

# **Ein Framework als Grundlage der Ausgestaltung von Quality-Gate-Referenzprozessen für die Software-Entwicklung**

Von der

Fakultät für Elektrotechnik und Informatik  
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

zur Erlangung des Grades eines

Doktors der Naturwissenschaften  
Dr. rer. nat.

genehmigte Dissertation

von

Dipl.-Math. Thomas Flohr  
geboren am 2. Januar 1977 in Burgwedel

2008

# Kurzzusammenfassung

Noch immer wird eine große Anzahl von Softwareprojekten nur durch eine erhebliche Überschreitung von Zeit und Kosten oder gar nicht erfolgreich abgeschlossen, da die qualitative Situation für das Management nicht einsehbar ist. Maßnahmen durch das Managements erfolgen daher häufig zu.

Eine Lösung des Problems besteht darin, die qualitative Kontrolle von Projektergebnissen und die Möglichkeit für steuernde Eingriffe zu bestimmten signifikanten Zeitpunkten (so genannten Quality Gates) verbindlich für alle Projekte festzuschreiben. Beim Erreichen eines Quality Gates entscheidet das Management über die Fortsetzung des Projektes und notwendige Maßnahmen. Dazu werden geforderte Ergebnisse formal gegen vorher definierte Kriterien auf ihre Erfüllung hin geprüft. Quality Gates werden vielfach in anderen Domänen genutzt, zum Beispiel in der Automobil-Entwicklung und der Serienproduktion technischer Güter. Auch im Bereich der Software-Entwicklung werden sie zunehmend genutzt. Im Moment fehlt hierfür jedoch der theoretische Unterbau.

Damit ein Unternehmen Quality Gates erfolgreich einsetzen kann, werden verschiedene Strukturen, Aktivitäten, Rollen, Dokumente und Hilfsmittel benötigt, die in einem Quality-Gate-Referenzprozess zusammengefasst werden. Die genaue Ausgestaltung eines Quality-Gate-Referenzprozesses orientiert sich dabei an den Bedürfnissen des Unternehmens. Da die Ausgestaltung keine triviale Aufgabe ist, benötigt das Prozessmanagement eines Unternehmens ein Framework, das die Ausgestaltung in vertretbarer Zeit ermöglicht. Dieses Framework stellt das zentrale Ergebnis dieser Dissertation dar.

Leider wird das Quality-Gate-Konzept häufig mit anderen Konzepten gleichgesetzt. Ebenso existieren viele synonyme Begriffe. Daher ist eine einheitliche Terminologie und eine Charakterisierung und Abgrenzung des Quality Gates ein notwendiger Bestandteil des Frameworks. Um die notwendige Abgrenzung und Charakterisierung vornehmen zu können, wurden verschiedene Quality-Gate-Referenzprozesse aus der Literatur untersucht. Des Weiteren wurde eine empirische Erhebung im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt. Sie liefert weitere Ergebnisse und Hinweise auf Problempunkte.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden die notwendigen Teilkonzepte von Quality-Gate-Referenzprozessen untersucht. Diese Teilkonzepte können auf insgesamt fünf Pakete aufgeteilt werden: Struktur-, Inhalts-, Review-, Steuerungs- und Anpassungskonzepte. Die Ausgestaltung der Teilkonzepte hängt maßgeblich davon ab, welche Strategie ein Prozessmanagement verfolgt: *Quality Gates als einheitliche Qualitäts-Leitlinie* oder *Quality Gates als flexible Qualitätsstrategie*.

Das Prozessmanagement eines Unternehmens kann in Abhängigkeit einer der folgenden Ausgangssituationen das Framework einsetzen:

- Das Unternehmen besitzt keinen Quality-Gate-Referenzprozess.
- Das Unternehmen besitzt bereits einen Quality-Gate-Referenzprozess mit Defiziten.
- Das Unternehmen will seinen Quality-Gate-Referenzprozess optimieren.

Resultierend können verschiedene Wege beschritten werden: entweder die Ausgestaltung von Grund auf *oder* die Analyse der Defizite durch Bewertungsprofile *oder* die Optimierung hinsichtlich Effizienz und Effektivität durch Erfahrungskreisläufe und den Einsatz von Softwarewerkzeugen.

Nutzen und Mächtigkeit des Frameworks wurden anhand von drei Fallstudien validiert. Zwei der Fallstudien zeigen die Anwendung des Frameworks in studentischen Software-Projekten. Die erste Fallstudie untersucht die Verbesserung eines Quality-Gate-Referenzprozesses durch Bewertungsprofile und durch den Einsatz von Softwarewerkzeugen und Erfahrungskreisläufen. Dabei konnte der zeitliche Aufwand für das Gate-Review auf rund 28% gesenkt werden. Zusätzlich wurde die Anpassung des Quality-Gate-Referenzprozesses auf verschiedene Projektsituationen verbessert und die Kriterien durch Erfahrungskreisläufe optimiert. Die zweite Fallstudie beschäftigt sich mit der Ausgestaltung eines Quality-Gate-Referenzprozesses von Grund auf. Durch den Einsatz konnten die Auswirkungen verschiedener Vorgehen zur Erstellung von Kriterien untersucht werden. Die letzte Fallstudie untersucht die Mächtigkeit des Anpassungskonzeptes des Frameworks. Dabei kann das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte und auf Fuzzy-Logik basierende Anpassungskonzept problemlos zur Anpassung des Quality-Gate-Referenzprozesses des V-Modells XT genutzt werden.

## Abstract

A considerable number of software projects still exceed time and budget or completely fail, because the qualitative situation of these projects is not visible to the management. Consequently, the management is not able to take actions in time.

The problem can be resolved by monitoring the quality of project results and by steering a project at certain major points (so-called Quality Gates). Then each project has to pass these Quality Gates. At each Quality Gate the management makes a decision whether a project may proceed or not. If necessary, the management can take actions at those Quality Gates. In order to determine the situation of a project, the project's results have to be checked against predefined criteria. Quality Gates are often used in certain domains, e.g. in car development or in serial production of industrial goods. In the domain of software development Quality Gates are used cumulatively. Unfortunately, a theoretical foundation for Quality Gates is currently missing in the domain of software development.

Special structures, activities, roles, documents and support tools are required in order that a company can successfully establish Quality Gates. These subconcepts can be combined to a quality gate reference process. A company has to design a quality gate reference process in order to apply it to the company's projects. The exact design of the quality gate reference process depends on a company's needs. Since designing an appropriate quality gate reference process is not an easy task, the process management of a company needs a framework supporting the process of designing. This framework is the central result of this thesis.

Unfortunately, the quality gate concept is often equated with other concepts. At the same time a remarkable number of synonym concepts exist. Thus, the framework has to provide a consistent terminology and has to define the scope of the quality gate concept. To achieve this aim, a study of the available literature was conducted. Furthermore, an empirical survey was conducted. The empirical survey provides more results as well as an overview of current problems.

The results were used to identify the mandatory subconcepts of quality gate reference processes. These subconcepts can be subdivided into five packages: structural, criteria, review, steering and tailoring concepts. When designing a quality gate reference process, a process management has to choose one of the following two strategies: *Quality Gates as a consistent quality guideline* or *Quality Gates as a flexible quality strategy*. The selection of the strategy strongly influences the design of each subconcept.

A company's process management can use the framework to design an appropriate quality gate reference process. The process of designing has to take in account the situation of the company:

- The company does not possess a quality gate reference process.
- The company already possesses a quality gate reference process with shortcomings.
- The company wants to optimize its quality gate reference process.

Each of these situations requires different actions to be taken: either a quality gate reference process has to be designed from scratch *or* the available quality gate reference process has to be judged through assessment profiles *or* the quality gate reference process can be optimized by applying experience cycles and using software tools.

Three case studies show the power of the framework. Two case studies show the application of the framework in students' software projects. The first case study analyzes the improvement of a quality gate reference process through assessment profiles and by introducing software tools. As a result the time effort of the gate review could be reduced to roughly 28%. Moreover, some criteria and the ability to tailor the quality gate reference process to different project situations were improved through the application of an experience cycle. The second case study deals with a quality gate reference process being designed from scratch. This case study analyzes the effects of different approaches to obtain suitable criteria. The last case study shows the power of the framework's tailoring concepts. The framework uses a tailoring concept which rests upon the fuzzy concept. This tailoring concept can easily be used to tailor the quality gates reference process within the V-Model XT of the German federal administration.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation.....	1
1.2	Zielsetzung dieser Arbeit .....	4
1.3	Gliederung der Arbeit .....	6
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Software-Entwicklung .....</b>	<b>9</b>
2.1	Software .....	9
2.2	Software-Entwicklung .....	9
2.2.1	Grundlagen der Modellbildung .....	9
2.2.2	Projekt.....	10
2.2.3	Prozess und Prozessmodell.....	12
2.2.4	Software-Entwicklungsprozess.....	12
2.2.5	Referenzprozess und Anpassung.....	13
2.3	Die besonderen Schwierigkeiten der Software-Entwicklung .....	15
2.4	Die Modellierungssprache SPEM.....	16
<b>3</b>	<b>Grundlagen des Managements der Software-Entwicklung.....</b>	<b>19</b>
3.1	Projektmanagement.....	19
3.1.1	Projektorganisation und Rollen .....	20
3.1.2	Verhältnis von Prozess und Projekt.....	22
3.1.3	Planungsaktivitäten.....	22
3.1.4	Die Entwicklung als Teil des Software-Entstehungsprozesses .....	24
3.1.5	Projektfortschrittskontrolle und Steuerung.....	25
3.1.6	Projektbesprechungen.....	26
3.1.7	Multiprojektmanagement.....	27
3.2	Risikomanagement.....	28
3.2.1	Risikomanagement nach Phasen.....	28
3.2.2	Risikoermittlung .....	29
3.2.3	Gegenmaßnahmen und Verfolgung.....	31
3.3	Qualitätsmanagement.....	31
3.3.1	Qualitätssichernde Maßnahmen.....	32
3.3.2	Qualitätsorganisation als Schattenhierarchie .....	32
3.3.3	Zum Begriff des Messens .....	33
3.3.4	Technische Reviews .....	41
<b>4</b>	<b>Untersuchung von Quality-Gate-Referenzprozessen .....</b>	<b>45</b>
4.1	Methodische Herangehensweise.....	45
4.2	Das Quality-Gate-Konzept in der Literatur .....	46
4.2.1	Das Quality-Gate-Konzept als Forschungsgegenstand im Software Engineering .....	46
4.2.2	Das Quality-Gate-Konzept als Forschungsgegenstand in anderen Domänen .....	47
4.2.3	Zusammenfassung der Literatur-Untersuchung .....	49
4.3	Empirische Erhebung.....	50
4.3.1	Zielsetzungen der empirischen Erhebung.....	51
4.3.2	Durchführung und Inhalte der empirischen Erhebung .....	51
4.3.3	Auswertung.....	53
4.3.4	Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse .....	59
4.3.5	Ausgangspunkte für die weiteren Untersuchungen .....	60
4.4	Quality-Gate-Referenzprozess bei interdisziplinären Projekten .....	61
4.4.1	Hintergrund und Überblick.....	61
4.4.2	Ausgestaltung des Quality-Gate-Referenzprozesses nach Pfeifer.....	61
4.5	Quality-Gate-Referenzprozess des V-Modells XT .....	63
4.5.1	Hintergrund und Überblick.....	64
4.5.2	Ausgestaltung des Quality-Gate-Referenzprozesses im V-Modell XT .....	64
4.5.3	Anpassung des Quality-Gate-Referenzprozesses im V-Modell XT .....	66

4.6	Quality-Gate-Referenzprozess des Stage-Gate-Prozesses .....	69
4.6.1	Hintergrund und Überblick.....	70
4.6.2	Verwendung von Gates im Stage-Gate-Prozess .....	73
4.6.3	Ausgestaltung effektiver und effizienter Gates nach Cooper .....	74
4.7	Bezug zwischen Prozessreifegradmodellen und Quality-Gate-Referenzprozessen .....	75
4.7.1	Bezug zwischen CMMI und Quality-Gate-Referenzprozessen .....	76
4.7.2	Bezug zwischen SPICE und Quality-Gate-Referenzprozessen .....	78
4.7.3	Fazit der Untersuchung von Prozessreifegradmodellen .....	79
4.8	Abschließende Betrachtung .....	79
4.8.1	Charakteristika von Quality Gates.....	80
4.8.2	Einordnung als Meilenstein-Konzept .....	80
4.8.3	Einordnung als Review-Konzept.....	81
4.8.4	Weitere identifizierte Problempunkte.....	82
<b>5</b>	<b>Abstrahiertes Domänenmodell für Quality-Gate-Referenzprozesse .....</b>	<b>83</b>
5.1	Elemente des abstrahierten Domänenmodells .....	84
5.1.1	Strukturelle Konzepte .....	84
5.1.2	Inhaltliche Konzepte.....	85
5.1.3	Reviewkonzepte.....	86
5.1.4	Steuerungskonzepte .....	87
5.1.5	Anpassungskonzepte .....	87
5.2	Paketübergreifende Beziehungen.....	88
5.3	Überblick über das weitere Vorgehen.....	89
<b>6</b>	<b>Ausgestaltung der strukturellen Konzepte.....</b>	<b>91</b>
6.1	Formalisierung des Gate-Netzwerk-Konzeptes .....	91
6.2	Allgemeine Richtlinien zur Ausgestaltung von Gate-Netzwerken .....	95
6.3	Gate-Netzwerke bei wasserfallartigem Vorgehen .....	96
6.4	Gate-Netzwerke bei iterativem Vorgehen.....	97
6.5	Gate-Netzwerke bei agilem Vorgehen.....	98
6.6	Gate-Netzwerke bei inkrementellem Vorgehen.....	99
6.7	Gate-Netzwerke bei parallel verlaufenden Handlungssträngen .....	100
6.8	Gate-Netzwerke bei Projekten mit mehreren Teilprojekten .....	101
6.9	Operationen auf Basis-Gate-Netzwerken.....	101
<b>7</b>	<b>Ausgestaltung der inhaltlichen Konzepte .....</b>	<b>105</b>
7.1	Kriterienerstellung .....	105
7.1.1	Individualität der Kriterien .....	107
7.1.2	Zeitpunkt der Kriterienerstellung .....	108
7.1.3	Systematik des Vorgehens bei der Kriterienerstellung.....	109
7.2	Ersteller .....	110
7.3	Kriterien .....	112
7.4	Ergebnisse .....	117
7.5	Beispiel für eine Ausgestaltung der inhaltlichen Konzepte .....	117
<b>8</b>	<b>Ausgestaltung der Reviewkonzepte.....</b>	<b>123</b>
8.1	Gate-Review .....	123
8.1.1	Risikomanagement im Gate-Review .....	127
8.1.2	Überlegungen zum Aufwand eines Gate-Reviews .....	128
8.2	Gate-Verantwortlicher .....	130
8.3	Gutachter.....	130
8.4	Projektvertreter .....	130
8.5	Protokollant.....	131
8.6	Protokoll.....	131
<b>9</b>	<b>Ausgestaltung der Steuerungskonzepte .....</b>	<b>133</b>

9.1	Mögliche Entscheidungen.....	133
9.2	Gatekeeper .....	134
9.3	Entscheidungsunterstützung .....	135
<b>10</b>	<b>Konzepte zur Anpassung von Quality-Gate-Referenzprozessen.....</b>	<b>141</b>
10.1	Gate-Management.....	141
10.2	Prozess-Tailorer .....	142
10.3	Tailoring-Verfahren .....	142
10.3.1	Grundlagen der Fuzzy-Logik .....	144
10.3.2	Das Fuzzy-Inferenz-System .....	146
10.3.3	Beispiel für die Unterstützung des Tailoring mit einem Fuzzy-Inferenz-System .....	151
10.3.4	Unterstützung des Tailorings durch Softwarewerkzeuge.....	153
10.3.5	Einschränkungen und Herausforderungen eines Fuzzy-Inferenz-Systems .....	155
10.3.6	Umgang mit den Herausforderungen und Einschränkungen.....	156
10.4	Auswählbare Elemente .....	158
10.5	Projektmodell.....	161
10.6	Beziehungen zwischen Projektmerkmalen und anpassbaren Quality-Gate-Teilkonzepten.....	162
10.7	Wechselwirkung zur Anpassung des Entwicklungs-Referenzprozesses .....	165
<b>11</b>	<b>Verbesserung von Quality-Gate-Referenzprozessen.....</b>	<b>167</b>
11.1	Verbesserung durch Erfahrungskreisläufe.....	167
11.2	Überlegungen zur Verbesserung der Effektivität und Effizienz von Quality Gates .....	168
11.3	Analyse der Informationsflüsse .....	169
11.4	Probleme durch nichtverfestigte Erfahrungen und fehlendes Gate-Management .....	170
11.5	Softwarewerkzeuge zur Unterstützung von Quality-Gate-Prozessen .....	172
11.5.1	Unterstützung der Einplanung von Quality Gates.....	173
11.5.2	Darstellung des Projektfortschritts .....	173
11.5.3	Unterstützung der Kriterienerstellung und Operationalisierung .....	175
11.5.4	Unterstützung der Durchführung des Gate-Reviews.....	177
11.5.5	Unterstützung des Erfahrungskreislaufs.....	181
11.5.6	Zielerreichung durch den Einsatz von NetQGate.....	182
<b>12</b>	<b>Möglichkeiten zur Verwendung des Frameworks.....</b>	<b>185</b>
12.1	Unternehmen ohne Quality-Gate-Referenzprozess.....	185
12.2	Unternehmen mit unzureichend ausgestalteten Quality-Gate-Referenzprozess .....	187
12.3	Unternehmen mit Quality-Gate-Referenzprozess mit Verbesserungspotential .....	191
<b>13</b>	<b>Fallstudien.....</b>	<b>193</b>
13.1	Quality-Gate-Referenzprozess in studentischen Softwareprojekten.....	193
13.1.1	Ausgestaltung der strukturellen Konzepte .....	195
13.1.2	Ausgestaltung der inhaltlichen Konzepte .....	199
13.1.3	Ausgestaltung der Reviewkonzepte .....	200
13.1.4	Ausgestaltung der Steuerungskonzepte.....	202
13.1.5	Ausgestaltung der Anpassungskonzepte .....	203
13.1.6	Erfahrungen mit NetQGate als Teil des Erfahrungskreislaufes .....	205
13.1.7	Untersuchung der Auswirkungen des Quality-Gate-Referenzprozesses.....	206
13.1.8	Abschließende Betrachtung.....	207
13.2	Einsatz von Quality Gates in der Projektarbeit PWS.....	208
13.2.1	Ausgestaltung der strukturellen Konzepte .....	209
13.2.2	Ausgestaltung der inhaltlichen Konzepte.....	209
13.2.3	Ausgestaltung der Reviewkonzepte .....	212
13.2.4	Ausgestaltung der Steuerungskonzepte.....	213
13.2.5	Untersuchung der Auswirkungen des Quality-Gate-Referenzprozesses.....	214
13.2.6	Abschließende Betrachtung.....	214
13.3	Abbildung des V-Modell-XT-Tailoring-Verfahrens in Fuzzy-Logik.....	215
<b>14</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>217</b>

14.1	Zusammenfassung.....	217
14.2	Behandlung der Problempunkte durch das Framework .....	220
14.3	Ausblick .....	222
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>225</b>
	<b>Anhang A – Fragebogen und Auswertung .....</b>	<b>235</b>
	<b>Anhang B – Mathematische Definition der Zugehörigkeits-funktionen .....</b>	<b>245</b>
	<b>Anhang C – Umsetzung des Tailoring-Verfahrens für die studentischen Softwareprojekte .....</b>	<b>247</b>
	<b>Anhang D – Erstellte Kriterien für die Projektarbeit PWS .....</b>	<b>251</b>
	<b>Anhang E – Zugehörigkeitsfunktion für das Tailoring-Verfahren des V-Modells XT.....</b>	<b>253</b>
	<b>Werdegang .....</b>	<b>255</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Die Standish Group stellt im viel zitierten Chaos-Report 1994 [CHAOSReport '94] fest, dass lediglich rund 16% der Projekte, die sich mit Informationstechnik (IT) beschäftigen, uneingeschränkt erfolgreich abgeschlossen werden. Rund 31% der IT-Projekte scheitern hingegen. Die verbleibenden rund 53% werden zwar abgeschlossen, jedoch werden dabei Zeit und Kosten teilweise erheblich überschritten. Die Kosten für gescheiterte IT-Projekte beliefen sich allein 1994 auf ungefähr 81 Milliarden US-Dollar.

2006 sieht die Lage zwar entspannter aus [CHAOSReport '06], allerdings scheitern immer noch rund 19% der IT-Projekte, während hingegen immerhin rund 35% zum Erfolg geführt werden. Weiterhin leidet mit 46% der größte Teil der IT-Projekte (obwohl abgeschlossen) unter Kosten- oder Terminüberschreitungen.

Seit 1999 benennt die Standish Group ununterbrochen die drei folgenden kritischen Erfolgsfaktoren für IT-Projekte:

1. Die Beteiligung von Endanwendern,
2. die Unterstützung durch das höhere Management,
3. und die Formulierung von klaren Geschäftszielen.

Die Forderung nach umfassender Unterstützung durch das höhere Management sieht unter anderem vor, die Qualität und den Projektfortschritt von IT-Projekten rechtzeitig systematisch anhand von Kriterien zu kontrollieren, um steuernd eingreifen zu können. Durch die Vorgabe von Kriterien, wirkt das Management in zweierlei Hinsicht steuernd auf den Software-Entwicklungsprozess ein:

1. Die Kriterien sind Vorgaben des Managements, die durch die Entwickler einzuhalten sind. Die Entwickler werden also alles Notwendige tun, um diese Kriterien zu erfüllen.
2. Das Management kann bei Abweichung vom definierten Soll steuernd eingreifen. Das Soll wird dabei durch die Kriterien festgelegt.

Im Rahmen der Steuerung können Maßnahmen ergriffen werden, die Fehlentwicklungen innerhalb eines Projektes entgegenwirken können. Maßnahmen, die ohne Einwirkung des Managements nicht ergriffen worden wären. Der Idealfall für die Projektteilnehmer stellt die uneingeschränkte Fortsetzung des Projektes dar. Im Extremfall ist aber auch der Abbruch des Projektes möglich.

Rechtzeitigkeit bedeutet dabei, Maßnahmen ergreifen zu können, bevor ein größerer (finanzieller) Schaden entstehen kann. Dies setzt aber gleichzeitig voraus, dass geeignete Ergebnisse vorhanden sind, damit eine Kontrolle sinnvoll und möglich ist. Das Ende einer Aktivität innerhalb eines Projektes ist hierfür ein geeigneter Zeitpunkt, da hier Ergebnisse vorliegen, die kontrolliert werden können. Aufgrund der Vielzahl von Aktivitäten innerhalb eines Projektes, würde eine zu häufige Kontrolle durch das höhere Management sich jedoch bremsend auf das Projekt auswirken. Außerdem würde es bei vielen parallel verlaufenden Projekten (die wiederum alle kontrolliert werden müssten) zu einer stärkeren Belastung des Managements kommen.

Ein Mittelweg besteht darin, die Kontrolle und Steuerung an bestimmten signifikanten Meilensteinen bindend für jedes Projekt zu etablieren. Hierfür bieten sich Quality Gates als Möglichkeit zur Prüfung des Erfüllungsgrades der einzelnen Qualitätsziele an. Ein Quality Gate ist dabei ein spezieller Meilenstein in einem Projekt, an dem auf Grundlage einer formalen Prüfung von qualitätsbezogenen Kriterien eine Entscheidung über die Fortsetzung oder den Abbruch eines Projektes getroffen wird. Quality Gates sind bildlich gesprochen Schranken zwischen den verschiedenen Prozessschritten eines Projek-

tes: ein Projekt kann bei Erreichen des Quality Gates nur dann weitergeführt werden, wenn alle Kriterien oder zumindest eine genügend große Anzahl der Kriterien erfüllt sind. Dabei wird sichergestellt, dass alle Ergebnisse des Projektes zum Zeitpunkt des Quality Gates gut genug sind, um mit ihnen weiterarbeiten zu können. Durch die Kriterien eines Quality Gates können die Ergebnisse einerseits und die qualitativen Anforderungen an die Ergebnisse andererseits festgelegt werden. Hierdurch können sie dazu benutzt werden, um die Schnittstellen zwischen einzelnen Projektphasen festzulegen. Um Quality Gates etablieren zu können, sind bestimmte Strukturen, Aktivitäten, Rollen, Dokumente und Hilfsmittel notwendig, die in einem Quality-Gate-Referenzprozess zusammengefasst werden. Die genaue Ausgestaltung des Quality-Gate-Referenzprozesses orientiert sich dabei an den Bedürfnissen des Unternehmens, das Quality Gates etablieren möchte.

Quality Gates haben ihren Ursprung in der Automobil-Entwicklung und in der Serienproduktion technischer Güter, halten jedoch in den letzten Jahren zunehmend Einzug in Systementwicklungsprojekte und in letzter Zeit auch in reine Software-Entwicklungsprojekte. Im Bereich der Software-Entwicklung sind Quality Gates dennoch weitgehend unerforscht [Wallin und Larsson et al. '02].

Quality Gates in der Serienproduktion setzen auf statistisch ermittelte Werte, die für die Kontrollaktivitäten in zukünftigen Projekten als Soll genutzt werden können. In der Software-Entwicklung ist eine derartige Ausgangslage nicht gegeben, da Software-Entwicklungsprojekte in einem hohen Maß individuell sind. Folglich kann ein in der Serienproduktion praktizierter Quality-Gate-Referenzprozess nur bedingt auf die Software-Entwicklung übertragen werden. Vielmehr muss ein geeigneter Quality-Gate-Referenzprozess anders ausgestaltet werden, um den speziellen Problemen der Software-Entwicklung gerecht zu werden. Eine Orientierung an den Quality-Gate-Referenzprozessen aus anderen Domänen ist dennoch sinnvoll, da sie über Jahre hinweg entwickelt und optimiert wurden.

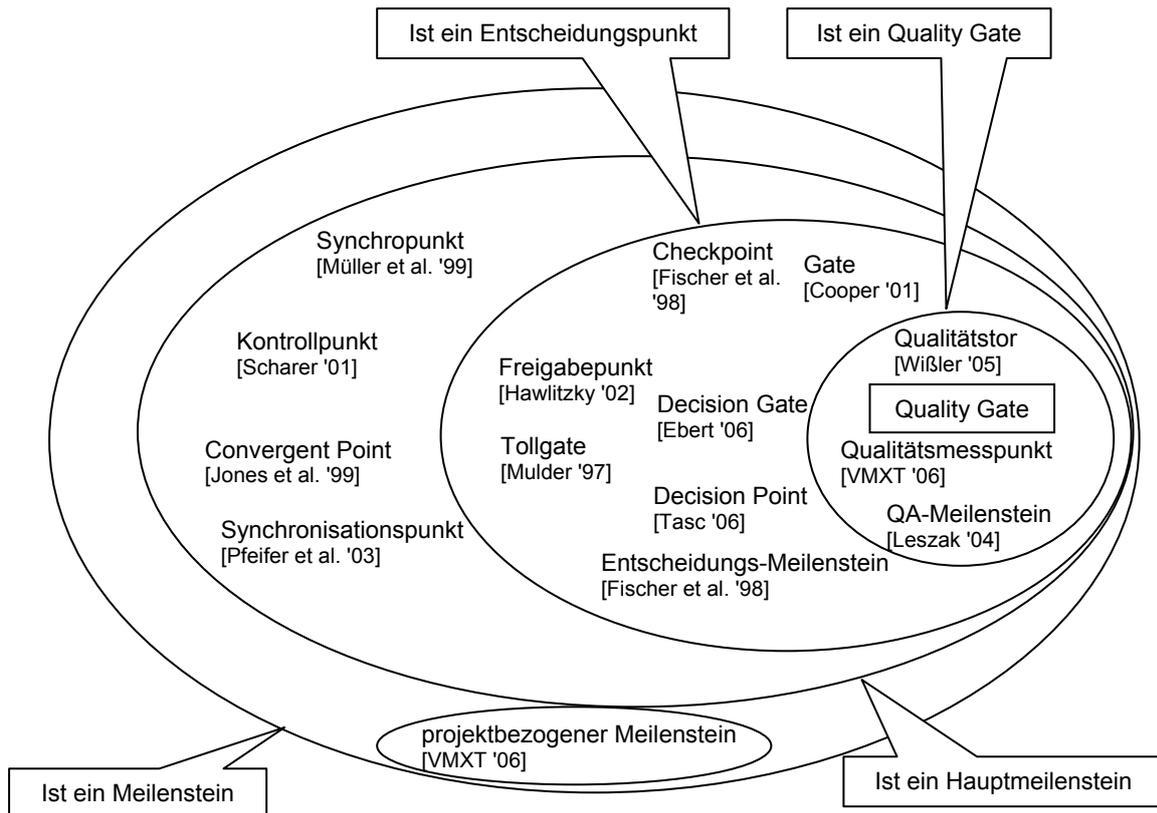
Bei der Verwendung von Quality Gates können zwei grundlegende Strategien unterschieden werden. Ein Unternehmen kann sich, je nach Zielsetzung, bei der Ausgestaltung eines Quality-Gate-Referenzprozesses für eine dieser beiden Strategien entscheiden:

- **Quality Gates als einheitliche Qualitäts-Leitlinie:** Hierbei muss jedes Projekt die gleichen Quality Gates durchschreiten und wird an den gleichen Kriterien gemessen. Die Anpassung eines Quality-Gate-Referenzprozesses, der dieser Strategie folgt, ist (wenn überhaupt) überaus eingeschränkt zulässig. Ziel ist es, in jedem Projekt mindestens das gleiche Qualitätsniveau zu erreichen – eine qualitative Leitlinie für jedes Projekt wird somit etabliert. Quality Gates können damit als einheitliches Fortschrittsmaß verwendet werden [Schneider '07b]. Der Fortschrittsvergleich zwischen Projekten wird auf diese Weise möglich, da geprüft werden kann, welche Projekte ein bestimmtes Quality Gate bereits passiert haben und welche nicht. Das Management kann leicht erkennen, wenn ein Projekt einem anderen Projekt gegenüber (qualitativ) im Verzug ist und entsprechend handeln. Quality Gates können somit leicht als Instrument des Multi-Projektmanagements eingesetzt werden.
- **Quality Gates als flexible Qualitätsstrategie:** Hierbei sind Quality Gates weniger ein Fortschrittsmaß und damit auch weniger ein Instrument des Multi-Projektmanagements. Vielmehr können im stärkeren Maße Anzahl, Anordnung und Auswahl der Quality Gates oder Kriterien an ein Projekt angepasst werden [Pfeifer et al. '03]. Quality Gates und Kriterien können damit genauer auf die qualitativen Anforderungen eines Projektes zugeschnitten werden – ein Vergleich zwischen den Projekten wird jedoch gleichzeitig erschwert. Folglich kann die Qualität der Ergebnisse eines Projektes sehr viel genauer gesteuert werden – die Qualität der Ergebnisse steigt also. In der Regel werden jedoch ähnliche Projekte vergleichbare Quality Gates haben und an ähnlichen Kriterien gemessen werden. In gewisser Weise kommen bei dieser Strategie Quality Gates dem Konzept des projektbezogenen Meilensteins recht nahe, grenzen sich jedoch in ihrer Häufigkeit und ihrer Möglichkeit zur Entscheidung über die Fortsetzung des Projektes von ihnen ab.

Eine Beschäftigung mit dem Themenkomplex Quality Gate durch Recherche im Internet und in der Literatur (Dissertationen, Standardwerke und Konferenzbände) liefert ein weites Begriffsfeld. Zum einen wird an vielen Stellen eine synonyme Bezeichnung verwendet, zum anderen wird das Konzept häufig mit verschiedenen anderen Konzepten gleichgesetzt. Ein Beispiel für das letztere Problem ist

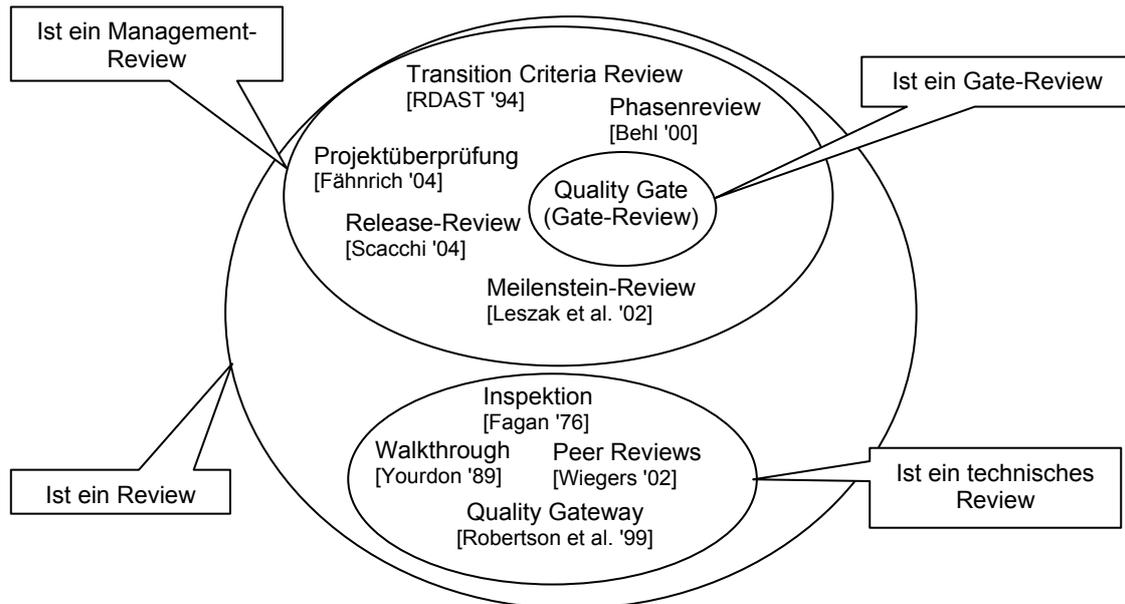
die Gleichsetzung des Review-Konzeptes oder des Meilenstein-Konzeptes mit dem Konzept des Quality Gates. Diese Gleichsetzung ist nicht unberechtigt, sie bedarf jedoch einer näheren Betrachtung.

Abbildung 1 zeigt das Quality-Gate-Konzept im Verhältnis zu anderen Meilenstein-Konzepten. Konzepte im gleichen Kreis sind hinsichtlich der Relation, die im entsprechenden Kommentar steht, gleich. Demnach ist ein Quality Gate ein spezieller Entscheidungspunkt, dessen Prüfkriterien qualitätsorientiert sind. Entscheidungspunkte sind hinsichtlich ihrer Prüfkriterien unfokussiert, zeichnen sich jedoch dadurch aus, dass bei ihrem Erreichen eine Entscheidung über die Projektfortsetzung getroffen wird. Ein Entscheidungspunkt ist ein spezieller Hauptmeilenstein und kommt daher selten und nur an besonderen Stellen in einem Projekt vor. Deutlich wird ferner, dass projektbezogene Meilensteine und Hauptmeilensteine verschiedene Konzepte sind. Insbesondere ist ein Quality Gate kein projektbezogener Meilenstein, wengleich eine gewisse Anpassung an die Projektsituation möglich ist.



**Abbildung 1: Verhältnis des Quality-Gate-Konzeptes zum Meilenstein-Konzept**

Abbildung 2 zeigt analog zu Abbildung 1 das Verhältnis eines Quality Gates zum Review. Ein Quality Gate (oder genauer das zugehörige Gate-Review) kann als spezielles Management-Review aufgefasst werden, das auf die Prüfung qualitätsbezogener Kriterien fokussiert ist. Ein Management-Review ist wiederum ein spezielles Review und kann klar vom technischen Review abgetrennt werden. Insbesondere ist also ein Gate-Review kein technisches Review.



**Abbildung 2: Verhältnis des Quality-Gate-Konzeptes zum Review-Konzept**

Auf die Abgrenzung zum projektbezogenen Meilenstein und zum technischen Review wird näher in Abschnitt 4.8 eingegangen.

Die Ausgestaltung eines Quality-Gate-Referenzprozesses durch ein Software-Unternehmen gestaltet sich ohne Anleitung als Herausforderung. Eine derartige Anleitung existiert jedoch gegenwärtig nicht. Das Ergebnis dieser Arbeit ist eine Anleitung, auf dessen Basis das Prozessmanagement eines Software-Unternehmens einen Quality-Gate-Referenzprozess ausgestalten kann. Eine solche Anleitung gibt Aufschluss darüber,

- welche Aktivitäten im Rahmen von Quality Gates durchgeführt werden müssen,
- welche Dokumente benötigt werden,
- welche Rollen etabliert werden müssen,
- welche Hilfsmittel genutzt werden sollten,
- an welchen Stellen Quality Gates idealerweise im Entwicklungsprozess platziert werden und
- welches Spektrum, welche Richtlinien und Empfehlungen bei diesen Punkten jeweils bestehen.

## 1.2 Zielsetzung dieser Arbeit

Zielsetzung dieser Dissertation ist es, den theoretischen Unterbau von Quality-Gate-Referenzprozessen zu untersuchen und zu verfestigen. Die Ergebnisse können als Anleitung verwendet werden, die es dem Prozessmanagement eines Software-Unternehmens (im Folgenden auch kurz Unternehmen) ermöglicht, einen Quality-Gate-Referenzprozess auszugestalten. Diese Anleitung kann in Anlehnung an Software-Frameworks ebenfalls als Framework verstanden werden – jedoch selbstverständlich nicht, um auf Basis des Frameworks eine Software-Anwendung zu entwickeln, sondern um einen Quality-Gate-Referenzprozess abzuleiten. Das Framework bildet das zentrale Konzept und Ergebnis dieser Arbeit. Das Framework im Kontext dieser Dissertation ist kein fertiger und damit anwendbarer Quality-Gate-Referenzprozess. Vielmehr kann das Prozessmanagement eines Unternehmens auf Grundlage des Frameworks mit vertretbarem Aufwand einen Quality-Gate-Referenzprozess ausgestalten, der auf die spezifischen Anforderungen des jeweiligen Unternehmens hinsichtlich

- der Qualitätssicherung,
- des Ressourcenaufwands

- und der notwendigen Flexibilität im Kontext verschiedener Projektsituationen

zugeschnitten ist. Dabei werden Strukturen, Richtlinien, Empfehlungen und eine einheitliche Terminologie, jedoch auch Freiheiten der Ausgestaltung vorgegeben. Letztere ermöglichen den optimalen Zuschnitt auf die Bedürfnisse eines Unternehmens.

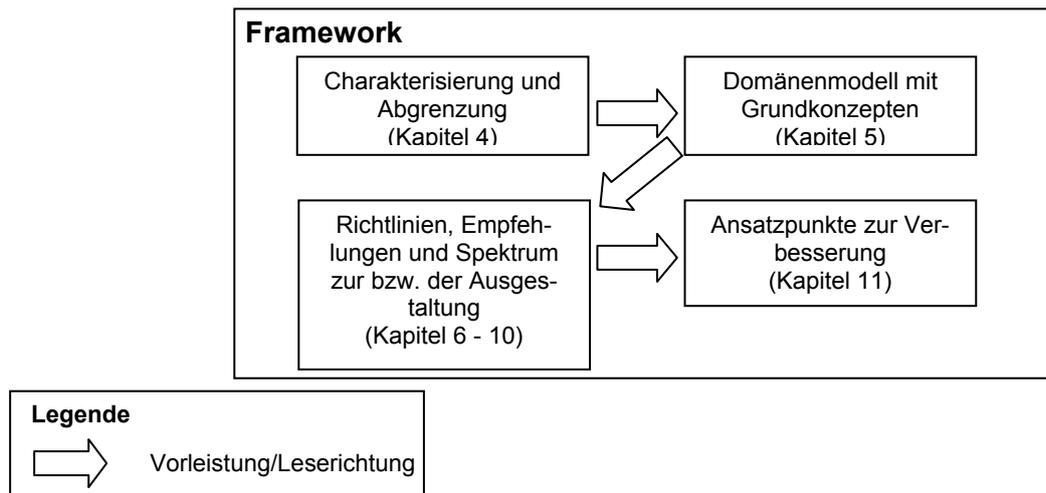
Der Nutzen des Frameworks für ein Unternehmen hängt von seiner Ausgangssituation ab. Diese Ausgangssituationen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Praxisanwender oder Forscher möchten Wissen und Erfahrungen zu Quality Gates austauschen. Allerdings fehlt ihnen ein Domänenmodell, das eine einheitliche Terminologie bereitstellt und somit den (wissenschaftlichen) Austausch erleichtert. Zusätzlich erleichtert eine Charakterisierung des Quality-Gate-Konzeptes eine Abgrenzung von scheinbar verwandten Konzepten. Das Framework beinhaltet daher eine einheitliche Terminologie und eine Charakterisierung.
2. Ein Unternehmen nutzt bereits einen Referenzprozess für die Software-Entwicklung, jedoch gibt es kein definiertes Vorgehen, das es dem Management erlaubt, bei qualitativen Problemen auf ein Projekt kontrollierend und steuernd einwirken zu können. Infolgedessen scheitern einige Projekte oder werden nur durch eine erhebliche Überschreitung von Zeit und Kosten zum Ziel geführt. Die Einführung eines Quality-Gate-Referenzprozesses auf Basis des Frameworks ist sinnvoll.
3. Ein Unternehmen setzt bereits einen Quality-Gate-Referenzprozess ein. Dennoch kommt es noch verhäuft zu Fehlschlägen. Mit Hilfe des Frameworks kann der verwendete Quality-Gate-Referenzprozess zunächst bewertet werden. Basierend auf identifizierten Schwächen kann der Quality-Gate-Referenzprozess auf Basis des Frameworks verbessert werden.
4. Ein Unternehmen hat bereits einen Quality-Gate-Referenzprozess etabliert, der nahezu vollständig und optimal ausgestaltet ist. In diesem Fall kann die Effizienz oder Effektivität möglicherweise noch verbessert werden. Beispielsweise können Softwarewerkzeuge eingesetzt werden, die die notwendige Sitzung eines Quality Gates von Zeit und Raum entkoppeln oder die Einplanung von Quality Gates erleichtern. Unter Umständen ist die Einführung eines Erfahrungskreislaufes sinnvoll, um den Quality-Gate-Referenzprozess eines Unternehmens auf längere Sicht hin noch weiter verbessern zu können.

Notwendige Bestandteile des Frameworks sind demnach:

- Eine *Charakterisierung* von Quality Gates und *Abgrenzung* zu scheinbar verwandten Konzepten.
- Ein *Domänenmodell*, das die Teilkonzepte von Quality-Gate-Referenzprozessen enthält und damit eine einheitliche Terminologie bereitstellt.
- *Richtlinien, Empfehlungen und Spektrum zur bzw. der Ausgestaltung* für jedes Teilkonzept, um auf Basis des Frameworks einen neuen Quality-Gate-Referenzprozess erstellen zu können oder aber einen vorhandenen Quality-Gate-Referenzprozess optimieren zu können.
- *Ansatzpunkte zur Verbesserung* der Effizienz und Effektivität eines vorhandenen Quality-Gate-Referenzprozesses.

Abbildung 3 fasst die Bestandteile des Frameworks und ihre Abhängigkeiten voneinander zusammen. Für die wissenschaftliche Untersuchung sind die Abhängigkeiten als Vorleistungs-Abhängigkeiten zu interpretieren. Für ein Unternehmen stellen sie die ideale Leseabfolge durch das Framework dar.



**Abbildung 3: Bestandteile des Frameworks**

Im Rahmen dieser Arbeit wird das Framework stufenweise vorgestellt. Dazu werden zunächst vorhandene Quality-Gate-Referenzprozesse betrachtet. Diese Betrachtung umfasst ebenfalls die Betrachtung von Quality-Gate-Referenzprozessen in anderen Domänen als der Software-Entwicklung. Da Quality-Gate-Referenzprozesse im Bereich der Software-Entwicklung nur wenig erforscht sind, aber dennoch in der Praxis vielfach eingesetzt werden, wurde als Teilleistung dieser Arbeit eine empirische Erhebung unter Software-Unternehmen mit dem Ziel des Erkenntnisgewinns durchgeführt.

In erster Näherung kann damit das Quality-Gate-Konzept charakterisiert und abgegrenzt werden. Bestehende Problempunkte konnten ermittelt werden, auf die das Framework gezielt durch Richtlinien und Empfehlungen eingehen kann. Durch die Befolgung der Richtlinien und Empfehlungen können die Probleme größtenteils abgemildert werden.

Weiterhin kann ein abstrahierendes Domänenmodell erstellt werden, das die Teilkonzepte von Quality-Gate-Referenzprozessen enthält. Basierend hierauf können Richtlinien, Empfehlungen und Spektrum zur bzw. der Ausgestaltung der Teilkonzepte formuliert werden. Eine Orientierung an den Quality-Gate-Referenzprozessen anderer Domänen ist hierbei nützlich, jedoch nicht ausreichend, da sonst die besonderen Schwierigkeiten der Software-Entwicklung nicht ausreichend berücksichtigt werden würden. Die Erarbeitung von Möglichkeiten zur Verbesserung eines Quality-Gate-Referenzprozesses stellt den letzten Beitrag dieser Arbeit dar und komplettiert das Framework.

### 1.3 Gliederung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich wie folgt:

Die Kapitel 2 und 3 bilden die Grundlagenkapitel dieser Arbeit. Kapitel 2 beschäftigt sich mit allgemeinen Grundlagen, insbesondere mit Entwicklungsprozessen, Referenzprozessen und den Schwierigkeiten der Software-Entwicklung. In Kapitel 3 werden verschiedene Grundlagen des Managements der Software-Entwicklung erläutert, die zum weiteren Verständnis der Folgekapitel benötigt werden. Namentlich sind dies das Projekt-, Risiko- und Qualitätsmanagement.

Kapitel 4 bildet den Ausgangspunkt der Untersuchung von Quality-Gate-Referenzprozessen. Dazu werden sowohl Quality-Gate-Referenzprozesse aus der Literatur, als auch in verschiedenen Unternehmen praktizierte Quality-Gate-Referenzprozesse (letztere anhand einer im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten empirischen Erhebung) näher betrachtet. Basierend darauf werden die wichtigsten Quality-Gate-Referenzprozesse weiter untersucht. Im weiteren Verlauf des Kapitels werden Quality Gates ebenfalls mit etablierten Prozessreifegradmodellen in Beziehung gesetzt. Das Kapitel endet mit einer Charakterisierung des Quality-Gate-Konzeptes, sowie mit einer Abgrenzung des Quality-Gate-Konzeptes vom Meilenstein- und Review-Konzept. Ein wichtiger zentraler Punkt des Kapitels ist die Identifikation von Problempunkten von Quality-Gate-Referenzprozessen – das Framework muss auf diese Problempunkte durch Richtlinien und Empfehlungen eingehen.

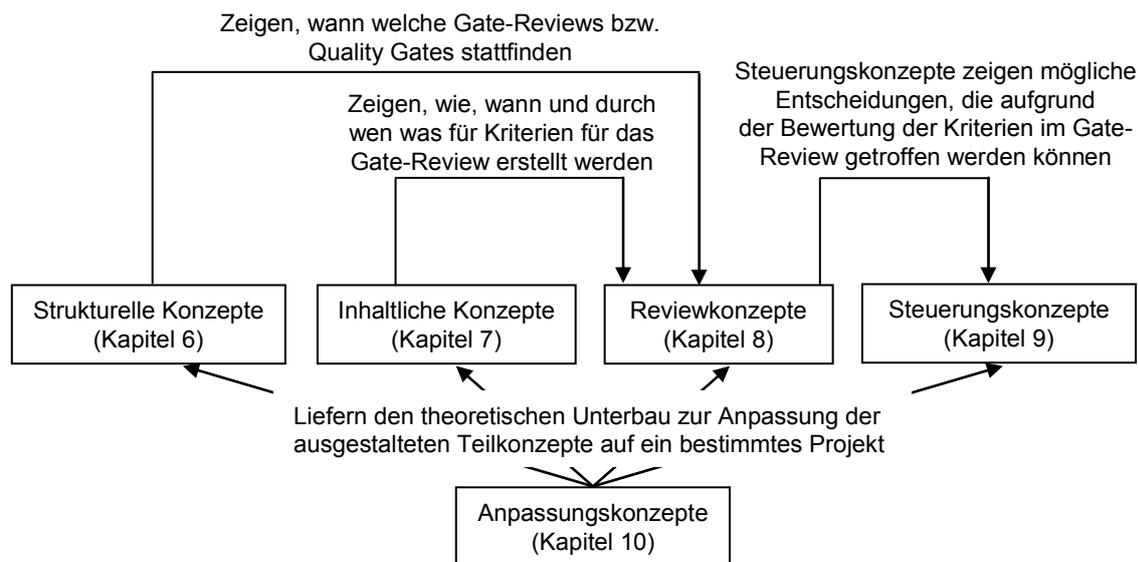
Kapitel 5 fasst die Teilkonzepte, die mit Quality Gates in Beziehung stehen, in einem abstrahierenden Domänenmodell zusammen. Kapitel 5 zeigt damit kompakt und übersichtlich, welche Teilkonzepte ein Unternehmen umsetzen muss, um einen Quality-Gate-Referenzprozess zu etablieren. Die Teilkonzepte lassen sich dabei in verschiedene Pakete aufteilen. Jedes der Pakete wird hinsichtlich der Ausgestaltung seiner Teilkonzepte in den nachfolgenden Kapiteln 6 (strukturelle Konzepte), 7 (inhaltliche Konzepte), 8 (Reviewkonzepte), 9 (Steuerungskonzepte) und 10 (Anpassungskonzepte) betrachtet. Die genauen Beziehungen dieser Kapitel zueinander sind in Abbildung 4 dargestellt.

Unternehmen, die bereits einen Quality-Gate-Referenzprozess etabliert haben, finden in Kapitel 11 mögliche Verbesserungsansätze, durch die sich ihr Quality-Gate-Referenzprozess effektiver und effizienter ausgestalten lässt. Insbesondere werden dabei die Etablierung von Erfahrungskreisläufen und der Einsatz von Softwarewerkzeugen betrachtet.

Kapitel 12 zeigt, wie das entwickelte Framework von Unternehmen eingesetzt werden kann. Dabei hängt die Art der Verwendung von der Ausgangslage des Unternehmens ab (vgl. Seite 5, Punkte 2 bis 4).

Um den Nutzen und die Mächtigkeit des Frameworks aufzuzeigen, werden in Kapitel 13 verschiedene Fallstudien betrachtet. Hierbei werden ausschließlich Projekte im studentisch-universitären Umfeld betrachtet. Sie weisen nicht alle Charakteristika von „realen“ Industrieprojekten auf, jedoch sind die Parallelen ausreichend um auf die „Realität“ übertragen werden zu können.

Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung in Kapitel 14 ab. Hierbei wird auch darauf eingegangen, wie die identifizierten Problempunkte durch das Framework behandelt werden können. Kapitel 14 gibt des Weiteren einen Ausblick auf mögliche zukünftige Forschungsarbeiten.



**Abbildung 4: Beziehungen der Kapitel 6 bis 10 untereinander**