenfassend die Nicht-Qualität der neuen Produktgeneration reduziert werden.
- **Prozessuale Verankerung:** über die erstmalige Durchführung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements, der Reifebewertung und -planung und des Q-Prognose-Vorgehens für die Q-Zielgrößen Systemausfälle und Anlaufqualität konnten drei wesentliche Vorgehen zur Reduzierung der Nicht-Qualität im Unternehmen pilotiert werden. Die erfolgreiche Pilotierung war jeweils die Voraussetzung für die Verankerung im Entwicklungsprozess, den Q-Prozessen und der Regelberichterstattung des Unternehmens. Insbesondere die Verankerung der Reifeplanung inkl. Reifegrade und Kriterien im Entwicklungsprozess bildete die Basis, um den zunächst nicht betrachteten Top-Stellhebel durchgängige Q-Absicherungsplanung nachfolgend effizient und effektiv umsetzen zu können.
- **Strategische Ausrichtung:** die erfolgreiche Durchführung und Nutzen-Quantifizierung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements als auch der Reifebewertung und -planung lieferte die Argumentation für eine konsequente Umsetzung präventiver Maßnahmen und eine stringente zielgerichtete Q-Lenkung. Aus der Kenntnis der Ziellücken und der resultierenden Handlungsbedarfe wurden zwei notwendige strategische Ausrichtungen für den Automobil OEM deutlich. Zum einen die Ausweitung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements auf weitere Kunden Use Cases und die damit einhergehende stärkere Kundenorientierung in der Entwicklung. Zum anderen die Erweiterung der Reifeplanungen über die neuen Technologien hinaus auf komplexe und vernetzte Systeme zur Erhöhung der Produktreife im Entwicklungsprozess. Diese insgesamt stärkere präventive Ausrichtung machte die Umverteilung bzw. den Aufbau präventiver Kapazitäten und Kompetenzen in der

Entwicklung notwendig. Dieses Resultat einer angepassten strategischen Ausrichtung hinsichtlich der Prävention von Nicht-Qualität kann als nachhaltig bezeichnet werden.

Mit der Anwendung beim Automobil OEM konnte das Modell der Prävention validiert werden. Die unternehmensspezifische Bewertung und Auswahl der Elemente bzw. Teil-Elemente (Element 3, 4, 5) und die Schaffung der Grundlagen für die zunächst Nicht-Ausgewählten (Element 6) bestätigen die grundsätzlichen Zusammenhänge, Beeinflussungen, Abhängigkeiten der Elemente innerhalb des Modells. Die Umsetzung der ausgewählten Elemente bzw. Teil-Elemente auf Basis der generischen Vorgehen zeigte die zusätzlichen Potentiale zur Reduzierung der Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung. Die Nicht-Qualität war bei der Modell-Anwendung durch die Systemausfälle und die Gewährleistungsfälle, als ein Indikator für die Anlaufqualität, dargestellt. Hier wurden neben den konventionellen Maßnahmen und Chancen zusätzliche Wirkungen erzeugt. Die Wichtigkeit und der Beeinflussungsgrad der nicht als Stellhebel identifizierten Elemente (Element 1, 2) wurde in Form von klaren Q-Zielvorgaben und definierten Entwicklungs- und Q-Prozessen für die übrigen Elemente ebenfalls belegt. Diese bereits beim OEM vorhandenen Elemente 1 und 2 bildeten das Fundament, um die übrigen Elemente effektiv und effizient umsetzen zu können.

Somit kann Forschungsfrage 3 „Lassen sich aus einer unternehmensspezifischen Fokussierung und dem Zusammenspiel der zentralen präventiven Elemente zusätzliche Potentiale zur Reduzierung der Nicht-Qualität generieren?“ vollständig mit einem „Ja“ beantwortet werden.

8 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel werden zunächst die wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst dargestellt. Im Kontext der in der Zielsetzung dieser Arbeit formulierten Forschungsfragen (Kapitel 1.2) werden diese Ergebnisse dann erläutert und eingeordnet. In diese Einordnung wird jeweils das Fazit integriert. Auf Basis der wesentlichen Ergebnisse, der beantworteten Forschungsfragen und des Fazits wird abschließend ein Ausblick zum Thema dieser Arbeit gegeben.

8.1 Ergebnisse und Fazit

Zunächst wurde die Vorgehensweise des Systems Engineering mit dem PQM in Verbindung gebracht. Darauf aufbauend wurden die zentralen Elemente der Prävention in der frühen Phase der Entwicklung herausgearbeitet. Diese wurden in einem Modell in Zusammenhang (statisch und dynamisch) gebracht, dessen Anwendbarkeit und Nutzen zur nachhaltigen Reduzierung der Nicht-Qualität abschließend an einem Praxisbeispiel validiert wurde. In dieser Arbeit wurden somit die folgenden beiden wesentlichen Ergebnisse erarbeitet:

- Definition, Strukturierung und Beschreibung der zentralen Elemente und Teil-Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung (Abb. 8.1).

Elemente	Teil-Elemente	Beschreibung
1 Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	Ableitung von Q-Zielen aus strategischen Zielen des Top-Managements	Ableitung eines quantitativ messbaren, realistisch erreichbaren, beeinflussbaren und stimmig verteilten Q-Zielsystem aus der Unternehmensstrategie.
	Breiten-Kommunikation in Richtung aller Beteiligten	Erzeugung eines allgemeinen Verständnisses zu Q-Inhalten mit einer möglichst hohen Durchdringung der betroffenen Rollen bzw. Organisationseinheiten.
	Umverteilung bzw. Aufbau der präventiven Kapazitäten	Optimale Verteilung der präventiven und reaktiven Kapazitäten, so dass unter angemessenem Mitteleinsatz die gesteckten Q-Ziele erreicht werden können.
	Fokussierte Kommunikation bzw. der Kompetenzaufbau bei Q-Verantw.	Aufbau der Q-Kompetenzen aller am Q-Prozess bzw. einer Q-Methode beteiligten Rollen zur effektiven und effizienten Steuerung bzw. Unterstützung der Q-Zielerreichung.
2 Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	Definition Entwicklungsprozess inkl. klarer Verantwortungen	Festlegung eines standardisierten Entwicklungsprozesses, der über alle Schnittstellen hinweg synchronisiert ist und mit eindeutigen Verantwortungen versehen ist.
	Implementierung Q-Gates und Reviews	Zeitl. und inhaltl. Festlegung von Q-Gates und Reviews, zu denen die Entwicklungsreife des Produkts bewertet bzw. gemessen wird und Maßnahmen abgeleitet werden.
	Aufsetzen Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten	Festlegung eines Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten, der zeitlich und inhaltlich auf den Entwicklungsprozess abgestimmt ist.
	Projektplanung inkl. Anwendung der Prozess-Methodenstandardisierung	Realistische Zeit- und präventiv ausgerichtete Ressourcenplanung für ein Entwicklungsprojekt basierend auf den standardisierten Entwicklungs-, Q-Prozessen und Q-Methoden.
3 Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	Durchführung von Q-Prognosen	Erzeugung der Transparenz zur phasenadäquaten Q-Situation im Entwicklungsprojekt und Lenkung der Q-Zielerreichung über die Q-Ziellücke und Handlungsbedarfe.
	Aufbau Q-Regelberichterstattung	Getaktete Transparenz zur Q-Situation und Sicherstellung der zielgerichteten Q-Lenkung sowohl im Entwicklungsprojekt als auch projektübergreifend.
4 Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	Durchführung system- und funktionsorientiertes RSKM	Ermittlung möglicher Ursachen von Fehlfunktionen über alle System- und Funktionshierarchieebenen und Ableitung von Maßnahmen bzw. Anforderungen.
	Schaffung org. Rahmenbedingungen f. System- und Funktionsorientierung	Verankerung von Funktionsverantwortungen, die den system- und funktionsorientierten Ansatz bzw. Vorgehensweise in der frühen Phase standardmäßig anwenden.
5 Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	Reifebewertung und -planung bei neuen Technologien	Durchführung von systematischen Bewertungen der Reife bzw. der Qualität von neuen Technologien und meilensteinorientierte Reifeplanung über den Entwicklungsprozess.
	Systematische Erfassung Lessons Learned zum Projektstart	Ermittlung von Lessons Learned in Form von Stärken und Schwächen, die quantitativ bewertet und bis hin zur Umsetzung durchgängig und nachvollziehbar dokumentiert sind.
6 Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien	Stimmige und konsistente Q-Zielverteilung	Verteilung der Q-Ziele über die Systemebenen und Produktstruktur als Basis für die nachfolgende Anforderungsentwicklung und effektive und zielgerichtete Q-Lenkung.
	Durchgängige Q-Anforderungsentwicklung	Q-Anforderungsentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Durchgängigkeit über die System-, Teilsystem- und Komponenten-Ebene.
	Durchgängige Q-Absicherungsplanung	Erarbeitung einer entwicklungsbereichsübergreifenden Strategie, Planung und Steuerung der Produktabsicherung entlang der System-, Teilsystem- und Komponentenebenen.

Abb. 8.1: Zentrale Elemente und Teil-Elemente der Prävention

- Darstellung der Abhängigkeiten der Elemente in einem Modell zur Prävention von Nicht-Qualität und Gliederung in einen statischen und dynamischen Teil (Abb. 8.2, Abb. 8.3).

Leserichtung: Vertikale Elemente beeinflussen horizontale Elemente	1 Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	2 Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	3 Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	4 Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	5 Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	6 Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur-/Baukastenstrategien
1 Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen		<ul style="list-style-type: none"> Einforderung der Einhaltung durch das Management Bereitstellung ausreichender Kapazitäten und Kompetenzen 	<ul style="list-style-type: none"> Strat. Q-Ziele sind Grundvoraussetzung der zielgerichteten Q-Lenkung Bereitstellung ausreichender Kapazitäten und Komp. Einfordern Q-Berichterstattung durch Management 	<ul style="list-style-type: none"> Bereitstellung ausreichender Kapazitäten und Kompetenzen 	<ul style="list-style-type: none"> Bereitstellung ausreichender Kapazitäten und Kompetenzen 	<ul style="list-style-type: none"> Strategisches Q-Ziel ist Input für die Q-Zielverteilung Bereitstellung ausreichender Kapazitäten und Kompetenzen
2 Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	<ul style="list-style-type: none"> Definierter Entwicklungsprozess ermöglicht Rollen-Auswahl für Kommunikation und Kompetenzaufbau Einforderung Kapazitäten und Kompetenzen über Projektplanung 		<ul style="list-style-type: none"> Entwicklungsprozess inkl. Q-Gates und Reviews gibt Taktung und Inhalte vor Projektplanung beinhaltet Durchführung 	<ul style="list-style-type: none"> Q-Gates/Reviews geben Taktung und Inhalte vor Standard Q-Prozesse beinhalten sys.-/fkt.-orientierte Risikoanalysen Projektplanung beinhaltet Durchführung 	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklungsprozess inkl. Q-Gates/Reviews gibt Taktung u. Inhalte vor Standard Q-Prozesse beinhalten Reifebewertung, -planung und LeLe Projektplanung beinhaltet Durchführung 	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklungsprozess inkl. Q-Gates/Reviews gibt Taktung und Inhalte vor Verankerung als Standard Q-Prozesse Berücksichtigung Durchführung in Projektplanung
3 Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	<ul style="list-style-type: none"> Q-Prognosen ermöglichen die Lenkung der strategischen Q-Ziele Q-Managementberichte spiegeln die Ziellücke der Q-Ziele wieder 	<ul style="list-style-type: none"> Zeitl. und inhaltl. Orientierung am Entwicklungsprozess inkl. Q-Gates und Reviews Verankerung als Standard Q-Proz. Berücksichtigung Durchführung in Projektplanung 		<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung Risiken und Schaffung Kommunikationsplattform 	<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung Reifebewertung, quantifizierte LeLe und Schaffung Kommunikationsplattform 	<ul style="list-style-type: none"> Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung stellen die Ziellücke der verteilten Q-Ziele dar
4 Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	<ul style="list-style-type: none"> Benötigt Kapazitäten und Kompetenzen Etablierung Funktionsverantwortung ist ein Teil des Kapazitäts- und Kompetenzaufbaus 	<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung der Risiken in den Q-Gates und Reviews Verankerung als Standard Q-Proz. Berücksichtigung Durchführung in Projektplanung 	<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung der Risiken 		<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung der Risiken in der Reifebewertung 	<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung der Risiken in Q-Abs.planung Funktionsverantwortliche können zusätzliche Q-Anf. und Q-Abs.maßnahmen liefern
5 Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	<ul style="list-style-type: none"> Benötigt Kapazitäten und Kompetenzen 	<ul style="list-style-type: none"> Zeitl. und inhaltl. Orientierung am Entwicklungsprozess inkl. Q-Gates und Reviews Verankerung als Standard Q-Proz. Berücksichtigung Durchführung in Projektplanung 	<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung Reifebewertung, -planung (Input für quantifizierte Bewertung) und quantifizierte LeLe 			<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung der Reife und LeLe in Q-Anforderungsentwicklung und Q-Absicherungsplanung
6 Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien	<ul style="list-style-type: none"> Kommunikation der verteilten Q-Ziele in der breite und an die Verantwortlichen Benötigt Kapazitäten und Kompetenzen 	<ul style="list-style-type: none"> Q-Lenkung der verteilten Q-Ziele zu Q-Gates/Reviews Schaffung Abnahmekriterien für Q-Gates Verankerung als Standard Q-Proz. Berücksichtigung Durchführung in Projektplanung 	<ul style="list-style-type: none"> Q-Lenkung hinsichtlich der verteilten Q-Ziele erfolgt über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung Berücksichtigung Q-Anforderungen und Q-Absicherungsmaßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung verteilter Q-Ziele und Q-Anforderungen 	<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung der Q-Anforderungen in Reifebewertung und -planung 	

Abb. 8.2: Statischer Teil des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung

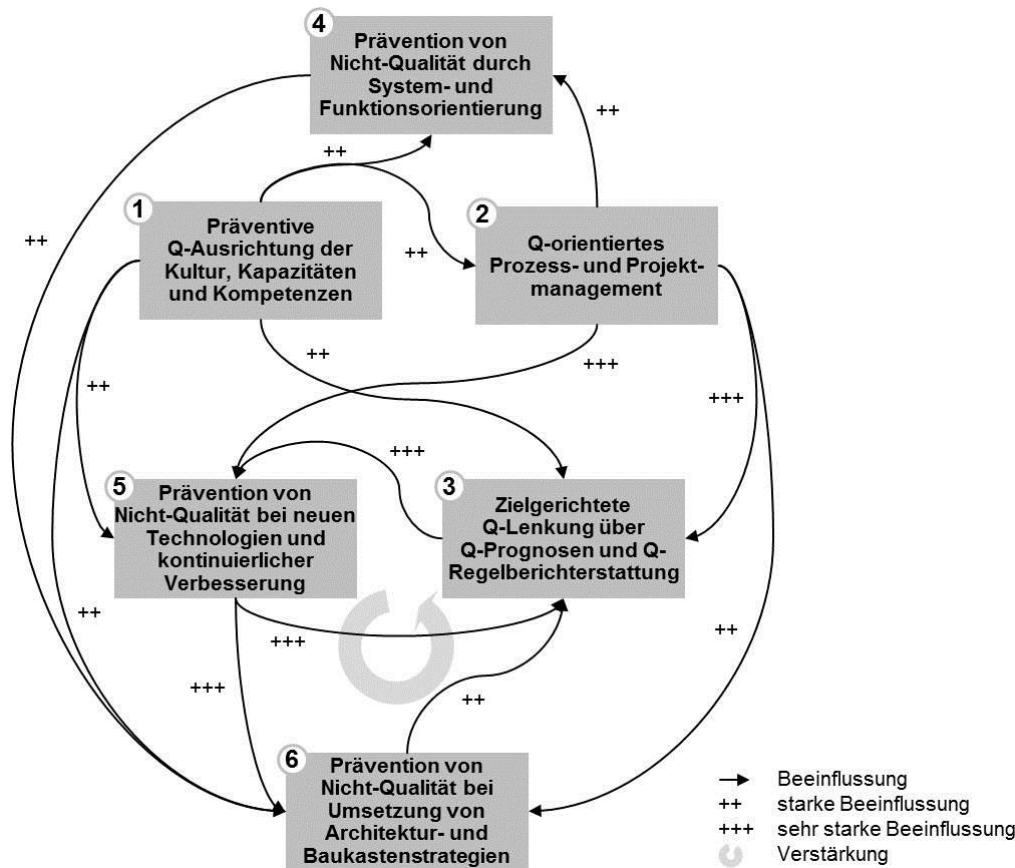


Abb. 8.3: Dynamischer Teil des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung

Mit diesen Ergebnissen lassen sich die in der Zielsetzung dieser Arbeit beschriebenen Forschungsfragen vollständig beantworten.

Forschungsfrage 1: Lässt sich das PQM in der frühen Phase der Produktentwicklung mit der Methodik des Systems Engineering nutzenbringend verzahnen?

- Die Elemente des SE-Konzepts in Form der Prinzipien des SE und deren Anwendung in der Konzept- und Architekturgestaltung wurden mit den Spezifika des PQM in der frühen Phase der Entwicklung in Zusammenhang gebracht (Kapitel 4). Daraus zeigte sich, dass die Ansätze und Prinzipien des SE und des PQM grundsätzlich kompatibel und kombinierbar sind. Darüber hinaus konnten insbesondere das Systemdenken, die SE-Prinzipien und die SE-Vorgehensmodelle dem PQM eine zusätzliche Perspektive und Struktur geben. Das Ergebnis waren hier Teil-Ansätze des SE in Verbindung mit dem PQM. Die Ergebnisse waren allerdings zunächst noch relativ abstrakt und wurden deshalb im Rahmen der zu beantwortenden Forschungsfrage 2 konkretisiert.

Forschungsfrage 2: Welche sind die zentralen präventiven Elemente in der frühen Phase der Produktentwicklung zur Reduzierung der Nicht-Qualität. Wie sind diese gestaltet und miteinander vernetzt?

- Mit der Herleitung der sechs Elemente der Prävention konnten konkrete Ansatzpunkte zur Reduzierung der Nicht-Qualität herausgearbeitet werden (Kapitel 5). Über die jeweilige Beschreibung der Teil-Elemente, des Vorgehens, der Ergebnisse, der Rollen und Methoden konnte ein Grad der Operationalisierung erreicht werden, der eine konkrete Anwendung im Unternehmen bzw. der Entwicklung zulässt. Die Elemente und Teil-Elemente sind so beschrieben, dass diese systematisch auf eine Problemstellung angewendet werden können. Das darauf aufbauend gestaltete Modell der Prävention, innerhalb dessen alle zentralen

Elemente inkl. Teil-Elemente miteinander vernetzt wurden, unterstützt die Entscheidungsfindung zur effektiven Ausrichtung bzw. Fokussierung der Elemente im Unternehmen (Kapitel 6). Das erarbeitete Modell ist dazu geeignet, Entscheidungsrichtungen und Auswirkungen grundsätzlich darzustellen. Detaillierte Simulationen können zurzeit nicht durchgeführt werden.

Forschungsfrage 3: Lassen sich aus einer unternehmensspezifischen Fokussierung und dem Zusammenspiel der zentralen präventiven Elemente zusätzliche Potentiale zur Reduzierung der Nicht-Qualität generieren?

- Durch die Modell-Anwendung am Praxisbeispiel wurde gezeigt, dass über die unternehmensspezifische Ausrichtung bzw. Umsetzung der Elemente und Teil-Elemente weitere Potentiale zur Reduzierung der Nicht-Qualität gehoben werden können (Kapitel 7). Dies wurde durch die im Praxisbeispiel bereits vorhandene stabile Prozessbasis und die Vorgaben des Top-Managements begünstigt. Des Weiteren konnten die strategische präventive Ausrichtung beeinflusst und die Ausweitung der angewendeten präventiven Ansätze in der frühen Phase der Entwicklung angestoßen werden. Das erarbeitete Modell stellt somit einen integrierten Ansatz aus PQM und SE in der frühen Phase der Entwicklung zur nachhaltigen Reduzierung der Nicht-Qualität dar.

Zusammenfassend konnte aus der Verbindung des SE mit dem PQM ein integrierter Ansatz erarbeitet werden, der zum einen die wesentlichen Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität inkl. Vorgehen, Zielsetzung, Rollen und Methoden in der frühen Phase der Entwicklung definiert und zum anderen in einem Modell zusammenbringt. Das Modell unterstützt dabei die Entscheidungsfindung zur effektiven Ausprägung bzw. Umsetzung der präventiven Elemente im jeweiligen Unternehmen aus Hochtechnologiebranchen, um zusätzliche Potentiale zur nachhaltigen Reduzierung der Nicht-Qualität heben zu können. Somit konnte einerseits ein Mehrwert für den Stand der Wissenschaft über die Verbindung von SE und PQM und andererseits für die Praxis über die operational beschriebenen Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität und die Unterstützung der Entscheidungsfindung geschaffen werden.

8.2 Ausblick

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit und dem Fazit ergeben sich zwei Ansatzpunkte für weitere Bearbeitungen, die sich im Wesentlichen auf das Modell zur Prävention von Nicht-Qualität beziehen.

- Das Modell der Prävention sollte bei einer größeren Anzahl unterschiedlicher Unternehmen der Hochtechnologiebranchen angewendet werden, um Erfahrungen sammeln und das Modell ggf. hinsichtlich der Elemente, Teil-Elemente und Beziehungen anpassen, nachschärfen oder auch erweitern zu können. Dabei sollten die unterschiedlichen Unternehmen hinsichtlich ihrer IST-Situation zur jeweiligen Ausprägung bzw. dem Vorhandensein der Elemente bzw. Teil-Elemente sowohl breit gestreut sein als auch extreme Ausprägungen („nicht umgesetzt“, „voll umgesetzt“) abdecken. So könnte das Modell insgesamt kalibriert und hinsichtlich seiner Aussagekraft und ggf. Genauigkeit verbessert werden. Diese erweiterte Modellanwendung könnte durch eine empirische Studie gestützt werden.
- Die Visualisierung des Modells (dynamischer Teil) könnte auf die Teil-Element-Ebene ausgedehnt bzw. detailliert werden. Dafür wäre jedoch eine IT-/rechnergestützte Simulation notwendig. So könnten unterschiedliche Ausprägungen am Modell direkt bzw. online simuliert und visualisiert werden, was die Entscheidungsunterstützung hinsichtlich veränderter Ausprägungen der Elemente und Teil-Elemente unterstützen, greifbarer gestalten und ggf. genauere Vorhersagen zur Auswirkung ermöglichen würde.

9 Literaturverzeichnis

- BEUTH VERLAG GMBH (2014): Qualitätsmanagement DIN EN ISO 9000 ff. <http://www.beuth.de/de/publikation/qualitaetsmanagement-din-en-iso-9000-ff/197632540>, zuletzt geprüft am 24.01.2014.
- BIRKE, PETER; LÜDTKE, HOLGER; BÖSE, OLAF (14.11.2012): Die Batterie - ein Schlüssel zum Erfolg der Elektromobilität. Qualitätsaspekte von Li-Ionen Energiespeichern. Veranstaltung vom 14.11.2012, aus der Reihe "VDA QMC Gipfeltreffen". Hockenheimring. Veranstalter: Verband der Automobilindustrie.
- BMW AG (2014): Alle BMW Modelle. http://www.bmw.de/vc/ncc/xhtml/start/startWithModelSelection.faces?productType=1&brand=BM&market=DE&country=DE&locale=de_DE, zuletzt geprüft am 24.01.2014.
- BÜCHEL, ALFRED (1969): Systems Engineering. Eine Einführung. Industrielle Organisation 38 (1969) Nr. 9, S. 373–385.
- COLE, ROBERT E.; MATSUMIYA, TSUYOSHI (2008): When the pursuit of quality risks innovation. In: The TQM Journal, Jg. 20, H. 2, S. 130–142. DOI: 10.1108/17542730810857363, zuletzt geprüft am 25.01.2014.
- CONTI, TITO (2010): Systems thinking in quality management. In: The TQM Journal, Jg. 22, H. 4, S. 352–368. DOI: 10.1108/17542731011053280, zuletzt geprüft am 25.01.2014.
- DANILOVIC, MIKE; BROWNING, TYSON R. (2007): Managing complex product development projects with design structure matrices and domain mapping matrices. In: International Journal of Project Management, H. 25, S. 300–314. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:133710/FULLTEXT01.pdf>, zuletzt geprüft am 04.01.2014.
- DANZER, HANS HEINZ: Advanced Product Quality Planning. In: Kamiske, Gerd F.: Handbuch QM-Methoden. Die richtige Methode auswählen und erfolgreich umsetzen. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. München 2013. S. 81-95.
- DIE WELT (2014): Online-Ausgabe. Einzelhandel akzeptiert wieder alle Giro-Karten. <http://www.welt.de/finanzen/article5778898/Einzelhandel-akzeptiert-wieder-alle-Giro-Karten.html>, zuletzt geprüft am 24.01.2014.
- DIN EN 61508:2011-02; VDE 0803:2011-02: Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- DIN EN ISO 9000:2005-12: Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe (ISO 9000:2005); Dreisprachige Fassung EN ISO 9000:2005. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- EHRENSPIEL, KLAUS (2009): Integrierte Produktentwicklung. Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. 4., überarbeitete Auflage. München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- FOSTER JR, S. THOMAS; GALLUP, LYMAN (2002): On functional differences and quality understanding. In: Benchmarking: An International Journal, Jg. 9, H. 1, S. 86–102. DOI: 10.1108/14635770210418597, zuletzt geprüft am 25.01.2014.
- GARVIN, DAVID A. (1984): What Does "Product Quality" Really Mean. In: Sloan Management Review, Jg. 1984, S. 25–43. http://www.oqrm.org/English/What_does_product_quality_really_means.pdf, zuletzt geprüft am 25.01.2012.

- GRUNDMANN, TORSTEN; NASE, ALEXANDER (15. - 16.05.2006): Produktrückrufe und Feldaktionen. Management des Falls der Fälle. Veranstaltung vom 15. - 16.05.2006, aus der Reihe "10. Aachener Qualitätsgespräche 2006". Vaals, NL.
- GRZONKA, GEORG (2012): Prozesse im Unternehmen. Strukturierung und Darstellung. In: Thomann, Hermann J. (Hg.): Der Qualitätsmanagement-Berater. Prozessorientiertes Qualitätsmanagement in der betrieblichen Praxis. 14. Aktualisierung. 1 Band. Köln: TÜV Media GmbH, 06110, S. 5.
- HABERFELLNER, REINHARD; DE WECK, OLIVIER; FRICKE, ERNST; VÖSSNER, SIEGFRIED (2012): Systems Engineering. Grundlagen und Anwendung. 12., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Zürich: Orell Füssli Verlag AG.
- HALL, ARTHUR DAVID (1962): A Methodology for Systems Engineering. Princeton N.J.: Princeton University Press.
- HERBERG, CHRISTIANE (2001): Messung der Effizienz von Total Quality Management. Kennzahlensystem zur Messung der Effizienz von TQM unter besonderer Berücksichtigung der Qualitätskosten. Dissertation. Dortmund, 2000. 1. Auflage. Hamburg: Verlag Dr. Kovac (Qualitätsmanagement, 1).
- HILLENBRAND, MARTIN (2012): Funktionale Sicherheit nach ISO 26262 in der Konzeptphase der Entwicklung von Elektrik / Elektronik Architekturen von Fahrzeugen. Herausgegeben von Karlsruher Institut für Technologie - Institut für Technik der Informationsverarbeitung. Steinbuch Series on Advances in Information Technology. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing (4).
- INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEMS ENGINEERING (2004): What is Systems Engineering? <http://www.incose.org/practice/whatissystemseng.aspx>, zuletzt geprüft am 25.01.2014.
- INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEMS ENGINEERING (2006): Brief History of Systems Engineering. <http://www.incose.org/mediarelations/briefhistory.aspx>, zuletzt geprüft am 25.01.2014.
- ISO 26262:2011-11: Straßenfahrzeuge - Funktionale Sicherheit. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- JAENSCH, MARTIN (30.09.2010): Transfer von Prozessen des Software-Produktlinien Engineering in die Elektrik/Elektronik-Architekturentwicklung von Fahrzeugen. Veranstaltung vom 30.09.2010, aus der Reihe "8. Workshop Automotive Software Engineering". Leipzig. Veranstalter: Universität Leipzig, Fakultät für Mathematik und Informatik. https://www.fh-trier.de/fileadmin/groups/12/Personen/Professoren/schneiderj/ase2010/ASE2010_Jaensch.pdf, zuletzt geprüft am 25.01.2014.
- JOCHEM, ROLAND; LANDGRAF, KATJA (2011): Anforderungsmanagement in der Produktentwicklung. Komplexität reduzieren, Prozesse optimieren, Qualität sichern. 1. Auflage. Düsseldorf: Symposion Publishing GmbH.
- KEVIN KENNEDY ASSOCIATES INC. (2011): History of Systems Engineering. <http://www.kevinkennedyassociates.com/history-of-systems-engineering>, zuletzt geprüft am 25.01.2014.
- KOOPERATION „WISSENSCHAFT & PRAXIS“ (2012): Trainingsbroschüre. BPM | Qualität | Six Sigma | Vertiefung. Herausgegeben von proXcel GmbH und Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb Fachgebiet Qualitätswissenschaft Technische Universität Berlin.

- Kooperation „Wissenschaft & Praxis“. http://www.qw.tu-berlin.de/fileadmin/fg160/proXcel_Qualitaetswissenschaften_Broschuere_pdf.pdf, zuletzt geprüft am 25.01.2012.
- MCCONNELL, STEVE (1998): Software project survival guide. how to be sure your first important project isn't your last. Redmond, Wash.: Microsoft Press.
- MESSERSCHMID, ERNST; BERTRAND, REINHOLD (1999): Space Stations. Systems and Utilization. Berlin, Heidelberg: Springer.
- NEGELE, HERBERT (1998): Systemtechnische Methodik zur ganzheitlichen Modellierung am Beispiel der integrierten Produktentwicklung. Dissertation. Betreut von Eduard Igenbergs. München. Technische Universität, Fakultät für Maschinenwesen, Fachgebiet Raumfahrttechnik.
- PFEIFER, TILO; SCHMITT, ROBERT (2007): Handbuch Qualitätsmanagement. 5., vollständig neu bearbeitete Auflage. Unter Mitarbeit von Walter Masing, Nenad Injac und Robert Schmitt et al. München: Carl Hanser Verlag.
- PFLETSCHINGER, THILO (2008): Risiko-Management. Ein Beitrag zur methodischen Berücksichtigung von Risikofaktoren bei der Projektabwicklung und zum Nachweis des Nutzens eines Risiko-Managements. Dissertation. Graz. Technische Universität Graz, Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften.
- SCHMITT, ROBERT; PFEIFER, TILO (2010): Qualitätsmanagement. Strategien, Methoden, Techniken. 4., vollständig überarbeitete Auflage. München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- STERMAN, JOHN DAVID (2006): Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Columbus: McGraw-Hill Higher Education.
- TASCHNER, ANDREAS (2013): Business Cases: Ein anwendungsorientierter Leitfaden. 2., überarbeitete Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- VDA QMC - QUALITÄTS MANAGEMENT CENTER IM VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE (2006): Das gemeinsame Qualitätsmanagement in der Lieferkette. Produktentstehung - Reifegradabsicherung für Neuteile. Methoden, Messgrößen, Dokumentationen, Checklisten. Frankfurt am Main: Henrich Druck + Medien.
- VDA QMC - QUALITÄTS MANAGEMENT CENTER IM VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE (2008): Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie. Präventive Qualitätsmanagement-Methoden in der Prozesslandschaft. Auswahl - Anwendung - Nutzen. Unter Mitarbeit von VDA QMC - Qualitäts Management Center im Verband der Automobilindustrie. Frankfurt am Main: Henrich Druck + Medien.
- VDI-RICHTLINIE 2206, 2004-06: Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- VDI-RICHTLINIE 2221, 1993-05: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- VON REGIUS, BERND (2006): Qualität in der Produktentwicklung. Vom Kundenwunsch bis zum fehlerfreien Produkt. München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- WENZEL, STEFAN (2003): Organisation und Methodenauswahl in der Produktentwicklung. Dissertation. München: Herbert Utz Verlag GmbH.

WIKIPEDIA (2013): International Council on Systems Engineering. http://en.wikipedia.org/wiki/International_Council_on_Systems_Engineering, zuletzt geprüft am 25.01.2014.

WIKIPEDIA (2014a): Airbus. <http://de.wikipedia.org/wiki/Airbus>, zuletzt geprüft am 24.01.2014.

WIKIPEDIA (2014b): Prognose. <http://de.wikipedia.org/wiki/Prognose>, zuletzt geprüft am 25.01.2014.

ZAMBOU, NATHAN (23.06.2010): Integriertes und sicherheitsbezogenes Vorgehen zur Entwicklung eines Fahrdynamikregelsystems. Safety & Security 2010. Veranstaltung vom 23.06.2010. Stuttgart. Veranstalter: VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik und Ada Deutschland. http://www.automotive2010.de/programm/content_data/Zambou_SicherheitsbezogeneEntwicklung.pdf, zuletzt geprüft am 01.05.2013.

10 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Zunahme der Anzahl der Steuergeräte und Kommunikationssysteme (nach Jaensch)	8
Abb. 1.3: BMW-Modelle 2014 (nach BMW AG)	8
Abb. 1.4: Zeitleiste ziviler Verkehrsflugzeuge und Militärflugzeuge von Airbus (nach Wikipedia)	9
Abb. 1.5: Beispiel: Kosten aufgrund eines Qualitätsproblems eines Motorbaukastens.....	9
Abb. 1.6: Arten von Feldaktionen (nach Grundmann, Nase)	10
Abb. 1.7: Kano-Modell und Entwicklung der Qualität in Hochtechnologiebranchen (nach von Regius)	11
Abb. 1.8: Zielbild integrierter Ansatz zur nachhaltigen Reduzierung der Nicht-Qualität	12
Abb. 1.9: Vorgehen und Aufbau der Arbeit	13
Abb. 2.1: Stufen der Qualität und Zielsetzung der Arbeit.....	16
Abb. 2.2: Anforderungsfelder der Produktqualität (nach Schmitt, Pfeifer)	18
Abb. 2.3: Entwicklung der Q-Ansätze über die Zeit (nach von Regius)	19
Abb. 2.4: Problemstellung und -behebung (nach Schmitt, Pfeifer).....	21
Abb. 2.5: Einordnung der präventiven Qualitäts-Methoden im Produktentwicklungsprozess (nach Pfeifer et al.)	23
Abb. 2.6: "Zehner-Regel" der Änderungskosten (nach Ehrlenspiel)	24
Abb. 2.7: Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren (nach VDI-Richtlinie 2221)	25
Abb. 2.8: V-Modell (nach VDI-Richtlinie 2206).....	26
Abb. 2.9: Allgemeines V-Modell (nach Haberfellner et al.)	27
Abb. 2.10: Lebenszyklen von Raumfahrt-Systemen (nach Messerschmid, Bertrand).....	27
Abb. 2.11: Vorgehen zur Entwicklung von Fahrdynamikregelsystemen (nach Zambou)	28
Abb. 2.12: Betrachtungsumfang der Arbeit	29
Abb. 2.13: Q-Methodeneinsatz in verschiedenen Branchen (nach VDA QMC).....	29
Abb. 2.14: Anwendungshäufigkeit ausgewählter Methoden (nach VDA QMC)	30
Abb. 2.15: Anwendungsquote von Methoden in Entwicklungsprojekten (nach VDA QMC)	30
Abb. 3.1: Das SE-Konzept (nach Haberfellner et al.).....	35
Abb. 4.1: Grundbegriffe des Systemdenkens (nach Haberfellner et al.).....	40
Abb. 4.2: Einengen des Betrachtungsumfangs (nach Haberfellner et al.)	42
Abb. 4.3: Stufenweise Variantenbildung und Ausscheidung „vom Groben zum Detail“ (nach Haberfellner et al.)	43
Abb. 4.4: SE-Phasenkonzept inkl. Projektphasen (nach Haberfellner et al.).....	44
Abb. 4.5: Problemlösungszyklus (nach Haberfellner et al.)	48
Abb. 4.6: Problemlösungszyklus inkl. Informationsfluss (nach Haberfellner et al.).....	56
Abb. 4.7: Orientierung von Zielen an Faktoren (objektivierbar) und Wertvorstellungen (subjektiv) (nach Haberfellner et al.)	58
Abb. 4.8: Konstellationen zwischen Q-Zielen und weiteren Produkt-Zielen	59
Abb. 4.9: Anzustrebender Zustand des Zielsystems.....	60
Abb. 5.1: Teilnehmer Kurzstudie „Präventive Qualitätsstrategie im Produktentwicklungsprozess“	70
Abb. 5.2: Teilnehmer Kurzstudie „Fehlervermeidung statt Fehlerbehebung“	73
Abb. 5.3: Handlungsbedarfe und Elemente der Prävention aus Praxiserfahrungen des Autors	77
Abb. 5.4: Zusammenfassung Ergebnis der Kurzstudie des Autors und der 3DSE	77
Abb. 5.5: Ausschnitt: Zusammenfassung Erfolgsfaktoren der Kurzstudie des Autors und der 3DSE ..	78
Abb. 5.6: Einordnung der Elemente der Prävention in den Betrachtungsumfang	80
Abb. 5.7: Unterstützende Forschungsfragen zu Elementen der Prävention.....	81
Abb. 5.8: SIPOC-Darstellung (Supplier-Input-Process-Output-Customer) (nach Pfeifer et al.).....	83
Abb. 5.9: Matrix-Organisation in der Entwicklung	84

Abb. 5.10: "Schatten-Organisation" Qualität in der Entwicklungs-Organisation	85
Abb. 5.11: Vorschlag für Vorgehen zur präventiven Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen (Element 1).....	87
Abb. 5.12: Kapazitätsverteilung aufgrund später Fehlerbehebung	89
Abb. 5.13: Variante 1: Umverteilung Kapazitäten von der reaktiven Q-Arbeit zur Prävention.....	90
Abb. 5.14: Variante 2: Umverteilung Kapazitäten von der reaktiven Q-Arbeit zur Prävention.....	91
Abb. 5.15: Variante 3: Umverteilung Kapazitäten von der reaktiven Q-Arbeit zur Prävention.....	92
Abb. 5.16: SIPOC zur präventiven Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen (Element 1)	95
Abb. 5.17: Vorschlag für Vorgehen zur Umsetzung des Q-orientierten Prozess- und Projektmanagements (Element 2).....	98
Abb. 5.18: Quality Gates im Produktentwicklungsprozess (nach Schmitt, Pfeifer).....	99
Abb. 5.19: Einordnung Q-Gates und Reviews in die frühe Phase der Entwicklung	100
Abb. 5.20: Verzahnung Q-Prozesse und -Methoden und Entwicklungsprozess	101
Abb. 5.21: Beispiel: Entwicklungsmasterplan eines Schienenfahrzeugherstellers.....	104
Abb. 5.22: SIPOC Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement (Element 2).....	105
Abb. 5.23: Paradoxon der Konstruktion	107
Abb. 5.24: Einordnung Q-Prognosen im Entwicklungsprozess inkl. Q-Gates	108
Abb. 5.25: Vorschlag für Vorgehen zur Durchführung von Q-Prognosen.....	110
Abb. 5.26: SIPOC Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung (Element 3)	113
Abb. 5.27: Vorschlag für Vorgehen System- und Funktionsorientierung (Element 4) im Zusammenhang mit SE-Prinzipien.....	116
Abb. 5.28: Funktionen und Verantwortliche in der Matrixorganisation der Entwicklung	119
Abb. 5.29: SIPOC Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung (Element 4)	121
Abb. 5.30: Reifebewertung und -planung ab der frühen Phase der Entwicklung	124
Abb. 5.31: Grundsätzliches Reifebewertungsschema	125
Abb. 5.32: Generischer Fragenkatalog zur Reifebewertung von Technologien	126
Abb. 5.33: Systematische Berücksichtigung von Lessons Learned bei Projektstart	128
Abb. 5.34: SIPOC Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung (Element 5).....	131
Abb. 5.35: Vorschlag für Vorgehen zur Prävention von Nicht-Qualität bei Architektur- und Baukastenstrategien (Element 6)	133
Abb. 5.36: Sicherstellung konsistentes Q-Zielsystem	134
Abb. 5.37: Prozessschritte und Tätigkeiten der Anforderungsentwicklung (nach Jochem, Landgraf)	135
Abb. 5.38: Q-Anforderungsentwicklung und Erarbeitung Wirkketten über die System-Ebenen.....	136
Abb. 5.39: Durchgängige Q-Absicherungsplanung auf Basis der Q-Anforderungsspezifikation	137
Abb. 5.40: SIPOC Q-Zielverteilung und durchgängige Q-Anforderungsentwicklung.....	140
Abb. 5.41: SIPOC durchgängige Q-Absicherungsplanung	141
Abb. 6.1: Überblick Elemente und Teil-Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität	145
Abb. 6.2: Design Structure Matrix (DSM) (nach Danilovic, Browning)	147
Abb. 6.3: Vernetzungs-Logik der Teil-Elemente und Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität	147
Abb. 6.4: Vernetzung der zentralen Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität	149
Abb. 6.5: Bewertungs-Logik der Beeinflussung der Teil-Elemente und Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität.....	150
Abb. 6.6: Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrade der Teil- Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität	151

Abb. 6.7: Aggregation der Bewertung der Beeinflussung auf Element-Ebene	152
Abb. 6.8: Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgrade der Elemente zur Prävention von Nicht-Qualität	153
Abb. 6.9: Qualitative Beeinflussung der Elemente	154
Abb. 6.10: Modell der Prävention in der frühen Phase der Entwicklung (Priorisierungsstufe 1)	155
Abb. 6.11: Modell der Prävention in der frühen Phase der Entwicklung (Priorisierungsstufe 2)	156
Abb. 6.12: Modell der Prävention in der frühen Phase der Entwicklung (Priorisierungsstufe 3)	157
Abb. 6.13: Vorgehen zur grundsätzlichen Anwendung des Modells	157
Abb. 6.14: Beispiel: Bewertung Teil-Elemente nach Umsetzungsgrad	158
Abb. 6.15: Beispiel: aggregierte Bewertung Elemente nach Umsetzungsgrad	159
Abb. 6.16: Beispiel: Top-Stellhebel auf Teil-Element-Ebene	160
Abb. 6.17: Beispiel: Stellhebel auf Element-Ebene mit Beeinflussungs- und Abhängigkeitsgraden ..	161
Abb. 7.1: Klassifikation Entwicklung Automobil OEM (nach Wenzel)	165
Abb. 7.2: Vorgehen zur Anwendung des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität	167
Abb. 7.3: Bewertung Umsetzungsgrad Teil-Elemente beim Automobil OEM	169
Abb. 7.4: Aggregierte Bewertung Umsetzungsgrad Elemente beim Automobil OEM	170
Abb. 7.5: Top-Stellhebel Teil-Element-Ebene beim Automobil OEM	171
Abb. 7.6: Stellhebel Element-Ebene beim Automobil OEM	172
Abb. 7.7: Abgeschätzte Umsetzungs-Kosten der Top-Stellhebel	173
Abb. 7.8: Ausprägung und Beeinflussung Stellhebel im Modell zur Prävention von Nicht-Qualität ...	174
Abb. 7.9: Vorgehen zur Durchführung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements..	175
Abb. 7.10: Kunden Use Cases zu Systemausfällen	175
Abb. 7.11: Funktionen zu Systemausfällen beim "Fahrzeug anlassen bzw. fahrbereit machen"	176
Abb. 7.12: Betrachtungsumfang system- und funktionsorientiertes Risikomanagement	177
Abb. 7.13: Funktions-FMEA inkl. wesentlicher Teilfunktionen, Komponenten und Potential	178
Abb. 7.14: Maßnahmenliste aus system- und funktionsorientiertem Risikomanagement	180
Abb. 7.15: Integration und Zusammenhang system- und funktionsorientiertes Risikomanagement..	181
Abb. 7.16: Bündelung der fachbereichsübergreifenden funktionalen Verantwortung	182
Abb. 7.17: Vorgehen Einführung Reifebewertung und -planung beim Automobil OEM	182
Abb. 7.18: Reifebewertungen und Sofort-Maßnahmen zur Reifeerhöhung	184
Abb. 7.19: Q-Gates/Meilensteine im Entwicklungsprozess des Automobil OEM	184
Abb. 7.20: Generische Reifegrade und Reifekriterien	186
Abb. 7.21: Reifeplanung kritischer Technologien beim Automobil OEM	187
Abb. 7.22: Nicht-vereinbarte Reifegrade, Begründungen bzw. Ursachen und Maßnahmen	188
Abb. 7.23: Vorgehen zur Implementierung Q-Prognosen für Systemausfälle und Anlaufqualität	189
Abb. 7.24: Anteile Funktionen zu Systemausfällen	191
Abb. 7.25: Berechnung absolute Reduzierung Systemausfälle je Maßnahme bzw. Chance	192
Abb. 7.26: Q-Prognose Systemausfälle beim Automobil OEM	193
Abb. 7.27: Regelberichterstattung Q-Prognose Systemausfälle beim Automobil OEM	194
Abb. 7.28: Anteile Technologien zu Gewährleistungsfällen	196
Abb. 7.29: Berechnung absolute Reduzierung Gewährleistungsfälle je Technologie	197
Abb. 7.30: Q-Prognose Anlaufqualität beim Automobil OEM	198
Abb. 8.1: Zentrale Elemente und Teil-Elemente der Prävention	202
Abb. 8.2: Statischer Teil des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung	203
Abb. 8.3: Dynamischer Teil des Modells zur Prävention von Nicht-Qualität in der frühen Phase der Entwicklung	204


11 Abkürzungsverzeichnis

ADAC	Allgemeine Deutsche Automobil-Club e. V.
CWQC	Company Wide Quality Control
DEKRA	Deutscher Kraftfahrzeug-Überwachungs-Verein
DIN	Deutsches Institut für Normung
DME	Digitale Motorelektronik
DoD	(United States) Department of Defense
DoE	Design of Experiments
DSM	Design Structure Matrix
E/E	Elektrik/Elektronik
ECSS	European Cooperation for Space Standardization
EIA	Electronic Industries Alliance
EoP	End of Production
ESA	European Space Agency
FTA	Fault Tree Analysis
FMEA	Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
INCOSE	International Council on Systems Engineering
ISO	Internationale Organisation für Normung
KVA	Kraftstoffversorgungsanlage
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCOSE	National Council on Systems Engineering
NWS	Nockenwellensensor
OEM	Original Equipment Manufacturer
PEP	Produktentwicklungsprozess
PM	Projektmanagement
PQA	Präventive Qualitätsarbeit
PQM	Präventives Qualitätsmanagement
Q	Qualität
QA	Qualitätsarbeit
QM	Qualitätsmanagement
QMC	Qualitäts Management Center
QFD	Quality Function Deployment
RQA	Reaktive Qualitätsarbeit
RSKM	Risikomanagement
SAGE	Semi-Automatic Ground Environment
SE	Systems Engineering
SIPOC	Supplier-Input-Process-Output-Customer
SPC	Statistical Process Control
SVM	Statistische Versuchsmethodik
SoD	Start of Development
SoP	Start of Production
SWOT	Strength-Weakness-Opportunities-Threats
TQM	Total Quality Management

TRIZ	dt. Theorie des erfinderischen Problemlösens
TRL	Technology Readiness Level
TÜV	Technischer Überwachungsverein
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDA	Verband der Automobilindustrie

12 Anhang

Anhang 12.1: Seite 1 Kurzstudien-Fragebogen Expertenforum „Präventive Qualitätsstrategie im Produktentwicklungsprozess als Wettbewerbsvorteil“

<p>Prävention im PEP Kurzstudie zum Expertenforum - Fragebogen</p>	
<p>1. In welchem der folgenden Bereiche sind Sie hauptsächlich tätig?</p> <p><input type="checkbox"/> Qualität <input type="checkbox"/> Entwicklung</p>	
<p>2. Was sind die wichtigsten organisatorischen, prozessualen oder technischen Ursachen für die schlechte Produktqualität aus Ihrer Erfahrung (z.B. <i>hohe Produktkomplexität, fehlende Kompetenzen, ...</i>)?</p>	
<p>3. Welche von diesen Ursachen liegen in der Produktentwicklung (z.B. <i>Konzeptentscheidungen zugunsten Kosten, fehlendes Risikomanagement, ...</i>)?</p>	
<p>© 3DSE</p>	<p>1</p>

Anhang 12.2: Seite 2 Kurzstudien-Fragebogen Expertenforum „Präventive Qualitätsstrategie im Produktentwicklungsprozess als Wettbewerbsvorteil“

Prävention im PEP

Kurzstudie zum Expertenforum - Fragebogen

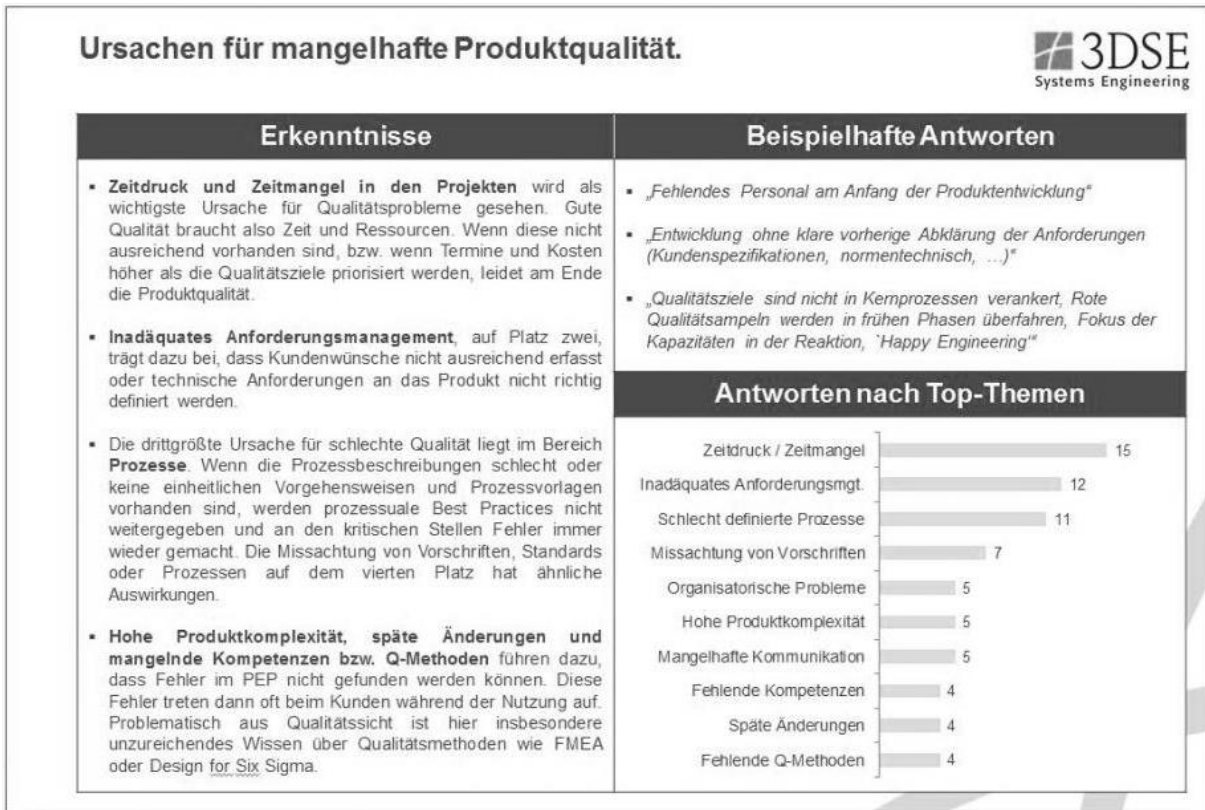


4. Welche sind die entscheidenden Ansätze und Instrumente für hohe Produktqualität in der Produktentwicklung (z.B. *konsequente Quality-Gates, durchgängiges Anforderungsmanagement, ...*)?

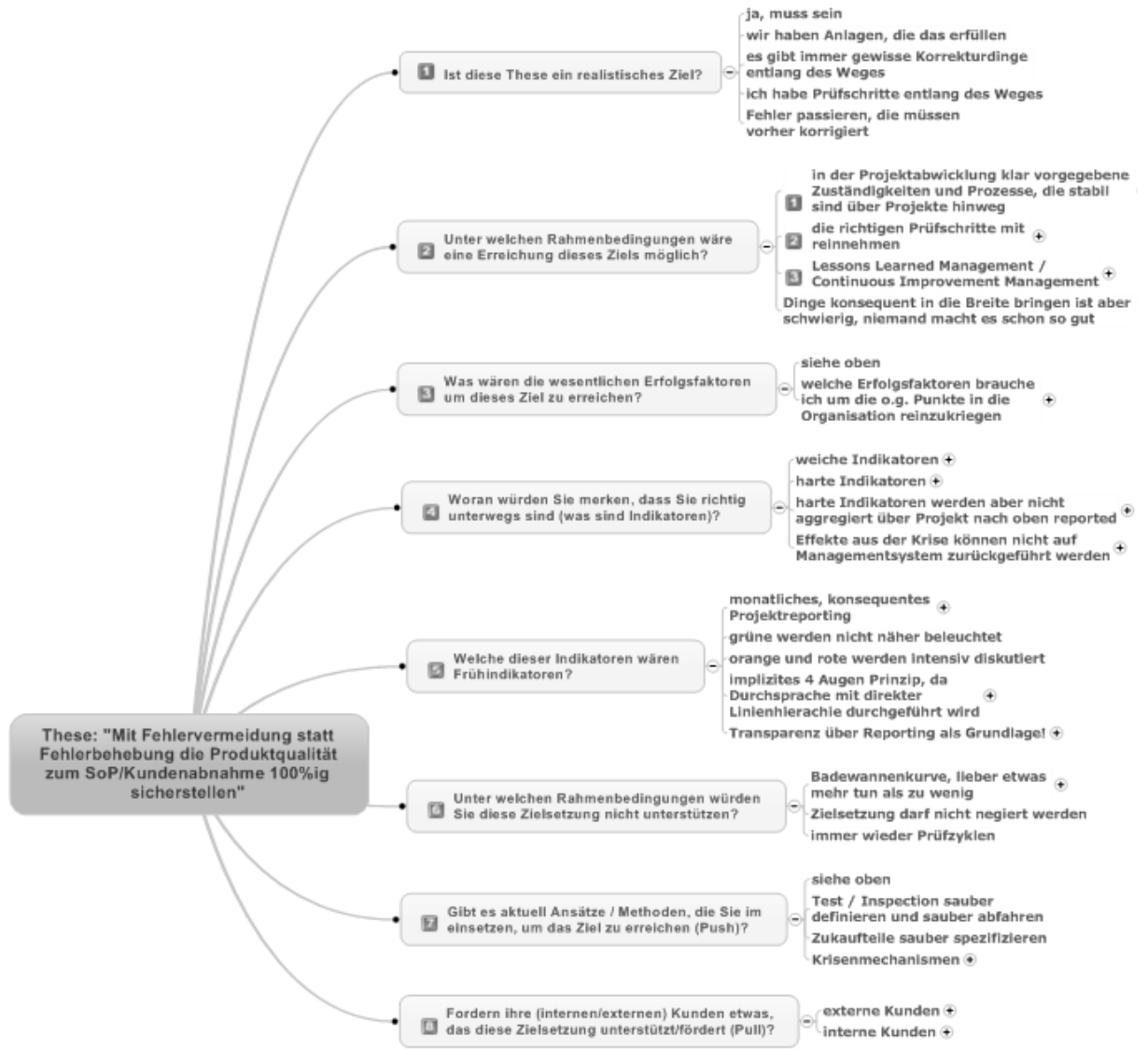
5. Durch welche dieser Ansätze und Instrumente sind in den nächsten 3 Jahren die größten Potentiale zur Qualitätsverbesserung zu heben?

Besten Dank für Ihre Antworten!

Anhang 12.3: Beispiele: Auswertung Frage 2 und 4 zur Kurzstudie „Präventive Qualitätsstrategie im Produktentwicklungsprozess als Wettbewerbsvorteil“ hinsichtlich „Erkenntnissen“, „beispielhaften Antworten“ und Antworten nach Top-Themen“



Anhang 12.4: Beispiel: Interview-Dokumentation Kurzstudie „Fehlervermeidung statt Fehlerbehebung“ entlang der acht Leitfragen




Anhang 12.5: Beispiele: Ergebnisse Kurzstudie „Fehlervermeidung statt Fehlerbehebung“ in Form von Erfolgsfaktoren inkl. Beschreibung, Indikatoren, Rahmenbedingungen und Methoden/Vorgehen



Aus den Interviews konnten wir 8 wesentliche Erfolgsfaktoren für „Fehlervermeidung statt Fehlerbehebung“ ableiten (2/3).

<p>1 Stringentes Prozess- und Projektmanagement</p>	<ul style="list-style-type: none"> Strukturierte und robuste Entwicklungs-Prozesse mit klaren Verantwortlichkeiten. Konsequente reifeorientierte Reviews als Quality Gates für die Entwicklung. Interdisziplinäre Teams insbesondere zur Bewertung von Qualitäts-Aspekten und Ableitung von Maßnahmen. Projektmanagement inkl. Qualitäts- und Methodenplanung in der frühen Phase der Entwicklung.
<p>2 Durchgängiges Anforderungsmanagement</p>	<ul style="list-style-type: none"> Vollumfängliche Erfassung, Analyse und Bewertung der Kundenforderungen. Präzise Spezifikation aller qualitätskritischen Anforderungen und robuste Auslegung der Produktarchitektur. Durchgängige Absicherungs-/Erprobungsplanung über Komponenten-, Teilsystem- und Gesamt-Produktebene bezogen auf die spezifizierten Anforderungen.
<p>3 Klare Führung und offene Q-Kultur</p>	<ul style="list-style-type: none"> Klares Bewusstsein und hohe Aufmerksamkeit für Qualität im (Top-)Management. Flächendeckende Akzeptanz für das Thema Qualität auf der operativen Ebene. Qualitätsaffine und konsequent präventive Entwicklungskultur.
<p>4 Stimmiges Zielsystem und stringente Ziel-lenkung</p>	<ul style="list-style-type: none"> Qualität objektiv quantifizierbar machen. Stimmiges und ausgewogenes Qualitäts-Zielsystem (ggü. Kosten und Zeit) über alle Hierarchieebenen. Quantifizierung der Ziellücke und harte Indikatoren/Prognosen für die Wirkung von Maßnahmen.

©3DSE vertraulich / confidential

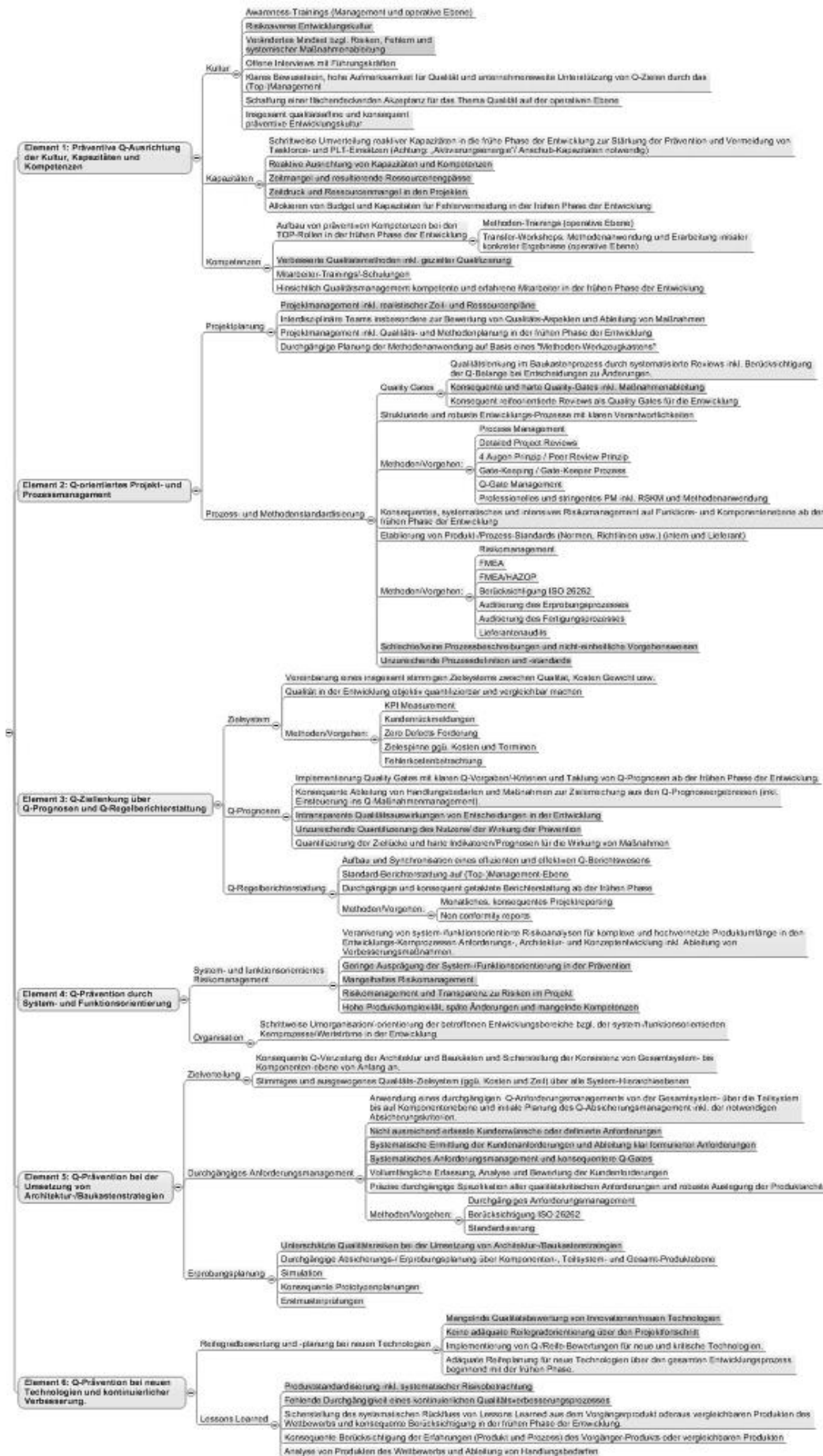


Die Details zu den Erfolgsfaktoren geben Hinweise für mögliche Indikatoren, wichtige Rahmenbedingungen und anwendbare Methoden für „Fehlervermeidung statt Fehlerbehebung“ (1/3).

Erfolgsfaktor	Indikatoren	Rahmenbedingungen	Methoden/Vorgehen
<p>1 Stringentes Prozess- & Projektmanagement</p>	<ul style="list-style-type: none"> Effiziente Prozesse und Sicherung einer hohen Q Einbringung von Erfahrung "Durchbruchziele" müssen bei Konzeptübergabe in Serienentwicklung "grün" sein Baselining Früherkennung von Fehlern Zusammenbringen von Experten aus Entwicklung, Fertigung und Qualitätssicherung Q-Planung und Methodenplanung inkl. Maßnahmenmanagement Unrealistische Terminpläne/MS-Setzungen verhindern Sauberer Projektaufsatz/Projektdefinition/Projektstruktur Institutionalisierung von Notfall- und Krisenmechanismen bei Projektstart 	<ul style="list-style-type: none"> Engagement der Prozesseigner Stabilität der Organisation und der Prozesse Eindeutigkeit der Verantwortung Bewusste Durchführung und Planung von Iterationen Trennung bestimmter Rollen, d.h. 4 Augen Prinzip / Peer Review Prinzip organisatorisch abbilden IPTs, Vernetzung unterschiedlicher Funktionen/Disziplinen Ressourcenallokation (Zeit und Budget) in früher Phase 	<ul style="list-style-type: none"> Process Management Detailed Project Reviews Gate-Keeping / -Keeper Prozess Q-Gates Management Professionelles und stringentes PM inkl. RSKM und Methodenanwendung
<p>2 Durchgängiges Anforderungsmanagement</p>	<ul style="list-style-type: none"> Fehlervermeidung in späten Phasen aufgrund schlecht spezifizierter Anforderungen Kundenanf. erkennen und richtig beschreiben. Präzise technische Spezifikation von Systemen, Subsystemen bis hin zu Komponenten Definition quantitativer Messgrößen von qualitätskritischen Anforderungen Robuste Auslegung des Designs "Erster Wurf" sollte möglichst reifes Produkt ergeben Robuster Verifizierungsplan Virtuelle Modelle, die volles physikalisches Abbild des Produktes darstellen. Optimierung in früher Phase Definition von Tests / Inspections sowie Planung der Durchführung 	<ul style="list-style-type: none"> Konsequentes Anforderungsmanagement schon vor Projektinitialisierung implementiert Personen mit Anwender- und Kundenwissen sowie "Nahe zum Kunden" Ausgeprägte und intensive Definitions-/Spezifikationsphase bzgl. Kundenanforderungen / -applikationen und Akzeptanzkriterien. Kenntnis der Anforderungen und der Produktfunktionen Etablierte Prozesse und Einbettung von Verifikation/Validierung in die PE 	<ul style="list-style-type: none"> Durchgängiges Anforderungsmanagement Aufstellen einer hochwertigen Spec Berücksichtigung ISO 26262 Standardisierung Simulation Prototypen Erstmusterprüfungen

©3DSE vertraulich / confidential

Anhang 12.6: Gesamtergebnis der Herleitung der Elemente der Prävention inkl. der inhaltlichen Clustern



Anhang 12.7: Vernetzung der zentralen Elemente der Prävention im Detail (1/4)

Leserichtung: Vertikale Elemente beeinflussen horizontale Elemente		Elemente			
		Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen			
Elemente	Teil-Elemente	Ableitung von Q-Zielen aus strategischen Zielen des Top-Managements	Breiten-Kommunikation in Richtung aller Beteiligten	Umverteilung bzw. Aufbau der präventiven Kapazitäten	Fokussierte Kommunikation bzw. der Kompetenzaufbau bei Q-Verantwortlichen
Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	Ableitung von Q-Zielen aus strategischen Zielen des Top-Managements		Strategische Q-Ziele unterstützen die Breitenkommunikation	Strategische Zielsetzungen liefern eine Begründung für eine Umverteilung bzw. den Aufbau	Strategische Q-Ziele liefern die Notwendigkeit eines Kompetenzaufbaus
	Breiten-Kommunikation in Richtung aller Beteiligten	Breitenkommunikation schafft Akzeptanz für strategische Q-Ziele		Breitenkommunikation regt bei den Verantwortlichen zum Umdenken bzgl. der Kapazitätsverteilung an	Breitenkommunikation bereitet fokussierte Kommunikation vor
	Umverteilung bzw. Aufbau der präventiven Kapazitäten				Umverteilungen schaffen die Notwendigkeit für den präventiven Kompetenzaufbau
	Fokussierte Kommunikation bzw. der Kompetenzaufbau bei Q-Verantwortlichen			Kompetenzaufbau ist Voraussetzung zur Umverteilung bzw. Aufbau der Kapazitäten	
Element 2: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	Definition Entwicklungsprozess inkl. klarer Verantwortungen		Klare Verantwortungen im Entwicklungsprozess machen eine Auswahl der relevanten Rollen möglich		Kenntnis über die Aufgaben in der frühen Phase inkl. Verantwortung macht einen gezielten Kompetenzaufbau möglich
	Implementierung Q-Gates und Reviews				
	Aufsetzen Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten				Der Werkzeugkasten legt die Felder des Kompetenzaufbaus fest
	Projektplanung inkl. Anwendung der Prozess- und Methodenstandardisierung			Innerhalb der Projektplanung müssen die notwendigen präventiven Kapazitäten eingefordert werden	Aus der Projektplanung ergibt sich ggf. die Notwendigkeit von kurzfristigem Kompetenzaufbau
Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	Durchführung von Q-Prognosen	Die Q-Prognosen ermöglichen die Lenkung der strategischen Q-Ziele			
	Aufbau Q-Regelberichterstattung	Die Q-Managementberichte spiegeln die Erreichung der vorgegebenen Q-Ziele wieder			
Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement			Das system- und funktionsorientierte Risikomanagement bindet präventive Kapazitäten	Das system- und funktionsorientierte Risikomanagement benötigt spezielle Kompetenzen
	Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung			Die Etablierung von Funktionsverantwortlichen ist ein Teil des Aufbaus präventiver Kapazitäten	Bei den Funktionsverantwortlichen müssen spezielle Kompetenzen aufgebaut werden
Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	Reifebewertung und -planung bei neuen Technologien			Berücksichtigung der Kapazitäten für die Durchführung der Reifebewertungen und -planung	Für die Durchführung der Reifebewertung und -planung ist ggf. der Aufbau von Kompetenzen notwendig
	Systematische Erfassung Lessons Learned zum Projektstart			Berücksichtigung der Kapazitäten für die systematische Erfassung der Lessons Learned	Berücksichtigung ggf. notwendiger Kompetenzen für die systematische Erfassung der Lessons Learned
Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukasten-strategien	Stimmige und konsistente Q-Zielverteilung		Die verteilten Ziele müssen klar in der breite kommuniziert werden		Die verteilten Ziele müssen klar an die Verantwortlichen kommuniziert werden
	Durchgängige Q-Anforderungsentwicklung				Die spezifischen Inhalte der durchgängigen Q-Anforderungsentwicklung müssen beim Aufbau von Kapazitäten und Kompetenzen berücksichtigt werden
	Durchgängige Q-Absicherungsplanung				Die spezifischen Inhalte der durchgängigen Q-Absicherungsplanung müssen beim Aufbau von Kapazitäten und Kompetenzen berücksichtigt werden

Anhang 12.8: Vernetzung der zentralen Elemente der Prävention im Detail (2/4)

Leserichtung: Vertikale Elemente beeinflussen horizontale Elemente		Element 2: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement			
Elemente	Teil-Elemente	Definition Entwicklungsprozess inkl. klarer Verantwortungen	Implementierung Q-Gates und Reviews	Aufsetzen Q-Prozess- und Methoden-Werkzeugkasten	Projektplanung inkl. Anwendung der Prozess- und Methodenstandardisierung
Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	Ableitung von Q-Zielen aus strategischen Zielen des Top-Managements	Einforderung der Einhaltung der Entwicklungsprozesse durch das Top-Management	Strategische Q-Ziele beeinflussen die Härte der Q-Gates/Reviews	Einforderung der Einhaltung der Q-Prozesse durch das Top-Management	Einforderung der Einhaltung der Entwicklungs- und Q-Prozesse durch das Top-Management
	Breiten-Kommunikation in Richtung aller Beteiligten		Breitenkommunikation bzw. Q-Kultur beeinflusst die Konsequenz der Q-Gates/Reviews		Breitenkommunikation macht auf die Anwendung Entwicklungs- und Q-Prozesse zur Reduzierung der Nicht-Qualität aufmerksam
	Umverteilung bzw. Aufbau der präventiven Kapazitäten	Umverteilungen schaffen die Notwendigkeit für die klare Definition der Entwicklungsprozesse in der frühen Phase		Umverteilungen schaffen die Notwendigkeit für die klare Definition der Q-Prozesse in der frühen Phase	Bereitstellen ausreichender Kapazitäten für Methoden- und Q-Prozess-Anwendung
	Fokussierte Kommunikation bzw. der Kompetenzaufbau bei Q-Verantwortlichen		Zur Durchführung von Q-Gates und Reviews müssen kompetente Mitarbeiter zur Verfügung stehen		Aufbau und Bereitstellung kompetenter Mitarbeiter für Q-Prozess- und Methoden-Anwendung
Element 2: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	Definition Entwicklungsprozess inkl. klarer Verantwortungen	X	Der definierte Entwicklungsprozess ist Voraussetzung dafür, dass Q-Gates und Reviews verankert werden können	Der Entwicklungsprozess ist Voraussetzung dafür, dass Q-Prozesse und -Methoden definiert werden können	Der definierte Entwicklungsprozess ist Voraussetzung dafür, dass eine Projektplanung erfolgen kann
	Implementierung Q-Gates und Reviews	Q-Gates und Reviews werden im Entwicklungsprozess implementiert	X	Q-Gates und Reviews geben die Taktung und Inhalte vor und berücksichtigen die Ergebnisse der Q-Prozesse und -Methoden	Q-Gates und Reviews müssen innerhalb der Projektplanung berücksichtigt werden
	Aufsetzen Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten	Der Werkzeugkasten muss nahtlos im Entwicklungsprozess integriert werden	Anwendung des Werkzeugkasten erzeugt Ergebnisse für die Q-Gates und Reviews	X	Der Werkzeugkasten ist die Basis für die Projektplanung
	Projektplanung inkl. Anwendung der Prozess- und Methodenstandardisierung		Die Projektplanung berücksichtigt alle Q-Gates und Reviews	Die Projektplanung berücksichtigt alle Q-Prozesse und -Methoden	X
Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	Durchführung von Q-Prognosen	Q-Prognosen orientieren sich zeitlich und inhaltlich am Entwicklungsprozess	Q-Prognosen werden zeitlich und inhaltlich durch die Q-Gates und Reviews getaktet	Q-Prognosen müssen im Werkzeugkasten enthalten sein	Die Durchführung von Q-Prognosen wird in der Projektplanung berücksichtigt
	Aufbau Q-Regelberichterstattung	Die Taktung der Q-Regelberichterstattung orientiert sich zeitlich und inhaltlich am Entwicklungsprozess	Die Taktung der Q-Regelberichterstattung orientiert sich zeitlich und inhaltlich an den Q-Gates und Reviews		Die Q-Regelberichterstattung muss in der Projektplanung berücksichtigt werden
Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement		Die Ergebnisse des system- und funktionsorientierten Risikomanagements werden in den Q-Gates und Reviews berücksichtigt	Das system- und funktionsorientierte Risikomanagement ist Bestandteil des Werkzeugkasten	Das system- und funktionsorientierte Risikomanagement wird in der Projektplanung berücksichtigt
	Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung	Die Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung macht ggf. eine Anpassung des Entwicklungsprozesses inkl. Verantwortung notwendig			Die Rolle und Aufgaben der Funktionsverantwortlichen müssen in der Projektplanung berücksichtigt werden
Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	Reifebewertung und -planung bei neuen Technologien		Die Reifebewertung und -planung wird zeitlich durch die Q-Gates und Reviews getaktet	Reifebewertung und -planung sind Bestandteil des Werkzeugkasten	Berücksichtigung der Durchführung der Reifebewertungen und planung in der Projektplanung
	Systematische Erfassung Lessons Learned zum Projektstart			Die systematische Erfassung von Lessons Learned ist Bestandteil des Werkzeugkasten	Prozessuale Lessons Learned müssen in der Projektplanung berücksichtigt werden
Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukasten-strategien	Stimmige und konsistente Q-Zielverteilung		Die Erreichung bzw. Verfehlung der verteilten Q-Ziele erfolgt konsequent zu jedem Q-Gate		
	Durchgängige Q-Anforderungsentwicklung		Die durchgängige Anforderungsentwicklung schafft Abnahmekriterien für Q-Gates	Die durchgängige Q-Anforderungsentwicklung ist Bestandteil des Werkzeugkasten	Berücksichtigung der Q-Anforderungsentwicklung in der Projektplanung
	Durchgängige Q-Absicherungsplanung		Die durchgängige Q-Absicherungsplanung schafft Abnahmekriterien für Q-Gates	Die durchgängige Q-Anforderungsentwicklung ist Bestandteil des Werkzeugkasten	Berücksichtigung der Q-Absicherungsplanung in der Projektplanung

Anhang 12.9: Vernetzung der zentralen Elemente der Prävention im Detail (3/4)

Leserichtung: Vertikale Elemente beeinflussen horizontale Elemente	Elemente	Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung		Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	
Elemente	Teil-Elemente	Durchführung von Q-Prognosen	Aufbau Q-Regelberichterstattung	Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement	Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung
Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	Ableitung von Q-Zielen aus strategischen Zielen des Top-Managements	Strategische Q-Ziele sind Grundvoraussetzung der Ziellenkung	Einfordern der Management-Berichterstattung durch das Top-Management		
	Breiten-Kommunikation in Richtung aller Beteiligten		Breitenkommunikation schafft Anreiz für weitere Informationsbereitstellung über Regelberichte		
	Umverteilung bzw. Aufbau der präventiven Kapazitäten			Bereitstellen ausreichender Kapazitäten für Anwendung system- und funktionsorientiertem Risikomanagement	Aufbau Kapazitäten ist Voraussetzung für die funktionsverantwortlichen Rollen
	Fokussierte Kommunikation bzw. der Kompetenzaufbau bei Q-Verantwortlichen	Kompetenzen und Expertenwissen zur Prognosedurchführung muss vorhanden sein		Kompetenzen zur Durchführung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements muss vorhanden sein	Kompetenzen zur Erfüllung der Aufgaben und zur Durchführung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements müssen vorhanden sein
Element 2: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	Definition Entwicklungsprozess inkl. klarer Verantwortungen	Der definierte Entwicklungsprozess schafft die zeitlichen und inhaltlichen Rahmenbedingungen für die Durchführung der Q-Prognosen	Der definierte Entwicklungsprozess schafft die zeitlichen und inhaltlichen Rahmenbedingungen für die Q-Regelberichterstattung		Der Entwicklungsprozess ist Grundvoraussetzung für die Schaffung der organisatorischen Rahmenbedingungen in Form von Funktionsverantwortlichen
	Implementierung Q-Gates und Reviews	Q-Gates und Reviews geben die Taktung und Inhalte vor	Q-Gates und Reviews geben die Taktung und Inhalte für die Q-Regelberichterstattung vor	Q-Gates und Reviews geben die Taktung und Inhalte vor und berücksichtigen die Ergebnisse der system- und funktionsorientierten Risikoanalysen	
	Aufsetzen Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten	Der Werkzeugkasten muss die Q-Prognosen als Standard-Q-Prozess enthalten		Der Werkzeugkasten muss die system- und funktionsorientierten Risikoanalysen als Standard-Q-Prozess enthalten	
	Projektplanung inkl. Anwendung der Prozess- und Methodenstandardisierung	Die Projektplanung berücksichtigt die Durchführung der Q-Prognosen	Die Projektplanung berücksichtigt alle Q-Regelberichte	Die Projektplanung berücksichtigt die Durchführung der system- und funktionsorientierten Risikoanalysen	
Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	Durchführung von Q-Prognosen		Die Ergebnisse der Q-Prognosen sind zentraler Bestandteil der Q-Regelberichterstattung	Berücksichtigt Risiken aus system- und funktionsorientiertem Risikomanagement und schafft Kommunikationsplattform	
	Aufbau Q-Regelberichterstattung	Die Q-Regelberichterstattung berücksichtigt die Ergebnisse der Q-Prognosen		Berücksichtigt Risiken aus system- und funktionsorientiertem Risikomanagement und schafft Kommunikationsplattform	
Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement	Die Ergebnisse des system- und funktionsorientierten Risikomanagements werden in den Q-Prognosen berücksichtigt	Die Ergebnisse des system- und funktionsorientierten Risikomanagements werden in der Q-Regelberichterstattung berücksichtigt		Die Durchführung des system- und funktionsorientierten Risikomanagement ist zentrale Aufgabe der Funktionsverantwortlichen
	Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung			Die Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung unterstützt die Durchführung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements erheblich	
Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	Reifebewertung und -planung bei neuen Technologien	Die Reifebewertung ist die Eingangsgröße für quantifizierte Bewertung innerhalb der Q-Prognosen	Die Ergebnisse der Reifebewertung und -planung werden in der Q-Regelberichterstattung berücksichtigt		
	Systematische Erfassung Lessons Learned zum Projektstart	Die quantifizierten Ergebnisse der Lessons Learned Erfassung müssen in den Q-Prognosen berücksichtigt werden			
Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukasten-strategien	Stimmige und konsistente Q-Zielverteilung	Die zielgerichtete Q-Lenkung der verteilten Q-Ziele erfolgt über die Q-Prognosen	Die zielgerichtete Q-Lenkung der verteilten Q-Ziele erfolgt über die Q-Regelberichterstattung	Die verteilten Ziele müssen bei der Durchführung des system- und funktionsorientierten Risikomanagements berücksichtigt werden	
	Durchgängige Q-Anforderungsentwicklung		Die Ergebnisse der durchgängigen Q-Anforderungsentwicklung werden in der Q-Regelberichterstattung berücksichtigt	Die spezifizierten Q-Anforderungen sind im system- und funktionsorientierten Risikomanagement zu berücksichtigen	
	Durchgängige Q-Absicherungsplanung		Die Ergebnisse der durchgängigen Q-Absicherungsplanung werden in der Q-Regelberichterstattung berücksichtigt		

Anhang 12.10: Vernetzung der zentralen Elemente der Prävention im Detail (4/4)

Leserichtung: Vertikale Elemente beeinflussen horizontale Elemente	Elemente	Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung		Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien		
Elemente	Teil-Elemente	Reifebewertung und -planung bei neuen Technologien	Systematische Erfassung Lessons Learned zum Projektstart	Stimmige und konsistente Q-Zielverteilung	Durchgängige Q-Anforderungsentwicklung	Durchgängige Q-Absicherungsplanung
Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	Ableitung von Q-Zielen aus strategischen Zielen des Top-Managements			Strategisches Q-Ziel ist Inputgröße für die Q-Zielverteilung bei Baukästen		
	Breiten-Kommunikation in Richtung aller Beteiligten		Wissen bei allen Beteiligten begünstigt Informationsbereitstellung in Form von Lessons Learned			
	Umverteilung bzw. Aufbau der präventiven Kapazitäten	Bereitstellen ausreichender Kapazitäten für konsequente Reifebewertung und -planung	Bereitstellen ausreichender Kapazitäten für systematische Erfassung der Lessons Learned		Bereitstellen ausreichender Kapazitäten für Durchführung Q-Anforderungsentwicklung und ggf. neuer organisatorischer Einheit	Bereitstellen ausreichender Kapazitäten für Durchführung Q-Absicherungsplanung und ggf. neuer organisatorischer Einheit
	Fokussierte Kommunikation bzw. der Kompetenzaufbau bei Q-Verantwortlichen	Kompetenzen zur Reifebewertung und -planung müssen vorhanden sein	Kompetenzen zur Erfassung, Beschreibung und Bewertung der Lessons Learned müssen vorhanden sein	Kompetenzen zur quantifizierten Potentialabschätzung innerhalb der Zielverteilung muss bei den Verantwortlichen vorhanden sein	Kompetenzen zur durchgängigen Q-Anforderungsentwicklung müssen vorhanden sein	Kompetenzen zur durchgängigen Q-Absicherungsplanung müssen vorhanden sein
Element 2: Q-orientiertes Prozess- und Projektmanagement	Definition Entwicklungsprozess inkl. klarer Verantwortungen	Der definierte Entwicklungsprozess schafft die zeitlichen und inhaltlichen Rahmenbedingungen für die Reifebewertung und -planung	Der definierte Entwicklungsprozess schafft die zeitlichen und inhaltlichen Rahmenbedingungen für die Erfassung der Lessons Learned		Der definierte Entwicklungsprozess schafft die zeitlichen und inhaltlichen Rahmenbedingungen für die durchgängige Q-Anforderungsentwicklung	Der definierte Entwicklungsprozess schafft die zeitlichen und inhaltlichen Rahmenbedingungen für die durchgängige Q-Absicherungsplanung
	Implementierung Q-Gates und Reviews	Q-Gates und Reviews geben die Taktung und Inhalte vor und berücksichtigen die Ergebnisse der Reifeplanung			Q-Gates und Reviews geben die Taktung und Inhalte vor und berücksichtigen die Ergebnisse der Q-Anforderungsentwicklung	Q-Gates und Reviews geben die Taktung und Inhalte vor und berücksichtigen die Ergebnisse der Q-Absicherungsplanung
	Aufsetzen Q-Prozess- und -Methoden-Werkzeugkasten	Der Werkzeugkasten muss die Reifebewertung und -planung als Standard-Q-Prozess enthalten	Der Werkzeugkasten muss die systematische Erfassung der Lessons Learned als Standard-Q-Prozess enthalten		Der Werkzeugkasten muss die durchgängige Q-Anforderungsentwicklung als Standard-Q-Prozess enthalten	Der Werkzeugkasten muss die durchgängige Q-Absicherungsplanung als Standard-Q-Prozess enthalten
	Projektplanung inkl. Anwendung der Prozess- und Methodenstandardisierung	Die Projektplanung berücksichtigt die Durchführung der Reifebewertungen und die Reifeplanung	Die Projektplanung berücksichtigt die systematische Erfassung von Lessons Learned		Die Projektplanung berücksichtigt die durchgängige Q-Anforderungsentwicklung	Die Projektplanung berücksichtigt die durchgängige Q-Absicherungsplanung
Element 3: Zielgerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelberichterstattung	Durchführung von Q-Prognosen	Berücksichtigt Reifebewertungen aus und schafft Kommunikationsplattform	Berücksichtigt quantifizierte Lessons Learned und schafft Kommunikationsplattform	Die Q-Prognosen ermöglichen die Lenkung der verteilten Q-Ziele wieder		
	Aufbau Q-Regelberichterstattung	Berücksichtigt Reifebewertungen aus und schafft Kommunikationsplattform	Berücksichtigt quantifizierte Lessons Learned und schafft Kommunikationsplattform	Die Q-Regelberichterstattung stellen die Ziel-Lücke zu den verteilten Q-Ziele wieder		
Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung	Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement	Die Ergebnisse des system- und funktionsorientierten Risikomanagements sollten in die Reifebewertung der neuen Technologie mit einfließen				Die Ergebnisse des system- und funktionsorientierten Risikomanagements sollten in Q-Absicherungsplanung berücksichtigt werden
	Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung				Die Funktionsverantwortlichen können einen Mehrwert bei der Spezifikation funktionaler Q-Anforderungen liefern	Die Funktionsverantwortlichen können einen Mehrwert bei der Q-Absicherungsplanung funktionaler Anforderungen liefern
Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	Reifebewertung und -planung bei neuen Technologien				Die Ergebnisse der Reifebewertung werden in der Q-Anforderungsentwicklung berücksichtigt	Die Ergebnisse der Reifebewertung und -planung werden in der Q-Absicherungsplanung berücksichtigt
	Systematische Erfassung Lessons Learned zum Projektstart				Die Ergebnisse der Lessons Learned Erfassung müssen in der Q-Anforderungsentwicklung berücksichtigt werden	Die Ergebnisse der Lessons Learned Erfassung müssen in der Q-Absicherungsplanung berücksichtigt werden
Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukasten-strategien	Stimmige und konsistente Q-Zielverteilung				Die verteilten Q-Ziele sind die Eingangsgröße für die durchgängige Q-Anforderungsentwicklung	Die verteilten Q-Ziele werden neben den spezifizierten Anforderungen als Kriterium für die durchgängige Q-Absicherung genutzt
	Durchgängige Q-Anforderungsentwicklung	Die spezifizierten Q-Anforderungen sind in der Reifebewertung und -planung zu berücksichtigen				Die durchgängige Q-Anforderungsentwicklung ist notwendige Voraussetzung für die durchgängige Q-Absicherungsplanung
	Durchgängige Q-Absicherungsplanung				Die durchgängige Q-Absicherungsplanung setzt direkt auf der durchgängigen Q-Anforderungsentwicklung auf	

Anhang 12.12: Bewertung der Beeinflussung der Teil-Elemente (2/2)

Elemente Leserichtung: Vertikale Elemente beeinflussen horizontale Elemente	Elemente Teil-Elemente	Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktionsorientierung		Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung		Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukastenstrategien			Summe Bewertung Beeinflussung je Teil-Element (absolut/relativ)	
		Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement	Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung	Reifebewertung und - planung bei neuen Technologien	Systematische Erfassung Lessons Learned zum Projektstart	Stimmige und konsistente Q- Zielverteilung	Durchgängige Q- Anforderungs- entwicklung	Durchgängige Q- Absicherungsplanung		
Element 1: Präventive Q-Ausrichtung der Kultur, Kapazitäten und Kompetenzen	Ableitung von Q-Zielen aus strategischen Zielen des Top- Managements Breiten-Kommunikation in Richtung aller Beteiligten Umverteilung bzw. Aufbau der präventiven Kapazitäten Fokussierte Kommunikation bzw. der Kompetenzaufbau bei Q- Verantwortlichen	0 0 2 3	0 3 1	0 3 3	0 1 2 2	3 0 0 1	0 0 3 2	0 0 3 2	24 8 22 22	7,9% 2,6% 7,2% 7,2%
Element 2: Q- orientiertes Prozess- und Projektmanagement	Definition Entwicklungsprozess inkl. klarer Verantwortungen Implementierung Q-Gates und Reviews Aufsetzen Q-Prozess- und - Methoden-Werkzeugkasten Projektplanung inkl. Anwendung der Prozess- und Methodenstandardisierung Durchführung von Q-Prognosen	0 2 3 2 2	2 0 0 0 0	3 3 3 2 2	2 0 3 2 2	0 0 0 0 0	3 2 2 2 2	2 2 2 2 2	29 22 23 21 18	9,5% 7,2% 7,5% 6,9% 5,9%
Element 3: Ziel- gerichtete Q-Lenkung über Q-Prognosen und Q-Regelbericht- erstattung	Aufbau Q-Regelberichterstattung	2	0	2	2	2	0	0	18	5,9%
Element 4: Prävention von Nicht-Qualität durch System- und Funktions- orientierung	Durchführung system- und funktionsorientiertes Risikomanagement Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen für System- und Funktionsorientierung	3	1	3	0	0	0	2	16	5,2%
Element 5: Prävention von Nicht-Qualität bei neuen Technologien und kontinuierlicher Verbesserung	Reifebewertung und -planung bei neuen Technologien Systematische Erfassung Lessons Learned zum Projektstart	0	0	0	0	0	0	3	16	5,2%
Element 6: Prävention von Nicht-Qualität bei Umsetzung von Architektur- und Baukasten-strategien	Stimmige und konsistente Q- Zielverteilung Durchgängige Q- Anforderungsentwicklung Durchgängige Q- Absicherungsplanung	3 3 0	0 0 0	0 1 0	0 0 0	0 0 0	3 3 1	2 3 1	20 14 8	6,6% 4,6% 2,6%
Summe Bewertung Abhängigkeit	je Teil-Element (absolut/relativ)	25 8,2%	7 2,3%	25 8,2%	16 5,2%	8 2,6%	27 8,9%	28 9,2%		

Bewertungs-Schem:
 0 keine Beeinflussung
 1 geringe Beeinflussung
 2 starke Beeinflussung
 3 sehr starke Beeinflussung

Anhang 12.13: Reifebewertung Technologie Akustik/Schwingungen

Reifebewertung: Technologie - Akustik/Schwingungen											
Datum: 07.06.20xx											
Bewertungs-Team: Name, Abteilung; Name, Abteilung...											
Themenfeld	Fragen	Bewertung						Reife-grad	Sofort-Maßnahmen	Verant-wortlich	Ziel-Termin
		Umsetzungsgrad			terminliche Einordnung						
		Ja	zum Teil	Nein	nicht kritisch	kritisch	nicht dar-stellbar				
System- definition	Sind die grundlegenden Anforderungen an das Gesamtsystem (z.B. Projektauftrag, Systemübersicht, grundlegende Funktionsabläufe) bekannt und dokumentiert?	x						75%			
	Sind die grundlegenden Anforderungen an die Komponenten (z.B. detaillierte Funktionsübersicht, Wirkprinzipien) bekannt?			x		x		25%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
	Sind alle Haupt- und Teilfunktionen bekannt und vollständig dargestellt (z.B. hierarchische Darstellung des Systems inklusive aller Funktionen)?		x			x		50%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
	Sind die mechanischen Wechselwirkungen mit funktional vernetzten Systemen identifiziert und bewertet (z.B. Anforderungen der Komponente an das Gesamtsystem)?				x	x		25%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
	Sind die elektronischen Wechselwirkungen mit funktional vernetzten Systemen identifiziert und bewertet (z.B. Anforderungen der Komponente an das Gesamtsystem, Steuergerätekommunikation)?	x				x		100%			
Sind alle Auswirkungen der neuen Technologie auf die Produkt-Eigenschaften identifiziert, bewertet und dokumentiert?				x	x		25%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx	
Architektur- kompatibilität	Kann die neue Technologie in die Produktarchitektur integriert werden?	x			x			100%			
Ausfall- verhalten	Sind Rückfall-Ebenen (Konzepte) vorhanden und definiert, die verhindern, dass auftretende Fehler der neuen Technologie sofort zu stark kundenrelevanten Beeinträchtigungen führen (z.B. Gesamtsystemausfall)?	x			x			100%			
	Ist bereits definiert, wie ein Ausfallverhalten bzw. Funktionsausfall im Gesamtsystem diagnostiziert wird? Ist die Machbarkeit der Diagnose bewertet und nachgewiesen?		x		x			75%			
	Wurde das Ausfallverhalten des Wettbewerbs analysiert und berücksichtigt?		x		x			75%			
	Sind die Auswirkungen des Ausfallverhaltens auf die Erreichung der Q-Ziele bewertet und quantifiziert worden?		x		x			75%			
Rückfall- Lösungen	Sind Rückfall-Lösungen (mit den davon betroffenen Komponenten) betrachtet worden, die als Ersatz für die Funktion eingesetzt werden können (z.B.: Welche anderen Systeme oder Produktumfänge können hiervon betroffen sein)?		x		x			75%			
	Sind die Auswirkungen der Rückfall-Lösungen auf die Produkt-Eigenschaften und -Ziele bekannt?	x			x			100%			
Gesetzliche Anforderungen	Sind alle relevanten gesetzlichen Anforderungen berücksichtigt?	x			x			100%			
Absicherung	Wurden in ausreichendem Maß System-/Funktionsanalysen, ggf. mit Funktionsabläufen und Fehlerpfaden für das Gesamtsystem und alle Teilsysteme/Komponenten durchgeführt?		x			x		50%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
	Sind über die wesentlichen Umfänge Risikoanalysen durchgeführt worden (z.B. System-FMEA)?		x			x		50%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
	Wurden bereits grundlegende Absicherungsaktivitäten für die späte Phase der Entwicklung festgelegt?				x	x		25%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
Lieferant	Sind Risiken durch systemspezifische Lieferantenabhängigkeiten identifiziert und bewertet?			x			x	0%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
Umwelt- verträglichkeit	Ist die Umweltverträglichkeit des Systems untersucht und bewertet?	x			x			100%			
Herstellbarkeit	Sind Risiken im Produktions- und Einkaufsprozess (in-house und Lieferant) identifiziert und bewertet?		x				x	25%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
Kunden- relevanz	Sind Untersuchungen hinsichtlich der Kundengruppen, -verhalten und der Akzeptanz der neuen Technologie durch den Kunden durchgeführt worden (z.B. Kundenbefragungen, „Produktkliniken“)?		x			x		50%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
	Ist die flächendeckende Einführung der neuen Technologie über das gesamte Produktportfolio geplant und/oder bekannt?		x			x		50%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
Aggregation								61%			

Anhang 12.14: Reifebewertung Technologie Sicherheit

		Reifebewertung: Technologie - Sicherheit									
Datum: 04.06.20xx Bewertungs-Team: Name, Abteilung; Name, Abteilung...		Bewertung						Reife-grad	Sofort-Maßnahmen	Verant-wortlich	Ziel-Termin
Themenfeld	Fragen	Umsetzungsgrad			terminliche Einordnung						
		Ja	zum Teil	Nein	nicht kritisch	kritisch	nicht dar-stellbar				
System- definition	Sind die grundlegenden Anforderungen an das Gesamtsystem (z.B. Projektauftrag, Systemübersicht, grundlegende Funktionsabläufe) bekannt und dokumentiert?	x			x			100%			
	Sind die grundlegenden Anforderungen an die Komponenten (z.B. detaillierte Funktionsübersicht, Wirkprinzipien) bekannt?		x		x			75%			
	Sind alle Haupt- und Teilfunktionen bekannt und vollständig dargestellt (z.B. hierarchische Darstellung des Systems inklusive aller Funktionen)?	x			x			100%			
	Sind die mechanischen Wechselwirkungen mit funktional vernetzten Systemen identifiziert und bewertet (z.B. Anforderungen der Komponente an das Gesamtsystem)?			x		x		25%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
	Sind die elektronischen Wechselwirkungen mit funktional vernetzten Systemen identifiziert und bewertet (z.B. Anforderungen der Komponente an das Gesamtsystem, Steuergerätekommunikation)?		x			x		50%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
	Sind alle Auswirkungen der neuen Technologie auf die Produkt-Eigenschaften identifiziert, bewertet und dokumentiert?		x				x	25%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
Architektur- kompatibilität	Kann die neue Technologie in die Produktarchitektur integriert werden?	x			x			100%			
Ausfall- verhalten	Sind Rückfall-Ebenen (Konzepte) vorhanden und definiert, die verhindern, dass auftretende Fehler der neuen Technologie sofort zu stark kundenrelevanten Beeinträchtigungen führen (z.B. Gesamtsystemausfall)?		x		x			75%			
	Ist bereits definiert, wie ein Ausfallverhalten bzw. Funktionsausfall im Gesamtsystem diagnostiziert wird? Ist die Machbarkeit der Diagnose bewertet und nachgewiesen?	x			x			100%			
	Wurde das Ausfallverhalten des Wettbewerbs analysiert und berücksichtigt?	x			x			100%			
	Sind die Auswirkungen des Ausfallverhaltens auf die Erreichung der Q-Ziele bewertet und quantifiziert worden?		x			x		50%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
Rückfall- Lösungen	Sind Rückfall-Lösungen (mit den davon betroffenen Komponenten) betrachtet worden, die als Ersatz für die Funktion eingesetzt werden können (z.B.: Welche anderen Systeme oder Produktumfänge können hiervon betroffen sein)?	x			x			100%			
	Sind die Auswirkungen der Rückfall-Lösungen auf die Produkt-Eigenschaften und -Ziele bekannt?	x			x			100%			
Gesetzliche Anforderungen	Sind alle relevanten gesetzlichen Anforderungen berücksichtigt?			x		x		25%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
Absicherung	Wurden in ausreichendem Maß System-/Funktionsanalysen, ggf. mit Funktionsabläufen und Fehlerpfaden für das Gesamtsystem und alle Teilsysteme/Komponenten durchgeführt?		x			x		50%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
	Sind über die wesentlichen Umfänge Risikoanalysen durchgeführt worden (z.B. System-FMEA)?		x			x		50%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
	Wurden bereits grundlegende Absicherungsaktivitäten für die späte Phase der Entwicklung festgelegt?			x			x	0%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx
Lieferant	Sind Risiken durch systemsspezifische Lieferantenabhängigkeiten identifiziert und bewertet?		x		x			75%			
Umwelt- verträglichkeit	Ist die Umweltverträglichkeit des Systems untersucht und bewertet?	x			x			100%			
Herstellbarkeit	Sind Risiken im Produktions- und Einkaufsprozess (in-house und Lieferant) identifiziert und bewertet?		x		x			75%			
Kunden- relevanz	Sind Untersuchungen hinsichtlich der Kundengruppen, -verhalten und der Akzeptanz der neuen Technologie durch den Kunden durchgeführt worden (z.B. Kundenbefragungen, „Produktkliniken“)?		x		x			75%			
	Ist die flächendeckende Einführung der neuen Technologie über das gesamte Produktportfolio geplant und/oder bekannt?		x		x			75%			
Aggregation								69%			

Anhang 12.15: Reifebewertung Technologie Leichtbau

		Reifebewertung: Technologie - Leichtbau										
Datum: 06.06.20xx Bewertungs-Team: Name, Abteilung; Name, Abteilung...		Bewertung							Reife-grad	Sofort-Maßnahmen	Verant-wortlich	Ziel-Termin
Themenfeld	Fragen	Umsetzungsgrad			terminliche Einordnung							
		Ja	zum Teil	Nein	nicht kritisch	kritisch	nicht dar-stellbar					
System- definition	Sind die grundlegenden Anforderungen an das Gesamtsystem (z.B. Projektauftrag, Systemübersicht, grundlegende Funktionsabläufe) bekannt und dokumentiert?	x				x		75%				
	Sind die grundlegenden Anforderungen an die Komponenten (z.B. detaillierte Funktionsübersicht, Wirkprinzipien) bekannt?	x				x		75%				
	Sind alle Haupt- und Teilfunktionen bekannt und vollständig dargestellt (z.B. hierarchische Darstellung des Systems inklusive aller Funktionen)?	x				x		75%				
	Sind die mechanischen Wechselwirkungen mit funktional vernetzten Systemen identifiziert und bewertet (z.B. Anforderungen der Komponente an das Gesamtsystem)?		x			x		75%				
	Sind die elektronischen Wechselwirkungen mit funktional vernetzten Systemen identifiziert und bewertet (z.B. Anforderungen der Komponente an das Gesamtsystem, Steuergerätekommunikation)?		x			x		75%				
	Sind alle Auswirkungen der neuen Technologie auf die Produkt-Eigenschaften identifiziert, bewertet und dokumentiert?		x				x	25%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx	
Architektur- kompatibilität	Kann die neue Technologie in die Produktarchitektur integriert werden?	x			x			100%				
Ausfall- verhalten	Sind Rückfall-Ebenen (Konzepte) vorhanden und definiert, die verhindern, dass auftretende Fehler der neuen Technologie sofort zu stark kundenrelevanten Beeinträchtigungen führen (z.B. Gesamtsystemausfall)?	x			x			100%				
	Ist bereits definiert, wie ein Ausfallverhalten bzw. Funktionsausfall im Gesamtsystem diagnostiziert wird? Ist die Machbarkeit der Diagnose bewertet und nachgewiesen?	x			x			100%				
	Wurde das Ausfallverhalten des Wettbewerbs analysiert und berücksichtigt?		x			x		50%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx	
	Sind die Auswirkungen des Ausfallverhaltens auf die Erreichung der Q-Ziele bewertet und quantifiziert worden?		x			x		50%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx	
Rückfall- Lösungen	Sind Rückfall-Lösungen (mit den davon betroffenen Komponenten) betrachtet worden, die als Ersatz für die Funktion eingesetzt werden können (z.B.: Welche anderen Systeme oder Produkteumfänge können hiervon betroffen sein)?	x			x			100%				
	Sind die Auswirkungen der Rückfall-Lösungen auf die Produkt-Eigenschaften und -Ziele bekannt?		x			x		50%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx	
Gesetzliche Anforderungen	Sind alle relevanten gesetzlichen Anforderungen berücksichtigt?	x			x			100%				
Absicherung	Wurden in ausreichendem Maß System-/Funktionsanalysen, ggf. mit Funktionsabläufen und Fehlerpfaden für das Gesamtsystem und alle Teilsysteme/Komponenten durchgeführt?		x			x		50%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx	
	Sind über die wesentlichen Umfänge Risikoanalysen durchgeführt worden (z.B. System-FMEA)?		x			x		50%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx	
	Wurden bereits grundlegende Absicherungsaktivitäten für die späte Phase der Entwicklung festgelegt?	x				x		100%				
Lieferant	Sind Risiken durch systemspezifische Lieferantenabhängigkeiten identifiziert und bewertet?		x			x		50%	Erstellung detaillierte Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx	
Umwelt- verträglichkeit	Ist die Umweltverträglichkeit des Systems untersucht und bewertet?	x			x			100%				
Herstellbarkeit	Sind Risiken im Produktions- und Einkaufsprozess (in-house und Lieferant) identifiziert und bewertet?		x				x	25%	Erstellung Reifeplanung	Name, Abteilung	29.11.20xx	
Kunden- relevanz	Sind Untersuchungen hinsichtlich der Kundengruppen, -verhalten und der Akzeptanz der neuen Technologie durch den Kunden durchgeführt worden (z.B. Kundenbefragungen, „Produktkliniken“)?	x			x			100%				
	Ist die flächendeckende Einführung der neuen Technologie über das gesamte Produktportfolio geplant und/oder bekannt?	x			x			100%				
Aggregation								74%				

Anhang 12.16: Reifeplanung der kritischen Technologien (1/3)

Q-Gate/ Meilenstein		(A) Projekt-Auftrag				(B) Architektur-Review				(C) Architekturbestätigung			
Monate vor SoP		60	82			44							
Technologien	Verinbarte Reife	Anforderer	Lieferant/Verantw.	Verinbarte Reifeanforderungen	Verinbarte Reife	Anforderer	Lieferant/Verantw.	Verinbarte Reifeanforderungen	Verinbarte Reife	Anforderer	Lieferant/Verantw.	Verinbarte Reifeanforderungen	
Technologie - Sicherheit	R0	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Ziele/Wirkkette von Eigenschaft/Funktion bekannt, nicht konzeptionell dargestellt. - Keine Implementierung. 	R1	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Mechanische Eigenschaft/Funktion ist vollständig für das Auslegungsfahrzeug virtuell dargestellt. - Das Anforderungsset der Crash-Eigenschaften ist für das Auslegungsfahrzeug vollständig erstellt. - Maßnahmen zur Erreichung der Fahrzeugeigenschaften auf Basis Entscheidungsstand sind bekannt. 	R2	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Die crashtrelevanten Eigenschaften können noch fehlerhaft sein. - Bekannte Maßnahmen zur Zielerreichung sind im Konzept vorgehalten aber noch nicht entschieden. 	
Technologie - Leichtbau	R0	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Vorläufige Gewichts-Zielorientierungswerte des Gesamtfahrzeugs und dessen Eigenschaften sind bekannt, nicht konzeptionell dargestellt. - Entwurf Modulgewichts-Zielorientierungswerte liegen vor. - Eine Steuerungspauschale für Gewicht ist im Ziel vorgehalten (individuell). - Die Steuerung des Gewichts auf Modul- und Gesamtfahrzeug-Ebene ist angestoßen. 	R1	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Vorläufige Gewichts-Zielorientierungswerte des Gesamtfahrzeugs, der Eigenschaften liegen vor. - Modul-Gewichtsschale für Gewicht ist im Ziel vorgehalten (individuell). - Der erste Planungsstand des Gewichtes ist erhoben. - Ein Leichtbau-Programm ist bei Zielabweichung größer 3% vereinbart und für alle Fahrzeuge aufgesetzt. 	R2	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Gewichts-Zielorientierungswerte für Gesamtfahrzeug und Module liegt vor. - Eine Steuerungspauschale für Gewicht ist im Ziel vorgehalten (individuell). - Maßnahmen zur Erreichung der Funktionsziele (Akustik, Fahrdynamik, Fzg. Sicherheit, Betriebsfestigkeit, Aerodynamik, etc.) sind inkl. Gewichtsbeurteilung (durch Entwicklungsbereiche) vollständig auf Modulebene abgebildet. - Ein Leichtbau-Programm ist bei Zielabweichung größer 2% vereinbart und für alle Fahrzeuge aufgesetzt. - Die Terminierung der Chancen/Risiken ist angestossen. 	
Technologie - Akustik/ Schwingungen	R0	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Ziele/Wirkkette von Eigenschaft/ Funktion bekannt, nicht konzeptionell dargestellt. - Keine Implementierung. 	R1	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Grundmotor ist auf Prüfstand lauffähig. - Tendenzielle Aussagen können getroffen werden. - Das Achs- und Kinematikkonzept ist im Vergleich zum Vorgänger auf Vor- und Nachteil zur Zielerreichung Akustik und Schwingungen bewertet. 	R2	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Es liegen Messungen zu den wichtigsten akustischen Parametern wie Impulsfähigkeit, Pegel vor Motorlagern, Abstrahlung usw. im Vergleich zum Vorgänger vor. - Das Achs- und Kinematikkonzept ist mit Fahrwerkslagern und Kinematik zur Zielerreichung auslegt. - Funktion implementiert, nicht bedatet. Eigenschaft ist im Teilsystem erlebbar. 	

Anhang 12.17: Reifeplanung der kritischen Technologien (2/3)

		(D) Anforderungsbestätigung				(E) Konzeptbestätigung			
Q-Gate/ Meilenstein Monate vor SoP		31				24			
Technologien	Verleibare Reife	Anforderer	Lieferant/ Verantw.	Verleibare Reifeanforderungen	Verleibare Reife	Anforderer	Lieferant/ Verantw.	Verleibare Reifeanforderungen	
Technologie - Sicherheit	R3 nicht vereinbart	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Eigenschaft/Funktion ist konzeptionell mechanisch und elektrisch dargestellt und im Gesamtfahrzeug erprobungstauglich. - Details der Komponente können noch verfeinert werden und sind ggf. auch mit Nacharbeit nicht beherrschbar. - Die crashrelevanten Eigenschaften der Komponente sind eingebracht und die Funktion am Teilsystem nachgewiesen. - Bewertete Maßnahmen zur Erreichung der Fahrzeugeigenschaften sind terminiert bzw. wurden entschieden. - Material, Steifigkeit, Anbindung, Geometrie ist seriennah entsprechend Konstruktionsstand. 	R4 nicht vereinbart	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Eigenschaft/Funktion ist vollständig mechanisch und elektrisch dargestellt und im Gesamtfahrzeug erprobungstauglich. - Details der Komponente können noch verfeinert werden und sind ggf. auch mit Nacharbeit nicht beherrschbar. - Die crashrelevanten Eigenschaften der Komponente sind im Serienprozess (Versuchswerkzeug möglich) eingebracht und die Funktion am Teilsystem nachgewiesen. - Bewertete Maßnahmen zur Erreichung der Fahrzeugeigenschaften sind größtenteils entschieden. 	
Technologie - Leichtbau	R3 nicht vereinbart	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Gewichts-Zielorientierungswerte für Gesamtfahrzeug und Module liegt vor. - Eine Steuerungspauschale für Gewicht ist im Ziel vorgehalten (individuell). - Minderungen und Mehrungen in Summe ergeben maximal 3% des Zielorientierungswertes auf Modul-/Gesamtfahrzeugebene (Absolutwerte aufsummiert, nicht gegengerechnet). - Maßnahmen zur Erreichung der Funktionsziele (Akustik, Fahrdynamik, Fzg. Sicherheit, Betriebsfestigkeit, Aerodynamik, etc.) sind als Minderungen/Minderungen inkl. Gewichtsbeurteilung (durch Entwicklungsbereiche) vollständig auf Modulebene abgebildet. - Ein Leichtbau-Programm ist bei Zielabweichung größer 1,5% vereinbart und für alle Fahrzeuge aufgesetzt. - Die Terminierung der Chancen/Risiken ist angeschlossen. - Die Terminierung der Chancen/Risiken ist vollständig gelegt. - Maßnahmen zur Erreichung der Funktionsziele (Akustik, Fahrdynamik, Fzg. Sicherheit, Betriebsfestigkeit, Aerodynamik, etc.) sind als Chancen/Risiken inkl. Gewichtsbeurteilung (durch Entwicklungsbereiche) vollständig auf Modulebene abgebildet. 	R4	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Sämtliche Gewichtsziele auf Gesamtfahrzeug-/Modulebene sind vereinbart. - Ggf. ist eine Steuerungspauschale Gewicht für die Projektleitung vereinbart. - Minderungen und Mehrungen (Absolutwerte) in Summe ergeben maximal 2% des Entscheidungsstands auf Modul-/Gesamtfahrzeugebene (Absolutwerte aufsummiert, nicht gegengerechnet). - Maßnahmen zur Erreichung der Funktionsziele (Akustik, Fahrdynamik, Fzg. Sicherheit, Betriebsfestigkeit, Aerodynamik, etc.) sind als Minderungen/Minderungen vollständig terminiert. - Alle Konzeptkritischen Maßnahmen sind als Minderung/Minderung abgebildet und terminiert. - (bei Ampel ROT) Maßnahmen zur Ziel-Lücken-Schließung sind erarbeitet und dargestellt. - Die Terminierung der Chancen/Risiken ist vollständig gelegt. - Die Bilanz von Chancen/Risiken ist mindestens ausgeglichen zugunsten der Chancen. Die Summe der Chancen/Risiken (Absolutwerte) beträgt max 2% des Entscheidungsstands. - Maßnahmen zur Erreichung der Funktionsziele (Akustik, Fahrdynamik, Fzg. Sicherheit, Betriebsfestigkeit, Aerodynamik, etc.) sind als Chancen/Risiken vollständig terminiert. 	
Technologie - Akustik/ Schwingungen	R3 nicht vereinbart	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Der Antrieb ist in der bestehende Fahrzeugstruktur dargestellt und integriert in die Gesamtfahrzeugstruktur sowie zum Vorgänger gemessen. Es wird eine Risikoabschätzung erstellt. - Das zukünftige Fahrwerk ist in einem Modultreiber erlebbar und der Pfad vom Radträger bis zu den Einleitungsstellen an der Karosserie auf Anbindungsstellen evtl. Zielkonflikte Fahrdynamik zu Akustik/Schwingungen sind aufgezeigt. - Eigenschaft ist konzeptionell, mechanisch und elektrisch in Hardware für das Auslegungsfahrzeug dargestellt. Eigenschaft kann im Gesamtfahrzeug beurteilt werden. 	R4 nicht vereinbart	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Der Antrieb ist im zukünftigen Fahrzeug hinsichtlich Leistung, Drehmoment und Akustik erlebbar. Zielwerte an den Einleitungsstellen sind gemessen. Die unterschiedlichen Risikovorhalte werden umgesetzterlebar gemacht. Der Applikatoreinfluss der Motorakustik (Pneumatisierung, Ladebrück und Drehmoment) muss dargestellt sein. - Am zukünftigen Fahrwerk sind die Schnittmomente an Karosserie und Antrieb gemessen. Geringe Abweichungen vom Zielwert müssen im Bereich der Lager-/Dämpferabstimmung und Karosserieabstimmung beherrschbar sein. - Karosserieabstrahlung, Dämmung und Dichtheit erfüllen die Zielwerte. Zielwerte für Erprobung in vollem Umfang vorhanden. Reifen erfüllen 80% der Zielvorgaben. - Bewertete Maßnahmen zur Erreichung der Fahrzeugeigenschaften sind vollständig entschieden. Abweichungen müssen innerhalb der Serienreife beherrschbar sein. Akustikphänomene müssen untereinander stimmig sein. 	

Anhang 12.18: Reifeplanung der kritischen Technologien (3/3)

Q-Gate/ Meilenstein Monate vor SoP		(F) Produktbestätigung 12				(G) Anlaufbestätigung 0			
Technologien	Vereinbarte Reife	Anforderer	Lieferant/ Verantw.	Vereinbarte Reifeanforderungen	Vereinbarte Reife	Anforderer	Lieferant/ Verantw.	Vereinbarte Reifeanforderungen	
Technologie - Sicherheit	R5	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Eigenschaft/Funktion ist vollständig mechanisch und elektrisch dargestellt. - Alle Varianten sind ohne Einschränkung funktionsfähig. - Die Maßnahmen zur Erreichung der Crashanforderungen sind umgesetzt können aber noch leicht fehlerhaft sein. - 100% Erfüllungsgrad Gesetzesanforderungen. - 90% Erfüllungsgrad Eigenschaftsanforderungen. - 90% Erfüllungsgrad Lastennett 	R6	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Eigenschaft/Funktion ist seriennreif. - Alle Varianten sind ohne Einschränkung funktionsfähig. - Die Crashanforderungen sind im Gesamtfahrzeug nachgewiesen. - Material, Steifigkeit, Anbindung, Geometrie ist seriengleich. 	
Technologie - Leichtbau	R5	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Sämtliche Gewichtsziele auf Gesamtfahrzeug-Modulebene sind vereinbart. - Ggf. ist eine Steuerungspauschale Gewicht für die Projektleitung vereinbart. - Minderungen und Mehrungen (Absolutwerte) in Summe ergeben maximal 1% des Entscheidungsstands auf Modul-/Gesamtfahrzeugebene (Absolutwerte aufsummiert, nicht gegengerechnet). - 95% der Gewichtsdaten sind durch Wägung plausibilisiert, der Rest ist berechnet. - Das Leichtbau-Programm wird erlassen. - ChancenRisiken (Absolutwerte) in Summe ergeben maximal 1% des Entscheidungsstands auf Modul-/Gesamtfahrzeugebene (Absolutwerte aufsummiert, nicht gegengerechnet). - Die Bilanz von ChancenRisiken ist mindestens ausgeglichen zugunsten der Chancen. 	R6	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Sämtliche Gewichtsziele auf Gesamtfahrzeug/Modulebene sind vereinbart. - Ggf. ist eine Steuerungspauschale Gewicht für die Projektleitung vereinbart. - Alle Hindernisse und Mehrungen sind umgesetzt. - Die Gewichtsdaten sind vollständig plausibilisiert durch Wägung. - ChancenRisiken sind vollständig aufgelöst. 	
Technologie - Akustik/ Schwingungen	R5	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Der Antrieb ist im zukünftigen Fahrzeug erlebbar. Die unterschiedlichen Maßnahmen sind im Fahrzeug dargestellt. 90% Erreichung der Zielvorgaben. - Das Fahrwerk erfüllt die ausgelegten Schrittmomente zur Karosserie und zum Motor im Gesamtfahrzeug. - Eigenschaft/ Funktion ist vollständig mechanisch und elektrisch dargestellt, fein bedatet. Kann noch leicht fehlerhaft sein, per Nacharbeit behebbar. Eigenschaft ist im Auslegungsfahrzeug und für Haupt- und Nebentypen ohne Einschränkungen erlebbar, kann kleine Fehler aufweisen. Bewertete Maßnahmen zur Erreichung der Fahrzeugeigenschaften sind entschieden. Uneingeschränkte Straßentreibgabe. 	R6	Name, Abteilung	Name, Abteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Der Antrieb erfüllt die Vorgabewerte im Gesamtfahrzeug. - Die Akustik und Schwingungen durch Fahrbahnanregung erfüllt die Zielwerte. - Eigenschaft/ Funktion ist seriennreif. Eigenschaft ist in allen wichtigen Varianten (Haupt und Nebentypen) ohne Einschränkungen erlebbar. Alle wichtigen Varianten sind abgesichert. Uneingeschränkte Verwendung. 	