

Modulare Prüfplanung

Von der Fakultät für Maschinenwesen
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

**Diplom-Ingenieur Diplom-Kaufmann
Marcus Bernards**

aus

Leverkusen

Berichter:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. (BR) Prof. h.c. (TJ) Dr.h.c. Tilo Pfeifer

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Robert Heinrich Schmitt

Tag der mündlichen Prüfung: 21.Dezember 2005

Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Hochschulbibliothek online verfügbar.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement des Laboratoriums für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Tilo Pfeifer, dem ehemaligen Inhaber des Lehrstuhls, der mich seinerzeit einstellte. Durch sein Vertrauen in die Mitarbeiter seines Lehrstuhls schaffte er stets ein Arbeitsklima, in dem es Spaß gemacht hat zu arbeiten und in dem ich mich außerordentlich entwickeln konnte. Insbesondere die Kombination aus intensiver Projektarbeit und praxisnaher Forschung machten die Arbeit besonders spannend und herausfordernd. Darüber hinaus sind es die persönlichen Gespräche und Diskussionen die ich sehr geschätzt habe und mich nicht nur fachlich prägten. Ich freue mich sehr, dass ich bei ihm promovieren durfte.

Herrn Professor Robert Schmitt, dem neuen Inhaber des Lehrstuhls, danke ich herzlich für die konstruktiven Diskussionen, die sehr zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben. Die recht kurze Zeit, die ich unter seiner Leitung gearbeitet habe, habe ich ebenfalls sehr genossen.

Herrn Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Alexander Sauer danke ich für das vorgelegte Tempo und die intensive Unterstützung bei Dissertation und Vortrag.

Meinen Kollegen und meiner Kollegin am Institut möchte ich für das kollegiale und freundschaftliche Arbeitsumfeld danken. Für die konstruktiven Diskussionen und die Durchsicht der Arbeit gebührt mein besonderer Dank Herrn Dipl.-Ing. Mark Betzold und Herrn Dipl.-Ing. Jens Dören.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, die stets volles Vertrauen in mich hatten und dadurch meine Entwicklung entscheidend geprägt haben – ihnen widme ich diese Arbeit.

Langenfeld, im Dezember 2005

Marcus Bernards

Inhaltsübersicht

Inhaltsübersicht	I
Inhaltsverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VII
1. Einleitung	1
1.1. Wissenschaftliche und theoretische Problemstellung	1
1.2. Ziel und Aufbau der Arbeit	2
2. Wissenschaftliche Grundlagen	5
2.1. Wandel der Unternehmenslandschaft und des Qualitätsmanagements.....	5
2.2. Wandel und Positionierung der Prüfplanung	13
2.3. Funktionen der Prüfplanung	18
2.4. Prüfplanungsrelevante QM-Methoden	23
2.5. Fazit.....	41
3. Analyse der Informationsbeziehungen der Prüfplanung	43
3.1. Systematisierung der Informationen	43
3.2. Modellierung der Schnittstellen	49
3.3. Fazit.....	73
4. Konzept der modularen Prüfplanung	75
4.1. Reflexion	75
4.2. Struktur des Konzepts	75
4.3. Konzeption der Module.....	79
4.4. Definition der Module	85
4.5. Fazit.....	104
5. Fallbeispiele	107
5.1. Migration von Konstruktionsdaten.....	107
5.2. Komplexe Produktentwicklung.....	113
6. Zusammenfassung und Ausblick	119
7. Literaturverzeichnis.....	123
8. Anhang	139
8.1. Analyse der systematisierten Begriffe.....	139
8.2. Auswahl einer Modellierungsmethode.....	143
8.3. Abhängigkeiten innerhalb der Prüfplanung	147
8.4. Gesamtmodell der externen Schnittstellen	149
8.5. Gesamtmodell der internen Schnittstellen.....	151
8.6. Aggregiertes Gesamtmodell der internen Schnittstellen.....	153
8.7. VMI-Matrix der involvierten Bereiche	155
8.8. Messgrößen der Modul-Anforderungen.....	156

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsübersicht	I
Inhaltsverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VII
1. Einleitung	1
1.1. Wissenschaftliche und theoretische Problemstellung	1
1.2. Ziel und Aufbau der Arbeit	2
2. Wissenschaftliche Grundlagen	5
2.1. Wandel der Unternehmenslandschaft und des Qualitätsmanagements.....	5
2.1.1. Qualitätsmanagement in den 50/60er Jahren	7
2.1.2. Qualitätsmanagement in den 70/80er Jahren	8
2.1.3. Qualitätsmanagement heute	10
2.2. Wandel und Positionierung der Prüfplanung	13
2.3. Funktionen der Prüfplanung	18
2.3.1. Auswahl der Prüfmerkmale.....	19
2.3.2. Beurteilung der Prüfnötwendigkeit	19
2.3.3. Festlegung des Prüfzeitpunktes	20
2.3.4. Festlegung der Prüfmart	20
2.3.5. Festlegung des Prüfumfanges	21
2.3.6. Festlegung des Prüfortes	21
2.3.7. Festlegung des Prüfpersonals	21
2.3.8. Auswahl des Prüfmittels.....	22
2.3.9. Erstellung der Prüfanweisung	22
2.4. Prüfplanungsrelevante QM-Methoden	23
2.4.1. Quality Function Deployment (QFD)	23
2.4.1.1. Eigenschaften des QFD	24
2.4.1.2. Vorgehen des QFD.....	25
2.4.1.3. Beteiligte Personen.....	26
2.4.1.4. Bewertung der Methode	27
2.4.1.5. Diskussion in Bezug auf die Prüfplanung	28
2.4.2. Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA).....	28
2.4.2.1. Eigenschaften der FMEA	29
2.4.2.2. Vorgehen der FMEA	30
2.4.2.3. Beteiligte Personen.....	31
2.4.2.4. Bewertung der Methode	32
2.4.2.5. Diskussion in Bezug auf die Prüfplanung	32
2.4.3. Statistische Versuchsmethodik (SVM)	33
2.4.3.1. Eigenschaften der SVM	33
2.4.3.2. Vorgehen der SVM	35
2.4.3.3. Beteiligte Personen.....	36
2.4.3.4. Bewertung der Methode	36
2.4.3.5. Diskussion in Bezug auf die Prüfplanung	37
2.4.4. Statistical Process Control (SPC)	37
2.4.4.1. Eigenschaften der SPC	38
2.4.4.2. Vorgehen der SPC	39
2.4.4.3. Beteiligte Personen.....	40
2.4.4.4. Bewertung der Methode	40
2.4.4.5. Diskussion in Bezug auf die Prüfplanung	40
2.5. Fazit	41

3.	Analyse der Informationsbeziehungen der Prüfplanung.....	43
3.1.	Systematisierung der Informationen	43
3.2.	Modellierung der Schnittstellen	49
3.2.1.	Modellierung der externen Schnittstellen der Prüfplanung.....	49
3.2.1.1.	Schnittstellen zur kaufmännisch-technischen Gesamtplanung	50
3.2.1.2.	Schnittstellen zur Qualitätsplanung.....	51
3.2.1.3.	Schnittstellen zur Konstruktion und Entwicklung	52
3.2.1.4.	Schnittstellen zur Arbeitsvorbereitung.....	54
3.2.1.5.	Schnittstellen zur Fertigung	56
3.2.1.6.	Schnittstellen zur Montage.....	59
3.2.1.7.	Gesamtmodell der externen Schnittstellen der Prüfplanung.....	60
3.2.2.	Modellierung der internen Schnittstellen der Prüfplanung	60
3.2.2.1.	Auswahl der Prüfmerkmale.....	61
3.2.2.2.	Beurteilung der Prüfnotwendigkeit	63
3.2.2.3.	Festlegung des Prüfumfangs	64
3.2.2.4.	Festlegung der Prüffart	66
3.2.2.5.	Festlegung des Prüfzeitpunktes.....	66
3.2.2.6.	Festlegung des Prüfortes	67
3.2.2.7.	Festlegung des Prüfpersonals	68
3.2.2.8.	Auswahl des Prüfmittels.....	69
3.2.2.9.	Erstellung der Prüfanweisungen.....	70
3.2.2.10.	Erstellung des internen Gesamtmodells	71
3.3.	Fazit.....	73
4.	Konzept der modularen Prüfplanung	75
4.1.	Reflexion	75
4.2.	Struktur des Konzepts	75
4.2.1.	Charakteristika eines Moduls	76
4.2.2.	Verknüpfung und Absicherung von Modulen.....	77
4.2.3.	Dimensionen der Gestaltung	79
4.3.	Konzeption der Module.....	79
4.3.1.	Gestaltungsrahmen der Module	80
4.3.1.1.	Funktionen der Prüfplanung.....	80
4.3.1.2.	Fachwissen	81
4.3.1.3.	QM-Methoden.....	82
4.3.2.	Gestaltung der intermodularen Schnittstellen	83
4.4.	Definition der Module.....	85
4.4.1.	Modul Planung	86
4.4.1.1.	Aufbau.....	87
4.4.1.2.	Ausgestaltung	88
4.4.1.3.	Absicherung	90
4.4.2.	Modul Entwicklung.....	90
4.4.2.1.	Aufbau.....	90
4.4.2.2.	Ausgestaltung	91
4.4.2.3.	Absicherung	94
4.4.3.	Modul Anlauf	94
4.4.3.1.	Aufbau.....	94
4.4.3.2.	Ausgestaltung	95
4.4.3.3.	Absicherung	98

4.4.4.	Modul Serie	99
4.4.4.1.	Aufbau	99
4.4.4.2.	Ausgestaltung	99
4.4.4.3.	Absicherung	101
4.4.5.	Modul Einsatz	102
4.4.5.1.	Aufbau	102
4.4.5.2.	Ausgestaltung	103
4.4.5.3.	Absicherung	103
4.5.	Fazit	104
5.	Fallbeispiele	107
5.1.	Migration von Konstruktionsdaten	107
5.2.	Komplexe Produktentwicklung	113
6.	Zusammenfassung und Ausblick	119
7.	Literaturverzeichnis	123
8.	Anhang	139
8.1.	Analyse der systematisierten Begriffe	139
8.1.1.	Detailanalyse der externen Verwendung	139
8.1.2.	Detailanalyse der internen Verwendung	141
8.2.	Auswahl einer Modellierungsmethode	143
8.2.1.	Anforderungen an die Modellierungsmethode	143
8.2.1.1.	Allgemeine Anforderungen an die Modellierungsmethode	143
8.2.1.2.	Spezielle Anforderungen an die Modellierungsmethode	144
8.2.2.	Auswahl einer geeigneten Modellierungsmethode	144
8.2.3.	Adaption der Modellierungsmethode	146
8.3.	Abhängigkeiten innerhalb der Prüfplanung	147
8.4.	Gesamtmodell der externen Schnittstellen	149
8.5.	Gesamtmodell der internen Schnittstellen	151
8.6.	Aggregiertes Gesamtmodell der internen Schnittstellen	153
8.7.	VMI-Matrix der involvierten Bereiche	155
8.8.	Messgrößen der Modul-Anforderungen	156

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wissenschaftliche und praktische Herausforderung	2
Abbildung 2: Forschungsprozess dieser Arbeit in Anlehnung an Ulrich.....	4
Abbildung 3: Entwicklungstrends der Unternehmen und des Qualitätsmanagements	7
Abbildung 4: Prüfplanung im Qualitätswesen und im TQM	14
Abbildung 5: Einordnung der Prüfplanung in die innerbetriebliche Ablauforganisation.....	14
Abbildung 6: Ansätze zur Parallelisierung der Prüfplanung.....	15
Abbildung 7: Abgrenzung des Untersuchungsbereichs innerhalb der Prüfplanung	18
Abbildung 8: Transformationsprozess nach Juran	24
Abbildung 9: Schematischer Aufbau des QFD – House of Quality und Phasen-Konzept	25
Abbildung 10: Vorgehen der FMEA.....	30
Abbildung 11: Vorgehen der SVM	35
Abbildung 12: Systematisierung der in der Literatur verwendeten Begriffe	43
Abbildung 13: Arbeitsplan	44
Abbildung 14: Daten der System-FMEA Prozess.....	44
Abbildung 15: Fertigungsfeinplan	45
Abbildung 16: Prozessinformationen.....	45
Abbildung 17: Prüfdokumente	46
Abbildung 18: Daten der System-FMEA Produkt	46
Abbildung 19: Konstruktionszeichnung.....	46
Abbildung 20: Stückliste	47
Abbildung 21: Prüfberichte	47
Abbildung 22: Schadensberichte.....	48
Abbildung 23: Wertschöpfungsstufen, Auftragsdaten, Produktionsanforderungen	48
Abbildung 24: Produktmerkmale	48
Abbildung 25: Qualitätsdaten.....	49
Abbildung 26: Kaufmännisch-technische Gesamtplanung.....	50
Abbildung 27: Qualitätsplanung	51
Abbildung 28: Konstruktion und Entwicklung	53
Abbildung 29: Arbeitsplanung	55
Abbildung 30: Fertigungsplanung.....	56
Abbildung 31: Fertigungssteuerung	57
Abbildung 32: Fertigungsqualitätsprüfung	58
Abbildung 33: Montage	59
Abbildung 34: Vorgehensweise bei der Detaillierung des internen Modells.....	61
Abbildung 35: Auswahl der Prüfmerkmale	62
Abbildung 36: Beurteilung der Prüfnotwendigkeit.....	63
Abbildung 37: Festlegung des Prüfumfangs	65
Abbildung 38: Festlegung der Prüfmart.....	66
Abbildung 39: Festlegung des Prüfzeitpunkts	67
Abbildung 40: Festlegung des Prüforts.....	68
Abbildung 41: Festlegung des Prüfpersonals.....	69
Abbildung 42: Auswahl des Prüfmittels	70
Abbildung 43: Erstellung der Prüfanweisung.....	71
Abbildung 44: Quality Gates in Prozessen	77
Abbildung 45: Gestaltungsdimensionen der modularen Prüfplanung	79
Abbildung 46: Gestaltungsrahmen der modularen Prüfplanung.....	80
Abbildung 47: Gegenüberstellung des alten und neuen Prüfplanungskonzepts	85
Abbildung 48: Aufbau des Moduls Planung.....	87
Abbildung 49: Anforderungen des Moduls Planung.....	90

Abbildung 50: Aufbau des Moduls Entwicklung.....	91
Abbildung 51: Anforderungen des Moduls Entwicklung	94
Abbildung 52: Aufbau des Moduls Anlauf.....	95
Abbildung 53: Anforderungen des Moduls Anlauf.....	98
Abbildung 54: Aufbau des Moduls Serie.....	99
Abbildung 55: Anforderungen des Moduls Serie	101
Abbildung 56: Aufbau des Moduls Einsatz	102
Abbildung 57: Anforderungen des Moduls Einsatz.....	104
Abbildung 58: Matrix der modularen Prüfplanung.....	105
Abbildung 59: Modul Planung: Prüfung vorausgewählt.....	108
Abbildung 60: Modul Entwicklung: Prüfung definiert.....	110
Abbildung 61: Modul Anlauf: Prüfung spezifiziert	111
Abbildung 62: Modul Serie: Prüfung realisiert.....	112
Abbildung 63: Entwicklungsprozess im Detail.....	113
Abbildung 64: Modul Entwicklung des Fallbeispiels	114
Abbildung 65: Anforderungen aus Prüfmerkmalen der Drainage	114
Abbildung 66: Messgrößen zur Anforderung Durchflussmenge	115
Abbildung 67: Angewandte Bewertungssystematik	117
Abbildung 68: Allgemeine Anforderungen an das Modell.....	143
Abbildung 69: Spezielle Anforderungen an das Modell.....	144
Abbildung 70: Erfüllungsgrade der Methoden.....	145
Abbildung 71: Modellierung einer Detaillierungsstufe	146
Abbildung 72: Analyse der Interdependenzen innerhalb der Prüfplanung.....	147
Abbildung 73: Modellierungsrelevante Interdependenzen innerhalb der Prüfplanung	148
Abbildung 74: Matrix der Modulverantwortlichkeit.....	155

Abkürzungsverzeichnis

AQL	Acceptable Quality Level
Aufl.	Auflage
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
DGQ	Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V.
DoE	Design of Experiments
F&E	Forschung und Entwicklung
FHA	Functional Hazard Analysis
FMEA	Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse
FMK	Fertigungs- und montagegerechte Konstruktion
ggf.	gegebenenfalls
hrsg.	herausgegeben
Hrsg.	Herausgeber
i	zu informierend
Jg.	Jahrgang
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
m	mitverantwortlich
Nr.	Nummer
QFD	Quality Function Deployment
QG	Quality Gate
QM	Qualitätsmanagement
RPZ	Risikoprioritätszahl
RWTH	Rheinisch Westfälische Technische Hochschule
RZ-A	Risikozahl Auftreten
RZ-B	Risikozahl Bedeutung
RZ-E	Risikozahl Entdeckung
S.	Seite
SPC	Statistical Process Control
SVM	Statistische Versuchsmethodik
TQM	Total Quality Management
v	verantwortlich
v.	von
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
vgl.	vergleiche
WZL	Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

1.1. Wissenschaftliche und theoretische Problemstellung

Stetig verändern sich Unternehmen, um sich den wandelnden Randbedingungen anzupassen:

Technologische, politische und soziokulturelle Veränderungen führen zu einer komplexeren und heterogeneren Unternehmensumwelt, einer generellen Dynamisierung des Wandels, einer starken Intensivierung des Wettbewerbs und zu einer gesteigerten Unsicherheit für die Unternehmensplanung.¹

Die Märkte werden zunehmend dynamischer, kundenindividuelle Produkte oder Dienstleistungen rücken stärker in den Fokus und gehen mit einer sich schnell erhöhenden Komplexität einher² – sowohl in Produkten als auch in Prozessen. Steigender Kosten- und Innovationsdruck sowie die Globalisierungsaktivitäten prägen das Bild.³

Ein reiner Kostenwettbewerb ist kein probates Mittel in dem Hochlohnland Deutschland.⁴ Unternehmen, die mit Gewinn produzieren wollen, müssen selbst komplexe Produktionsprozesse perfekt beherrschen.⁵ Entscheidend ist es, individualisierte Produkte zu fertigen und höchste Flexibilität in sich rasch wandelnden Märkten zu besitzen.⁶ Die Unternehmen reagieren mit der Konzentration auf Kernkompetenzen, der globalen Zusammenarbeit und optimieren inner- und zwischenbetriebliche Abläufe.⁷

Dass diese komplizierten Bedingungen nicht vollständig beherrscht sind, lässt sich auch dadurch vermuten, dass in der jüngeren Zeit vermehrt Produkte auf den Markt gebracht werden, die nicht ausgereift sind: Rückrufe sind heute an der Tagesordnung.⁸ Die Unternehmen haben den organisatorischen Wandel noch nicht ausreichend vollzogen; ihre Wettbewerbsfähigkeit wird eingeschränkt.⁹

Neben den direkt entstehenden Kosten für gesetzliche Haftung, Kulanz, Gewährleistung und Nachbesserung sind die indirekten Kosten durch Imageschaden und Kundenverlust nur schwer zu beziffern¹⁰ und übersteigen die direkten Kosten um ein Vielfaches.

Neue Organisationskonzepte entstehen, um den eigenen Handlungsspielraum zu erweitern und Wettbewerbsvorteile zu gewinnen.¹¹ Das Ziel eines Unternehmens muss es sein, qualita-

¹ Vgl. Thom/Wenger (2000), Bewertung, S. 8-9 und Schuh/Knoche (2005), Technologiekette, S. 259.

² Vgl. Spath (2005), Technologiemanagement, S. 2, Redeker/Keunecke/Pommerenke (2003), Qualitätsmanagement, S. 339, Westkämper (2004), Planen, S. 42, Hornen (2004), Unternehmensorganisation, S. 12 und Brinzer et al. (2005), Produktionsregelung, S. 275.

³ Vgl. Schuh (2005), Wettbewerbsfähigkeit, S. 1.

⁴ Vgl. Spath (2005), Technologiemanagement, S. 1.

⁵ Vgl. Driessen/Dietrich (2005), Inline-Messen, S. 43.

⁶ Vgl. Westkämper (2004), Planen, S. 42, Köberlein (2003), Produktentwicklung, S. 12 und Kirchner/Winkler/Westkämper (2003), Wandlungsfähigkeit, S. 254.

⁷ Vgl. Spath/Becker/Koch (2005), Arbeitsorganisation, S. 3-4 und Wiendahl (2003), Fabrikplanung, S. 226.

⁸ Vgl. Funck (2005), Qualität, S. 14.

⁹ Vgl. Spath (2005), Technologiemanagement, S. 1-2.

¹⁰ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 238, 192-194.

¹¹ Vgl. Wojda/Waldner (2000), Arbeitsorganisation, S. 33 und Schmitt/Hense (2005), Excellence, S. 12.

tiv hochwertige Produkte zu entwickeln, was nur durch einzigartige qualitätsoptimierte Prozesse möglich ist.¹² Qualität muss erzeugt werden, sie kann nicht erprüf werden.

In diesem Zusammenhang rückt eine Aktivität bzw. ein Prozess in den Fokus: Die Prüfplanung. Das Ziel der Prüfplanung ist es nicht, die Qualität durch verstärkte Kontrolle zu erprüf. Vielmehr liegt der Fokus darauf, die wesentlichen Merkmale eines Produktes aus Kunden- und technischer Sicht zu identifizieren und sie zur richtigen Zeit, an der richtigen Stelle und im richtigen Umfang zu prüfen.

Um dies in dem dynamischen Umfeld zu gewährleisten, muss die Prüfplanung, wie alle anderen Prozesse, an die veränderten Randbedingungen angepasst werden. Dies ist bis heute nicht geschehen. Die Prüfplanung wird seit den 80er Jahren nahezu unverändert ausgeführt. Veränderungen gab es lediglich in Bezug auf eine IT-Unterstützung in der Auswertung bzw. innerhalb einzelner Funktionen.¹³

Wesentliche Potenziale sind nicht erschlossen worden. Zum einen ist die Integration der Prüfplanung in die innerbetrieblichen Abläufe nicht diskutiert worden. Gegenwärtig wird sie im Rahmen der Arbeitsvorbereitung gesehen. Zum anderen sind, abgesehen von der FMEA, keine QM-Methoden in die Abläufe der Prüfplanung integriert – zumindest ist dies methodisch nicht vorgesehen. In den derzeit etablierten Fertigungsstrukturen werden viele Aufgaben des Qualitätsmanagements zu wenig situationsbezogen durchgeführt; dies betrifft insbesondere den Einsatz präventiver QM-Methoden.¹⁴

1.2. Ziel und Aufbau der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit und somit die wissenschaftliche und praktische Herausforderung, ist die Gestaltung eines Konzepts, mit dem die Prüfplanung in die unternehmensinternen Abläufe eingebettet und mit dem Einsatz von QM-Methoden kombiniert wird, Abbildung 1.

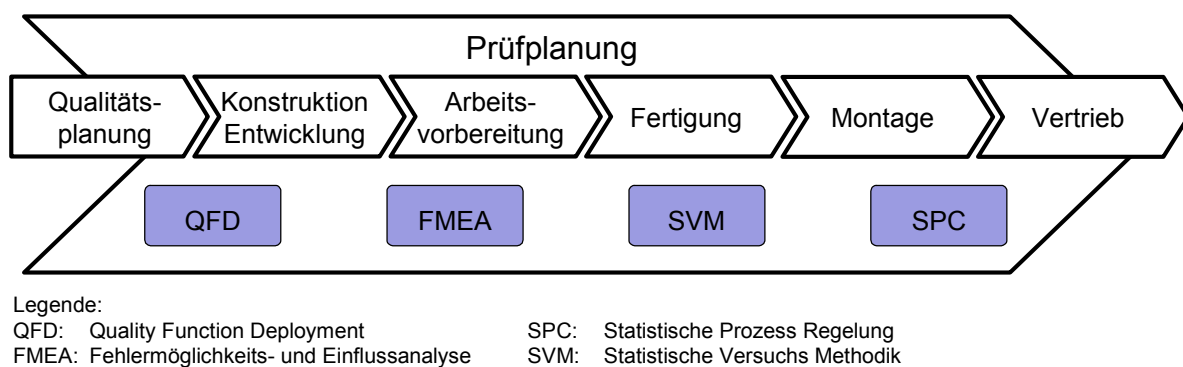


Abbildung 1: Wissenschaftliche und praktische Herausforderung

¹² Vgl. Richter/Raschke (2004), Kooperation, S. 38.

¹³ Vgl. Reles (1985), Auswahl, S. 97-115, Nürnberg (1999), Toleranzplanung, S. 49-100 und Crostack et al. (2004), Prüfplanung, S. 7-19.

¹⁴ Vgl. Redeker/Keunecke/Pommerenke (2003), Qualitätsmanagement, S. 340 und Funck (2005), Qualität, S. 15.

Eine Modularisierung der Prüfplanung birgt wesentliche Potenziale:

Erstens werden durch die Integration der Module in den Produktentstehungsprozess die Informationsflüsse optimiert – die Informationen werden am Ort ihrer Entstehung aufgenommen und ausgewertet. Die traditionelle Anwendung der Prüfplanung innerhalb der Arbeitsvorbereitung bedingt lange Informationswege zwischen der Prüfplanung und den relevanten Bereichen, die wirkungsvoll vermieden werden können. Außerdem kann auf ungefilterte Informationen zurückgegriffen werden, die nicht bereits mehrere Unternehmensabteilungen passiert haben.

Zweitens können QM-Methoden in den Modulen verankert werden, so dass ihre Anwendung gesteuert wird. Viele Methoden werden in der Praxis nur selten eingesetzt,¹⁵ da ihre Wirkmechanismen unzureichend bekannt sind und die Komplexität sowie der notwendige Lernaufwand seitens der Mitarbeiter zu hoch eingeschätzt werden.¹⁶ Sie werden oftmals nur als Alibi für Kundenforderungen angesehen, nicht als wirkungsvolle Handlungshilfen zur Prozessverbesserung.¹⁷ Durch die Verknüpfung mit den Modulen der Prüfplanung kann der Einsatz problemspezifisch gestaltet werden.

Drittens kann die Reife der Prüfplanung ermittelt werden, indem die Zielerreichung der einzelnen Module bewertet wird. Diese Bewertung gibt Aufschluss über zu ergreifende Maßnahmen; es kann frühzeitig korrigierend in den Prüfplanungsprozess eingegriffen werden.

Die Arbeit orientiert sich zur Realisierung der aufgezeigten Potenziale an der von Ulrich vorgeschlagenen Strategie der angewandten Forschung. Ausgehend von einer Aufnahme der praxisrelevanten Probleme werden bestehende Theorien und Verfahren untersucht, die einen Lösungsbeitrag leisten können. Mit diesen Erkenntnissen werden Kriterien und Regeln definiert, die die Gestaltung von Konzepten und Modellen ermöglichen. Es schließt sich eine Prüfung im Anwendungszusammenhang an, bevor die Implementierung in den Abläufen der Praxis den Forschungsprozess abschließt, Abbildung 2.

¹⁵ Vgl. Stahl (1997), FMEA, S. 16-17 und Schloske (1999), FMEA, S. 17-18.

¹⁶ Vgl. Pfeifer/Tillmann/Grundmann (2005), Verbesserungen, S. 25.

¹⁷ Vgl. Redeker/Keunecke/Pommerenke (2003), Qualitätsmanagement, S. 341.

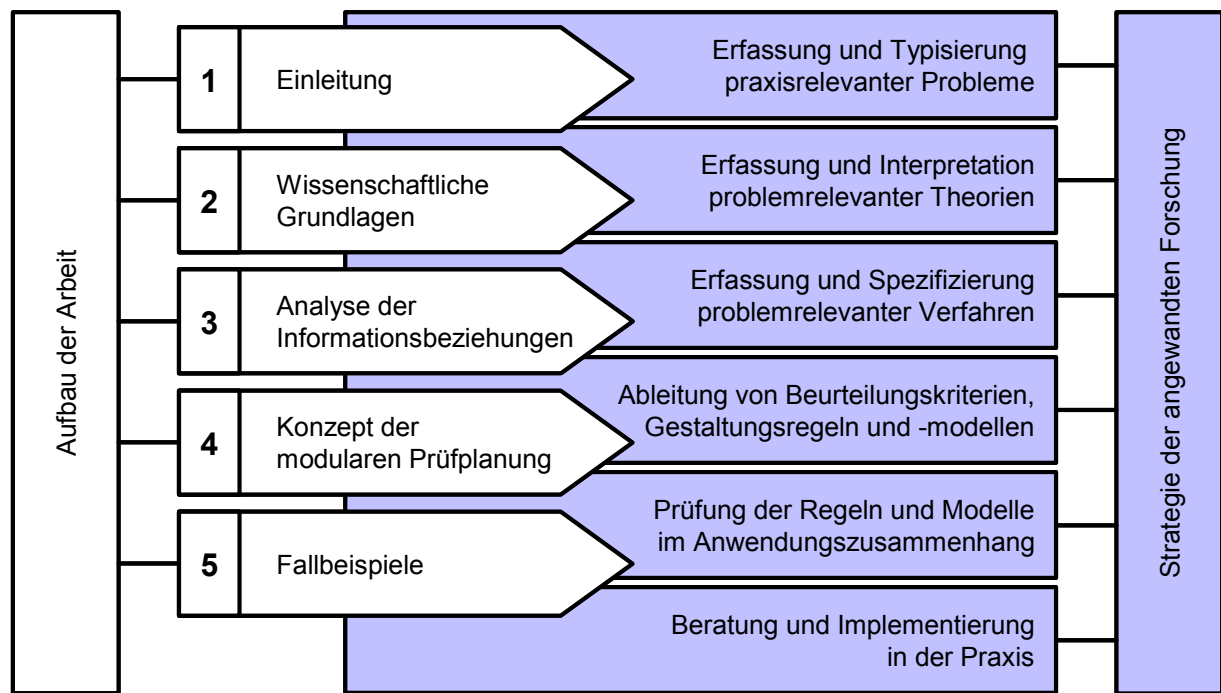


Abbildung 2: Forschungsprozess dieser Arbeit in Anlehnung an Ulrich¹⁸

In der Gliederung der Arbeit spiegelt sich diese Strategie wider. Während in der Einleitung die praxisrelevanten Problemstellungen beschrieben werden, stellen die wissenschaftlichen Grundlagen zum einen die durch die Veränderung in der Unternehmenslandschaft hervorgerufenen Randbedingungen dar. Zum anderen wird die Prüfplanung in ihrer derzeitigen Ausgestaltung vorgestellt und innerhalb der unternehmerischen Abläufe positioniert. Mit den vorgestellten QM-Methoden wird die Spezifizierung problemrelevanter Verfahren abgeschlossen.

Aufbauend auf einer umfassenden Analyse der in- und externen Schnittstellen der Prüfplanung wird ein Gestaltungsrahmen abgeleitet, in dem das Konzept der modularen Prüfplanung detailliert ausgearbeitet wird. Die Arbeit schließt mit der Vorstellung von Fallbeispielen, die die Umsetzung des Konzepts der modularen Prüfplanung in der industriellen Praxis verdeutlichen.

¹⁸ Vgl. Ulrich (1984), Sozialwissenschaft, S. 192.

2. Wissenschaftliche Grundlagen

In diesem Kapitel werden die wissenschaftlichen Grundlagen vorgestellt, die für die Konzeption der modularen Prüfplanung relevant sind. Ausgehend von der Beschreibung der Veränderung, denen die Unternehmen bzw. ihre Aufbau- und Ablauforganisation unterliegen, wird auf das sich im zeitlichen Ablauf verändernde Qualitätsverständnis eingegangen. Anschließend wird der Wandel der Prüfplanung thematisiert; sie wird innerhalb des Qualitätsmanagements positioniert und ihre Funktionen werden beschrieben. Des Weiteren werden ausgewählte Methoden des Qualitätsmanagements vorgestellt, die Schnittstellen zu der Prüfplanung besitzen bzw. Informationen mit ihr austauschen. Das Kapitel schließt mit einem Fazit, in dem die wesentlichen Ergebnisse zusammenfassend dargestellt werden.

2.1. Wandel der Unternehmenslandschaft und des Qualitätsmanagements

Wiendahl konstatiert, dass der Individualisierung, Informatisierung und Globalisierung des Wettbewerbs mit kontinuierlicher Verbesserung und Orientierung an den Kernkompetenzen begegnet werden kann.¹⁹ Beide Aspekte führen zu einem Wandel der Unternehmenslandschaft in Bezug auf Aufbau- und Ablauforganisation. Das Qualitätsmanagement verändert sich innerhalb dieser Strukturen.

Durchgängiges, zielgerichtetes Handeln wird von einem umfassenden Qualitätscontrolling unterstützt. Es koordiniert alle qualitätsrelevanten Aktivitäten und richtet diese an übergeordnete Zielgrößen aus. In einem dynamischen Umfeld sind nicht nur die Erfassungs- und Berichtszyklen an die aktuelle Situation anzupassen,²⁰ vielmehr ist die gesamte Ausrichtung des Qualitätsmanagements zu überdenken.²¹

Die Organisation ist aus der instrumentalen Sichtweise ein Führungsinstrument, das der Zielerreichung soziotechnischer Systeme, unter die Unternehmen zu zählen sind, dient.²² Dabei sind die Entwicklung der Struktur und die Definition der Unternehmensstrategie eng miteinander verknüpft. Unternehmen sind marktorientierte arbeitsteilige Entscheidungssysteme, bei denen die Gesamtentscheidungsaufgabe in handhabbare Teilprobleme und deren Zuordnung zu verschiedenen Entscheidungseinheiten erfolgt.²³ Die Wechselwirkungen zwischen den Einheiten stellen Schnittstellen dar, die es zu optimieren gilt, damit die Gesamtzielerreichung möglichst wenig beeinträchtigt wird.

Unter der Aufbauorganisation werden alle Fragestellungen subsumiert, die im Zusammenhang mit der vertikalen und horizontalen Zerlegung komplexer Aufgaben, der Zuweisung abgegrenzter Aufgabenkomplexe auf organisatorische Einheiten (Stellenbildung) sowie der Gestaltung von Weisungs- und Kommunikationsbeziehungen stehen.²⁴ Die Aufbauorganisati-

¹⁹ Vgl. Wiendahl (2003), Fabrikplanung, S. 226.

²⁰ Vgl. Redeker/Keunecke/Pommerenke (2003), Qualitätsmanagement, S. 341.

²¹ Vgl. Wildemann (2005), Qualitätsmanagement, S. 21-22.

²² Vgl. Thom/Wenger (2000), Bewertung, S. 3 und Rabrenovic (2000), Wissensmanagement, S. 3.

²³ Vgl. Frese (2000), Strukturkonzepte, S. 62.

²⁴ Vgl. Frese (1996), Organisationsgestaltung, S. 3-2 und Rabrenovic (2000), Wissensmanagement, S. 4.

on gliedert die Bereiche in einem Unternehmen und bestimmt damit maßgeblich die Transparenz sowie den Handlungsspielraum der Mitarbeiter.²⁵

Bei der Definition des organisatorischen Rahmens der Unternehmensaktivitäten können die Ebene der Unternehmensleitung und die nachgelagerten Bereiche unterschieden werden.²⁶ Während in der erstgenannten Ebene die Unternehmensverfassung, die Qualitätspolitik und die Ziele definiert werden, nimmt die zweite Ebene das operative Geschäft im vorgegebenen Handlungsrahmen wahr.²⁷

Mit der Entscheidung für eine Organisationsform wählt ein Unternehmen diejenige Struktur, die den spezifischen Verhältnissen am besten angepasst ist und der Lösung des konkreten Einzelfalls entspricht.²⁸

Die Kombination einzelner Arbeitsschritte zu komplexen (Geschäfts-)Prozessen (z.B. Produktentwicklung oder Auftragsabwicklung) sowie die prozessinterne und -übergreifende Harmonisierung in zeitlicher und räumlicher Hinsicht wird demgegenüber dem Aufgabenbereich der Ablauforganisation zugeordnet.²⁹ Sie gestaltet durch Formalismen und Regelungen die Freiheitsgrade und damit die Flexibilität der Abläufe.³⁰

Beide Sichten der Organisation stehen in engem Zusammenhang und können nicht losgelöst voneinander betrachtet werden. Die Ablauforganisation legt die Ordnung von Handlungsvorgängen fest, die Aufbauorganisation hingegen verknüpft Stellen zur Organisationsstruktur und regelt die Beziehungen zwischen den Stellen.³¹

Abbildung 3 veranschaulicht den Wandel der Aufbau- bzw. der Ablauforganisation von Unternehmen sowie des Qualitätsmanagements.³² Die Erläuterungen orientieren sich an drei zeitlichen Stufen und behandeln jeweils die Aufbau- und Ablauforganisation der Unternehmen sowie die Ausgestaltung des Qualitätsmanagements. Unterschieden werden die Ausgestaltung der 80er Jahre, der 90er Jahre und die aktuelle Sichtweise.

²⁵ Vgl. Spath (2005), Technologiemanagement, S. 1.

²⁶ Vgl. Frese (1996), Rahmenstruktur, S. 3-15.

²⁷ Vgl. Frese (1996), Rahmenstruktur, S. 3-15.

²⁸ Vgl. Thom/Wenger (2000), Bewertung, S. 4.

²⁹ Vgl. Frese (1996), Organisationsgestaltung, S. 3-2.

³⁰ Vgl. Spath (2005), Technologiemanagement, S. 1.

³¹ Vgl. Grob (1996), Informationssysteme, S. 11.

³² Diese Einteilung orientiert sich an der von Fachgremien getragenen Definition von Qualität bzw. Qualitätssicherung und ihre organisatorische Einbindung in das Unternehmen, vgl. Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 271-272.

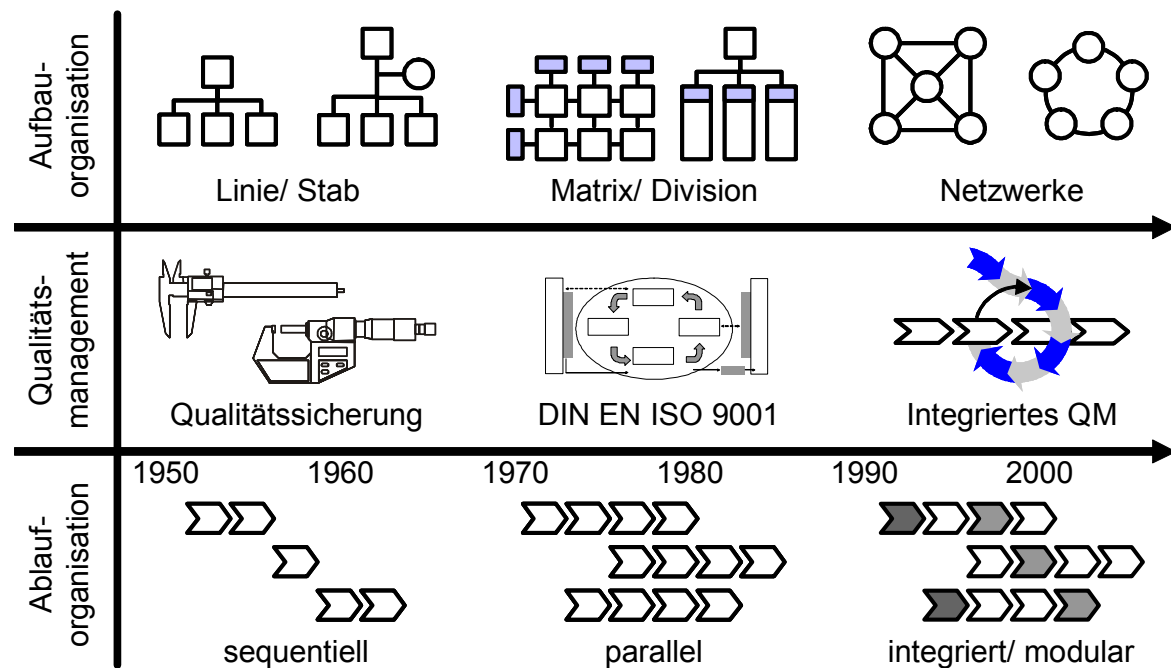


Abbildung 3: Entwicklungstrends der Unternehmen und des Qualitätsmanagements

2.1.1. Qualitätsmanagement in den 50/60er Jahren

Bei der traditionell in vielen Unternehmen mittlerer Größe³³ vorhandenen Funktionalorganisation ist die Ebene unterhalb der Unternehmensleitung nach dem Verrichtungsprinzip gegliedert, wodurch eine Anzahl spezialisierter Fachbereiche entsteht. Typische Funktionsbereiche sind u.a. Forschung und Entwicklung, Beschaffung sowie Produktion und Montage, in denen kompetente Spezialisten eingesetzt werden können.

Bedingt durch die Entscheidungscentralisierung in höheren Organisationsebenen, werden Entscheidungen oftmals nicht zeit- und sachgerecht getroffen; die Überlastung der Leitung führt dazu, dass strategische Fragen unzureichend bearbeitet werden.³⁴ Bedingt durch die hierarchischen Instanzen, die allgemein als Linien bezeichnet werden, sind die Kommunikationswege in einem Unternehmen klar geregelt; ein geringer Grad an Selbstkoordination der Mitarbeiter kennzeichnet diese Organisationsform. Die Erweiterung durch den Einbau von Stäben verändert diese Situation wenig, da Stäbe nur beratend tätig sind und keine Entscheidungs- und Weisungsbefugnisse besitzen. Ihr Ziel ist die Unterstützung einer Führungskraft in speziellen Gebieten durch die Übernahme von Beratungs- und Informationsaufgaben auf Nachfrage dieser sowie initiativ.³⁵

Neben dem historischen Einsatz findet diese Form auch heute bei Unternehmen mit einem homogenen Produktions- und Absatzprogramm auf stabilen Märkten mit konstanter Nachfrage und langen Produktlebenszyklen bei der Massen- oder Großserienfertigung Verwendung,

³³ Diese Organisationsform kommt bei Unternehmen aller Größen vor, schwerpunktmäßig jedoch bei Unternehmen mittlerer Größe.

³⁴ Vgl. Weuster (2004), Unternehmensorganisation, S. 113-114.

³⁵ Vgl. Weuster (2004), Unternehmensorganisation, S. 121.

sodass Größen- und Spezialisierungseffekte realisiert werden können.³⁶ Heterogene, diversifizierte Produktions- und Absatzprogramme führen diese Organisationsform an ihre Leistungsgrenze. Zunehmende Marktdynamik sowie Unternehmenswachstum reduzieren die Vorteile und bedingt durch die zahlreichen entstehenden Interdependenzen, wird das Unternehmen intransparent.

Das Qualitätsmanagement oder, um der historischen Wortwahl treu zu bleiben, das Qualitätswesen fokussiert primär auf die Prüfung und wird als Kontrollinstrument eingesetzt. Die Entwicklung der Qualitätsprüfung³⁷ beschränkt sich auf die Ausreifung der Messtechnik – Qualität wird erprüft.³⁸ Durch Verbesserungen der Produktionsprozesse wird der Übergang zur Qualitätssicherung geschaffen, die erst später in präventiven Maßnahmen – auch unter Einbeziehung der nicht produzierenden Bereiche – mündete.

Durch die funktionsorientierten Organisationsformen mit ihrer hohen Spezialisierung und taylorischen Arbeitsteilung, wurden die betrieblichen Abläufe maßgeblich bestimmt – eine sequentielle Verrichtung der einzelnen Arbeitsschritte ist die Folge. Ein Austausch zwischen den einzelnen Prozessschritten findet nicht statt. Die als ökonomisch gewertete Produktionssteigerung verursacht Qualitätseinbußen, die durch vermehrte Prüfungen ausgeglichen werden müssen. Die Aufteilung der Verantwortung über Kosten, Zeit und Qualität auf unterschiedliche Bereiche koppelt das Ergebnis von der Leistungserstellung ab. Die Unternehmen und das Qualitätsmanagement erkannten diesen Missstand und begegneten den negativen Effekten mit neuen Vorgehensweisen und Strukturen.

2.1.2. Qualitätsmanagement in den 70/80er Jahren

Die präventiven QM-Methoden finden Einzug in die industrielle Praxis. Ihr Nutzen wird erkannt und es entwickelt sich ein Bestreben weg von dem Erprüfen der Qualität hin zum Erzeugen hochwertiger Produkte und Dienstleistungen. Kundenwünsche bzw. deren Berücksichtigung werden als wichtige Werttreiber anerkannt und konsequent verfolgt. Es etablieren sich kundenorientierte Unternehmen, die sich durch den Einsatz kontinuierlicher Verbesserungsprozesse weiterentwickeln.³⁹

Unter Total Quality Management, einem umfassenden Qualitätsmanagement, wird ein Führungskonzept verstanden, das unter Einbeziehung des gesamten Unternehmens auf die Erfüllung der Kundenwünsche abzielt.⁴⁰ Hierbei wird bereits in den frühen Phasen der Produktentstehung durch ein ganzheitliches Qualitätsdenken aller Mitarbeiter sowohl die Produkt-, als auch die Prozessqualität gesteigert. Total Quality Management kann als bereichsübergreifen-

³⁶ Vgl. Weuster (2004), Unternehmensorganisation, S. 116-117.

³⁷ Die Qualitätsprüfung ist die Instanz, die die Einhaltung der Toleranzen durch die Fertigung überwacht, vgl. Oltermann (2000), Fertigungstoleranzen, S. 29.

³⁸ Vgl. Weingarten (1998), Qualitätsmanagement, S. 15.

³⁹ Hierbei wird sowohl auf den deduktiven sowie auf den empirischen Ansatz zurück gegriffen, vgl. Weingarten (1998), Qualitätsmanagement, S. 25.

⁴⁰ Vgl. Betzl (1996), Arbeitsorganisation, S. 40-41.

der, kontinuierlicher Verbesserungsprozess verstanden werden.⁴¹ Durch das TQM wird zudem der Qualitätsbegriff in der Managementlehre verankert; Qualitätsmanagement wird nicht mehr nur als technische Disziplin gesehen, sondern als Bestandteil der Unternehmensführung aufgefasst.⁴²

Es etablieren sich nationale und internationale Normen, die als weltweiter Standard zum Aufbau von Qualitätsmanagementsystemen anerkannt werden.⁴³ Durch die Anwendung von internen Kunden-Lieferanten-Beziehungen wird zudem das interorganisationale Qualitätsmanagement auf innere Strukturen übertragen.⁴⁴

Das Qualitätsmanagement fokussiert neben der Bereitstellung operativer Hilfsmitteln auf einen Bewusstseinswandel in Unternehmen,⁴⁵ es ist funktionsorientiert und umfasst neben der Fertigung die Bereiche Vertrieb, Entwicklung, Planung, Beschaffung und Service. Qualitätssicherung ist damit deutlich mehr als nur das Ermitteln von Prüfergebnissen und -befunden.⁴⁶

Die funktionsorientierte Aufgabenteilung der Unternehmen ist den steigenden Anforderungen an die Aufbauorganisation nicht immer gerecht, und es entwickeln sich neue Organisationsformen. Die Matrixorganisation⁴⁷ bei der bewusst Stellen oder Projektteams eingerichtet werden, deren Inhaber bzw. Mitglieder quer durch alle Funktionsbereiche eine bestimmte Produkt- oder Sachverantwortung haben ist ein typisches Beispiel für ein Mehrliniensystem.⁴⁸ Die Matrixorganisation kann sowohl für das Produkt- als auch für das Projektmanagement genutzt werden; im letztgenannten Fall ist der Einsatz temporär. Die auf Dauer angelegte Produktmatrix endet erst, wenn das Produkt ausläuft, bzw. keine Nachfolgeprodukte entwickelt werden. Hierbei findet eine Überlagerung zwischen der nach Funktionen gegliederten Aufbauorganisation und einer produktbezogenen Organisation statt, so dass auf die Erfolgsträger eines Unternehmens, die Produkte, stärker fokussiert und deren Marktbetreuung verbessert wird⁴⁹ – eine Kombination der funktionsbezogenen Inside-Orientierung mit der produkt- und marktbezogenen Outside-Orientierung.⁵⁰

Zum Einsatz kommt diese Organisationsform bei Unternehmen, die sich in einem Käufermarkt befinden, in dem die Bedürfnisse zunehmend differenziert werden⁵¹ – reagiert wird mit differenzierten Produkten,⁵² also mit steigender Variantenvielfalt. Dies ist neben der Verbrauchsgüterindustrie bei Gebrauchsgütern und Dienstleistungen zu beobachten, in denen

⁴¹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 5-6 und Weingarten (1998), Qualitätsmanagement, S. 31.

⁴² Vgl. Weingarten (1998), Qualitätsmanagement, S. 15.

⁴³ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 68-74 und Weingarten (1998), Qualitätsmanagement, S. 27.

⁴⁴ Vgl. Weingarten (1998), Qualitätsmanagement, S. 15.

⁴⁵ Vgl. Pfeifer/Freudenberg/Varnhagen (1996), Qualitätsmanagement, S. 61.

⁴⁶ Vgl. Pfeifer/Freudenberg/Varnhagen (1996), Qualitätsmanagement, S. 60-61.

⁴⁷ Ein weiteres Beispiel ist die Divisionalorganisation, die weiter in die Konzepte Cost Center, Expense Center, Revenue Center, Profit Center und Investment Center differenziert werden kann, Vgl. Weuster (2004), Unternehmensorganisation, S. 149-154.

⁴⁸ Vgl. Weuster (2004), Unternehmensorganisation, S. 5.

⁴⁹ Vgl. Weuster (2004), Unternehmensorganisation, S. 135.

⁵⁰ Vgl. Weuster (2004), Unternehmensorganisation, S. 135.

⁵¹ Vgl. Westkämper (2004), Planen, S. 42.

⁵² Vgl. Spath (2005), Technologiemanagement, S. 1.

vermehrt individuelle Bedürfnisse zu erfüllen sind. Kurze Produktlebenszyklen,⁵³ hohe Innovationsraten und vermehrte Kundenfluktuation sowie saisonale Nachfrageschwankungen belasten die Planungssicherheit.⁵⁴ Unternehmen sind in diesen Märkten durch ein heterogenes Produktions- und Absatzprogramm charakterisiert, bei dem eine produktbezogene Spezialisierung stattfindet. Zudem ist eine Mindestgröße der Unternehmen erforderlich, damit die Produktmanager mit der Betreuung ihres Bereichs ausgelastet werden. Eine stetige und differenzierende Produktentwicklung unterstützt die Unternehmen bei der Marktdurchdringung und -ausweitung. Zudem erschließen Unternehmen durch horizontale, vertikale oder laterale Diversifikation mit neuen Produkten fremde Märkte.⁵⁵

Aus der Veränderung der Aufbauorganisation resultieren weitere (im Gegensatz zum KVP radikale) Verbesserungsprojekte im Bereich der Prozessabläufe, die der Begriff Business Reengineering zusammenfasst. Ganze Unternehmensbereiche werden neu gestaltet – basierend auf der Erkenntnis, dass Kundenaufträge über eine Kette von Aktivitäten ausgeführt werden.⁵⁶

Entgegen dem sequentiellen Planen verkürzt ein simultanes Vorgehen die Planungszeit und senkt die Aufwendungen; die Verfügbarkeit von aktuellen und realitätsnahen Daten und Informationen ist dabei von zentraler Bedeutung.⁵⁷ Die Produktentstehung ist mit Verwertungs-, Kosten- und Zeit- und technischen Risiken behaftet, die durch die integrierte Produkt- und Prozessgestaltung vermindert werden können.⁵⁸ Bereichsbezogene Verbesserungen führen allerdings häufig zu Suboptima und müssen einer übergreifenden Optimierung des Gesamtproduktionssystems weichen.⁵⁹ Dies wird in der heutigen Zeit realisiert.

Während Thom den Aufbau organisatorischer Strukturen als zentrales Instrument der Unternehmenssteuerung sieht,⁶⁰ mehrten sich in jüngster Zeit in der Wissenschaft die Stimmen, die eine Schaffung primär ablauf- bzw. prozessorientierter Strukturen oder zumindest einen häufigen Wechsel der Betrachtungsweise im Gestaltungsprozess fordern. Auch in der Praxis besitzt die Schaffung prozessorientierter Strukturen, durch die sich die mit der Existenz von Schnittstellen verbundenen Ineffizienzen vermeiden lassen, einen hohen Stellenwert.⁶¹

2.1.3. Qualitätsmanagement heute

Gegenwärtig ist ein Trend zu beobachten, der Unternehmen, Markt und Wirtschaftsstrukturen gleichermaßen tangiert: Der Trend zur Vernetzung von Technologien, Systemen, Personen, Organisationen und nicht zuletzt auch Gesellschaften.⁶² Hierdurch werden kundengerechte

⁵³ Vgl. Ohlhausen (2002), Kooperationen, S. 37.

⁵⁴ Vgl. Wiendahl (2003), Fabrikplanung, S. 226.

⁵⁵ Vgl. Weuster (2004), Unternehmensorganisation, S. 139-140.

⁵⁶ Vgl. Weingarten (1998), Qualitätsmanagement, S. 7 und Betzl (1996), Arbeitsorganisation, S. 47-49.

⁵⁷ Vgl. Westkämper (2004), Planen, S. 42.

⁵⁸ Vgl. Gießler (1998), Organisationsentwicklung, S. 17-18.

⁵⁹ Vgl. Redeker/Keunecke/Pommerenke (2003), Qualitätsmanagement, S. 341.

⁶⁰ Vgl. Thom/Wenger (2000), Bewertung, S. 4-5.

⁶¹ Vgl. Frese (1996), Organisationsgestaltung, S. 3-2 und Sommerhäuser (2003), Entscheidung, S. 31-32.

⁶² Vgl. Picot (2000), Unternehmensstrukturen, S. 129.

Prozesse ermöglicht, die sich vom Markt zum Markt erstrecken;⁶³ d.h. die Anforderungen der Kunden werden aufgenommen, konsequent in den Prozessen berücksichtigt und spiegeln sich in den fertigen Produkten wider. Erfolgreiche Unternehmen zeichnen sich dadurch aus, dass sie durch Schnittstellen- und Komplexitätsmanagement Einfachheit in den Abläufen realisieren.⁶⁴ Die Produkt- und Prozessentwicklung wandelt sich von einem fragmentierten und arbeitsteiligen zu einem integrierten Struktur- und Prozesskonzept.⁶⁵ Im Sinne des Lean Thinking werden Datenerfassung, Datenaustausch sowie Monitoring auf die wesentlichen Parameter reduziert.⁶⁶

Die unter dem Begriff Dezentralisierungskonzepte zusammengefassten Gestaltungsansätze lassen sich in die modularen und vernetzten Organisationsformen differenzieren – es findet eine Migration von der hierarchischen zur dezentralen Organisation statt.⁶⁷ Modulorganisationen werden primär für Produktionsbereiche entwickelt und unterscheiden sich in Fraktale, Segmente und Inselkonzepte. Der durch die modulare Struktur geschaffene Handlungsspielraum bewirkt eine Verringerung der Planungskomplexität.⁶⁸

Während modulare Organisationsformen eine räumliche und organisatorische Zusammenfassung von Betriebsmitteln und Mitarbeitern voraussetzen, die bei Veränderung des Produktionsprogramms zu Zuordnungs- und Auslastungsproblemen führen, kombinieren die Formen der dezentralen Netzwerkorganisation die Vorteile der Modularisierung mit denen der hierarchischen Organisation. Sie verbinden technologische und organisatorische Aspekte miteinander und können als eine Kooperation zwischen unabhängigen Unternehmen, Organisationseinheiten, Gruppen oder Individuen aufgefasst werden.⁶⁹

Dezentrale Netzwerkorganisationen überwinden räumliche, zeitliche und organisatorische Barrieren. Die Konfiguration erfolgt problem- und aufgabenbezogen – die resultierende Organisationsform ist prozessorientiert und von temporärem Bestand.⁷⁰ Heyn analysiert Kooperationen und kommt zu dem Schluss, dass nahezu alle auf internen Kunden-Lieferanten Beziehungen basieren.⁷¹

Wirtschaftlichkeits- und Flexibilitätsziele können durch neuartige Ansätze, wie bspw. die varianten Produktionssysteme, erreicht werden. Dieser Ansatz löst die traditionelle Gliederung der Produktion in Teilefertigung und Montage auf und verfolgt stattdessen ein innovatives Stufenkonzept, in dem die Variantenbildung der Prozesse als Kriterium herangezogen wird. Die Montage wird hierbei zur Produktionsendstufe weiterentwickelt.⁷² Der Vorteil dieses Ansatzes liegt darin, dass die erste Phase der Produktion transparenter und mengenorien-

⁶³ Vgl. Bullinger (2000), KUR, S. 128 und Klaus (1996), Auftragsabwicklung, S. 13-14.

⁶⁴ Vgl. Handke (2000), Strukturplanung, S. 14, 43.

⁶⁵ Vgl. Stoffels (2001), Management, S. 18-19.

⁶⁶ Vgl. Meyer/Lücke (2005), Supply Chain, S. 268.

⁶⁷ Vgl. Hartweg (2003), Produktionsnetzwerke, S. 31.

⁶⁸ Vgl. Hartweg (2003), Produktionsnetzwerke, S. 32, Dangelmaier (1999), Fertigungsplanung, S. 81-92, Jüring (1995), Auftragsabwicklung, S. 10-13 und Betzl (1996), Arbeitsorganisation, S. 51.

⁶⁹ Vgl. Hartweg (2003), Produktionsnetzwerke, S. 33.

⁷⁰ Vgl. Hartweg (2003), Produktionsnetzwerke, S. 34.

⁷¹ Vgl. Heyn (1999), Entwicklungskooperationen, S. 34.

⁷² Vgl. Redeker/Keunecke/Pommerenke (2003), Qualitätsmanagement, S. 339-340.

tiert wird – der Einsatz von QM-Methoden wie z.B. der SPC wird dadurch verbessert. Die Variantenvielfalt mit geringeren Stückzahlen wird erst in der letzten Produktionsstufe erzeugt.

Bedingt durch die auf mehrere Partner verteilte Prozesskette, ist ein verstärkter Trend zur Modularisierung zu erkennen. Traditionell sequentiell oder parallel ausgeführte Arbeitsvorgänge werden aufgelöst und in die Prozesse integriert – es entstehen autonome Module, die durch kurze Informationsschnittstellen zu den relevanten Bereichen gekennzeichnet sind.

Darüber hinaus werden heutzutage die Abläufe in digitalen Fabriken modelliert und visualisiert.⁷³ Hier können Defizite in der Planung frühzeitig erkannt und behoben werden. Die digitale Fabrik stellt dabei ein Abbild der realen Fabrik dar und wird sowohl bei der Neu- und Umplanung sowie bei der Optimierung des laufenden Betriebs eingesetzt. Ihr Ziel ist die laufende Verbesserung aller Prozesse und Ressourcen der Fabrik in Verbindung mit dem Produkt.⁷⁴

Unternehmensnetzwerke werden im Bereich des Qualitätsmanagements nur vereinzelt erwähnt.⁷⁵ Aus Sicht des Qualitätsmanagements wird die Zusammenarbeit zwischen Kunden, Lieferanten und Wettbewerbern als QM-System traditioneller Prägung behandelt. Beschrieben sind nur Ansätze zur qualitätsoptimierten vertikalen Zusammenarbeit in Hersteller-Zuliefer-Netzwerken und die TQM-orientierte Gestaltung unternehmensübergreifender Zusammenarbeit.⁷⁶ In Unternehmensnetzwerken beschreibt der TQM-Ansatz den Einsatz von Techniken des Qualitätsmanagements; sie führen zu einem Interessensausgleich zwischen den Partnern, sensibilisieren die Beteiligten für die Kooperation und harmonisieren Spannungsfelder.⁷⁷ Die Unterschiede zwischen einem klassischen Kooperationsmanagement und der TQM-orientierten Strategie bestehen in den Managementfunktionen Planen und Organisieren, Führen sowie Kommunizieren und Kontrollieren.⁷⁸ Während die Festlegung von Qualitätspolitik, Zielen und Verantwortungen durch die oberste Leitung erfolgen muss, ist in die Verwirklichung der Qualitätspolitik die gesamte Organisation einzubeziehen.⁷⁹

Das Qualitätsmanagement in der heutigen Zeit ist durch ein prozessuales Verständnis geprägt – die abteilungsübergreifende Zusammenarbeit steht im Fokus, nicht das Abteilungsdenken.⁸⁰ Normen stellen einen bekannten und weit verbreiteten Ansatz zur Ausrichtung von Unternehmen auf ein ganzheitliches Qualitätssystem dar.⁸¹ Die international gültige Norm DIN EN ISO 9000:2000 wird dabei durch weitere branchenspezifische Vorgaben wie z.B. der ISO/TS

⁷³ Vgl. Bullinger (2004), Vernetzung, S. 160.

⁷⁴ Vgl. Bierschenk (2004), Fabrik, S. 25.

⁷⁵ Rübartsch entwickelte unter Berücksichtigung der beschriebenen Aspekte ein Modell des netzwerkfähigen QM-Systems, Theis ein TQM-orientiertes Kooperationsmodell. Vgl. Rübartsch (2001), Qualitätsmanagementsystem, S. 33-107, Theis (1997), Qualitätsmanagement, S. 59-111.

⁷⁶ Vgl. Rübartsch (2001), Qualitätsmanagementsystem, S. 18.

⁷⁷ Vgl. Rübartsch (2001), Qualitätsmanagementsystem, S. 21.

⁷⁸ Vgl. Theis (1997), Qualitätsmanagement, S. 59-61.

⁷⁹ Vgl. Grob (1996), Informationssysteme, S. 7-8.

⁸⁰ Vgl. Wagner/Kohl/Käfer (2001), Qualitätsmanagement, S. 3.

⁸¹ Vgl. Rübartsch (2001), Qualitätsmanagementsystem, S. 25 und Weingarten (1998), Qualitätsmanagement, S. 27-29.

16949:2002, der QS9000 sowie der VDA 6.1, 6.2 und 6.4 ergänzt.⁸² Unternehmen können sich mit dem EFQM-Modell, in dem europaweit vereinbarte Beschreibungen der Business Excellence niedergelegt sind, auf eine qualitätsorientierte Unternehmensführung ausrichten – basierend auf einer gleichzeitigen Betrachtung von Kunden und Mitarbeitern sowie Prozessen und Ergebnissen.⁸³ Unternehmen, die ein durchgängiges Qualitätsmanagement umsetzten, erzielen signifikant bessere Unternehmenskennzahlen als ihre Konkurrenten.⁸⁴ Die Aufbauorganisation hat sich heute prinzipiell der Ablauforganisation unterzuordnen und muss nach Rationalisierungsprozessen, die auch eine Reorganisation der Abläufe zur Folge haben, grundsätzlich neu überdacht und gegebenenfalls an die neue Ablaufstruktur angepasst werden.⁸⁵ Der TQM-Gedanke ist entwickelt und in die Organisation eingedrungen, sodass die Sicherstellung der Qualität in allen Unternehmensbereichen bzw. bei allen Partnern eines Netzwerks integraler Bestandteil der Abläufe geworden ist.

Die Prüfplanung ist jedoch nicht ausreichend integriert und wird vorwiegend in der traditionellen Rolle als Planung der Qualitätsprüfung gesehen – losgelöst von den anderen unternehmensinternen Abläufen und dem neuen QM-Verständnis. Das nächste Kapitel thematisiert diese Problematik vertiefend.

2.2. Wandel und Positionierung der Prüfplanung

Die Prüfplanung, deren Aufgabe die Umsetzung von Qualitätsforderungen⁸⁶ an Produkten und Verfahren ist, wird als die Planung der Qualitätsprüfung⁸⁷ im gesamten Produktionsablauf vom Wareneingang bis zur Auslieferung definiert.⁸⁸ Nach Pfeifer ist dies die Definition im klassischen Sinne, die um die Planung von Betriebsmitteln, Hilfsstoff- und Werkstoffprüfungen erweitert werden kann. Auch die Planung von Dienstleistungsprüfungen wird mit dem Begriff der Prüfplanung im weiteren Sinne erfasst.⁸⁹

Bläsing gliederte in den 80er Jahren das Qualitätswesen in die Bereiche Qualitätsplanung, Qualitätssicherung und Qualitätskostenerfassung.⁹⁰ Die Prüfplanung sowie die Prüfausführung werden dabei der Qualitätssicherung zugeordnet.⁹¹

Nach Neumann werden der Prüfplanung⁹² im Rahmen des Total Quality Management qualitätssichernde Maßnahmen der Bereiche Konstruktion und Arbeitsplanung, Fertigung sowie

⁸² Vgl. o.V. (2004), Jahresbericht, S. 192 und Weingarten (1998), Qualitätsmanagement, S. 27.

⁸³ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 28-29 und Rübartsch (2001), Qualitätsmanagementsystem, S. 26, 29 und Pfeifer/Freudenberg/Varnhagen (1996), Qualitätsmanagement, S. 60.

⁸⁴ Vgl. Wildemann (2005), Qualitätsmanagement, S. 25.

⁸⁵ Vgl. Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 276.

⁸⁶ Qualitätsanforderungen fokussieren dabei auf die produkt- und prozessbezogene Sichtweise. Gogoll (1996), Qualitätstechniken, S. 5-6 konstatiert, dass sämtliche Definitionen von Qualität in die transzendente, produktbezogene, anwenderbezogene, prozessbezogene oder wertbezogene Sicht eingeordnet werden können.

⁸⁷ Nach REFA (1985), Planung und Steuerung, S. 18 wird der Begriff Planung weiter differenziert in Ziel planen, Ablauf planen und Mittel planen.

⁸⁸ Vgl. o.V. (1985), VDI/VDE/DGQ 2619, S. 2 und o.V. (2004), DIN 55350-11, S. 6.

⁸⁹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 422 und Pfeifer (2001), Fertigungsmesstechnik, S. 107-108.

⁹⁰ Vgl. Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 15-16.

⁹¹ Vgl. Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 16, Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 11 und Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 439.

⁹² Vgl. Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 9, der die Prüfplanung in die Aufgabenplanung eingliedert.

Transport, Service bzw. Versand zugeordnet.⁹³ Damit schließt er sich der Definition der Prüfplanung im weiteren Sinne an.⁹⁴ Die Prüfplanung im klassischen Sinne wird in diesem Ansatz der Planung der qualitätssichernden Maßnahmen in der Fertigung gleichgestellt, Abbildung 4.

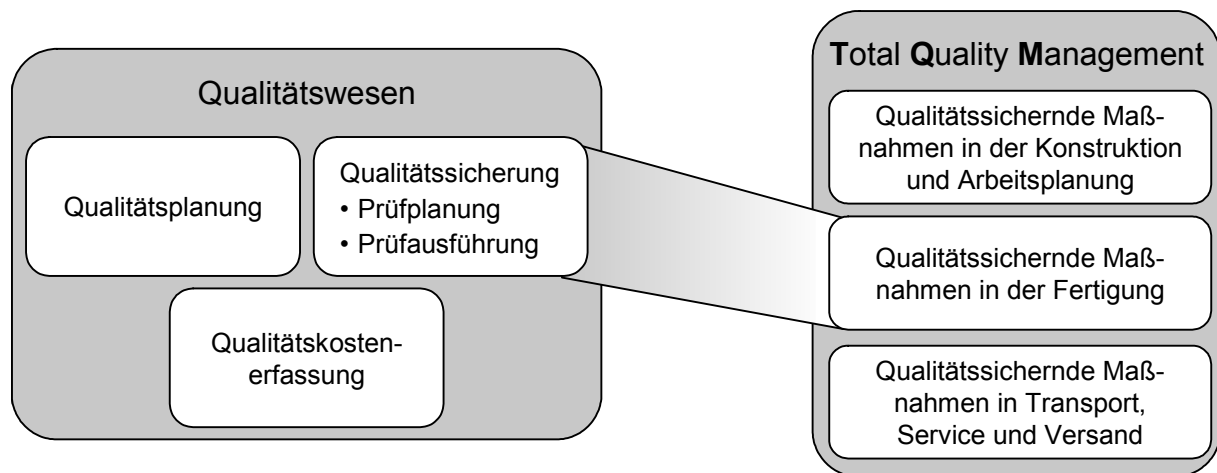


Abbildung 4: Prüfplanung im Qualitätswesen und im TQM⁹⁵

Sowohl die Prüfplanung, die zeitgleich mit der Arbeitsplanung ausgeführt wird,⁹⁶ als auch die Qualitätsplanung sowie die Konstruktion und Entwicklung werden der Produktionsvorbereitung zugeordnet, Abbildung 5. Die Qualitätsplanung erarbeitet die Anforderungen, die aus Kundensicht an das Produkt gestellt werden sowie die Eigenschaften, die es charakterisieren. Auf Basis dieser Kenntnisse generiert die Abteilung Konstruktion und Entwicklung die Stücklisten und Konstruktionszeichnungen, die der Arbeits- und Prüfplanung als zusätzliche Informationen neben denen aus der Qualitätsplanung zugeführt werden.⁹⁷

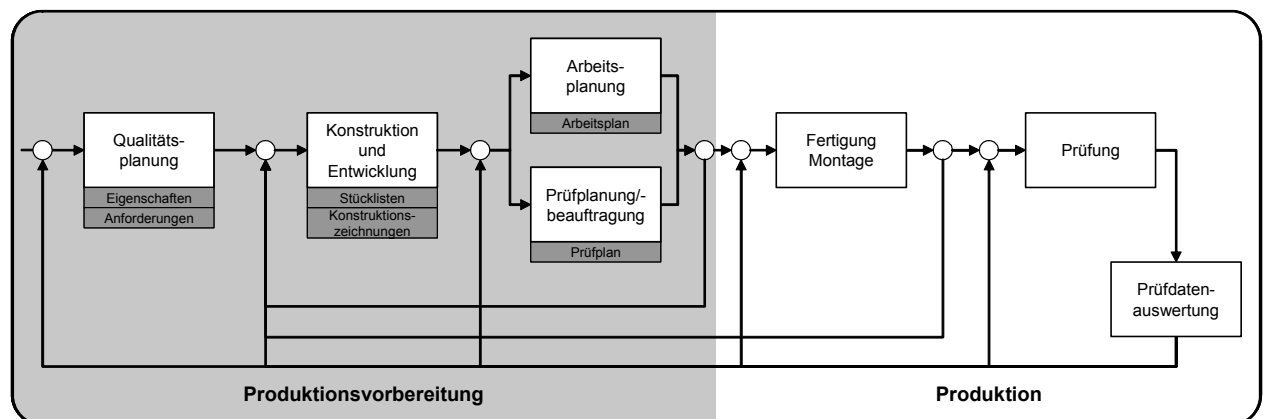


Abbildung 5: Einordnung der Prüfplanung in die innerbetriebliche Ablauforganisation⁹⁸

⁹³ Vgl. Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 9-12.

⁹⁴ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 421-424.

⁹⁵ In Anlehnung an Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 9-12 und Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 16.

⁹⁶ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 424, Pfeifer (2001), Fertigungsmesstechnik, S. 108 und Eversheim (1997), Arbeitsvorbereitung, S. 61-69.

⁹⁷ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 424 und Eversheim (1997), Arbeitsvorbereitung, S. 62-63.

⁹⁸ Vgl. Pfeifer (2001), Fertigungsmesstechnik, S. 108.

Das Ergebnis der zeitgleich beginnenden Arbeits- und Prüfplanung ist der Arbeits- bzw. Prüfplan, wobei die Prüfplanerstellung als weitere Eingangsinformation auf den fertigen Arbeitsplan zurückgreift.⁹⁹ Nach Warnecke stellen sowohl die Stücklisten und Konstruktionszeichnungen als auch der Arbeits- bzw. Prüfplan die wichtigsten Dokumente zur Herstellung der Produkte dar.¹⁰⁰ Ist die Fertigungsplanung abgeschlossen, können die Produkte mit Rückgriff auf die generierten Informationen gefertigt werden.

Die Bauteile werden einer Prüfung unterzogen, an die sich eine Prüfdatenauswertung anschließt.¹⁰¹ Die aufbereiteten Informationen werden genutzt, um die Prozesse der Fertigung und ggf. der Fertigungsplanung zu optimieren. Dieses Vorgehen entspricht einem kleinen Regelkreis. Große Regelkreise liegen vor, wenn die Informationen aus der Prüfdatenauswertung z.B. in die Konstruktion einbezogen werden und auf diese Weise die Produktmerkmale beeinflussen.¹⁰²

Im Rahmen des Simultaneous Engineering¹⁰³ wurde die Prüfplanung kritisch hinterfragt. Es wurden Ansätze zur Parallelisierung mit anderen Unternehmensbereichen erarbeitet, die mit Hilfe des Produktentstehungsprozesses veranschaulicht werden können. Dazu werden die sequentiell oder parallel ausgeführten Schritte im Produktionszyklus über der Produktreihe aufgetragen, Abbildung 6.

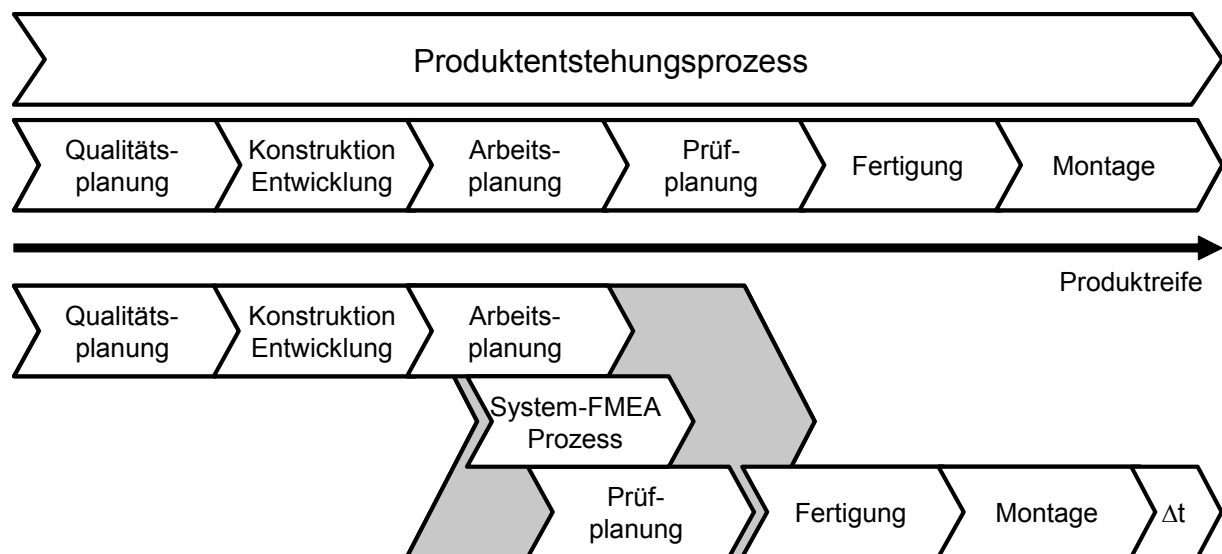


Abbildung 6: Ansätze zur Parallelisierung der Prüfplanung¹⁰⁴

Im Anschluss an die weiter vorne bereits erläuterten Schritte der Fertigungsplanung schließt sich die Fertigung und Montage an. Bei dieser Vorgehensweise wird jeder einzelne Schritt auf

⁹⁹ Vgl. Schloske (1999), FMEA, S. 73, Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 424-427 und Brauchle (1996), Prüfplanung, S. 1300-1304.

¹⁰⁰ Vgl. Warnecke (1993), Produktionsbetrieb, S. 142-143.

¹⁰¹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 488-489.

¹⁰² Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 424-426 und Pfeifer (2001), Fertigungsmesstechnik, S. 108.

¹⁰³ Im Rahmen der Produkt- und Prozessentwicklung beschreibt das Simultaneous Engineering einen zeitlich hoch integrierten Prozess. Es versucht durch Integration der vor- und nachgelagerten Aktivitäten Totzeiten zu vermeiden, vgl. Stoffels (2001), Management, S. 24. Vgl. auch Westkämper (2004), Planen, S. 42.

¹⁰⁴ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 424 und Schloske (1999), FMEA, S. 22-24.

dem Weg zur Marktreife des Produkts zunächst abgeschlossen, bevor mit dem nächsten Vorgang begonnen wird. Als Konsequenz dieses Prozesses resultieren sowohl lange Entwicklungszeiten¹⁰⁵ als auch hohe Fehlerkosten.¹⁰⁶ Während die lange Phase zur Produktreife durch die sequentielle Abfolge der Vorgänge erklärt werden kann, resultiert die Entwicklung der Fehlerkosten¹⁰⁷ aus der Beziehung zwischen Fehlerentstehung einerseits und Fehlerentdeckung bzw. -behebung andererseits.¹⁰⁸

Im unteren Teil der Abbildung 6 werden die theoretisch bereits von Pfeifer und Schloske parallelisierten Schritte der Prüfplanung sowie die daraus resultierende verkürzte Produktreifezeit dargestellt. Während Pfeifer die Arbeits- und Prüfplanung als zeitgleich ausgeführte Bereiche innerhalb der betrieblichen Ablauforganisation sieht,¹⁰⁹ integriert Schloske zusätzlich die System-FMEA Prozess,¹¹⁰ um eine weitere Verkürzung der Durchlaufzeiten zu erreichen. Neben den beiden zitierten Autoren weist auch Brauchle darauf hin, dass bei der Erstellung des Prüfplans auf Informationen aus dem Arbeitsplan zurückgegriffen wird, sodass die unter Umständen zeitgleich beginnenden Bereiche der Arbeits- und Prüfplanung nicht parallel, sondern nur überlappend ausgeführt werden können.¹¹¹ Eine Einbindung der Werker(-selbstprüfung) in den Prüfplanungsprozess bietet weiteres Potenzial zur Reduktion der Durchlaufzeit durch kleine Regelkreise.¹¹²

Zur weiteren Verkürzung der Planungszeit wurden Methoden entwickelt, mit denen die Wechselwirkungen zwischen Fertigung und Prüfung ermittelt werden können. Unterschiedliche Prüfstrategien werden zunächst von einem Prüfplaner bestimmt und anschließend mittels Simulation in Bezug auf die Parameter Qualität, Kosten und Durchlaufzeit optimiert.¹¹³ Dies ermöglicht es den Unternehmen unter den vorgegebenen Prüfstrategien, die am besten geeignete auszuwählen – die Ergebnisse müssen zusätzlich experimentell abgesichert werden.¹¹⁴ Eine Erweiterung bereinigt die Methode um den Einfluss des Prüfplaners. Die Strategien werden nicht mehr manuell bestimmt, sondern aus allen möglichen Kombinationen der einzelnen Prüfplanungsfunktionen ermittelt. Der so aufgespannte Lösungsraum wird mit einem Optimalalgorithmus reduziert – der Fokus liegt auf den anfallenden Gesamtkosten. Anschließend

¹⁰⁵ Vgl. Eversheim/Bochtler/Laufenberg (1995), Simultaneous Engineering, S. 2.

¹⁰⁶ Vgl. Eversheim (1997), Arbeitsvorbereitung, S. 65-66.

¹⁰⁷ Aufwendungen für qualitätssichernde Tätigkeiten im Rahmen der Entwicklung und Herstellung werden nicht mehr als Kostenverursacher gesehen, sondern als Kosten und Aufwände reduzierende Maßnahmen, die die langfristige Gewinnoptimierung sicherstellen, vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 188-190 und 203-207.

¹⁰⁸ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 188-190 und 203-207.

¹⁰⁹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 424.

¹¹⁰ Vgl. Schloske (1999), FMEA, S. 22-24.

¹¹¹ Vgl. Schloske (1999), FMEA, S. 73-74, Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 424-427 und Brauchle (1996), Prüfplanung, S. 1300-1304.

¹¹² Vgl. Burghardt et al. (1996), Prüfplanung, S. 61, Uhlig (1994), Prüfplanung, S. 762 und Uhlig (1995), Selbstprüfung, S. 104-105. Schulz stellt fest, dass die informationstechnische Integration der Bereiche Konstruktion, Arbeitsplanung und Fertigung in der industriellen Praxis nur in Ausnahmefällen existiert. Vgl. Schulz (1993), Regelkreise, S. 523-525.

¹¹³ Vgl. Nürnberg (1999), Toleranzplanung, S. 49-100.

¹¹⁴ Vgl. Crostack et al. (2004), Prüfplanung, S. 9.

wird die bereits erläuterte Simulation durchgeführt, um die Lösungsalternativen zu ermitteln.¹¹⁵

Die Prüfplanung muss sich außerdem an den verstärkten Rechnereinsatz von der Produktentwicklung bis zur Produktionsgestaltung anpassen.¹¹⁶ Eine durchgängige Prozesskette, die Konstruktionsdaten aus einem CAD-System nutzt, die Schritte der Prüfplanung umfasst und bis zur Auswertung der Messergebnisse reicht, birgt ein großes Potenzial.¹¹⁷ Die derzeit bestehenden Schnittstellen und manuellen Tätigkeiten können reduziert werden.¹¹⁸ Eine wesentliche Ineffizienz besteht unter anderem darin, dass Bauteilmerkmale, die bereits in einem CAD-System definiert worden sind, innerhalb der Prüfplanung erneut in der technischen Zeichnung identifiziert werden müssen bzw. dass messtechnikrelevante Informationen derzeit nicht über Standardschnittstellen ausgetauscht werden können.¹¹⁹

Hier setzt ein Forschungsprojekt¹²⁰ an, das Methoden und Softwaremodule entwickelt, um eine durchgängige schnittstellenreduzierte Prüfplanung zu ermöglichen und die Anbindung an die Mess- und Prüfmittel zu realisieren.¹²¹ Ausgehend von der CAD-basierten Konstruktion werden neben der Prüf- und Messplanung gerätespezifische Programme generiert.¹²² Diese ermöglichen es, beispielsweise bei der Verwendung von Koordinatenmessgeräten, die Programmierung auf Basis des Prüfplans und der CAD-Modelle vorzunehmen – einheitliche Messstrategien werden berücksichtigt. Das Softwarekonzept koppelt CAD-Systeme über einen standardisierten Prüfplangenerator mit Messsystemen unterschiedlicher Hersteller und unterschiedlichen Typs.¹²³

Mit der datentechnischen Kopplung von CAD-Systemen und Messgeräten wird eine effiziente und fehlerfreie Übertragung von Produktspezifikationen vom Design bis zur Prüfung ermöglicht.¹²⁴ Eindeutige und austauschbare Prüf- und Messstrategien sorgen dabei für standortübergreifende vergleich- und reproduzierbare Messergebnisse.¹²⁵ Eine anwenderfreundlich gestaltete Bedienoberfläche ermöglicht ferner den Einsatz im Fertigungsumfeld.¹²⁶

Darüber hinaus wird eine automatische messgerätspezifische Prüfmerkmalzuordnung entwickelt. Anhand von technischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Auswahlkriterien wer-

¹¹⁵ Vgl. Crostack et al. (2004), Prüfplanung, S. 7-19.

¹¹⁶ Vgl. Pfeifer et al. (2002), Prüfplanung, S. 308 und insbesondere auch Bayer (2005), Wissen, S. 37.

¹¹⁷ Vgl. Pfeifer/Freudenberg/Effenkammer (2000), Prozesskette, S. 619 Kelka et al. (2001), Qualitätsprüfung, S. 245 Kelkar/Ide (2004), Qualitätsdatenaustausch, S. 42, Killmaier/Ramesh Babu (2003), Measurement, S. 370, Effenkammer (2002), Qualitätsprüfung, S. 3-4 und Janovsky (2003), Prüfplanung, S. 40-67.

¹¹⁸ In der Regel wird nach der Bauteilmodellierung im CAD-System eine technische Zeichnung ausgedruckt, die der Prüfplaner als Basis für seine weiteren Tätigkeiten benutzt.

¹¹⁹ Der Austausch von Geometrieinformation ist hingegen möglich, Vgl. Pfeifer et al. (1999), Qualitätsprüfung, S. 48.

¹²⁰ Das von dem BMBF geförderte Verbundprojekt *Werkergerechte und prozesskettenorientierte Messtechnik*.

¹²¹ Vgl. Pfeifer/Freudenberg/Effenkammer (2000), Prozesskette, S. 621-622 und Kelka et al. (2001), Qualitätsprüfung, S. 245-247.

¹²² Vgl. Pfeifer et al. (2002), Prüfplanung, S. 321-324.

¹²³ Vgl. Kelka et al. (2001), Qualitätsprüfung, S. 246-247.

¹²⁴ Vgl. Pfeifer/Freudenberg/Effenkammer (2000), Prozesskette, S. 622, Pfeifer et al. (1999), Qualitätsprüfung, S. 48, Imkamp/Schuster (2003), Messgerätesoftware, S. 48 und Kelka et al. (2001), Qualitätsprüfung, S. 246.

¹²⁵ Vgl. Pfeifer/Li/Stenkamp (2003), Messergebnisse, S. 803-806.

¹²⁶ Vgl. Pfeifer et al. (2002), Prüfplanung, S. 335-337.

den die Prüfmerkmale eines Werkstücks einem Messgerät zugewiesen.¹²⁷ Die Messmittelauswahl erfolgt dabei nach logisch definierten Regeln. Routinetätigkeiten werden von der Software übernommen, sodass sich der Prüfplaner auf die messtechnisch kritischen Merkmale konzentrieren kann, bei denen eine automatische Zuweisung nicht möglich ist.¹²⁸

Traditionell werden produktbezogene Prüfungen durchgeführt.¹²⁹ Eine prozessorientierte Überprüfung der Qualität im Fertigungsumfeld verbessert hingegen die Reaktionsfähigkeit der Qualitätsprüfung bei gleich bleibendem Aufwand¹³⁰ und ermöglicht eine systematische Fehleranalyse und -behebung. Zudem werden die geänderten Randbedingungen berücksichtigt, wie beispielsweise der Einsatz von Inline-Messtechnik,¹³¹ die Integration von Fertigung und Montage¹³² sowie die Fertigung in Produktionsnetzwerken. Eine konsequente Ausrichtung der Prüfplanung an den Kundenanforderungen durch eine Analyse der Informationsbeziehungen und darauf aufbauend eine Optimierung der Schnittstellen wurde bisher nicht vorgenommen.

2.3. Funktionen der Prüfplanung

Die Prüfplanung wird in eine produktabhängige sowie in eine produktunabhängige Planung unterteilt. Während Letztere die Prüfmethodenentwicklung und Prüfdatenverarbeitung beinhaltet, wird der Erstgenannten die Prüfplanerstellung zugeordnet. Abbildung 7 verdeutlicht die Gliederung der Prüfplanung.¹³³

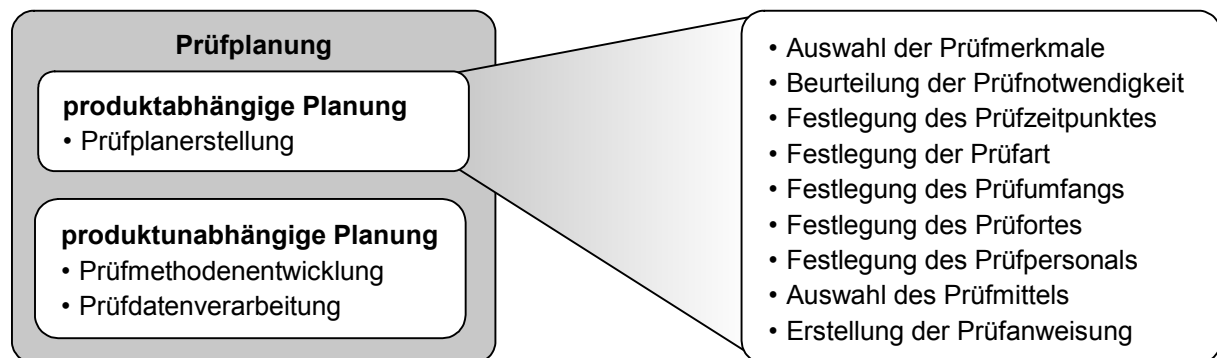


Abbildung 7: Abgrenzung des Untersuchungsbereichs innerhalb der Prüfplanung

Im Rahmen dieser Arbeit wird die Prüfplanung im Sinne der klassischen Definition verstanden, deren Ziel die Erstellung eines Prüfplans ist.¹³⁴ Dementsprechend wird die produktabhängige Planung unter dem Begriff der Prüfplanung verstanden und im Weiteren näher betrachtet.

¹²⁷ Vgl. Klonaris (1998), Einsatzplanung, S. 54-67.

¹²⁸ Vgl. Pfeifer/Schmitt/Stenkamp (2004), Prüfmittelauswahl, S. 34-35.

¹²⁹ Vgl. Melchior/Lübbe (1999), Prüfplanung, S. 501.

¹³⁰ Vgl. Pfeifer et al. (2004), Bauteilerkennung, S. 68 und Redeker/Keunecke/Pommerenke (2003), Qualitätsmanagement, S. 343-344.

¹³¹ Vgl. Pfeifer et al. (2004), Bauteilerkennung, S. 68-70.

¹³² Das am WZL entwickelte IDENT-Tool bindet die Fertigungsmesstechnik systematisch in alle Prozesse der Produktentstehung ein und interagiert mit Elementen der Prüfplanung, vgl. Driessen/Dietrich (2005), Inline-Messen, S. 43.

¹³³ Vgl. Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 10-12.

¹³⁴ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 10-11 und Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 423.

Die wesentliche Aufgabe der Prüfplanung ist es, neben der Auswahl der Prüfmerkmale und der Beurteilung der Prüfnötwendigkeit, die Festlegung des Prüfzeitpunktes, der Prüfmart, des Prüfumfanges, des Prüforts und des Prüfpersonals, die Auswahl des Prüfmittels zu treffen und die Prüfanweisung zu erstellen.¹³⁵ Diese Aufgaben werden im Anschluss erläutert.

2.3.1. Auswahl der Prüfmerkmale

Ziel der Prüfplanung ist es, Qualität zu gewährleisten. Um dies zu erreichen, muss mit der Auswahl der Prüfmerkmale festgelegt werden, an welchen Merkmalen die Qualitätsprüfung durchgeführt werden soll.¹³⁶

Da alle nachfolgenden Planungsschritte von der Auswahl der Prüfmerkmale abhängen, nimmt dieser Planungsschritt eine herausragende Stellung ein.¹³⁷ Ein Merkmal verkörpert eine Eigenschaft, die das Unterscheiden von Einheiten einer Gesamtheit ermöglicht;¹³⁸ sie werden in qualitative und quantitative Merkmale unterschieden. Des Weiteren kann eine Einteilung in kritische Merkmale, Haupt- und Nebenmerkmale vorgenommen werden.¹³⁹

Es können neben Geometriedaten und physikalisch-chemischen Eigenschaften auch Funktionseigenschaften und optische Merkmale als Prüfmerkmale verstanden werden.¹⁴⁰ Die Wichtigkeit und Relevanz der Merkmale wird in der Auswahl der Prüfmerkmale nicht bewertet.¹⁴¹

2.3.2. Beurteilung der Prüfnötwendigkeit

Die ermittelten, potenziellen Merkmale werden im Anschluss auf ihre Prüfnötwendigkeit hin untersucht. Dies kann zum einen durch die Verwendung der Risikoprioritätszahlen geschehen, die aus einer System-FMEA Produkt resultieren.¹⁴² Sie werden aus dem Produkt aus Auftretenswahrscheinlichkeit, Bedeutung der Fehlerfolgen sowie Entdeckungswahrscheinlichkeit ermittelt und beschreiben das mit dem Fehler verbundene, resultierende Risiko. Zum anderen schreiben gesetzliche Vorschriften und Kundenanforderungen bzw. interne Richtlinien die Prüfung eines Merkmals vor.

Eine Prüfung ist generell notwendig, wenn eine hohe Risikoprioritätszahl vorliegt, oder den Teilen eine sicherheitsrelevante Bedeutung zukommt.¹⁴³ Weitere Kriterien für eine Prüfung bestehen, wenn die Prüfbarkeit des Merkmals nach dem nächsten Fertigungsschritt nicht mehr gegeben ist, die Ergebnisse eine Grundlage zur Einstellung des Fertigungsprozesses bilden

¹³⁵ Vgl. o.V. (1985), VDI/VDE/DGQ 2619, S. 4.

¹³⁶ Vgl. Mecklenburg-Weiss (1987), Systemkonzept, S. 40-41 und Reles (1985), Auswahl, S. 17-22, Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 14-15, Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 19-20, Nürnberg (1999), Toleranzplanung, S. 36-37 und o.V. (1985), VDI/VDE/DGQ 2619, S. 6.

¹³⁷ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 430-431, Pfeifer (2001), Fertigungsmesstechnik, S. 111 und Burghardt et al. (1995), Prüfpläne, S. 668.

¹³⁸ Vgl. o.V. (1989), DIN 55350-12, S. 2-4.

¹³⁹ Vgl. o.V. (1989), DIN 55350-12, S. 2-3 und o.V. (1985), DIN 55350-31, S. 2.

¹⁴⁰ Vgl. Reles (1985), Auswahl, S. 18-19 und Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 431.

¹⁴¹ Vgl. Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 17-19.

¹⁴² Die FMEA und die aus ihr abgeleiteten Qualitätskennzahlen werden zu einem späteren Zeitpunkt detailliert erläutert.

¹⁴³ Vgl. Tuete Kwam (1996), Prüfplanung, S. 51-54, 75 und Pfeifer (2001), Fertigungsmesstechnik, S. 112.

oder die weitere kostenintensive Bearbeitung eines nicht verwendbaren Bauteils vermieden werden kann.¹⁴⁴

Sowohl die erreichbare Produktqualität als auch das erzielte Kostenniveau werden maßgeblich von der Beurteilung der Prüfnötwendigkeit beeinflusst.¹⁴⁵

2.3.3. Festlegung des Prüfzeitpunktes

Bei der Festlegung des Prüfzeitpunktes differenziert die Literatur zwischen einer Produkt- und einer Einzelteilebene.¹⁴⁶ Dutschke bestimmt unter Zuhilfenahme der statistischen Prozessüberwachung das Prüfintervall eines Merkmals auf der Einzelteilebene.¹⁴⁷ Wird der Prüfzeitpunkt in Bezug auf ein Produkt festgelegt, so wird zunächst zwischen der Eingangs-, Zwischen- und Endprüfung unterschieden.¹⁴⁸ Sind an einem Bauteil mehrere Merkmale zu prüfen, wird die zeitliche Abfolge im Rahmen der Prüfvorgangsfestlegung definiert.¹⁴⁹

Unter Berücksichtigung der Prüf- und Ausschusskosten wird die Entscheidung über die durchzuführenden Zwischenprüfungen getroffen. Die frühzeitige Prüfung der Merkmale mit den höchsten Fehlerwahrscheinlichkeiten wird bevorzugt, sofern der Fertigungsablauf dies zulässt.¹⁵⁰

2.3.4. Festlegung der Prüffart

Bei der Festlegung der Prüffart¹⁵¹ wird zwischen einer variablen und einer attributiven Prüfung unterschieden,¹⁵² dabei bezeichnet der Begriff Attributivprüfung eine qualitative, die Variablenprüfung dagegen eine quantitative Prüfung der Merkmale.¹⁵³

Die mit der Attributivprüfung gewonnen Prüfergebnisse können nur bedingt zur weiteren Beurteilung herangezogen werden. Die Variablenprüfung, aus der quantitative Ergebnisse resultieren, ist der Attributivprüfung vorzuziehen, da sie eine höhere statistische Aussagekraft besitzt und einen geringeren Stichprobenumfang benötigt.¹⁵⁴ Zeller stellt fest, dass die Festlegung der Prüffart nur für die nachgelagerten Planungsfunktionen relevant ist, und sich aus ihr kein Rationalisierungspotenzial für die Prüfplanung ableiten lässt.¹⁵⁵

¹⁴⁴ Vgl. Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 12-13.

¹⁴⁵ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 496-498 und Pfeifer (2001), Fertigungsmesstechnik, S. 112.

¹⁴⁶ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 21-25 und Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 16-17.

¹⁴⁷ Vgl. Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 16-17.

¹⁴⁸ Vgl. Kring (1989), Qualitätsplanungssystem, S. 56-58 und Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 432.

¹⁴⁹ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 117-118 und Crostack et al. (2004), Prüfplanung, S. 13.

¹⁵⁰ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 118 und Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 432.

¹⁵¹ Im Zusammenhang mit der Prüffart wird auch von der Prüfmethode gesprochen.

¹⁵² Vgl. Mecklenburg-Weiss (1987), Systemkonzept, S. 44, Pfeifer (2001), Fertigungsmesstechnik, S. 115 und Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 432.

¹⁵³ Vgl. Mecklenburg-Weiss (1987), Systemkonzept, S. 44-45 und o.V. (1985), VDI/VDE/DGQ 2619, S. 7-9.

¹⁵⁴ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 432.

¹⁵⁵ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 26-27.

2.3.5. Festlegung des Prüfumfangs

Die verursachten Prüf- und Fehlerkosten werden durch die Festlegung des Prüfumfangs maßgeblich beeinflusst,¹⁵⁶ sodass eine Stichprobenprüfung aus wirtschaftlicher Sicht der 100% Prüfung vorzuziehen ist. Insbesondere bei der zerstörenden Prüfung ist es unvermeidbar, auf eine Kontrolle jeder einzelnen Einheit zu verzichten.¹⁵⁷ Aussagen, die aufgrund der Ergebnisse einer Stichprobenprüfung getroffen werden, sind mit einer kalkulierbaren Unsicherheit behaftet;¹⁵⁸ maschinenbedingte und nicht maschinenbedingte Unsicherheiten sind eingeschlossen.¹⁵⁹

Der Prüfumfang kann durch unternehmensspezifische oder -neutrale Stichprobensysteme bestimmt werden,¹⁶⁰ um eine größtmögliche Sicherheit beim Erkennen fehlerhafter Teile zu erreichen.¹⁶¹ Ein Stichprobensystem bezeichnet die Zusammenstellung von Stichprobenplänen mit Regeln für ihre Anwendung. Darin werden beispielsweise Kriterien definiert, die über die Annahme eines Loses entscheiden.¹⁶²

2.3.6. Festlegung des Prüfortes

Sowohl die zu prüfenden Merkmale als auch die Teilegrößen und der Fertigungsfluss haben einen entscheidenden Einfluss auf die Festlegung des Prüfortes.¹⁶³ Des Weiteren bestimmen ortsfeste Prüfmittel, die in Labors oder Messräumen aufgestellt sind, die Prüfplätze.¹⁶⁴ Wenn benötigte Prüfmittel nicht vorhanden sind, kann die Kontrolle unternehmensextern durchgeführt werden.¹⁶⁵

Neumann fasst dementsprechend unter dem Begriff Prüfort die Stellen zusammen, an denen die Qualitätsprüfungen vorgenommen werden.¹⁶⁶ Im Zuge der Kostenreduzierung wird die Prüfung vermehrt durch die Werkerselbstprüfung an den Fertigungseinrichtungen durchgeführt, weil Fehler direkt am Ort ihrer Entstehung behoben werden können.¹⁶⁷

2.3.7. Festlegung des Prüfpersonals

Die Festlegung des Prüfpersonals ist mit der des Prüfortes eng verbunden.¹⁶⁸ Der Begriff kennzeichnet diejenige Personengruppe, die Qualitätsprüfungen im Rahmen ihrer Tätigkeiten

¹⁵⁶ Vgl. Pfeifer (2001), Fertigungsmesstechnik, S. 116.

¹⁵⁷ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 27-30 und Mecklenburg-Weiss (1987), Systemkonzept, S. 46-48.

¹⁵⁸ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 29 und Melchior/Lübbe (1999), Prüfplanung, S. 508.

¹⁵⁹ Vgl. Dangelmaier (1999), Fertigungsplanung, S. 493.

¹⁶⁰ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 432-433 und Pfeifer (2001), Fertigungsmesstechnik, S. 116.

¹⁶¹ Vgl. Dangelmaier (1999), Fertigungsplanung, S. 493.

¹⁶² Vgl. o.V. (1985), VDI/VDE/DGQ 2619, S. 7.

¹⁶³ Vgl. Melchior/Lübbe (1999), Prüfplanung, S. 509 und Pfeifer (2001), Fertigungsmesstechnik, S. 118.

¹⁶⁴ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 433-434.

¹⁶⁵ Vgl. Franzkowski (1994), Annahmestichprobenprüfung, S. 209-236.

¹⁶⁶ Vgl. Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 14, 30-31.

¹⁶⁷ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 26 und Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 434.

¹⁶⁸ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 30-31, Tuete Kwam (1996), Prüfplanung, S. 78, Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 30-32, Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 434, Melchior/Lübbe (1999), Prüfplanung, S. 509 und Pfeifer (2001), Fertigungsmesstechnik, S. 118.

vornimmt.¹⁶⁹ Nach Zeller sind externe Prüfer, internes Qualitätssicherungs-Personal oder Nicht-Qualitätssicherungs-Personal zu unterscheiden.¹⁷⁰

Die Kontrolle der Erzeugnisse in fertigungsnahen Bereichen durch die Werker reduziert zum einen die entstehenden Kosten, da auf weiteres Personal zur Durchführung der Prüfungen verzichtet werden kann. Zum anderen überträgt die Werkerselbstprüfung mehr Verantwortung auf die einzelne Person, die sich besser mit den Produkten identifizieren kann.¹⁷¹

Die enge Verknüpfung zwischen der Festlegung des Prüforts und des Prüfpersonals verdeutlichen ortsfeste Prüfmittel, die Aufgrund ihrer hohen Komplexität im Allgemeinen von Qualitätssicherungs-Personal bedient werden.¹⁷²

2.3.8. Auswahl des Prüfmittels

In der Funktion Auswahl der Prüfmittel wird, unter Berücksichtigung organisatorischer Gründe sowie prüftechnischer und wirtschaftlicher Aspekte, das für die jeweilige Prüfung optimale Prüfmittel ausgewählt. Hierbei ist insbesondere bei größeren Prüfmittelbeständen eine Rechnerunterstützung hilfreich.¹⁷³ In einem ersten Schritt werden durch einen Vergleich der Prüfmittelstammdaten mit den Eigenschaften des Prüfmerkmals alle einsetzbaren Prüfmittel für die entsprechende Messung ermittelt.¹⁷⁴ Anschließend wird das unter ökonomischen Aspekten günstigste Prüfmittel ausgewählt.¹⁷⁵

2.3.9. Erstellung der Prüfanweisung

Die gewonnenen Informationen werden abschließend in einem Dokument, dem Prüfplan, zusammengetragen. Für die Form der Dokumente existieren keine verbindlichen Vereinbarungen – sie können unternehmensspezifisch angepasst werden.¹⁷⁶ Prüfpläne werden in zwei Teile untergliedert, den Prüfplankopf und den Prüfplananweisungsteil. Die organisatorischen Daten werde im Prüfplankopf vermerkt, wogegen die prüfvorgangsbezogenen Daten im Prüfplananweisungsteil dokumentiert werden.¹⁷⁷

Die Erstellung des Prüfplans erfolgt nach der VDI/VDE/DGQ Richtlinie 2619 an Hand von Ablaufplänen, die die Tätigkeiten und Entscheidungsschritte zur Erstellung eines Prüfplans beschreiben.¹⁷⁸ Die jeweiligen Funktionen werden in separaten Ablaufplänen weiter detailliert.

¹⁶⁹ Vgl. Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 14, 31-32.

¹⁷⁰ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 30.

¹⁷¹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 433-434.

¹⁷² Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 30 und Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 434.

¹⁷³ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 434 und Pfeifer (2001), Fertigungsmesstechnik, S. 119.

¹⁷⁴ Vgl. Pfeifer et al. (2004), Toleranzen, S. 73.

¹⁷⁵ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 434.

¹⁷⁶ Vgl. Eversheim (1997), Arbeitsvorbereitung, S. 68.

¹⁷⁷ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 10-15, Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 32-33 und Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 24-25.

¹⁷⁸ Vgl. o.V. (1985), VDI/VDE/DGQ 2619, S. 10-12.

Neumann kritisiert, dass in der Literatur verschiedene Reihenfolgen der einzelnen Funktionen der Prüfplanung vorgeschlagen werden,¹⁷⁹ die Autoren aber keine Begründung für ihre jeweilige Wahl anführen.¹⁸⁰ Fleissner zieht daraus den Schluss, dass keine einheitliche Vorgehensweise existiert.¹⁸¹

Mit Rückgriff auf Methoden des Operations Research hat Zeller ein Verfahren entwickelt, um den besten Prüfplanungsablauf zu ermitteln. Ein Ergebnis gilt danach als optimal, wenn in der aufgestellten Reihenfolge der Funktionen möglichst wenige Iterationen durchlaufen werden müssen.¹⁸² Die produktspezifischen Wechselwirkungen der einzelnen Funktionen untereinander werden in diesem Modell nicht berücksichtigt.¹⁸³

2.4. Prüfplanungsrelevante QM-Methoden

In diesem Kapitel werden QM-Methoden vorgestellt, die prüfplanungsrelevante Informationen erzeugen bzw. verarbeiten. Die in den frühen Phasen eingesetzten Methoden QFD, FMEA und SVM werden ebenso wie die in der Fertigung integrierte SPC beschrieben und ihr Informationsbeitrag diskutiert. Dabei werden die Eigenschaften und das Vorgehen erläutert sowie die beteiligten Personengruppen vorgestellt. An eine allgemeine Bewertung der Methoden schließt sich eine Diskussion in Bezug zur Prüfplanung an.

2.4.1. Quality Function Deployment (QFD)

Das Quality Function Deployment (QFD) wurde Mitte der 60er Jahre in Japan von Akao als ein Ansatz zur Umsetzung des Qualitätsmanagements in der Produktentwicklung eingesetzt, bevor es 1972 durch Nishimura und Takayanagi um Qualitätstabellen erweitert wurde.¹⁸⁴ Das American Supplier Institute (ASI)¹⁸⁵ verbreitet seit den frühen Achtziger Jahren QFD als umfassende Planungsmethode in den USA¹⁸⁶ – in Deutschland wird diese Methode seit Beginn der neunziger Jahre verstärkt eingesetzt.¹⁸⁷ Der Schwerpunkt liegt in der Produktentwicklung bzw. -planung.¹⁸⁸

¹⁷⁹ Vgl. Mecklenburg-Weiss (1987), Systemkonzept, S. 40-52, Reles (1985), Auswahl, S. 7-10, Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 26-29, Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 28-29, Melchior/Lübbe (1999), Prüfplanung, S. 505 und o.V. (1985), VDI/VDE/DGQ 2619, S. 5.

¹⁸⁰ Vgl. Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 15-16.

¹⁸¹ Vgl. Fleissner (1998), Prüfplanung, S. 19.

¹⁸² Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 71-83.

¹⁸³ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 88-129 und Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 14-15.

¹⁸⁴ Vgl. Akao (1990), QFD, S. 1-11, Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 314 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 84.

¹⁸⁵ Das American Supplier Institute (ASI) unterstützt Unternehmen in Fragen des Qualitätsmanagement mit Schwerpunkt Qualitätsplanung.

¹⁸⁶ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 314-315 und Vinarcik (1999), QFD, S. 38.

¹⁸⁷ Vgl. Akao (1990), QFD, S. 3 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 84.

¹⁸⁸ Vgl. Mai (1998), Produktplanung, S. 33 sowie Zimmermann (1995), QFD, S. 14, 22.

2.4.1.1. Eigenschaften des QFD

Das grundlegende Prinzip der QFD-Methode ist es, die Kundenorientierung eines modernen Qualitätsmanagements in allen Phasen der Produktentwicklung zu verankern.¹⁸⁹ Explizite und latente Kundenbedürfnisse¹⁹⁰ müssen als Forderungen an das Produkt verstanden werden, die in die technische Sprache des Ingenieurs übersetzt werden müssen, Abbildung 8.¹⁹¹

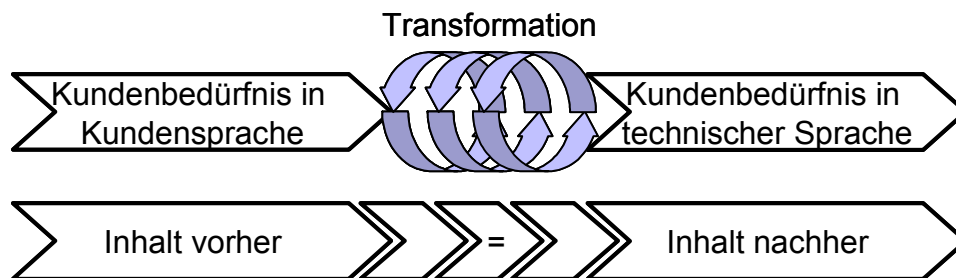


Abbildung 8: Transformationsprozess nach Juran¹⁹²

Das bedeutet, dass die oft nicht ganz exakt formulierten Kundenwünsche eindeutig in die technische Sprache des Unternehmens übersetzt werden müssen.¹⁹³ Zu diesem Zweck führt das QFD systematisch und schrittweise unterschiedliche Unternehmensbereiche, wie z.B. Qualitätsplanung, Entwicklung, Fertigung, und Arbeitplanung durch ein System aufeinander abgestimmter Planungs- und Kommunikationsschritte zusammen.¹⁹⁴

Hauptziel der Methodik ist die durchgängige Sicherstellung des Kundenbezugs in allen Phasen der Planung und Realisierung von Produkten und Dienstleistungen. Daneben sollen die horizontale und vertikale Kommunikation und die Transparenz komplexer, vernetzter Aufgaben- und Lösungsstrukturen verbessert sowie die Beziehungen zwischen Anforderungen und Leistungen bewertet und gewichtet werden.¹⁹⁵

Des Weiteren werden Defizite abgebaut, die aus mangelnder Abstimmung zwischen Marketing und Vertrieb einerseits und Konstruktion und Entwicklung andererseits resultieren. Unterfunktionalität wird vom Kunden negativ registriert, Überfunktionalität nicht entsprechend honoriert.¹⁹⁶

¹⁸⁹ Vgl. Zimmermann (1995), QFD, S. 22, Hoffmann (1997), Produktplanung, S. 27, Timpe/Fessler/Burmeister (2000), QFD-Ansatz, S. 883 und Govers (2001), QFD, S. 152.

¹⁹⁰ Die Berücksichtigung von offen ausgesprochenen und latenten Kundenwünschen ist ein zentraler Baustein der ursprünglichen Methode von Akao. Er fordert eine Ermittlung und Strukturierung von Kundenwünschen als Basis für die folgenden Entwicklungsschritte. Die Auswertung von vergangenheitsbezogenen Informationen wie Reklamationsdaten oder Fehlerstatistiken muss erfolgen, darf nach seinen Ausführungen aber nicht die einzige Quelle bei der Konzeption von Produkten sein.

¹⁹¹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 317-318, Mai (1998), Produktplanung, S. 32. Klein/Schmidt (2001), QFD, S. 308 und Govers (2001), QFD, S. 151.

¹⁹² Vgl. Juran (1991), Qualitätsplanung, S. 79.

¹⁹³ Vgl. Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 90.

¹⁹⁴ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 315-316 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 85.

¹⁹⁵ Vgl. Schwarze (2003), Qualitätsmanagement, S. 200-202.

¹⁹⁶ Vgl. Reiner (2004), Produktentwicklung, S. 51.

2.4.1.2. Vorgehen des QFD

Grundlegend können zwei Modelle der QFD unterschieden werden. Das Comprehensive Quality Function Deployment Model, vornehmlich von japanischen Forschern entwickelt, basiert auf den Arbeiten von Akao; King erweiterte es zum Ansatz Matrix der Matrizen. Der 4-stufen-Ansatz basiert hingegen auf den Arbeiten von Macabe und wird als konkreter QFD Ansatz bezeichnet.¹⁹⁷

In dem 4-Stufen-Ansatz des Quality Function Deployment¹⁹⁸ – in der deutschsprachigen Literatur am weitesten verbreitet¹⁹⁹ – bildet das House of Quality den konzeptionellen Kern der ersten Stufe. Es lässt sich in sechs Schritte aufteilen, wohingegen die weiteren Stufen aus jeweils vier kontinuierlich zu durchlaufenden Schritten bestehen, Abbildung 9.²⁰⁰ Im Folgenden werden die sechs Schritte der ersten Stufe exemplarisch erklärt.

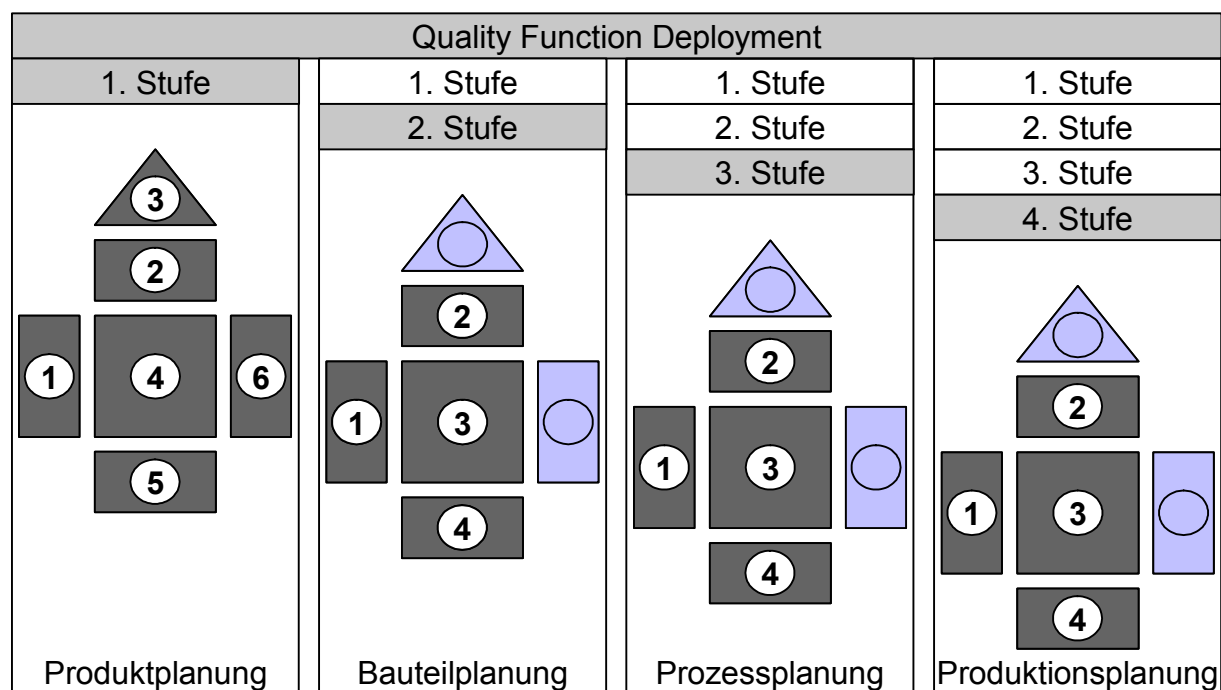


Abbildung 9: Schematischer Aufbau des QFD – House of Quality und Phasen-Konzept²⁰¹

Im ersten Schritt werden die Kundenforderungen ermittelt und mittels Paarweisem Vergleich strukturiert und gewichtet. Die Gewichtung erfolgt in Zahlenwerten von 1 (unwichtig) bis 10 (sehr wichtig).

¹⁹⁷ Vgl. King (1994), QFD, S. 338, Neumann (1996), QFD, S. 21 und Bors (1995), Konstruktionsmethodik, S. 18.

¹⁹⁸ Mai (1998), Produktplanung, S. 33 beschreibt diesen Ansatz als ein stark formalisiertes Konzept, dessen Anwendung auf die Parallelisierung von Entwicklungsabläufen im Simultaneous Engineering abzielt – er bewertet den Ansatz als recht starr für die praktische Umsetzung. Vgl. dazu auch Timpe/Fessler/Burmeister (2000), QFD-Ansatz, S. 883-884.

¹⁹⁹ Vgl. Kamiske/Brauer (1993), Qualitätsmanagement, S. 108-110, Markfort (1992), Qualitäts-Engineering, S. 22 und Curtis/Ertürk (1994), QFD-Einsatz, S. 396.

²⁰⁰ Vgl. Mai (1998), Produktplanung, S. 29-30 und Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 313-321.

²⁰¹ In Anlehnung an Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 314-319 und o.V. (1992), QFD, S. 4-7.

Für jede Kundenforderung ermittelt das QFD-Team im zweiten Schritt Qualitätsmerkmale und technische Funktionen des Produktes bzw. Prozesses, bis jede Forderung entsprechend der Gewichtung erfüllt ist.²⁰² Daraufhin wird seine Optimierungsrichtung festgelegt.

Im dritten Schritt wird zusätzlich eine Korrelation der verschiedenen Qualitätsmerkmale dokumentiert; verschiedene Merkmale können untereinander positiv oder negativ in Wechselwirkung treten, was oft zu Kompromissen in der Ausarbeitung führt.

Die Vernetzung der gewichteten Kundenforderungen mit den Qualitätsmerkmalen erfolgt in Schritt Vier. Die Bewertung wird mit Symbolen, die die Zahlenwerte (0), 1, 3 und 9 symbolisieren, anhand von Erfahrung und Wissen der QFD-Beteiligten durchgeführt. Je höher der Wert, desto höher ist die Bedeutung des Kundenwunsches in Abhängigkeit des Qualitätsmerkmals.

Im fünften Schritt werden die ermittelten Werte ausgewertet, indem z.B. die absolute Bedeutung der Qualitätsmerkmale berechnet wird. Die Auswertung bezieht sich auf Erfahrungswerte aus technologischer Sicht im Vergleich zu Konkurrenzprodukten.

Neben der Auswertung aus technologischer Sicht werden in dem sechsten Schritt die Ergebnisse aus Kundensicht analysiert. Hierdurch wird vermieden, dass ein Produkt zwar technisch einwandfrei, aber am Markt vorbei entwickelt wird.

Sind alle Schritte ausgeführt worden, ist die erste der vier Stufen abgeschlossen. Die erarbeiteten Merkmale bilden die Eingangsinformationen der nachfolgenden Stufe; an jedem Übergang wird zur Fokussierung auf die wesentlichen Aspekte eine Bewertung der Wichtigkeit vorgenommen.²⁰³

Die erste, gerade beschriebene Stufe, die auf das House of Quality zurückgreift, transformiert die Kundenanforderungen in Qualitätsmerkmale, in der zweiten werden wichtige Merkmale des Produkts auf seine Komponenten übertragen. Die dritte Stufe beschreibt den Übergang von der Konstruktion und Entwicklung auf die Fertigung, während die letzte Stufe die Produktionsplanung begleitet und Prozessmerkmale bzw. Angaben zur Prozessregelung ergänzt – hieraus resultieren Anweisungen zur Prüfung und Regelungen im Hinblick auf qualitätsfähige Prozesse.²⁰⁴ Im Gegensatz zu der ersten Stufe, wird bei den Weiteren häufig ein auf die wesentliche Transformationsmatrix reduziertes House of Quality eingesetzt – die Forderungen werden den abgeleiteten Merkmalen gegenübergestellt.²⁰⁵

2.4.1.3. Beteiligte Personen

Die erfolgreiche Durchführung des QFD hängt vom Engagement der aktiv beteiligten Personen und deren Qualifikation ab. Während Vertreter aus dem Management die Implementie-

²⁰² Teamsitzungen mit einer bereichsübergreifenden Beteiligung erreichen eine hohe Informationsqualität, vgl. Schülke (2001), Informationsmanagement, S. 31.

²⁰³ Vgl. Zimmermann (1995), QFD, S. 15-16.

²⁰⁴ Vgl. Akao (1992), QFD, S. 16, Zimmermann (1995), QFD, S. 17, Mai (1998), Produktplanung, S. 29, Bors (1995), Konstruktionsmethodik, S. 21-22 und Bischoff (2002), Prozess-QFD, S. 387.

²⁰⁵ Vgl. Zimmermann (1995), QFD, S. 16 und Mai (1998), Produktplanung, S. 30.

rung und Anwendung der Methode im Unternehmen unterstützen²⁰⁶ und ein als Facilitator bezeichneter Promoter die Ein- und Durchführung der Methode durch seine methodische und soziale Kompetenz ermöglicht, hat die Auswahl der beteiligten Teammitglieder bzw. die Kompetenzverteilung innerhalb des Teams große Auswirkungen auf die Ergebnisse des QFD.²⁰⁷ In Abhängigkeit von der Problemsituation werden die Teams interdisziplinär und multifunktional zusammengesetzt und können neben unternehmensinternen auch externe Wissensträger umfassen. Generell werden eine marketing-orientierte Kundensicht und eine technische Ingenieursicht unterschieden, die sich in der Zusammensetzung des Teams widerspiegelt.²⁰⁸

Passiv beteiligt sind diejenigen Personen, die von den Ergebnissen der QFD-Anwendung profitieren – häufig in der Phase der Umsetzung.²⁰⁹

2.4.1.4. Bewertung der Methode

Das QFD berücksichtigt konsequent die Kundenwünsche bei der Spezifizierung technischer Merkmale entlang des Produktentstehungsprozesses – hierbei sind wesentliche Aspekte zu berücksichtigen. Bei der Durchführung des QFD ist es wichtig, den richtigen Detaillierungsgrad zu finden.²¹⁰ Die Berücksichtigung der Kundenwünsche ist zwar von zentraler Bedeutung, jedoch wirkt sie als Multiplikator und führt zu einer hohen Komplexität in den folgenden Phasen,²¹¹ eine Reduzierung durch Fokussierung auf wesentliche Merkmale ist nicht immer möglich. Der starre methodische Rahmen, der die QFD-Anwendung prägt, führt zu mangelnder Akzeptanz der Methode bei den Anwendern. Viele QFD-Vorhaben scheitern, da unkonventionelle aber bewährte Vorgehensweisen nicht mit der Methode vereinbar sind.²¹² Zischka findet in einer Umfrage unter Zulieferern der Automobilindustrie heraus, dass 60% der Befragten die QFD als ein Hilfsmittel in der Produktplanung sehen²¹³ – sie beziehen sich also nur auf das House of Quality in der ersten Stufe. Während etwa die Hälfte praktische Erfahrung mit der QFD-Methode angab, war bei einer geringen Anzahl die Methode implementiert.²¹⁴ Darüber hinaus ist die kross-funktionale Zusammensetzung des Teams²¹⁵ und die

²⁰⁶ Hierzu zählt auch die Verankerung der Methodenanwendung in der Unternehmensphilosophie.

²⁰⁷ Vgl. Zimmermann (1995), QFD, S. 23, Bors (1995), Konstruktionsmethodik, S. 19, Mai (1998), Produktplanung, S. 37, Zischka (2000), Qualitätsplanung, S. 39, Lesmeister (2001), Produktplanung, S. 16, Govers (2001), QFD, S. 153 und Cristiano/Liker/White (2001), QFD, S. 81, 84.

²⁰⁸ Vgl. Neumann (1996), QFD, S. 60-61, Zischka (2000), Qualitätsplanung, S. 33 und Bischoff (2002), Prozess-QFD, S. 387.

²⁰⁹ Vgl. Zimmermann (1995), QFD, S. 23.

²¹⁰ Zischka (2000), Qualitätsplanung, S. 3 bemängelt, dass die Umsetzung des QFD-Konzepts – abgesehen von durchgeführten Praxisbeispielen – nicht beschrieben ist und die Literatur auf eine notwendige anwendungsspezifische Anpassung hinweist.

²¹¹ Vgl. Mai (1998), Produktplanung, S. 33, Gerhards (2002), Methodik zur Interaktion, S. 31 und Neumann (1996), QFD, S. 23.

²¹² Vgl. Mai (1998), Produktplanung, S. 33, Zischka (2000), Qualitätsplanung, S. 1 und Bögel/Hofmann (2001), QFD, S. 440.

²¹³ Im Gegensatz hierzu sehen Herstatt/Sander (2004), Kundeneinbindung, S. 103 die QFD als eine entdeckende Methode im Rahmen der Entwicklung.

²¹⁴ Vgl. Zischka (2000), Qualitätsplanung, S. 67.

²¹⁵ Eine eindeutige Zusammensetzung des Teams wird in der Literatur nicht genannt; es wird lediglich eine angemessene, projektspezifische Besetzung verlangt.

dadurch erreichte Bündelung von Wissen und Erfahrung ein wesentlicher Aspekt für den Erfolg der Methode.²¹⁶

Die Beurteilung von Aufwand und Nutzen der Methode ist schwierig.²¹⁷ Um den individuellen, optimalen QFD-Prozess zu erarbeiten, müssen bestehende Vorgehensweisen verbunden werden.²¹⁸

2.4.1.5. Diskussion in Bezug auf die Prüfplanung

Das QFD kann durch die konsequente Orientierung an den Kundenwünschen wichtige Eingangsinformationen für die Prüfplanung bereitstellen. Beispielhaft sei hier auf die Ermittlung der Prüfmerkmale hingewiesen. Eine Ermittlung ausschließlich aus technischer Sicht kann dazu führen, dass für den Kunden wesentliche Merkmale nicht oder nicht in ausreichendem Maße berücksichtigt werden, weil die relative technische Bedeutung im direkten Vergleich mit anderen Merkmalen untergewichtet ist. Der Rückgriff auf Informationen der Methode, insbesondere die Gewichtung der Kundeforderungen, kann zu einer Priorisierung der zu prüfenden Merkmale führen.

Auch die weiteren Phasen des Modells nach Macabe können prüfplanungsrelevante Informationen bereitstellen. Als Beispiel kann die Umsetzung von einzelnen Anforderungen an Baugruppen oder Komponenten eines Produktes genannt werden. Des Weiteren werden in den letzten beiden Stufen prozessrelevante Merkmale definiert, die einen direkten Einfluss auf die Ausgestaltung der Prüfungen haben können – fokussiert auf die Belange der Kunden.

Aus den genannten Gründen ist die QFD eine wesentliche Methode für die Prüfplanung, auf deren Einsatz nicht verzichtet werden sollte.

2.4.2. Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)

Die Methode FMEA (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse) wurde in den 60er Jahren von der NASA entwickelt und zunächst vornehmlich in der Luft- und Raumfahrttechnik eingesetzt.²¹⁹ 1980 wurde die FMEA in Deutschland in der DIN 25448 genormt²²⁰ und seit der zweiten Hälfte der 80er Jahre in der Produktionstechnik eingesetzt – Auslöser hierfür war die Einführung der Qualitätssystemrichtlinie Q-101 der Firma Ford.²²¹ Begünstigt durch die Rechnerunterstützung verbreitet sich die FMEA seit den 90er Jahren in zunehmendem Maße.

Bezogen auf die Zielrichtung des Einsatzes werden eine System- eine Konstruktions- und eine Prozess-FMEA unterschieden, die sich in der Planung der Durchführung deutlich voneinander

²¹⁶ Vgl. Cristiano/Liker/White (2001), QFD, S. 85.

²¹⁷ Vgl. Pfeifer/Neumann (1994), QFD, S. 87.

²¹⁸ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 320-321, Zischka (2000), Qualitätsplanung, S. 51, Bögel/Hofmann (2001), QFD, S. 440, Boutellier (1999), Qualitätsplanung, S. 287-288 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 87.

²¹⁹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 395-397.

²²⁰ Vgl. o.V. (1990), DIN 25448, S. 1-8. In dieser Norm wird die Bezeichnung „Ausfalleffektanalyse“ für die FMEA benutzt.

²²¹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 396 und Sponner/Hoffmann/Garbas (2000), FMEA, S. 1279.

unterscheiden.²²² Die System-FMEA wird zeitlich vor der Konstruktions-FMEA durchgeführt und basiert auf dem Produktkonzept, wohingegen die sich anschließende Prozess-FMEA die Herstellprozesse berücksichtigt und auf dem Fertigungsplan basiert.²²³ Heute hat sich die Methode der FMEA wegen des zunehmenden Verständnisses für einen ganzheitlichen und vorbeugenden Qualitätsbegriff in der Industrie weitgehend durchgesetzt und ist in Normen verankert;²²⁴ seit einer Überarbeitung durch den VDA wird ausschließlich zwischen einer System-FMEA Produkt, die die System- und die Konstruktions-FMEA umfasst, und einer System-FMEA Prozess unterschieden. Mit der FMEA-Methode können alle Phasen des Produktlebenszyklus von der Entwicklung über die Nutzung bis hin zur Entsorgung betrachtet werden.²²⁵

2.4.2.1. Eigenschaften der FMEA

Die FMEA ist ein qualitatives, sicherheitstheoretisches Analyseverfahren und steht in engem Zusammenhang mit quantitativen Verfahren wie der Fehlerbaumanalyse und der Störfallaufanalyse. Das Ziel der Methode ist die systematische Erfassung und Bewertung zuverlässigkeits-, sicherheits- und instandhaltungsrelevanter Informationen eines Systems – in der heutigen Sichtweise erweitert um die Betrachtung qualitätsrelevanter Informationen.²²⁶

Die FMEA berücksichtigt neben dem eigentlichen Fehler auch die Fehlerursache und -folge. Diese sind logisch miteinander verknüpft, so dass eine durchgängige Interpretation des Problems erreicht wird. Die Bewertung wird auf Basis von Risikozahlen vorgenommen, die die Wahrscheinlichkeit des Auftretens, die Bedeutung des Fehlers und die Entdeckungswahrscheinlichkeit beschreiben.

Bei der Bewertung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens (RZ-A) wird davon ausgegangen, dass der Fehler und die Fehlerursache nicht geprüft werden, bevor der Kunde das Produkt übernimmt bzw. der Fehler Störungen im weiteren Prozessverlauf verursacht. Die Bewertung der Bedeutung (RZ-B) ist ein Maß für die Auswirkung des Fehlers auf den Kunden. Hier wird vorausgesetzt, dass der Fehler beim Kunden auftritt. Die Bewertung der Wahrscheinlichkeit, einen Fehler zu entdecken (RZ-E), bevor das Produkt den Kunden erreicht, geht davon aus, dass eine Fehlerursache zu einem Fehler führt und bewertet die Wirksamkeit der vorgesehenen Prüfmaßnahmen.²²⁷ Für jede der Risikozahlen wird eine Bewertung auf einer Skala von 1 bis 10 vorgenommen. Aus der Multiplikation dieser drei Werte ergibt sich die Risikoprioritätszahl (RPZ) im Bereich von 1 bis 1000.²²⁸ Die Risikoprioritätszahl und deren Faktoren geben Aufschluss über das vorliegende Risiko, die Notwendigkeit und die Art der Risikominimierung.

²²² Vgl. Schloske (1999), FMEA, S. 26-27 und Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 397.

²²³ Vgl. Knickel (1997), Kommunikationsprozesse, S. 26-27 und Stahl (1997), FMEA, S. 36.

²²⁴ Vgl. Schloske (1999), FMEA, S. 29, Vollrath (2000), FMEA, S. 1567 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 158.

²²⁵ Vgl. Schloske (1999), FMEA, S. 26.

²²⁶ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 395.

²²⁷ Vgl. Schloske (1999), FMEA, S. 38.

²²⁸ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 401 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 140.

Aufgrund der Tatsache, dass die Größe der Risikozahlen von Expertenwissen und subjektiven Beurteilungen abhängen, ist die RPZ nicht als absolute Bewertung eines Fehlers zu verstehen, sondern lässt eine relative Bewertung eines Fehlers zu einem anderen oder vergleichbaren Ereignis zu. Sehr hohe Risikoprioritätszahlen erfordern immer Maßnahmen; eine RPZ im mittleren Bereich benötigt hingegen eine genauere Betrachtung.²²⁹ Ist beispielsweise eine hohe Entdeckungswahrscheinlichkeit in Kombination mit einer niedrigen Auftretenswahrscheinlichkeit gegeben, ist je nach Bedeutung abzuschätzen, ob Maßnahmen ergriffen werden müssen. Auch bei sehr geringer Bedeutung und geringer Auftretenswahrscheinlichkeit müssen bei geringer Entdeckungswahrscheinlichkeit nicht zwingend Maßnahmen ergriffen werden.²³⁰

Die Fehlerfortpflanzung in dem betrachteten Objekt weicht die Abgrenzung der unterschiedlichen FMEA Arten auf. Zwar wird zur wirkungsvollen Einschränkung der Komplexität eine Trennung aufrechterhalten, jedoch ist eine ganzheitliche Betrachtung erforderlich, wenn Wirkung und Ursache eines Fehlers die definierten Grenzen überschreiten.

2.4.2.2. Vorgehen der FMEA

Für das zu betrachtende Erzeugnis, das Bauteil oder den Prozess werden die jeweiligen Funktionen beschrieben, um daraus die potenziellen Fehlerarten abzuleiten.²³¹

Ein methodischer Grundsatz der FMEA ist neben der interdisziplinären teamorientierten Durchführung, die strukturierte Vorgehensweise, die sich nach Pfeifer in die vier Teilschritte organisatorische und inhaltliche Vorbereitung, Durchführung, Auswertung sowie Erfolgskontrolle und Terminverfolgung unterteilen lässt, Abbildung 10.²³²

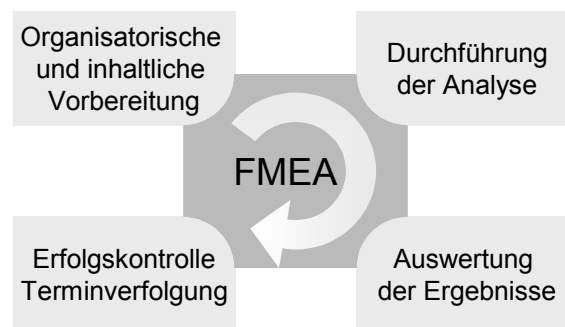


Abbildung 10: Vorgehen der FMEA²³³

Die organisatorische Vorbereitung bestimmt den Betrachtungshorizont für den eine FMEA erstellt wird. Eine detaillierte Analyse des Produkts oder des Prozesses gewährleistet, dass eine vollständige Abbildung des Problems erfolgt. Außerdem wird das beteiligte Team und

²²⁹ Die Definition der Grenzen für die Einleitung von Maßnahmen muss unternehmens- und projektspezifisch erfolgen. Eine Orientierung kann anhand der RPZ oder den Werten der einzelnen Risikozahlen erfolgen.

²³⁰ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 402, Schloske (1999), FMEA, S. 41 und Mäkel (2001), Software-FMEA, S. 66.

²³¹ Vgl. Kersten (1999), Methodenentwicklung, S. 360-361.

²³² Vgl. Schloske (1999), FMEA, S. 31, Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 398-403, Stahl (1997), FMEA, S. 17, Sponner/Hoffmann/Garbas (2000), FMEA, S. 1280, Mäkel (2001), Software-FMEA, S. 66 und Vollrath (2000), FMEA, S. 1568.

²³³ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 398-399.

ein Verantwortlicher für die Durchführung bestimmt, der den Prozess der FMEA Erstellung kontrolliert.²³⁴

Im zweiten Schritt wird das zu analysierende Objekt weiter strukturiert und in seine Bestandteile gegliedert. Ein komplexes Produkt wird demnach in Baugruppen und diese weiter in Unterbaugruppen und Einzelteile differenziert. Bei jeder Komponente schließt sich eine Definition der Funktionen an, die zu erfüllen sind.

Im Rahmen der FMEA-Durchführung werden zu jeder Funktion der Bauteile mögliche Fehler sowie deren potenzielle Auswirkungen und Ursachen genannt.²³⁵ Unter Berücksichtigung der Maßnahmen zur Vermeidung der Fehlerursache bzw. zur Entdeckung wird das Risiko hinsichtlich der drei Risikozahlen Auftreten, Entdeckung und Bedeutung bewertet, die anschließend zur Risikoprioritätszahl verdichtet werden.²³⁶ Dieser dritte Schritt greift zur systematischen Unterstützung und Dokumentation der Aktivitäten auf FMEA-Formblätter zurück.²³⁷

Der vierte Schritt sieht die Definition von Maßnahmen vor, mit denen die ermittelten Risiken verringert werden können. In Anlehnung an unternehmensinterne Richtlinien werden die Maßnahmen zunächst für die hoch priorisierten, kritischen Fehler definiert. Dabei ist in Anlehnung an die Risikozahlen zu entscheiden welche Art Maßnahme sinnvoll ist: vermeidende Maßnahmen sind im Sinne eines präventiven Qualitätsmanagements den entdeckenden vorzuziehen.²³⁸

Abschließend leitet der letzte Schritt die Erfolgs- und Umsetzungskontrolle der definierten Maßnahmen ein – eine termingerechte Bearbeitung ist dabei obligatorisch. Es ist kritisch zu überprüfen, ob die Maßnahmen die gewünschte Wirkung erzielen, anderenfalls ist eine Anpassung notwendig. Umgesetzte Änderungen sind zu dokumentieren und in der FMEA zu ergänzen.²³⁹

2.4.2.3. Beteiligte Personen

Die FMEA ist eine bereichsübergreifende Methode, die das in einem Unternehmen vorliegende Erfahrungswissen über Fehlerzusammenhänge und Qualitätseinflüsse auf systematische Weise sammelt und damit verfügbar macht.²⁴⁰ Es werden gemischt zusammengesetzte Ar-

²³⁴ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 399-400, Sponner/Hoffmann/Garbas (2000), FMEA, S. 1282-1284, Stahl (1997), FMEA, S. 22 und Vollrath (2000), FMEA, S. 1567.

²³⁵ Fehler können unter anderem als Negation der Funktionen verstanden werden, Vgl. Schloske (1999), FMEA, S. 33.

²³⁶ Diese Bewertung ist jedoch immer subjektiv, Vgl. Erlhof (1997), Betriebsdatenerfassung, S. 32 und Stahl (1997), FMEA, S. 24-28.

²³⁷ Die VDA/DGQ-Arbeitsgruppe „Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz“ hat unter Mitwirkung von Automobilherstellern und einigen Zuliefererfirmen ein solches Formblatt veröffentlicht. Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 401, Schloske (1999), FMEA, S. 36-39 und Lesmeister (2001), Produktplanung, S. 19-20.

²³⁸ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 402-403 und Schloske (1999), FMEA, S. 38-39.

²³⁹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 403 und Vollrath (2000), FMEA, S. 1569.

²⁴⁰ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 394, Stahl (1997), FMEA, S. 17, Ebner (1996), Qualitätsmanagement, S. 34 und Franceschini/Galetto (2001), FMEA, S. 2991.

beitsgruppen unter Leitung eines Moderators aus allen Bereichen der Wertschöpfungskette beteiligt, sodass auch komplexe Produkte und Prozesse betrachtet werden können.²⁴¹

In Anlehnung an Pfeifer sind bei einer System-FMEA Produkt Entwicklung und Konstruktion die maßgeblichen Beteiligten; Beschaffung, Vertrieb und die Kunden sollten außerdem einbezogen werden. Die Zusammensetzung ändert sich bei einer System-FMEA Prozess, bei der die Fertigungsplanung in den Mittelpunkt rückt. Konstruktion, Produktion und Qualitätssicherung sind als weitere Teilnehmer neben den technischen Funktionen wie Lagerung und Wartung erforderlich.²⁴²

2.4.2.4. Bewertung der Methode

Die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse ist eine wirksame Methode zur Verbesserung der Qualität bei der Analyse und Vermeidung potenzieller Risiken, deren Aufgabe es ist, alle wesentlichen Fehler früh, mit möglichst geringem Aufwand zu erkennen.²⁴³

Um dies zu erreichen, ist eine methodisch durchdachte und strukturierte Vorgehensweise notwendig. Dies erfüllt die FMEA, denn sie betrachtet als Methode die Fehlerursache, den Fehler und die Fehlerfolge in Kombination.

Der Erfolg der FMEA wird durch das Wissen der beteiligten Personen, deren Zusammensetzung entsprechend der Aufgabestellung vorzunehmen ist, beeinflusst. Die Erfahrung hat gezeigt, dass durch Untersuchungen von Einzelpersonen oder kleinen Personenkreisen oftmals Fehler übersehen werden, die zu teuren Nachentwicklungen führen können.²⁴⁴ Die FMEA-Anwendung ist bereits dann wirtschaftlich, wenn ein Fehler, der zu einer Rückrufaktion geführt hätte, vermieden wird.²⁴⁵ Lücken im Gesamtsystem können aufgedeckt werden, wenn von der strikten Trennung der System-FMEA Produkt und Prozess Abstand genommen wird.²⁴⁶

2.4.2.5. Diskussion in Bezug auf die Prüfplanung

Das Hauptziel der FMEA ist die frühest mögliche Identifizierung kritischer Komponenten und Schwachstellen, insbesondere bei innovativen Produkten oder Prozessen durch das Erkennen und Lokalisieren von Fehlern, Fehlerursachen und -folgen in komplexen Systemen.²⁴⁷ Besondere Relevanz haben kritischen Merkmale, da sie für die Fehler des Produktes und damit für die Kaufentscheidung des Kunden von größter Bedeutung sind. Für die Prüfplanung sind die-

²⁴¹ Vgl. Stahl (1997), FMEA, S. 19. Euler (1998), Qualitätsmanagementprozesse, S. 30, Timpe/Seibicke (2000), Fehlersuche, S. 1432, Sponner/Hoffmann/Garbas (2000), FMEA, S. 1279 und Vollrath (2000), FMEA, S. 1568-1569.

²⁴² Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 404.

²⁴³ Vgl. Zischka (2000), Qualitätsplanung, S. 21, Gogoll (1996), Qualitätstechniken, S. 83 Franceschini/Galetto (2001), FMEA, S. 2995, Kersten (1999), Methodenentwicklung, S. 360 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 139.

²⁴⁴ Vgl. Schloske (1999), FMEA, S. 30, Ebner (1996), Qualitätsmanagement, S. 35-36, Hartung (1994), Qualitätsmanagement, S. 27-28 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 139.

²⁴⁵ Vgl. Jonasch/Spahn (1996), FMEA, S. 371, Erlhof (1997), Betriebsdatenerfassung, S. 27, Stahl (1997), FMEA, S. 32 und Henke (2004), Reklamationen, S. 59.

²⁴⁶ Vgl. Geiger (2004), FMEA, S. 49.

²⁴⁷ Vgl. Erlhof (1997), Betriebsdatenerfassung, S. 27 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 139.

se Informationen von zentraler Bedeutung, da sie zum einen die Auswahl der Prüfmerkmale beeinflussen können und zum anderen einen Hinweis auf die Prüfschärfe liefern können; die in der FMEA mittels der RPZ erzeugte Gewichtung der Fehler wird im Prüfplan in einer höheren Berücksichtigung der Merkmale verankert.²⁴⁸

Darüber hinaus kann die Prüfplanung aus den Diskussionen in dem interdisziplinären Team in Bezug auf die Beurteilung der Fehler und deren Ursachen auf notwendige Prüfungen schließen und bei der Analyse von Prozessen die optimale Integration der Messtechnik ableiten. Gewährleistungskosten können reduziert werden, wenn durch die Besetzung des Teams Feldinformationen in die Produktentwicklung einfließen.²⁴⁹

2.4.3. Statistische Versuchsmethodik (SVM)

Unter dem Sammelbegriff Statistische Versuchsmethodik (SVM) oder Design of Experiments (DoE) wird eine Vielzahl von zum Teil sehr unterschiedlichen Methoden zur systematischen Planung, Durchführung und Auswertung von Versuchen verstanden.

Initiiert wurde die Statistische Versuchsmethodik Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts von Fisher. Er hatte die Idee, Versuche systematisch unter bestimmten, aus der Statistik abgeleiteten Bedingungen durchzuführen und auszuwerten. Die SVM setzte sich zunächst nur langsam in der Landwirtschaft, für die sie ursprünglich entwickelt wurde, durch. Nachdem sich die SVM auch mit der Optimierung befasste, wurde sie für andere Wirtschaftsbereiche interessant.

Versuchspläne wurden erstmalig von Box und Wilson im Jahre 1951 vorgeschlagen. Taguchi veröffentlichte 1960 seine Philosophie und Methode, die seit 1965 in Japan mit Erfolg benutzt wird. 1980 wurde sie in den USA eingeführt – fünf Jahre später in Deutschland. Das Prinzip der Statistischen Versuchsmethodik von Shainin verbreitet sich seit Ende der achtziger Jahre.²⁵⁰

2.4.3.1. Eigenschaften der SVM

Mit der SVM können Prozess- oder Produktparameter, die für die Güte einer Konstruktion oder eines Herstellprozesses ausschlaggebend sind, systematisch optimiert werden.²⁵¹ Wichtiger Bestandteil der Statistischen Versuchsmethodik ist hierbei der Versuchsplan. Ein statistischer Versuchsplan enthält Parameterkombinationen mit denen ein Experiment durchgeführt werden soll.²⁵² Das systematische Verfahren ermöglicht neben abgesicherten Ergebnissen ein Verständnis der Zusammenhänge der einzelnen Faktoren, die so genannten Wechselwirkungen.

Das eigentliche Ziel der Statistischen Versuchsmethodik liegt darin, mit einer möglichst geringen Anzahl an Versuchen diejenigen Informationen zu gewinnen, die zur Erfüllung einer

²⁴⁸ Vgl. Redeker/Keunecke/Pommerenke (2003), Qualitätsmanagement, S. 343.

²⁴⁹ Vgl. Henke (2004), Reklamationen, S. 59.

²⁵⁰ Vgl. Schulze (1999), Versuchsplanung, S. 389-391 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 162-163.

²⁵¹ Vgl. Gogoll (1996), Qualitätstechniken, S. 95 und Mayers (1997), Statistische Versuchsmethodik, S. 5.

²⁵² Vgl. Hegenscheidt (2003), Leistungsprognose, S. 53.

bestimmten Aufgabe notwendig sind.²⁵³ In der klassischen Versuchsplanung gibt es eine Vielzahl von Methoden, mit denen Produkte, Prozesse und Systeme systematisch untersucht werden können.²⁵⁴

Jede Methode hat ihre spezifischen Vor- und Nachteile. Aufgrund ihres häufigen Einsatzes wird detaillierter auf die faktoriellen, mehrparametrischen Versuchspläne eingegangen. Mit ihnen können Prozesse unter gleichzeitiger Berücksichtigung mehrerer Einflussfaktoren untersucht werden. Um den Versuchsaufwand so gering wie möglich zu halten, werden pro Faktor meist nur zwei Einstellungen gewählt.²⁵⁵

Die Einfaktormethode ist die einfachste Vorgehensweise bei der Untersuchung des Einflusses mehrerer Faktoren. Dabei wird jeweils ein Faktor variiert, während alle anderen konstant gehalten werden. Diese Methode hat den Nachteil, dass keine Aussage über die Wirkung dieses Faktors bei Veränderung eines anderen Faktors getroffen werden kann.²⁵⁶

Bei den vollfaktoriellen Versuchsplänen werden mehrere Faktoren gleichzeitig variiert. Dies ermöglicht es, Mittelwerte über die Einstellungen zu bilden und Effekte zu berechnen. Unter einem Haupteffekt wird die mittlere Änderung einer Zielgröße bei einem Wechsel der Einstellung eines Faktors verstanden. Eine Wechselwirkung liegt dann vor, wenn nur bei bestimmten Kombinationen der Faktoreinstellungen ein Effekt beobachtet wird. Nachteil hierbei ist der hohe Versuchsaufwand durch die große Anzahl an Versuchen, die mit der Anzahl der zu untersuchenden Faktoren und deren Einstellungen exponentiell ansteigt. In der industriellen Praxis stellen vier Faktoren mit 16 benötigten Versuchspunkten eine Grenze dar.²⁵⁷

Steigt die Anzahl an Faktoren über diesen Wert, wird auf teilfaktorielle Versuchspläne zurückgegriffen – alle Faktoren werden gleichmäßig gegeneinander variiert. Dabei werden die Spalten der Wechselwirkungen zusätzlich mit Haupteffekten überlagert. Dies ist möglich, wenn feststeht, dass die Wechselwirkungen einen nur sehr geringen Einfluss haben. Andernfalls kann die Überlagerung zu Fehlinterpretationen führen; die bewusste Nutzung der Überlappungstechnik ist ein wichtiges Hilfsmittel.²⁵⁸

Neben der Versuchsmethodik im klassischen Sinn etablieren sich weitere Verfahren, die die notwendigen Versuchszahlen stark reduzieren. Taguchi entwickelte das Modell der robusten

²⁵³ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 356-357, Hegenscheidt (2003), Leistungsprognose, S. 53, Bantleon (2005), Fertigungsprozesse, S. 35 und Kleppmann (2003), Versuchsplanung, S. 4.

²⁵⁴ Neben den faktoriellen Plänen existieren quadratische Pläne zu denen Latin Square, Youden Square und Graeco Latin Square zählen sowie deterministische Pläne wie der Gauß-Seidel-Plan, der Gradientenplan und der Simplexplan, Vgl. Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 167. Es gibt eine Vielzahl weiterer Pläne, auf die nicht weiter eingegangen wird.

²⁵⁵ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 361, Hegenscheidt (2003), Leistungsprognose, S. 53-54 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 163-164.

²⁵⁶ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 360, Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 164 und Hegenscheidt (2003), Leistungsprognose, S. 54.

²⁵⁷ Vgl. Hegenscheidt (2003), Leistungsprognose, S. 54-60, Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 361-362 und Mayers (1997), Statistische Versuchsmethodik, S. 10-13.

²⁵⁸ Vgl. Hegenscheidt (2003), Leistungsprognose, S. 60-61, Gogoll (1996), Qualitätstechniken, S. 96, Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 371-375, Mayers (1997), Statistische Versuchsmethodik, S. 13-15 Schulze (1999), Versuchsplanung, S. 401-402 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 166.

Prozesse;²⁵⁹ neben der Fokussierung auf den Zielwert steht die Unempfindlichkeit gegenüber Schwankungen im Vordergrund. Er setzt dabei auf hochvermengte Versuchspläne. Durch die vielen implizit vorgenommenen Annahmen in seiner Methodik (z.B. die Vernachlässigung von Wechselwirkungen) sind die Ergebnisse fragwürdig, sehr empfindlich gegenüber Scheineffekten und sollten immer durch Bestätigungsversuche verifiziert werden.²⁶⁰ Die Versuchsplanung nach Shainin stellt ein gestuftes Vorgehen dar, bei der starke Einflussfaktoren in mehreren Schritten und verschiedenen Verfahrensmöglichkeiten gefunden werden können. Der zentrale Gedanke ist dabei, dass nur wenige Einflussgrößen einen dominanten Einfluss haben. Dieses Prinzip ist nicht allgemein gültig, aber, wenn sehr viele Einflussgrößen vorliegen, in vielen Fällen eine sinnvolle Alternative.²⁶¹

2.4.3.2. Vorgehen der SVM

Nach Pfeifer wird die Vorgehensweise zur Anwendung von statistischen Untersuchungen in vier Schritte untergliedert.²⁶² Die Systemanalyse, die Bestimmung der Versuchstrategie, die Durchführung und die Auswertung der Versuche, Abbildung 11.

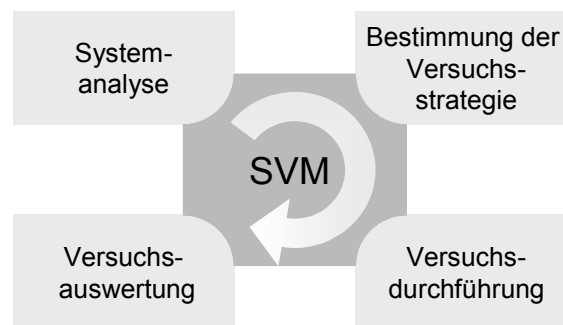


Abbildung 11: Vorgehen der SVM²⁶³

Eine Systemanalyse umfasst die gesamte Vorarbeit, die den eigentlichen Versuchen vorgelagert ist und maßgeblich den Erfolg der Strategie beeinflusst. Fachwissen ist notwendig, um Fehlplanungen und Fehlinterpretationen zu vermeiden. Für die Strukturierung des zu untersuchenden Problems eignen sich weitere Methoden des Qualitätsmanagements, die unterstützend eingesetzt werden können wie beispielsweise Ishikawa- oder Affinitäts-Diagramme sowie weitere Kreativitäts- und Problemlösetechniken. Das Ziel ist die Konkretisierung der Einfluss- und Störgrößen. Mit Hilfe von Experten können Wechselwirkungen abgeschätzt werden; der Versuchsaufwand wird verringert.²⁶⁴

²⁵⁹ In der englischsprachigen Literatur unter dem Begriff Robust Design verbreitet.

²⁶⁰ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 386-387, Hegenscheidt (2003), Leistungsprognose, S. 61, Mayers (1997), Statistische Versuchsmethodik, S. 37-39, Kleppmann (2003), Versuchsplanung, S. 7 und Schulze (1999), Versuchsplanung, S. 411-413.

²⁶¹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 387-391, Hegenscheidt (2003), Leistungsprognose, S. 61, Gogoll (1996), Qualitätstechniken, S. 96, Mayers (1997), Statistische Versuchsmethodik, S. 22-25, Kleppmann (2003), Versuchsplanung, S. 7, Wood (2002), SPC, S. 20 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 168.

²⁶² Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 356-360 und Kleppmann (2003), Versuchsplanung, S. 14-38.

²⁶³ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 356-360.

²⁶⁴ Vgl. Mayers (1997), Statistische Versuchsmethodik, S. 5-6.

Aufbauend auf der Systemanalyse wird die Versuchsstrategie festgelegt. Neben dem Versuchsplan werden die Faktorstufen ermittelt und Analyseverfahren für die Auswertung bestimmt. In der Zusammenstellung der Faktoren und Abschätzung der Wechselwirkungen liegt der Schlüssel zur Reduzierung des Versuchsaufwands. Den beiden vorbereitenden Phasen ist ein hoher Wert beizumessen, weil sie die Ergebnisqualität maßgeblich beeinflussen.²⁶⁵

Die Versuchsdurchführung erfolgt analog zu dem ausgewählten Plan mit den dazugehörigen Versuchspunkten. Die exakte Einstellung der beeinflussenden Parameter ist wesentlich für die Auswertbarkeit der Versuche.

Die Auswertung stellt eine mathematisch statistische Analyse der experimentell ermittelten Versuchsergebnisse dar; die Wirkzusammenhänge des Prozesses können bewertet werden. Der ausgewählte Versuchsplan, die Einfluss- und Zielgrößen sowie die Zielsetzung der Untersuchung bestimmen die einzusetzenden graphischen und mathematischen Auswertverfahren.²⁶⁶

2.4.3.3. Beteiligte Personen

In der wissenschaftlichen Literatur finden sich nur wenige Hinweise auf die Personengruppen, die bei der Planung, Durchführung und Auswertung der SVM beteiligt werden sollten. In der Regel wird ein interdisziplinäres Team aus Technologen, Versuchsmethodikern und Versuchsdurchführenden gebildet.²⁶⁷ Im Hinblick auf die Schnittstellenproblematik dieses Verfahrens sollen die Mitarbeiter aus den verschiedenen Bereichen zusammenarbeiten, um die Anwendung der Methode erfolgreich zu gestalten.²⁶⁸

2.4.3.4. Bewertung der Methode

Im deutschsprachigen bzw. europäischen Raum ist die SVM in der betrieblichen Praxis nicht weit verbreitet. Dies liegt zum einen daran, dass hochqualifizierte Ingenieure die Probleme meist analytisch zu lösen versuchen. Die klassischen Methoden bedingen zum anderen nicht nur einen hohen mathematischen und zeitlichen Aufwand, sondern erfordern ebenso qualifiziertes Personal und aufwendige Versuchsreihen.²⁶⁹ Unberücksichtigt bleibt oft, dass, wenn die Grundprinzipien der SVM und eine systematische Vorgehensweise berücksichtigt werden, es möglich ist, den Versuchsaufwand auf ein Minimum zu reduzieren.²⁷⁰

²⁶⁵ Vgl. Hegenscheidt (2003), Leistungsprognose, S. 53.

²⁶⁶ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 357, Mayers (1997), Statistische Versuchsmethodik, S. 7, Kleppmann (2003), Versuchsplanung, S. 6-7 und Schulze (1999), Versuchsplanung, S. 408-411.

²⁶⁷ Vgl. Mayers (1997), Statistische Versuchsmethodik, S. 5.

²⁶⁸ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 357.

²⁶⁹ Vgl. Schulze (1999), Versuchsplanung, S. 392-404 und Malorny/Kassebohm (1994), TQM, S. 46-54, 79-87.

²⁷⁰ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 391-392, Mayers (1997), Statistische Versuchsmethodik, S. 39-41 und Schulze (1999), Versuchsplanung, S. 401-403.

In dem Rest der Triade werden die Methoden des DoE bzw. des Robust Design vermehrt eingesetzt, weil die Problemlösung mittels Versuchen eine größere Akzeptanz findet. Diese Länder beschäftigen sich intensiv mit der Weiterentwicklung der unterschiedlichen Ansätze.²⁷¹

Der wirtschaftliche Nutzen der Methode wird im hiesigen Raum deutlich unterschätzt, was dazu führt, dass die Methode nicht entsprechend ihrer Eignung zur Optimierung von Prozessen eingesetzt wird.

2.4.3.5. Diskussion in Bezug auf die Prüfplanung

Die SVM hat keine direkten Schnittstellen zur Prüfplanung. Die erarbeiteten Ergebnisse während der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung können die Tätigkeiten der Prüfplanung aber erheblich unterstützen.

Ein explizites Prozessverständnis, welches durch die SVM zwangsläufig erreicht wird, kann die Prüfplanung vereinfachen. Der Einfluss der wesentlichen Merkmale eines Produktes kann bestätigt und entsprechend berücksichtigt werden. Des Weiteren stellt die Kenntnis über die Anfälligkeit des Prozesses gegenüber Schwankungen – also die Robustheit – einen wesentlichen Input für die Ausgestaltung der durchzuführenden Prüfungen dar.²⁷² Der Prüfumfang beziehungsweise die Verfahren zur Reduktion der Prüfschärfe können auf Basis dieser Erkenntnisse bestimmt werden.

Eine Integration der SVM in die Prüfplanung besitzt ein Potenzial, das bei der derzeitigen Durchführung beider Aktivitäten nicht ausgeschöpft wird.

2.4.4. Statistical Process Control (SPC)

Bereits in den dreißiger Jahren erschienen die ersten Werke, die sich mit dem Problem befassen, dass sich Werkzeuge in der Fließfertigung abnutzen und das zu bearbeitende Werkstück kontinuierlich an das ihm zugestandene Grenzmaß heranrückt. Shewhart führte 1931 praktikable Methoden der Datenaufbereitung und -analyse auf Grundlage mathematisch-statistischer Verfahren an und gilt als Begründer der SPC.²⁷³ Die statistischen Methoden sind in den folgenden Jahren permanent verbessert und ab ca. 1950 von Deming in Japan erfolgreich umgesetzt worden.

Ausgehend von der Automobilindustrie sind die Methoden der statistischen Qualitätssicherung ab Mitte der 80er Jahre von der gesamten Industrie übernommen worden und stellen heute in der Großserienproduktion einen Standard dar – die SPC zählt zu einer der bekanntesten und verbreitetsten Qualitätstechniken.²⁷⁴

²⁷¹ Vgl. Taguchi/Phadke (1989), Quality, S. 77-96, Park (1996), Robust Design, S. 1-11, 42-66, Han/Taewon (2004), Robust Design, S. 167-183, Tsui (1999), Robust Design, S. 1113-1122, Cherkaev/Cherkaev (2003), Robust Design, S. 71-98, Fathi/Palko (2001), Robust Design, S. 1121-1127 und Elsässer/Klemm (2004), Robust Design, S. 252-256.

²⁷² Vgl. Gogoll (1996), Qualitätstechniken, S. 95.

²⁷³ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 515-516, Kettinig (1999), Qualitätsmanagement, S. 25 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 197.

²⁷⁴ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 515-516, Repenning (1994), Vermessen, S. 17, Kettinig (1999), Qualitätsmanagement, S. 24-25 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 197.

2.4.4.1. **Eigenschaften der SPC**

Die Grundlage der Beherrschung bzw. Regelung von Prozessen ist ein globales Verständnis der Zusammenhänge und Einflussgrößen. Generell unterliegen Prozesse drei verschiedenen Wirkmechanismen: Der natürlichen Streuung sowie systematischen und speziellen Einflüssen.²⁷⁵

Natürliche, nicht beeinflussbare Streuung beschreibt die zufälligen oder statistischen Einflüsse, die das eigentliche Prozessbild im ungestörten Zustand darstellen. Hinzu kommen systematische Einflüsse, die das Prozessbild auf Dauer fest verschieben – gewollt oder ungewollt. Meist sind sie reproduzierbar und ihre Herkunft kann ermittelt werden, wodurch Prozesse besser vorhersagbar sind. Die speziellen Einflüsse hingegen sind nicht vorhersagbare Ereignisse, die nicht ständig auftreten und nur schwer zu kontrollieren sind.²⁷⁶

Ziel einer statistischen Prozessregelung ist es, die systematischen Einflüsse des Prozesses zu kompensieren und die speziellen Einflüsse frühzeitig zu erkennen und zu beseitigen. Um diese zu entdecken, ist die Kenntnis der natürlichen Streuung des Prozesses erforderlich.²⁷⁷

Aufgrund dieser Einflüsse ist ein Prozess vollständig charakterisiert und kann geregelt werden. Diese Regelung erfolgt anhand mathematischer oder statistischer Modelle, die visualisiert eine Aussage über den betreffenden Prozess und sein Verhalten erlauben; eine Darstellungsform sind die Qualitätsregelkarten.²⁷⁸

Es existiert eine Vielzahl von Regelkarten, die in Bezug auf den spezifischen Prozess ausgewählt werden. Sie können sowohl auf attributive als auch auf variable Prüfmerkmale angewandt werden – häufig eingesetzt werden die Mittelwert-Standardabweichungskarte, die Mittelwert-Spannweitenkarte und die Median-Spannweitenkarte. Die Überwachung eines Prozesses mit Regelkarten besteht aus den Komponenten graphische Darstellung, Definition von Eingriffsgrenzen und Test auf spezielle Verläufe.²⁷⁹

Zur Identifizierung von nicht zufälligen Ereignissen werden zahlreiche Testverfahren angewandt, die die Abweichungen von einem erwarteten Prozessablauf ermitteln, sodass Maßnahmen getroffen werden können. Daher definiert sich das Ziel einer statistischen Prozesskontrolle zu einer kontrollierten Beobachtung von Prozessen sowie der Identifikation und Beseitigung von Störungen.²⁸⁰

²⁷⁵ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 518, Gogoll (1996), Qualitätstechniken, S. 113 und Macewan/Belavendram/Abou-Ali (1992), SPC, S. 183-184.

²⁷⁶ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 516-519.

²⁷⁷ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 519, Macewan/Belavendram/Abou-Ali (1992), SPC, S. 189 und Wood (2002), SPC, S. 19.

²⁷⁸ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 520-521, Gogoll (1996), Qualitätstechniken, S. 112, Kirschling (1999), Methoden, S. 617-618, 651-654 und Hering (1999), Qualitätsmanagement, S. 210-215.

²⁷⁹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 519-520.

²⁸⁰ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 521-523.

2.4.4.2. Vorgehen der SPC

Das Ziel einer SPC ist das Beherrschen der zufälligen Einflüsse auf den Prozess und damit auch auf die Qualität. Da der Einfluss nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann, ist eine geringe Anzahl an Ausschussprodukten unvermeidbar.²⁸¹ Der Ablauf einer Statistischen Prozessregelung besteht aus drei Phasen: Vorphase, Vorlaufphase und Steuerungsphase.²⁸²

Die erste Phase bestimmt den Fokus der Untersuchung und definiert die zu betrachtenden Prozesse. Es werden Sollwerte bestimmt und Freiheitsgrade festgelegt, die definieren in welcher Richtung sich das Prozessverhalten verbessert bzw. verschlechtert. Außerdem wird die zugrunde liegende Verteilung bestimmt, die von der Art der Kennwerte abhängt.²⁸³

In der Prozessanalyse der Vorlaufphase werden durch Stichprobenprüfungen die qualitätsrelevanten Stör- und Stellgrößen ermittelt, die einen Einfluss auf den stabilen, ungestörten Prozess haben. Anhand dieser Ergebnisse wird die Prozessfähigkeit ermittelt. Ist der Prozess als fähig einzustufen, werden die Grenzen definiert, in denen sich der Prozess natürlich bewegen darf, ohne dass von außen eingegriffen wird; die ermittelten Daten wie Mittelwert und Eingriffsgrenzen werden in den Regelkarten vermerkt.²⁸⁴

Die Steuerungsphase beschreibt die Regelung des laufenden Prozesses, in der kontinuierlich Werte aus entnommenen Stichproben ermittelt, in die Regelkarten eingetragen und mit den Eingriffsgrenzen verglichen werden.²⁸⁵ Die Grenzwerte geben beispielsweise die Toleranzweite eines Bauteils an. Ein Überschreiten der oberen Toleranzgrenze führt zu einer Nacharbeit, ein Unterschreiten der unteren wird als Ausschuss gewertet, weil das zu erzeugende Maß nicht mehr herstellbar ist. Daneben erlauben Eingriffsgrenzen einen Prozess stabil zu halten, indem bei ihrer Verletzung Gegenmaßnahmen eingeleitet werden, die einen Abbruch des laufenden Prozesses verhindern. Neben dem einfachen Überschreiten der Grenzen existieren weitere Signalverläufe, die einen Eingriff in den Prozess auslösen. Als Beispiel seien hier der Trend – mehr als sieben Werte mit gleichen Steigungsvorzeichen – oder der Run – mehr als sieben Werte auf einer Seite der Mittellinie – genannt.²⁸⁶

Werden mehrere Mess- und Einstellwerte betrachtet, reichen Regelkarten, die einzelne Werte darstellen, nicht aus. Ein Eingriff bei Überschreitung einer oder mehrerer Eingriffsgrenzen führt nicht zu dem gewünschten Erfolg, weil Wechselwirkungen zwischen den Werten nicht berücksichtigt werden; die multivariante SPC kommt zum Einsatz. Dabei wird ein Maß definiert, das die Abweichung mehrerer gleichzeitig erzeugter Werte beschreibt und zur Regelung des Prozesses herangezogen werden kann.²⁸⁷

²⁸¹ Vgl. Benz (2004), Prozesssteuerung, S. 28 und D'Antonio (1991), SPC, S. 182-183.

²⁸² Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 522 und Kirschling (1999), Methoden, S. 653.

²⁸³ Vgl. Benz (2004), Prozesssteuerung, S. 30.

²⁸⁴ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 522-523 und Repenning (1994), Vermessen, S. 21.

²⁸⁵ Vgl. Gogoll (1996), Qualitätstechniken, S. 112, 114, Oltermann (2000), Fertigungstoleranzen, S. 30 und D'Antonio (1991), SPC, S. 182, 186.

²⁸⁶ Vgl. Benz (2004), Prozesssteuerung, S. 30-31, Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 521-522, Repenning (1994), Vermessen, S. 21 und Oltermann (2000), Fertigungstoleranzen, S. 30.

²⁸⁷ Vgl. Benz (2004), Prozesssteuerung, S. 36-37.

2.4.4.3. Beteiligte Personen

Das Management eines Unternehmens hat den Einsatz der SPC zu unterstützen indem es motivierend die Maschinenbediener von der Relevanz der Methode überzeugt. Das Personal, welches die Regelkarten einsetzt, muss ausgebildet sein und die Methode als eine Unterstützung ihrer Arbeit in Bezug auf die Gewährleistung einer hohen Qualität sehen. Die SPC beschreibt einen Regelkreis, in dem der Bediener anhand von Regelkarten Fehler erkennt und dementsprechende Maßnahmen ergreift.²⁸⁸

Die Literatur gibt für die Vorphase der SPC-Durchführung keine Hinweise auf die benötigten personellen Ressourcen und demnach auch keine Empfehlung für eine bestmögliche Zusammensetzung eines Expertenteams, obwohl die Ergebnisse der Vorphase entscheidend für den Erfolg der Anwendung sind.²⁸⁹ Besonders wichtig ist in dieser Phase die Beteiligung von Experten, weil hier das Wissen um die Prozesse und die Wechselwirkungen der unterschiedlichen Einstellgrößen relevant sind.

2.4.4.4. Bewertung der Methode

Mit der SPC können laufende Prozesse in der Fertigung und Montage überwacht und Maßnahmen bei Abweichungen ermittelt werden. Sie ist ein wirksames, objektives und vorurteilsfreies Hilfsmittel, das sich auf mathematische und statistische Methoden beruft, um Prozesse zu untersuchen bzw. zu regeln.²⁹⁰

Zur effizienten Durchführung ist es wichtig zu berücksichtigen, dass die Prozesseigenschaften einen Einfluss auf die Regelung haben, weil die Eingriffgrenzen auf Stichprobendaten beruhen, die selbst vom Prozessverlauf abhängen. Die Qualität der Ergebnisse der Methode basieren auf den Voruntersuchungen. Des Weiteren ist die Auswahl der Prüfmerkmale wesentlich; die Korrelation zu anderen Merkmalen, die Messbarkeit und die Materialeigenschaften definieren die SPC-Eignung.²⁹¹

Entsprechend der einfachen Handhabung und den guten erzielbaren Ergebnissen ist diese Methode weit verbreitet und findet in nahezu allen industriellen Produktionen Anwendung.

2.4.4.5. Diskussion in Bezug auf die Prüfplanung

Die Statistische Prozess Regelung ist eine Methode, die wirkungsvoll in der Fertigung und der Montage eingesetzt wird, um Prozesse zu überwachen und zu regeln. Das Potenzial in Bezug auf die Prüfplanung ist bisher nicht ausgeschöpft – eine Korrelation wird bisher nicht beschrieben.

In der Vorphase zur SPC werden viele Tätigkeiten durch ein Expertenteam ausgeführt, die für die Prüfplanung relevant sind, bzw. es können Informationen aus der Prüfplanung in die Definition der SPC einfließen. Beispielsweise ist die Auswahl der Prüfmerkmale zu nennen. In-

²⁸⁸ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 530-531.

²⁸⁹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 523 und Benz (2004), Prozesssteuerung, S. 29.

²⁹⁰ Vgl. D'Antonio (1991), SPC, S. 183 und Kirschling (1999), Methoden, S. 653.

²⁹¹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 526-527 und D'Antonio (1991), SPC, S. 183.

formationen die während der Regelung eines Prozesses aufgenommen werden, können umgekehrt von der Prüfplanung aufgegriffen werden.

Derzeit besteht keine direkte Verbindung, weil die SPC im Rahmen der Fertigung bzw. Montage durchgeführt wird; die Prüfplanung ist zu diesem Zeitpunkt nach dem gängigen Verständnis bereits abgeschlossen. Aufgrund der zahlreiche informationstechnischen Verbindungen zwischen der SPC und der Prüfplanung, wird eine engere Koppelung beider Methoden im Weiteren dieser Arbeit untersucht.

2.5. Fazit

Es wurden vier Methoden des Qualitätsmanagements vorgestellt, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Produktentstehungsprozess eingesetzt werden.

Die QFD ist ein geeignetes Werkzeug, um Kundenanforderungen in technische Merkmale zu übersetzen. Obwohl die Methode durch ein mehrstufiges Modell beschrieben wird, beschränkt sich die Anwendung in der industrielle Praxis in der Regel auf die erste Stufe. Die Prüfplanung kann daher auf Informationen der weiteren Phasen nicht zugreifen.

Mit der FMEA werden mögliche Fehler und deren Auswirkungen ermittelt, bewertet und nachhaltig vermieden. Diese Methode findet häufig in der Konstruktion und Entwicklung Anwendung, auch wenn die Methode durch ihren Fokus, der neben den Produkten auch auf Prozessen liegt, geeignet wäre, in weiteren Phasen entlang der Wertschöpfungskette der Produktentstehung eingesetzt zu werden. Die Prüfplanung kann Ergebnisse dieser Methode nutzen, die z.B. die Auswahl der Prüfmerkmale unterstützen.

Bevor die Serienproduktion beginnt, werden mit Hilfe der Statistischen Versuchsmethodik die optimalen Einstellparameter für Prozesse ermittelt. Dies geschieht mit geplanten Versuchen, die den notwendigen Aufwand auf ein Minimum reduzieren. Aufgrund der komplexen Zusammenhänge und der geringen Verbreitung, wird diese Methode, gemessen an ihrem Potenzial, unterdurchschnittlich eingesetzt. Der Prüfplanung entgehen relevante Informationen, die während der Durchführung der Methode abgeleitet werden können.

Die SPC wird schließlich angewandt, um die Prozesse in der Fertigung und Montage zu überwachen und zu regeln. In allen produzierenden Industrien ist die Methode aufgrund ihrer einfachen Handhabung und der essentiellen, erzeugten Informationen in der modernen Produktion unverzichtbar.

Individuell gesehen besitzt jede Methode ein Potenzial, das sie für den Einsatz in einem speziellen Anwendungsfall prädestiniert. Unternehmen die dies erkannt haben, greifen auf diese Methoden zurück.

Eine globale Sicht auf die gesamte Wertschöpfungskette lässt weiteres Potenzial erkennen, das im Zuge dieser Arbeit nutzbar gemacht wird. In der Praxis wird nur die FMEA in Verbindung mit der Prüfplanung gebracht. Die anderen Methoden greifen prüfplanungsrelevante Aspekte, wie beschrieben, nicht auf. Zumindest in den primären Phasen aller Methoden, in denen ein Expertenteam die Anforderungen und Zielsetzungen bestimmt, werden wesentliche

Informationen erzeugt, die von hoher Relevanz für die Prüfplanung sind. Diese Arbeit fokussiert daher im Weiteren darauf, die beschriebenen Methoden informatorisch an die Prüfplanung anzuknüpfen – das Wissen der vier Methoden wird der Prüfplanung zugänglich.

3. Analyse der Informationsbeziehungen der Prüfplanung

Die Ausgangsbasis für eine Optimierung der Prüfplanung ist ein umfassendes und differenziertes Verständnis der Defizite – dies wird durch eine detaillierte Betrachtung der in- und externen Schnittstellen der Prüfplanung erreicht. Die externen Schnittstellen beschreiben die Informationsflüsse zwischen den beteiligten Unternehmensabteilungen und der Prüfplanung, die internen Schnittstellen stellen den Informationsfluss zwischen den einzelnen Funktionen der Prüfplanung dar.

In diesem Kapitel werden neben den prüfplanungsinternen Informationsbeziehungen die externen Schnittstellen dargelegt, die die Prüfplanung zu anderen Unternehmensabteilungen unterhält. Diese Analyse ermöglicht es, die Integration von QM-Methoden in die Abläufe zu bewerten bzw. Potenziale für eine zukünftige Integration abzuleiten.

Zur Modellierung wird auf die SADT-Methode zurückgegriffen, die spezifisch erweitert wird. Die Auswahl der Methode ist im Anhang 8.2 beschrieben.

3.1. Systematisierung der Informationen

Dieses Kapitel systematisiert die in der öffentlichen Literatur verwendeten Begriffe. Daraus leiten sich für die Modellierung der Schnittstellen der Prüfplanung Oberbegriffe ab, in denen mehrere Bezeichnungen für Dokumente bzw. Informationen zusammengefasst sind.²⁹² Sie stellen die Argumentationsgrundlage für das weitere Vorgehen dar und werden in einem Datenkatalog veranschaulicht.

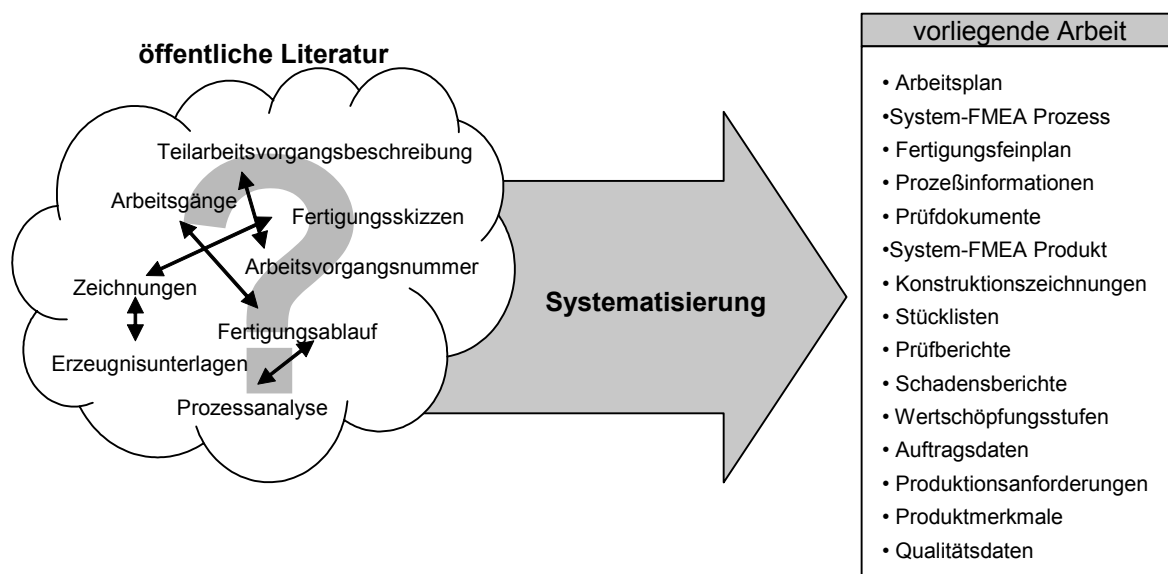


Abbildung 12: Systematisierung der in der Literatur verwendeten Begriffe

Die schematische Darstellung in Abbildung 12 weist auf die Problematik bezüglich der verwendeten Begriffe in der öffentlichen Literatur hin. Einerseits verwenden die Autoren ver-

²⁹² Eine genaue Analyse der in der öffentlichen Literatur verwendeten Begriffe ist in Anhang 8.1 zu finden.

schiedene Begriffe, die die gleichen Sachverhalte ausdrücken und andererseits werden den Informationen und Dokumenten unterschiedliche Definitionen zugrunde gelegt.

Zur Erhöhung der Transparenz werden die zuvor definierten Hauptbegriffe in einem Datenkatalog zusammengefasst. Die tabellarische Auflistung in der rechten Bildhälfte zeigt den Datenkatalog, der im Weiteren detailliert wird; die in ihm enthaltenen Informationen werden erläutert.

Ein zentrales Dokument stellt der Arbeitsplan dar, der in Kopf- und Anweisungsteil unterschieden werden kann. Die organisatorischen Informationen werden ausschließlich im Kopfteil abgelegt. Abbildung 13 detailliert den Arbeitsplan weiter.

Arbeitsplan
• Arbeitsskizze • Hauptzeit • Kostenstellen • Arbeitsvorgangsfolgen

Abbildung 13: Arbeitsplan

Der Anweisungsteil des Arbeitsplans enthält Informationen zu den Hauptzeiten, den Kostenstellen und den Arbeitsvorgangsfolgen. Diese Definition ist an die in der öffentlichen Literatur vertretene Auffassung des Arbeitsplans angelehnt.²⁹³ Beispielsweise wird die Bezeichnung Arbeitsvorgangsfolge von einigen Autoren durch die Begriffe Arbeitsvorgangsbeschreibung oder Ablauf der Arbeitsgänge ersetzt; die inhaltliche Bedeutung ist identisch.²⁹⁴ Des Weiteren können Arbeitsskizzen, in denen Teilvorgänge oder Abläufe verdeutlicht werden, als begleitende Dokumente beigelegt werden.

Eine im Rahmen der Produktentwicklung durchgeführte System-FMEA Prozess stellt weitere wichtige Informationen für die Prüfplanung zur Verfügung, die in Abbildung 14 aufgelistet werden.

System-FMEA Prozess
• RZ-A • RZ-B • RZ-E • RPZ • Maßnahmen

Abbildung 14: Daten der System-FMEA Prozess

Es handelt sich hierbei um die Risikozahlen Auftreten (RZ-A), Bedeutung (RZ-B) und Entdeckung (RZ-E), sowie die Risikoprioritätszahl (RPZ). Außerdem werden in der FMEA Maßnahmen abgeleitet, mit denen die auftretenden Fehler beseitigt, ihre Bedeutungen reduziert

²⁹³ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 10-15, Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 24-25, Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 18-19.

²⁹⁴ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 21-25 und Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 26-29.

oder ihre Entdeckungswahrscheinlichkeiten erhöht werden können. Mit den gewonnenen Informationen werden Fehler, Fehlerursachen und Fehlerfolgen bewertet, Schadensrisikoabschätzungen durchgeführt und Schadenswahrscheinlichkeiten ermittelt.²⁹⁵ Außerdem werden sowohl Prozessanalysen auf Basis der Ergebnisse der System-FMEA Prozess durchgeführt als auch Prüfrelevanzen und -umfänge ermittelt.²⁹⁶

Der Fertigungsfeinplan enthält zahlreiche Informationen und Dokumente, die in Abbildung 15 dargestellt sind.

Fertigungsfeinplan
• Losgrößen • Terminplan • Kapazitätsplan Mitarbeiter • Kapazitätsplan Betriebsmittel • Materialfluss

Abbildung 15: Fertigungsfeinplan

Bei der Bearbeitung eines Auftrags werden die Losgrößen der einzelnen Chargen sowie die Einlastungen an den jeweiligen Produktionseinheiten unter Berücksichtigung der verfügbaren Kapazitäten von Mitarbeitern und Betriebsmitteln festgelegt. Der Fertigungsablauf und der Materialfluss werden unter Beachtung der Fertigungsverfahren terminiert und gesteuert.²⁹⁷

Die Prozessinformationen, dargestellt in Abbildung 16, setzen sich aus Prozesskennwerten und Prozessparametern zusammen.

Prozessinformationen
• Prozesskennwerte • Prozessparameter

Abbildung 16: Prozessinformationen

Die Prozesskennwerte stellen signifikante Merkmale dar, die zur Beurteilung des Prozesses herangezogen werden. Sie verändern sich in Abhängigkeit von den eingestellten spezifischen Prozessparametern, die den jeweiligen Prozess eindeutig definieren.²⁹⁸ Bedingt durch die unterschiedlichen Schwerpunkte, die den einzelnen Veröffentlichungen zu Grunde liegen, werden in der Literatur verschiedenartige Prozessparameter bzw. -kennwerte definiert.

In Abbildung 17 werden die Prüfdokumente, unter denen AQL-Werte und Qualitätsmerkmale verstanden werden, vorgestellt.

²⁹⁵ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 36-42, Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 47-51, Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 401-403 und Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 12-13.

²⁹⁶ Vgl. Tuete Kwam (1996), Prüfplanung, S. 58-59, Schloske (1999), FMEA, S. 73-79.

²⁹⁷ Vgl. Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 80-84, Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 12-13, Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 21-22 und Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 20-21.

²⁹⁸ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 7 und 24 sowie Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 35-37.

Prüfdokumente
• AQL-Werte • Qualitätsmerkmale

Abbildung 17: Prüfdokumente

Die AQL-Werte geben die höchste zu akzeptierende Fehlerquote an und stellen somit für die Beurteilung eines Loses eine zentrale Information dar. Unter Qualitätsmerkmalen werden alle Eigenschaften verstanden, die charakteristisch für die Qualität eines Produktes sind. Insbesondere in der frühen Literatur, die sich mit dem Qualitätsmanagement bzw. -wesen beschäftigt, wird das Acceptable Quality Level (AQL) durch eine Vielzahl anderer Begriffe beschrieben. Unter anderem wird die Bezeichnung Prüfbericht verwendet, der im Rahmen dieser Arbeit eine andere Definition zugewiesen wird.²⁹⁹

Aus der Durchführung einer System-FMEA Produkt resultieren zahlreiche Informationen, die abteilungsintern Verwendung finden. Zusätzlich werden Erkenntnisse gewonnen, die abteilungsübergreifend relevant sind und im Rahmen dieser Arbeit betrachtet werden. Dies sind die in Abbildung 18 dargestellten Daten der kritischen Merkmale.

System-FMEA Produkt
• Kritische Merkmale

Abbildung 18: Daten der System-FMEA Produkt

Da kritische Merkmale für die Fehler des Produktes oder die Kaufentscheidung des Kunden von größter Bedeutung sind, werden diese Merkmale seitens der Prüfplanung besonders berücksichtigt.

Ein weiteres Dokument, in dem viele Informationen enthalten sind, ist die Konstruktionszeichnung, Abbildung 19.

Konstruktionszeichnungen
• Geometriedaten • Hilfsmittel (Vorrichtungen) • Maße • Material • Identnummern • Baugruppen

Abbildung 19: Konstruktionszeichnung

Neben geometrischen Daten, die ein Bauteil beschreiben, sind Maße und Toleranzen sowie verwendete Materialien und Identnummern der Produkte in der Konstruktionszeichnung vermerkt. Des Weiteren können Baugruppenzeichnungen angefertigt werden, die die Zusammengehörigkeit einzelner Erzeugnisse verdeutlichen. Unter dem Begriff Hilfsmittel bzw. Vor-

²⁹⁹ Vgl. Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 15-16 und Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 21-22.

richtungen werden diejenigen Informationen verstanden, die auf additiv zu verwendende Betriebsmittel verweisen. Die entsprechenden Konstruktionszeichnungen werden beigelegt, um die Identifizierung der Hilfsmittel zu erleichtern oder eine Fertigung bzw. Anpassung dieser zu ermöglichen. Die öffentliche Literatur ordnet den Konstruktionszeichnungen je nach gewähltem Schwerpunkt unterschiedliche Informationen und Dokumente zu, die teilweise durch die Begriffe Zeichnungen oder Fertigungszeichnungen ersetzt werden.³⁰⁰ Die in dieser Arbeit verwendeten Begriffe subsumieren die Auffassungen diverser Autoren, sodass die Inhalte der Konstruktionszeichnungen vollständig beschrieben sind.

Abbildung 20 zeigt ein weiteres Dokument, die Stückliste, in der Art und Anzahl der Bauteile dokumentiert und spezifiziert werden.

Stückliste
• Anzahl der Bauteile • Art der Bauteile

Abbildung 20: Stückliste

Die Art der Bauteile gibt an, ob es sich um ein Zukaufteil, ein selbst produziertes Erzeugnis oder eine Baugruppe handelt. Die Anzahl der Bauteile beschreibt deren Quantität. Entsprechend der weiteren Verwendung kann die Darstellung in einer Strukturstückliste, einer Übersichtsstückliste oder einer Baugruppenstückliste erfolgen. In Bezug auf die allgemein vertretene Definition des Begriffs Stückliste, ist in der öffentlichen Literatur ein einheitliches Verständnis verbreitet.

Der in den Erläuterungen des Begriffs Prüfdokumente angesprochene Prüfbericht erfasst Informationen bezüglich der Prüfkosten, Abbildung 21.

Prüfberichte
• Prüfkosten

Abbildung 21: Prüfberichte

Unter Prüfkosten werden in dieser Arbeit sämtliche bei der Prüfung anfallenden Kosten verstanden. Sie errechnen sich aus den Prüfmittel- und Personalkosten unter Berücksichtigung der benötigten Zeiten.

In den Schadensberichten werden im Rahmen dieser Arbeit sowohl Informationen zu Schadenskosten als auch zu Schadensmerkmalen aggregiert, Abbildung 22.

³⁰⁰ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 40, Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 17-19, Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 431, Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 26-29, Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 18-19, Westkämper/Jeschke (1991), Qualität, S. 98, Eversheim (1997), Arbeitsvorbereitung, S. 66.

Schadensberichte
• Schadenskosten • Schadensmerkmale

Abbildung 22: Schadensberichte

Die Schadenskosten setzen sich kumulativ aus den Kosten zusammen, die in Bezug zu dem auslösenden Fehler gesetzt werden können. Dies sind neben den Materialkosten auch die durch Reklamationen entstehenden Kosten sowie weitere Fehlerfolgekosten. Die Schadensmerkmale charakterisieren den aufgetretenen Fehler und ermöglichen auf diese Weise eine effektive Auswertung und Analyse des Ausfalls. Die Informationen die in den Schadensberichten enthalten sind, bleiben in einer Vielzahl der Veröffentlichungen unberücksichtigt, da ihr Fokus nicht auf wirtschaftliche Aspekte in dieser Hinsicht gerichtet ist.

In Abbildung 23 werden drei weitere Begriffe vorgestellt, die nicht weiter untergliedert werden.

• Wertschöpfungsstufen • Auftragsdaten • Produktionsanforderungen

Abbildung 23: Wertschöpfungsstufen, Auftragsdaten, Produktionsanforderungen

Der Wert eines Produktes ändert sich mit verschiedenen Fertigungszuständen entlang der Wertschöpfungsstufen. Ausgehend vom Wert des Rohmaterials steigt der Produktwert mit jeder Bearbeitung an. Das Ziel der Reduktion der Schadenskosten ist es, ein Ausschussteil bereits in frühen Wertschöpfungsstufen zu erkennen und eine weitere Erhöhung des Ausschusswertes durch weiterführende Bearbeitungsschritte zu vermeiden.

Der Begriff Auftragsdaten fasst sämtliche Informationen, die die Produktion hinsichtlich Mengen und Terminen betreffen, zusammen. Außerdem repräsentiert er die organisatorischen Daten. Darunter fallen unter anderem Verträge, Informationen über die Abnehmer, den festgesetzten Preis, oder die gewährte Garantiedauer.

Ansprüche die an den Herstellungsprozess gestellt werden, fasst der Begriff Produktionsanforderungen zusammen. Beispielhaft sind hier durchzuführende Dokumentationen der eingestellten Parameter zu nennen.

Aufgrund der im Rahmen dieser Arbeit gewählten Definition lassen sich die Produktmerkmale gemäß Abbildung 24 zunächst in interne und externe unterscheiden.

Produktmerkmale
• Interne Produktmerkmale • Externe Produktmerkmale

Abbildung 24: Produktmerkmale

Interne Produktmerkmale ergeben sich beispielsweise aus unternehmensspezifischem Erfahrungswissen über Produkte und Herstellungsprozessen – kritische Prozessschritte können frühzeitig antizipiert werden.

Externe Produktmerkmale leiten sich aus den kundenseitigen Produkthanforderungen ab. Mögliche Merkmale stellen zum Beispiel Oberflächengüten dar, die lediglich aus optischen Gründen, nicht aber aus funktionstechnischen Gründen erzeugt werden sollen.

Entsprechend den Produktmerkmalen werden die Qualitätsdaten in interne und externe differenziert, Abbildung 25.

Qualitätsdaten
• Interne Qualitätsdaten • Externe Qualitätsdaten

Abbildung 25: Qualitätsdaten

Unter internen Qualitätsdaten werden sämtliche im Unternehmen erzeugten bzw. gewonnenen, qualitätsrelevanten Daten und Erfahrungswerte verstanden – beispielhaft sind Stichprobenpläne oder Prüfpläne zu nennen.

Externe Qualitätsdaten werden dem Unternehmen von außen vorgegeben. Hierzu zählen unter anderem vom Kunden geforderte AQL-Werte, Richtlinien, Normen und Gesetze.

3.2. Modellierung der Schnittstellen

Im Folgenden werden sowohl die externen als auch die internen Schnittstellen der Prüfplanung dargestellt; dazu wird auf die in Anhang 8.2 ausgewählte Methode zurückgegriffen. Als Basis für die Modellierung werden die in der öffentlichen Literatur beschriebenen Schnittstellen herangezogen, um ein größtmögliches Maß an Objektivität zu erreichen. Der Betrachtungsfokus wird nicht unternehmens- oder branchenspezifisch eingeschränkt.

3.2.1. Modellierung der externen Schnittstellen der Prüfplanung

Zunächst wird die kaufmännisch-technische Gesamtplanung betrachtet, die in der funktionalen Sichtweise den anderen Unternehmensfunktionen übergeordnet ist. Anschließend werden die in der Wertschöpfungskette der Produktherstellung dem Bereich Produktion zugeordneten Unternehmensbereiche analysiert. Dazu zählen die Funktionen Qualitätsplanung, Konstruktion und Entwicklung, Arbeitsvorbereitung, Fertigung und Montage, die integrale Bestandteile der Prozesskette der Auftragsabwicklung darstellen.

Die von den Unternehmensbereichen an die Prüfplanung abgegebenen Informationen bzw. Dokumente werden den entsprechenden Einträgen des Datenkatalogs zugewiesen. Für die Eingangsinformationen in die Unternehmensbereiche ist eine Definition eines Katalogs hingegen nicht zweckmäßig, da ausschließlich Informationen dargestellt werden, die aus der Prüfplanung resultieren.

Dokumente, Daten und Informationen, die zwischen den Funktionen ausgetauscht werden und keinen direkten Bezug zur Prüfplanung besitzen, werden nicht dargestellt, um die Übersichtlichkeit der entwickelten Bausteine zu gewährleisten. Aus demselben Grund werden sowohl initiiierende Informationen als auch benötigte Hilfsmittel nur dargestellt, wenn sie die an die Prüfplanung abgegebenen Daten beeinflussen.

3.2.1.1. Schnittstellen zur kaufmännisch-technischen Gesamtplanung

In Abbildung 26 sind die Ein- und Ausgangsinformationen zwischen der Prüfplanung und der kaufmännisch-technischen Gesamtplanung dargestellt; letztere werden in dem Datenkatalog den Hauptbegriffen zugeordnet.

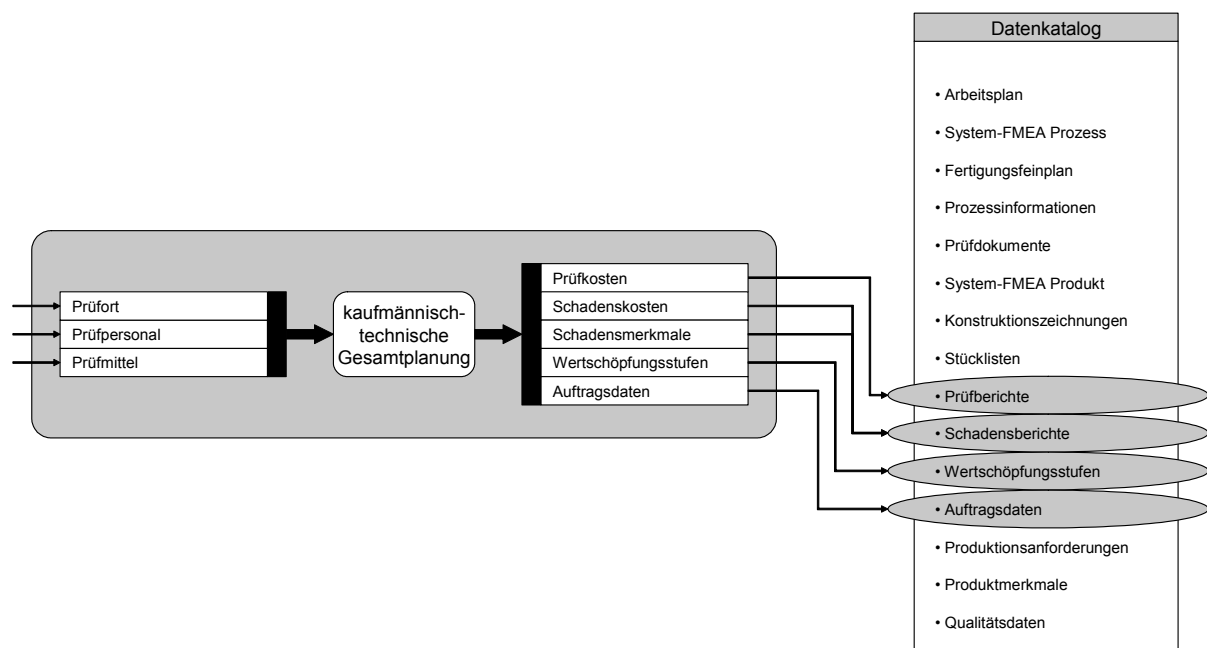


Abbildung 26: Kaufmännisch-technische Gesamtplanung

Als Eingangsdaten werden der kaufmännisch-technischen Gesamtplanung von der Prüfplanung Informationen bezüglich des Prüforts, des Prüfpersonals und der Prüfmittel zur Verfügung gestellt. Aus diesen Angaben werden die anfallenden Prüfkosten ermittelt und als Ausgangsinformation an die Prüfplanung geleitet.

Die Schadenskosten eines Produktes beschreiben alle Aufwendungen, die dem Unternehmen durch fehlerhaft ausgelieferte Produkte entstehen. Sie setzen sich unter anderem aus den Kosten für Ersatzlieferungen innerhalb der Gewährleistungsfrist, den Kosten im Rahmen des Produkthaftungsgesetzes und aus dem entgangenen Gewinn, hervorgerufen durch Imageverlust, zusammen.³⁰¹ Für Neuentwicklungen, bei denen kein Datenmaterial zur Verfügung steht, müssen diese Angaben geschätzt bzw. aus Informationen ähnlicher Produkte abgeleitet werden.

Mit diesen Informationen kann die Prüfplanung abwägen, ob ein Bauteil einer Prüfung unterzogen werden muss. Handelt es sich um Bauteile, bei denen weder Normen und Richtlinien

³⁰¹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 194,238.

noch Verträge eine Prüfung vorschreiben, kann auf diese verzichtet werden, wenn die Summe der Schadenskosten niedriger als die gesamten, entstandenen Prüfkosten sind.³⁰²

In den an die Prüfplanung geleiteten Schadensberichten sind zusätzlich Informationen über die Schadensmerkmale enthalten, die den Ausfall spezifizieren. Auf Basis dieser Daten können Prüfmerkmale identifiziert und Entscheidungen über die Prüfschärfe getroffen werden.

Mit Hilfe der Daten über Wertschöpfungsstufen kann die Prüfplanung den genauen Wert eines Werkstücks im Herstellungsprozess zu jeder Zeit explizit bestimmen. Dieser beeinflusst die Festlegung des Prüfzeitpunktes, da eine möglichst früh durchgeführte Prüfung die vermeintlichen Kosten der Ausschussteile gering hält.

In den Auftragsdaten sind Informationen über die zu produzierenden Mengen enthalten. Mit diesen Angaben können geeignete Prüf- und Messmittel ausgewählt und die in einer Charge zu prüfende Bauteilanzahl bestimmt werden. Außerdem helfen sie bei den Einlastungen der Prüfaufträge – Engpässe in Bezug auf Personal, Prüfmittel und Termine werden frühzeitig erkannt.

3.2.1.2. Schnittstellen zur Qualitätsplanung

In Abbildung 27 ist die Qualitätsplanung mit ihren Schnittstellen zur Prüfplanung dargestellt.

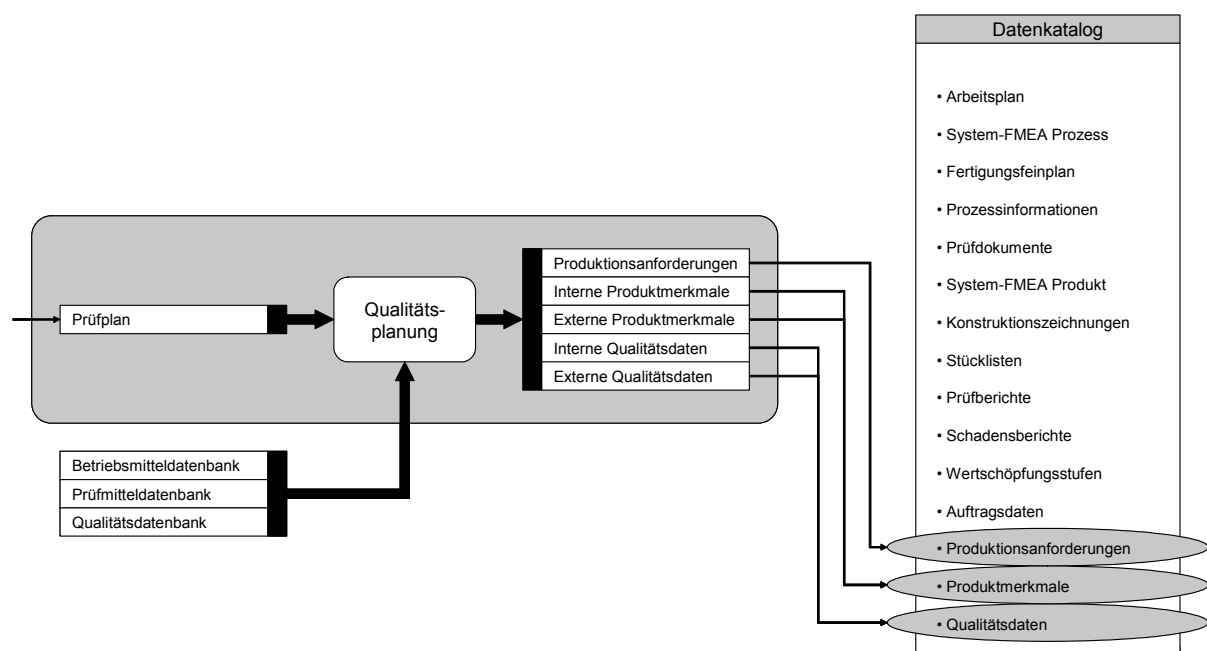


Abbildung 27: Qualitätsplanung

Die Qualitätsplanung ist diejenige Abteilung, die einerseits in Zusammenarbeit mit den Kunden und andererseits mit zahlreichen Unternehmensabteilungen relevante Daten für die Prüf-

³⁰² Vgl. Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 12-13. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass beispielsweise Rückrufaktionen durch fehlerhafte Produkte das Image eines Unternehmens langfristig beeinträchtigen können. Die hieraus entstehenden Kosten sind schwer zu beziffern, müssen aber bei der Bewertung der Prüfnotwendigkeit berücksichtigt werden. Die Sichtweise von Dutschke, Prüfungen nicht durchzuführen, wenn die erwarteten Schadenskosten geringer sind als die anfallenden Prüfkosten, besitzt in der heutigen Zeit keine Gültigkeit mehr.

planung generiert.³⁰³ Marketing und Aftersales-Service sind stellvertretend für die Unternehmensabteilungen genannt, die Schnittstellen zu der Qualitätsplanung aufweisen, aber nicht an der Wertschöpfungskette der Produktherstellung beteiligt sind.

In den Produktionsanforderungen wird einerseits festgelegt, inwieweit die Einstellparameter der Maschinen und Prüfmittel zu dokumentieren sind. Andererseits kann die Prüfplanung Informationen bezüglich der Prüfzeitpunktbestimmung aus diesen Dokumenten generieren und eine weitere Behandlung der Teile ableiten. Die Prüfplanung korrespondiert hier mit der Fertigungssteuerung.

Interne Produktmerkmale ergeben sich aus dem Wissen bezüglich der in der Vergangenheit produzierten Erzeugnisse. Soll ein Bauteil hergestellt werden, greift die Qualitätsplanung auf die innerbetriebliche Qualitätsdatenbank zurück, in der relevante Daten über Varianten oder ähnliche Teile des zu produzierenden Produktes abgelegt sind; die Prüfplanung bestimmt hieraus Prüfmerkmale.

Externe Produktmerkmale leiten sich aus den Kundenanforderungen ab, die in Zusammenarbeit mit der Marketingabteilung über Marktprognosen und im direkten Gespräch mit möglichen Abnehmern ermittelt werden. Auch diese Daten werden an die Prüfplanung transferiert, um ihr die Ermittlung der relevanten Prüfmerkmale zu unterstützen.

Interne Qualitätsdaten stellen Erfahrungswerte dar, die der Prüfplanung in Form von vorhandenen Prüfplänen oder unter Rückgriff auf die internen Betriebsmittel- und Prüfmitteldatenbanken zur Verfügung gestellt werden.

Unter externen Qualitätsdaten werden die von außen durch die Kunden oder per Gesetz vorgeschriebenen Anforderungen verstanden, die von der Produktherstellung erfüllt werden müssen. Hierunter sind Anweisungen zu verstehen, die zum Beispiel bei sicherheitsrelevanten Bauteilen eine 100%-Prüfung vorschreiben. Aufgrund dieser Informationen wird die Entscheidungsfreiheit der Prüfplanung eingeschränkt – eine Entscheidung über die Prüfnotwendigkeit oder -schärfe ist hinfällig.

3.2.1.3. Schnittstellen zur Konstruktion und Entwicklung

Die Abteilung Konstruktion und Entwicklung bestimmt maßgeblich die Kosten der zu fertigenden Bauteile. Aus diesem Grund sollte sie in enger Absprache mit anderen Unternehmensbereichen stehen, um mögliche Schwachstellen frühzeitig zu erkennen.

In Abbildung 28 sind die ausgetauschten Daten mit der Prüfplanung dargestellt. Im Rahmen der Produktentwicklung wird von der Abteilung Konstruktion und Entwicklung eine System-FMEA Produkt durchgeführt, deren Ergebnis Daten über kritische Bauteilmerkmale und mögliche Lösungsansätze aufzeigt. Das Ziel ist es im Weiteren, die kritischen Merkmale zu beseitigen. Der Prüfplanung sollten diese kritischen Merkmale kommuniziert werden, sodass sie bei der Prüfmerkmalbestimmung und der Definition der Prüfschärfe berücksichtigt werden.

³⁰³ Vgl. Westermann (1991), Prüfstrategie, S. 15.

Ein wichtiges Dokument, das der Prüfplanung zugeht, ist die Konstruktionszeichnung. In ihr werden Angaben über die Geometrie der Bauteile, die Maße und Materialien sowie die Identnummern und Baugruppen in komprimierter Form zusammengefasst. Des Weiteren werden Angaben über Hilfsmittel in der Konstruktionszeichnung vermerkt.

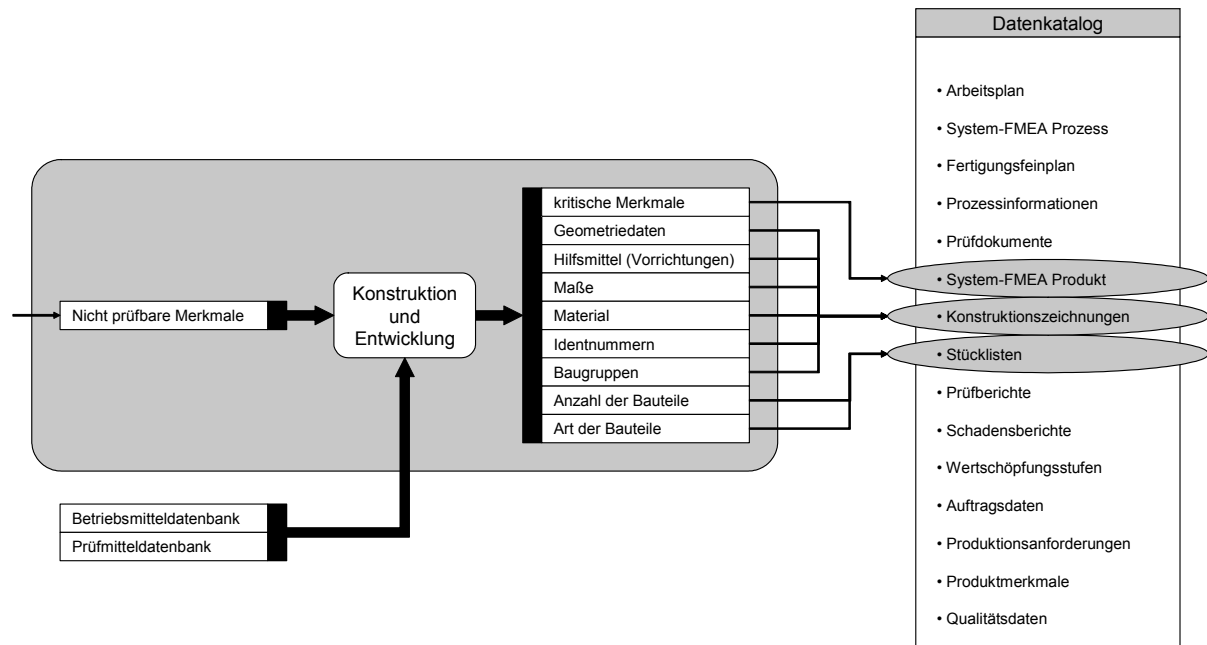


Abbildung 28: Konstruktion und Entwicklung

Aus den Geometriedaten werden Informationen bezüglich der zu prüfenden Merkmale abgeleitet. Zusammen mit den Maßen, die die Dimensionen und Form- bzw. Lagetoleranzen beschreiben, und den benötigten Hilfsmitteln, die beispielsweise Vorrichtungen zum sicheren Aufspannen spezifizieren, werden die Daten mit Einfluss auf die Prüfmittelauswahl ermittelt.

Die verwendeten Materialien stellen eine wichtige Eingangsinformation der Prüfplanung dar, wenn die Werkstoffe der Bauteile einer Prüfung unterzogen werden sollen. Des Weiteren können aus der Festigkeit Restriktionen bezüglich der einzusetzenden Prüfmittel abgeleitet werden, damit mögliche Funktionsflächen durch eine Prüfung nicht unzulässig beschädigt werden.

Die auf der Zeichnung vermerkten Identnummern der Bauteile ermöglichen ein verwechslungsfreies Prüfen der Werkstücke, insbesondere wenn es sich um verschiedene Variantenteile mit geringen geometrischen Abweichungen voneinander handelt.

Falls erforderlich wird die Zugehörigkeit der Produkte zu einer Baugruppe auf der Konstruktionszeichnung vermerkt oder es werden spezielle Baugruppenzeichnungen erstellt, die eine eindeutige Zuordnung erlauben. Für die Prüfplanung sind diese Informationen relevant, wenn eine Baugruppe auf ihre Funktionstüchtigkeit hin untersucht wird.

Ein weiteres Dokument, das von der Konstruktions- und Entwicklungsabteilung generiert und an die Prüfplanung weitergeleitet wird, ist die Stückliste.

Die Anzahl der Bauteile, die für die Herstellung eines Produktes verwendet werden, kann der Stückliste entnommen werden. Aus diesen Daten werden Informationen generiert, die die Prüfmethode und die zum Einsatz kommenden Prüfmittel bestimmen.

Handelt es sich bei den Produkten um Zukaufteile, so kann die Kontrolle auf eine Eingangsprüfung beschränkt werden. Bei Eigenproduktion der Bauteile sind unter Umständen Prüfungen während der Fertigung vorzunehmen, sodass die Prüfmittelauslastung steigen kann.

Die Konstruktions- und Entwicklungsabteilung greift in allen Stufen ihrer Auftragsbearbeitung auf Betriebs- und Prüfmitteldatenbanken zurück. Durch dieses Vorgehen wird sichergestellt, dass die generierten Dokumente Werkstücke beschreiben, die sowohl fertig- als auch prüfbar sind. An dieser Stelle ist eine enge Zusammenarbeit mit der Prüfplanung zweckmäßig, sodass Unzulänglichkeiten sofort aufgedeckt werden können und nicht erst bemerkt werden, wenn die Entwicklung der Produkte bereits abgeschlossen ist.

Sollte ein generiertes Merkmal diesen Anforderungen nicht entsprechen, meldet die Prüfplanung das nicht prüfbare Merkmal der Abteilung Konstruktion und Entwicklung, die daraufhin in Zusammenarbeit mit der Prüfplanung Lösungen ausarbeitet.

3.2.1.4. Schnittstellen zur Arbeitsvorbereitung

Die Arbeitsvorbereitung ist eine Unternehmensfunktion, die zur Prüfplanung komplexe Schnittstellen aufweist und in die Unterfunktionen Arbeitsplanung und Fertigungsplanung unterschieden werden kann. Um die Übersichtlichkeit in der Darstellung der ausgetauschten Informationsbeziehungen zu erhöhen, werden die einzelnen Subfunktionen separat betrachtet.

Schnittstellen zur Arbeitsplanung

Die Unterfunktion Arbeitsplanung unterhält eine Vielzahl von Schnittstellen zur Prüfplanung, Abbildung 29.

Ein zentrales Dokument, das in dieser Abteilung generiert und an die Prüfplanung geleitet wird, ist der Arbeitsplan. Er setzt sich aus einem Kopf- und einem Anweisungsteil zusammen. Informationen bezüglich der Hauptzeit eines Fertigungs- oder Montageschrittes können dem Anweisungsteil ebenso entnommen werden, wie die Angaben zu den jeweiligen Kostenstellen. Unter dem Begriff Arbeitsvorgangsfolgen werden alle Informationen zusammengefasst, die die zeitliche Abfolge der einzelnen Fertigungsschritte beschreiben. Zusätzlich können Arbeitsskizzen hinzugefügt werden, die komplizierte Sachverhalte veranschaulichen.

Aus den zuvor genannten Informationen des Arbeitsplans kann die Prüfplanung zahlreiche relevante Daten ableiten. Die Kostenstellen identifizieren die Betriebsmittel auf denen die Bearbeitungen der Werkstücke ausgeführt werden. Mit Rückgriff auf die Betriebsmitteldatenbank kann die Prüfplanung eine fertigungsnahe Kontrolle der Bauteile anordnen, wenn die entsprechende Maschine über eine integrierte Messeinheit verfügt. Ist dies der Fall, kann bei der Auswahl der prüfenden Personen das Qualitätssicherungs-Personal unter Umständen durch die Maschinenbediener ersetzt werden.

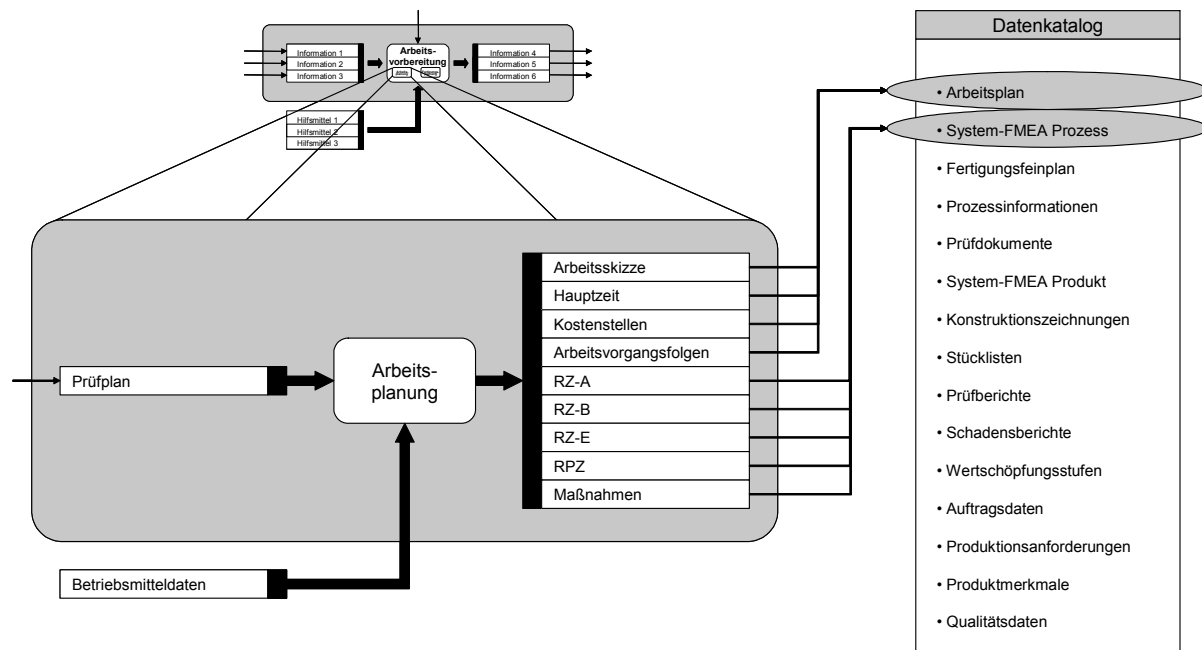


Abbildung 29: Arbeitsplanung

Die Kenntnis der Arbeitsvorgangsfolgen stellt für die Prüfplanung eine weitere wichtige Eingangsinformation dar, mit deren Hilfe die Wahl der Prüfzeitpunkte unterstützt wird. Die Kenntnis dieser Abläufe gewinnt an Bedeutung, wenn Merkmale zu kontrollieren sind, die im nachfolgenden Arbeitsgang nicht mehr prüfbar sind.

Anhand der Arbeitsskizzen können sowohl potenzielle Prüfmerkmale abgeleitet, als auch Informationen über das einzusetzende Prüfpersonal gewonnen werden.

Des Weiteren sind die Ergebnisse der von der Arbeitsplanung durchgeführten System-FMEA Prozess Eingangsdaten der Prüfplanung; z.B. die Risikozahlen des Fehlerauftretens, der Fehlerbedeutung und der Fehlerentdeckung. Zusätzlich dienen die aus den einzelnen Risikozahlen multiplikativ errechneten Risikoprioritätszahlen und die generierten möglichen Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung der Prüfplanung als additive Informationen.

Auf Grundlage dieser Daten kann die Prüfplanung Entscheidungen im Hinblick auf die Beurteilung der Prüfnotwendigkeit ermitteln.

Die Arbeitsplanung greift bei ihren Aktivitäten auf die Betriebsmitteldatenbank zurück, um die Qualität der getroffenen Entscheidungen im Hinblick auf einen optimierten, reibungslosen Fertigungs- und Montageablauf zu steigern. Um dies zu erreichen, ist eine enge Zusammenarbeit der Arbeits- mit der Prüfplanung gefordert, die ihrerseits erzeugte Daten, in Form des erstellten Prüfplans, der Arbeitsplanung zuführt.

Schnittstellen zur Fertigungsplanung

Eine weitere Unterfunktion der Arbeitsvorbereitung stellt die Fertigungsplanung dar, Abbildung 30. Sie erstellt einen detaillierten Ablaufplan der einzelnen Fertigungsschritte, den so genannte Fertigungsfeinplan.

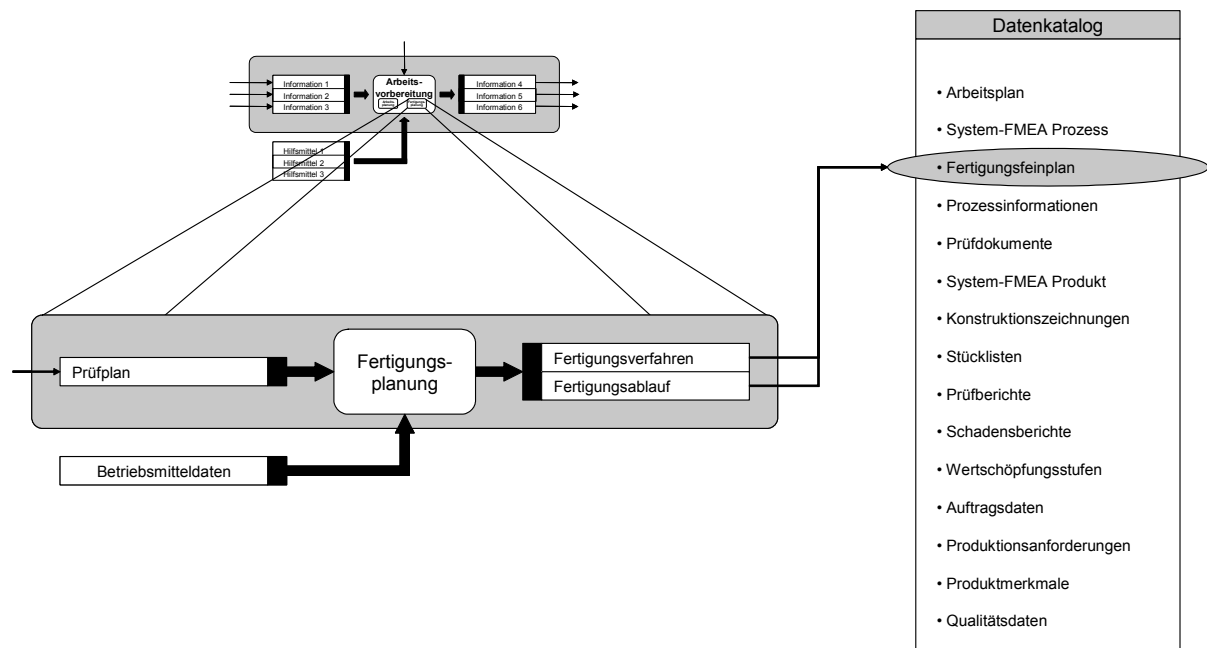


Abbildung 30: Fertigungsplanung

In dem Fertigungsfeinplan sind Informationen über die gewählten Fertigungsverfahren sowie den Fertigungsablauf enthalten. Die Fertigungsplanung generiert dieses Dokument mit Rückgriff auf die Betriebsmitteldatenbank, in der signifikante Kennwerte der jeweiligen Prozesse und Verfahren enthalten sind.

Für die Prüfplanung ist der Fertigungsfeinplan ein wichtiges Dokument, da mit dessen Hilfe die Prüfungen auf den Fertigungsablauf abgestimmt werden können. Generell können auf Basis des Fertigungsfeinplans dieselben Entscheidungen wie mit dem Arbeitsplan getroffen werden, mit dem Unterschied, dass der Fertigungsfeinplan eine genauere, detaillierte Planung ermöglicht.

Der erzeugte Prüfplan stellt die zentrale Eingangsgröße der Fertigungsplanung dar – es kann eine optimale Abstimmung der erforderlichen Tätigkeiten getroffen werden. Zwischen den beiden Unternehmensabteilungen ist eine enge Zusammenarbeit notwendig, sodass Änderungen über kleine Regelkreise direkt umgesetzt werden können.

3.2.1.5. Schnittstellen zur Fertigung

Die Abteilung Fertigung unterhält zahlreiche Informationsbeziehungen zur Prüfplanung, so dass eine Detaillierung in weitere Unterfunktionen Fertigungsqualitätsprüfung und Fertigungssteuerung erfolgt, die anschließend differenziert betrachtet werden.

Während die Fertigungsqualitätsprüfung die operativen Prüftätigkeiten beschreibt, wird in der Fertigungssteuerung der Ablauf der Produktionsprozesse gesteuert und überwacht.

Schnittstellen zur Fertigungssteuerung

Die Fertigungssteuerung stellt eine Subfunktion des Unternehmensbereichs Fertigung dar und unterhält eine enge Verbindung zu der zuvor beschriebenen Funktion Fertigungsplanung, die

der Arbeitsvorbereitung untergeordnet ist. Die Zusammenarbeit liegt darin begründet, dass beide Funktionen gemeinsam den Fertigungsfeinplan erstellen, der anschließend an die Prüfplanung weitergeleitet wird.

Die ein- und ausgehenden Informationen sind der Abbildung 31 zu entnehmen.

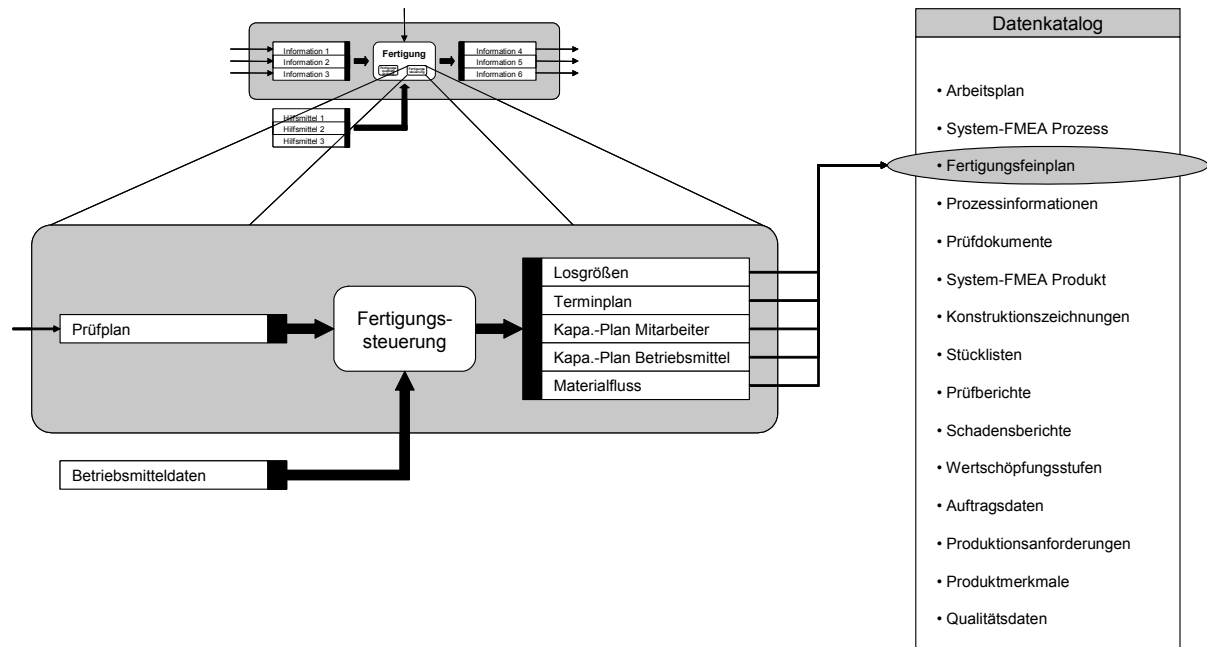


Abbildung 31: Fertigungssteuerung

Während die Fertigungsplanung Informationen bezüglich der Fertigungsverfahren und des Fertigungsablaufs bereitstellt, generiert die Fertigungssteuerung Daten über die Losgrößen, Termin- und Kapazitätspläne sowie Informationen über den Materialfluss.

Die Kenntnis der Losgrößen ist eine unverzichtbare Information bei der Ermittlung der Prüfumfänge. Bei der Verwendung von statistischen Prüfverfahren werden die zu untersuchenden Stichprobenumfänge in Abhängigkeit von der Grundgesamtheit, die durch die Losgröße bestimmt wird, festgelegt.

Der Terminplan ist ein wichtiges Dokument bei der Bestimmung der Prüfzeitpunkte. Die Prüfplanung stimmt ihre Kontrollaktivitäten mit der Fertigungssteuerung ab, wodurch die Effizienz der Produktion erhöht wird. Ist ein weiterer Bearbeitungsschritt erst möglich nachdem eine vorzunehmende Prüfung abgeschlossen wurde, so wird dieses Merkmal von der Prüfplanung bei der Einlastung der Prüfaufträge priorisiert, um eine möglichst kurze Durchlaufzeit zu erreichen.

Die Kapazitätspläne der Mitarbeiter wie auch der Betriebsmittel stellen der Prüfplanung Informationen zur Verfügung, mit denen die Auswahl der Prüforte und des Prüfpersonals erleichtert wird. Dies ist speziell bei den Betriebsmitteln der Fall, die mit einer integrierten Messeinheit ausgerüstet sind und deren Bediener die geforderten Qualitätsprüfungen durchführen können. Auf diese Weise erfolgt eine Entlastung des Qualitätssicherungs-Personals, das wie-

derum andere Prüftätigkeiten übernehmen kann, wodurch die Effektivität des Personaleinsatzes erhöht wird.

Die dargestellten Informationsbeziehungen zeigen, dass eine enge Zusammenarbeit der Abteilungen einen wirtschaftlichen Ressourceneinsatz gewährleistet. Aus diesem Grund ist der Prüfplan ein Eingangsdokument der Fertigungssteuerung – eine direkte Kommunikation der Unternehmensbereiche ist notwendig. Auch hier ist eine Lösung auftretender Probleme in kleinen Regelkreisen zu erarbeiten, um die Wirtschaftlichkeit der Produktherstellung weiter zu erhöhen.

Schnittstellen zur Fertigungsqualitätsprüfung

Die Fertigungsqualitätsprüfung ist eine operative Unternehmensfunktion, die der Abteilung Fertigung angehört. Die im Fokus dieser Arbeit relevanten Schnittstellen zu der Prüfplanung zeigt Abbildung 32.

Ausgangsinformationen der Fertigungsqualitätsprüfung sind Prozessinformationen, die in Prozesskennwerte und -parameter unterschieden werden, sowie die Prüfdokumente, die in Form von erreichten AQL-Werten oder als identifizierte Qualitätsmerkmale an die Prüfplanung transferiert werden.

Die Fertigungsqualitätsprüfung ist die Unternehmensfunktion, für die der Prüfplan erzeugt wird. In dem Anweisungsteil sind sämtliche durchzuführende Aufgaben in der Reihenfolge ihrer Durchführung aufgelistet.

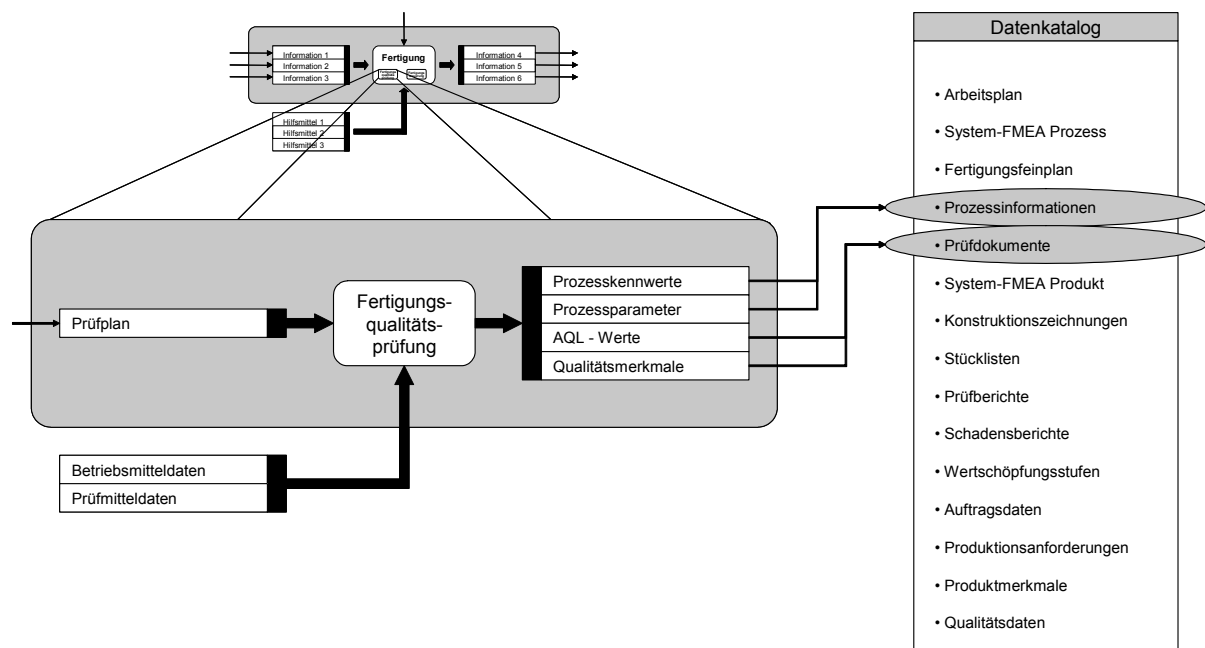


Abbildung 32: Fertigungsqualitätsprüfung

Die Eingangsinformation in Form des generierten Prüfplans enthält somit sämtliche für die Qualitätsprüfung benötigten Daten. Die zu kontrollierenden Merkmale werden ebenso wie die Prüfmittel und die Prüfmittel in dem Dokument exakt vorgegeben. Des Weiteren wird das Prüf-

personal festgelegt und der Ort, an dem die Prüfungen auszuführen sind, bestimmt. Außerdem ist der Umfang und der Zeitpunkt der Prüfung bzw. Stichprobenentnahme genau definiert.

Die Prozesskennwerte, die im Rahmen der Prüfungen ermittelt werden, charakterisieren den jeweiligen Fertigungsprozess, der in Abhängigkeit von den eingestellten Prozessparametern justiert werden kann. Mit den gewonnenen Messergebnissen besteht zum einen die Möglichkeit den Prozess nachzuregeln, was in einem Regelkreis zwischen der Fertigung und der Fertigungsqualitätsprüfung geschieht. Zum anderen werden diese Informationen an die Prüfplanung weitergeleitet, so dass die Prüfmittelauswahl mit fundierten Kenntnissen aus der operativen Praxis erleichtert werden kann.

Die während den Prüfungen ermittelten AQL-Werte werden der Prüfplanung zugeführt, die einen Abgleich der Ist- und Sollwerte durchführt. Diese Erkenntnisse können in den nächsten Prüfplänen Verwendung finden – die Prüfschärfe kann herabgesetzt werden, wenn die geforderten Werte unterschritten werden und es sich um einen fähigen robusten Prozess handelt.

3.2.1.6. Schnittstellen zur Montage

In der öffentlichen Literatur liegen die Schnittstellen zwischen der Prüfplanung und der Montage meist nicht im Fokus der Untersuchungen, obwohl die Montage ein integraler Bestandteil der Prozesskette der Auftragsabwicklung ist. In Abbildung 33 sind die Informationsbeziehungen zwischen der Prüfplanung und der Montage dargestellt.

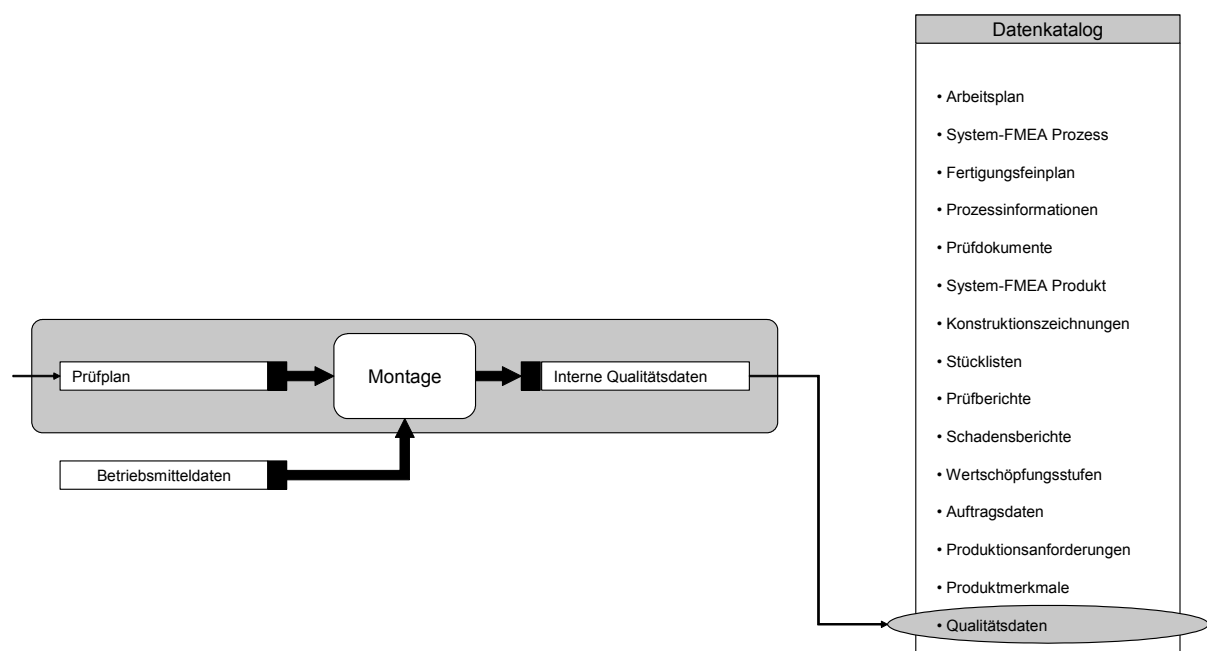


Abbildung 33: Montage

Die Montage ist eine operative Unternehmensfunktion, die Baugruppen bzw. Endprodukte aus gefertigten Werkstücken und weiteren Zukaufteilen zusammenfügt. Werden im Rahmen der Montagetätigkeiten Prüfungen notwendig, ist dies dem Prüfplan zu entnehmen, der ein Eingangsdokument der Montage verkörpert.

Die Ausgangsinformationen der Montage sind Qualitätsdaten. Diese internen Daten werden während des Montageprozesses generiert, indem defekte Teile registriert werden. Dabei wird unterschieden, ob es sich um Montagefehler handelt oder die Bauteile aufgrund von Schäden aus vorherigen Bearbeitungsprozessen nicht montiert werden können.

Die Prüfplanung zieht aus diesen Daten Rückschlüsse, die die Auswahl der Merkmale beeinflussen kann. Des Weiteren bilden diese Informationen eine Grundlage, auf der eine Anpassung der Prüfschärfe erfolgen kann.

Entstehen die Fehler nicht durch den Montageprozess, sondern werden an selbst gefertigten Bauteilen identifiziert, wird die Prüfplanung die betreffende Unternehmensfunktion informieren, die Prüfvorschriften anpassen und gemeinsam mit der jeweiligen Abteilung Lösungsansätze erarbeiten.

3.2.1.7. Gesamtmodell der externen Schnittstellen der Prüfplanung

Die analysierten Informationsflüsse können in einem geschlossenen System modelliert werden. Die Eingangsinformationen der Prüfplanung entsprechen dabei dem Datenkatalog, der in Kapitel 3.1 vorgestellt wurde. Mit Hilfe der gewählten Modellierungsmethode ist es möglich, die komplexen Zusammenhänge zwischen der Prüfplanung und den anderen Unternehmensbereichen darzustellen, siehe Anhang 8.4 in dem das Modell dargestellt ist.

Im Rahmen des Simultaneous Engineering wird ein zum gesamten Produktentstehungsprozess paralleler bzw. ein integrierter Informationsaustausch mit der Prüfplanung angestrebt. Das Gesamtmodell stellt die dazu benötigten, relevanten Schnittstellen zu den anderen Unternehmensbereichen zeitunabhängig dar.

Im diesem Sinne wartet die Prüfplanung nicht bis alle dargestellten Informationen aus den anderen Unternehmensbereichen an sie geleitet wurden, sondern beginnt vielmehr ihre planerische Tätigkeit, sobald mindestens eine Information bereitgestellt wird. Mit den vorhandenen Daten kann ein erster Prüfplan erstellt werden, der an die jeweiligen Abteilungen gesendet wird und diese bei den durchzuführenden Prozessen unterstützt.

Da es sich bei dem erstellten Modell um ein geschlossenes Informationssystem handelt, können Rekursionen bzw. Regelkreise erkannt werden, mit deren Hilfe die Prüfplanerstellung zu einem iterativen Prozess wird.

3.2.2. Modellierung der internen Schnittstellen der Prüfplanung

Nachdem im vorangegangenen Kapitel die externen Schnittstellen der Prüfplanung betrachtet wurden, liegt der Fokus im Folgenden auf den Interdependenzen zwischen den einzelnen Funktionen der Prüfplanung.

Die Vorgehensweise bei der Analyse des Informationsbedarfs der Prüfplanungsfunktionen verdeutlicht Abbildung 34. Der in Kapitel 3.1 entwickelte Datenkatalog wird auf jede Funktion angewendet; er enthält alle relevanten Informationen, die im Rahmen dieses Modells benö-

tigt werden. Die Herkunft der im Katalog enthaltenen Informationen ist im vorangegangenen Kapitel bereits explizit beschrieben worden und wird hier nicht erneut aufgegriffen.

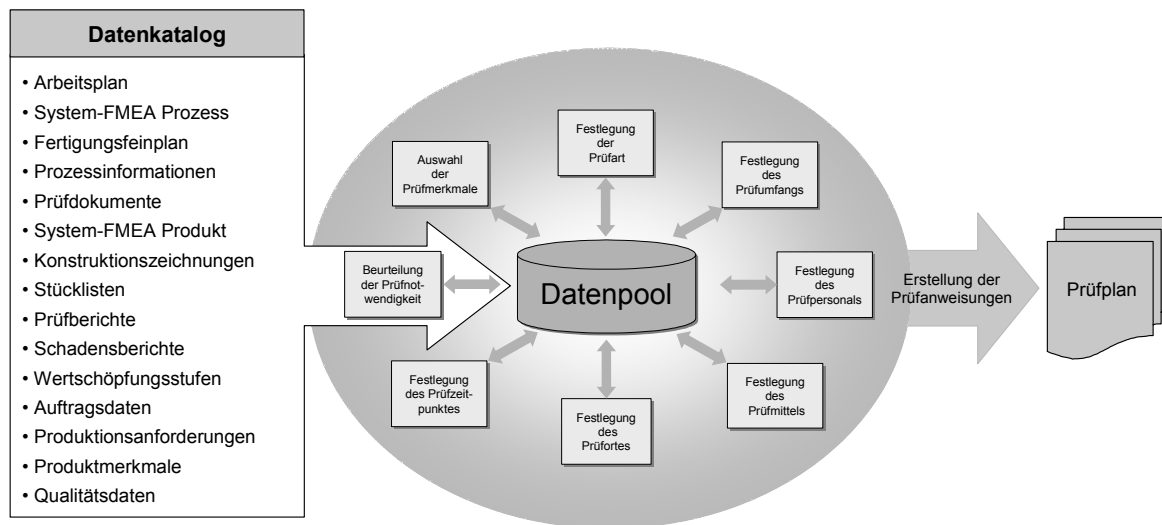


Abbildung 34: Vorgehensweise bei der Detaillierung des internen Modells

3.2.2.1. Auswahl der Prüfmerkmale

Die Auswahl der Prüfmerkmale ist eine wesentliche Funktion der Prüfplanung. Es ist leicht nachzuvollziehen, dass ohne eine Auswahl der zu prüfenden Merkmale, keine Prüfung stattfinden würde. Dies ist ein Grund, warum in der öffentlichen Literatur sehr viel zu dieser Funktion geschrieben steht.

Nicht alle Autoren sind sich in der Begrifflichkeit einig. Unter der Auswahl der Prüfmerkmale wird sowohl das reine Erfassen möglicher Prüfmerkmale, als auch das Erfassen und Bewerten von Prüfmerkmalen verstanden. Wenn dies auch nicht explizit in den jeweiligen Arbeiten festgehalten wird, lässt sich dieser Schluss aus den in die Funktion einfließenden Informationen ableiten.³⁰⁴

Im Rahmen dieser Modellierung wird ersteres Verständnis der Auswahl der Prüfmerkmale zugrunde gelegt. Abbildung 35 stellt die Informationsbeziehungen dieser Funktion dar.

³⁰⁴ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 47-49, Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 430-431 und Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 14-15.

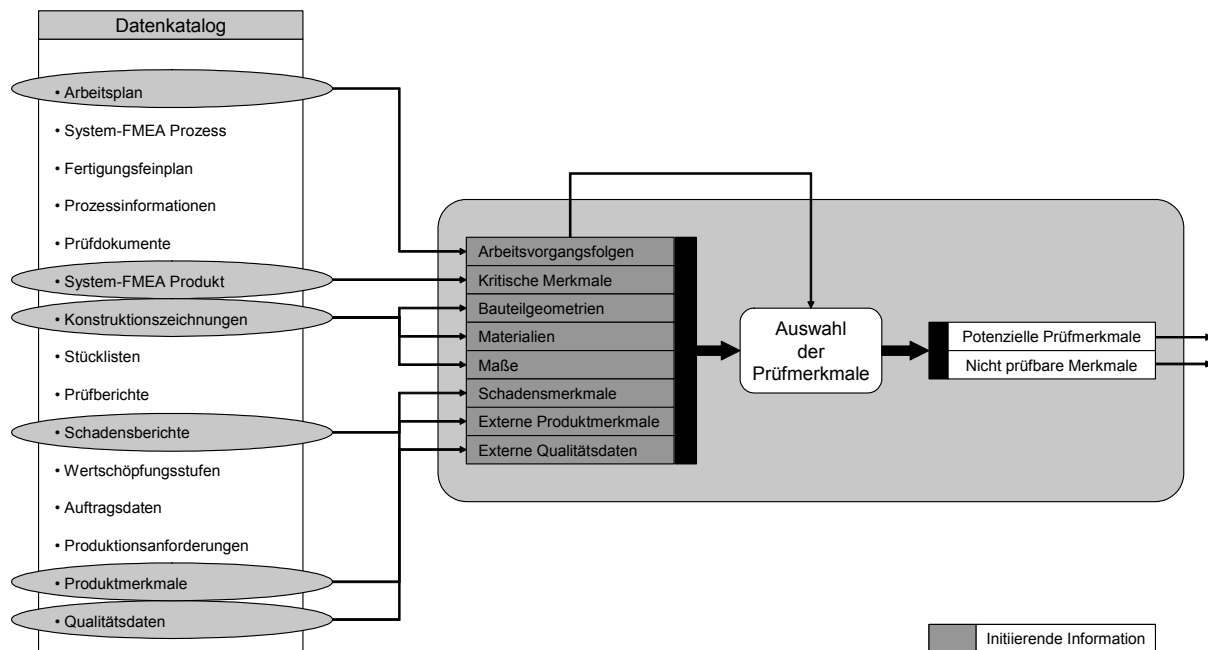


Abbildung 35: Auswahl der Prüfmerkmale

Als Eingangsinformationen zur Auswahl der Prüfmerkmale dienen Daten aus dem Arbeitsplan, der System-FMEA Produkt, den Konstruktionszeichnungen, den Schadensberichten, den Produktmerkmalen und den Qualitätsdaten.

Aus dem Arbeitsplan werden die Arbeitsvorgangsfolgen betrachtet. Sie geben einen ersten Hinweis auf kritische Schritte des Verarbeitungsprozesses. Potenzielle Prüfmerkmale können erkannt werden; darüber hinaus lassen sich nicht prüfbare Merkmale ableiten.

Im Rahmen einer System-FMEA Produkt werden kritische Merkmale ermittelt. Sie werden in der Regel von der Konstruktion anschließend optimiert. Für die Prüfplanung können diese Merkmale bereits eine erste Eingangsgröße darstellen, um frühzeitig kritische Produktmerkmale in den Prüfprozess integrieren zu können. Diese Daten sind zwar in diesem Stadium meist unkonkret und es besteht die Gefahr, dass sich Merkmale ändern – die kritische Stelle kann aber zu einem späteren Zeitpunkt weiter analysiert werden.

Aus den Konstruktionszeichnungen lassen sich Bauteilgeometrien, Materialien und Maße ablesen, aus denen Prüfmerkmale abgeleitet werden.

Schadensberichte beinhalten Informationen über hergestellte Produkte, die bereits im Feld eingesetzt worden sind. Treten Mängel am Produkt auf, können beispielsweise Schadenersatz- oder Gewährleistungsansprüche gestellt werden.³⁰⁵ Diese werden in Schadensberichten mit ihrer konkreten Ursache, dem fehlerhaften Bauteil bzw. Merkmal, festgehalten. Somit kann aufgrund der ermittelten Schadensmerkmale ähnlicher Produkte auf potenzielle Prüfmerkmale geschlossen werden.

³⁰⁵ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 225 und Brunner/Wagner (2004), Qualitätsmanagement, S. 293-294.

Externe Produktmerkmale stehen bereits in frühen Phasen des Produktentstehungsprozesses fest. Sie werden von Kunden oder gesetzlicher Seite vorgegeben – die Merkmale können globalen und spezifischen Charakter haben.

Externe Qualitätsdaten beschreiben Lieferspezifikationen, in denen festgehalten wird, ob das gelieferte oder zu liefernde Bauteil einer Eingangs- oder Endprüfung unterzogen werden muss oder es gegebenenfalls vom Vertragspartner bereits geprüft wurde.

Die initiiierende Information bei der Auswahl der Prüfmerkmale ist nicht genau definiert. Prinzipiell kann eine Auswahl mit jeder eintreffenden Information begonnen werden. Ebenso ist jedes Dokument unabhängig von anderen bearbeitbar.

3.2.2.2. Beurteilung der Prüfnotwendigkeit

Nachdem die Auswahl der potenziellen Prüfmerkmale beschrieben wurde, wird der Informationsbedarf zur Beurteilung der Prüfnotwendigkeit ermittelt. Abbildung 36 verdeutlicht den Informationsfluss bezogen auf diese Funktion. Zur Beurteilung der Prüfnotwendigkeit werden Daten aus der System-FMEA Prozess, den Prozessinformationen, den Prüfdokumenten, der System-FMEA Produkt, den Prüfberichten, den Schadensberichten, den Produktmerkmalen und den Qualitätsdaten benötigt. Die Informationen zu potenziellen Prüfmerkmalen stammen aus der vorherigen Funktion und werden nicht dem Datenkatalog zugeordnet.

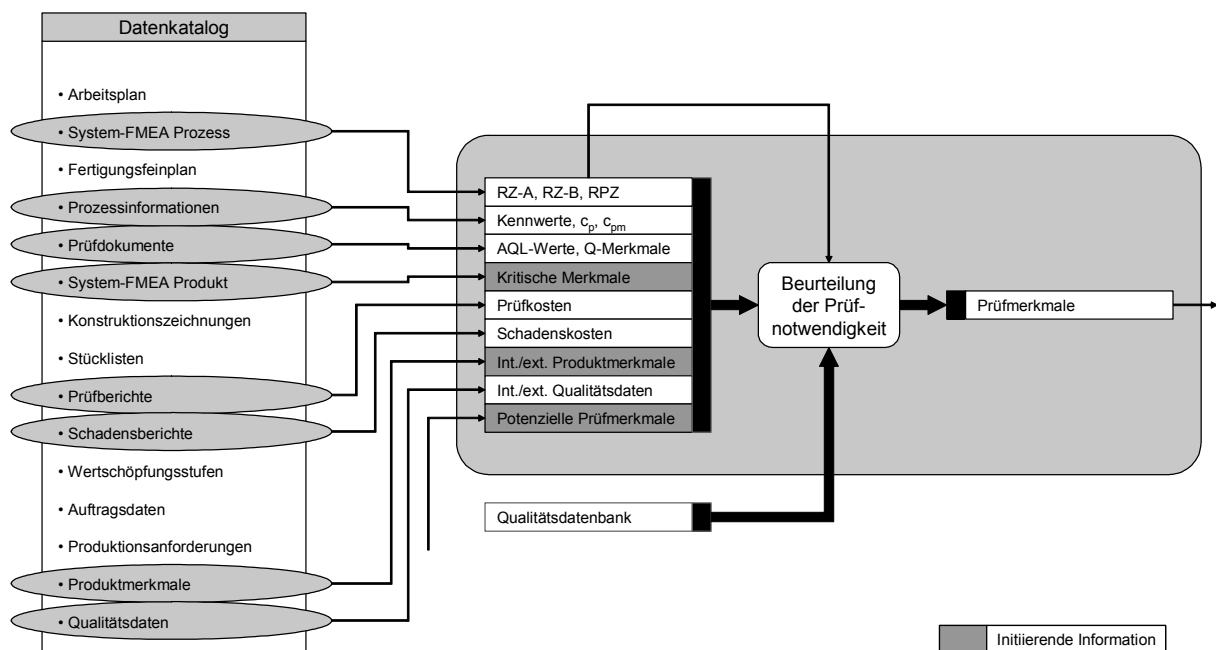


Abbildung 36: Beurteilung der Prüfnotwendigkeit

Einen Teil der Eingangsgrößen bilden dieselben Informationen, die auch bereits in die Auswahl der Prüfmerkmale eingeflossen sind. Somit gelangen beispielsweise die kritischen Merkmale aus der System-FMEA Produkt sowohl in die Auswahl der Prüfmerkmale, als auch

in die Beurteilung der Prüfnötwendigkeit. Im Weiteren werden die neuen Informationen detailliert beschrieben.³⁰⁶

Die Prüfnötwendigkeit kann zum einen auf technischen und rechtlichen Aspekten beruhen und zum anderen aus betriebswirtschaftlichen Größen bestimmt werden. Letztere Vorgehensweise vergleicht die potenziellen Schadenskosten bei einer ausgesetzten Prüfung mit den für eine Prüfung anfallenden Prüfkosten. Sind die Schadenskosten kleiner als die Prüfkosten, wird nicht geprüft, es sei denn, rechtliche oder kundenseitige Vorschriften schreiben eine Prüfung vor.³⁰⁷ Rechtliche Vorschriften sind in einer Qualitätsdatenbank abgelegt, auf die die Prüfplanung zugreifen kann – sie dient als Hilfsmittel zur Bestimmung der Prüfnötwendigkeit. Kundenseitig fließen Informationen aus den bereits in Kapitel 3.2.2.1 beschriebenen externen Qualitätsdaten und Produktmerkmalen ein. Hierzu zählen zum Beispiel vorgegebene AQL-Werte, die mit historischen Daten verglichen werden können. Sie werden zusammen mit den Qualitätsmerkmalen in den Prüfdokumenten abgelegt, nachdem sie in der Fertigung erfasst wurden. In einem engen Zusammenhang stehen die Prozesskennwerte und -parameter; sie dienen als zusätzliche Information, um die verwendeten Maschinen genauer einschätzen zu können.

Die internen Qualitätsdaten und Produktmerkmale stellen Erfahrungswerte dar, die aus vergangenen Fertigungsprozessen gewonnen wurden und betriebsintern Verwendung finden. Unter den internen Qualitätsdaten werden zum Beispiel alte Prüfpläne verstanden, wogegen interne Produktmerkmale bereits bekannte Schwachstellen früherer Produkte sein können.

Zur weiteren Beurteilung der Prüfnötwendigkeit können die Risikozahlen Auftreten und Bedeutung, sowie die Risikoprioritätszahl herangezogen werden. Sie werden im Rahmen einer System-FMEA Prozess ermittelt und stellen Indikatoren für zu prüfende Merkmale dar.

Die initiiierenden Informationen werden hier, wie in den folgenden Abbildungen, als grau hinterlegte Felder dargestellt. In diesem Fall handelt es sich um die bereits in Kapitel 3.2.2.1 beschriebenen potenziellen Prüfmerkmale, die internen und externen Produktmerkmale und die kritischen Merkmale. Initiiierend sind sie aus der Überlegung, dass das Merkmal, dessen Prüfnötwendigkeit bestimmt werden soll, bekannt sein muss. Die übrigen Eingangsinformationen sind an dieser Stelle merkmalsunabhängig und können bereits sehr früh aus den verschiedenen Unternehmensbereichen an die Prüfplanung übergeben werden.

Das Ergebnis der Beurteilung der Prüfnötwendigkeit sind Prüfmerkmale, die einer Prüfung unterzogen werden müssen.

3.2.2.3. Festlegung des Prüfumfangs

Die Bestimmung des Prüfumfangs ist eine komplexe Tätigkeit, die auf viele Datenbereiche zugreift, Abbildung 37.

³⁰⁶ Wiederkehrende Daten werden unter Verweis auf das jeweilige Kapitel, in dem sie erstmalig erwähnt wurden, nicht weiter vertieft.

³⁰⁷ An dieser Stelle sein nochmals auf die Bereits in Kapitel 3.2.1.1 geschilderte Problematik hingewiesen.

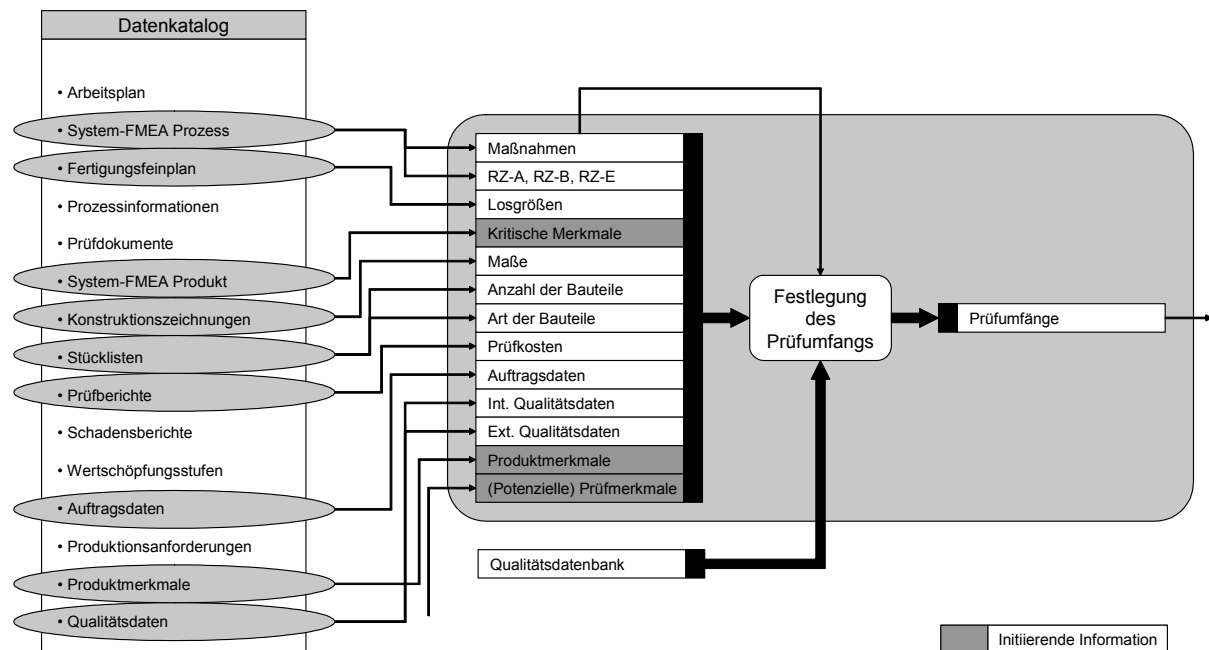


Abbildung 37: Festlegung des Prüfumfanges

Viele der verwendeten Daten wurden bereits in den Kapiteln 3.2.2.1 und 3.2.2.2 beschrieben. Zusätzlich werden aus den Daten der System-FMEA Prozess Informationen bezüglich der Risikozahl Entdecken und die abgeleiteten Maßnahmen entnommen. Hieraus lassen sich Rückschlüsse auf den Prüfumfang ziehen.

Eine weitere Einflussgröße auf den Prüfumfang stellen die zu fertigenden Losgrößen dar. Sie werden im Fertigungsfeinplan festgelegt. Je nach Losgrößen müssen aus statistischen Gründen unterschiedliche Prüfumfänge realisiert werden.

Die Stücklisten stellen eine wesentliche Information für die Prüfplanung dar. Aus ihnen kann entnommen werden, wie viele Bauteile in dem zu fertigenden Produkt enthalten sind. Bei vielen gleichen Bauteilen mit denselben Qualitätsforderungen können Synergieeffekte bei der Festlegung von Prüfumfängen genutzt werden. Andererseits lässt sich aus der Art der Bauteile im Sinne dieser Arbeit ableiten, ob es sich um ein Zukauf- oder ein selbst erstelltes Bauteil handelt. Für Zukaufteile ist möglicherweise keine Prüfung notwendig, da sie bereits vom Lieferanten erbracht wurde.

Im Gegensatz zu Neumann wird hier nicht davon ausgegangen, dass die Wahl des Prüfmittels den Prüfumfang beeinflusst (vgl. Abbildung 72 im Anhang).³⁰⁸ Vielmehr wird die Auffassung vertreten, dass das Prüfmittel gemäß dem zu prüfenden Teilevolumen angepasst werden muss.

Die weiteren abgebildeten Einflussgrößen auf die Festlegung des Prüfumfanges wurden bereits in den vorangegangenen Kapiteln erläutert. Die initiiierenden Informationen bestehen aus den (zu prüfenden) Merkmalen, da dies aus organisatorischen Gründen die letzten eintreffenden Informationen darstellen. Mit Hinblick auf Merkmale, die aus anderen Unternehmensberei-

³⁰⁸ Vgl. Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 24-27, 67-68.

chen, wie zum Beispiel der Qualitätsplanung kommen, können diese schon frühzeitig im Produktentstehungsprozess vorliegen und einer ersten Abschätzung der Prüfumfänge dienen.

3.2.2.4. Festlegung der Prüffart

Die Festlegung der Prüffart ist verglichen mit den übrigen Funktionen der Prüfplanung ein übersichtlicher Planungsschritt, Abbildung 38.

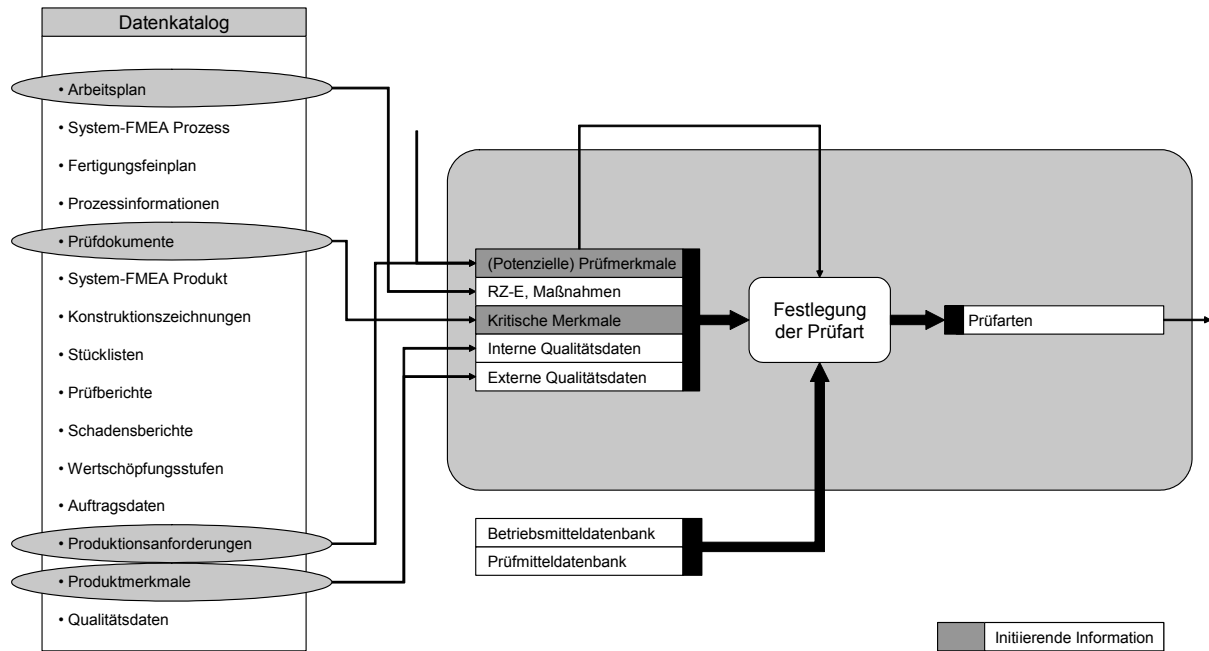


Abbildung 38: Festlegung der Prüffart

Als Einflussgrößen dienen die aus den Kapiteln 3.2.2.1 bis 3.2.2.3 bereits bekannten Daten; initiiierend wirken sich auch hier wieder die (zu prüfenden) Merkmale aus. Zusätzlich zu den bekannten Eingangsdaten werden bei der Festlegung der Prüffart Informationen aus der Prüfmittel- und Betriebsmitteldatenbank benötigt. Bei bekannten Merkmalen wird unter Rückgriff auf die vorhandenen Prüf- und Betriebsmittel identifiziert, welche Art der Prüfung möglich ist. Unter Zuhilfenahme interner und externer Richtlinien, die in den Qualitätsdaten vermerkt sind, kann eine Entscheidung über die Prüffart getroffen werden. Dies geschieht zunächst losgelöst von ablauforganisatorischen Restriktionen; diese werden bei der konkreten Auswahl der Prüfmittel berücksichtigt.

3.2.2.5. Festlegung des Prüfzeitpunktes

Bei der Festlegung des Prüfzeitpunktes nehmen viele in- und externe Faktoren Einfluss, Abbildung 39.

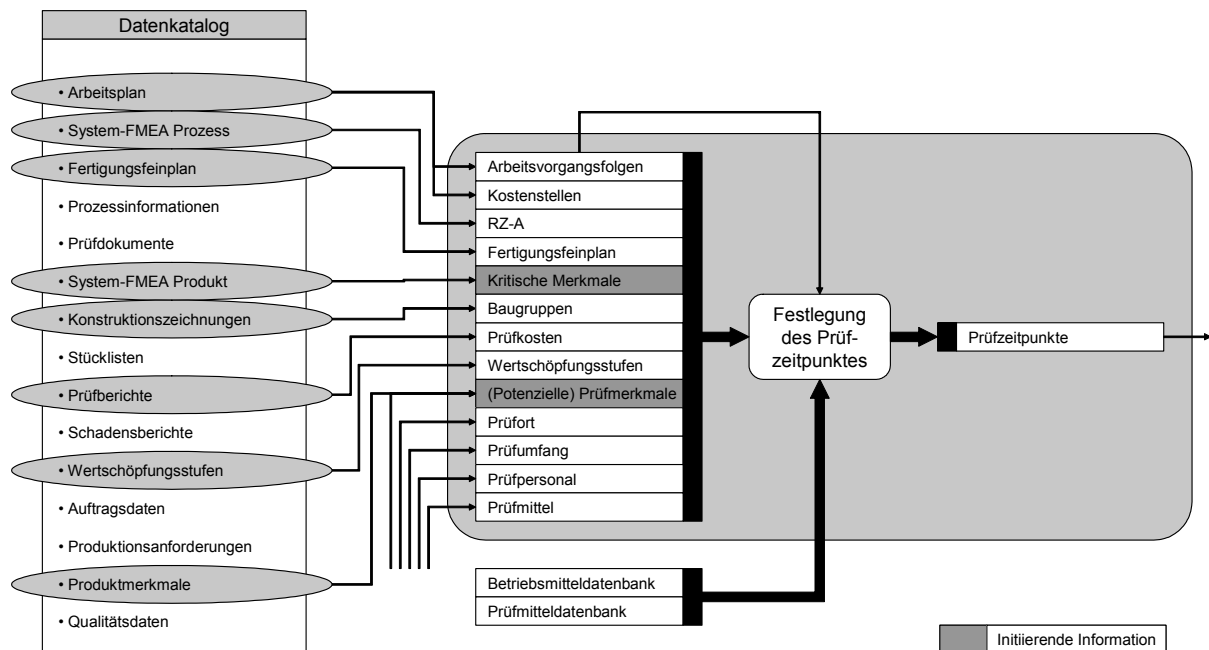


Abbildung 39: Festlegung des Prüfzeitpunktes

Aufgrund der bereits beschriebenen Arbeitsvorgangsfolgen und den Kostenstellen, die die Maschinen identifizieren, kann der ideale Prüfzeitpunkt unter Zuhilfenahme der Wertschöpfungsstufen ermittelt werden. Hierbei sind zusätzlich die Auftretenswahrscheinlichkeit eines Fehlers (RZ-A) und die anfallenden Prüfkosten zu berücksichtigen. Mit Hilfe des Fertigungsfeinplans können die Prüfzeitpunkte genau an den Materialfluss, die Losgrößen, den Terminplan, die Fertigungsverfahren, den Fertigungsablauf und die verfügbaren Kapazitäten an Mitarbeitern und Maschinen angeglichen werden.

Für eine Prüfung innerhalb der Montagestufen der Produkte sind die in den Konstruktionszeichnungen angegebenen Baugruppen von Bedeutung. Mit ihrer Hilfe lassen sich Prüfzeitpunkte ermitteln, die beispielsweise in Abstimmung mit der Montageabteilung in den Prüfplan aufgenommen werden können.

Aus anderen Prüfplanungsschritten werden bei der Zuweisung von Prüfzeitpunkten der Prüfort, das Prüfpersonal, der Prüfumfang und das verwendete Prüfmittel berücksichtigt. Dies lässt sich aus der starken Korrelation dieser Aspekte herleiten.

Initiierend sind die (zu prüfenden) Merkmale, die unter Zuhilfenahme der Betriebs- und Prüfmitteldatenbank die Prüfzeitpunkte als Ausgangsgröße der Funktion generieren. Diese Hilfsmittel werden verwendet, um zum Beispiel Betriebsmittel zu erkennen, die über ein integriertes Prüfsystem verfügen.

3.2.2.6. Festlegung des Prüfortes

Der Prüfort ist ebenso wie der Prüfzeitpunkt von organisatorischen Stellgrößen abhängig. Aus den externen Unternehmensbereichen werden die schon bekannten Qualitätsdaten, Produktmerkmale, Daten der System-FMEA Produkt und der Arbeitsplan verwendet, Abbildung 40.

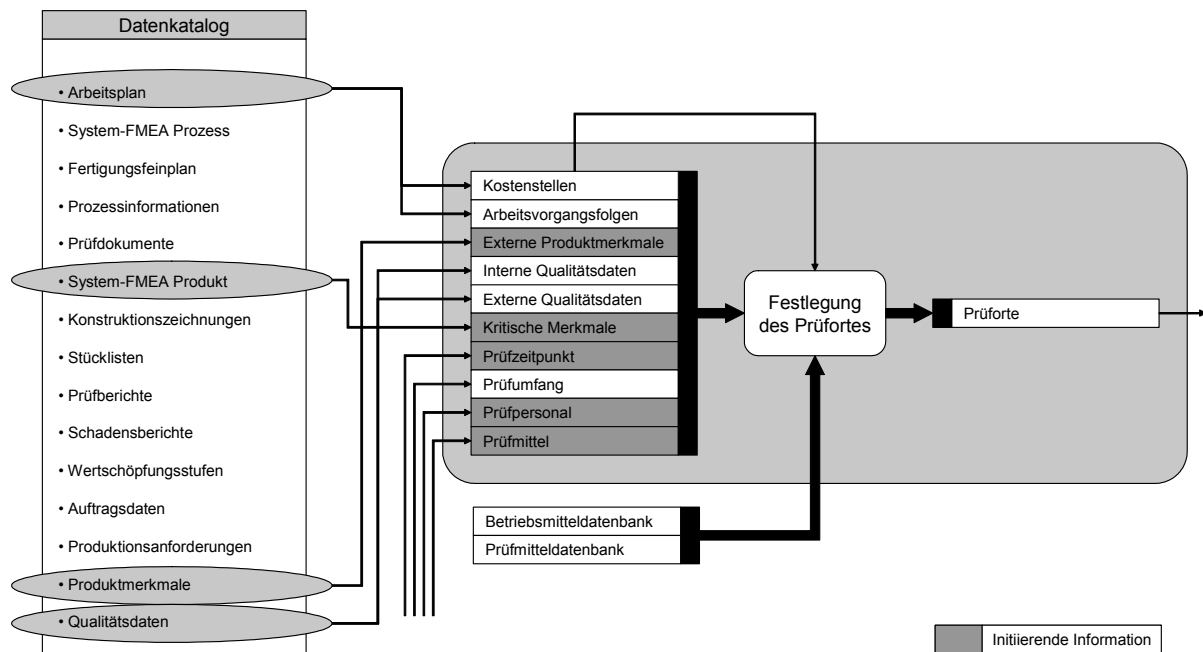


Abbildung 40: Festlegung des Prüfortes

Hilfsmittel sind die Betriebs- und Prüfmitteldatenbank, aus denen Informationen über die Mobilität beziehungsweise den Standort der Mess- und Prüfmittel bezogen werden können. Aus der Prüfplanung fließen Informationen über das verwendete Prüfmittel, den Prüfzeitpunkt, den Prüfumfang und das Prüfpersonal in die Funktion Auswahl des Prüfortes ein.

Signifikant für die Bestimmung des Prüfortes ist die Vielzahl an initiiierenden Informationen. Dies lässt sich damit begründen, dass der Prüfort teilweise bereits zwingend aus einer Information resultiert. Bei einem ortsfesten Prüfmittel oder einer maschineninternen Prüfung ist der Prüfort notwendigerweise mit der Auswahl des Prüfmittels bestimmt. Gleiches lässt sich für die übrigen aus der Prüfplanung stammenden Informationen ableiten.

3.2.2.7. Festlegung des Prüfpersonals

Zusätzlich zu den aus den vorherigen Kapiteln bekannten Informationen kann bei der Festlegung des Prüfpersonals eine zusätzliche Größe berücksichtigt werden, Abbildung 41. Hierbei handelt es sich um die Hauptzeiten der Arbeitsgänge, deren Auswertung eine hauptzeitparallele Prüfung ermöglichen kann. Sei es, dass die Maschine aufgrund eines integrierten Prüfsystems hierzu in der Lage ist oder der Maschinenbediener während eines Arbeitsgangs die bereits gefertigten Bauteile im Rahmen einer Werkerselbstprüfung auf die entsprechenden Qualitätsforderungen überprüft.

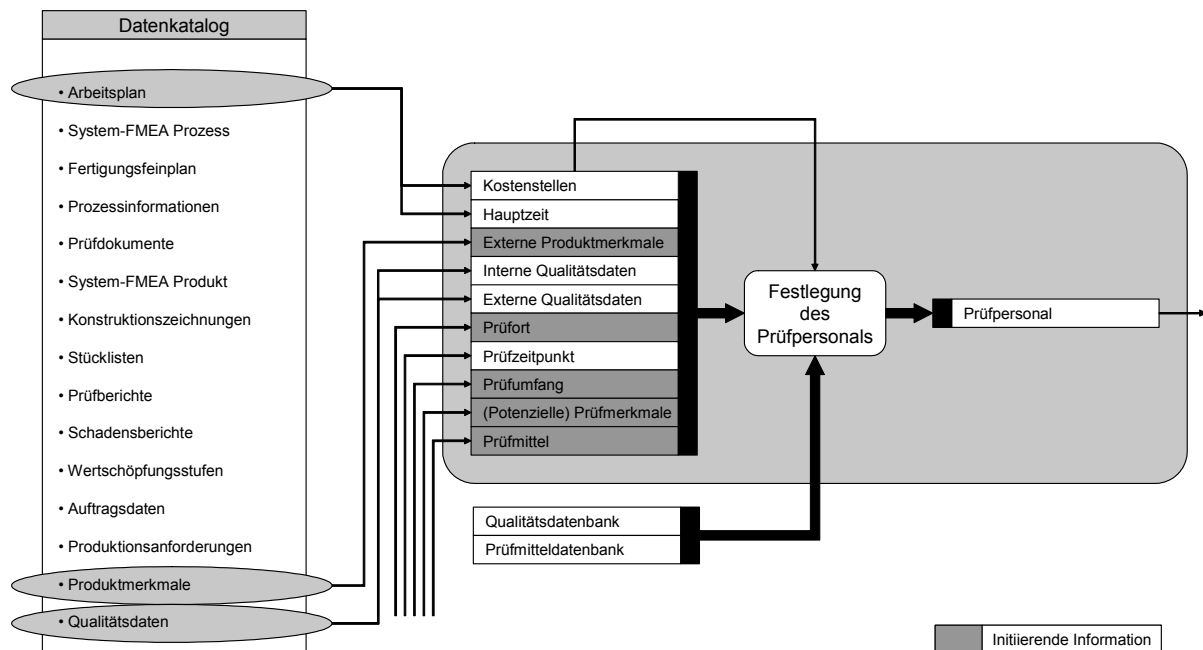


Abbildung 41: Festlegung des Prüfpersonals

Unter Zuhilfenahme der Qualitäts- und Prüfmitteldatenbank, aus denen Anforderungen an das Prüfpersonal entnommen werden können, werden die für die entsprechenden Prüfungen geeigneten Mitarbeiter ausgewählt.

Bei dieser Funktion ist eine große Anzahl an initiiierenden Informationen zu verzeichnen. Die Gründe liegen, wie bei der Festlegung des Prüfortes, in der starken Korrelation der einzelnen Aspekte. Ein bestimmtes Prüfmittel kann bereits den Prüfer implizieren. Gleiches gilt für den Prüfart. Muss beispielsweise im Feinmessraum geprüft werden, kommt lediglich das für diese Tätigkeiten qualifizierte Personal in Frage, um eine Prüfung durchzuführen.

3.2.2.8. Auswahl des Prüfmittels

Die Auswahl des Prüfmittels stellt einen sehr wichtigen Schritt im Rahmen der Prüfplanung dar. Aufgrund der Tatsache, dass die meisten Unternehmen über sehr viele Prüfmittel verfügen, ist in der öffentlichen Literatur ausführlich beschrieben worden, dass die richtige Auswahl komplex ist und idealer Weise durch eine Rechnerunterstützung erfolgt.³⁰⁹

Um ein aus organisatorischen, technischen und wirtschaftlichen Gründen ideales Prüfmittel zu finden, werden die in Abbildung 42 dargestellten Eingangsinformationen benötigt.

³⁰⁹ Vgl. Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 26-27, Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 434 und Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 31-33.

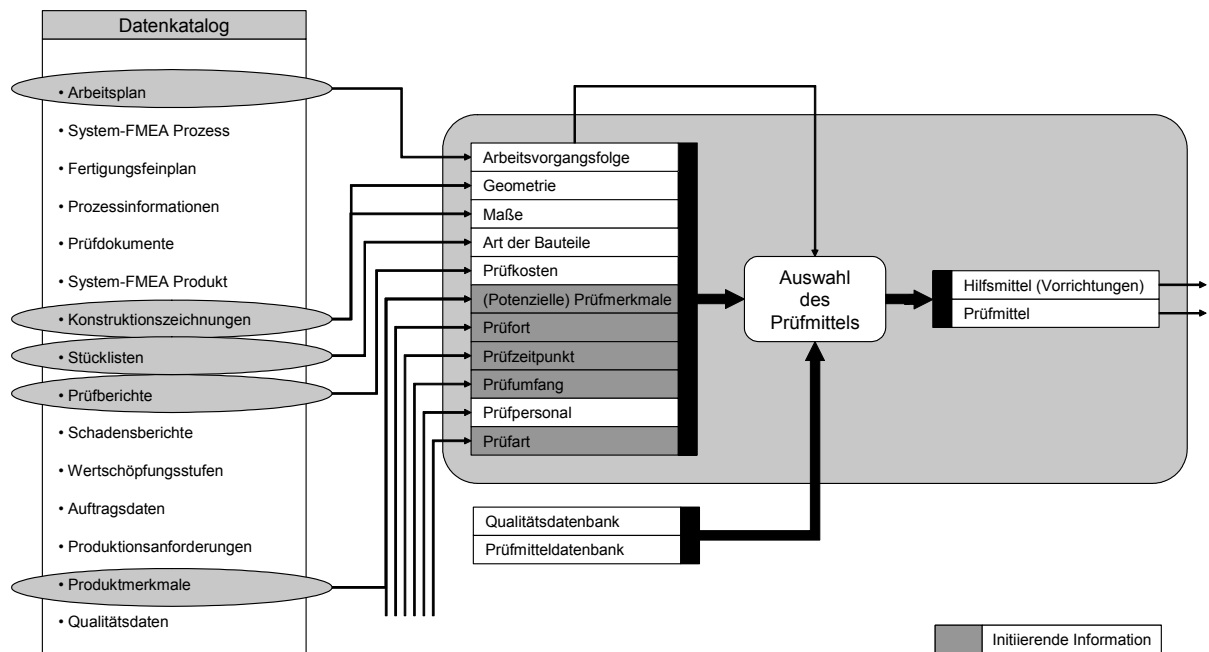


Abbildung 42: Auswahl des Prüfmittels

Die abgebildeten Eingangsinformationen wurden bereits in den vorherigen Kapiteln ausführlich beschrieben. In diesem Zusammenhang erscheinen die Ausgangsinformationen interessant. Das gewählte Prüfmittel kann sowohl ein im Betrieb vorhandenes, als auch ein unternehmensexternes Prüfmittel darstellen. Ist ein Prüfmittel beispielsweise nicht im Betrieb vorhanden, kann die Prüfung unter der Annahme, dass das zu beschaffende Prüfmittel zu kostenintensiv ist, an eine unternehmensexterne Stelle gegeben werden. Darüber hinaus können aus der Stückliste Zukaufteile identifiziert werden, die bereits beim Zulieferer geprüft wurden – ihnen wird kein Prüfmittel zugeordnet.

Die Ausgangsgröße Hilfsmittel (Vorrichtungen) wird generiert, wenn ein nicht vorhandenes Prüfmittel von der Prüfplanung als betriebsintern notwendig erkannt wird. Es kann sich hierbei beispielsweise um eine Halterung für ein Bauteil handeln, um dieses besser mit vorhandenen Prüfmitteln prüfen zu können.

Aus den gleichen Gründen, wie bei zuvor genannten Funktionen, ist auch bei der Auswahl der Prüfmittel eine hohe Anzahl an initiiierenden Informationen zu verzeichnen. Die Korrelation wird durch die eingehenden Informationen verdeutlicht, die aus der Prüfplanung stammen. Zusätzlich wird die Wahl des Prüfmittels von der festgelegten Prüffart beeinflusst – jedoch nicht definiert. Soll beispielsweise eine Attributivprüfung durchgeführt werden, ein qualitativ messendes Prüfmittel ist jedoch aus ablauforganisatorischen Gründen zweckmäßiger oder vielleicht sogar kostengünstiger, kann dieses durchaus als Prüfmittel ausgewählt werden.

3.2.2.9. Erstellung der Prüfanweisungen

Die Erstellung der Prüfanweisungen beeinflusst grundsätzlich keine weiteren Funktionen der Prüfplanung; sie bezieht von ihnen die benötigten Informationen. Abbildung 43 zeigt den Informationsfluss dieser Funktion.

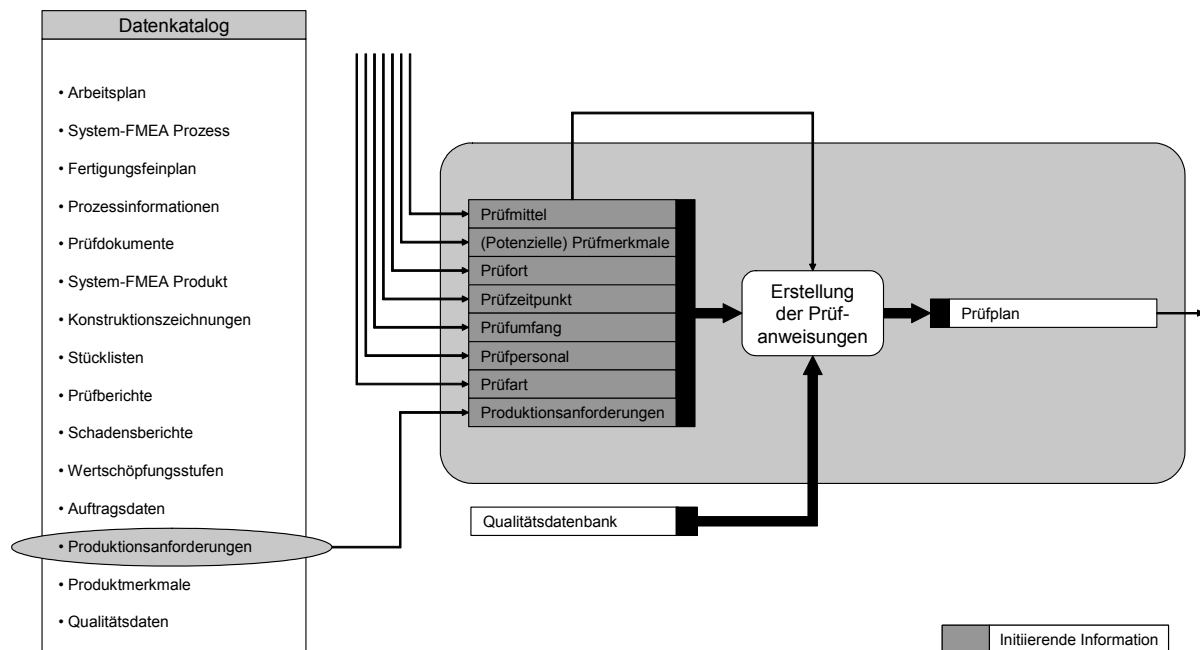


Abbildung 43: Erstellung der Prüfanweisung

Alle im Vorfeld erläuterten Funktionen der Prüfplanung geben ihre Informationen weiter, damit sie in den Prüfplan eingetragen werden können. Dieser bildet das zentrale Ausgangsdokument der Prüfplanung. Zusätzlich zu diesen Informationen werden Produktionsanforderungen berücksichtigt.

Der Rückgriff auf die Qualitätsdatenbank kann den Arbeitsschritt der Erstellung des Prüfplans erleichtern, indem auf bestehende Dokumente oder Richtlinien zur Erstellung zurückgegriffen werden kann. Jede eintreffende Information kann in diesem Zusammenhang als initiierende Information aufgefasst werden, da eine Eintragung in den Prüfplan sofort erfolgen kann.

3.2.2.10. Erstellung des internen Gesamtmodells

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die einzelnen Funktionen der Prüfplanung mit ihren Informationsbeziehungen zu den externen Informationsbereichen, die im Datenkatalog zusammengefasst sind, modelliert. Es wurde deutlich, dass die meisten Funktionen mit sehr komplexen Beziehungen verknüpft sind. Die Ausgangsinformationen der einzelnen Planungsschritte wurden verdeutlicht, ohne im selben Schritt die Bestimmungsorte der Daten festzulegen. Es ist nun eine Basis geschaffen, auf der ein Gesamtmodell der Informationsbeziehungen der Prüfplanungsfunktionen untereinander, unter Einbeziehung der Eingangsinformationen aus externen Bereichen, im Sinne des Simultaneous Engineering erstellt werden kann.

Aus der Abbildung im Anhang 8.5 wird deutlich, dass die informatorischen Zusammenhänge innerhalb der Prüfplanung sehr komplex sind. Die vorhandenen Daten aus den Unternehmensbereichen werden jeweils nicht nur an eine, sondern teilweise an mehrere Funktionen der Prüfplanung geleitet – eine konsequente Verfolgung des Simultaneous Engineering Gedankens führt zu einer Mehrfachnutzung der zur Verfügung stehenden Informationen.

Bei einer sequentiellen Abarbeitung der einzelnen Planungsschritte wäre ein gerichteter Informationsfluss erkennbar. Dieses Ziel verfolgte beispielsweise Zeller,³¹⁰ um mit möglichst wenig Iterationen einen Prüfplan zu generieren. Dies widerspricht dem Gedanken des Simultaneous Engineering. Durch die hier dargestellte Parallelisierung der Informationsverarbeitung und somit auch der Planungsschritte steigt die Anzahl der transferierten Informationen und der zur Steuerung nötige Koordinationsaufwand.

Die dickeren Pfeile innerhalb des Modells symbolisieren Informationen, die von einer Funktion der Prüfplanung zu einer anderen weitergeleitet werden. Eine differenzierte Betrachtung identifiziert Rekursionen beziehungsweise Regelkreise. Vielfach sind die innerhalb dieser Schleifen transferierten Informationen initiiierende Daten, ohne die eine Weiterverarbeitung vorhandener Entscheidungskriterien nicht möglich ist. Dies ist beispielsweise bei der Funktion *Auswahl des Prüfmittels* der Fall. Alle initiiierenden Informationen stammen aus anderen Funktionen. Aus dieser näheren Betrachtung des Modells lässt sich ein Ansatz zur Optimierung der Prüfplanung ableiten.

Modelltechnisch ist durch eine Aggregation der einzelnen Planungsschritte zu Planungsschrittgruppen ein Ansatz zur Reduzierung der Komplexität des Modells zu sehen. Es ist hierbei ebenso auf die richtige Kombination der einzelnen Funktionen zu achten, wie auch auf den richtigen Aggregationsgrad. Die maximale Aggregation der Einzelfunktionen zur Funktion Prüfplanung erscheint wenig zweckmäßig, da das Ziel die Betrachtung der Einzelfunktionen und nicht die Betrachtung der Gesamtfunktion ist. Der höchste Detaillierungsgrad wurde in Anhang 8.5 gezeigt. Eine geeignete Aggregationsstufe dieses Modells zeigt Anhang 8.6. In diesem Modell werden vier Planungsschritte zusammengefasst.

In dieser Darstellung sind die Funktionen bezüglich des Prüfmittels, des Prüfzeitpunktes, des Prüfortes und des Prüfpersonals kombiniert. Die Wahl genau dieser zusammengefassten Funktionen stützt sich auf mehrere Gründe:

Die aggregierten Funktionen besitzen mehrere gleiche Eingangsinformationen. Dies ist ein erster Aspekt, der es zweckmäßig erscheinen lässt, diese Funktionen zusammenzufassen. Zur Ausführung der Tätigkeiten innerhalb dieser Funktionen scheint auf ein ähnliches Datenmaterial zugegriffen werden zu müssen.

Ein weiterer Grund für diese Zusammenfassung besteht in der Vielzahl an Wechselwirkungen unter diesen vier Funktionen. Unter Berücksichtigung der Matrix, die im Anhang in Abbildung 72 dargestellt wird, kann dies leicht nachvollzogen werden.

Eine derartige Aggregation der Modellbausteine bedeutet für die Realisierung einer Prüfplanung im Sinne einer Verkürzung der Planungszeiten, dass die zusammengefassten Schritte nicht nur parallelisiert, sondern integriert werden.

³¹⁰ Vgl. Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 80-83.

3.3. Fazit

In diesem Kapitel wurden sowohl die Schnittstellen analysiert, die die Prüfplanung mit anderen Unternehmensbereichen verbinden, als auch die internen Informationsflüsse zwischen den einzelnen Funktionen der Prüfplanung. Bezogen auf die Zielsetzung dieser Arbeit – eine Modularisierung der Prüfplanung in Kombination mit einer Integration wesentlicher Methoden des Qualitätsmanagements zu erreichen – werden an dieser Stelle die gewonnenen Erkenntnisse resümiert.

Die Prüfplanung, die im traditionellen Verständnis der Arbeitsvorbereitung zugeschrieben wird (vgl. Kapitel 2.2), besitzt Schnittstellen zu sämtlichen Unternehmensbereichen, auch zu denen, die nicht direkt der Wertschöpfungskette der Produktentstehung angehören. Aufgrund ihrer organisatorischen Verankerung fallen die Informationswege aber unterschiedlich lang aus; des Weiteren unterscheidet sich das Verständnis für technische Fragestellungen in den betroffenen Abteilungen. Dies führt dazu, dass wesentliche Informationen die Prüfplanung nicht, nur zeitverzögert oder gefiltert erreichen. Eine Information des Marketings, die über die Qualitätsplanung und die Konstruktion und Entwicklung schließlich zur Prüfplanung gelangt, hat sowohl ihren Charakter als auch den Informationsgehalt geändert. Fraglich ist, ob die wesentlichen, prüfplanungsrelevanten Inhalte ihr Ziel, nämlich die Prüfplanung, erreichen.

Der Autor, der in zahlreichen Industrieprojekten Einblicke in die betrieblichen Prozesse zwischen den erwähnten Abteilungen erlangte, konnte feststellen, dass der maximale Informationsgehalt nur an den Stellen vorhanden ist, an denen die Informationen entstehen. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, die externen Schnittstellen der Unternehmensbereiche zu der Prüfplanung zu verkürzen. Die Analyse hat des Weiteren ergeben, dass lediglich die System-FMEA Produkt und Prozess im Rahmen der Prüfplanung Anwendung finden. Dies kann zum einen damit erklärt werden, dass diese Methode aufgrund rechtlicher Vorschriften weit verbreitet ist. Zum anderen besitzt sie eine große Nähe zur Prüfplanung.³¹¹

Das in Kapitel 2.4 beschriebene Potenzial der weiteren Methoden wird derzeit nicht genutzt. Zurückkommend auf das angeschnittene Problem des Informationsübergangs aus nicht-technischen Bereichen kann beispielsweise mit der Durchführung eines QFD gelöst werden. Ein weiterer Vorteil dabei ist, dass sämtliche Überlegungen in die Prüfplanung einfließen können und nicht nur die Aspekte, die den Weg über die Instanzen schaffen.

Die Analyse der internen Schnittstellen lässt neben der Weitergabe von Informationen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Funktionen der Prüfplanung erkennen. Es wurde gezeigt, dass die vier Funktionen Festlegung von Prüfort- und Personal sowie Auswahl der Prüfmittel und -zeitpunkte eng miteinander verzahnt sind; sie benötigen nahezu identische Eingangsinformationen und stellen sich gegenseitig Informationen zur Verfügung. Eine strikte Trennung, wie sie derzeit methodisch vorgesehen ist, ist deshalb nicht zweckmäßig. Die

³¹¹ Die System-FMEA Produkt wird schwerpunktmäßig in der Konstruktion und Entwicklung eingesetzt während die System-FMEA Prozess im Zuge der Arbeitsplanung durchgeführt wird.

interfunktionalen Schnittstellen können durch eine vereinigte Durchführung der genannten Funktionen drastisch reduziert werden.

Zusammenfassend bringt eine Modularisierung der Prüfplanung folgende Vorteile:

- Die Module können an den Stellen im Prozess eingesetzt werden, an denen die Informationen entstehen – Schnittstellen werden verkürzt, Informationen sind in ihrer ursprünglichen Form zugänglich.
- Die Module können je nach Einsatz mit den relevanten Prüfplanungsfunktionen bestückt werden, so dass die erzeugten Informationen direkt verwendet werden können.
- Die Module fordern den Einsatz von Qualitätsmanagementmethoden und zwar genau die, die zur Generierung bzw. Transformation der prüfplanungsrelevanten Informationen notwendig sind.
- Die Schnittstellen zwischen den Modulen sind beherrschbar, da sie prozessualen Charakter haben und mit Methoden des Qualitätsmanagements abgesichert werden können.³¹²

Im folgenden Kapitel wird deshalb das Konzept der modularen Prüfplanung vorgestellt.

³¹² Quality Gates bieten des Weiteren den Vorteil, das die Reife jedes Moduls bewertet werden kann. Wird die Durchführung einer QM-Methode beispielsweise als Messgröße für die Reife definiert, ist deren Einsatz zwingend erforderlich, um ein Modul erfolgreich abschließen zu können. Hierdurch wird der zielgerichtete Einsatz von QM-Methoden weiter forciert.

4. Konzept der modularen Prüfplanung

Dieses Kapitel führt in die modulare Prüfplanung ein. Dazu werden zunächst die vorherigen Kapitel reflektiert, um die bisher gewonnenen Erkenntnisse in verdichteter Form hervorzuheben. Basierend hierauf wird der Aufbau der Module beschrieben; abschließend werden die Schnittstellen zwischen den einzelnen Modulen definiert.

4.1. Reflexion

Die Prüfplanung ist ein wichtiger Schritt im Produktentstehungsprozess, der traditionell im Rahmen der Arbeitsvorbereitung ausgeführt wird. Sie besteht aus mehreren Funktionen, die hauptsächlich sequentiell in Teilen aber auch parallel durchlaufen werden, um schlussendlich einen produktspezifischen Prüfplan zu generieren.

Im Rahmen einer Schnittstellenanalyse wurde die Bedeutung der Prüfplanung transparent – es bestehen Informationsbeziehungen zu allen direkt und indirekt an der Produktentstehung beteiligten Unternehmensbereichen. Die Ausgestaltung dieser Beziehungen ist allerdings nicht geeignet, die Potenziale der Prüfplanung voll auszuschöpfen. Durch die strikte Verknüpfung mit der Arbeitsvorbereitung sind die Informationswege zu den betroffenen Bereichen unterschiedlich ausgeprägt. Neben der räumlichen und inhaltlichen Distanz behindert die rein technische Sichtweise, die der Prüfplanung durch ihre Positionierung in der Arbeitsvorbereitung vorgegeben wird, einen ungehemmten Informationsfluss – insbesondere aus nicht-technischen Bereichen.

Für diese Problematik stellen ausgewählte QM-Methoden einen wesentlichen Lösungsbeitrag dar. Die entlang des Produktentstehungsprozesses generierten Informationen können mit Hilfe des Methodeneinsatzes so transformiert werden, dass sie für die Prüfplanung verwendbar sind; sprachliche Barrieren werden überwunden. Des Weiteren fordern die Methoden zu ihrer Durchführung die Beteiligung unterschiedlicher Fachkompetenzen, was die intra-organisationale Kommunikation anregt.

Die analysierende Betrachtung der Prüfplanung mit ihren einzelnen Funktionen zeigt weiteres Optimierungspotenzial auf. Neben wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen einigen Funktionen, gleichen sich die benötigten Eingangsinformationen in hohem Maße. Eine sequentielle bzw. parallele Durchführung, wie sie bei der Berücksichtigung der Gedanken des Simultaneous Engineering verlangt wird, sollte zugunsten einer integrierten Realisierung verworfen werden.

Aufbauend auf den genannten Aspekten wird im Folgenden der Aufbau der modularen Prüfplanung geschildert.

4.2. Struktur des Konzepts

In diesem Kapitel wird der generelle Aufbau der Module definiert, die in ihrer Gesamtheit die modulare Prüfplanung bilden. Beginnend mit einer Vorstellung der Charakteristika von Modulen werden im Anschluss die zugrunde liegenden Gestaltungsdimensionen erläutert. Dies

geschieht unter Rückgriff auf die in dem vorherigen Kapitel verdichteten Erkenntnisse. Anschließend wird die Konzeption der Module vorgestellt. Das Kapitel schließt mit einem resümierenden Fazit.

4.2.1. Charakteristika eines Moduls

Modularisierung beschreibt ein Vorgehen zur Entwicklung komplexer Produkte und Prozesse, bei dem das Gesamtsystem in kleine, unabhängig voneinander zu entwickelnde Teilsysteme bzw. Module geteilt wird. Die Module können zu einem integrierten Gesamten zusammengefügt werden – die Komplexität wird dadurch beherrschbar.³¹³

Modularität ist die Eigenschaft eines Systems, eine innere modulare Struktur aufzuweisen. Richtig umgesetzt ergibt sich eine hohe Bindung innerhalb und eine geringe Kopplung zwischen den Modulen: Der Zusammenhalt der Elemente innerhalb eines Moduls ist groß, während die Schnittstellenbeziehungen zwischen den Modulen auf ein Minimum beschränkt sind.³¹⁴ Nachdem die einzelnen Module mehr oder weniger unabhängig voneinander entwickelt werden, können in einem weiteren Schritt die Schnittstellen zwischen ihnen gestaltet werden, ohne dass dabei die komplexe Detailstruktur der Module zu berücksichtigen ist.³¹⁵

Zur erfolgreichen Definition von Modulen sind Kriterien zu beachten, die im Folgende kurz vorgestellt werden: Das Kriterium *Abgeschlossenheit* beschreibt die objekt- und ergebnisbezogene Zusammenfassung von Aufgaben zu einem Modul, *Abstrahierbarkeit* die Konzentration auf wesentliche Aspekte. Mit *Autonomie* wird für jedes Modul Unabhängigkeit und Selbstständigkeit gefordert – *Integrierbarkeit* definiert die Eigenschaft, die Module zu einem Ganzen zusammenfügen zu können. Unter *Planbarkeit* wird verstanden, dass die Zwischenergebnisse eines Moduls konkret beschreibbar sind, z.B. durch Meilensteine. Mit dem Kriterium *Prüfbarkeit* wird sichergestellt, dass die Ergebnisse verifiziert werden können; *Robustheit* beschreibt die Unempfindlichkeit des Gesamtsystems gegenüber Veränderungen der Umwelt. Eine geringe Anzahl an Schnittstellen zwischen den Modulen fordert die *Schnittstellenminimalität*; *Wiederverwendbarkeit* beschreibt schließlich die Eigenschaft, dass die Module nicht auf einen bestimmten Prozess zugeschnitten sind, sondern universell einsetzbar sind.³¹⁶

Die in dieser Arbeit zu definierenden Module beschränken sich auf die Beschreibung logischer Datenstrukturen, bei denen die Daten und ihre Beziehungen untereinander aus Sicht des Anwenders beschrieben werden. Die in dieser Arbeit nicht behandelten physischen Datenstrukturen beschreiben hingegen, wie die Daten gespeichert werden und beinhaltet die Zugriffsoperationen und Zugriffspfade.³¹⁷

³¹³ Vgl. Heyn (1999), Entwicklungskooperationen, S. 45 und Goppert (2000), Produktentwicklung, S. 20.

³¹⁴ Vgl. Goppert (2000), Produktentwicklung, S. 20 und Heyn (1999), Entwicklungskooperationen, S. 46.

³¹⁵ Vgl. Goppert (2000), Produktentwicklung, S. 21.

³¹⁶ Die Beschreibung der Kriterien erfolgt in Anlehnung an Heyn (1999), Entwicklungskooperationen, S. 47-48 und Goppert (2000), Produktentwicklung, S. 22 sowie die dort zitierten Quellen.

³¹⁷ Vgl. Niestadtötter (2001), Dokumentenstrukturierung, S. 27-28.

4.2.2. Verknüpfung und Absicherung von Modulen

Bedingt durch die aufeinander folgenden Module des neuen Prüfplanungskonzepts ist der intermodulare Informationsübergang von zentraler Bedeutung. Da jedes Modul Informationen an das Nächste übergibt, ist sicherzustellen, dass die Qualität der übergebenden Daten ausreichend ist, um das nächste Modul zu durchlaufen. Diese Absicherung soll unter Rückgriff auf die Methode der Quality Gates erfolgen.

Unter Quality Gates werden ergebnisorientierte Kontrollpunkte verstanden, die inhaltlich sowohl technische als auch betriebswirtschaftliche und managementorientierte Leistungsvereinbarungen beinhalten.³¹⁸ Wesentliche Instrumentarien zu deren Durchführung sind die Definition von Zielvereinbarungen, eine Planung der Zielerreichung, eine Fortschrittskontrolle und die Durchführung von Pre- und Reviews, bei denen die Reife der Zielerreichung bewertet wird.³¹⁹

Die Quality Gates segmentieren einen Prozess,³²⁰ die Abschnitte werden durch zu erfüllende Zielgrößen in Form von Anforderungen definiert,³²¹ Abbildung 44.

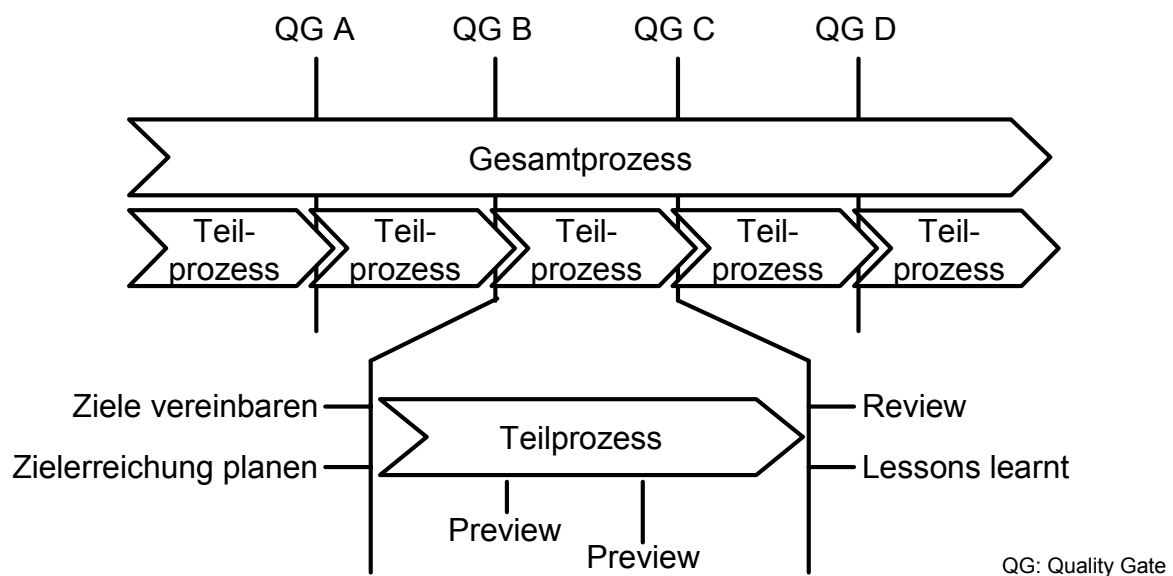


Abbildung 44: Quality Gates in Prozessen³²²

Diese Zielvereinbarungen werden zwischen den Prozessbeteiligten, die in Kunden-Lieferanten-Beziehungen zueinander stehen, zu Beginn eines Prozessabschnitts abgestimmt

³¹⁸ Vgl. Scharer (2002), Quality Gates, S. 36 und Spath et al. (2001), Quality-Gate-Konzept, S. 1544.

³¹⁹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 63, Prefi (2003), Unternehmensführung, S. 121, Pfeifer et al. (2004), Quality-Gate-Systematik, S. 21-22 und Schmitt/Bernards (2005), Qualitätsmanagement, S. 3.

³²⁰ Die Entwicklung von Produkten wird innerhalb einzelner Projekte realisiert, die mit einem übergeordneten projektneutralen Prozess korrespondieren. Die Ausgestaltung der Quality Gates wird aber immer in Bezug zu konkreten Projekten vorgenommen, vgl. Prefi (2003), Unternehmensführung, S. 120-121. Er beschreibt eine Vorgehensweise, mit der Projektpläne analog zu der Quality Gate Methode systematisch aus Referenzprozessen abgeleitet werden können. Ähnlich sehen dies auch Pfeifer/Schmidt (2003), Quality-Gate-Konzept, S. 22 und Schmitt/Bernards (2005), Qualitätsmanagement, S. 5-6.

³²¹ Vgl. Schmitt/Bernards (2005), Qualitätsmanagement, S. 14-16.

³²² Vgl. Schmitt/Bernards (2005), Qualitätsmanagement, S. 3-4.

und harmonisiert³²³ – wesentlich ist die eindeutige Bewertbarkeit der Reife. Es schließt sich eine Planung der Zielerreichung an; aufgrund der Komplexität vieler Prozesse, werden Teilaufgaben dezentral von unterschiedlichen Fachteams bearbeitet. Die Synchronisation der Aktivitäten ist an eine Bewertung der erreichten Leistung gekoppelt, die während des Prozesses in regelmäßigen Abständen durchgeführt wird.³²⁴ Hierzu wird auf Previews zurückgegriffen, bei denen die Reife aus Sicht der Lieferanten bewertet und den Kunden mitgeteilt wird. Neben dem vergangenheitsorientierten Rückblick werden dabei zukünftige Prozessverläufe und Entwicklungen abgeschätzt.³²⁵ Festgestellte Abweichungen werden mit korrektiven Maßnahmen belegt, um die geforderte Qualität der Zielgrößen spätestens am Ende eines Teilprozesses sicherzustellen.³²⁶

Am Ende einer Phase wird in einem Review die Zielerreichung durch die Kunden bewertet. Hierdurch wird sichergestellt, dass diejenigen, die auf den übergebenen Informationen aufbauen, von der Qualität und Güte überzeugt sind – und diese auch bewerten. Werden Zielgrößen nicht erreicht, kann ein Quality Gate nur durchschritten werden, wenn geeignete behebende Maßnahmen definiert werden und ein Zeitplan für deren Umsetzung vereinbart ist.³²⁷ Der Kunde einer Leistung entscheidet letztlich über die Freigabe seiner Anforderungen.

Jede Phase schließt mit einem Lessons learnt, in dem die gewonnenen Erfahrungen der Phase aufgenommen werden. Das Wissen um Probleme und Spezifika fließt zum einen in die Aufplanung der nächsten Phase ein, zum anderen werden die inhaltlichen und prozessualen Erkenntnisse erfasst, um für weitere Projekte zur Verfügung zu stehen.³²⁸

Die Methode der Quality Gates wurde konzipiert, um langsam laufende Entwicklungsprozesse abzusichern.³²⁹ Durch die geringe Wiederholrate und die komplexen fachübergreifenden Abhängigkeiten innerhalb der einzelnen Phasen laufen solche Prozesse ohne eine Absicherung Gefahr, das Gesamtziel zu verfehlen – eine Fokussierung und Synchronisation der Beteiligten ist erforderlich. Die Prüfplanung weist ähnliche Charakteristika auf. Zum einen wird sie entwicklungsbegleitend, mit derselben Geschwindigkeit durchgeführt, zum anderen sind die in- und externen Beziehungen komplex, wie die durchgeführten Schnittstellenanalysen im Kapitel 3.2 belegen. Darüber hinaus können für jedes Modul Anforderungen festgelegt werden, die zum erfolgreichen Abschluss erfüllt sein müssen. Zur Absicherung der modularen Prüfplanung wird deshalb auf die Methode der Quality Gates zurückgegriffen.

³²³ Vgl. Spath et al. (2001), Quality-Gate-Konzept, S. 1545 und Pfeifer/Schmidt (2003), Quality-Gate-Konzept, S. 22.

³²⁴ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 64-65 und Pfeifer et al. (2004), Quality-Gate-Systematik, S. 21, 23.

³²⁵ Vgl. Wildemann (2001), Quality Gates, S. 31.

³²⁶ Vgl. Pfeifer et al. (2004), Quality-Gate-Systematik, S. 21-23 und Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 66.

³²⁷ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 66-67 und Pfeifer et al. (2004), Quality-Gate-Systematik, S. 23.

³²⁸ Vgl. Prefi (2003), Unternehmensführung, S. 134-135.

³²⁹ Vgl. Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 62-68 und Schmitt/Bernards (2005), Qualitätsmanagement, S. 1-23.

4.2.3. Dimensionen der Gestaltung

Die Reflexion in Kapitel 4.1 aufgreifend wird deutlich, dass mehrere Einflussgrößen bei der Gestaltung einer modularen Prüfplanung zu berücksichtigen sind. Dies sind erstens die Funktionen, die in ihrer Gesamtheit die derzeitige Prüfplanung definieren. Zweitens die beteiligten Unternehmensabteilungen, in denen die unterschiedlichen prüfplanungsrelevanten Informationen generiert werden und drittens die QM-Methoden, die, richtig eingesetzt, einen wesentlichen Betrag zum Informationsübergang zwischen den involvierten Bereichen und der Prüfplanung leisten. Abbildung 45 veranschaulicht dies schematisch.

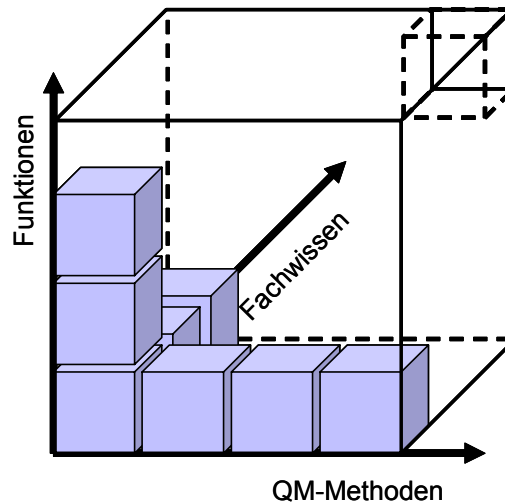


Abbildung 45: Gestaltungsdimensionen der modularen Prüfplanung

Die drei zu berücksichtigenden Dimensionen spannen einen Würfel auf – jedes elementare Segment ist durch ein Werte-Tripel eindeutig definiert.

Es ist leicht einzusehen, dass die zu entwickelnden Module der Prüfplanung aus einzelnen Segmenten des Würfels additiv gebildet werden können. Jedes Modul umfasst eine oder mehrere Funktionen der Prüfplanung, greift auf Informationen zurück, die in einem oder mehreren Unternehmensbereichen generiert werden und nimmt dabei Methoden des Qualitätsmanagements zur Hilfe. Zusammenaddiert ergeben die einzelnen Module den gesamten Würfel und bilden die Prüfplanung in ihrem Gestaltungsrahmen vollständig ab.

Im Folgenden wird gezeigt, wie unter Rückgriff auf die vorgestellten Dimensionen die modulare Prüfplanung konzipiert wird.

4.3. Konzeption der Module

Die Erläuterung des Konzepts gliedert sich in den Gestaltungsrahmen der Module, der zunächst vorgestellt wird. Anschließend wird die Absicherung der intermodularen Schnittstellen gestaltet.

4.3.1. Gestaltungsrahmen der Module

Wie beschrieben ist die Konzeption ein mehrdimensionales Problem, das in diesem Kapitel basierend auf den drei Einflussgrößen gestaltet wird – die einzelnen durchzuführenden Schritte werden dabei vom Autor anschaulich erklärt.

Die drei Dimensionen können als gestalterischer Rahmen aufgefasst werden, in dem die Modularisierung der Prüfplanung vollzogen werden kann. Während die Funktionen und die Informationen aus den betroffenen Unternehmensabteilungen den Prozess flankieren, stellen die QM-Methoden einen wesentlichen additiven Input dar, Abbildung 46.

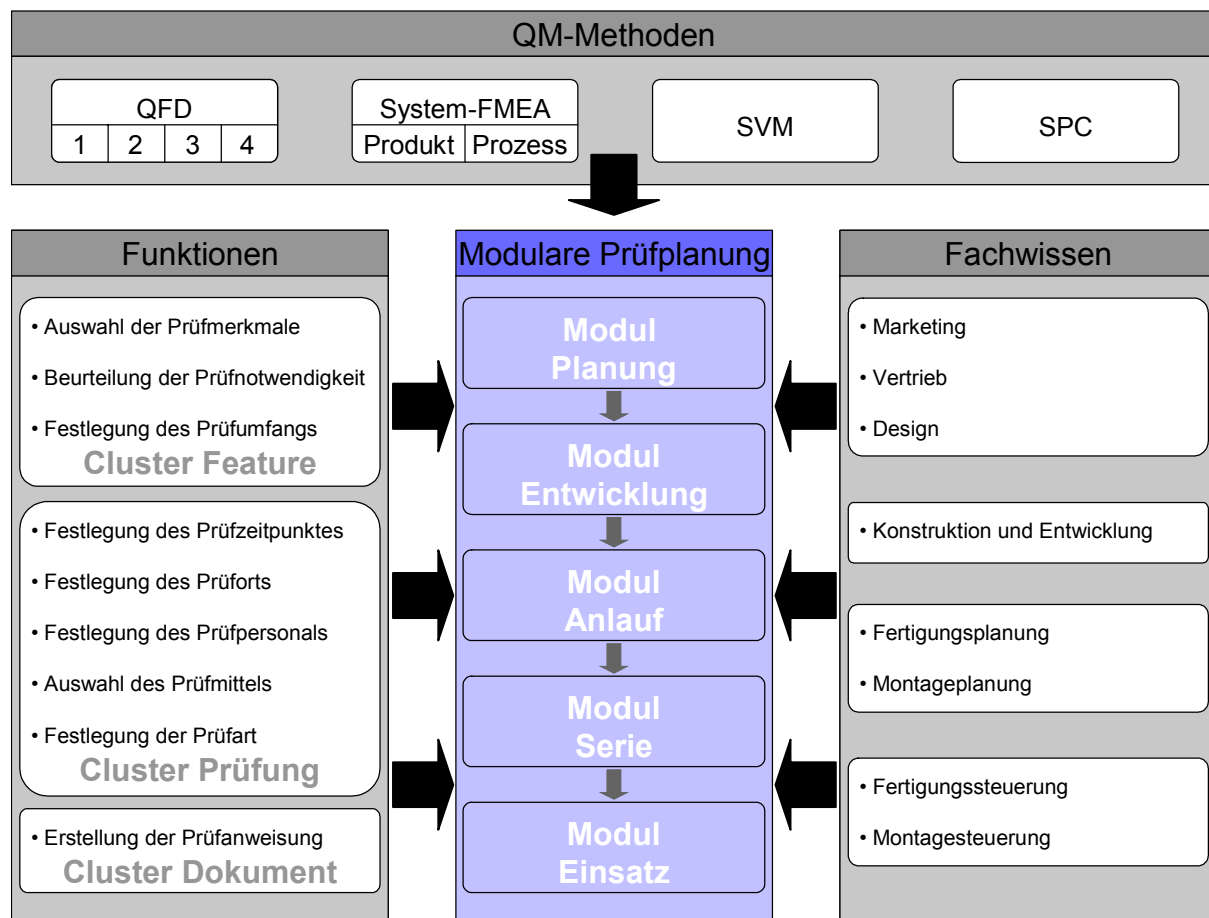


Abbildung 46: Gestaltungsrahmen der modularen Prüfplanung

Das Resultat der modularen Prüfplanung ist analog zu der derzeit bestehenden auch ein Prüfplan, jedoch ist dieser als optimiert anzusehen, da er auf einer breiteren Basis steht und alle zur Verfügung stehenden Potenziale bestmöglich ausnutzt.

4.3.1.1. Funktionen der Prüfplanung

Die Gestaltung der modularen Prüfplanung greift auf die Funktionen zurück, die auch in der traditionellen Anwendung verankert sind. Neben der reinen Zuweisung der Funktionen zu den einzelnen Modulen, können Clusterungen vorgenommen werden. Hierdurch wird erreicht, dass zusammengehörige Funktionen als ein Ganzes betrachtet werden, auch wenn nicht zwangsläufig alle Funktionen eines Clusters in einem Modul bearbeitet oder benutzt werden.

Wichtiger ist vielmehr die Erkenntnis, dass ein Cluster bzw. die in ihm generierten Ergebnisse erneut zu überdenken sind, sobald eine Funktion innerhalb eines Clusters neuen Input generiert. Aufgegriffen wird durch dieses Vorgehen die bereits bei der Modellierung der internen Schnittstellen gewonnene Einsicht, dass einige Prüfplanungsfunktionen informatorisch eng miteinander verknüpft sind. Es können aufgrund der interfunktionalen Abhängigkeiten drei Cluster unterschieden werden: Die Cluster *Feature*, *Prüfung* und *Dokument*.

Dem Cluster *Feature* werden dabei die Funktionen *Auswahl der Prüfmerkmale*, *Beurteilung der Prüfnotwendigkeit* und *Festlegung des Prüfumfangs* zugewiesen. Die Namensgebung beruht darauf, dass in diesem Cluster das zu prüfende Merkmal – eben das Produkt-Feature – festgelegt wird. Die Funktionen haben ähnliche Eingangsinformationen und es existieren Schnittstellen zwischen ihnen. Diese beruhen darauf, dass zunächst alle existenten Merkmale bestimmt werden. Im Anschluss wird festgelegt, bei welchen eine Prüfung sinnvoll und notwendig ist. Sind keine Prüfungen durchzuführen, entspricht dies einem Prüfumfang von null; andernfalls besteht eine Notwendigkeit zur Prüfung und die Prüfschärfe kann bestimmt werden.

Das zweite Cluster umfasst die Funktionen *Festlegung des Prüfzeitpunktes*, *Festlegung von Prüfort und Prüfpersonal* sowie die *Auswahl des Prüfmittels* und die *Festlegung der Prüffart*. Es trägt den Namen *Prüfung*, weil in diesem Cluster alle Funktionen vorhanden sind, die die eigentliche Prüfung bzw. die Prüfaufgabe determinieren. Die Analyse der internen Schnittstellen der Prüfplanung in Kapitel 3.2.2 hat bereits gezeigt, dass die vier erstgenannten Funktionen des Clusters enge inhaltliche Beziehungen zueinander aufweisen.³³⁰ Zusätzlich wird die *Festlegung der Prüffart* in dieses Cluster integriert, weil eine quasi untrennbare Verbindung zu der *Auswahl der Prüfmittel* vorliegt. Die Entscheidung für ein Prüfmittel impliziert immer auch eine Entscheidung für eine Prüffart – eine Trennung dieser Bereiche ist demnach nicht zweckmäßig. Attributive Prüfungen werden zukünftig von variablen Prüfungen ersetzt, weil nur mit Letztgenannten eine kontinuierliche Rückführung von Messdaten und damit eine prozessbegleitende Regelung realisiert werden kann.

Die Funktion *Erstellung der Prüfanweisung* subsumiert schließlich alle dokumentatorischen Tätigkeiten der Prüfplanerstellung und bildet das Cluster *Dokument* – es bedarf keiner weiteren Erläuterung.

4.3.1.2. Fachwissen

Im Bereich der beteiligten Unternehmensabteilungen empfiehlt es sich, derzeit vordefinierte Strukturen, z.B. die Strukturierung der Fertigung in die Fertigungsplanung und Fertigungssteuerung, aufzubrechen, wie dies auch bei der Modellierung der externen Schnittstellen durch die Anwendung der erweiterten SADT-Methode realisiert wurde. Es ist nicht zweckmäßig, organisatorische Einheiten zu adressieren; weitaus zielführender ist das Segmentieren auf kleine Einheiten. Hierdurch werden die benötigten Fachkompetenzen direkt angesprochen und es wird eine Unabhängigkeit von der Aufbauorganisation des Unternehmens erreicht.

³³⁰ Die detaillierte Erklärung kann an der genannten Stelle nachgelesen werden und wird hier nicht wiederholt.

Generell versteht sich die modulare Prüfplanung nicht an unternehmensinterne Abteilungen gebunden, sondern hat einen prozessualen Charakter – wichtig ist ausschließlich die durchzuführende Tätigkeit, nicht die organisatorische Einheit, die diese übernimmt. Der Autor hat während seiner Projektstätigkeit in unterschiedlichen Unternehmen allerdings die Erfahrung gewonnen, dass es den befragten Personen schwer fällt, auf Kompetenzebene zu definieren, welche Personengruppen an einem Prozess beteiligt sein müssen. Vielmehr werden Organisationseinheiten benannt, die sich traditionell mit den entsprechenden Aufgaben befassen.

Diese industrielle Besonderheit muss berücksichtigt werden, um eine leicht anwendbare Prüfplanung zu konzipieren. Wenn im Folgenden den einzelnen Modulen Unternehmensabteilungen zugewiesen werden, geschieht das nur vor dem Hintergrund der praktikablen Anwendbarkeit in der industriellen Praxis. Es wird Wert darauf gelegt, bei jeder Nennung den entsprechenden Prozess klar zu definieren, der innerhalb der angeführten (Sub-)Abteilung ablaufen muss, um ein notwendiges Ergebnis zu erzielen – die betroffenen, am Prozess beteiligten Personen sind relevant, nicht die Mitglieder einer Abteilung.

Dennoch können Cluster gebildet werden, um thematisch eng zusammengehörende Bereiche zu kennzeichnen. Die im Zuge der Komplexitätsreduktion verschmelzende Fertigung und Montage kann hier als Beispiel genannt werden. Die Fertigungs- und Montageplanung können genau wie die Fertigungs- und Montagesteuerung als Cluster verstanden werden.

Der Grad, zu dem eine Abteilung in einem Prozess bzw. an einem Modul beteiligt ist, wird zudem visuell verdeutlicht. Unterschieden werden drei Szenarien der Beteiligung: Verantwortlich, mitverantwortlich und zu informieren.³³¹ Eine verantwortliche Abteilung ist diejenige, die einen Prozess leitet. Ihr obliegt die Organisation, Durchführung und Erfolgskontrolle. Mitverantwortliche Abteilungen leisten Beiträge in dem sie Kapazitäten zur Verfügung stellen, ihr Wissen bzw. ihre Expertise einbringen und autonome Teilaufgaben übernehmen. Die letzte Form der Beteiligung ist eine indirekte; zu Informierende leisten keinen unmittelbaren Beitrag zu einem Prozess, verwenden aber die dort generierten Ergebnisse. Die direkte Adressierung der nicht beteiligten Abteilungen verfolgt das Ziel der reibungslosen Kommunikation. Das angewandte Push-Prinzip stellt sicher, dass relevante Informationen übergeben werden, sobald diese verfügbar sind. Auch dieses Vorgehen hat sich in der industriellen Praxis bewährt.³³²

4.3.1.3. QM-Methoden

Der vorgesehene Methodeneinsatz wird zweigeteilt dargestellt. Neben dem Rückgriff auf die bereits im Kapitel 2.4 vorgestellten Methoden des Qualitätsmanagements, können die Module der Prüfplanung weitere Methoden benutzen, die je nach Bedarf unterstützend eingesetzt werden können. Hierzu zählen Kreativitätstechniken, Methoden zur Problemstrukturierung und weitere Werkzeuge des Qualitätsmanagements. Aufgrund der Vielzahl werden diese nicht

³³¹ Vgl. Schmitt/Bernards (2005), Qualitätsmanagement, S. 7.

³³² Eine zusammenfassende Darstellung der Verantwortung der einzelnen Module befindet sich im Anhang 1.1.

detailliert dargestellt. Greift ein Modul auf eine solche Methode zurück, wird diese so weit wie nötig erklärt und ihr Nutzen dargestellt.

Die bereits näher beschriebenen Methoden, deren Potenziale gezielt genutzt und deren Einsatzhäufigkeit durch die modulare Prüfplanung gesteigert werden soll, finden sich nicht nur explizit in dem Gestaltungsrahmen wieder, sondern werden weiter spezifiziert, sofern die Methode dies vorsieht. Dies ist besonders vor dem Hintergrund relevant, dass die Methoden in unterschiedlichen Ausprägungen entlang der Wertschöpfungskette eingesetzt werden können.

Die Methode des Quality Function Deployment ist methodisch vierstufig ausgelegt – was in dem Gestaltungsrahmen durch eine Differenzierung der QFD in die einzelnen Stufen realisiert wird. Entsprechend der in dem jeweiligen Modul einzusetzenden Ausprägung der Methode, wird die Stufe hervorgehoben. Eine ausführliche Erläuterung schließt sich im Rahmen der Ausgestaltung der Module an. Bei der Verwendung der FMEA kann eine Unterscheidung in System-FMEA Produkt bzw. Prozess notwendig sein – auch hier abhängig von dem jeweiligen Einsatz im Produktentstehungsprozess. Für die beiden weiteren Methoden SVM und SPC existieren keine weiteren, methodischen Detaillierungen.

Die in der industriellen Praxis häufig vertretene Meinung, dass QM-Methoden nur für wenige Spezialfälle geeignet sind, weil der gesamte methodische Aufbau nicht bekannt ist, wird hierdurch relativiert. Vielmehr soll erreicht werden, dass bekannte Methoden auch in den Bereichen akzeptiert und eingesetzt werden, in denen sie derzeit aus Unwissenheit der beteiligten Personen (noch) nicht verbreitet sind, obwohl dies methodisch vorgesehen und sinnvoll ist.

Einen prozessualen Charakter erhält zudem die modulare Prüfplanung selbst, die nach der Auffassung des Autors keiner Unternehmensabteilung direkt zugeordnet zu verstehen ist, sondern einen Produktentstehungsprozess unterstützend begleitet. Die Module werden jeweils an den Stellen im Prozess eingesetzt, an dem die relevanten Informationen entstehen, um einen ungefilterten Zugang zu dem Wissen zu erlangen und dieses im Sinne der Prüfplanung weiter zu verarbeiten. Die Schnittstellen zwischen den Modulen und den Unternehmensabteilungen werden somit auf ein Minimum reduziert, sodass Reibungsverluste vermieden werden. Die Gestaltung der intermodularen Schnittstellen wird durch den Einsatz einer weiteren Methode des Qualitätsmanagements, den Quality Gates, optimiert. Eine detaillierte Beschreibung erfolgt im anschließenden Kapitel.

4.3.2. Gestaltung der intermodularen Schnittstellen

Der prozessuale Charakter der modularen Prüfplanung ist durch die autonom gestalteten Module begründet, deren Absicherung mit Quality Gates vorgenommen wird. Besonders vor dem Hintergrund, dass die Prüfplanung nicht mit einer bestimmten Unternehmenseinheit verknüpft sein muss, kann die Durchführung der Module in unterschiedlichen Fachbereichen verantwortet werden – eben genau an den Stellen, an denen die Informationen entstehen. Die interne, modulbezogene Kontrolle der erzeugten Reife wird von den Quality Gates geleistet.

Für jedes Modul wird definiert, was nach dessen Beendigung erreicht sein muss – dies spiegeln die Anforderungen wider. Jedem Modul können eine bzw. mehrere Anforderungen zugeteilt werden, je nach Informationsgehalt und Position im Produktentwicklungsprozess. Die global gefassten Anforderungen werden in einem weiteren Schritt durch die Definition von geeigneten Messgrößen detailliert und bewertbar gemacht. Diese werden so konzipiert, dass sie von den betroffenen Fachleuten durch einzelne Aktivitäten abgearbeitet werden können. Des Weiteren kann der Einsatz von QM-Methoden in den Messgrößen festgelegt werden.

Die Bewertung der Reife der einzelnen Messgrößen wird analog zu dem methodischen Vorgehen mittels einer Ampelsystematik bewertet. Neben den drei wesentlichen Reifegradstufen rot, gelb und grün hat sich in der Praxis eine neunstufige Bewertung als am besten geeignet erwiesen.³³³ Hierdurch wird jede einzelne Phase weiter unterteilt, so dass eine präzisere Bewertung vorgenommen werden kann – dies ist wichtig bei der Definition korrektiver Maßnahmen.

Die Methode der Quality Gates impliziert interne Kunden-Lieferanten Beziehungen der beteiligten Personen. Die Messgrößen sowie deren zu erreichender Erfüllungsgrad werden zwischen den Betroffenen zu Beginn eines Moduls verbindlich vereinbart. Dieses Vorgehen schließt Verständnisunterschiede aus und involviert sehr früh diejenigen Personen, die schlussendlich ihre Aktivitäten auf den Ergebnissen eines Moduls aufbauen.³³⁴ Auch hierdurch wird die Prozessorientierung unterstützt, da die Kunden-Lieferanten Beziehungen abteilungs-, betriebs- und unternehmensübergreifend ausgelegt werden können und eine Verankerung der Prüfplanung in einer Organisationseinheit nicht notwendig ist.

Die Abstimmung der Anforderungen und Messgrößen findet in der Regel in Gesprächen zu Beginn eines Moduls statt. Hierzu stellen alle involvierten Personengruppen einen aussagefähigen Vertreter bereit, der die jeweiligen Interessen vertritt. Während der gesamten Prüfplanung sind somit mehrere Abstimmungsgespräche erforderlich, bei denen sich die Zusammensetzung entsprechend der eingebundenen Kompetenzen ändert. Es ist zweckmäßig einen Moderator einzusetzen, der den gesamten Prüfplanungsprozess begleitet, koordiniert und fokussiert. Dies kann beispielsweise der Verantwortliche des Gesamtprozesses sein,³³⁵ für den die Prüfplanung einen integralen Bestandteil seiner Aufgaben darstellt.

In Abhängigkeit von der Länge der Phasen bzw. der Modulumfangs sind während eines Moduls Synchronisationen vorzunehmen – Previews werden durchgeführt. Hierbei wird die Reife der Anforderungen aus Sicht der Lieferanten bewertet. Diese Sichtweise hat den Vorteil, dass aktivitätenbezogene Hintergrundinformationen in die Bewertung einfließen können und eine Bewertung mit Blick auf das Phasenende vorgenommen wird. Die Bewertung erfolgt unter der Maßgabe, dass die Anforderungen zum Ende des Moduls qualitativ hochwertig erfüllt sein müssen.

³³³ Vgl. hierzu auch Pfeifer et al. (2004), Quality-Gate-Systematik, S. 22 und Prefi (2003), Unternehmensführung, S. 132.

³³⁴ Der Autor hat den Einsatz der Quality Gates in der beschriebenen Form während seiner beratenden Tätigkeit in der industriellen Praxis zu schätzen gelernt und empfiehlt die Durchführung wie geschildert.

³³⁵ Vgl. Spath et al. (2001), Quality-Gate-Konzept, S. 1548.

Die abschließende Erfolgskontrolle bzw. die zum Durchschreiten eines Moduls notwendige Bewertung der Reife der Messgrößen wird zum Ende eines Moduls durchgeführt – hierzu treffen sich die gleichen Personen, die zuvor auch die Messgrößen abgestimmt haben. Sollte dies aus betriebsbedingten Gründen nicht möglich sein, so ist ein kompetenter Vertreter zu benennen, der umfassend informiert ist und Entscheidungsvollmacht besitzt. Aus Sicht der Kunden wird der Reifegrad jeder einzelnen Messgröße bestimmt. Werden Abweichungen zu dem Vereinbarten festgestellt, sind Maßnahmen zu definieren, mit denen die Missstände behoben werden können. Es ist einvernehmlich zu entscheiden, ob die erzielten Ergebnisse sowie die ergriffenen korrektiven Maßnahmen mit dem abgestimmten Zeitplan für die Realisierung der Modulziele ausreichen, um das nächste Modul zu beginnen. Andernfalls müssen zunächst die notwendigen Nacharbeiten abgeschlossen werden.

Der beschriebene Ablauf stellt sicher, dass die Module jeweils auf fundierte Informationen zurückgreifen. Ineffizienzen, die dadurch entstehen, dass vermeintlich richtige Aussagen zu einem späteren Zeitpunkt revidiert werden und die auf deren Basis getroffenen Entscheidungen hinfällig werden, können so nachhaltig vermieden werden.

4.4. Definition der Module

In diesem Kapitel werden die Module des neuen Prüfplanungskonzepts definiert. Eines der Ziele der Modularisierung ist es, die Schnittstellen zu dem Ursprung der prüfplanungsrelevanten Informationen zu verkürzen. Des Weiteren werden die Abhängigkeiten zwischen den Modulen einfacher und spiegeln nicht die Komplexität der Abhängigkeiten innerhalb der Module, also zwischen Modul und Entstehungsort der Information wider. Die folgende Abbildung 47 stellt dies anschaulich dar.

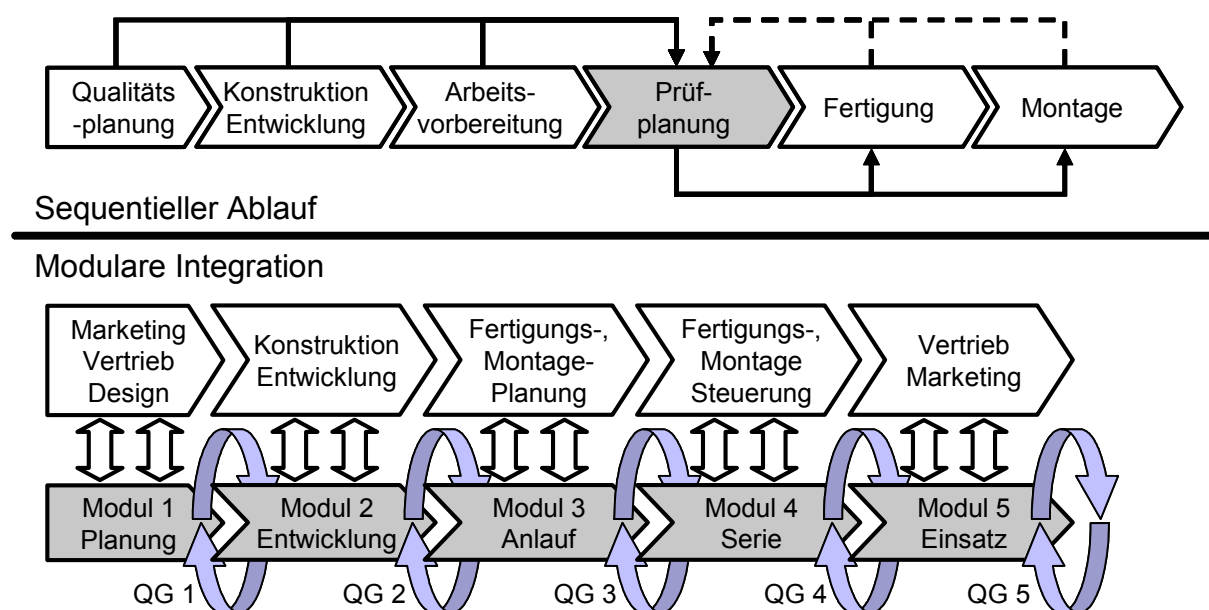


Abbildung 47: Gegenüberstellung des alten und neuen Prüfplanungskonzepts

Die traditionelle Integration der Prüfplanung in die Abläufe entlang des Produktentwicklungsprozesses ist durch lange Informationswege gekennzeichnet. Die komplexen Abhängigkeiten, die in der Analyse der Schnittstellen aufgezeigt wurden, sind hier aus Gründen der transparenten Darstellung nicht wiedergegeben. Ein weiteres Problem ist, dass die Informationen nicht direkt an ihrem Entstehungsort von der Prüfplanung abgegriffen werden, sondern häufig erst im Rahmen der Arbeitsvorbereitung oder der Konstruktion an die Prüfplanung übergeben werden. Die Auswirkungen durch diesen technischen Filter sind bereits angesprochen worden.

Die modulare Prüfplanung verfolgt das Ziel, die Informationen direkt an ihrem Entstehungsort zu verwenden. Daher ist es notwendig, fünf Module zu generieren, die entlang der Wertschöpfungskette platziert werden. Das erste Modul – *Planung* – umfasst die Bereiche Marketing, Vertrieb sowie Design und schließt die Konstruktion mit ein. Das zweite Modul kann mit *Entwicklung* überschrieben werden und fokussiert auf die Konstruktion und Entwicklung unter Berücksichtigung des Clusters Fertigungs- und Montageplanung. Es schließt sich das Modul *Anlauf* an; der Fokus liegt auf der Fertigungs- und Montageplanung. In dem Modul *Serie* werden neben den im vorherigen Modul erwähnten Planungsbereichen die Fertigungs- und Montagesteuerung involviert. Abschließend rundet das Modul *Einsatz*, welches den Vertrieb und das Marketing betrifft, den vom Kunden zum Kunden gerichteten Prozess ab.

Die Schnittstellen zwischen den Modulen werden, wie beschrieben, durch Quality Gates abgesichert. Aufgrund des Charakters eines Moduls, welches starke und komplexe innere Abhängigkeiten aber überschaubare äußere Informationsbeziehungen aufweist, ist der Austausch zwischen den Modulen geradlinig und nicht hoch vernetzt – letzteres verdeutlicht die Schnittstellenanalyse zwischen den Funktionen der Prüfplanung.

In diesem Kapitel werden im Weiteren die fünf Module des neuen Prüfplanungskonzepts detailliert erläutert. Es wird jeweils zunächst der Aufbau in Anlehnung an den Gestaltungsrahmen vorgestellt. Dabei wird die Integration der relevanten Funktionen der Prüfplanung detailliert, auf die Prozessbeteiligten eingegangen sowie die zu benutzenden QM-Methoden und ihre Einbindung erläutert. Die Ausgestaltung operationalisiert den Aufbau und gibt Handlungsempfehlungen für die Umsetzung in der industriellen Praxis. Abschließend wird die Absicherung der Module vorgestellt – es wird auf die zu erfüllenden Anforderungen eingegangen. Die Messgrößen sind projektspezifisch an die Anforderungen anzupassen; Beispiele hierzu befinden sich in Anhang 8.8.

4.4.1. Modul Planung

Das erste Modul des neuen Prüfplanungskonzepts ist das Modul *Planung*. Zu Beginn der Produktentwicklung werden die prüfplanungsrelevanten Informationen aufgenommen und direkt weiterverarbeitet. Im Folgenden wird der Aufbau, die Ausgestaltung und die Absicherung des Moduls vorgestellt.

4.4.1.1. Aufbau

Der Aufbau des Moduls *Planung* greift auf zwei Cluster im Bereich der Prüfplanungsfunktionen zurück und greift auf QM-Methoden zurück; außerdem werden unterschiedliches Fachwissen für die Durchführung des Moduls benötigt, Abbildung 48.

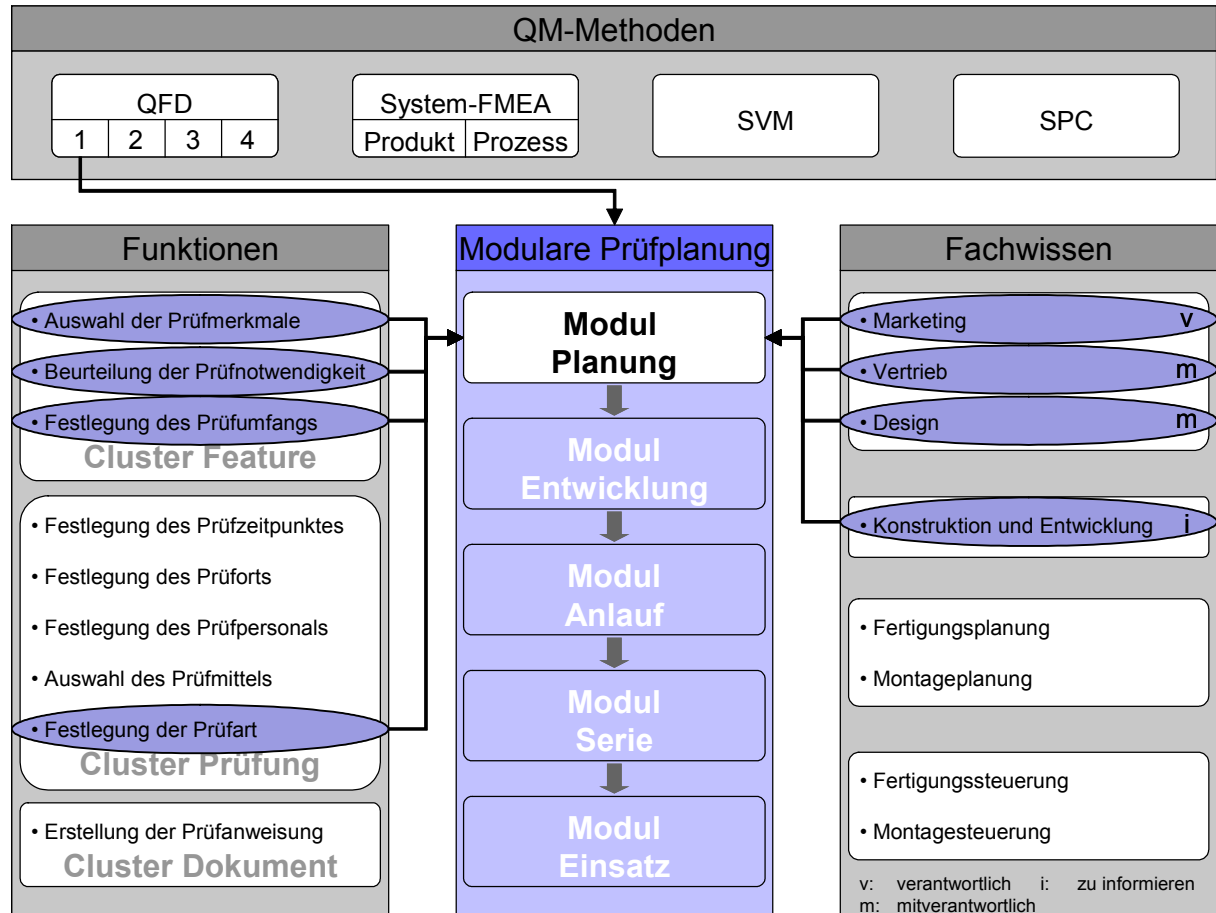


Abbildung 48: Aufbau des Moduls Planung

Aus dem Cluster Feature werden sämtliche Funktionen der Prüfplanung benötigt, um die Aktivitäten im Modul Planung durchzuführen. Des Weiteren wird auf die Funktion Festlegung der Prüffart zurückgegriffen.

Das QFD wird als zentrale QM-Methode eingesetzt und zwar in der ersten Stufe – das House of Quality wird angewandt. Zusätzlich werden weitere Methoden benötigt, um Informationen aus Felddaten von Vorgängerprodukten einzubinden, Ergebnisse aus Markt- und Umfeldanalysen zu berücksichtigen und Befragungen von potenziellen Käufern bzw. Zielgruppen auszuwerten.

Beteiligt sind an den Aktivitäten dieses Moduls Kapazitäten des Marketings und Vertriebs, des Designs und Experten im Bereich Konstruktion und Entwicklung.

Das Ergebnis des Moduls *Planung* kann mit *Prüfung vorausgewählt* bzw. vorbestimmt bezeichnet werden. Die detaillierte Beschreibung folgt im nächsten Kapitel.

4.4.1.2. **Ausgestaltung**

Die Verantwortung dieses Moduls muss im Themengebiet Marketing angesiedelt werden. Es ist ein wesentlicher Aspekt, dass die Kundenorientierung konsequent bei der Erzeugung des Prüfplans umgesetzt wird. Das Marketing ermittelt in frühen Phasen, noch bevor ein Produkt konzipiert und entwickelt wird, die Bedürfnisse des Marktes. Diese können in Anlehnung an das Modell der Kundenzufriedenheit in Basis-, Leistungs- und Begeisterungsmerkmale eingeteilt werden. Es ist zu entscheiden, in welchem der drei Felder das zu entwickelnde Produkt bzw. die Dienstleistung positioniert werden soll. Hieraus leiten sich sowohl Anforderungen an die Prüfplanung als auch an andere Bereiche der Wertschöpfungskette der Produktsentstehung ab.

Der Vertrieb ist ein wichtiger Lieferant von Informationen in Form von Feld- und Reklamationsdaten. Diese beziehen sich auf Produkte, die bereits im Einsatz sind und lassen Rückschlüsse auf die Anforderungen der Kunden zu. Des Weiteren sind die Informationen geeignet, um die Auswirkung technischer Veränderungen an Produkten zu reflektieren. Eine Gegenüberstellung von technischem Aufwand einer Neuerung und der darauf folgenden Reaktion der Kunden kann vorgenommen werden. Neben dem Beschriebenen verfügt der Vertrieb über umfassende Informationen über die bereits bestehenden Kundenverbindungen. Die Entwicklung eines Anforderungsprofils kann hieraus abgeleitet und in die Entwicklung neuer Produkte eingebracht werden – der Vertrieb ist mitverantwortlich.

In einem ausgeprägten Käufermarkt ist eine Fokussierung auf die Kundenbedürfnisse ein wesentlicher Differenzierungsfaktor, der die Stellung im Markt beeinflusst. Die Anforderungen sind auch von den Designern zu berücksichtigen, die eine erste Gestaltung des Produktes vornehmen. Wesentlich Produktmerkmale werden durch die Entwürfe festgelegt, auch wenn diese noch nicht die technische Realisierbarkeit berücksichtigen. Die Erfassung der Kundenanforderungen bei den Design-Aktivitäten bewirkt, dass wesentliche Merkmale in den Betrachtungsfokus fallen und entsprechend ausgestaltet werden. Aus diesem Grund sind die Design-Mitarbeiter auch als mitverantwortlich einzustufen. Bei der Übersetzung der Design- in die technischen Merkmale können hieraus Anforderungen für die Prüfplanung abgeleitet werden. Außerdem kann sichergestellt werden, dass Kundenwünsche, die in dem Design realisiert wurden, auch in der technischen Sicht erhalten bleiben und nicht während des Transformationsprozesses verloren gehen. Durch eine geeignete Wahl der Messgrößen, die ein Prüfmerkmal charakterisieren, kann die Prüfplanung ermitteln, ob die wesentlichen Ausprägungen beibehalten worden sind und ggf. korrigierend einschreiten.

Während das Design die Produktmerkmale aus Sicht der Kunden gestaltet, fokussiert die Einbindung des Fachgebiets der Konstruktion und Entwicklung auf die technische Umsetzung der Anforderungen. Im Zuge kurzer Informationswege sind Entwickler direkt in dieses Modul einzubinden, auch wenn sie nur zu informieren sind – sie nehmen die zu berücksichtigenden Aspekte auf und binden diese konsequent in die technische Umsetzung ein. Um eine effiziente Transformation der Kundensicht in die technische Sicht zu realisieren, ist auf die Methode QFD zurückzugreifen. Dabei ist die erste Stufe, das House of Quality, anzuwenden, mit dem

die erforderliche Ableitung von technischen Anforderungen vorgenommen werden kann. Die Expertise der Entwickler und Konstrukteure kann in Bezug auf die technische Realisierbarkeit in dieser Phase relevant sein. Das Modul Planung prüft kritisch, ob alle relevanten Merkmale aus Kundensicht Berücksichtigung finden. Versäumnisse können hierdurch zu einem sehr frühen Zeitpunkt adressiert und behoben werden.

Die von den beteiligten Fakultäten durchzuführenden Aktivitäten konzentrieren sich auf die Funktionen Auswahl der Prüfmerkmale, Beurteilung der Prüfnotwendigkeit, Festlegung des Prüfumfangs und Festlegung der Prüfmart. Die drei erstgenannten Funktionen bilden das Cluster *Feature*, wie bereits eingangs erläutert wurde.

Die Identifizierung relevanter Produktmerkmale, die aus Kundensicht wichtig sind, ist die Hauptaufgabe dieses Moduls. In engem Zusammenhang steht dazu die Bewertung der Prüfnotwendigkeit – in dieser Phase ausschließlich aus Sicht der Kunden. Diese Funktion reduziert nicht die Anzahl an Merkmalen, die im Folgenden weiter zu berücksichtigen sind. Sie gibt vielmehr einen Anhaltspunkt, welche Merkmale aus Sicht der Kunden nicht vernachlässigt werden dürfen bzw. nicht relevant sind. Eine Aussage der technischen Notwendigkeit zur Prüfung einzelner Merkmale kann zu diesem frühen Zeitpunkt nicht getroffen werden.

Für die als wichtig und zu prüfend identifizierten Merkmale kann im Weiteren eine Empfehlung des Prüfumfangs gegeben werden – orientiert an den Kundenbedürfnissen. Unter Rückgriff auf Felddaten, Kundenbefragungen und Erfahrung der Beteiligten können kritische Merkmale, die in der Vergangenheit häufig ausgefallen sind, mit einem hohen Prüfumfang belegt werden. Dies geschieht in diesem Modul auch rein aus Kunden- und nicht aus technischer Sicht. Die Informationen werden durch die Beteiligung der Entwickler diesen direkt zur Verfügung gestellt und können im Rahmen des nächsten Moduls berücksichtigt werden.

Basierend auf den eben genannten Informationen und Daten kann außerdem eine Empfehlung aus Kundensicht für die Prüfmart gegeben werden. Merkmale, deren Ausprägung bei derzeit am Markte befindlichen Produkten schwanken und dadurch Anlass für Beanstandungen geben, können schon zu diesem frühen Zeitpunkt als mit variablen Messmitteln zu prüfend charakterisiert werden. Dadurch wird sichergestellt, dass Abweichungen im Prozess erkannt werden und regelnd eingegriffen werden kann. Außerdem kann das Verhalten der Käufer den Verbesserungen des Merkmals gegenübergestellt werden, so dass der direkte Kundennutzen abgeleitet werden kann.

Die Festlegung der Prüfmart ist in der heutigen Zeit von untergeordneter Bedeutung. Im Rahmen der automatisierten Fertigung werden hauptsächlich variabel prüfende Messmittel eingesetzt. Einziges Argument für eine attributive Prüfung, aus der keine Rückschlüsse über die jeweilige Abweichung gezogen werden können, ist die Kostenersparnis. Diese relativiert sich jedoch durch die Wirtschaftlichkeit der modernen Messmittel.

4.4.1.3. Absicherung

Die Erläuterungen zur Ausgestaltung des Moduls haben deutlich gemacht, dass das Ziel des Moduls *Planung* die Vorauswahl der Merkmale und deren Prüfnotwendigkeit ist sowie Prüfumfang und -art vorschlägt. Kurz umschrieben: Die *Prüfung* wird *vorbestimmt*.

Um das Ziel abzusichern, müssen zwischen den beteiligten Personen die im Anschluss aufgeführten Anforderungen verbindlich vereinbart werden – die zusätzlich projektspezifisch anzugebenden Messgrößen detaillieren und operationalisieren diese und stellen somit die Bewertbarkeit sicher.

Während die in diesem Modul genannten Personengruppen die Lieferanten der zu erfüllenden Aufgaben darstellen, können die für das nächste Modul maßgeblichen Beteiligten als die Kunden angesehen werden; sie konkretisieren die Prüfplanung auf Basis der hier festgelegten Ergebnisse.

Abbildung 49 enthält die Anforderungen dieses Moduls, mit denen die Zielerreichung sichergestellt wird. Eine Erläuterung schließt sich an.

Prüfung vorbestimmt
• Prüfmerkmale vorgeschlagen • Prüfnotwendigkeit vorbestimmt • Prüfumfang vorgeschlagen • Prüffart vorgeschlagen

Abbildung 49: Anforderungen des Moduls *Planung*

Die Anforderung *Prüfmerkmale vorgeschlagen* stellt sicher, dass alle kundenrelevanten Prüfmerkmale erfasst, sämtliche Kundenwünsche berücksichtigt wurden und in die Bestimmung der Prüfmerkmale eingeflossen sind. Die zweite Anforderung konstatiert, dass die kundenbezogenen Merkmale vollständig in die technische Sichtweise transformiert wurden. Es wird lediglich eine Vorauswahl getroffen, weil diese später unter Rückgriff auf weitere technische Aspekte konkretisiert werden muss. Die dritte Anforderung stellt sicher, dass alle zur Verfügung stehenden Informationen in Bezug auf die Bestimmung von Prüfumfängen berücksichtigt werden. Die Anforderung *Prüffart vorgeschlagen* zieht aus den ermittelten Daten Rückschlüsse auf die anzuwendende Prüffart – eingeschränkt auf die Kundensichtweise.

4.4.2. Modul Entwicklung

Dieses Kapitel beschreibt analog zu dem vorherigen Kapitel den Aufbau, die Ausgestaltung und die Absicherung des Moduls *Entwicklung*.

4.4.2.1. Aufbau

Das Modul *Entwicklung* bedient sich Funktionen der ursprünglichen Prüfplanung die zwei unterschiedlichen Clustern zugeordnet sind, greift auf mehrere der vorgestellten QM-Methoden zurück und integriert bereits jetzt planende Tätigkeiten aus dem Bereich Produktion, Abbildung 50.

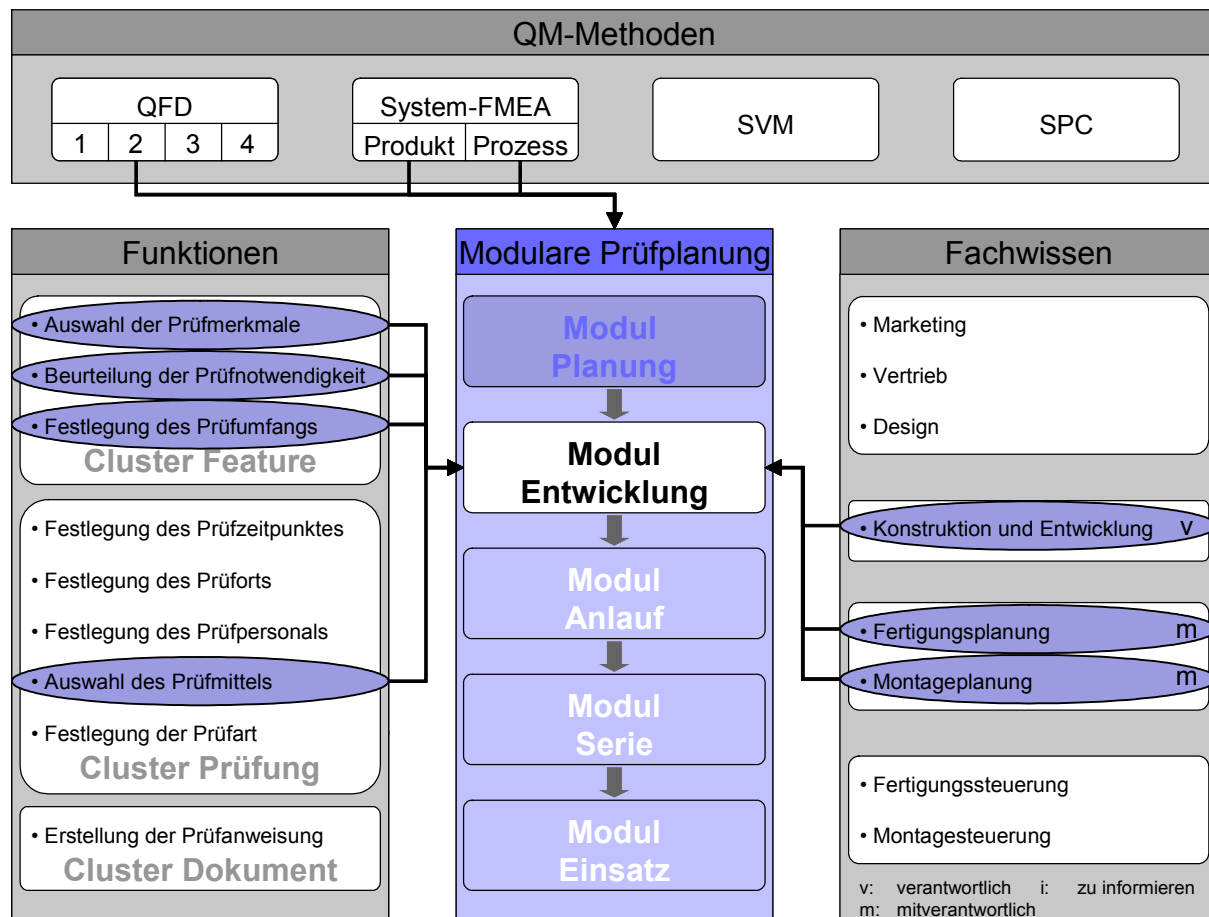


Abbildung 50: Aufbau des Moduls Entwicklung

Aus dem Cluster *Feature* wird in diesem Modul auf die Funktionen Auswahl der Prüfmerkmale, Beurteilung der Prüfnötwendigkeit und Festlegung des Prüfumfangs referenziert. Des Weiteren wird aus dem Cluster *Prüfung* die Auswahl des Prüfmittels herangezogen. Neben den Experten der Konstruktion und Entwicklung werden Fachleute aus den Bereichen Fertigungs- und Montageplanung respektive der Arbeitsplanung in die Planung involviert. Neben dem QFD und der FMEA werden während der Durchführung dieses Moduls weitere Kreativitäts- und Problemlösetechniken angewandt. Im Zusammenspiel führen sie zu dem Ziel des Moduls *Planung*, das mit *Prüfung definiert* umschrieben werden kann.

4.4.2.2. Ausgestaltung

Dieses Modul implementiert die Prüfplanung als integralen Bestandteil bei der Konstruktion und Entwicklung von Produkten. Aufgrund des großen Informationsbeitrags und der Einflussmöglichkeiten dieser Fachdisziplin, zeichnet sie sich verantwortlich für die Durchführung des Moduls. Während der Entwicklung werden die Merkmale des Produktes gestaltet – die Vorgaben aus Design und Produktplanung berücksichtigend.

Zusätzliche Eingangsinformationen für die Konstruktion sind bereits bestehende Produkte; der Aufwand für Neukonstruktionen wird durch den Rückgriff auf bereits bestehende Komponenten deutlich reduziert. Alternativ können im Rahmen der Variantenkonstruktion bestehende Elemente modifiziert und zu neuen Produkten zusammengefügt werden. Bei dem

Rückgriff auf existierende Komponenten ist insbesondere die Ausgestaltung der Merkmale auf Konformität zu den abgeleiteten Anforderungen aus dem ersten Modul zu beachten. Existierende Merkmale werden angepasst, so dass die Vorgaben der Prüfplanung erfüllt werden – die Fokussierung auf die Kundenwünsche wird sichergestellt.

Unterstützung leistet das Fachwissen der Fachkräfte, die den Bereich Fertigungs- und Montageplanung innehaben – sie sind mitverantwortlich. Neben der notwendigen Unterstützung, die eine fertigungs- und montagegerechte Konstruktion sicherstellt, leisten die Fachleute einen wesentlichen Beitrag für die Prüfplanung. Das Thema Inline-Messen rückt im Zuge der Gestaltung von Lean-Prozessketten in den Fokus der Optimierung und muss bereits während der Entwicklung der Bauteile Berücksichtigung finden.

Des Weiteren können die Fachteams gemeinsam wichtige Zwischenschritte in der Produktion identifizieren, an denen Messungen notwendig und möglich sind. Die Konstruktion und Gestaltung der Bauteile wird hieran angelehnt, so dass die Merkmale zu den entsprechenden Zeitpunkten prüfbar und zugänglich sind. Außerdem können Aspekte einfließen, die zu stabilen und robusten Prozessen führen. Die für eine Auslegung der Prozesse wesentlichen Parameter sind den Fachabteilungen bekannt – es wird sichergestellt, dass diese Merkmale, zusätzlich zu den aus Kundensicht wichtigen, prüfbar gestaltet werden und mit Letztgenannten positiv korrelieren.

Die Integration der Experten aus Fertigung und Montage resultiert zum einen daraus, dass in der heutigen modernen Produktion vor dem Hintergrund der Variantenreduktion Fertigung und Montage verschmelzen und eine Einheit bilden. Zum anderen werden Unstimmigkeiten bei der Prüfplanung vermieden, die aus mangelnder Abstimmung der beiden Fachgebiete resultieren.

Im Rahmen des Moduls *Entwicklung* ist der Methodeneinsatz vielfältig. Neben Kreativitäts- und Problemlösetechniken, die bedarfsgerecht eingesetzt die Entwicklung stetig begleiten, werden etablierte QM-Methoden verwendet.

Eine wichtige Methode zur Aufrechterhaltung der Kundenorientierung auch während der Entwicklung ist das QFD; zum Einsatz kommt hier die zweite Stufe. Die Benutzung dieser Methode ist als wichtig einzustufen, weil in der Entwicklung häufig Details ausgearbeitet werden, die technisch äußerst komplex und herausfordernd sind, den Kundennutzen aber nicht signifikant steigern. Die Durchführung wird mit einem multi-funktionalen Team realisiert, welches aus den eben erläuterten Personengruppen besteht. Hierdurch wird sichergestellt, dass alle notwendigen Kompetenzen einfließen und die Ableitung fundiert vorgenommen werden kann.

Mit der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse, die in diesem Modul eingesetzt wird, werden Risiken während der Entwicklung aufgedeckt, bewertet und mit geeigneten Maßnahmen belegt. Dabei wird sowohl auf die System-FMEA Produkt als auch auf die System-FMEA Prozess zurückgegriffen.

Erstgenannte ist in der Produktentwicklung weit verbreitet und in Normen, Vorschriften sowie Richtlinien verankert, wird aber häufig ohne die direkte Berücksichtigung des Aspekts Prüfung durchgeführt; obwohl die mit der Methode erzielten Ergebnisse eine wesentliche Eingangsgröße für die prüfplanerischen Tätigkeiten darstellen. Durch die Klassifikation mit den Risikozahlen Auftreten, Bedeutung und Entdecken können Rückschlüsse auf die Cluster *Feature* und Prüfung gezogen werden.

Die im Rahmen des Moduls Entwicklung geforderte Einbindung der planerischen Fachkräfte aus den Bereichen Fertigung und Montage führt außerdem zu einem zielgerichteten Einsatz der System-FMEA Prozess. Für die Prüfplanung werden Informationen in Bezug auf die Integration von Mess- und Prüfmitteln in den Fertigungsabläufen erarbeitet und zu prüfende Prozesskenngrößen identifiziert, deren Überwachung zu einem stabilen Prozess führt und die Produktion qualitativ hochwertiger Produkte sicherstellt.

Die in diesem Modul zu berücksichtigenden Funktionen sind neben der Auswahl der Prüfmittel das Cluster *Feature* mit den Funktionen Auswahl der Prüfmerkmale, Beurteilung der Prüfnotwendigkeit und Festlegung des Prüfumfangs.

Die im vorherigen Modul bereits vorgeschlagenen Prüfmerkmale³³⁶ und -umfänge werden auf Basis der durch die Methoden und den Personaleinsatz gewonnenen Erkenntnisse konkretisiert und erreichen den Status *Prüfmerkmale festgelegt* bzw. *Prüfumfänge konkretisiert*. Die definitive Bestimmung der Prüfmerkmale erfolgt unter Einbeziehung der technischen Aspekte, die auf Basis der Kundenanforderungen abgeleitet wurden – eine starke Orientierung an den Wünschen der Kunden ist sichergestellt. Die Bestimmung der Prüfumfänge kann, insbesondere unter Beachtung der Risikozahl Auftreten, weiter eingegrenzt, jedoch noch nicht endgültig festgelegt werden. Dazu bedarf es weiterer Informationen, die erst im nächsten Modul erzeugt werden.

Die während der Entwicklung festgelegten Toleranzen bzw. allgemeiner die Ausgestaltung der Merkmale führt zu einer Vorselektion der Prüf- und Messmittel. Es kann nur auf diejenigen zurückgegriffen werden, die geeignet und fähig sind, die Messaufgabe zu erfüllen. Andererseits schränken die vorhandenen Betriebsmittel die Ausgestaltung der Produktmerkmale ein. Wird auf das Auslagern messtechnischer Operationen zu Dritten verzichtet und sollen keine weiteren Investitionen in Messmittel vorgenommen werden, hat die Konstruktion die Gestaltung der Produkte anzupassen, so dass alle Merkmale mit den vorhandenen Betriebsmitteln geprüft werden können. Analoges gilt für die Produktion der Bauteile auf betriebseigenen Fertigungsmitteln.³³⁷

³³⁶ In das Ergebnis Prüfmerkmale vorgeschlagen fließen die Funktionen Auswahl der Prüfmerkmale und Beurteilung der Prüfnotwendigkeit gleichermaßen ein, so dass auf eine wiederholende Nennung letzterer verzichtet wird.

³³⁷ Auf die Diskussion der Schnittstellen der modularen Prüfplanung zu weiteren Bereichen wie z.B. der Investitionsplanung wird an dieser Stelle verzichtet.

4.4.2.3. Absicherung

Zur Erreichung des Modulziels *Prüfung definiert* sind Anforderungen zu erfüllen, die Abbildung 51 zusammenfassend darstellt.

Prüfung definiert
• Prüfmerkmale festgelegt • Prüfnotwendigkeit bestimmt • Prüfumfänge konkretisiert • Prüfmittel vorselektiert

Abbildung 51: Anforderungen des Moduls Entwicklung

Die Anforderung *Prüfmerkmale festgelegt* bestätigt, dass auf Basis der vorgeschlagenen Merkmale alle Maßnahmen und Aktivitäten durchgeführt wurden, die zu einer definitiven Festlegung der Prüfmerkmale notwendig sind – sowohl aus technischer als auch aus Kundensicht. Ebenso wird die *Prüfnotwendigkeit bestimmt*. Die neu gewonnenen Erkenntnisse führen zu einer Konkretisierung der Prüfumfänge, die nach Abschluss dieses Moduls die Reifestufe *Prüfumfänge konkretisiert* unter additiver Berücksichtigung technischer Aspekte erlangen. Schließlich beschreibt die letzte Anforderung *Prüfmittel vorselektiert*, dass bereits während der Entwicklung gewonnene Einsichten zu einer Vorauswahl der einzusetzenden Messmittel führen – auch unter Berücksichtigung der im letzten Modul vorgeschlagenen Prüfmittel.

4.4.3. Modul Anlauf

Das Modul *Anlauf* beschreibt die umfangreichste Phase der modularen Prüfplanung und wird im Folgenden ausführlich erläutert.

4.4.3.1. Aufbau

Zur Erreichung des Ziels dieses Moduls – *Prüfung spezifiziert* – wird auf nahezu alle Funktionen aus den drei existenten Funktions-Clustern zurückgegriffen. Lediglich die Auswahl der Prüfmerkmale und die Beurteilung der Prüfnotwendigkeit werden nicht von diesem Modul tangiert; die Auswahl hat bereits stattgefunden. Das Ergebnis des Clusters *Feature* kann aber aufgrund der Partizipation der Funktion Festlegung des Prüfumfanges verändert werden, Abbildung 52.

Neben den schon im letzten Modul vertretenen Ressourcen aus den Bereichen Konstruktion und Entwicklung sowie der Fertigungs- und Montageplanung werden für dieses Modul weitere Kapazitäten aus dem Operativen Bereich der Fertigung bzw. Montage benötigt – diejenigen, die die Steuerung inne haben. Neben der FMEA werden als weitere QM-Methoden die SVM sowie die SPC angewandt.

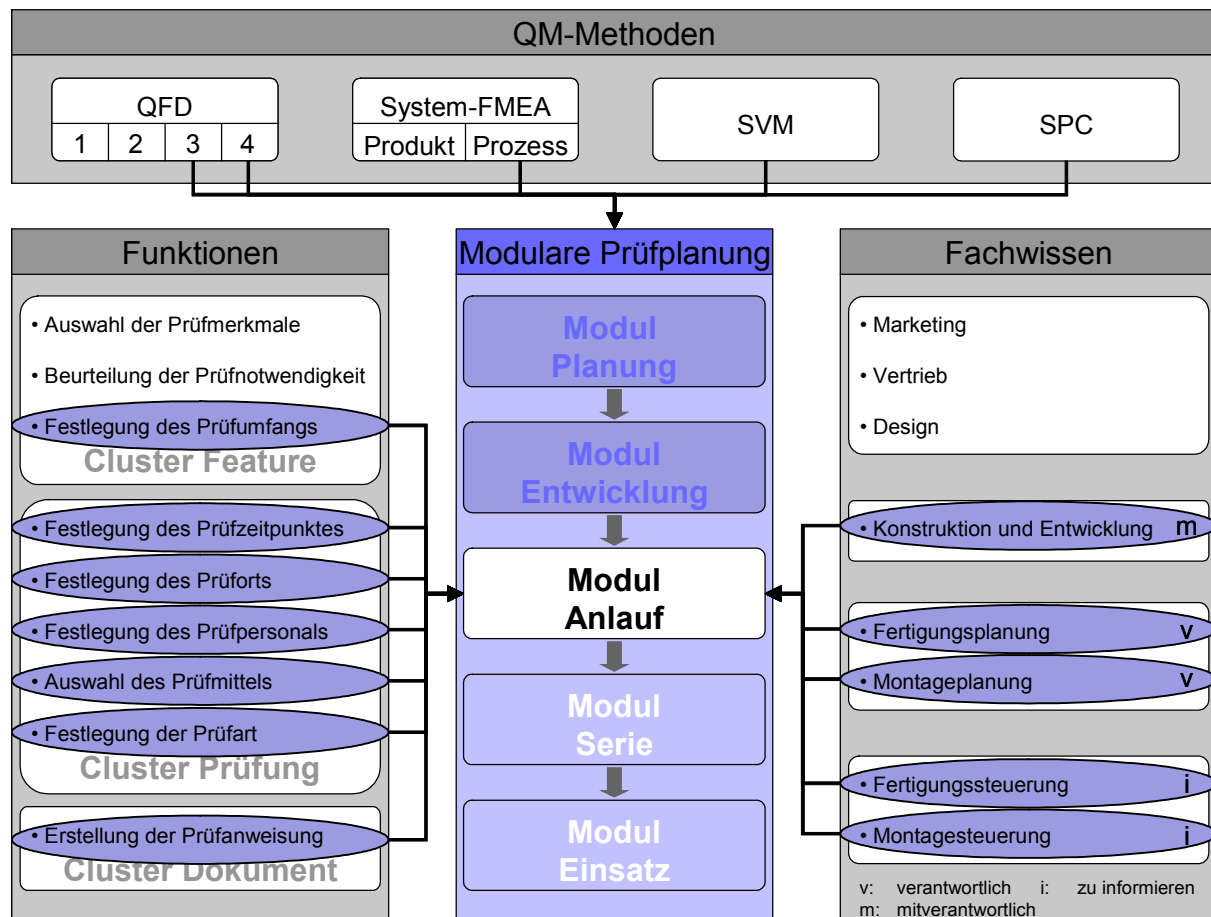


Abbildung 52: Aufbau des Moduls Anlauf

4.4.3.2. Ausgestaltung

Die Modulverantwortung wechselt bei der Durchführung des Moduls *Anlauf* zu der Fertigungs- und Montageplanung. Schwerpunkt dieser Phase ist die Etablierung robuster Prozesse, die die geforderte Leistung im Serienbetrieb erreichen können. Dazu müssen neben den Prozessfähigkeiten die Werte der eingesetzten Fertigungs-, Mess- und Prüfmittelfähigkeiten bekannt sein bzw. ermittelt werden.

Unter Rückgriff auf diese Daten können die Prozesse ausgelegt werden. Darüber hinaus werden die einzelnen Prozessschritte planerisch verkettet. Unter Berücksichtigung der Bearbeitungsaufgabe, des Teilespektrums und den einzelnen Bearbeitungsschritten wird eine Werkstätten-, Gruppen- oder Fließfertigung ausgelegt – zudem existieren zahlreiche Mischformen und Abwandlungen. Die Definition der Prozessfolgen muss in enger Abstimmung zu den Aktivitäten der Prüfplanung erfolgen, weil nicht jedes Merkmal zwischen jedem Bearbeitungsschritt sinnvoll geprüft werden kann. Des Weiteren beeinflusst die Taktrate, die mit der Produktionsplanung festgelegt wird, die prüfplanerischen Tätigkeiten erheblich.

Die Experten der Konstruktion und Entwicklung unterstützen aufgrund ihres großen Einflusses bei notwendigen Änderungen dieses Modul mitverantwortlich. Werden Änderungen notwendig, weil Merkmale nicht herstellbar sind wie vorgegeben, müssen diese Änderungen unter Berücksichtigung etwaiger Wechselwirkungen mit anderen Merkmalen schnell umgesetzt

werden. Die Prüfplanung stellt dabei sicher, dass, auch bei kurzfristigen und zeitkritischen Änderungen, der Kundenfokus erhalten bleibt und die Merkmale konform zu den Anforderungen der Kunden angepasst werden. Des Weiteren werden die Einflüsse dieser Änderungen auf die Prüfauslegung thematisiert.

Die Beteiligten Personen aus den operativen Bereichen der Fertigungs- und Montagesteuerung haben in Bezug auf dieses Modul zu informierendem Charakter, weil in der Anlaufphase erfolgreich getesteten Prüf-Layouts und -Strategien übernommen und in der Serienproduktion umgesetzt werden. Neben den Informationen und Anweisungen die sie entgegennehmen, können sie sich beratend einbringen. Erfahrungen aus Vorgängerprodukten oder generell aus der Serienproduktion fließen auf diese Weise sowohl in die Ausgestaltung des Produktionslayouts (mit der Anordnung der Prüf- und Messmittel) ein als auch in detaillierte Aspekte wie z.B. der Festlegung der Prüfmethode, wenn sich in der Praxis gezeigt hat, dass die variable Messung und anschließende Auswertung exponierter Merkmale die Steuerung der Produktion erleichtert oder die Reaktionsfähigkeit erhöht.

Zur Gestaltung der Abläufe in der Produktion wird auf zahlreiche Hilfsmittel und Prozessplanungstools zurückgegriffen, mit denen z.B. die Layouts konfiguriert und Materialflüsse optimiert werden. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse interagieren mit der Prüfplanung hinsichtlich der Anordnung der Messmittel und der Positionierung im Prozessablauf.

Von besonderem Interesse für die Auslegung der Prüfplanung sind die in diesem Modul angewandten QM-Methoden. Neben dem QFD in den Stufen drei und vier und der System-FMEA Prozess werden die SVM sowie die SPC eingesetzt.

Das QFD – in diesem Modul die sehr detaillierten und prozessspezifischen beiden letzten Stufen – fokussiert in dieser Phase wieder auf die konsequente Orientierung an den Kundenanforderungen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass selbst im Rahmen der Produktion, die fern von den ursprünglichen Kundenwünschen realisiert wird, eine strikte Orientierung an eben diesen vollzogen wird. Die Ergebnisse dieser Methode münden in Gestaltungsvorschlägen für die Produktion und damit für die Auslegung der Prüfung innerhalb der Produktion.

Unter Rückgriff auf die FMEA, die als System-FMEA Prozess auch schon in dem vorangegangenen Modul durchgeführt wurde, können die entwickelten Produkte hinsichtlich des gestalteten Produktionsprozesses erneut hinterfragt werden. Die Bewertung der Ergebnisse, anhand der Risikozahlen Auftreten und Bedeutung und Entdeckung, sind für die Prüfplanung essenziell. Während die Wahrscheinlichkeit des Auftretens und die Auswirkung bei Eintritt eines Fehlers den Prüfumfang entscheidend mitbestimmen, beeinflusst die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung eines eingetretenen Fehlers die Festlegung des Prüfmittels. Maßnahmen, die zur Beseitigung der ermittelten Problemfelder definiert werden, konzentrieren sich dabei auf die Reduzierung der beiden erstgenannten Risikozahlen. Die Begründung hierfür ist einfach: Wie bereits in der Einleitung festgestellt wurde, muss die Qualität der Produkte und Prozesse erzeugt und nicht erprobt werden. Maßnahmen, die zur Erhöhung der Entdeckungswahrscheinlichkeit den Prüfumfang erhöhen, sind kategorisch abzulehnen, es sei denn sie werden

als kurzfristige Notlösung eingesetzt. Eine konsequente Erörterung der Ursachen ist anzuschließen; hierfür stehen weitere Methoden wie die Fehlerbaumanalyse oder Ursache-Wirkungs-Diagramme zur Verfügung.

Die SVM findet in diesem Modul Anwendung, um die Prozessparameter zu optimieren bzw. deren Effekte und Wechselwirkungen zu ermitteln. Für die Prüfplanung wesentlich sind die Erkenntnisse in Bezug auf die Prozessstreuung, die bei der Anwendung der Methode bestimmt wird – sie beeinflusst die Prozessfähigkeit und damit die durchzuführenden Prüfungen. Des Weiteren werden die kritischen Einstellparameter identifiziert, deren Schwankungen das Bearbeitungsergebnis bzgl. der herzustellenden Merkmale erheblich beeinflussen. Durch die Überwachung und Regelung dieser Parameter werden die Prozesse robust und die Prüfmerkmale sicher erzeugt.

Mit den ermittelten Einstellparametern werden im Modul *Anlauf* die Prozesse hochgefahren; die Serienfertigung der Teile und die integrierte Messtechnik wird erprobt. Hierbei kommt eine weitere Methode zur Anwendung, die Statistische Prozess Regelung (SPC). Mit ihr werden die laufenden Prozesse überwacht und geregelt. Neben der Analyse der Prozessabfolge und der erreichbaren Taktraten werden wichtige Erkenntnisse für die Prüfplanung gewonnen. Zum einen wird die Prüfschärfe bzw. Methoden zur Reduktion der Prüfumfänge festgelegt – in Anlehnung an die nachgewiesenen Prozessfähigkeiten. Zum anderen wird ermittelt, ob die zur Prüfung herangezogenen Merkmale aus technischer Sicht geeignet sind, den Prozess zu regeln. Besteht Änderungsbedarf, kann dieser umgesetzt werden, bevor die Serienproduktion beginnt – die Prüfpläne werden entsprechen überarbeitet.

Aus dem Cluster *Feature* wird die Funktion Festlegung des Prüfumfanges herangezogen; die Dynamisierung der Prüfumfänge wird aufgrund der ermittelten Prozessfähigkeit bestimmt. Auch wenn die Auswahl der Prüfmerkmale hier nicht explizit als notwendige Funktion in diesem Modul angesehen wird, können sich Änderungen ergeben – aber nur in Ausnahmefällen, wenn die Prozessregelung andere Merkmale erfordert.

Die Funktionen des Clusters *Prüfung* sind aufgrund ihrer in Kapitel 3.2.2 analysierten intensiven Abhängigkeiten im Verbund auszuführen. Ausgehend von der Festlegung der für eine Messaufgabe geeigneten Messmittel, die die Festlegung der Prüfart implizieren, werden die weiteren Funktionen operationalisiert. Wechselseitige Abhängigkeiten der einzelnen Funktionen erschweren dabei die Planung. Mit in den Fertigungsfluss integrierten Prüfmitteln, die insbesondere bei großvolumigen Produktionen Anwendung finden, wird neben dem Prüfort auch der Prüfzeitpunkt festgelegt. Die automatisierte Prüfung senkt in erheblichem Maße die Wertigkeit der Funktion Festlegung des Prüfpersonals – die Auswertung der Messergebnisse erfolgt IT-gestützt.

Anders stellt sich die Situation bei kleineren Stückzahlen und Losen in der Einzel- und Kleinserienfertigung dar. Die Anordnung der Bearbeitungsschritte im Werkstätten- oder Gruppenprinzip misst der Festlegung von Prüfort und Personal einen hohen Stellwert bei; die Festlegung des Zeitpunkts der Prüfung ist nur bedingt an die Taktrate der Prozessabläufe gekoppelt

und kann in Bezug auf die Prüfmerkmale und deren Verfügbar- bzw. Erreichbarkeit optimiert werden. Aufgrund des geringen Automatisierungsgrads ist der Festlegung des Prüfpersonals ein hoher Stellenwert beizumessen. Neben der maschinennahen Werkerselbstprüfung werden hochpräzise Messungen, die in reiner Atmosphäre durchzuführen sind, von spezialisierten Fachkräften durchgeführt. Die hierdurch entstehenden zusätzlichen Prozessschnittstellen sind zu berücksichtigen und abzusichern, um einen verzögerungsfreien Ablauf zu gewährleisten.

Während die Festlegung der Prüfmethode weitestgehend von dem Nutzen und der weiteren Verwendung der Ergebnisse bei einer variablen Prüfung bestimmt wird, ist die Festlegung des Prüfmittels von vielen beeinflussenden Faktoren begleitet. Neben der erforderlichen Genauigkeit bzw. Toleranz ist die Messmittelfähigkeit eine entscheidende Größe. Außerdem sind die geometrischen Abmessungen und die Werkstofftemperaturen der zu prüfenden Bauteile neben der Zugänglichkeit der Messstelle mit optischen, induktiven oder taktilen Messinstrumenten eine restriktive Größe.

Die gewonnenen Erkenntnisse werden in dieser Phase erstmals in einem Prüfplan komprimiert. Die Verständlichkeit und Durchgängigkeit wird während der Anlaufphase am realen Prozess getestet – notwendige Korrekturen werden unverzüglich umgesetzt.

4.4.3.3. Absicherung

Das Ergebnis dieses Moduls kann mit dem Ausdruck *Prüfung spezifiziert* treffend beschrieben werden. Zum Abschluss sind alle Aktivitäten durchgeführt worden, die zur Erstellung eines Prüfplans notwendig sind. Die in Abbildung 53 dargestellten Anforderungen stellen die Reife des Moduls sicher.

Prüfung spezifiziert
• Prüfumfang festgelegt • Prüfzeitpunkt festgelegt • Prüfort festgelegt • Prüfpersonal festgelegt • Prüfmittel ausgewählt • Prüfmethode ausgewählt • Prüfanweisung erstellt

Abbildung 53: Anforderungen des Moduls Anlauf

Nachdem im vorherigen Modul die Prüfmerkmale unter Berücksichtigung der Prüfnötwendigkeit fixiert wurden, wird in diesem Modul der *Prüfumfang festgelegt*. Des Weiteren werden die prüfungsbezogenen Aktivitäten des Clusters *Prüfung* festgelegt. Neben dem *Prüfzeitpunkt* sind *Prüfort* und *-personal festgelegt* sowie das einzusetzende *Prüfmittel* mit der entsprechenden *Prüfmethode ausgewählt*. Abschließend wird die *Prüfanweisung erstellt*, die die gesamten Ergebnisse des Prüfplanungsprozesses schriftlich in Form eines Prüfplans für die operative Ausführung zusammenfasst.

4.4.4. Modul Serie

Während die erstgenannten drei Module *Planung*, *Entwicklung* und *Anlauf* bei jedem Prüfplanungsprozess durchlaufen werden, kommt das Modul *Serie* nur dann zum Einsatz, wenn es sich um eine Produktion in großer Stückzahl handelt. Bei Einzel- und Kleinserien wird der volle Umfang durch das Modul *Anlauf* abgedeckt.

4.4.4.1. Aufbau

Im Modul *Serie* werden die Funktionen Auswahl der Prüfmerkmale, Festlegung des Prüfumfangs, Festlegung der Prüfarm und Erstellung der Prüfanweisung eingesetzt – alle vorhandenen Cluster werden tangiert, Abbildung 54.

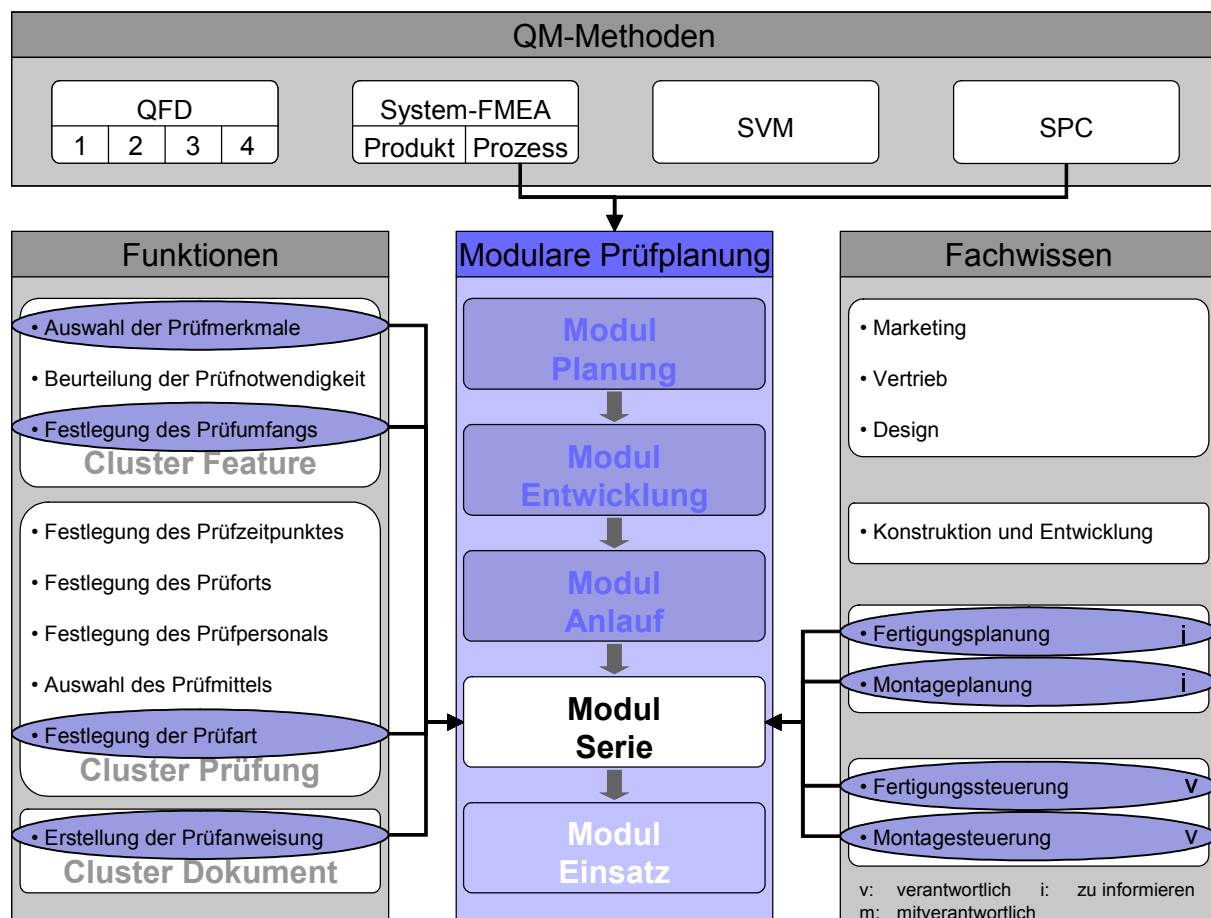


Abbildung 54: Aufbau des Moduls Serie

Neben Vertretern aus der Fertigungs- und Montagesteuerung werden die äquivalenten planenden Bereiche eingebunden. Um das Ziel Prüfung realisiert zu erreichen, werden die QM-Methoden FMEA und SPC zur Hilfe genommen. Des Weiteren werden Felddatenauswertungen durchgeführt.

4.4.4.2. Ausgestaltung

Das Prüfplanungsmodul *Serie* wurde zur Produktionsbegleitung konzipiert – parallel zu den operativen Tätigkeiten wird die Prüfplanung konsequent berücksichtigt. Die Durchführung

des Moduls wird von der Fertigungs- und Montagesteuerung verantwortet, die einen gesamtheitlichen Blick auf die prozessualen Abläufe haben. Prozessänderungen durch Modifikation der Taktrate, Technologiewechsel an einzelnen Bearbeitungsstationen oder optimierte logistische Prozesse werden direkt auf eine mögliche Prüfplanungsrelevanz hin untersucht. Ineffizienzen innerhalb der Prozesskette, die auf den Einsatz der Messtechnik zurückzuführen sind und trotz intensiver Untersuchungen während des Serienanlaufs nicht entdeckt wurden, werden durch die Integration der Prüfplanung in die Produktion aufgefangen. Notwendige Änderungen werden unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit anderen Prüfplanungsfunktionen sowie den Restriktionen der Fertigung und Montage realisiert.

Die der operativen Durchführung vorgelagerten Bereiche der Fertigungs- und Montageplanung werden als zu informierend berücksichtigt. Die eben angesprochenen Modifikationen werden den planenden Experten mitgeteilt und fließen bei einer wiederholten Abarbeitung des Moduls *Anlauf* ein. Der auf diese Weise geschlossene Regelkreis ist durch direkte Kommunikation und kurze Informationswege gekennzeichnet und als sehr effizient einzustufen.

Die wesentliche QM-Methode, die in diesem Modul zur Anwendung kommt, ist die SPC. Sie wird zur Überwachung der Produktionsprozesse eingesetzt und wertet die messtechnisch ermittelten Daten der Fertigung und Montage aus – Rückschlüsse auf die Auslegung der Prüfplanung können gezogen werden. Erst während der Serienproduktion kann bestätigt werden, ob die in der Anlaufphase getroffenen Annahmen bezüglich der Robustheit der Prozesse treffend waren. Abweichungen können zu einer Anpassung der Prozesse führen und sich in der Prüfschärfe niederschlagen – die Dynamisierung des Prüfumfangs wird beeinflusst.

Die Ergebnisse der Prüfdatenauswertung werden zum einen zur Überwachung und Regelung der Prozesse genutzt. Zum anderen fließen die Informationen in die Bereiche Planung und Entwicklung ein, so dass zukünftige Planungen auf einer konkreten soliden Basis getroffen werden können; das betriebsinterne Erfahrungswissen steigt, und fundierte Entscheidungsempfehlungen können abgeleitet werden.

Der wiederholte Einsatz der System-FMEA Prozess während des Moduls *Serie* verifiziert die Annahmen bezüglich der Prozessrisiken. Unter Rückgriff auf die in den Modulen *Anlauf* und *Entwicklung* generierten Ergebnisse, werden die eingeleiteten Maßnahmen hinsichtlich ihrer Effektivität bewertet. Treffen die Resultate nicht die Erwartungen, werden die Maßnahmen korrigiert, weiter detailliert und ergänzt. Die konsequente Maßnahmenverfolgung führt zu einer Absicherung der produktiven Prozesse – die Effizienz wird gewährleistet.

Mit fortschreitender Produktion können die ersten Felddaten ermittelt und ausgewertet werden. Es zeigt sich erstmals, ob die konsequent kundenorientiert geplanten und geprüften Produkte am Markt die Kundenwünsche exakt erfüllen. Geringfügige Abweichungen können durch Eingriffe in die Produktionsprozesse korrigiert, schwerwiegende Differenzen müssen in die Produktplanung und Entwicklung eingesteuert werden. In jedem Fall ist die Prüfplanung zu berücksichtigen, die neben der Auslegung der durchzuführenden Qualitätsprüfungen die Durchgängigkeit bei der Fokussierung auf die Belange der Kunden sicherstellt. Des Weiteren

synchronisiert die Prüfplanung die Wechselwirkungen zwischen den erneut zu durchlaufenden Funktionen und den Einflüssen auf die laufende Produktion.

Im Modul *Serie* wird auf die Festlegung des Prüfumfangs aus dem Cluster *Feature* fokussiert. Die Produktionsprozesse etablieren sich, Lerneffekte werden realisiert und Optimierungspotenzial wird erschlossen. Alle angeführten Einflussgrößen wirken sich auf die Festlegung des Prüfumfangs aus – die Dynamisierung der Prüfschärfe wird operationalisiert.

Vermeintlich instabil verlaufende Teilprozesse können zu einer Addition zusätzlicher Prüfmerkmale führen, die zur Regelung der Prozesse herangezogen werden. Diese entstammen der technischen Sichtweise – Kundenanforderungen sind nicht enthalten. Die Prüfplanung integriert die Messung dieser zusätzlichen Merkmale unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen zu Produkt und Prozess. Die Prüfschärfe dieser Merkmale wird ebenso dynamisch ausgelegt.

Bereits identifizierte Prüfmerkmale können in Bezug auf die Festlegung der Prüfmart überdacht werden. Durch den Wechsel von einer attributiven zu einer variablen Prüfung können weitere Messwerte ermittelt werden, die eine Kontrolle und Regelung der Prozesse ermöglichen. Gegenläufig reicht eine attributive Prüfung eines Merkmals aus, wenn die Messwerte zur Regelung eines Prozesses nicht geeignet sind oder die Regelung aufgrund der Robustheit nicht erforderlich ist.

Alle Modifikationen des Moduls *Serie*, dessen Ergebnis mit *Prüfung realisiert* umschrieben wird, werden in der Prüfanweisung berücksichtigt und entsprechen dokumentiert – die Prüfpläne werden angepasst.

4.4.4.3. Absicherung

Die während der Produktion zu berücksichtigen Modifikationen werden durch nachfolgend aufgeführte Anforderungen sichergestellt, die durch entsprechende Messgrößen spezifisch konkretisiert werden müssen, Abbildung 55.

Prüfung realisiert
• Prüfmerkmale ergänzt • Prüfumfang bestätigt • Prüfmart bestätigt • Prüfanweisung bestätigt

Abbildung 55: Anforderungen des Moduls *Serie*

Die Anforderung *Prüfmerkmale ergänzt* stellt sicher, dass zur Prozessüberwachung und -regelung zusätzlich zu messende Merkmale identifiziert werden. Die *Bestätigung des Prüfumfangs* fokussiert auf die Dynamisierung der Prüfschärfe; ist die Robustheit des Prozesses sichergestellt, können Prüfumfänge reduziert werden. Die resultierenden Prüfkosten werden hierdurch ergebnisneutral verringert. Die Thematisierung der *Prüfmart bestätigt* die Entscheidung zu variablen bzw. attributiven Prüfungen. Schließlich wird die *Prüfanweisung bestätigt*,

mit der die Informationen an die ausführenden Bereiche übergeben werden. Mit den genannten Anforderungen wird die Zielgröße *Prüfung realisiert* sicher erreicht.

4.4.5. Modul Einsatz

Abschließend wird das Modul *Einsatz* vorgestellt, das die modulare Prüfplanung um einen wesentlichen Aspekt erweitert. Die Tätigkeiten sind nicht mit der Produktion abgeschlossen, sondern erstrecken sich zusätzlich auf den After-Sales Bereich.

4.4.5.1. Aufbau

Dieses Modul greift neben der Funktion Erstellung der Prüfanweisung auf das Cluster *Feature* zurück – die Auswahl der Prüfmerkmale und die Beurteilung der Prüfnotwendigkeit fließen ein. Das Ziel des letzten Moduls kann mit *Prüfung adaptiert* kurz und treffend beschrieben werden, Abbildung 56.

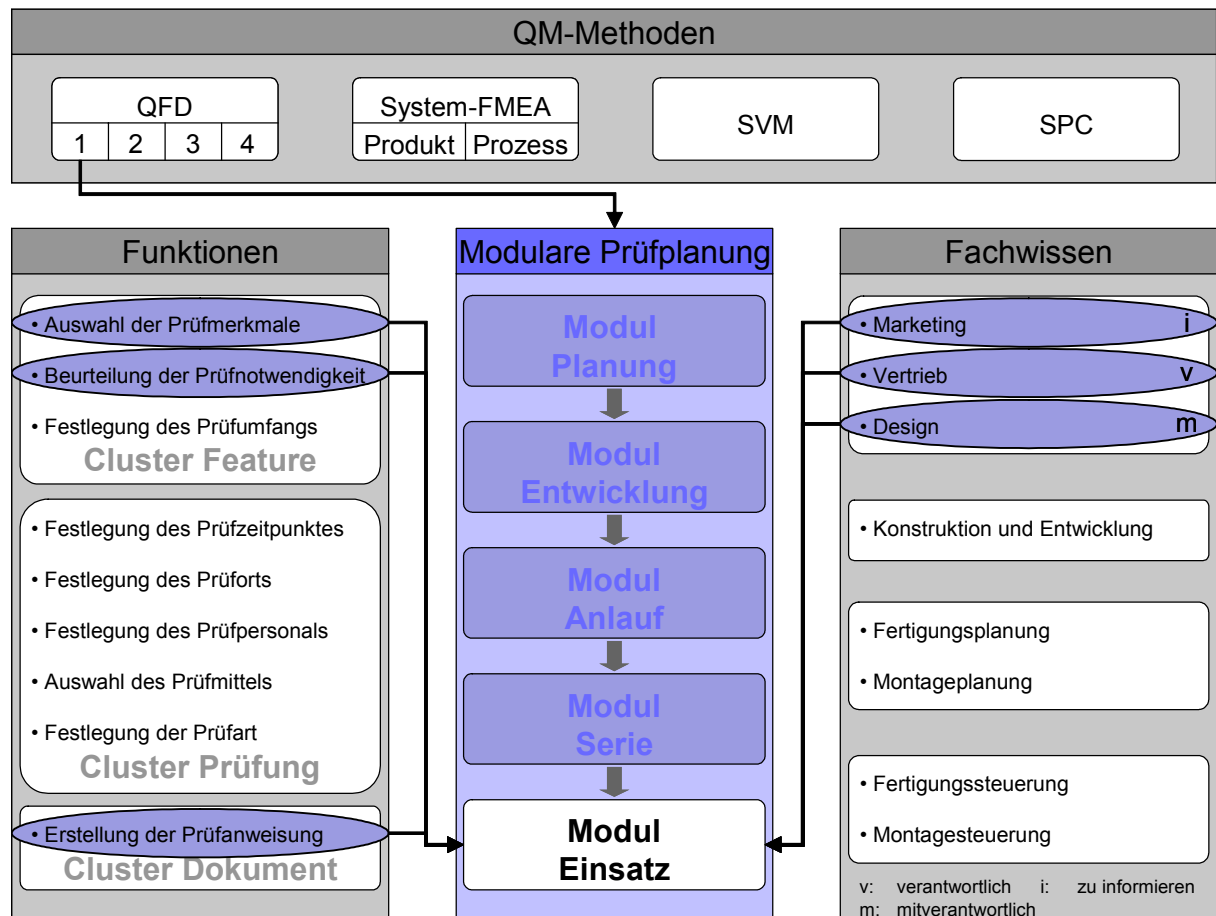


Abbildung 56: Aufbau des Moduls Einsatz

Berücksichtigt werden das Fachwissen aus Vertrieb, Marketing und Design. Neben dem Rückgriff auf Felddaten und Befragungen, wird das QFD zur Verifizierung der Kundenanforderungen eingesetzt.

4.4.5.2. **Ausgestaltung**

Die für den Absatz der Produkte maßgeblichen Fachkräfte aus dem Bereich Vertrieb sind für das letzte Modul der Prüfplanung verantwortlich. Aufgrund der Nähe zum Markt und damit zu den Abnehmern der Endprodukte können sie wesentliche Informationen für die Prüfplanung bereitstellen. Der von der modularen Prüfplanung aufgespannte Bogen vom Markt zum Markt schließt sich darüber hinaus durch die Integration der Experten aus Marketing und Design.

Das Marketing fokussiert dabei auf kundenrelevante Produktmerkmale; nicht einbezogen werden prozessbedingt geprüfte Merkmale. Dieses Vorgehen vermeidet, dass aus technischer Sicht komplexe Prüfmerkmale bzw. Produkteigenschaften beworben werden, obwohl sich kein direkter Kundennutzen aus ihnen ableiten lässt – Kunden sind für solche Angebote nicht aufnahmefähig, die Werbemaßnahme verfehlt ihren Zweck. Die Experten des Marketings sind zu informieren.

Während erstgenannte bei der Vermarktung die Kriterien herausstellen, die durch konsequente Kundenorientierung von der frühen Phase zum fertigen Produkt den Kundennutzen nachhaltig steigern und für die Kundschaft ein Kaufkriterium darstellen, leiten die Designer erneut Anforderungen für Folgeprodukte ab, die von der Prüfplanung in Prüfmerkmale umgesetzt werden – sie sind mitverantwortlich. Erneut ergeben sich Regelkreise mit kurzen Informationswegen zwischen den beteiligten Experten aus Vertrieb, Marketing und Design – initiiert von der modularen Prüfplanung.

Das Modul *Einsatz* greift auf Felddaten zurück, die mit fortschreitender Produktionsdauer umfangreicher werden. Besonders wichtig für die Produktauslegung und damit für die Prüfplanung sind Erkenntnisse über das Versagen von Prüfmerkmalen. Neben konstruktiven Änderungen können Rückschlüsse auf die Prüfnotwendigkeit und die Relevanz des Merkmals gezogen werden. Zusätzlich durchgeführte Kundenbefragungen sichern diese Erkenntnisse ab.

Methodisch schließt sich der Kreis außerdem durch den Einsatz des QFD in der ersten Stufe. Rückblickend wird geprüft, ob alle technischen Merkmale des Produktes in die Kundenanforderungen rücküberführt werden können. Rationalisierungspotenzial ergibt sich, wenn Kundenwünsche übererfüllt sind, diese das aber nicht im Sinne des Kano-Modells als Begeisterungskriterium wahrnehmen und mit erhöhter Nachfrage würdigen.

Im letzten Modul werden zur Generierung des optimalen Prüfplans die Prüfmerkmale bezogen auf die Kundenrelevanz bewertet und bestätigt, ebenso die Prüfnotwendigkeit kritisch überprüft. Die Erstellung der Prüfanweisung wird abgeschlossen und ein optimierter Prüfplan liegt den operativen Bereichen zur Ausführung vor.

4.4.5.3. **Absicherung**

Die zu erfüllenden Anforderungen des Moduls *Einsatz* werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt, Abbildung 57.

Prüfung adaptiert
• Prüfmerkmale bestätigt • Prüfnotwendigkeit bestätigt • Prüfanweisung überarbeitet

Abbildung 57: Anforderungen des Moduls Einsatz

Die Anforderung *Prüfmerkmale bestätigt* stellt sicher, dass sämtliche Kundenwünsche durch die Produkteigenschaften, die sich in den Prüfmerkmalen widerspiegeln, erfüllt werden. Ebenso wird erfasst, ob die Entscheidung gegen eine Prüfung im Rahmen der Beurteilung der Prüfnotwendigkeit vor den Anforderungen der Kunden zu rechtfertigen ist. Nimmt der Kunde Mängel an für ihn wichtigen Merkmalen wahr, die nicht als Prüfnotwendig erachtet wurden, ist diese Entscheidung zu revidieren und die Prüfung dieser Merkmale in die Prozessabläufe zu integrieren. Wird schließlich die Anforderung *Prüfanweisung überarbeitet* abgeschlossen ist das Ziel dieses Moduls *Prüfung adaptiert* erreicht und der Prozess der modularen Prüfplanung abgeschlossen.

4.5. Fazit

In diesem Kapitel wurde das Konzept der modularen Prüfplanung vorgestellt. Beginnend mit einer Reflexion der bereits gewonnenen Erkenntnisse wurde die Struktur des Konzepts erläutert. Die Module werden von drei wesentlichen Faktoren beeinflusst, die den Gestaltungsrahmen der Modularisierung aufspannen. Dies sind erstens die Funktionen der Prüfplanung, zweitens die anzuwendenden QM-Methoden und drittens das Fachwissen der Experten der unterschiedlichen Fachbereiche, deren Expertise in die Gestaltung einfließt.

Das Konzept der modularen Prüfplanung besteht aus fünf in sich geschlossenen Modulen, die in Anlehnung an die Wertschöpfungskette der Produktentstehung definiert wurden. Dementsprechend beginnt das erste Modul *Planung* in der Produktplanung, beschäftigt sich im Wesentlichen mit der Transformation von Kundenbedürfnissen in technische Anforderungen der Prüfmerkmale und führt zu einer vorausgewählten Prüfung. Es schließt sich das Modul *Entwicklung* an, in dem die Prüfaufgabe definiert und um technische Belange ergänzt wird. Das dritte Modul *Anlauf* ist im Bereich der Anlaufproduktion bzw. des Ramp-up angesiedelt. Die Prüfplanung wird mit den prozessualen Vorgaben synchronisiert und in die Abläufe eingebettet. Nach Abschluss dieser Phase sind die Prüfaufgaben spezifiziert. Das sich anschließende Modul *Serie* fokussiert auf die Produktion (Fertigung und Montage) und ergänzt bzw. optimiert die prüfplanerischen Aktivitäten – die Prüfungen werden realisiert. Das Modul *Einsatz* begleitet die Vertriebs- und After-Sales Phase des Produktes und schließt den Bogen, den die Prüfplanung vom Kunden zum Kunden aufspannt.

Eine durchgängige Orientierung der Prüfplanung an den Bedürfnissen der Kunden wird durch den stetigen Einsatz von QM-Methoden während der Durchführung der Module sichergestellt. Die anfänglich mit der QFD in technische Anforderungen transformierten Wünsche der Kunden werden konsequent durch die Phasen der Prüfplanung geleitet und resultieren letztlich in einem qualitativ hochwertigen Produkt, das die Bedürfnisse der Abnehmer erfüllt.

Während des Ablaufs werden neben dem QFD in allen Stufen die System-FMEA Produkt und Prozess angewandt. Außerdem sind die SVM und die SPC integrale Bestandteile des modularen Prüfplanungskonzepts und leisten einen wesentlichen Ergebnisbeitrag. Die Einbindung in die Module wurde in den jeweiligen Kapiteln differenziert erläutert. Des Weiteren wurden weitere Methoden des Qualitätsmanagements benannt, wenn diese in den Modulen unterstützend eingesetzt werden.

Die Module sind durch zu erreichende Zielgrößen gekennzeichnet, die durch Anforderungen beschrieben sind. Detailliert werden die Anforderungen durch Messgrößen, die spezifisch anzupassen sind. Gemäß der Absicherung durch Quality Gates, werden sie zu Beginn eines Moduls zwischen den beteiligten internen Kunden und Lieferanten verbindlich vereinbart. Die Abbildung 58 stellt die modulare Prüfplanung in Form einer Matrix dar.

Modul Funktion	Modul Planung	Modul Entwicklung	Modul Anlauf	Modul Serie	Modul Einsatz
Auswahl der Prüfmerkmale	Prüfmerkmale vorgeschlagen	Prüfmerkmale festgelegt		Prüfmerkmale ergänzt	Prüfmerkmale bestätigt
Beurteilung der Prüfnötwendigkeit	Prüfnötwendigkeit vorbestimmt	Prüfnötwendigkeit bestimmt			Prüfnötwendigkeit bestätigt
Festlegung des Prüfumfanges	Prüfumfänge vorgeschlagen	Prüfumfang konkretisiert	Prüfumfang festgelegt	Prüfumfang bestätigt	
Festlegung des Prüfzeitpunktes			Prüfzeitpunkt festgelegt		
Festlegung des Prüforts			Prüfort festgelegt		
Festlegung des Prüfpersonals			Prüfpersonal festgelegt		
Auswahl des Prüfmittels		Prüfmittel vorselektiert	Prüfmittel ausgewählt		
Festlegung der Prüfmethode	Prüfmethode vorgeschlagen		Prüfmethode ausgewählt	Prüfmethode bestätigt	
Erstellung der Prüfanweisung			Prüfplan erstellt	Prüfplan bestätigt	Prüfplan überarbeitet

Abbildung 58: Matrix der modularen Prüfplanung

Es wird deutlich, dass sämtliche Funktionen der traditionellen Prüfplanung Verwendung finden – der Einsatz erfolgt in Modulen entlang des Entwicklungsprozesses, wenn die notwendigen Informationen verfügbar sind. Die Matrixfelder beschreiben den Ergebnisbeitrag jeder Funktion, um das Gesamtziel eines Moduls zu erreichen. Die Mehrfachverwendung der Funktionen rührt daher, dass in den frühen Phasen aufgrund der Informationslage eine Eingrenzung, nicht aber eine definitive Festlegung von Entscheidungen erfolgen kann. Die Konkretisierung wird in den weiteren Schritten unter Einbeziehung detaillierter Informationen realisiert.

5. Fallbeispiele

Im Folgenden werden zwei Fallbeispiele beschrieben, die den Einsatz der modularen Prüfplanung veranschaulichen. Während das erste Fallbeispiel den Einsatz der gesamten Methode unter Rückgriff auf alle Module beschreibt, konzentriert sich das zweite Fallbeispiel auf ein Modul und erläutert explizit die Vorgehensweise zur Absicherung der Zielerreichung.

Beide Projekte begleitete der Verfasser im Rahmen von Industrieprojekten über mehrere Monate. Aus Gründen der Diskretion werden keine Firmennamen genannt und lediglich die zum Verständnis relevanten Abläufe und Tätigkeiten beschrieben.

5.1. Migration von Konstruktionsdaten

Konstruktionsaufgaben werden in der heutigen Zeit zunehmend mit Hilfe von 3D-Modellen gelöst.³³⁸ Der Vorteil gegenüber 2D-Konstruktionszeichnungen liegt neben der schnellen Erstellbarkeit in leistungsfähigen Konstruktionsprogrammen darin, dass umfangreiche Untersuchungen mit den digitalen Modellen durchgeführt werden können – noch bevor Prototypen erstellt oder reale Bauteile produziert werden. Beispielsweise geben Kollisionsuntersuchungen Aufschluss über falsch dimensionierte Bauteile, Einbauuntersuchungen decken Fehler auf, die sonst erst in der Montage zum Tragen kommen und die Handhabbarkeit der Komponenten und Baugruppen kann erprobt werden.

Das betrachtete Unternehmen hat diese Potenziale erkannt und sukzessive die Konstruktion in 3D überführt – die Vorteile konnten realisiert, Entwicklungszeiten verkürzt und die Nacharbeit in Fertigung und Montage auf ein Minimum reduziert werden. Neben den Neukonstruktionen beschäftigt sich das Unternehmen im Rahmen der Kundenwunscherfüllung mit Anpassungs- und Variantenkonstruktionen. Diese basieren auf den bereits existierenden 2D-Konstruktionszeichnungen. Im Vergleich zu der Produktion von 3D konstruierten Komponenten treten in der Fertigung und Montage der traditionell in 2D entwickelten Produkte Fehler auf, die hohe Kosten verursachen und deren Ausbesserung die Auslieferung verzögert. Aus diesem Grund wurde der Entschluss gefasst, die 2D-Zeichnungen in 3D-Modelle zu migrieren. Mit den 3D-Repräsentanten der Zeichnungen werden die beschriebenen Analysen durchgeführt und notwendige Änderungen können eingearbeitet werden, bevor die Fertigung der Komponenten beginnt.

Die migrierten Daten wurden von den Fachabteilungen auf Konformität zu den Konstruktionszeichnungen untersucht. Die Bewertung zeigte eine unzureichende Qualität. Da die Abteilung, die die Konvertierung durchführte, versicherte, alle Vorgaben einzuhalten, wurde ein Projekt gestartet, in dem die modulare Prüfplanung zum Einsatz kommen sollte.

Der Bereich Datenkonvertierung arbeitete gemäß einer Spezifikation, in der neben Verfahrensanweisungen auch Prüfmerkmale genannt wurden. Ein Abgleich mit den gemeldeten Qualitätsmängeln ließ erkennen, dass weitere Merkmale zur Beurteilung der Modelle herangezogen werden mussten. In dem ersten Modul *Planung* wurde deshalb eine QFD unter Ein-

³³⁸ Vgl. hierzu auch Oltermann (2000), Fertigungstoleranzen, S. 53.

beziehung der internen Abnehmer der 3D-Modelle durchgeführt, um sämtliche Kundenanforderungen aufzunehmen. Die Experten im Bereich der Modellierung und Konvertierung werteten die Ergebnisse aus und leiteten technische Anforderungen ab. Beispielsweise wurde festgelegt, dass an den Modellen vor der Speicherung die Funktionen *Isometric-View* und *Fit-all-in* ausgeführt werden. Hierdurch werden Ansichten festgelegt, die die Orientierung bei erneutem Laden des Modells vereinfachen – komplexe Bauteile werden in ihrer Gesamtheit angezeigt.

Neben der Identifikation von Prüfmerkmalen aus technischer Sicht konnte auch die Prüfnotwendigkeit der einzelnen Merkmale bestimmt werden. Dies geschah auf Basis einer Gewichtung der Kundenpräferenzen, die im Zuge der QFD-Workshops durchgeführt wurde. Der Prüfumfang wurde zunächst bei allen Merkmalen vorläufig auf 100% gesetzt, um möglichst schnell eine Grundgesamtheit an Daten zu ermitteln und weitere Maßnahmen ableiten zu können.

Wesentliche Vorteile konnten durch die Analyse der Prüffart abgeleitet werden. Während in der Vergangenheit viele Merkmale nur attributiv erfasst wurden (ohne die Auswirkungen dieser Entscheidung näher zu betrachten), wurde für viele Merkmale eine variable Prüfung angesetzt. Ein Beispiel hierzu ist, dass bei der Prüfung auf Konformität zu den firmeninternen Vorgaben nicht nur vermerkt wird, ob der Test ausgeführt wurde, sondern auch mit welcher Version des Testprogramms. Außerdem wurden die Testberichte ausgewertet, die Aufschluss über die Art der Fehler gaben. Fehlerhafte Definitionen von geometrischen Körpern wurden ebenso wie falsch zugewiesene Layerbelegungen unterschieden.

Die gewonnenen Daten sollten später bei der Ermittlung der Fehlerursachen hilfreich sein und korrektive Maßnahmen ermöglichen. Mit den geschilderten Tätigkeiten war das Ziel *Prüfung vorausgewählt* des Moduls *Planung* erfüllt, Abbildung 59.

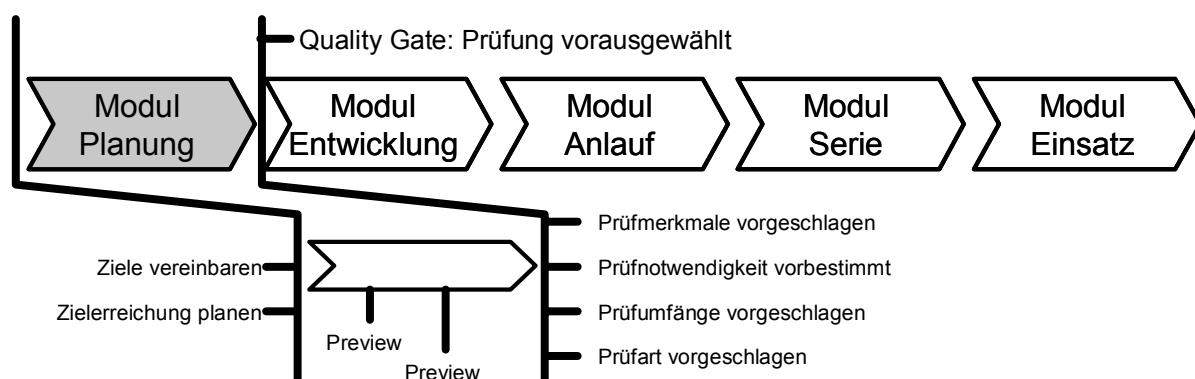


Abbildung 59: Modul Planung: Prüfung vorausgewählt

Das zweite Modul *Entwicklung* begleitet in diesem Fall die Migration der Daten, d.h. die Konvertierung der in den 2D-Bauunterlagen enthaltenen Informationen zu 3D-Modellen. In dieser Phase wurden die meisten Fehler vermutet, da die Konvertierung ein neues Tätigkeitsfeld war und keine etablierten Prozessabläufe existierten. Gemäß den Vorgaben des Moduls Entwicklung wurden eine System-FMEA Produkt und eine System-FMEA Prozess durchge-

führt. Erstgenannte identifizierte mögliche Fehler im Bereich der geometrischen Ausgestaltung der Bauteile und in der Vergabe der Toleranzen. Ein systematischer Fehler, der durch die Durchführung der Methoden entdeckt wurde, ist, dass bei einer falschen Systemeinstellung nicht alle Nachkommastellen eines Maßes berücksichtigt wurden. Die Modellierung beschränkt sich auf die Darstellung von 1/10 mm obwohl ein Maß im 1/1000 mm-Bereich eingegeben wurde. Eine explizite Beschreibung der Problematik mit einer Aufforderung zur Prüfung dieser Einstellung nach jedem Programmstart stellte den Fehler ab. Außerdem wurde die Benennung der Bauteile, insbesondere bei wieder verwendeten Komponenten in Baugruppen, als Fehlerquelle erkannt. Freigegebene Nummernbereiche, die zur Namensgebung dienen, wurden mehrfach benutzt, sodass unterschiedlichen Bauteilen identische Namen zugeordnet wurden; bereits existierende Bauteile wurden von den neuen überschrieben. Die Implementierung einer Datenbank, die die Zugriffe auf die Nummernbereiche verwaltet, schaffte Abhilfe. Die Untersuchung der Abläufe mit der zweiten FMEA ergab, dass es zum einen im Bereich der Einspeisung der 3D-Modelle in die IT-Infrastruktur und der Datenlieferung an die Fachabteilungen Problemfelder vorhanden sind. Zum anderen existierten Unstimmigkeiten bei der Anwendung von Prüfprogrammen, mit denen die Modellerstellung auf Konformität mit firmeninternen Vorgaben untersucht werden kann.

Nach der Bestimmung der Risikozahlen wurden, wie beschrieben, geeignete Maßnahmen abgeleitet und umgesetzt. Außerdem wurden weitere Prüfmerkmale abgeleitet, die zur technischen Realisierung der Modelle notwendig sind, nicht aber von den Kunden gefordert wurden. Ein solches Merkmal ist zum Beispiel die Lage des Referenzkoordinatensystems. Durch die frühzeitige Kontrolle konnte bereits während der Entwicklung sichergestellt werden, dass die spätere Integration der Bauteile in Komponenten und Baugruppen problemlos abläuft. Mit den neu gewonnenen Erkenntnissen konnten die Prüfnotwendigkeit sämtlicher Merkmale festgelegt werden und die zunächst auf 100% gesetzten Prüfumfänge aufgrund der eingeleiteten Maßnahmen und mit den bereits ermittelten Daten auf realistische Werte reduziert werden.

Die Prüfmittel konnten in diesem Modul nicht nur vorselektiert, sondern bereits fest ausgewählt werden, weil für die notwendigen Prüfungen spezielle Programme erforderlich sind und nur genau eins mit dem entsprechenden Anforderungsprofil zur Verfügung stand. Das Ziel *Prüfung definiert* wurde erreicht, obwohl einige Maßnahmen aus der System-FMEA Prozess noch nicht vollständig abgearbeitet waren und sich zum Teil auf Tätigkeiten in dem nächsten Modul bezogen, Abbildung 60.

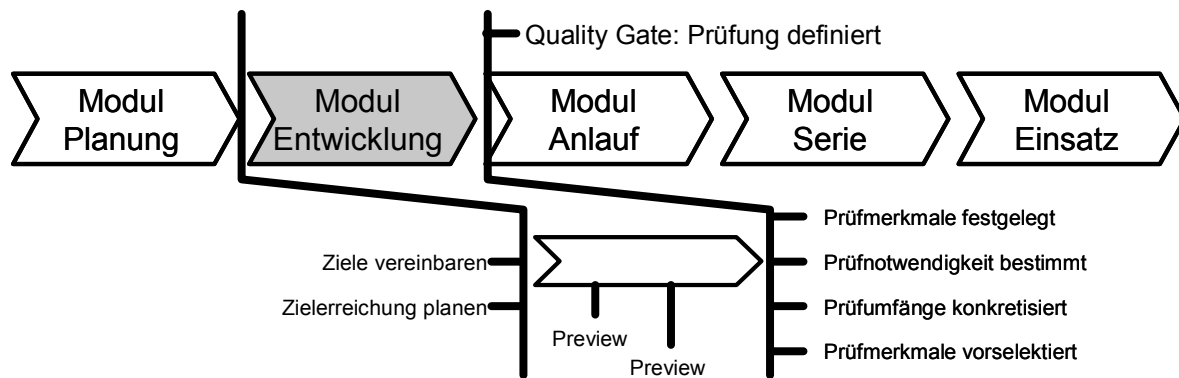


Abbildung 60: Modul Entwicklung: Prüfung definiert

Im Modul *Anlauf* wurde die System-FMEA Prozess erneut aufgegriffen. Zum einen um die Maßnahmen aus dem letzten Modul abzuschließen und zum anderen um Erkenntnisse in Bezug auf die Festlegung von Prüfart und Prüfpersonal zu gewinnen.

Die Migration der Daten wurde nicht lokal im gleichen Werk ausgeführt sondern weltweit an unterschiedlichen Standorten. Es wurde aus Kosten- und Zeitgründen angestrebt, sämtliche Prüfungen in den Migrationsstandorten auszuführen – der Prüfzeitpunkt war damit vor dem Datentransfer festgelegt. Die Analyse der Prozesse und der auftretenden Fehler ergab, dass diese nicht angemessen mit Updates der Kontrollprogramme versorgt wurden. Eine Reorganisation schloss diesen Fehler aus. Es wurde ein Downloadbereich eingerichtet, der die jeweils aktuellen Programmversionen, Updates und Patch-Dateien enthielt. Die Standorte wurden über Aktualisierungen des Downloadbereichs informiert und installierten die benötigten Dateien umgehend. Die Maßnahme führte zu einem sprunghaften Rückgang der auf den Kontrollprogrammen basierenden Fehlern.

Des Weiteren wurde ein Vorgehen entwickelt, mit dem das Prüfpersonal bestimmt wurde. Die variable Auswertung der Kontrollprogramm-Protokolle führte zu konkreten Fehlerschemata, die entsprechenden Personenkreisen zugewiesen werden konnten. Fehlerhafte Layerbelegungen oder andere Konformitätsprobleme mit den firmeninternen Richtlinien wurden von technischen Zeichnern behoben. Inhaltliche logische Fehler konnten nur durch Konstruktionsingenieure und deren Fachwissen gelöst werden.

Mit Hilfe der Fehlerklassifizierung und der Prüfung durch entsprechend fähiges Personal konnte der Prüfumfang weiter reduziert werden – die Stichproben wurden auf 15% reduziert. Dies ist zwar noch immer ein hoher Wert, aber der Prozess der Datenmigration ist durch menschliche Aktivitäten gekennzeichnet und daher fehleranfällig; er kann nicht mit stabilen maschinellen Fertigungsprozessen verglichen werden. Aus diesem Grund fand auch die SVM in diesem Projekt keine Anwendung.

Die Prüfarm wurde endgültig festgelegt; zur Generierung möglichst vieler auswertbarer Ergebnisse wurden alle Merkmale, wenn möglich, variabel geprüft. Zum Abschluss des Moduls wurde die Prüfanweisung erstellt und an die entsprechenden Standorte verteilt. Das Ziel *Prüfung spezifiziert* wurde erreicht, Abbildung 61.

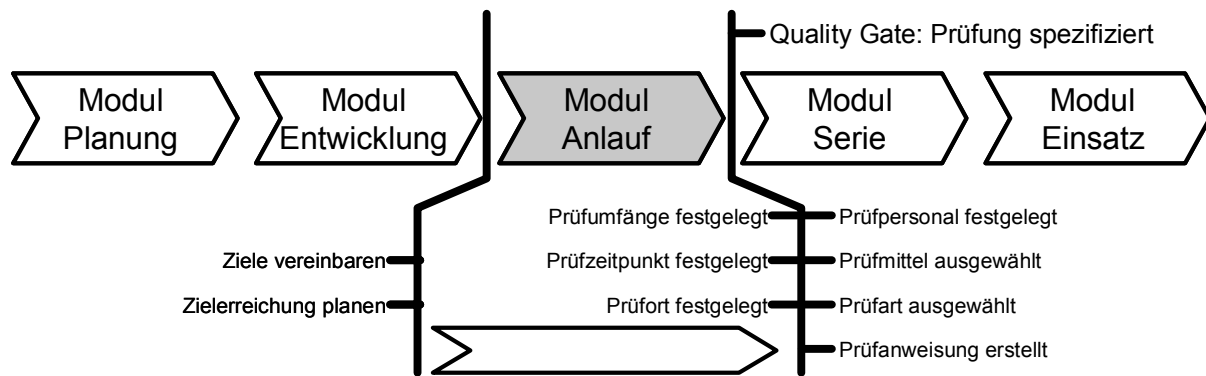


Abbildung 61: Modul Anlauf: Prüfung spezifiziert

Im Modul *Serie* konnten keine weiteren Prüfmerkmale ermittelt werden; die bereits ermittelten reichten aus, um den Prozess sicher zu steuern. Der Prüfumfang konnte unter Rückgriff auf die SPC weiter reduziert werden. Die Protokolldateien des Datentransfers wurden analysiert und überwacht; die gelisteten Fehler wurden klassifiziert und geeignete Eingriffsgrenzen definiert. Überschritt ein Fehler bzw. die -häufigkeit die Grenze, wurde korrigierend eingegriffen. Effekte wie Trend oder Run konnten nicht beobachtet werden; vielmehr waren sprunghafte Veränderungen vorhanden, wenn z.B. das Profil des Kontrollprogramms nicht dem aktuellen entsprach.

Neuartige Standard- und Normteile führen beispielsweise zu einer Aktualisierung des Kontrollprogramms. Diese werden aus Bibliotheken in die Systemumgebung geladen und sind nicht nach den firmeninternen Richtlinien in Bezug auf z.B. die Layerbelegung aufgebaut. Damit diese beim Datenimport nicht als fehlerhaft klassifiziert werden, bekommen sie einen bestimmten Namens- bzw. Nummernbereich zugewiesen, der sie eindeutig identifiziert. Das aktualisierte Kontrollprogramm erkennt die Namensbereiche und prüft die entsprechenden Bauteile nicht auf Konformität zu den internen Richtlinien.

Stetige Abweichungen traten auf, wenn einzelne Mitarbeiter ausgetauscht und durch andere ersetzt wurden, die die Prozesse nicht beherrschten. In diesem Fall steuerten diese Mitarbeiter falsche Modelle ein, die in den Protokolldateien registriert wurden. Neben den abstellenden Maßnahmen wurden in diesem konkreten Fall auch vermeidende Maßnahmen abgeleitet – die Mitarbeiter wurden geschult, bevor sie das Projekt begleiten durften.

Die Prüfmittel ist schon im letzten Modul für alle Merkmale ausgewählt worden und wurde in diesem nicht verändert. Die Prüfanweisung wurde um die Dynamisierung der Prüfumfänge ergänzt, blieb ansonsten aber unverändert. Das Ziel *Prüfung realisiert* war erreicht, Abbildung 62.

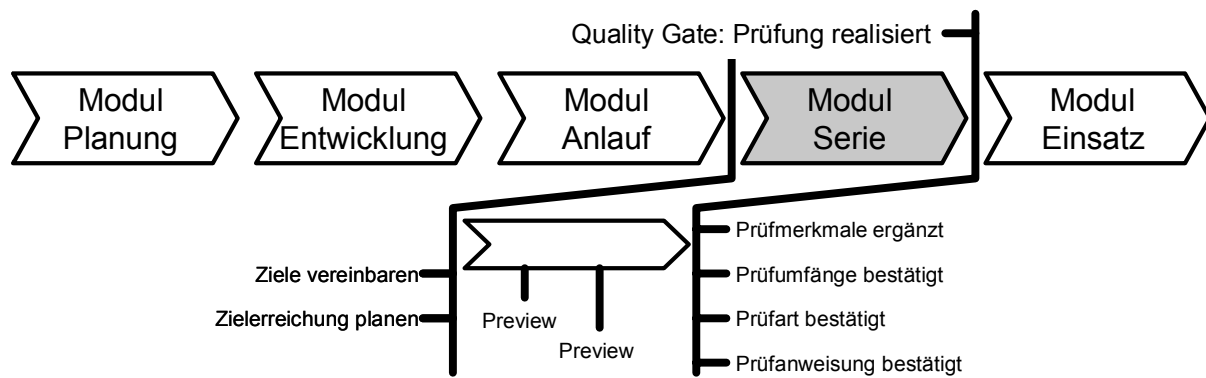


Abbildung 62: Modul Serie: Prüfung realisiert

Im Rahmen des letzten Moduls *Einsatz* wurden in einem Lessons learnt die internen Abnehmer der 3D-Modelle befragt und somit Felddaten generiert. Das Feedback war durchweg positiv – die Fehlerrate konnte drastisch reduziert werden. Die Migration der Daten und der Transfer werden seitdem in dem von der modularen Prüfplanung etablierten Prozess abgewickelt. Eine Adaption der Prüfung, was die Zielsetzung dieses Moduls ist, war nicht erforderlich.

Die detaillierte Abstimmung der Anforderungen und Messgrößen, die zur Erreichung der Modulziele führt, sowie die Absicherung mit der Quality Gate Systematik ist Gegenstand des nächsten Fallbeispiels und wird an einem weiteren Projekt erläutert.

5.2. Komplexe Produktentwicklung

Dieses Fallbeispiel beschreibt den Einsatz der modularen Prüfplanung bei der Entwicklung von komplexen Systemen für das Cargo-Deck eines Flugzeugs. Der gesamte mehrjährige Entwicklungsprozess umfasste neben dem mechanischen und elektrisches Frachtladesystem (Rollenbahnen und Motoren für die Beförderung der Container) sowie dem Lining (die Innenverkleidung) auch die Drainage, auf die an dieser Stelle fokussiert werden soll. Die Auswahl erfolgt, weil das System der Drainage Schnittstellen zu allen anderen System unterhält, sicherheitsrelevant ist und sich viele Prüfmerkmale ableiten lassen. Die modulare Prüfplanung deckt in diesem Fallbeispiel ein System ab und beschränkt sich nicht auf Komponenten.

Des Weiteren werden von unterschiedlichen Seiten Anforderungen an die Entwicklung gestellt: Die internen Design- und Konstruktionsrichtlinien garantieren, dass die Systeme den unternehmensinternen Vorgaben in Bezug auf Wartung, Austausch- und Handhabbarkeit entsprechen. Andererseits werden auch ökonomische Kalküle berücksichtigt, wie die Verwendung von gleichen Komponenten und Baugruppen bei mehreren Flugzeugtypen.

Die Branche ist ein ausgeprägter Käufermarkt, auch wenn nur wenige Anbieter in dieser Branche eher auf ein Oligopol deuten – bei Investitionsgütern solcher Größenordnung werden keine Kompromisse seitens der Kunden akzeptiert. Den Anforderungen der Kunden wird demnach höchstes Gewicht beigemessen, dies ist in der Unternehmenspolitik verankert.

Aufgrund der hohen Sicherheitsanforderungen nehmen die Anforderungen der Behörden einen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung. Neben Bestimmungen für die Dokumentation der Entwicklungsergebnisse müssen Sicherheitsfaktoren bei der konstruktiven Auslegung eingehalten und sicherheitsrelevante Untersuchungen durchgeführt werden. Die System-FMEA Produkt ist vorgeschrieben.

Der Entwicklungsprozess konnte inhaltlich weiter detailliert und in Subprozesse unterteilt werden, Abbildung 63. Unterschieden wurden die Konzept-, Architektur-, Definitions- und Designphase.

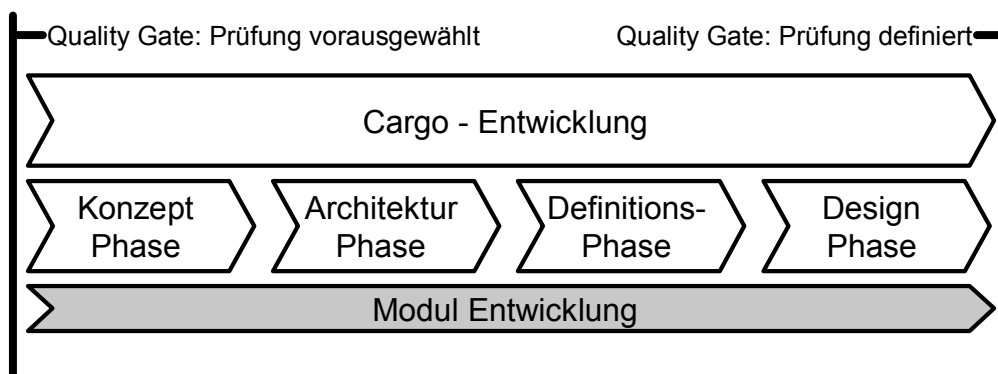


Abbildung 63: Entwicklungsprozess im Detail

Während in der Konzeptphase erste Entwürfe unter Berücksichtigung der Anforderungen aus der Planung erstellt wurden, werden die Priorisierten in der nachfolgenden Architekturphase

detailliert und konkretisiert. Die Definitionsphase gestaltet das Layout des umzusetzenden Konzepts unter Berücksichtigung aller technischen Restriktionen. Die Designphase konkretisiert schließlich die Detailentwürfe, die im Folgenden in Fertigungs- und Montagebauunterlagen überführt werden.

Das Modul *Entwicklung* ist abgeschlossen, wenn das Quality Gate *Prüfung definiert* durchschritten werden kann. Dies ist erst am Ende der gesamten Entwicklungsphase möglich, so dass alle Subprozesse von der modularen Prüfplanung begleitet werden. Das Modul wurde in Anlehnung an den detaillierten Prozess strukturiert, so dass neben dem Review zum Abschluss der Entwicklung drei Previews durchgeführt wurden, die jeweils am Ende eines Subprozesses statt fanden, Abbildung 64.

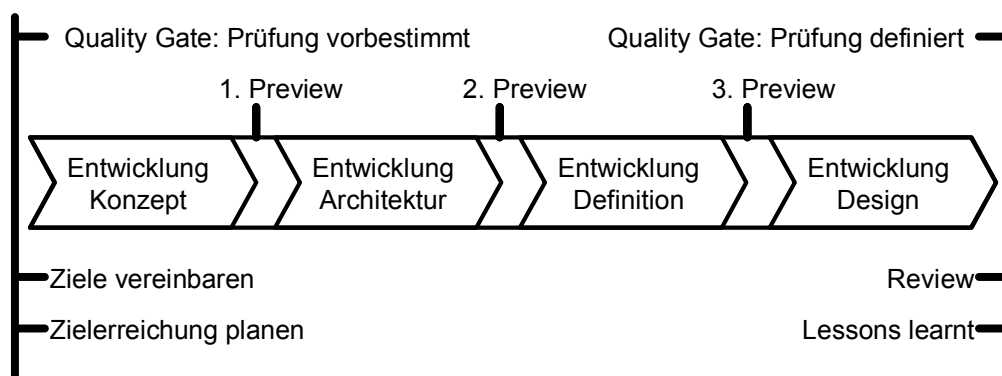


Abbildung 64: Modul Entwicklung des Fallbeispiels

Gemäß der angewandten Quality Gate Systematik werden die Previews durch die internen Lieferanten einer Leistung bewertet, wogegen das Review die Kundenperspektive widerspiegelt. Im folgenden werden die Aktivitäten zur Absicherung der Zielerreichung detailliert erläutert.

Ziele Vereinbaren

Nachdem das Quality Gate *Prüfung vorausgewählt* des Moduls *Planung* ohne offene Maßnahmen durchschritten wurde, existierten Vorschläge zu Prüfmerkmalen, die aus den Kundenwünschen abgeleitet wurden. Aus dem Kundenwunsch *Flugzeug muss in der Zeit x entwässert sein*, ließen sich die in Abbildung 65 aufgeführten Anforderungen an die Drainage ableiten.

Anforderungen an die Drainage
• Geforderte Durchflussmenge und -geschwindigkeit realisiert • Abfluss von Verschmutzungen realisiert • Drainage bei Kälte gewährleistet • Beständig gegen korrosive Medien

Abbildung 65: Anforderungen aus Prüfmerkmalen der Drainage

Es wurde zu jeder technischen Anforderung eine genaue Spezifikation erarbeitet, die mit konkreten Zahlenwerten hinterlegt wurde. Des Weiteren wurden die Prüfnotwendigkeit und der Umfang sowie die Prüfmethode vorbestimmt.

Um sicherzustellen, dass alle kundenrelevanten Aspekte ausreichend berücksichtigt wurden, fanden in regelmäßigen Abständen Abstimmungsrunden mit den potenziellen Kunden statt, in denen die abgeleiteten technischen Anforderungen diskutiert wurden. Dazu stellten die Kunden Technik-Experten bereit, so dass auf fachlicher Ebene diskutiert werden konnte. In dieser kapitalintensiven Branche stellen die Kunden durch eigenes Fachpersonal sicher, dass die geforderten Wünsche in der Entwicklung entsprechend berücksichtigt werden.

Die zu erreichenden Ziele dieses Moduls sind festgelegte Prüfmerkmale mit definierter Prüfnotwendigkeit, konkretisierte Prüfumfänge und vorselektierte Prüfmittel, vgl. Kapitel 4.4.2.

Zur Ableitung konkreter Messgrößen wurden Abstimmungsgespräche geführt, in denen die beteiligten Experten zusammen kamen. Neben den Fachkräften aus der Entwicklung, die diese Phase maßgeblich prägen, wurden die Fertigungs- und Montageplanung als Abnehmer der Leistungen eingeladen. Außerdem nahmen Zertifizierungsexperten an den Gesprächen teil, die die rechtlichen Vorgaben, die zusätzlich zu den Kundenanforderungen zu berücksichtigen waren, vertreten.

Die Entwickler setzten sich aus Experten der unterschiedlichen Systeme zusammen, um die zahlreichen systemübergreifenden Themen zu berücksichtigen. Die Abstimmungsgespräche zur Definition der Messgrößen wurden von einem Moderator geleitet, der sicherstellte, dass bei allen Teilnehmern das gleiche Verständnis der Inhalte vorlag und die Ausgestaltung der Messgröße eine explizite Bewertung der Ergebnisse zuließ. Beispiele zeigt Abbildung 66.

Messgrößen für Durchflussmenge
• Minimaler Durchmesser festgelegt • Minimaler Biegeradius festgelegt • Minimales Gefälle festgelegt • Anzahl der Kupplungen und Ventile festgelegt

Abbildung 66: Messgrößen zur Anforderung Durchflussmenge

Abweichungen können entstehen, wenn baulich bedingt die geforderten Werte nicht eingehalten werden können. Die Positionierung der Leitungen mit einem bestimmten Gefälle setzt z.B. voraus, dass ausreichend Platz zur Verfügung steht, der nicht durch andere Systeme oder die Flugzeugstruktur blockiert ist.

Zum Ende der Verhandlungen existierte ein Katalog, in dem zu jeder Anforderung mehrere Messgrößen enthalten waren. Jede war durch einen realistischen Zahlenwert spezifiziert. Die erarbeiteten Messgrößen wurden eingefroren und von Kunden und Lieferanten als verbindlich vereinbart betrachtet – an ihnen sollte im Weiteren die Reife ermittelt werden.

Zielerreichung planen

Nachdem die Anforderungen und Messgrößen feststanden, wurde die Erreichung dieser Zielgrößen geplant. Es wurde festgelegt, an welchen Stellen im Entwicklungsprozess die einzelnen Messgrößen erfüllt werden können – Termine wurden vergeben. Außerdem wurden die einzusetzenden Methoden festgelegt; im Wesentlichen wurde auf die System-FMEA Produkt und Prozess zurückgegriffen.

Des Weiteren wurde bestimmt, dass ein systemübergreifendes Kernteam wöchentlich die übergreifenden Themen diskutiert. Die Thematisierung der prüfplanungsrelevanten Aspekte wurde an ein bereits im Entwicklungsprozess etabliertes Meeting gekoppelt, das um den Aspekt Prüfplanung ergänzt wurde. Hierdurch wurde die Gremienlandschaft kompakt gehalten und die bereits existierenden Entscheidungsinstanzen konnten genutzt werden. Die Mitarbeiter vereinbarten unter Anleitung des Moderators, dass problematische Punkte in eigens eingerichteten Fachteams diskutiert und gelöst werden.

Synchronisation, Previews

Prüfplanungsrelevante Themen werden entwicklungsbegleitend diskutiert. Während die Experten aus den der Entwicklung nachgelagerten Bereichen zu berücksichtigende Aspekte der fertigungs- und montagegerechten Konstruktion einbrachten, wurde die System-FMEA Produkt in zweierlei Hinsicht eingesetzt. Zum einen wurden die Risiken möglicher Fehler ermittelt und mit den Experten der System-Sicherheit sowie den Zertifizierungsbeauftragten diskutiert. Zum anderen konnten mit dieser Methode Potenziale zur Gewichtsreduktion abgeleitet werden – im Flugzeugbau ist das Gewicht neben der Funktionserfüllung die wichtigste Eigenschaft eines Bauteils.

Durch die Methodenanwendung konnten zahlreiche Maßnahmen abgeleitet werden, die zur Reduktion des Auftretens bzw. zur Minimierung der Fehlerbedeutung führten; hieraus werden wesentliche Prüfmerkmale aus technischer Sicht abgeleitet, die die Kundensicht ergänzten. Die Realisierung der Maßnahmen beeinflusste neben der Entwicklung, die die erkannten Potenziale berücksichtigte, auch die Prüfplanung; es konnten Prüfmittel vorselektiert werden. Neben handelsüblichen Mess- und Prüfgeräten wurde auf einen Prüfstand zurückgegriffen. Die Schnittstellen der Systeme konnten untersucht und umfangreiche Tests auf Systemebene vollzogen werden.

Die Prüfnötwendigkeit ergab sich unter anderem aus der Vertrautheit mit den Systemen. Neukonstruktionen unter Verwendung von unbekannten Materialien führten dazu, dass neben der Prüfnötwendigkeit der -umfang adaptiert wurde. Bereits etablierten Lösungen, die unverändert übernommen oder geringfügig modifiziert wurden, bekamen eine geringere Prüfschärfe zugewiesen.

Begleitend zur Durchführung des Moduls *Entwicklung* erfolgte die Dokumentation der Prüfergebnisse. Rechtliche Vorgaben verlangen eine lückenlose Argumentation der während der Entwicklung getroffenen Entscheidungen – häufig auf Basis der ermittelten Messergebnisse.

Die systematische Aufteilung der Systemfunktionen auf einzelne Baugruppen und Komponenten wurde mit der zweiten Stufe des QFD realisiert. Dies erfolgte im Laufe der Entwicklung; während der Aufplanung können nur Ziele auf Systemebene festgelegt werden, weil die Zusammensetzung der Systeme im frühen Stadium nicht bekannt ist.

Die Previews am Ende jedes Teilabschnittes wurden von dem multifunktionalen Team aus Lieferantensicht bewertet. Die neunstufige Bewertungssystematik ließ eine differenzierte Maßnahmenableitung zu, Abbildung 67.

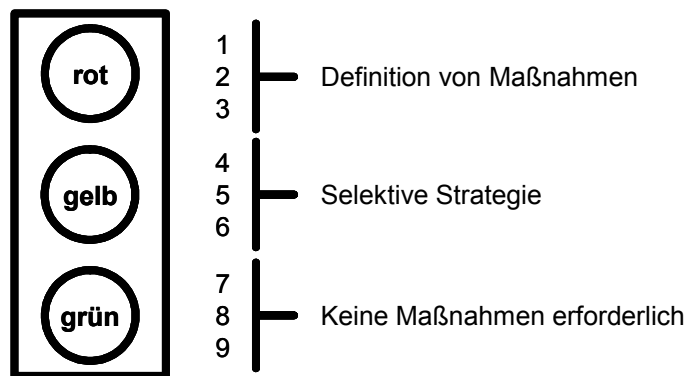


Abbildung 67: Angewandte Bewertungssystematik

Während grüne Bewertungen vergeben wurden, wenn die Anforderungen erfüllt wurden, führten rote Bewertungen zur Definition von Maßnahmen. Bei gelben Bewertungen wurde selektiv vorgegangen. Kritische oder in der Vergangenheit problematische Komponenten wurden durch Maßnahmen abgesichert. Beherrschte Bauteile, deren Reife aufgrund unzureichender Zeit oder Personalknappheit noch nicht erreicht worden war, standen unter Beobachtung und wurden im Folgenden primär abgearbeitet.

Review

Das Review wurde mit derselben Bewertungssystematik durchgeführt – aus Sicht der internen Kunden. Die Experten der Fertigungs- und Montageplanung bewerteten neben der Reife damit gleichzeitig, wie effizient die eingeleiteten Maßnahmen die Zielerreichung ermöglicht hatten. Dieses Projekt war aufgrund mangelnder Personalkapazität von gelben Bewertungen gekennzeichnet. Das Modul *Entwicklung* der modularen Prüfplanung konnte erst abgeschlossen werden, als weitere Maßnahmen vereinbart und umgesetzt worden waren und notwendige Nacharbeiten stattgefunden hatten. Insbesondere das Ziel Prüfmittel vorselektiert war unzureichend gelöst; die an dem Prüfstand durchzuführenden Aktivitäten waren nicht hinreichend detailliert beschrieben.

Lessons learnt

Zum Abschluss des Moduls *Entwicklung* wurden die Zielerreichung in einem Lessons learnt hinterfragt. Alle Modulbeteiligten wurden dazu eingeladen und übten konstruktiv Kritik. Die geringe Personalkapazität, die zu umfangreichen Nacharbeiten geführt hatte, wurde als

Hauptproblem identifiziert. Der gezielte Methodeneinsatz ermöglichte dennoch die Zielerreichung, wenn auch erst mit zusätzlichem Personaleinsatz.

Die Lerneffekte waren zweigeteilt. Einerseits wurde die Personalsituation bei der Aufplanung des nächsten Moduls besonders berücksichtigt. Die zertifizierungsrelevanten Aspekte hatten zu Mehraufwand in der Entwicklung geführt, der personell zunächst nicht berücksichtigt war. Andererseits konnte ein weiteres Cargo-Projekt, welches zeitlich nachgelagert war, von den Erkenntnissen profitieren. Neben den prüfplanungsrelevanten Ergebnissen die aus diesem Modul direkt übertragen werden konnten, wurde ein höherer Ressourcenbedarf eingeplant, sodass dieses Modul (das Modul *Entwicklung*) mit einem grünen Quality Gate abschloss und direkt durchschritten werden konnte.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Ausgangspunkt dieser Arbeit ist die Einsicht, dass die Prüfplanung in ihrer bisherigen Ausgestaltung den Ansprüchen der heutigen Zeit nicht gerecht wird. Die Globalisierung der Märkte, Dynamisierung der Produktlebenszyklen und die stetig steigenden Ansprüche der Kunden führen zu tief greifenden Veränderungen. Die Unternehmen reagieren mit einer Anpassung der Aufbau- und Ablauforganisation – Prozessabläufe werden modifiziert, Unternehmensstrukturen adaptiert. Die Prüfplanung ist von diesen Veränderungen, abgesehen von einer IT-Unterstützung einzelner Funktionen, weitgehend unberücksichtigt geblieben.

Stetig steigende Rückrufe konstatieren, dass Produkte mit Qualitätsmängeln den Weg auf den Markt finden – auch in sicherheitsrelevanten Bereichen. Weniger transparent sind die Auswirkungen, die Produkte hervorrufen, wenn interne Umsatz- und Gewinnziele nicht erreicht werden. Die Ursachen liegen zum einen in den Kosten notwendiger Nachbesserungen, um die Mängel zu beseitigen, zum anderen substituieren Käufer Produkte, wenn die Merkmale nicht voll ihren Anforderungen entsprechen.

In dieser Arbeit wurde die modulare Prüfplanung entwickelt, die den Ansprüchen der heutigen Zeit gerecht wird: Integriert in die Prozesskette der Produktentstehung, orientiert an den Kundenwünschen, basierend auf QM-Methoden und alle notwendigen Fachabteilungen involvierend.

Dazu wurden zunächst die wissenschaftlichen Grundlagen zur Prüfplanung dargelegt und auf den Wandel der Aufbau- und Ablauforganisation der Unternehmen eingegangen – insbesondere wurde die Positionierung der Prüfplanung dargelegt. Des Weiteren wurden vier QM-Methoden (QFD, FMEA, SVM, SPC) vorgestellt, die informatorische Beziehungen zur Prüfplanung unterhalten könnten, aber derzeit, bis auf die FMEA, nicht in den Prüfplanungsprozess einbezogen werden.

Eine Schnittstellenanalyse der Prüfplanung zu anderen Unternehmensbereichen und zwischen den einzelnen Funktionen zeigte die informatorische Einbindung der Prüfplanung auf. Es wurde deutlich, an welcher Stelle im Produktentstehungsprozess Informationen benötigt werden bzw. vorhanden sind. Außerdem konnten interne Prüfplanungsfunktionen identifiziert werden, die eng miteinander verknüpft sind und zusammengefasst werden können. Die gewonnenen Erkenntnisse flossen in die sich anschließende Entwicklung der modularen Prüfplanung ein.

Das Konzept umfasst die fünf Module *Planung*, *Entwicklung*, *Anlauf*, *Serie* und *Einsatz*, die entlang des Produktentstehungsprozesses positioniert werden. Unter Rückgriff auf die drei Gestaltungsdimensionen: Funktionen der Prüfplanung, Einsatz der QM-Methoden und Expertise der Fachabteilungen werden die Module aufgebaut. Die Erstellung und Konkretisierung eines Prüfplans erfolgt damit begleitend zur Produktentstehung. Während in den ersten Modulen bereits bei der Ableitung von Prüfmerkmalen die Kundenwünsche berücksichtigt werden, binden die Folgenden, die im Laufe der Entwicklung und Produktion gewonnenen Erkenntnisse in die Prüfplanung ein. Abschließend werden im Modul Einsatz die Prüfmerkmale sowie

die Prüfnötwendigkeit unter Rückgriff auf Felddaten bestätigt, um die Prüfanweisung bei Bedarf zu überarbeiten.

Die Module beziehen mehrere Funktionen der herkömmlichen Prüfplanung ein, die an der entsprechenden Stelle einen Ergebnisbeitrag leisten können. Ebenso werden mehrere Unternehmensabteilungen involviert – verantwortlich für die Durchführung des Moduls ist die Abteilung, die den größten Einfluss in der jeweiligen Phase des Produktentstehungsprozesses hat. Die Integration der QM-Methoden stellt sicher, dass die vorhandenen Informationen optimal im Sinne der Prüfplanung verwendet werden. In der Prüfplanungsmatrix werden schließlich die Modulergebnisse auf die einzelnen Funktionen aufgeschlüsselt und dargestellt.

Die in sich abgeschlossenen Module bauen aufeinander auf – die Zielerreichung wird durch Quality Gates sichergestellt. Die inhaltliche Reife wird dabei während der Durchführung aus Sicht der Lieferanten und zum Ende eines Moduls aus Kundensicht bewertet. Reagiert wird bei Abweichungen mit der Definition von Maßnahmen, deren Umsetzung im Weiteren kontrolliert wird.

Zwei Fallbeispiele stellen den praktischen Bezug der modularen Prüfplanung dar und haben den Forschungsprozess begleitet. Während im ersten Fallbeispiel der Einsatz sämtlicher Module aufgezeigt und deren Aufbau unter Einbeziehung der drei Gestaltungsdimensionen dargestellt wird, stellt das zweite Fallbeispiel exemplarisch an einem Modul den Einsatz der Quality Gate Systematik zur Absicherung der Zielerreichung dar. Die dabei durchzuführenden Schritte werden hierbei erläutert.

Wissenschaftlich zielt die vorliegende Arbeit auf eine stärkere Integration der Prüfplanung in den Produktentstehungsprozess ab – die ablauforganisatorische Einbindung relativiert die Verankerung mit einer Organisationseinheit. Des Weiteren wird auf die konsequente Einbindung relevanter QM-Methoden fokussiert.

Weiterer Forschungsbedarf ist in einer entscheidungstheoretischen Unterstützung der Prüfplanung zu sehen. Sämtliche Entscheidungen werden von Personen subjektiv getroffen, teilweise unterstützt von Werkzeugen und Methoden.

Eine Entscheidung ist dadurch charakterisiert, dass ein Ergebnis durch die Wahl einer geeigneten Handlungsalternative bei mehreren möglicherweise eintretenden Umweltzuständen erzielt wird; Entscheidungen bei Sicherheit, Risiko und Unsicherheit werden unterschieden. Die Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Kalküle führt zu fundierten Entscheidungen – die Subjektivität wird minimiert.

Die Prüfplanung kann nur auf Basis des verfügbaren Wissens durchgeführt werden, sei es in Form der Erfahrung des Prüfplaners oder des im Unternehmen vorhandenen Wissens. Zusätzlich beschaffbare Informationen können zu neuen Handlungsalternativen führen, die Unsicherheit in Bezug auf eine zu treffende Entscheidung reduzieren oder die Wahrscheinlichkeit für das Eintreffen eines Umweltzustandes konkretisieren – der Nutzen durch eine zusätzliche Information ist dem Aufwand für deren Beschaffung gegenüberzustellen und zu bewerten.

Weiteres Potenzial, insbesondere zur Verbesserung der Anwendung in der industriellen Praxis, liegt in der IT-basierten Umsetzung der Prüfplanung. Etablierte CAQ-Systeme besitzen zwar Prüfplanungsmodule, jedoch verwalten diese lediglich vorhandene Prüfpläne bzw. weisen existierenden Merkmalen Prüfmittel zu.

Die hier beschriebene modulare Prüfplanung könnte, umgesetzt in einem unternehmensweiten CAQ-Programm, eine optimale Unterstützung der Produktentwicklung leisten. Neben der Adressierung der relevanten Abteilungen, die das benötigte Fachwissen bereitstellen, werden die Anforderungen und Messgrößen der einzelnen Module verwaltet. Die Freigabe der Quality Gates sowie die Maßnahmenverfolgung können durch ein solches Programm gesteuert werden und ermöglichen eine effiziente Abarbeitung der Arbeitspakete. Außerdem kann eine informatorische Verknüpfung mit den in den CAQ-Programmen vorhandenen QM-Methoden einen reibungslosen Ablauf gewährleisten.

Die Prüfplanung umfasst im weiteren Sinne Bereiche, die über die eigentliche Produktentstehung hinausgehen. Hier sollte angesetzt werden, um eine systematische Absicherung weiterer Prozesse zu erreichen. Die in dieser Arbeit entwickelte Methode wurde bereits in einem Fallbeispiel auf die Entstehung virtueller Produkte angewandt. Durch eine entsprechende Adaption der Anforderungen und Messgrößen, die den jeweiligen Modulen zugrunde liegen, ist die modulare Prüfplanung auf weitere Bereiche wie z.B. den Dienstleistungssektor übertragbar – eine Absicherung sämtlicher Prozesse eines Unternehmens könnte hierdurch erreicht werden.

7. Literaturverzeichnis

Akao, Y. (1990), QFD

An Introduction to Quality Function Deployment, in: Y. Akao (Hrsg.): Quality Function Deployment - Integrating Customer Requirements into Product Design, Productivity Press: Cambridge, MA, 1990, S. 1-11.

Akao, Y. (1992), QFD

QFD - Quality Function Deployment, Moderne Industrie: Landsberg/Lech, 1992.

Bantleon, M. (2005), Fertigungsprozesse

Fertigungsprozesse angemessen beurteilen: Wie brauchbar sind die Ergebnisse von Fähigkeitsanalysen?, in: Readme.TQU, 2005, Nr. 55, S. 35.

Bayer, H. (2005), Wissen

Wissen effizienter nutzen, in: Readme.TQU, 2005, Nr. 55, S. 37.

Benz, A. (2004), Prozesssteuerung

Entwicklung einer softwareunterstützten Methode für die statistische Prozesssteuerung beim Produktionsanlauf, hrsg. v. E. Westkämper, H.-J. Bullinger, Jost-Jetter Verlag: Heimsheim, 2004.

Betzl, K. (1996), Arbeitsorganisation

Entwicklungsansätze in der Arbeitsorganisation und aktuelle Unternehmenskonzepte - Visionen und Leitbilder, in: H.-J. Warnecke, H.-J. Bullinger (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen, Springer Verlag: Berlin, 1996, S. 29-64.

Bierschenk, S. (2004), Fabrik

Aus digitalen Wurzeln wächst die Fabrik der Zukunft, in: VDI nachrichten, 2004, Nr. 24, S. 25.

Bischoff, K. (2002), Prozess-QFD

Herr der Prozessketten - Prozess-QFD zur Beherrschung komplexer Produktionsabläufe, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 47. Jg., 2002, Nr. 4, S. 387-389.

Bläsing, J. P. (1978), Prüfplanung

Die Rechnerunterstützte Prüfplanung, hrsg. v. H.-J. Warnecke, Krausskopf Verlag: Mainz, 1978.

Bögel, A., Hofmann, U. (2001), QFD

Maßschneidern für den Kunden - mit QFD den Erfolg neuer Produkte absichern und die Kundenzufriedenheit erhöhen, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 46. Jg., 2001, Nr. 4, S. 440-445.

Bors, M. E. (1995), Konstruktionsmethodik

Ergänzung der Konstruktionsmethodik um Quality Function Deployment - ein Beitrag zum qualitätsorientierten Konstruieren, hrsg. v. G. Spur, Hanser Verlag: München, 1995.

Boutellier, R. (1999), Qualitätsplanung

Qualitätsplanung, in: W. Masing (Hrsg.): Handbuch Qualitätsmanagement, Hanser Verlag: München, 1999, S. 271-298.

Brauchle, R. (1996), Prüfplanung

Effiziente Prüfplanung, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 41. Jg., 1996, Nr. 11, S. 1300-1304.

Brinzer, B. et al. (2005), Produktionsregelung

Neue Ansätze zur dezentralen Produktionsregelung, in: wt Werkstattstechnik online, 95. Jg., 2005, Nr. 4, S. 275-281.

Brunner, F. J., Wagner, K. W. (2004), Qualitätsmanagement

Taschenbuch Qualitätsmanagement, Hanser Verlag: München, 2004.

Bullinger, H.-J. (2000), KUR

KUR - Ein neues Unternehmensmodell für produzierende Unternehmen, in: F. Wojda (Hrsg.): Innovative Organisationsformen, Schäffer-Poeschel Verlag: Stuttgart, 2000, S. 115-136.

Bullinger, H.-J. (2004), Vernetzung

Die Arbeitswelt im Zeichen von Vernetzung und Digitalisierung, in: H.-J. Bullinger (Hrsg.): Trendbarometer Technik: Visionäre Produkte, neue Werkstoffe, Fabriken der Zukunft, Hanser Verlag: München, 2004, S. 159-161.

Burghardt, J. et al. (1996), Prüfplanung

Verrichtungsorientierte Prüfplanung, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 41. Jg., 1996, Nr. 6, S. 60-63.

Burghardt, J. et al. (1995), Prüfpläne

Prüfpläne und Prüfzeichnungen automatisch in CAD-Systemen erstellen, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 40. Jg., 1995, Nr. 6, S. 668.

Cherkaev, E., Cherkaev, A. (2003), Robust Design

Principal Compliance and Robust Optimal Design, in: Journal of Elasticity, 2003, Nr. 72, S. 71-98.

Cristiano, J. J., Liker, J. K., White, C. C. (2001), QFD

Key Factors in the Successful Application of Quality Function Deployment (QFD), in: IEEE transactions on engineering management, 48. Jg., 2001, Nr. 1, S. 81-95.

Crostack, H.-A. et al. (2004), Prüfplanung

Optimierung der Prüfplanung - Anwendung des Planungstools QUINTE+, in: J. Herrmann (Hrsg.): Qualitätsmanagement - Anspruch und Wirklichkeit, Shaker Verlag: Aachen, 2004, S. 7-19.

Curtis, B., Ertürk, Ü. (1994), QFD-Einsatz

QFD-Einsatz in Deutschland, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 39. Jg., 1994, Nr. 4, S. 394-401.

Dangelmaier, W. (1999), Fertigungsplanung

Fertigungsplanung: Planung von Aufbau und Ablauf der Fertigung, Springer Verlag: Berlin, 1999.

D'Antonio, M. (1991), SPC

SPC als wichtiger Beitrag zur Qualitätssicherung, in: Automobil-Industrie, 36. Jg., 1991, Nr. 2, S. 181-189.

Driessen, S., Dietrich, B. (2005), Inline-Messen

Inline-Messen ja - aber bitte mit System, in: Industrieanzeiger, 2005, Nr. AWK 2005, S. 43.

Dutschke, W. (1975), Prüfplanung

Prüfplanung in der Fertigung, hrsg. v. H.-J. Warnecke, Krauskopf Verlag: Mainz, 1975.

Ebner, C. (1996), Qualitätsmanagement

Ganzheitliches Verfügbarkeits- und Qualitätsmanagement unter Verwendung von Felddaten, hrsg. v. G. Reinhart, J. Milberg, Springer Verlag: Berlin, 1996.

Effenkammer, D. (2002), Qualitätsprüfung

Entwicklung einer durchgängigen und CAD-basierten Prozesskette für die Qualitätsprüfung mit Koordinatenmesstechnik, hrsg. v. W. Eversheim, F. Klocke, T. Pfeifer, M. Weck, Shaker Verlag: Aachen, 2002.

Elsässer, M., Klemm, P. (2004), Robust Design

Optimieren von Toleranzen mit Robust Design, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 94. Jg., 2004, Nr. 5, S. 252-256.

Erlhof, U. (1997), Betriebsdatenerfassung

Sicherheit bei der Betriebsdatenerfassung: Modifizierung der FMEA für den Betriebsdatenerfassungsprozess, hrsg. v. H. Schulz, Shaker Verlag: Aachen, 1997.

Esser, M. (1995), Qualitätsmanagementaufgaben

Modellierung und Gestaltung der Schnittstellen von Logistik- und Qualitätsmanagementaufgaben, hrsg. v. H. Luczak, Augustinus Verlag: Aachen, 1995.

Euler, M. (1998), Qualitätsmanagementprozesse

Effizienzbewertung präventiver Qualitätsmanagementprozesse, hrsg. v. FQS-Forschungsgemeinschaft Qualität e.V., Beuth Verlag: Berlin, 1998.

Eversheim, W. (1997), Arbeitsvorbereitung

Organisation in der Produktionstechnik: Arbeitsvorbereitung, Springer Verlag: Berlin, 1997.

Eversheim, W., Bochtler, W., Laufenberg, L. (1995), Simultaneous Engineering

Simultaneous Engineering: Erfahrungen aus der Industrie für die Industrie, hrsg. v. W. Eversheim, Springer Verlag: Berlin, 1995.

Fathi, Y., Palko, D. (2001), Robust Design

A mathematical model and a heuristic procedure for the robust design problem with high-low tolerances, in: IIE Transactions, 2001, Nr. 33, S. 1121-1127.

Fleissner, F. (1998), Prüfplanung

Prozeßorientierte Prüfplanung auf Basis von Bearbeitungsobjekten für die Kleinserienfertigung am Beispiel der Bohr- und Fräsbearbeitung, hrsg. v. H. Weule, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik: Karlsruhe, 1998.

Franceschini, F., Galetto, M. (2001), FMEA

A new approach for evaluation of risk priorities of failure modes in FMEA, in: International Journal of Production Research, 39. Jg., 2001, Nr. 13, S. 2991-3002.

Franzkowski, R. (1994), Annahmestichprobenprüfung

Annahmestichprobenprüfung, in: W. Masing (Hrsg.): Handbuch Qualitätsmanagement, Hanser Verlag: München, 1994, S. 209-238.

Frese, E. (1996), Organisationsgestaltung

Grundlagen der Organisationsgestaltung, in: W. Eversheim (Hrsg.): Hütte, Produktion und Management, Springer Verlag: Berlin, 1996, S. 3-1 - 3-15.

Frese, E. (1996), Rahmenstruktur

Rahmenstruktur des Unternehmens, in: W. Eversheim (Hrsg.): Hütte, Produktion und Management, Springer Verlag: Berlin, 1996, S. 3-15 - 3-27.

Frese, E. (2000), Strukturkonzepte

Organisatorische Strukturkonzepte im Wandel, in: F. Wojda (Hrsg.): Innovative Organisationsformen, Schäffer-Poeschel Verlag: Stuttgart, 2000, S. 59-88.

Funck, T. (2005), Qualität

An die Riemen!: Qualität 2005 - Neue Jahrestagung von Management Circle, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 50. Jg., 2005, Nr. 6, S. 14-15.

Geiger, H. (2004), FMEA

Gleichzeitig ins Ziel: Produkt- und Prozess-FMEA: Effektiver in Kombination, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 49. Jg., 2004, Nr. 5, S. 49-51.

Gerhards, A. (2002), Methodik zur Interaktion

Methodik zur Interaktion von F&E und Marketing in den frühen Phasen des Innovationsprozesses, hrsg. v. W. Eversheim, F. Klocke, T. Pfeifer, M. Weck, Shaker Verlag: Aachen, 2002.

Gießler, T. (1998), Organisationsentwicklung

Entscheidungsorientierte Organisationsentwicklung in der integrierten Produktentstehung, Diss. RWTH, Aachen, 1998.

Gogoll, A. (1996), Qualitätstechniken

Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten industrieller Qualitätstechniken im Dienstleistungsbereich, hrsg. v. G. Spur, FHG/IPK: Berlin, 1996.

Goppert, J. (2000), Produktentwicklung

Modulare Produktentwicklung leistet mehr: Warum die Produktarchitektur und die Projektorganisation gemeinsam entwickelt werden müssen, in: Harvard Business manager, 2000, Nr. 3, S. 20-30.

Govers, C. P. M. (2001), QFD

QFD not just a tool but a way of quality management, in: International Journal of Production Economics, 69. Jg., 2001, Nr. 2, S. 151-159.

Grob, R. (1996), Informationssysteme

Methodische Planung Technischer Informationssysteme für die Unterstützung von Aufgaben des Qualitätsmanagements, hrsg. v. W. Eversheim, F. Klocke, W. König, T. Pfeifer, M. Weck, Shaker Verlag: Aachen, 1996.

Han, H., Taewon, P. (2004), Robust Design

Robust Optimal Design of Multi-Body Systems, in: Multibody system Dynamics, 2004, Nr. 11, S. 167-183.

Handke, S. (2000), Strukturplanung

Konzept zur Strukturplanung komplexer technischer Systeme, hrsg. v. E. Westkämper, H.-J. Bullinger, Jost-Jetter Verlag: Heimsheim, 2000.

Hartung, S. (1994), Qualitätsmanagement

Methoden des Qualitätsmanagements für die Produktplanung und -entwicklung, hrsg. v. W. Eversheim, W. König, T. Pfeifer, M. Weck, Shaker Verlag: Aachen, 1994.

Hartweg, E. (2003), Produktionsnetzwerke

Instrumentarium zur Gestaltung innerbetrieblicher Produktionsnetzwerke, hrsg. v. H. Luczak, W. Eversheim, Shaker Verlag: Aachen, 2003.

Hegenscheidt, M. (2003), Leistungsprognose

Kennliniengestützte Leistungsprognose verketteter Produktionssysteme, VDI Verlag: Düsseldorf, 2003.

Henke, J. (2004), Reklamationen

Reklamationen: keine Panik!, in: wt Werkstattstechnik online, 94. Jg., 2004, Nr. 3, S. 58-60.

Hering, E. (1999), Qualitätsmanagement

Qualitätsmanagement für Ingenieure, hrsg. v. E. Hering, J. Triemel, H.-P. Blank, Springer Verlag: Berlin, 1999.

Herstatt, C., Sander, J. G. (2004), Kundeneinbindung

Online-Kundeneinbindung in den frühen Innovationsphasen, in: C. Herstatt, J. G. Sander (Hrsg.): Produktentwicklung in virtuellen Communities: Kundenwünsche erfahren und Innovationen realisieren, Gabler Verlag: Wiesbaden, 2004, S. 100-119.

Heyn, M. (1999), Entwicklungskooperationen

Methodik zur schnittstellenorientierten Gestaltung von Entwicklungskooperationen, hrsg. v. W. Eversheim, F. Klocke, W. König, T. Pfeifer, M. Weck, Shaker Verlag: Aachen, 1999.

Hoffmann, J. (1997), Produktplanung

Entwicklung eines QFD-gestützten Verfahrens zur Produktplanung und -entwicklung für kleine und mittlere Unternehmen, hrsg. v. E. Westkämper, H.-J. Bullinger, Springer Verlag: Berlin, 1997.

Hornen, C. (2004), Unternehmensorganisation

Prozessorientierte Integration von Umweltschutz in die Unternehmensorganisation, Shaker Verlag: Aachen, 2004.

Imkamp, D., Schuster, E. (2003), Messgerätesoftware

Neue Perspektive - CAD-basierte Messgerätesoftware ermöglicht Offline-Programmierung von Koordinatenmessgeräten, in: MM Maschinenmarkt, 2003, Nr. 25, S. 48-50.

Janovsky, P. (2003), Prüfplanung

Systematik für eine CAD-basierte Prüfplanung und deren praktische Umsetzung, hrsg. v. W. Eversheim, F. Klocke, T. Pfeifer, G. Schuh, M. Weck, Shaker Verlag: Aachen, 2003.

Jonasch, G., Spahn, C. (1996), FMEA

FMEA als integrierendes Werkzeug, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 41. Jg., 1996, Nr. 4, S. 371.

Juran, M. (1991), Qualitätsplanung

Handbuch der Qualitätsplanung, Moderne Industrie Verlag: Landsberg/Lech, 1991.

Jürging, C.-P. (1995), Auftragsabwicklung

Rechnerunterstützte Auftragsabwicklung in dezentralen Produktionsbereichen, VDI Verlag: Düsseldorf, 1995.

Kamiske, G. F., Brauer, J. (1993), Qualitätsmanagement

Qualitätsmanagement von A bis Z, Hanser Verlag: München, 1993.

Kelka, F. et al. (2001), Qualitätsprüfung

Effiziente Qualitätsprüfung durch intelligente Software, in: wt Werkstattstechnik online, 91. Jg., 2001, Nr. 5, S. 245-247.

Kelkar, O., Ide, H. (2004), Qualitätsdatenaustausch

Anschluss an die erste Reihe: QDX - Qualitätsdatenaustausch entlang der Automobil-Lieferkette, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 49. Jg., 2004, Nr. 10, S. 42-44.

Kersten, G. (1999), Methodenanwendung

Integrierte Methodenanwendung in der Entwicklung, in: W. Masing (Hrsg.): Handbuch Qualitätsmanagement, Hanser Verlag: München, 1999, S. 355-388.

Kettmig, M. (1999), Qualitätsmanagement

Geschichte des Qualitätsmanagements, in: W. Masing (Hrsg.): Handbuch Qualitätsmanagement, Hanser Verlag: München, 1999, S. 17-30.

Killmaier, T., Ramesh Babu, A. (2003), Measurement

Generic approach for automatic detection of form deviations of geometrical features for effective measurement strategy, in: Precision Engineering, 27. Jg., 2003, Nr. 4, S. 370-381.

King, B. (1994), QFD

Doppelt so schnell wie die Konkurrenz: Quality Function Deployment, 2. Aufl. Aufl., gmf - Ges. für Management und Technologie: St. Gallen, 1994.

Kirchner, S., Winkler, R., Westkämper, E. (2003), Wandlungsfähigkeit

Unternehmensstudie zur Wandlungsfähigkeit von Unternehmen, in: wt Werkstattstechnik online, 2003. Jg., 2003, Nr. 93, S. 254-260.

Kirschling, G. (1999), Methoden

Statistische Methoden, in: W. Masing (Hrsg.): Handbuch Qualitätsmanagement, Hanser Verlag: München, 1999, S. 617-668.

Klaus, M. (1996), Auftragsabwicklung

Koordination der Auftragsabwicklung in der Konstruktion, hrsg. v. W. Eversheim, H. Luczak, Augustinus Verlag: Aachen, 1996.

Klein, B., Schmidt, G. (2001), QFD

Früher auf dem Markt - Erfolgspotenziale von QFD als Kernelement de Produktentwicklungsprozesses, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 46. Jg., 2001, Nr. 3, S. 308-314.

Kleppmann, W. (2003), Versuchsplanung

Taschenbuch Versuchsplanung, hrsg. v. F.J. Brunner, Hanser Verlag: München, 2003.

Klonaris, P. (1998), Einsatzplanung

Systemkonzept zur frühzeitigen Einsatzplanung von Prüfmitteln, hrsg. v. W. Eversheim, F. Klocke, W. König, T. Pfeifer, M. Weck, Shaker Verlag: Aachen, 1998.

Knickel, V. (1997), Kommunikationsprozesse

Gestaltung von Kommunikationsprozessen an den Schnittstellen in der Produktentwicklung, hrsg. v. G. Warnecke, Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation Universität Kaiserslautern: Kaiserslautern, 1997.

Köberlein, S. (2003), Produktentwicklung

Systematische wettbewerbsorientierte Produktentwicklung, Cuvillier Verlag: Göttingen, 2003.

Kring, J. R. (1989), Qualitätsplanungssystem

Ein Modell für ein integriertes Qualitäts- und Prüfplanungssystem in der Montage, hrsg. v. H.-J. Warnecke, H.-J. Bullinger, Springer Verlag: Stuttgart, 1989.

Lesmeister, F. (2001), Produktplanung

Verbesserte Produktplanung durch den problemorientierten Einsatz präventiver Qualitätsmanagementmethoden, VDI Verlag: Düsseldorf, 2001.

Macewan, W., Belavendram, N., Abou-Ali, M. (1992), SPC

Practical guide to statistical process control (spc) in NDT, in: The British journal of non-destructive testing, 34. Jg., 1992, Nr. 4, S. 183-189.

Mäckel, O. (2001), Software-FMEA

Mit Blick auf's Risiko: Software-FMEA im Entwicklungsprozess softwareintensiver technischer Systeme, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 46. Jg., 2001, Nr. 1, S. 65-68.

Mai, C. (1998), Produktplanung

Effiziente Produktplanung mit Quality Function Deployment, hrsg. v. H.-J. Warnecke, E. Westkämper, H.-J. Bullinger, Springer Verlag: Berlin, 1998.

Malorny, C., Kassebohm, K. (1994), TQM

Brennpunkt TQM, Schäffer-Poeschel Verlag: Stuttgart, 1994.

Markfort, D. (1992), Qualitäts-Engineering

Japanische Methoden des Qualitäts-Engineering, in: CIM Management, 5/92. Jg., 1992, Nr., S. 15-24.

Mayers, B. (1997), Statistische Versuchsmethodik

Prozeß- und Produktoptimierung mit Hilfe der Statistischen Versuchsmethodik: Eine Strategie zur Beschreibung komplexer Systeme, hrsg. v. W. Eversheim, F. Klocke, W. König, T. Pfeifer, M. Weck, Shaker Verlag: Aachen, 1997.

Mecklenburg-Weiss, R. (1987), Systemkonzept

Systemkonzept zur anwenderneutralen Prüfplanerstellung auf einem Kleinrechner, Diss. RWTH Aachen, Aachen, 1987.

Melchior, K. W., Lübke, U. (1999), Prüfplanung

Prüfplanung, in: W. Masing (Hrsg.): Handbuch Qualitätsmanagement, Hanser Verlag: München, 1999, S. 501-514.

Merget, M. (2004), Toleranzvariation

Kostenoptimierung durch Toleranzvariation im Simultaneous Engineering, hrsg. v. W. Eversheim, F. Klocke, T. Pfeifer, G. Schuh, M. Weck, C. Brecher, Shaker Verlag: Aachen, 2004.

Meyer, M., Lücke, T. (2005), Supply Chain

Lean Supply Chain - Effiziente Produktionssteuerung in kundenorientierten Wertschöpfungsketten, in: wt Werkstattstechnik online, 95. Jg., 2005, Nr. 4, S. 264-268.

Neumann, A. (1992), Prüfplangenerierung

Automatische Prüfplangenerierung, hrsg. v. H. Schulz, Hanser Verlag: Darmstadt, 1992.

Neumann, A. (1996), QFD

Quality Function Deployment - Qualitätsplanung für Serienprodukte, hrsg. v. W. Eversheim, F. Klocke, W. König, T. Pfeifer, M. Weck, Shaker Verlag: Aachen, 1996.

Niestadtkötter, J. (2001), Dokumentenstrukturierung

Methodik zur ganzheitlichen Dokumenten- und Datenstrukturierung im Lebenslauf komplexer Werkzeugmaschinen, hrsg. v. E. Westkämper, H.-J. Bullinger, Jost-Jetter Verlag: Heimsheim, 2001.

Nürnberg, M. (1999), Toleranzplanung

Ein Beitrag zur Entwicklung der Toleranzplanung auf der Basis von Risikobetrachtungen, VDI Verlag: Düsseldorf, 1999.

o.V. (1985), DIN 55350-31

DIN 55350-31: Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik - Teil 31: Begriffe der Annahmestichprobenprüfung, hrsg. v. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag: Berlin, 1985.

o.V. (1985), VDI/VDE/DGQ 2619

Prüfplanung VDI/VDE/DGQ 2619, hrsg. v. Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag: Berlin, 1985.

o.V. (1989), DIN 55350-12

DIN 55350-12: Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik - Teil 12: Merkmalsbezogene Begriffe, hrsg. v. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag: Berlin, 1989.

o.V. (1990), DIN 25448

DIN 25448: Ausfalleffektenanalyse, hrsg. v. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag: Berlin, 1990.

o.V. (1992), QFD

Quality Function Deployment - 3-Day Workshop, hrsg. v. American Supplier Institute, ASI: Dearborn, 1992.

o.V. (2004), Jahresbericht

Auto Jahresbericht, hrsg. v. Verband der Automobilindustrie, VDA: Frankfurt, 2004.

o.V. (2004), DIN 55350-11

DIN 55350-11: Begriffe zu Qualitätsmanagement und Statistik - Teil 11: Begriffe des Qualitätsmanagements, Ergänzungen zu DIN EN ISO 9000:2000-12, hrsg. v. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag: Berlin, 2004.

Ohlhausen, P. (2002), Kooperationen

Methode zur Gestaltung wissensintensiver Kooperationen am Beispiel der Produktentwicklung, hrsg. v. E. Westkämper, H.-J. Bullinger, Jost-Jetter Verlag: Heimsheim, 2002.

Oltermann, R. (2000), Fertigungstoleranzen

Systematik zur Abschätzung von Fertigungstoleranzen auf Grundlage einer Auswertung der laufenden Fertigung, hrsg. v. H. Bley, G. Hirt, C. Weber, Universität des Saarlandes: Saarbrücken, 2000.

Park, S. H. (1996), Robust Design

Robust Design and Analysis for Quality Engineering, Chapman & Hall: London, 1996.

Pfeifer, T. (2001), Fertigungsmesstechnik

Fertigungsmesstechnik, 2. Aufl., Oldenbourg Verlag: München, 2001.

Pfeifer, T. (2001), Qualitätsmanagement

Qualitätsmanagement, Hanser Verlag: München, 2001.

Pfeifer, T., Bernards, M. (2005), Prüfablaufplanung

Konstruktionsbegleitende Prüfablauf- und Prüfmittleinsatzplanung, in: W. Eversheim, G. Schuh (Hrsg.): Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung, Springer Verlag: Berlin, 2005, S. 191-207.

Pfeifer, T. et al. (1999), Qualitätsprüfung

Die Qualitätsprüfung im Durchbruch - Werkergerichte und prozessorientierte Messtechnik, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 44. Jg., 1999, Nr. 1, S. 48.

Pfeifer, T., Freudenberg, R., Effenkammer, D. (2000), Prozesskette

Daten aus einem Guss - Eine durchgängige Prozesskette vom CAD-Modell bis zum Messprogramm, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 45. Jg., 2000, Nr. 5, S. 619-624.

Pfeifer, T., Freudenberg, R., Varnhagen, V. (1996), Qualitätsmanagement

Qualitätsmanagement als Unternehmensstrategie, in: Industrie Management, 12. Jg., 1996, Nr. 4, S. 60-64.

Pfeifer, T., Li, Z., Stenkamp, A. (2003), Messergebnisse

Die richtige Strategie - Messergebnisse in der dezentralen Produktion werden vergleichbar, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 48. Jg., 2003, Nr. 3, S. 803-806.

Pfeifer, T., Neumann, A. (1994), QFD

Quality Function Deployment - Methodische Unterstützung bei der qualitätsgerechten Umsetzung von Kundenforderungen, in: Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.): Fertigungsmesstechnik und Qualitätssicherung: VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik, VDI Verlag: Düsseldorf, 1994, S. 83-94.

Pfeifer, T., Schmidt, R. (2003), Quality-Gate-Konzept

Das Quality-Gate-Konzept: Entwicklungsprojekte softwareintensiver Systeme verlässlich planen, synchronisieren und absichern, in: Industrie Management, 19. Jg., 2003, Nr. 5, S. 21-24.

Pfeifer, T. et al. (2004), Quality-Gate-Systematik

Tore zum Himmel - Quality-Gate-Systematik in Entwicklungsprojekt der Luftfahrt, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 49. Jg., 2004, Nr. 9, S. 20-23.

Pfeifer, T. et al. (2004), Toleranzen

Frühes Optimieren von Toleranzen und Kosten in der Produktentwicklung, in: VDI-Z, 146. Jg., 2004, Nr. 11/12, S. 72-74.

Pfeifer, T. et al. (2002), Prüfplanung

Prüfplanung als Element einer durchgängigen Prozesskette - Reduzierung der Kosten bei Erhöhung der Produktqualität, in: AWK Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium, W. Eversheim, F. Klocke, T. Pfeifer, G. Schuh, M. Weck (Hrsg.): Wettbewerbsfaktor Produktionstechnik - Aachener Perspektiven, Shaker Verlag: Aachen, 2002.

Pfeifer, T., Schmitt, R., Stenkamp, A. (2004), Prüfmittelauswahl

Effizient die Weichen stellen - Datenbankbasiertes System zur teilautomatisierten Prüfmittelauswahl, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 49. Jg., 2004, Nr. 8, S. 34-35.

Pfeifer, T. et al. (2004), Bauteilerkennung

Optische Bauteilerkennung - Demo-System verbindet Koordinatenmesstechnik und Bildverarbeitung, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 49. Jg., 2004, Nr. 9, S. 68-70.

Pfeifer, T., Tillmann, M., Grundmann, T. (2005), Verbesserungen

Nun sind sprunghafte Verbesserungen gefragt, in: Industrieanzeiger, 2005, Nr. AWK 2005, S. 25.

Picot, A. (2000), Unternehmensstrukturen

Markt- und Unternehmensstrukturen in der vernetzten Wirtschaft, in: C.C. von Weizsäcker (Hrsg.): Neue Formen der Unternehmensorganisation in der Energiewirtschaft, Oldenbourg Industrieverlag: München, 2000, S. 127-138.

Prefi, T. (2003), Unternehmensführung

Qualitätsorientierte Unternehmensführung, P3 GmbH: Aachen, 2003.

Rabrenovic, O. (2000), Wissensmanagement

Die Rolle der Organisation des Wissensmanagements im Unternehmen: Ein Entscheidungsmodell zur Optimierung des Wissensmanagements am Beispiel des Auftrags- und Auftragsabwicklungsprozesses in der produzierenden Industrie, hrsg. v. H. Schulz, Shaker Verlag: Aachen, 2000.

Redeker, G., Keunecke, L., Pommerenke, J. (2003), Qualitätsmanagement

Dynamisches Qualitätsmanagement für die hochflexible Produktion, in: wt Werkstattstechnik online, 2003. Jg., 2003, Nr. 4, S. 339-348.

REFA (1985), Planung und Steuerung

Methodenlehre der Planung und Steuerung, Teil 1, hrsg. v. Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V. REFA, Hanser Verlag: München, 1985.

Reiner, D. (2004), Produktentwicklung

Strategisches Wissensmanagement in der Produktentwicklung, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden, 2004.

Reles, T. (1985), Auswahl

Rechnergestützte Auswahl von Prüfmerkmalen im Rahmen der Prüfplanung für die mechanische Fertigung, Diss. RWTH Aachen, Aachen, 1985.

Repenning, F. (1994), Vermessen

Berührungsloses Vermessen von warmen Schmiedeteilen mit Hilfe der Lasertriangulation, VDI Verlag: Düsseldorf, 1994.

Richter, M., Raschke, D. (2004), Kooperation

Kooperation hat Zukunft: Potenziale der Automobilentwicklung in Deutschland, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 49. Jg., 2004, Nr. 5, S. 38-40.

Rübartsch, M. (2001), Qualitätsmanagementsystem

Entwicklung eines Qualitätsmanagementsystems für die netzwerkfähige Gestaltung von Unternehmensorganisationen, P3 GmbH: Aachen, 2001.

Scharer, M. (2002), Quality Gates

Quality Gates-Ansatz mit integriertem Risikomanagement, hrsg. v. H. Weule, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik: Karlsruhe, 2002.

Schloske, A. (1999), FMEA

Ein Modell zur EDV-integrierten Fehlermöglichkeits und -einflußanalyse (FMEA) in der Arbeitsplanung, Prüfplanung und Fertigung, hrsg. v. E. Westkämper, H.-J. Bullinger, Jost-Jetter Verlag: Heimsheim, 1999.

Schmitt, R., Bernards, M. (2005), Qualitätsmanagement

Qualitätsmanagement für langsam laufende Prozesse mit Projektcharakter, in: G.F. Kamiske (Hrsg.): Qualitätsmanagement - Digitale Fachbibliothek, Symposium Publishing: Düsseldorf, 2005, S. 1-23.

Schmitt, R., Hense, K. (2005), Excellence

Organisatorische und methodische Excellence: 9. Aachener Qualitätsgespräche, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 50. Jg., 2005, Nr. 6, S. 12.

Schneewind, J. (1994), Arbeitsplanerstellung

Entwicklung eines Systems zur integrierten Arbeitsplanerstellung und Fertigungsfeinplanung und -steuerung für die spanende Fertigung, hrsg. v. W. Eversheim, W. König, T. Pfeifer, M. Weck, Shaker Verlag: Aachen, 1994.

Schöming, D. (2001), Qualitäts-Informationssystem

Fehlerreduzierung durch die Einbindung eines Qualitäts-Informationssystems in die Konstruktion, Vulkan-Verlag: Essen, 2001.

Schuh, G. (2005), Wettbewerbsfähigkeit

AWK 2005 - Wege zur Wettbewerbsfähigkeit, in: Industrieanzeiger, 2005, Nr. AWK 2005, S. 1.

Schuh, G., Knoche, K. (2005), Technologiekette

Systematisch zur besseren Technologiekette, in: wt Werkstattstechnik online, 95. Jg., 2005, Nr. 4, S. 259-263.

Schülke, P. (2001), Informationsmanagement

Informationsmanagement im Service zur Verbesserung der Kommunikation mit den Unternehmensbereichen - Gestaltung des Informationsgewinnungsprozesses im Service, hrsg. v. G. Warnecke, Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation: Kaiserslautern, 2001.

Schulz, C. (1993), Regelkreise

Geschlossene Regelkreise in der Produktentstehung, in: Zwf, 88. Jg., 1993, Nr. 11, S. 523-525.

Schulze, A. (1999), Versuchsplanung

Statistische Versuchsplanung, in: W. Masing (Hrsg.): Handbuch Qualitätsmanagement, Hanser Verlag: München, 1999, S. 389-424.

Schwarze, J. (2003), Qualitätsmanagement

Kundenorientiertes Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden, 2003.

Sommerhäuser, L. (2003), Entscheidung

Der Weg zur richtigen Entscheidung - Ein Modell zur qualitätsorientierten Unterstützung von Entscheidungen in Prozessen, hrsg. v. W. Eversheim, F. Klocke, T. Pfeifer, G. Schuh, M. Weck, Shaker Verlag: Aachen, 2003.

Spath, D. (2005), Technologiemanagement

Technologiemanagement - Unternehmenserfolg heute und morgen, in: wt Werkstattstechnik online, 2005. Jg., 2005, Nr. 1/2, S. 1-2.

Spath, D., Becker, M., Koch, S. (2005), Arbeitsorganisation

Die adaptive unternehmerische Arbeitsorganisation, in: wt Werkstattstechnik online, 95. Jg., 2005, Nr. 1/2, S. 3-6.

Spath, D. et al. (2001), Quality-Gate-Konzept

Tore öffnen - Quality-Gate-Konzept für den Produktentstehungsprozess, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 46. Jg., 2001, Nr. 12, S. 1544-1549.

Sponner, B., Hoffmann, J., Garbas, M. (2000), FMEA

Fehler erkannt - Kosten gebannt: Ganzheitliche System-FMEA unter Moderation senkt Kosten, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 45. Jg., 2000, Nr. 10, S. 1279-1284.

Stahl, P. (1997), FMEA

Die Qualitätstechnik FMEA als Lerninstrument in Organisationen, Gabler Verlag: Wiesbaden, 1997.

Stoffels, A. (2001), Management

Wissensorientiertes Management der Produkt- und Prozessentwicklung: Ein systemischer Modellentwurf für produzierende Unternehmen, hrsg. v. H. Schulz, Shaker Verlag: Aachen, 2001.

Taguchi, G., Phadke, M. S. (1989), Quality

Quality Engineering throughout design optimization, in: K. Dehnad (Hrsg.): Quality Control, Robust Design, and the Taguchi Method, Wadsworth & Brooks/Cole: Pacific Grove, California, 1989, S. 77-96.

Theis, C. (1997), Qualitätsmanagement

Qualitätsmanagement zwischenbetrieblicher Kooperationen, Shaker Verlag: Aachen, 1997.

Thom, N., Wenger, A. P. (2000), Bewertung

Bewertung und Auswahl effizienter Organisationsformen, IOP-Verlag, 2000.

Timpe, K. P., Fessler, M. H., Burmeister, R. K. (2000), QFD-Ansatz

Von Anfang an mit System: Umfassende Produktplanung mit erweitertem QFD-Ansatz, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 45. Jg., 2000, Nr. 7, S. 883-887.

Timpe, K. P., Seibicke, V. (2000), Fehlersuche

Fehlersuche erweitern - Lernerfolge steigern: Management von System- und Erfahrungswissen auf FMEA-Basis für die Störungsdiagnose, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 45. Jg., 2000, Nr. 11, S. 1432-1438.

Tsui, K.-L. (1999), Robust Design

Modeling and analysis of dynamic robust design experiments, in: IIE Transactions, 1999, Nr. 31, S. 1113-1122.

Tuete Kwam, A. M. (1996), Prüfplanung

Methodik zur Integration der Prüfplanung in die Qualitätsplanung, hrsg. v. W. Eversheim, F. Klocke, W. König, T. Pfeifer, M. Weck, Shaker Verlag: Aachen, 1996.

Uhlig, A. (1994), Prüfplanung

Selbstprüfung - davor muss Prüfplanung stehen, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 39. Jg., 1994, Nr. 7, S. 762-765.

Uhlig, A. (1995), Selbstprüfung

Prüfplanung für Selbstprüfung muss wirtschaftlich sein, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 40. Jg., 1995, Nr. 1, S. 104-107.

Ulrich, H. (1984), Sozialwissenschaft

Sozialwissenschaft, in: T. Dyllick, G. Probst (Hrsg.): Management, Haupt Verlag: Bern, 1984, S. 168-199.

Vinarcik, E. J. (1999), QFD

Quality Function Deployment for Manufacturing Technology Assessment, in: QFD Institute (Hrsg.): Transactions from the eleventh symposium on quality function deployment, QFD Institute: Novi, Michigan, 1999, S. 38-57.

Vollrath, M. (2000), FMEA

Hier sitzt alles richtig: Die FMEA erfordert methodisches Know-how und Unterstützung seitens der Führung, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 45. Jg., 2000, Nr. 12, S. 1567-1570.

Wagner, K. W., Kohl, G., Käfer, R. (2001), Qualitätsmanagement

PQM - Prozessorientiertes Qualitätsmanagement, hrsg. v. K.W. Wagner, Hanser Verlag: München, 2001.

Warnecke, H.-J. (1993), Produktionsbetrieb

Der Produktionsbetrieb 1: Organisation, Produkt, Planung, Springer Verlag: Berlin, 1993.

Weingarten, T. (1998), Qualitätsmanagement

Ganzheitliches Qualitätsmanagement von Geschäftsprozessen, P3 GmbH: Aachen, 1998.

Westermann, K. F. (1991), Prüfstrategie

Prüfstrategie: Prüfplanung in der Elektronik und Feinwerktechnik, Hüthig Verlag: Heidelberg, 1991.

Westkämper, E. (2004), Planen

Schneller und häufiger planen, in: wt Werkstattstechnik online, 94. Jg., 2004, Nr. 3, S. 42.

Westkämper, E., Jeschke, K. (1991), Qualität

Integrationspfad Qualität, hrsg. v. I. Bey, Springer Verlag: Berlin, 1991.

Weuster, A. (2004), Unternehmensorganisation

Unternehmensorganisation. Organisationsprojekte - Aufbaustrukturen, Rainer Hampp Verlag: München, Mehring, 2004.

Wiendahl, H.-P. (2003), Fabrikplanung

Wandel auch in der Fabrikplanung, in: wt Werkstattstechnik online, 93. Jg., 2003, Nr. 4, S. 226.

Wildemann, H. (2001), Quality Gates

Quality Gates für Entwicklungsprozesse, in: VDI-Z, 143. Jg., 2001, Nr. 5, S. 31-34.

Wildemann, H. (2005), Qualitätsmanagement

Zahlt sich Qualität aus?: Renditewirksamkeit eines Qualitätsmanagements, in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 50. Jg., 2005, Nr. 5, S. 21-25.

Wojda, F., Waldner, B. (2000), Arbeitsorganisation

Neue Formen der Arbeit und Arbeitsorganisation, in: F. Wojda (Hrsg.): Innovative Organisationsformen, Schäffer-Poeschel Verlag: Stuttgart, 2000, S. 13-58.

Wood, B. (2002), SPC

Measuring up to SPC, in: Quality world, 2002, Nr. Mar., S. 19-20.

Zeller, P. (1990), Prüfplanerstellung

Automatisierte Prüfplanerstellung und Prüfzeichnungsgenerierung, Diss. RWTH Aachen, Aachen, 1990.

Zimmermann, V. (1995), QFD

Quality Function Deployment (QFD) im Entwicklungsprozess, Diss. Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, 1995.

Zischka, S. (2000), Qualitätsplanung

Zielgerichtete Qualitätsplanung in der Produktentwicklung, hrsg. v. G. Redeker, Shaker Verlag: Aachen, 2000.

8. Anhang

8.1. Analyse der systematisierten Begriffe

8.1.1. Detailanalyse der externen Verwendung

Datenbereich	Information	Kaufmännisch-technische Gesamtplanung	Qualitätsplanung	Arbeitsvorbereitung	Arbeitsplanung	Fertigungsplanung	Fertigung	Fertigungssteuerung	Fertigungsqualitätsprüfung	Konstruktion und Entwicklung	Montage	Quelle
Arbeitsplan	Arbeitsanweisungen				X							Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10,11,21
Arbeitsplan	Arbeitsanweisungen				X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Arbeitsplan	Arbeitsvorgangsfolge				X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Arbeitsplan	Arbeitsvorgangsfolge				X							Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 72
Arbeitsplan	Arbeitsvorgangsfolge				X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Arbeitsplan	Arbeitsvorgangsfolge				X							Schloske (1999), EDV-integrierte FMEA, S. 91
Arbeitsplan	Arbeitsvorgangsfolge				X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 30
Arbeitsplan	Arbeitsvorgangsfolge				X							Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 182
Arbeitsplan	Hauptzeit				X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Arbeitsplan	Kostenstellen				X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Arbeitsplan	Kostenstellen				X							Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 182
Arbeitsplan					X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 13
Arbeitsplan					X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
Arbeitsplan					X							Schloske (1999), EDV-integrierte FMEA, S. 74
Arbeitsplan					X							Westermann (1991), Prüfstrategie, S. 80
Arbeitsplan					X							Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 16
Arbeitsplan					X							Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 19
Arbeitsplan					X							Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 173
Arbeitsplan					X							Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 181
Arbeitsplan					X							Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 51
Arbeitsplan					X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Arbeitsplan					X							Schloske (1999), EDV-integrierte FMEA, S. 98
Auftragsdaten		X										Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 182
Fertigungsfeinplan	Losgrößen							X				Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 69
Fertigungsfeinplan	Terminplan							X				Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 19
Fertigungsfeinplan	Totzeit zwischen Merkmalserstellung und Prüfung							X				Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 182
Fertigungsfeinplan	verfügbare Kapazitäten an Mitarbeitern							X				Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10,11
Fertigungsfeinplan	verfügbare Kapazitäten an technischen Einrichtungen							X				Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10,11
Fertigungsfeinplan	Wissen über Matfluß und Aufträge							X				Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 53
Konstruktionszeichnungen	Baugruppen									X		Westermann (1991), Prüfstrategie, S. 80
Konstruktionszeichnungen	Geometrie									X		Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Konstruktionszeichnungen	Geometrie									X		Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 19
Konstruktionszeichnungen	Identitätsnummern									X		Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 69
Konstruktionszeichnungen	Identitätsnummern									X		Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Konstruktionszeichnungen	Maße									X		Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Konstruktionszeichnungen	Maße									X		Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 78
Konstruktionszeichnungen	Maße									X		Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 72
Konstruktionszeichnungen	Material									X		Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 53
Konstruktionszeichnungen	Material									X		Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Konstruktionszeichnungen										X		Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 174
Konstruktionszeichnungen										X		Zeller (1990), Prüferstellung, S. 13
Konstruktionszeichnungen										X		Westermann (1991), Prüfstrategie, S. 80
Konstruktionszeichnungen										X		Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 181
Konstruktionszeichnungen										X		Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 179
Konstruktionszeichnungen										X		Zeller (1990), Prüferstellung, S. 9
Konstruktionszeichnungen										X		Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 35
Konstruktionszeichnungen										X		Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 58
Konstruktionszeichnungen										X		Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10-12
Konstruktionszeichnungen										X		Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
Konstruktionszeichnungen										X		Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
Konstruktionszeichnungen										X		Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 19
Konstruktionszeichnungen										X		Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 173
Konstruktionszeichnungen										X		Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 51
Konstruktionszeichnungen										X		Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 174
Konstruktionszeichnungen										X		Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10,11
Produktionsanforderungen			X									Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. A2
Produktmerkmale	externe Produktmerkmale		X									Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
Produktmerkmale	externe Produktmerkmale		X									Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. A2
Produktmerkmale	externe Produktmerkmale		X									Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 19
Produktmerkmale	externe Produktmerkmale		X									Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. 82
Produktmerkmale	externe Produktmerkmale		X									Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
Produktmerkmale	externe Produktmerkmale		X									Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 53
Produktmerkmale	externe Produktmerkmale		X									Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. A2
Produktmerkmale	interne Produktmerkmale		X									Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 14
Produktmerkmale	interne Produktmerkmale		X									Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70

Datenbereich	Information	Kaufmännisch-technische Gesamtplanung	Qualitätsplanung	Arbeitsvorbereitung	Arbeitsplanung	Fertigungsplanung	Fertigung	Fertigungssteuerung	Fertigungsqualitätsprüfung	Konstruktion und Entwicklung	Montage	Quelle
Prüfberichte	AQL Werte								X			Zeller (1990), Prüferstellung, S. 13
Prüfberichte	Prüfkosten	X										Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 181
Prüfberichte	Prüfkosten	X										Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 78
Prüfberichte	Prüfkosten	X										Zeller (1990), Prüferstellung, S. 27
Prüfberichte	Prüfkosten	X										Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 12
Prüfberichte	Prüfkosten	X										Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
Prüfberichte	Prüfkosten	X										Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 182
Prüfberichte	Qualitätsmerkmale							X				Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. 74
Prüfberichte								X				Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
Prüfberichte								X				Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 19
Qualitätsdaten	Anweisung		X									Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. A2
Qualitätsdaten	Entscheidungstabellen		X									Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 19
Qualitätsdaten	intern / extern		X									Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
Qualitätsdaten	intern / extern		X									Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 78
Qualitätsdaten	intern / extern		X									Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10,11
Qualitätsdaten	intern / extern		X									Zeller (1990), Prüferstellung, S. 27
Qualitätsdaten	intern / extern		X									Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 69
Qualitätsdaten	intern / extern		X									Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 173
Qualitätsdaten	intern / extern		X									Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
Qualitätsdaten	intern / extern		X									Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 69
Qualitätsdaten	intern / extern		X									Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 179
Qualitätsdaten	intern / extern		X									Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 53
Qualitätsdaten	intern / extern		X									Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
Qualitätsdaten	Prüfergebnisse		X									Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 51
Qualitätsdaten	Prüfergebnisse		X									Westermann (1991), Prüfstrategie, S. 80
Qualitätsdaten	Stichprobenpläne		X									Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 69
Qualitätsdaten	Stichprobenpläne		X									Zeller (1990), Prüferstellung, S. 28
Qualitätsdaten	Umfang		X									Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. 82
Qualitätsdaten	Vorgabe der Art des Prüfergebnisses		X									Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 26
Schadenberichte	Kosten	X										Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 182
Schadenberichte	Kosten	X										Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 181
Schadenberichte	Kosten	X										Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
Schadenberichte	Kosten	X										Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 181
Schadensberichte	Schadenskosten	X										Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 181
Schadensberichte	Schadenskosten	X										Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 78
Stückliste	(Art, Anzahl)									X		Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10,11
Stückliste										X		Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 19
Stückliste										X		Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10,11
Stückliste										X		Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 174
System-FMEA Produkt	kritische Merkmale									X		Zeller (1990), Prüferstellung, S. 9
System-FMEA Produkt	kritische Merkmale									X		Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
System-FMEA Produkt	kritische Merkmale									X		Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 177
System-FMEA Produkt	kritische Merkmale									X		Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 177
System-FMEA Prozess	Maßnahmen				X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
System-FMEA Prozess	RPZ				X							Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 69
System-FMEA Prozess	RPZ				X							Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
System-FMEA Prozess	RPZ				X							Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 40
System-FMEA Prozess	RPZ				X							Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 181
System-FMEA Prozess	RPZ				X							Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. 82
System-FMEA Prozess	RPZ				X							Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
System-FMEA Prozess	RZA				X							Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 12
System-FMEA Prozess	RZA				X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
System-FMEA Prozess	RZA				X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 9
System-FMEA Prozess	RZA				X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 9
System-FMEA Prozess	RZA				X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
System-FMEA Prozess	RZA				X							Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. A2
System-FMEA Prozess	RZA				X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
System-FMEA Prozess	RZA				X							Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. 82
System-FMEA Prozess	RZA				X							Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 78
System-FMEA Prozess	RZB				X							Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 183
System-FMEA Prozess	RZB				X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
System-FMEA Prozess	RZB				X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
System-FMEA Prozess	RZB				X							Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
System-FMEA Prozess	RZB				X							Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 78
System-FMEA Prozess					X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 9
System-FMEA Prozess					X							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
System-FMEA Prozess					X							Schoske (1999), EDV-integrierte FMEA, S. 91

8.1.2. Detailanalyse der internen Verwendung

Datenbereich	Information	Auswahl der Prüfmerkmale	Beurteilung der Prüfnutwendigkeit	Festlegung des Prüfanfangs	Festlegung des Prüfzeitpunkts	Festlegung des Prüforts	Festlegung des Prüfpersonals	Auswahl des Prüfmittels	Festlegung der Prüfmethode	Erstellung der Prüfanweisung	Quelle
Arbeitsplan	Arbeitsanweisungen										Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10,11,21
Arbeitsplan	Arbeitsanweisungen							x			Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Arbeitsplan	Arbeitsvorgangsfolge	x			x						Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Arbeitsplan	Arbeitsvorgangsfolge				x	x					Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 72
Arbeitsplan	Arbeitsvorgangsfolge										Schloske (1999), EDV-integrierte FMEA, S. 91
Arbeitsplan	Arbeitsvorgangsfolge					x	x				Zeller (1990), Prüferstellung, S. 30
Arbeitsplan	Arbeitsvorgangsfolge				x						Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 182
Arbeitsplan	Hauptzeit			x			x				Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Arbeitsplan	Kostenstellen					x	x				Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Arbeitsplan	Kostenstellen				x						Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 182
Arbeitsplan											Zeller (1990), Prüferstellung, S. 13
Arbeitsplan		x		x	x	x	x	x			Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
Arbeitsplan											Schloske (1999), EDV-integrierte FMEA, S. 74
Arbeitsplan											Westermann (1991), Prüfstrategie, S. 80
Arbeitsplan											Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 16
Arbeitsplan											Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 19
Arbeitsplan											Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 173
Arbeitsplan		x									Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 181
Arbeitsplan											Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 51
Arbeitsplan							x				Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Arbeitsplan											Schloske (1999), EDV-integrierte FMEA, S. 98
Arbeitsplan											Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 182
Arbeitsplan	Losgrößen			x							Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 69
Arbeitsplan	Terminplan										Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 19
Arbeitsplan	Totzeit zwischen Merkmalserstellung und Prüfung				x						Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 182
Arbeitsplan	verfügbare Kapazitäten an Mitarbeitern										Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10,11
Arbeitsplan	verfügbare Kapazitäten an technischen Einrichtungen										Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10,11
Arbeitsplan	Wissen über Matfluß und Aufträge										Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 53
Konstruktionszeichnungen	Baugruppen										Westermann (1991), Prüfstrategie, S. 80
Konstruktionszeichnungen	Geometrie	x						x			Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Konstruktionszeichnungen	Geometrie										Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 19
Konstruktionszeichnungen	Identitätsnummern										Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 69
Konstruktionszeichnungen	Identitätsnummern					x		x			Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Konstruktionszeichnungen	Maße	x						x			Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Konstruktionszeichnungen	Maße			x							Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 78
Konstruktionszeichnungen	Maße							x			Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 72
Konstruktionszeichnungen	Material										Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 53
Konstruktionszeichnungen	Material										Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
Konstruktionszeichnungen											Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 174
Konstruktionszeichnungen											Zeller (1990), Prüferstellung, S. 13
Konstruktionszeichnungen											Westermann (1991), Prüfstrategie, S. 80
Konstruktionszeichnungen		x									Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 181
Konstruktionszeichnungen											Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 179
Konstruktionszeichnungen											Zeller (1990), Prüferstellung, S. 9
Konstruktionszeichnungen											Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 35
Konstruktionszeichnungen		x									Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 58
Konstruktionszeichnungen			x								Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10-12
Konstruktionszeichnungen											Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
Konstruktionszeichnungen		x				x		x			Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
Konstruktionszeichnungen											Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 19
Konstruktionszeichnungen											Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 173
Konstruktionszeichnungen											Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 51
Konstruktionszeichnungen											Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 174
Konstruktionszeichnungen											Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10,11
Produktionsanforderungen											Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. A2
Produktmerkmale	externe Produktmerkmale	x		x		x	x	x			Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
Produktmerkmale	externe Produktmerkmale	x	x								Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. A2
Produktmerkmale	externe Produktmerkmale										Bläsing (1978), Prüfplanung, S. 19
Produktmerkmale	externe Produktmerkmale										Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. 82
Produktmerkmale	externe Produktmerkmale	x									Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
Produktmerkmale	externe Produktmerkmale										Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 53
Produktmerkmale	externe Produktmerkmale	x	x								Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. A2
Produktmerkmale	interne Produktmerkmale										Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 14
Produktmerkmale	interne Produktmerkmale		x								Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70

Datenbereich	Information	Auswahl der Prüfmerkmale	Beurteilung der prüfnotwendigkeit	Festlegung des Prüfumfanges	Festlegung des Prüfpunkts	Festlegung des Prüfris	Festlegung des Prüfpersonals	Auswahl des Prüfmittels	Festlegung der Prüfmeth.	Erstellung der Prüfplanung	Quelle
Prüfberichte	AOL Werte	x									Zeller (1990), Prüferstellung, S. 13
Prüfberichte	Prüfkosten	x									Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 181
Prüfberichte	Prüfkosten			x							Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 78
Prüfberichte	Prüfkosten			x							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 27
Prüfberichte	Prüfkosten		x								Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 12
Prüfberichte	Prüfkosten		x								Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
Prüfberichte	Prüfkosten				x						Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 182
Prüfberichte	Qualitätsmerkmale										Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. 74
Prüfberichte			x								Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
Prüfberichte											Blasing (1978), Prüfplanung, S. 19
Qualitätsdaten	Anweisung										Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. A2
Qualitätsdaten	Entscheidungstabellen										Blasing (1978), Prüfplanung, S. 19
Qualitätsdaten	intern / extern		x								Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
Qualitätsdaten	intern / extern			x							Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 78
Qualitätsdaten	intern / extern										Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10,11
Qualitätsdaten	intern / extern			x							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 27
Qualitätsdaten	intern / extern										Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 69
Qualitätsdaten	intern / extern										Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 173
Qualitätsdaten	intern / extern	x									Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
Qualitätsdaten	intern / extern						x				Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 69
Qualitätsdaten	intern / extern										Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 179
Qualitätsdaten	intern / extern										Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 53
Qualitätsdaten	intern / extern	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
Qualitätsdaten	Prüfergebnisse										Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 51
Qualitätsdaten	Prüfergebnisse										Westermann (1991), Prüfstrategie, S. 80
Qualitätsdaten	Stichprobenpläne			x							Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 69
Qualitätsdaten	Stichprobenpläne			x							Zeller (1990), Prüferstellung, S. 28
Qualitätsdaten	Umfang										Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. 82
Qualitätsdaten	Vorgabe der Art des Prüfergebnisses										Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 26
Schadenberichte	Kosten				x						Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 182
Schadenberichte	Kosten	x									Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 181
Schadenberichte	Kosten		x								Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
Schadenberichte	Kosten	x									Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 181
Schadenberichte	Schadenskosten	x									Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 181
Schadenberichte	Schadenskosten			x							Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 78
Stückliste	(Art, Anzahl)										Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10,11
Stückliste											Blasing (1978), Prüfplanung, S. 19
Stückliste											Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 10,11
System-FMEA Produkt	kritische Merkmale										Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 174
System-FMEA Produkt	kritische Merkmale	x		x	x						Zeller (1990), Prüferstellung, S. 9
System-FMEA Produkt	kritische Merkmale										Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
System-FMEA Produkt	kritische Merkmale										Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 177
System-FMEA Prozess	Maßnahmen	x									Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 177
System-FMEA Prozess	RPZ										Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
System-FMEA Prozess	RPZ		x			x					Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 69
System-FMEA Prozess	RPZ										Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
System-FMEA Prozess	RPZ	x									Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 40
System-FMEA Prozess	RPZ										Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 181
System-FMEA Prozess	RPZ										Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. 82
System-FMEA Prozess	RPZ		x								Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
System-FMEA Prozess	RZ-A		x								Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 12
System-FMEA Prozess	RZ-A		x								Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
System-FMEA Prozess	RZ-A										Zeller (1990), Prüferstellung, S. 9
System-FMEA Prozess	RZ-A										Zeller (1990), Prüferstellung, S. 9
System-FMEA Prozess	RZ-A	x									Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
System-FMEA Prozess	RZ-A										Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. A2
System-FMEA Prozess	RZ-A	x		x	x						Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38
System-FMEA Prozess	RZ-A										Tuete Kwam (1996), Integration der Prüfplanung, S. 82
System-FMEA Prozess	RZ-A			x							Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 78
System-FMEA Prozess	RZ-B			x							Pfeifer (2001), Qualitätsmanagement, S. 183
System-FMEA Prozess	RZ-B			x	x						Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
System-FMEA Prozess	RZ-B	x		x	x						Zeller (1990), Prüferstellung, S. 40
System-FMEA Prozess	RZ-B		x								Dutschke (1975), Prüfplanung, S. 70
System-FMEA Prozess	RZ-B			x							Neumann (1992), Prüflangenerierung, S. 78
System-FMEA Prozess											Zeller (1990), Prüferstellung, S. 9
System-FMEA Prozess		x		x	x						Zeller (1990), Prüferstellung, S. 38

8.2. Auswahl einer Modellierungsmethode

Aufbauend auf den Anforderungen, die die Prüfplanung an eine Modellierung ihrer Schnittstellen stellt, wird eine Methode ausgewählt mit der die in- und externen Informationsbeziehungen abgebildet werden können - spezifische Belange der Prüfplanung erfordern zusätzlich eine Adaption der ausgewählten Methode. Dies wird im Folgenden vorgestellt.

8.2.1. Anforderungen an die Modellierungsmethode

Die Anforderungen an die Modellierungsmethode sind in allgemeine und spezielle Anforderungen zu unterscheiden und werden im Folgenden vorgestellt.

8.2.1.1. Allgemeine Anforderungen an die Modellierungsmethode

Das Ziel ist die Darstellung der komplexen Zusammenhänge der Prüfplanung, um die Abhängigkeiten der Prüfplanung mit anderen Unternehmensbereichen abzubilden sowie die internen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Funktionen darzustellen. Hieraus leitet sich die Forderung nach einer transparenten Darstellung ab. Die Zusammenhänge sollen für Außenstehende schnell und leicht verständlich dargestellt werden können. Realitätstreue und logische Korrektheit sind Grundvoraussetzungen für eine Darstellung, aus denen in weiteren Schritten Handlungsbedarfe abgeleitet und Lösungen umgesetzt werden können. Um bei der Verwendung des Modells nicht durch fehlende Informationen in der Darstellung auf Probleme zu stoßen, ist es grundlegend, dass alle relevanten Aspekte der Realität im Informationsmodell abgebildet werden können. Da zu Beginn der Modellerstellung weitere Detaillierungen nicht auszuschließen sind, muss der Detaillierungsgrad des Modells frei wählbar sein und eine hierarchische Form ermöglichen. Ein Bausteinprinzip gewährleistet eine hohe Effizienz der Methode. Ebenso muss die Methode einen dem Sachverhalt angemessenen Komplexitätsgrad aufweisen. Um für Außenstehende einen leichten Zugang zu dem erstellten Modell zu gewährleisten, sollte die Modellierungsmethode einen möglichst hohen Verbreitungsgrad besitzen.

Abbildung 68 fasst die allgemeinen Anforderungen an die Modellierung der Schnittstellen der Prüfplanung zusammen.

Allgemeine Anforderungen
• Transparente Darstellung • Realitätstreue • Logische Korrektheit • Abbildbarkeit aller relevanten Aspekte • Freie Wahl des Detaillierungsgrades • Effiziente Erstellung • Hoher Verbreitungsgrad

Abbildung 68: Allgemeine Anforderungen an das Modell

8.2.1.2. Spezielle Anforderungen an die Modellierungsmethode

Nachdem die allgemeinen Anforderungen an das Modell diskutiert wurden, werden die für den Anwendungsfall speziellen dargelegt, Abbildung 69.

Spezielle Anforderungen
• Anwendbarkeit ohne vorherige Festlegung einer Funktionsabfolge • Darstellbarkeit von Teilfunktionen • Darstellbarkeit von Informationszusammensetzungen • Darstellbarkeit von Eingangs- und Ausgangsinformationen • Darstellbarkeit von Verarbeitungshilfsmitteln • Integrationsfähigkeit in ein umfassendes Konzept

Abbildung 69: Spezielle Anforderungen an das Modell

Eine wichtige Anforderung an das zu erstellende Modell ist, dass sowohl die Schnittstellen als auch die Informationsflüsse ohne eine vorherige Festlegung eines definierten Ablaufs dargestellt werden können; diese Forderung betrifft sowohl die internen Abhängigkeiten der Funktionen der Prüfplanung untereinander als auch die Integration der Prüfplanung in die unternehmensweiten Abläufe. Des Weiteren muss das Modell die Darstellung von Teilfunktionen unterstützen. Diese Eigenschaft lässt sich daraus ableiten, dass nur die im Bezug auf die Prüfplanung relevanten Bereiche dargestellt werden sollen, um die Komplexität des Modells zu beschränken. Als eine weitere Eigenschaft des Modells ist die Darstellbarkeit von Zusammengesetzten Informationen zu sehen. Somit wird gewährleistet, dass einer Funktion innerhalb des Modells von mehreren anderen Funktionen Informationen zugeführt werden können. Um die Transparenz der Darstellung zu erhöhen, ist eine Unterscheidung zwischen Eingangs- und Ausgangsinformationen der einzelnen Funktionen unumgänglich. Dieser Aspekt gewinnt vor dem Hintergrund, dass die Ausgangsinformationen einer (Teil-)Funktion zugleich die Eingangsinformationen anderer Bereiche darstellen können, an Bedeutung. Die Integration von Verarbeitungshilfsmitteln, die die Funktionen bei der Transformation von Informationen unterstützen, muss realisiert werden, um die Einbindung des Modells in ein Gesamtmodell, wie zum Beispiel die Betrachtung des Produktentstehungsprozesses, zu ermöglichen. Abschließend wird von der ausgewählten Methode gefordert, dass sie in ein integriertes Modell zur Darstellung der Abläufe eines gesamten Unternehmens eingebunden werden kann.

8.2.2. Auswahl einer geeigneten Modellierungsmethode

Nachdem die Kriterien zur Auswahl einer geeigneten Modellierungsmethode dargestellt wurden, wird im Folgenden eine Methode ausgewählt, die die aufgestellten Anforderungen bestmöglich umsetzt.

Es existieren zahlreiche Methoden, die generell geeignet sind, um komplexe Sachverhalte darzustellen. Schneewind, Esser und Merget bewerten verschiedene daten-, funktions- und vorgangsorientierte Methoden.³³⁹ Letztgenannter trifft eine Auswahl aus Basis der oben angeführten Anforderungen der Prüfplanung, Abbildung 70.³⁴⁰

		ERM	Datenanalyse-Diagramme	JSD	Funktionale Zerlegung	DFD	SADT	Petri-Netze	Nassi-Schneidermann-Diagramme
allgemeine Forderungen	transparente Darstellung	10	2,2	10	10	10	10	10	0
	Realitätstreue	10	10	10	10	10	10	10	10
	logische Korrektheit	10	10	10	10	10	10	10	10
	Abbildbarkeit aller relevanten Aspekte	3,8	3,8	3,8	3,8	10	10	3,8	3,8
	freie Wahl des Detaillierungsgrades	10	10	10	10	10	10	10	10
	Effiziente Erstellung	10	1,1	10	10	10	10	10	1,1
	Verbreitungsgrad	10	1,1	1,1	10	10	10	10	10
spezielle Forderungen	Anwendbarkeit ohne vorherige Festlegung einer Funktionsabfolge	10	10	2,7	2,7	10	10	2,7	2,7
	Darstellbarkeit von Teilfunktionen	10	10	10	10	10	10	10	10
	Darstellbarkeit von Informationszusammensetzungen	10	10	6,9	2,3	2,3	6,9	2,3	2,3
	Darstellbarkeit von Eingangs- und Ausgangsinformationen	1,8	1,8	10	1,8	10	10	5,5	10
	Darstellbarkeit von Verarbeitungshilfsmitteln	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	10	4,3	4,3
	Integrationsfähigkeit in ein umfassendes Konzept	10	4,5	1,8	10	4,5	10	10	0
Gesamteignung		109,9	78,8	90,6	94,9	111,1	126,9	98,6	74,2
normierte Gesamteignung		0,85	0,61	0,70	0,73	0,85	0,98	0,76	0,57

Abbildung 70: Erfüllungsgrade der Methoden

Die funktionsorientierte Structured Analysis and Design Technique (SADT) erreicht unter den von Merget vorgestellten Methoden den höchsten Erfüllungsgrad der allgemeinen und

³³⁹ Vgl. Schneewind (1994), Arbeitsplanerstellung, S. 39-62 der eine Methode zur Modellierung der Arbeitsplanerstellung auswählt und Esser (1995), Qualitätsmanagementaufgaben, S. 27-38 der die Schnittstellen von Logistik- und Qualitätsmanagementaufgaben modelliert.

³⁴⁰ Merget (2004), Toleranzvariation, S. 47-48 und 141-154 vergleicht hierzu aus dem Bereich der datenorientierten Methoden das Entity-Relationship-Diagramm, das Datenanalyse-Diagramm und das Jackson-Structured-Development; aus den funktionsorientierten Methoden die Methode der funktionalen Zerlegung, das Datenflussdiagramm und die Structured Analysis and Design Technique (SADT) sowie aus den vorgangsorientierten Methoden das Petrinetz und das Nassi-Schneidermann Diagramm. In der Regel dienen die Methoden zur Beschreibung komplexer Geschäftsprozesse. Er bewertet deren Eignung anhand eines paarweisen Vergleichs; die SADT erreicht dabei mit 0,98 den höchsten Erfüllungsgrad auf einer normierten Skala von 0 bis 1. Die dabei zugrunde liegenden Anforderungen sind mit den hier relevanten nahezu identisch, so dass auf eine erneute vergleichende Bewertung der Methoden an dieser Stelle verzichtet werden kann.

speziellen Anforderungen, die die Prüfplanung an eine Modellierung der Schnittstellen stellt.³⁴¹

Mit der beschriebenen Methode können die komplexen Funktionen beziehungsweise die Tätigkeiten innerhalb der Prüfplanung vernetzt dargestellt werden. Die hohe Transparenz der Methode resultiert aus der anschaulichen Darstellung der Eingangs- und Ausgangsinformationen, die den einzelnen Funktionen zugeordnet werden. Initiierende Informationen beeinflussen als Auslöser die Durchführung der Aktivitäten innerhalb der einzelnen Funktionen. Zusätzlich werden Hilfsmittel angeführt, die bei der Durchführung der Funktionen zu benutzen sind.³⁴²

8.2.3. Adaption der Modellierungsmethode

Durch eine Modifikation des SADT-Bausteins wird die Methode den Anforderungen an eine Modellierung der Prüfplanung angepasst und es ist möglich, mehrere Eingangs- und Ausgangsinformationen sowie zahlreiche Hilfsmittel in einem Baustein zu verwenden.³⁴³ Darüber hinaus können umfangreichere Funktionen detailliert werden, indem komplexe Funktionen in mehrere einfache Unterfunktionen aufgespaltet werden, Abbildung 71.³⁴⁴

Der dargestellte Baustein zeigt beide methodischen Erweiterungen. Zum einen werden mehrere Ein- und Ausgangsinformationen sowie Hilfsmittel dargestellt. Zum anderen beinhaltet die Funktion drei Unterfunktionen. Beispielhaft wird an zwei Unterfunktionen eine weitere Detaillierung dargestellt.

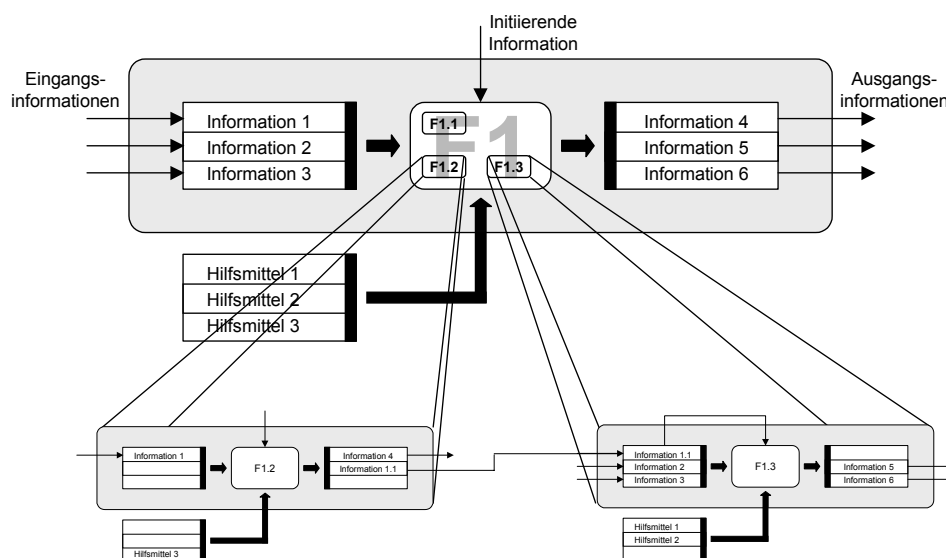


Abbildung 71: Modellierung einer Detaillierungsstufe

³⁴¹ Vgl. Pfeifer/Bernards (2005), Prüfablaufplanung, S. 192.

³⁴² Vgl. hierzu Pfeifer/Bernards (2005), Prüfablaufplanung, S. 192 und die dort zitierte Literatur sowie Merget (2004), Toleranzvariation, S. 48-49, Schöming (2001), Qualitäts-Informationssystem, S. 21-23 und Gerhards (2002), Methodik zur Interaktion, S. 61-63.

³⁴³ Vgl. Merget (2004), Toleranzvariation, S. 49 und Pfeifer/Bernards (2005), Prüfablaufplanung, S. 192.

³⁴⁴ Vgl. Pfeifer/Bernards (2005), Prüfablaufplanung, S. 192.

Es wird deutlich, dass bei einer Aufspaltung explizit nachvollzogen werden kann, welche der Informationen, die in die Funktion eingehen, von einer Unterfunktion verwendet werden. Ebenso wird dargestellt, ob eine Unterfunktion Eingangsinformationen für eine andere liefert. Die Ausgangsinformationen der Funktion können ebenso nach ihrer Entstehung differenziert werden.

8.3. Abhängigkeiten innerhalb der Prüfplanung

Zur Entwicklung eines Modells, welches diese Zusammenhänge und Informationsbeziehungen beschreibt, ist es notwendig, die Interdependenzen der Funktionen untereinander zu analysieren. Abbildung 72 zeigt die in der Literatur beschriebenen Korrelationen der Funktionen nach Neumann und Zeller.³⁴⁵

beeinflusst ↑	Auswahl der Prüfmerkmale	Beurteilung der Prüfnotwendigkeit	Festlegung des Prüfumfangs	Festlegung des Prüfzeitpunktes	Festlegung des Prüforts	Festlegung des Prüfpersonals	Auswahl des Prüfmittels	Festlegung der Prüffart	Erstellung der Prüfanweisung
Auswahl der Prüfmerkmale									
Beurteilung der Prüfnotwendigkeit									
Festlegung des Prüfumfangs									
Festlegung des Prüfzeitpunktes									
Festlegung des Prüforts									
Festlegung des Prüfpersonals									
Auswahl des Prüfmittels									
Festlegung der Prüffart									
Erstellung der Prüfanweisung									
	Zeller (1990) Prüfplangenerierung	Neumann (1992) Prüfplanerstellung	Zeller und Neumann						

Abbildung 72: Analyse der Interdependenzen innerhalb der Prüfplanung

Ein exakter Vergleich ist aufgrund begrifflicher Differenzen schwierig. Bei Neumann findet sowohl die Festlegung des Prüfortes, als auch die des Personals keine Berücksichtigung. Im Gegensatz hierzu weist Zeller die Beurteilung der Prüfnotwendigkeit und die Festlegung der Prüffart nicht gesondert aus. Bei den sich überschneidenden Funktionen ist in weiten Bereichen eine Übereinstimmung der Untersuchungsergebnisse festzustellen. Einige Korrelationen werden jeweils nur in einer der beiden Arbeiten erkannt.

Zeller nennt einen Einfluss des Prüfmittels auf die zu prüfenden Merkmale, ohne dies genau zu begründen. Dem kann im Rahmen dieser Arbeit nicht ohne weiteres zugestimmt werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Auswahl der Prüfmerkmale, abstrahiert von betrieblichen Restriktionen, allein auf produktspezifischen Charakteristika basiert.

Bei Neumann wird ein Einfluss des Prüfmittels auf den Umfang der Prüftätigkeit festgestellt. Eine Begründung für diesen Sachverhalt wird nicht gegeben. Im Weiteren wird davon ausgegangen, dass auch die Bestimmung des Prüfumfangs, unabhängig von betrieblichen Randbe-

³⁴⁵ Vgl. Neumann (1992), Prüfplangenerierung, S. 67-71 und Zeller (1990), Prüfplanerstellung, S. 36-42.

dingungen, auf Qualitätsforderungen basiert und somit als Einflussgröße für die Auswahl eines Prüfmittels dient (in diesem Punkt stimmen beide Arbeiten überein). Aus diesem Grund wird der Einfluss der Prüfzeit auf den Prüfumfang im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

Eine Neuordnung der Matrix zeigt die der Modellierung in Kapitel 3.2.2 zugrunde gelegten Interdependenzen innerhalb der Prüfplanung, Abbildung 73.

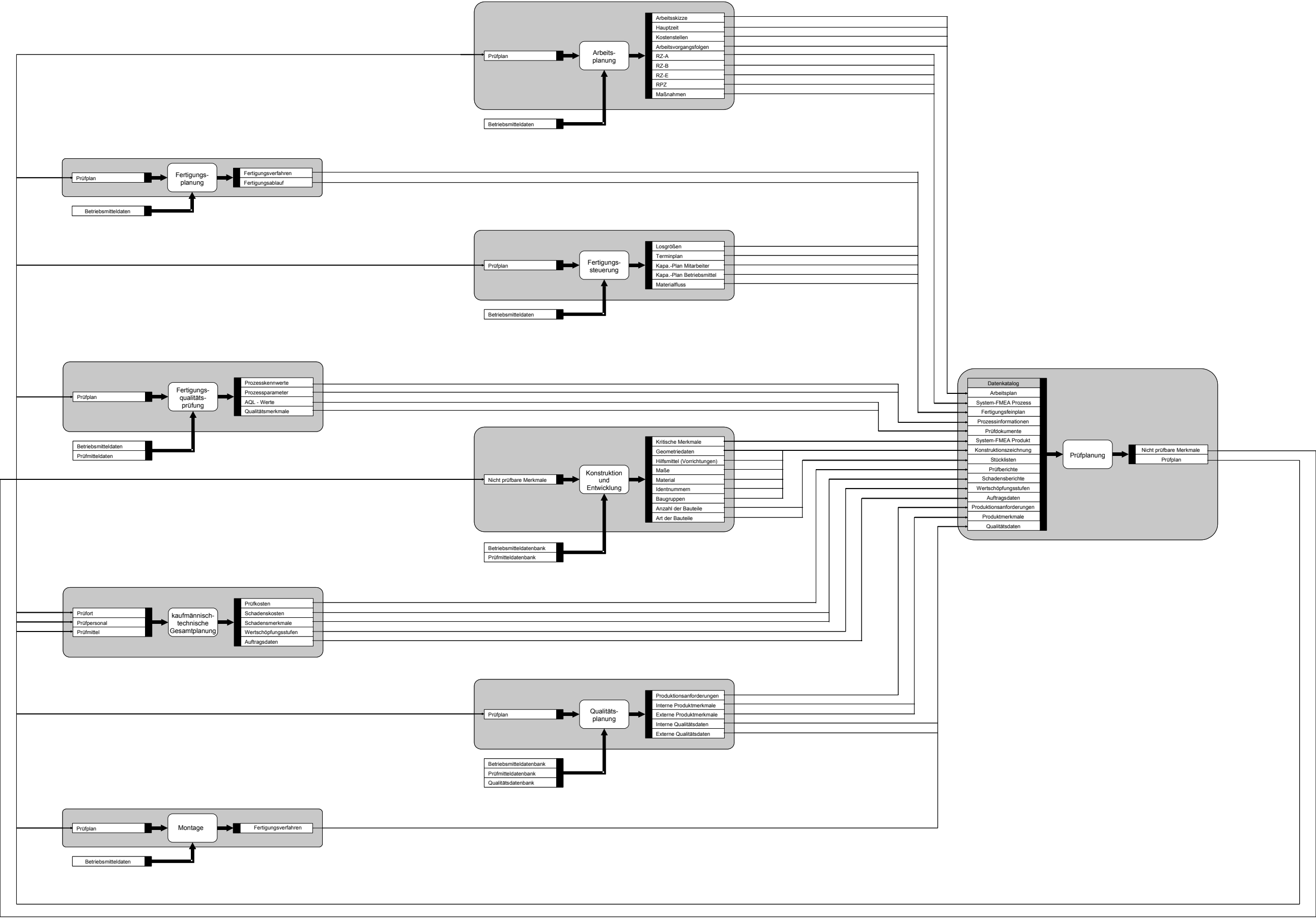
beeinflusst ↑	Auswahl der Prüfmerkmale	Beurteilung der Prüfnötwendigkeit	Festlegung des Prüfumfangs	Festlegung der Prüfart	Festlegung des Prüfzeitpunktes	Festlegung des Prüforts	Festlegung des Prüfpersonals	Auswahl des Prüfmittels	Erstellung der Prüfanweisung
Auswahl der Prüfmerkmale									
Beurteilung der Prüfnötwendigkeit									
Festlegung des Prüfumfangs									
Festlegung der Prüfart									
Festlegung des Prüfzeitpunktes									
Festlegung des Prüforts									
Festlegung des Prüfpersonals									
Auswahl des Prüfmittels									
Erstellung der Prüfanweisung									

Abbildung 73: Modellierungsrelevante Interdependenzen innerhalb der Prüfplanung

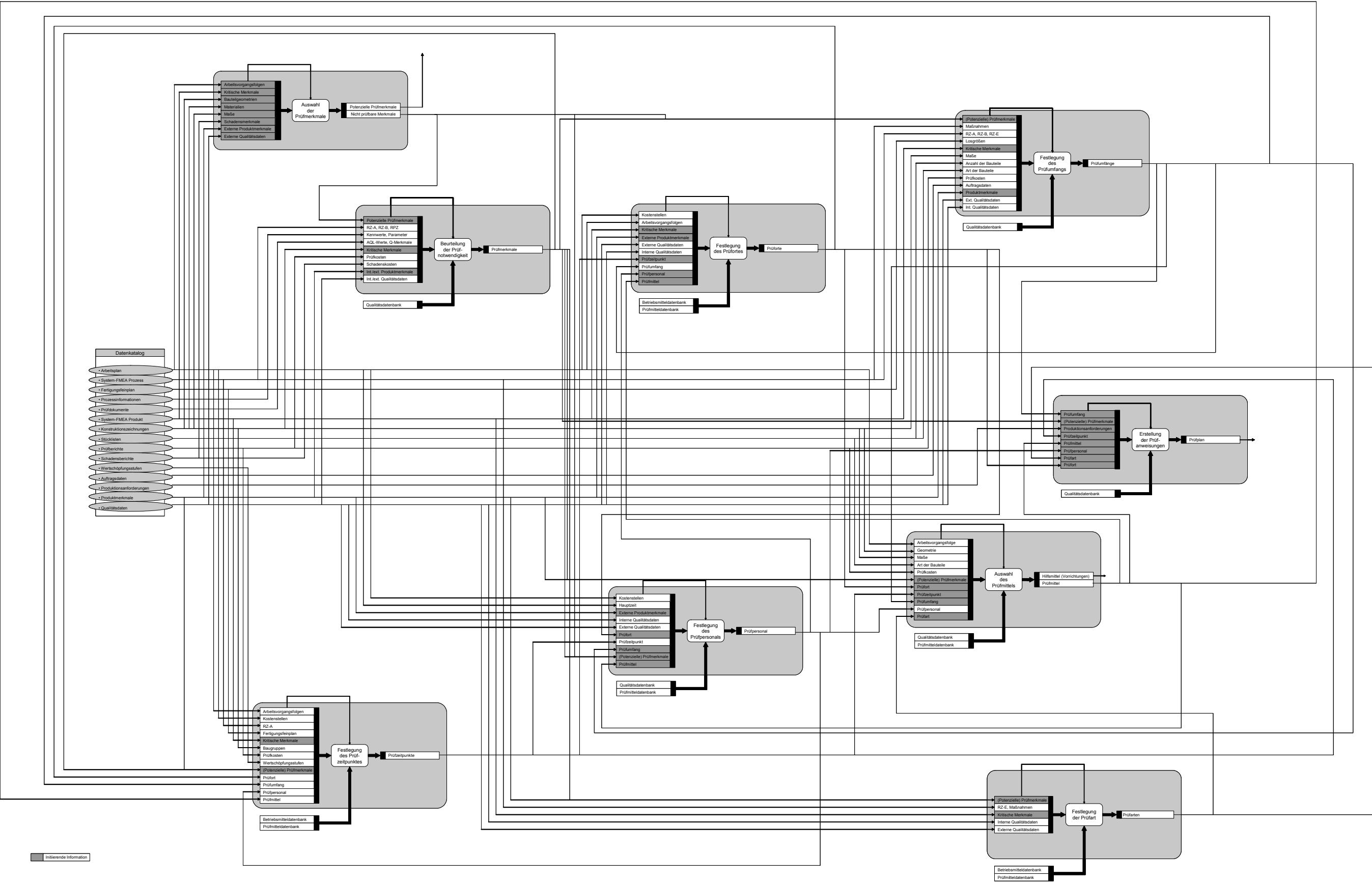
Ein Vergleich mit Abbildung 72 zeigt, dass lediglich die oben kritisierten Korrelationen nicht mehr vermerkt sind. Durch die Neuordnung der Zeilen und Spalten wird jedoch deutlich, dass es Funktionen gibt, die in einem wechselseitigen Verhältnis stehen. Sie beeinflussen sich gegenseitig. Zeller unterscheidet diese Korrelationen, indem er sie von der zeitlichen Abfolge der Einzelschritte abhängig macht. Somit gelangt er zu einer idealen Reihenfolge. Im Rahmen des Simultaneous Engineering wird eine Parallelisierung angestrebt, die eine sequentielle Bearbeitung von Planungsschritten so weit wie möglich vermeidet – bei der Modellierung der Schnittstellen wird deshalb davon ausgegangen, dass alle Interdependenzen zum Tragen kommen.

Der grau unterlegte Bereich zeigt die betroffenen Funktionen. Jede Funktion dieses Bereichs steht mit allen anderen in einer wechselseitigen Beziehung. Hier ist mit einem erhöhten Kommunikationsaufwand zu rechnen. Die Integration dieser Schritte bildet eine Herausforderung, die es bei der Modellierung der Schnittstellen zu berücksichtigen gilt.

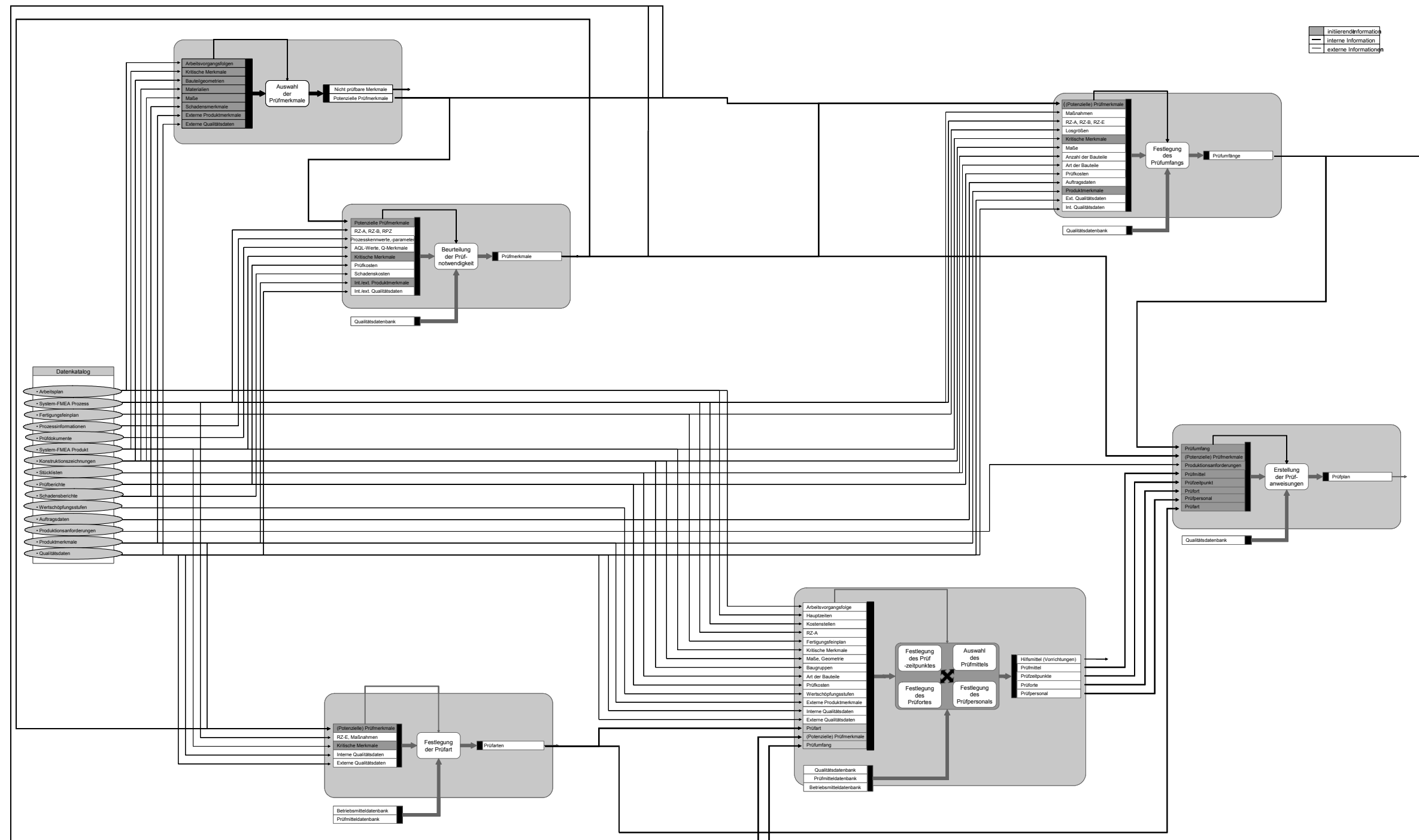
8.4. Gesamtmodell der externen Schnittstellen



8.5. Gesamtmodell der internen Schnittstellen



8.6. Aggregiertes Gesamtmodell der internen Schnittstellen



8.7. VMI-Matrix der involvierten Bereiche

Modul Bereich	Modul Planung	Modul Entwicklung	Modul Anlauf	Modul Serie	Modul Einsatz
Marketing	v				i
Vertrieb	m				v
Design	m				m
Konstruktion u. Entwicklung	i	v	m		
Fertigungs- planung		m	v	i	
Montage- planung		m	v	i	
Fertigungs- steuerung			i	v	
Montage- steuerung			i	v	

Abbildung 74: Matrix der Modulverantwortlichkeit

8.8. Messgrößen der Modul-Anforderungen

Modul Planung:

- Zu prüfende Merkmale vorgeschlagen
 - QFD durchgeführt
 - Befragungen durchgeführt und ausgewertet
 - Umfeldanalysen durchgeführt und ausgewertet
 - Felddaten ausgewertet
- Prüfnotwendigkeit vorbestimmt
 - QFD ausgewertet
 - Felddaten ausgewertet
- Prüfumfänge vorgeschlagen
 - Felddaten von Vorgänger- oder Konkurrenzprodukten ausgewertet
 - Kundengewichtung der Merkmale ermittelt und berücksichtigt
- Prüfmart vorgeschlagen
 - Felddaten ausgewertet
 - Umfeldanalysen durchgeführt

Modul Entwicklung:

- Zu prüfende Merkmale festgelegt
 - Merkmale um technische Aspekte erweitert
 - QDF-2 durchgeführt
 - System-FMEA Produkt durchgeführt
 - FMK berücksichtigt
 - FHA berücksichtigt
 - Verfügbare Betriebsmittel berücksichtigt
- Prüfnotwendigkeit bestimmt
 - Technische Prüfnotwendigkeit bestimmt
 - System-FMEA Produkt durchgeführt
 - System-FMEA Prozess durchgeführt
- Prüfumfänge konkretisiert
 - RZs Produkt ermittelt und berücksichtigt

- RZs Prozess ermittelt und berücksichtigt
- Prozessfähigkeit der vorausgewählten Prüfmittel berücksichtigt
- Prüfmittel vorselektiert
 - Toleranzfelder berücksichtigt
 - Vorhandene Prüf- und Messmittel berücksichtigt
 - Konkretisierten Umfang berücksichtigt

Modul Anlauf:

- Prüfumfang festgelegt
 - Methoden zur Dynamisierung bestimmt
 - Prozessfähigkeiten berücksichtigt
 - Losgröße berücksichtigt
 - Kundenvorgaben, interne Richtlinien berücksichtigt
 - Sicherheitsrelevante Teile berücksichtigt
 - SVM ausgewertet
 - SPC ausgewertet
 - System-FMEA Prozess ausgewertet
- Prüfzeitpunkt festgelegt
 - Zugänglichkeit des Merkmal berücksichtigt
 - Dauer der Messoperation berücksichtigt
 - Taktrate des Prozesses berücksichtigt
 - Verfügbarkeit der Messmittel berücksichtigt
 - System-FMEA Prozess ausgewertet
- Prüfort festgelegt
 - Fertigungsfluss berücksichtigt
 - Zugänglichkeit des Merkmals berücksichtigt
 - Transportmöglichkeit berücksichtigt
 - Transportvorgänge berücksichtigt
 - Taktrate des Prozesses berücksichtigt
 - Produktionsumgebung berücksichtigt
 - Bauteilgröße berücksichtigt

- System-FMEA Prozess ausgewertet
- Prüfpersonal festgelegt
 - Anforderungen der Messoperation berücksichtigt
 - Personalverfügbarkeit berücksichtigt
 - Ausgewählte Messmittel berücksichtigt
 - SVM ausgewertet
- Prüfmittel ausgewählt
 - Zugänglichkeit des Merkmals berücksichtigt
 - Oberfläche des Merkmals berücksichtigt
 - Taktile/ induktiv/ optisch gegeneinander abgewogen
 - Toleranzfeldbreite berücksichtigt
 - Bauteilgröße berücksichtigt
 - Messdauer/ Taktrate berücksichtigt
 - System-FMEA Prozess ausgewertet
- Prüfmethode ausgewählt
 - Ergebnisverwertung berücksichtigt
 - Prozessregelgrößen berücksichtigt
 - System-FMEA Prozess ausgewertet
 - SVM ausgewertet
- Prüfanweisung erstellt
 - Alle Aspekte berücksichtigt
 - Verständlichkeit sichergestellt

Modul Serie:

- Zu prüfende Merkmale ergänzt
 - Effektive Prozessregelung überprüft
 - Wechselwirkungen zu anderen Prüfmerkmalen berücksichtigt
 - Auswirkungen auf Produktionsfluss berücksichtigt
 - SPC ausgewertet
 - System-FMEA Prozess durchgeführt

- Prüfumfang bestätigt
 - Prozessfähigkeiten berücksichtigt
 - Dynamik berücksichtigt
 - Vorgaben/ Richtlinien berücksichtigt
 - SPC ausgewertet
- Prüfmart bestätigt
 - Alle Prüfmerkmale auf Relevanz überprüft
 - Auswirkungen bei Wechsel der Prüfmart berücksichtigt
 - Wegfall einzelner Prüfmerkmale simuliert
 - SPC ausgewertet
- Prüfanweisung bestätigt
 - Alle Modifikationen eingeflossen
 - Abweichungen zu Vorgänger-Prüfplan sichtbar
 - Reihenfolge geprüft (bei zusätzlich eingefügten Prüfungen)

Modul Einsatz:

- Zu prüfende Merkmale bestätigt
 - Überprüfung auf Kundenwunschabdeckung
 - Notwendige technische Merkmale ergänzt
 - Felddaten ausgewertet
 - Kundenbefragungen durchgeführt
- Prüfnotwendigkeit bestätigt
 - Überprüfung auf Kundenwunschabdeckung
 - Felddaten ausgewertet
 - Kundenbefragungen durchgeführt
- Prüfanweisung überarbeitet
 - Alle Modifikationen berücksichtigt

LEBENS LAUF MARCUS BERNARDS

PERSÖNLICHE DATEN

NAME	Bernards
VORNAME	Marcus
GEBURT DATUM	11.03.1977
GEBURTSORT	Leverkusen
NATIONALITÄT	deutsch
FAMILIENSTAND	ledig

SCHULBILDUNG

1983 - 1987	Städt. gem. Grundschule Gießlenbergerstraße, Langenfeld
1987 - 1996	Marienschule Opladen, Leverkusen-Opladen Abschluss: Abitur

WEHRDIENST

1996 - 1997	Stabsdienstsoldat im 1. und 3. Führungsunterstützungsregiment 30, Düsseldorf
-------------	---

STUDIUM

1997 - 2002	Studium des Maschinenbaus an der RWTH Aachen Abschluss: Diplom-Ingenieur
1999 - 2002	Studium der Betriebswirtschaftslehre an der RWTH Aachen Abschluss: Diplom-Kaufmann

BERUFLICHER WERDEGANG

1997 - 2002	Praktika in verschiedenen Unternehmen im In- und Ausland Gesamtdauer: 1 Jahr
1999 - 2001	Studentischer Mitarbeiter am Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) der RWTH Aachen, Lehrstuhl für Technologie der Fertigungsverfahren
2002 - 2005	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) der RWTH Aachen, Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement
2005 - HEUTE	Mitarbeiter der P3 Digital-Services GmbH

Langenfeld, im Dezember 2005