



Nr.: FIN-015-2009

Analysen zu Qualität und Qualitätsmanagement von
Software und Dienstleistungen

Bastian Grabski, Lars Krüger

Very Large Business Applications Lab



Fakultät für Informatik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Technical report

Nr.: FIN-015-2009

Analysen zu Qualität und Qualitätsmanagement von
Software und Dienstleistungen

Bastian Grabski, Lars Krüger

Very Large Business Applications Lab

Technical report (Internet)
Elektronische Zeitschriftenreihe
der Fakultät für Informatik
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
ISSN 1869-5078



Fakultät für Informatik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Impressum (§ 5 TMG)

Herausgeber:

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Fakultät für Informatik
Der Dekan

Verantwortlich für diese Ausgabe:

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Fakultät für Informatik
Bastian Grabski
Postfach 4120
39016 Magdeburg
E-Mail: bastian.grabski@ovgu.de

http://www.cs.uni-magdeburg.de/Technical_reports.html

Technical report (Internet)
ISSN 1869-5078

Redaktionsschluss: 26.11.2009

Bezug: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Fakultät für Informatik
Dekanat

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	3
1 Qualität	4
1.1 Qualitätsbegriff.....	4
1.2 Definition von Qualität.....	11
2 Qualitätsmanagement.....	16
2.1 Einführung in das Qualitätsmanagement	16
2.2 Modellvorstellungen des Qualitätsmanagements	18
2.3 Grundsätze des Qualitätsmanagements	20
2.4 Techniken im Qualitätsmanagement	21
2.5 Qualitätsmanagementsystem	22
3 Softwarequalität und Softwarequalitätsmanagement.....	24
3.1 Besonderheiten von Software.....	24
3.2 Definition von Softwarequalität	27
3.3 Sichten auf Softwarequalität	30
3.4 Softwarequalitätsmanagement.....	33
4 Softwarequalitätsmodelle.....	36
4.1 Definition von Softwarequalitätsmodell	36
4.2 Anforderungen an Softwarequalitätsmodelle	38
4.3 Arten von Softwarequalitätsmodellen	39
4.4 Untersuchung von Normativen Qualitätsmodellen	42
4.5 Qualitätsmerkmale von Software	63
5 Dienstleistungsqualität.....	68
5.1 Definition von Dienst, Service und Dienstleistung.....	68
5.2 Abgrenzung von Dienstleistung und Software.....	71
5.3 Qualität von Dienstleistungen	72
5.4 Qualitätsmanagement von Dienstleistungen	74
6 Zusammenfassung zur Qualität	77
Literaturverzeichnis	78

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Begriffe der Qualitätsdefinition im Zusammenhang	14
Abb. 2.1: QTK-Kreis	19
Abb. 2.2: Zusammenhang zwischen Tätigkeiten und Ergebnissen	20
Abb. 2.3: Prozessorientiertes Qualitätsmanagementsystem	23
Abb. 3.1: Zusammenhang zwischen Prozess- und Produktqualität.....	29
Abb. 3.2: Gliederung der Qualität und deren Zusammenhänge nach der ISO 9126	29
Abb. 3.3: Maßnahmen zum konstruktiven Softwarequalitätsmanagement	34
Abb. 3.4: Maßnahmen zum analytischen Softwarequalitätsmanagement	35
Abb. 4.1: Aufbau von FCM-Qualitätsmodellen	40
Abb. 4.3: Softwarequalitätsmodell von Boehm.....	43
Abb. 4.4: Qualitätsmodell von McCall, Richards und Walters	44
Abb. 4.5: Qualitätsmodell von Schmitz, Bons und van Megen.....	45
Abb. 4.6: Qualitätsmodell von Schweiggert.....	46
Abb. 4.7: Qualitätsmodell der DGQ und der NTG.....	47
Abb. 4.8: Qualitätsmodell von Grady und Caswell	48
Abb. 4.9: Qualitätsmodell von Evans und Marciniak.....	49
Abb. 4.10: Qualitätsmodell von Hyatt und Rosenberg.....	50
Abb. 4.11: Qualitätsmodell von Willmer.....	56
Abb. 4.12: Benutzersicht des Qualitätsmodells von Dißmann und Zurwehn.....	56
Abb. 4.13: Betreibersicht des Qualitätsmodells von Dißmann und Zurwehn	57
Abb. 4.14: Designersicht des Qualitätsmodells von Dißmann und Zurwehn.....	57
Abb. 4.15: Programmierersicht des Qualitätsmodells von Dißmann und Zurwehn.....	58
Abb. 4.16: Qualitätsmodell zur internen und externen Qualität der ISO 9126.....	59
Abb. 4.17: Qualitätsmodell zur Nutzungsqualität der ISO 9126.....	60
Abb. 5.1: Strukturierung der Ansätze zur Messung der Dienstleistungsqualität.....	76

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.1: Verschiedene Definitionen des Qualitätsbegriffs.....	5
Tab. 1.2: Überschneidungen der Ansätze zur Strukturierung von Qualitätsdefinitionen.	9
Tab. 2.1: Unterscheidung von Qualitätsprüfungsarten.....	18
Tab. 3.1: Besonderheiten von Software.....	27
Tab. 3.2: Sichten auf die Qualität einer Software.....	32
Tab. 4.1: Arten von Qualitätsmodellen	42
Tab. 4.2: Potenzielle Qualitätsmerkmale für Software.....	65
Tab. 5.1: Arten der expliziten Dienstleistungsdefinition.....	69

1 Qualität

Dieser Technical Report stellt einen Zwischenstand der Dissertation zur *Entwicklung eines Qualitätsberichts als Werkzeug des Qualitätsmanagements für Web Services* dar. Er beinhaltet erreichte Ergebnisse und notwendige Grundlagen der Arbeit. Die Ausführungen zu Qualität und Qualitätsmanagement auf Basis der vorhandenen Literatur sind zum Teil in unveränderter Form in der Dissertation enthalten.

Der Begriff Qualität wird zunächst allgemein diskutiert und definiert. Daran schließen sich Beschreibungen zum Qualitätsmanagement (QM) und zu Qualitätsmanagementsystemen (QMS) an. Nach diesen Ausführungen werden Untersuchungen zur Softwarequalität geschildert, bei denen vor allem deren Qualitätsmodelle im Fokus stehen. Abschließend wird die Dienstleistungsqualität thematisiert.

Die Begriffsbildung, wie sie in diesem Beitrag vorgenommen wird, ist ein Mittel, um den zu untersuchenden Realitätsausschnitt begrifflich zu strukturieren (Vgl. [Bäch96], S. 133 ff.). Gerade die Formalisierung von Begriffen wie Qualität, die sich der unmittelbaren Beobachtbarkeit und Messbarkeit entziehen und in der Umgangssprache vielfache Verwendung finden, ist dabei bedeutsam (Vgl. [Lehn99], S. 19). Erst diese Begriffsdefinitionen ermöglichen wissenschaftliche Untersuchungen, deren Aussagegehalt über die Bedeutung von Hypothesen hinausgeht und die einen Erkenntnisgewinn bedeuten (Vgl. [Bäch96], S. 135 f.).

1.1 Qualitätsbegriff

Das Wort Qualität hat seinen Ursprung im Lateinischen. *Qualis* bedeutet *wie beschaffen* und *Qualitas* kann mit *Beschaffenheit* übersetzt werden (Vgl. [Geig08], S. 68). Der Begriff wird je nach seinem Anwendungszusammenhang oder der Auffassung und dem Bedarf seiner Anwender sehr unterschiedlich definiert (Vgl. [Petr01a], S. 29). Malorny und Kassebohm haben dazu eine Übersicht erstellt, auf die in der nachfolgenden Tab. 1.1 zum Teil zurückgegriffen wird (Vgl. [Malo94], S. 67 ff.). Die Tabelle beinhaltet eine Auflistung verschiedener Definitionen des Begriffs Qualität ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Sie stellt einen Einstieg in das Thema und eine Basis für aufbauende Definitionen dar.

Tab. 1.1: Verschiedene Definitionen des Qualitätsbegriffs

Autor	Qualitätsdefinition
Bläsing	Nach Bläsing ist Qualität das gleichzeitige Minimum der Verluste, die das Unternehmen (interne Verluste), der Kunde (externe Verluste) und die Gesellschaft durch das Produkt erleiden (Vgl. [Petr01a], S. 29; [Malo94], S. 67).
Crosby	Qualität wird nach Crosby als Erfüllung von Anforderungen definiert und nicht als Güte (Vgl. [Cros90], S. 72; [Cros94], S. 140). Maßstab für die Qualität sind dabei die Kosten für die Abweichung von den Anforderungen (Vgl. [Cros90], S. 93). Dieser Definition ging die geringfügig abweichende Festlegung von Qualität als die Übereinstimmung von Vorhaben und Ausführung voraus. Dabei ist Qualität ein Maß dafür, ob etwas Vorgenommenes in der erdachten Weise verwirklicht wird oder nicht (Vgl. [Cros72], S. 1).
Feigenbaum	Qualität bedeutet nach Feigenbaum Bedarfsermittlung beim Kunden und nicht Bedarfsermittlung bei Ingenieuren, für das Marketing oder für die Geschäftsleitung (Vgl. [Feig91], S. 7). Sie basiert auf den aktuellen Erfahrungen des Nutzers mit dem Produkt oder der Leistung und wird gegen seine Anforderungen gemessen.
Gabler Wirtschaftslexikon	In Gablers Wirtschaftslexikon wird Qualität als die Übereinstimmung von Leistungen mit Ansprüchen definiert (Vgl. [Gabl00], S. 2560 f.). Der Begriff kann subjektiv oder objektiv interpretiert werden. Die Ansprüche werden von Verwendern, Händlern und Produzenten gestellt. Außerdem setzt sich die Qualität eines Produktes aus Teilqualitäten zusammen.
Garvin	Nach Garvin bewegt sich die Qualität von Produkten oder Dienstleistungen innerhalb von den acht Dimensionen Performance (Leistungsumfang), Features (ergänzende Leistungen), Reliability (Ausfallsicherheit), Conformance (Konformität), Durability (Beständigkeit), Serviceability (Wartungseignung), Aesthetics (Ästhetik) und Perceived quality (wahrgenommene Qualität) (Vgl. [Garv88], S. 49 ff.).
Geiger	Nach Geiger ist Qualität der objektive Maßstab dafür, wie gut oder schlecht eine betrachtete Einheit die Forderung an ihre Beschaffenheit erfüllt (Vgl. [Geig08], S. 67). Dabei beschreibt eine Einheit das, was einzeln beschrieben und betrachtet werden kann (Vgl. [Geig08], S. 61).
Heinrich	Heinrich definiert Qualität als die Merkmale einer Tätigkeit oder des Ergebnisses einer Tätigkeit, die sich auf deren Eignung zur Erfüllung definierter Anforderungen beziehen (Vgl. [Hein04], S. 545).
Hentschel	Die auf einem Gut-Schlecht-Kontinuum beurteilte Beschaffenheit einer Leistung versteht Hentschel als Qualität (Vgl. [Petr01a], S. 29; [Malo94], S. 67).
Horváth, Urban	Nach Horváth und Urban ist mit Qualität die Eignung der Unternehmensgesamtleistung zur Erfüllung aller an sie gerichteten Anforderungen bezeichnet (Vgl. [Petr01a], S. 29; [Malo94], S. 67).
Juran	Nach Juran ist der Begriff Qualität mit zwei Bedeutungen verbunden (Vgl. [Jura00], S. 2.1 f.). Erstens bezeichnet Qualität die Besonderheiten eines Produktes, welche die Kundenbedürfnisse befriedigen und dadurch Kundenzufriedenheit herstellen. Zweitens ist unter Qualität die Freiheit von Mängeln und Fehlern, die Nacharbeit benötigen, Ausfälle bewirken oder zu Kundenunzufriedenheit oder Schadensfällen beim Kunden führen, zu verstehen. Bei beiden Bedeutungen steht die Gebrauchstauglichkeit (fitness for use) im Mittelpunkt.
Kamiske	Kamiske definiert Qualität als Summe aus Technik und Geisteshaltung (Vgl. [Kami98], S. 32, 43). Gemeint ist damit eine Entstehung von Qualität mit Hilfe der Technik auf Basis einer entsprechenden Geisteshaltung (Vgl. [Kami02], S. 57).
Taguchi	Taguchi definiert Qualität als den Verlust, den ein Produkt für die Gemeinschaft nach seiner Bereitstellung verursacht, im Gegensatz zu jenen Verlusten, die durch seine eigentlichen Funktionen hervorgerufen werden (Vgl. [Tagu86], S. 13).
Weinberg	Für Weinberg ist Qualität der Gegenwert für eine Person (Vgl. [Wein94], S. 6). Dabei bezeichnet der Gegenwert, was die Person bereit wäre zu zahlen, damit ihre Anforderungen erfüllt werden.

Durch die Arbeiten von Wissenschaftlern wie Deming, Crosby, Garvin und Juran wurde das Verständnis des Qualitätsbegriffs geprägt. Ausgehend von diesen und anderen Definitionen wurden Standards und Normen entwickelt, die ein größeres Maß an Verbindlichkeit und ein breites Verständnis des Begriffs gewährleisten sollen (Vgl. [Petr01a], S. 29).

So definiert die ISO 9000:2005 *Qualität* als Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale bestimmte Anforderungen erfüllt (Vgl. [ISO9000], S. 18 f.). Diese Anforderungen stellen Erfordernisse oder Erwartungen dar, die festgelegt, vorausgesetzt oder verpflichtend sind. Dabei kann Qualität mit Adjektiven wie schlecht, gut oder ausgezeichnet beschrieben werden.

Grundsätzlich beziehen alle Definitionen die Qualität explizit oder implizit auf bestimmte Elemente. So ist beispielsweise von Einheiten, Produkten, Dienstleistungen oder Leistungen die Rede, über welche die Qualität etwas aussagt. Auffällig ist auch, dass Qualität entweder mit Anforderungen wie bei Crosby, Geiger und Juran oder mit Verlusten, wie bei Blasing und Taguchi, assoziiert wird. In vielen Definitionen finden sich auch Aussagen, die Qualität als objektiv oder subjektiv, als relativ oder absolut und als determinierbar oder nicht determinierbar bezeichnen (Vgl. [Garv88], S. 39).

Zwar weisen die aufgeführten Definitionen vielfach Gemeinsamkeiten auf, dennoch bestehen grundsätzliche Unterschiede. Eine eindeutige und allgemeingültige Definition des Begriffs Qualität scheint schwer ableitbar. Bereits 1969 formulierte Kawlath drei Gründe, warum eine eindeutige Ableitung des Begriffs *Qualität* den damaligen Ansätzen nicht gelungen ist (Vgl. [Kawl69], S. 16 ff.). Obwohl diese Einschätzungen 40 Jahre zurückliegen, haben sie nicht an Aktualität verloren:

1. Ein Qualitätsurteil über einen Gegenstand basiert nicht auf einer einzigen Eigenschaft, sondern auf einer Bewertung einer Menge von Eigenschaften. Eine Ableitung eines Gesamturteils über den Gegenstand wird somit erschwert (Vgl. [Kawl69], S. 18). Angelehnt an Geiger wäre hier eine Anwendung des Begriffs *Einheit* anstatt *Gegenstand* angemessener, da Kawlath seine Aussage lediglich auf Gegenstände und nicht auch auf z. B. Dienstleistungen bezieht, für welche die Behauptung aber in gleicher Weise zutreffend ist.
2. Nur wenige dieser Merkmale sind mit einem objektiven Urteil, das z. B. auf Basis von Messungen in allgemein verbindlichen technischen Maßeinheiten möglich ist, bestimmbar. Viele Urteile über Merkmale von Gegenständen (oder Einheiten) basieren lediglich auf den subjektiven Wertvorstellungen ihrer Käufer.

3. Der Qualitätsbegriff ist ein merkmalsarmer Begriff. Lediglich über die Zusammensetzung der Qualität eines Gutes (oder einer Einheit) aus der Bewertung mehrerer seiner Merkmale herrscht Einigkeit. Daraus ergibt sich eine qualitative Beurteilung eines Gutes als ein Bündel aus den Beurteilungen der einzelnen Merkmale. Weiterhin führt Kawlath aus, dass damals alle Autoren, die sich um eine Klärung des Qualitätsbegriffs bemüht haben, das Qualitätsurteil aus subjektiven und objektiven Bestandteilen zusammensetzen.

Basierend auf Punkt 3 identifiziert Kawlath drei Gruppen von Autoren, welche sich wissenschaftlich mit der Qualität von Einheiten auseinandersetzen (Vgl. [Kaw169], S. 17, 19). Als Unterscheidungskriterium dient ihm dabei der Fokus auf die subjektiven oder die objektiven Bestandteile des Qualitätsurteils über eine Einheit. Dabei ist eine Aussage objektiv, wenn sie für alle Menschen erkenn- und überprüfbar ist und subjektiv, wenn sie nur im Menschen begründet ist und nur für den Menschen gültig ist. Es ergeben sich daher die folgenden drei Gruppen zur Strukturierung der Qualitätsdefinitionen:

- Gruppe 1: Die Autoren betonen vor allem die subjektiven Bestandteile der Qualität.
- Gruppe 2: Vor allem die objektiven Bestandteile der Qualität werden von den Autoren als wesentlich angesehen.
- Gruppe 3: Sowohl den subjektiven, als auch den objektiven Bestandteilen der Qualität werden diese Autoren gerecht.

Eine andere Möglichkeit zur Strukturierung der vielfältigen Auffassungen zum Qualitätsbegriff bietet die von Garvin entwickelte Definition der fünf wesentlichen Betrachtungsweisen. Die Ansätze sind nachfolgend aufgeführt (Vgl. [Balz98], S. 256; [Garv88], S. 40 ff.):

- Transzendenter Ansatz: Beim transzendenten Ansatz ist Qualität universell erkennbar, absolut, einzigartig und vollkommen. Unter ihr werden kompromisslos hohe Standards und Ansprüche an die Funktionsweise eines Produktes verstanden. Zudem ist Qualität nur durch Erfahrungen und nicht durch Messungen oder Analysen bewertbar.
- Produktbezogener Ansatz: Gegenteilig dazu ist Qualität beim produktbezogenen Ansatz eine genau messbare und inhärente Eigenschaft des Produktes. Unter Vernachlässigung von subjektiven Wahrnehmungen können so Qualitätsunterschiede zwischen verschiedenen Produkten einer Kategorie

aufgezeigt und eine Rangordnung zwischen ihnen festgelegt werden. Konkrete Kundeninteressen bleiben dabei unberücksichtigt.

- **Benutzerbezogener Ansatz:** Beim benutzerbezogenen Ansatz entscheidet lediglich der Nutzer eines Produktes nach seinen persönlichen Präferenzen über die Qualität. Da verschiedene Nutzer oder Nutzergruppen unterschiedliche Wünsche und Bedürfnisse haben, werden jeweils andere Produkte als qualitativ hochwertig empfunden.
- **Prozessbezogener Ansatz:** Nach dem prozessbezogenen Ansatz entsteht Qualität bei der Erstellung eines Produktes. Durch exakte Spezifikation und Kontrolle des Herstellungsprozesses können Nacharbeiten minimiert und Kundenbedürfnisse schnell umgesetzt werden.
- **Kosten/Nutzen-bezogener Ansatz:** Nach diesem Ansatz stellt Qualität eine Funktion aus Kosten und Nutzen dar. Das bedeutet, dass das Verhältnis vom Nutzen eines Produktes zu seinem Preis eine Unterscheidung in qualitativ hochwertig oder minderwertig ermöglicht.

Ein Vergleich der beiden Herangehensweisen von Kawlath und Garvin zur Strukturierung von Qualitätsdefinitionen offenbart Überschneidungen. Die Gruppen, in denen laut Kawlath vor allem die subjektiven Bestandteile der Qualität einer Einheit betont werden, entsprechen dem benutzerbezogenen Ansatz von Garvin. In beiden Fällen ist das subjektive Urteil eines Nutzers oder einer Nutzergruppe ausschlaggebend für die Bewertung der Qualität einer Einheit. Der produktbezogene Ansatz von Garvin beinhaltet eine exakte und objektive Messung der Qualität einer Einheit und unterstellt ein Qualitätsurteil rein auf Basis dieser Messungen unter zeitgleicher Vernachlässigung der subjektiven Präferenzen der Nutzer. Dieser Ansatz ist mit der Gruppe, die auf die objektiven Bestandteile fokussiert, vergleichbar. Sowohl subjektive, als auch objektive Bestandteile finden sich in dem prozessbezogenen und in dem Kosten/Nutzen-bezogenen Ansatz wieder. Die Überschneidungen sind in Tab. 1.2 aufgeführt.

Tab. 1.2: Überschneidungen der Ansätze zur Strukturierung von Qualitätsdefinitionen

		Kawlath		
		Subjektive Bestandteile	Objektive Bestandteile	Subjektive und objektive Bestandteile
Garvin	Transzendenter Ansatz			
	Produktbezogener Ansatz		X	
	Benutzerbezogener Ansatz	X		
	Prozessbezogener Ansatz			X
	Kosten/Nutzen-bezogener Ansatz			X

Bei einer Anwendung der Strukturierungen können z. B. die Qualitätsdefinitionen von Feigenbaum, Weinberg und Juran dem benutzerbezogenen Ansatz von Garvin zugeordnet werden. Eine Einordnung in die Gruppe von Kawlath, welche die subjektiven Bestandteile der Qualität betont, ist damit naheliegend. Alle drei Autoren betonen die Bedeutung des Kunden für die Qualitätsbestimmung einer Einheit. Der Kunde entscheidet subjektiv nach seinen Bedürfnissen und Wünschen über den Wert der Einheit. Objektive Bestandteile betont bspw. Geiger. Daher ist Geigers Definition dem produktbezogenen Ansatz zuzuordnen.

Im Rahmen der Behandlung von Qualität in diesem Beitrag werden keine Betrachtungsweisen des Qualitätsbegriffs ausgeschlossen. Dem transzendenten Ansatz, mit seiner Verkürzung der Qualität zur Hochwertigkeit, und dem Kosten/Nutzen-bezogene Ansatz, der Qualität ausschließlich auf das Preis-Leistungsverhältnis bezieht, kommen dabei jedoch aufgrund ihrer Einschränkungen eher untergeordnete Rollen zu (Vgl. [Bäch96], S. 31).

Die Auflistung der vielen unterschiedlichen Ansätze des Qualitätsbegriffs zeigt, wie Eingangs erwähnt, dass über ihn kein einheitliches Verständnis existiert (Vgl. [Garv88], S. 49 ff.). Um den sich daraus ergebenden Problemen zu begegnen, hat Garvin acht Kategorien der Qualität identifiziert und beschrieben. Diese von ihm als *Dimensionen* bezeichneten Kategorien stellen einen abstrakten Rahmen für die Analyse von Qualität dar. Die Qualität jeder Einheit kann über diese Dimensionen vollständig strukturiert werden. Garvin identifiziert folgende abgeschlossene und abgegrenzte Kategorien:

- Leistungen (Performance): Die Leistungen beinhalten den Leistungsumfang der Einheit. In dieser Kategorie werden die primären Merkmale der Einheit, die sich auf dessen Betrieb oder Nutzung beziehen, zusammengefasst.
- Features (Features): Unter Features werden ergänzende oder besondere Leistungen zusammengefasst, die das über das normale, durch die Kategorie

Leistung abgebildete Maß hinausgehen. Sie ergänzen die primären Leistungen der Einheit.

- **Zuverlässigkeit (Reliability):** Die Zuverlässigkeit einer Einheit reflektiert die Wahrscheinlichkeit von Fehlern, Störungen oder Ausfällen innerhalb eines bestimmten Zeitraums. Merkmale in dieser Kategorie sind eher bei langlebigen Investitionsgütern, als bei kurzlebigen Konsumgütern von Relevanz.
- **Konformität (Conformance):** Der Grad an Übereinstimmung zwischen den Ausprägungen von Merkmalen einer Einheit und zuvor festgelegten Anforderungen wird als Konformität bezeichnet. Dabei beinhaltet die Kategorie einerseits Konformität gegenüber Spezifikationen und andererseits Konformität gegenüber Abweichungen, die unter Umständen den Spezifikationen entgegenstehen. So kann eine geringere Standardabweichung sinnvoller, als die reine Erfüllung spezifizierter Anforderungen sein (Vgl. [Garv88], S. 54).
- **Beständigkeit (Durability):** Die Kategorie der Beständigkeit umfasst Begriffe wie Lebensdauer, Dauerhaftigkeit oder Haltbarkeit der Einheit. Sie kann mit dem Nutzen einer Einheit bis zu deren endgültigem Verschleiß beschrieben werden. Im Falle, dass eine Reparatur der Einheit möglich ist, muss die Definition um Nutzen der Einheit bis zum Zeitpunkt, indem eine Reparatur nicht mehr sinnvoll ist und damit der endgültige Verschleiß erreicht ist, erweitert werden. Beständigkeit und Zuverlässigkeit sind eng miteinander verknüpft.
- **Instandhaltbarkeit (Serviceability):** Unter dieser Kategorie der Qualität werden die Wartung und Reparatur einer Einheit bewertet. Dabei sind bspw. Geschwindigkeit, Höflichkeit und Kompetenz bei der Reparatur relevant.
- **Ästhetik (Aesthetics):** Die Kategorie Ästhetik einer Einheit beinhaltet die Bewertung seiner äußeren Erscheinung. Dabei wirken Merkmale wie Aussehen, Form, Beschaffenheit, Klang, Geschmack und Geruch. Ästhetik ist eng mit der wahrgenommenen Qualität verknüpft.
- **Wahrgenommene Qualität (Perceived quality):** Unter der wahrgenommenen Qualität werden Auffassung oder Empfindung der Qualität zusammengefasst. Bei dieser Einschätzung spielen Marken, Werbung, Reputation und Einstellungen eine Rolle.

1.2 Definition von Qualität

Nachdem im vorhergehenden Kapitel die verschiedenen Definitionen von Qualität behandelt worden sind, dient dieses Kapitel der Festschreibung einer Definition, die verbindlich für den gesamten Beitrag ist. Angelehnt an Crosby, Feigenbaum, Geiger, Juran, Weinberg, die ISO 9000:2005 und die Konzepte der Systemtheorie gilt die folgende Definition:

Qualität ist das Maß, inwieweit die Merkmale eines Elements an sie gestellte Anforderungen erfüllen. Dabei ist Qualität immer subjektiv und wird aus der Bewertung determinierbarer und nicht-determinierbarer Merkmale gebildet.

Obwohl zur Steigerung der Allgemeingültigkeit in Definitionen wie die der ISO 9000:2005 gänzlich auf die Bezugspunkte der Qualität verzichtet wird, sind sie in der obigen Definition dennoch integriert. Die Festlegung auf den Begriff *Element* aus der Systemtheorie als Bezug für die Qualität ist für die Forschung zum Qualitätsmanagement praktisch. Sie ermöglicht eine direkte Bezugnahme auf den Gegenstand der Betrachtungen, stellt eine Verbindung zwischen Qualität und Systemtheorie her und steigert Anwendbarkeit und Verständnis der Definition.

Ein Element ist ein Bestandteil eines Systems. Dem hierarchischen Systemkonzept folgend kann ein Element wiederum ein System sein, das sich aus Elementen zusammensetzt. Eine Einheit ist das, was einzeln beschrieben und betrachtet werden kann. Ein Vergleich beider Definitionen führt zu der Erkenntnis, dass beide Abgrenzungen dasselbe bezeichnen, es jedoch jeweils auf einer anderen Abstraktionsebene erfasst wird. Die Begriffe Element (oder System) und Einheit können demnach im Zuge dieser Definition des Qualitätsbegriffs als synonym verstanden werden. Um eine Konsistenz im Beitrag im Bezug zur der Systemtheorie als wissenschaftliche Grundlage herzustellen, wird hier der Begriff *Element* verwendet. Eine Definition unter Nutzung des Begriffs *Einheit* wäre gleichbedeutend. Die Qualität in dieser Definition bezieht sich auf z. B. Produkte, Dienstleistungen, Personen, Prozesse, Verfahren, Begriffe und Messwerte.

In der Definition werden Anforderungen an die Merkmale des Elements gestellt. Daher ist die Frage zu beantworten, wer oder was diese Anforderungen erhebt. Generell kann definiert werden, dass ein Subjekt diese Anforderungen gegenüber den Merkmalsausprägungen besitzt. Bei diesem Subjekt handelt es sich in der Praxis zumeist um Personen, Personengruppen wie z. B. Kunden oder Organisationen. Diese Organisationen können ein soziales System als Gruppe von natürlichen Personen oder

eine juristische Person, die wiederum durch natürliche Personen repräsentiert wird, darstellen.

Anspruchsgruppen besitzen ein Anrecht, eine Beteiligung oder einen Anspruch gegenüber einem System oder dessen Menge an Merkmalen. Auch die Qualität kann mit Bezug auf Anspruchsgruppen als Subjekte definiert werden. Demnach besitzen die interessierten Parteien jeweils eine eigene Sicht auf die Qualität eines Elements. Jeweils andere Merkmale und Merkmalsausprägungen sind unabhängig von deren Determinierbarkeit für die Anspruchsgruppen von Interesse und für ihre Qualitätsbewertung entscheidend. Sie stellen auch jeweils eigene Anforderungen an die Ausprägung der Merkmale. Somit grenzen sich die Anspruchsgruppen aus Sicht des Qualitätsmanagements gegeneinander ab. Die Qualität eines Elements als Maß der Anforderungserfüllung besitzt also mehrere Ausprägungen, die abhängig von der jeweiligen Anspruchsgruppe jeweils unterschiedliche Bewertungen repräsentieren. Die Subjektivität der Qualität wird durch diese Definition verdeutlicht.

Wie zuvor ausgeführt, wird in der Definition implizit ein Bezug zwischen den Anforderungen und Subjekten, welche diese Anforderungen gegenüber den Merkmalsausprägungen besitzen, hergestellt. Damit ist ein Zusammenhang zwischen Qualität und Personen gegeben. Diesem Zusammenhang liegt das Verständnis zu Grunde, dass Qualität ein von Subjekten definiertes, erfasstes und genutztes Konstrukt ist. Das bedeutet, dass zur Erfassung der Qualität eines Elementes immer mindestens ein Subjekt benötigt wird. Eine Festlegung auf Personen oder Organisationen als Bezugspunkt der Anforderungen, gegen die das Maß der Erfüllung geprüft wird, liegt daher nahe. Außerdem ist ihre Verwendung allgemeingültiger als der häufige Bezug auf Kunden (Vgl. [Feig91], S. 7; [Jura00], S. 2.1 f.; [Wein94], S. 6). Es werden so alle potenziellen Anspruchsgruppen wie Kunden, Entwickler oder Verkäufer einbezogen.

Mit der Bezugnahme von Qualität auf Subjekte z. B. in Form von Anspruchsgruppen kommt auch dem Zweck des Elements Bedeutung zu. Kawlath führt aus, dass Qualität immer mit der Eignung für einen bestimmten Zweck verbunden ist. (Vgl. [Kawl69], S. 48). Auch Juran betont die Bedeutung der Eignung für einen bestimmten Zweck als *fitness for use* (Vgl. [Jura00], S. 2.1 f.). Das heißt das Subjekt beurteilt die Qualität eines Elements immer in Relation zu dem Zweck, den das Element für es hat, oder in Relation zu einem fiktiven Zweck, den es unterstellt. Eine vollkommen objektive Beurteilung eines Elementes ist niemals möglich, da impliziert würde, dass alle Subjekte das Element für alle Zeiten für den genau gleichen Zweck nutzen möchten. Bereits Deming stellte fest, dass Qualität letztlich durch den Kunden definiert und somit subjektiv empfunden wird (Vgl. [Thal02], S. 244). Bei Bächle ist dazu formuliert, dass

eine Aussage über Qualität nur relativ zu einem Bezugspunkt, niemals aber absolut, getroffen werden kann, da sich der Bezugspunkt durch die individuelle Bedürfnisstruktur des Betrachters bestimmt (Vgl. [Bäch96], S. 28 f.). Ein Element kann zwar neben subjektiv zu bewertenden Merkmalen auch objektiv bewertbare Merkmale enthalten, die Gesamtaussage zur Qualität eines Elements bleibt aber stets subjektiv. Qualität ist demnach nur teleologisch zu fassen und kann mit der Eignung für bestimmte Zwecke gleichgesetzt werden (Vgl. [Kawl69], S. 50). Da der Zweck als Komplex verschiedener konkretisierter Bedürfnisse definiert werden kann, hängt die Qualität auch mit dem Nutzen oder mit dem fiktiven Nutzen des Elementes für das jeweilige Subjekt zusammen (Vgl. [Kawl69], S. 51). Kawlath beschreibt dies als Nutzenvorstellungen der Erwerber, von denen die Qualitätseinschätzung eines Produktes abhängig ist (Vgl. [Kawl69], S. 48 f.).

Qualität ist als ein Maß für die Erfüllung von Anforderungen definiert. Mit dem Begriff ist eine Modellbildung verbunden, da das Maß nur ein Modell für ein Empfinden in der Realität darstellt. Ein Modell besitzt immer ein pragmatisches Merkmal, d. h. die Bildung eines Modells mit einer konkreten Intention, also einem Zweck verbunden. Der Bezug von Qualität auf einen Zweck kann also auch aus der Modelldefinition hergeleitet werden.

In der Definition setzt sich die Qualität aus der Bewertung von mehreren determinierbaren und nicht determinierbaren Merkmalen zusammen. Dabei bezeichnet Determination eine Tätigkeit zur Ermittlung des Wertes eines oder mehrerer Merkmale eines Elements (Vgl. [Geig08], S. 115 ff.). Diese Werte können durch Versuche, Tests, Messungen oder Untersuchungen gewonnen werden. Folglich wird die Existenz von quantitativen oder qualitativen Merkmalen eines Elementes unterstellt, die bestimmt werden können, und solchen Merkmalen, bei denen das nicht möglich ist. Beispielsweise ist die Bestimmung des Durchmessers eines Balls ein determinierbares Merkmal des Elements. Bestimmte aktuelle Einstellungen oder Stimmungen von Personen sind bspw. schwer oder gar nicht determinierbar.

Da die Qualität als das Maß zur Erfüllung von Anforderungen definiert wird, kann die Qualitätsbestimmung durch ein Subjekt bspw. eine Anspruchsgruppe mit der Bestimmung eines Wertes des Elements für das Subjekt verglichen werden. Wissenschaftler wie Taguchi präferieren jedoch die Assoziation eines Verlustes mit dem Begriff Qualität (Vgl. [Tagu86], S. 13). So führt er aus, dass Wert ein subjektiver Begriff ist. Außerdem begrenzt er den Begriff Verlust auf durch Streuung der Funktionalität verursachte Verluste und durch nachteilige Nebenwirkungen verursachte Verluste (Vgl. [Tagu86], S. 14). Wenn Qualität jedoch als vollkommen zweckgebunden

und am Nutzen des Subjekts ausgerichtet begriffen wird, dann ist auch der Verlust, den beispielsweise ein Produkt auslöst, abhängig vom Zweck und vom Nutzen für das Subjekt, das ihn erleidet. Damit kann ein Verlust ebenso als stets subjektiv festgelegt werden. Eine Definition von Qualität mit Bezug zum Verlust ist also vergleichbar mit einer Definition als Wert. Eine Verwendung des Verlustes in der Definition bedeutet somit keinen Unterschied.

Eine Einordnung der Qualitätsdefinition in die beiden Ansätze zur Strukturierung von Qualitätsdefinitionen ist möglich. So ist die Definition eindeutig dem benutzerbezogenen Ansatz von Garvin zuordenbar. Qualität wird rein nach den Präferenzen der Nutzer (als Subjekte) eines Produktes (als Element) bestimmt. Eine Einordnung in Kawlaths Struktur stellt sich jedoch schwieriger dar. Zwar ist die Gesamtaussage zur Qualität eines Elements aufgrund ihres Zusammenhangs zum Zweck für das Subjekt stets subjektiv, sie kann aber auch objektive, also für alle Menschen erkenn- und überprüfbare Aussagen enthalten. Daher wird die Qualitätsdefinition in die dritte Gruppe von Kawlath eingeordnet.

Die folgende Abb. 1.1 zeigt die Zusammenhänge zwischen den wichtigsten Begriffen innerhalb der Qualitätsbegriffsdefinition in Form eines Klassendiagramms. Die Abbildung soll das Verständnis für die Bedeutung der verwendeten Begriffe erhöhen.

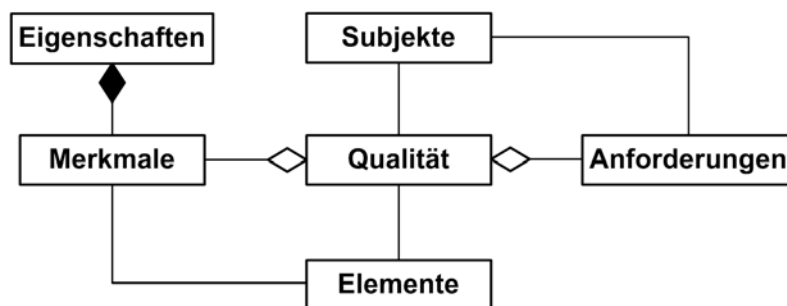


Abb. 1.1: Begriffe der Qualitätsdefinition im Zusammenhang

Um den Begriff der Qualität anwenden zu können, sind zusätzliche Definitionen erforderlich. Vielfach wird von Qualitätseigenschaften, Qualitätsmerkmalen und Qualitätsanforderungen gesprochen, die bspw. innerhalb eines Softwareentwicklungsprozesses einheitlich definiert sein müssen (Vgl. [Petr01c], S. 101 ff.) Diese Bezeichnungen sind nachfolgend definiert (Vgl. [Hess84], S. 208; [Geig08], S. 83, 154):

- Als *Qualitätseigenschaft* wird eine Eigenschaft verstanden, die zur Unterscheidung von Elementen (z. B. Produkten oder Prozessen) in subjektiver oder in objektiver Hinsicht herangezogen werden kann.

- Ein *Qualitätsmerkmal* ist eine Qualitätseigenschaft, die im konkreten Fall als relevant erachtet und zur Unterscheidung herangezogen wird. Eine Eigenschaft wird also bei Nutzung zur Qualitätsbeurteilung eines Elements zum Merkmal des Elements. In der ISO 9000:2005 wird ein Merkmal daher als kennzeichnende Eigenschaft bezeichnet (Vgl. [ISO9000], S. 25).
- *Qualitätsanforderungen* sind Anforderungen an die Ausprägung von Qualitätsmerkmalen. Sie können festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend sein (Vgl. [ISO9000], S. 19). Das Kano-Modell unterteilt Kundenanforderungen in fünf Ebenen (Vgl. [Kano84], S. 39 ff.). Die Basisanforderungen müssen unbedingt erfüllt sein, da der Kunde sie voraussetzt (Vgl. [Bruh06], S. 44 f.). Leistungsanforderungen hingegen stellen Soll-Anforderungen dar, die der Kunde verlangt. Die Begeisterungsanforderungen werden durch den Kunden nicht explizit erwartet. Umso mehr haben sie einen positiven Einfluss auf seine Qualitätswahrnehmung. Während unerhebliche Anforderungen ohne Bedeutung sind, können Rückweisungsanforderungen die empfundene Qualität nur verschlechtern.

2 Qualitätsmanagement

Innerhalb dieses Kapitels wird das Qualitätsmanagement im Allgemeinen thematisiert. Auf die Definition relevanter Begriffe und Grundsätze folgen Ausführungen zu Qualitätsmanagementsystemen. Diese Beschreibungen dienen als Grundlage zur Entwicklung eines Verfahrens für das Qualitätsmanagement.

2.1 Einführung in das Qualitätsmanagement

Eine Differenzierung der Leistung eines Anbieters von der Konkurrenz kann neben dem Preis und dem Zeitpunkt der Bereitstellung über die Realisierung der Anforderungen an die Beschaffenheit erreicht werden (Vgl. [Jura00], S. 2.1 ff.; [Geig08], S. 23). Qualitätsmanagement betrifft die Beschaffenheitsgestaltung von Einheiten oder Elementen (Vgl. [Geig08], S. 3 f.). Dabei soll die Beschaffenheit eines betrachteten Elementes nach dessen Realisierung bestimmte Forderungen erfüllen. Demnach dient Qualitätsmanagement bspw. dazu, das geforderte Maß an Qualität eines Produktes sicherzustellen, mit dem dessen wirtschaftlicher Erfolg maximiert wird.

Beschaffenheit bezeichnet die Gesamtheit der Merkmale und Merkmalswerte, die dem Element inhärent sind. Die Qualität ist dann das Maß für die Bewertung der Forderungserfüllung des Ergebnisses der Beschaffenheitsgestaltung. Da sich die Bewertung der Qualität eines Elementes nur auf einen Teil von dessen Beschaffenheit bezieht, sind die Qualitätsmerkmale eine Teilmenge der Beschaffenheit.

Das Qualitätsmanagement ist eine übergeordnete Querschnittsaufgabe in Organisationen (Vgl. [Geig08], S. 17, 23). Es beinhaltet alle aufeinander abgestimmten Tätigkeiten zum Leiten und Lenken dieser Organisation bezüglich Qualität und hat dazu benötigte Hilfsmittel zugeordnet (Vgl. [ISO9000], S. 21). Die Anwendung des Qualitätsmanagements dient der erfolgreichen Verfolgung der Gesamtzielsetzung der Organisation. Die wichtigsten Bestandteile des Qualitätsmanagements sind folgende Elemente (Vgl. [Geig08], S. 4, 11, 57, 106 ff., 149 ff.; [ISO9000], S. 18 ff.):

- **Qualitätsplanung:** Es werden Qualitätsziele, notwendige Ausführungsprozesse und dafür benötigte Ressourcen zum Erreichen der Qualitätsziele festgelegt. Die Qualitätsziele beruhen auf der Qualitätspolitik, die übergeordnete Absichten und die Ausrichtung einer Organisation zur Qualität repräsentiert, und werden durch diesbezügliche Forderungen an die einzelnen Teile der Organisation verankert. Dabei ist die Auswahl, Klassifizierung und Gewichtung der Qualitätsmerkmale unerlässlich. Die Forderungsplanung wiederum, welche der Planung der

jeweiligen Forderung an die Beschaffenheit jedes in einer Organisation realisierten, beschafften oder benutzten Elements dient, hat zwei Ziele. In der externen Forderungsplanung werden die Forderungen von Kunden, des Marktes und der Gesellschaft konkretisiert. Hingegen fokussiert die interne Forderungsplanung Forderungen bezüglich der Realisierbarkeit und deren Wirtschaftlichkeit.

- **Qualitätslenkung:** Dieser Teil des Qualitätsmanagements ist direkt auf die Erfüllung der beschaffenheitsbezogenen Forderungen gerichtet. Er beinhaltet die vorbeugenden, überwachenden und korrigierenden Tätigkeiten bei der Realisierung des Elements mit dem Ziel, die Forderung an die Beschaffenheit der betrachteten Elemente zu erfüllen. Während die *unmittelbare Qualitätslenkung* im Zuge der Realisierung auf die Tätigkeiten und eingesetzte Mittel einwirkt, verbessert die *mittelbare Qualitätslenkung* die Fähigkeiten der Personen und Mittel, die für die Realisierung eingesetzt werden. Sie kommt folglich erst bei künftigen Realisierungen zur Wirkung.
- **Qualitätssicherung:** Es wird Vertrauen in die Fähigkeit des Qualitätsmanagementsystems (siehe Kapitel 2.5) erzeugt.
- **Qualitätsprüfung:** In diesem Teil finden qualitätsbezogene Prüfungen statt. Diese Prüfungen dienen dem Feststellen, inwieweit ein Element an seine Beschaffenheit gestellte Forderungen erfüllt. Die Ergebnisse von Qualitätsprüfungen werden in allen Teilen des Qualitätsmanagements und auch während aller Phasen des Produktlebenszyklus gebraucht. Einige ihrer Arten sind in Tab. 2.1 unterschieden (Vgl. [Geig08], S. 109).
- **Qualitätsverbesserung:** Dieser Teil zielt auf die Erhöhung der Qualitätsfähigkeit. Neben dieser Qualitätsförderung können mit Qualitätssteigerung und Qualitätserhöhung noch zwei weitere Elemente der Qualitätsverbesserung benannt werden. Während die Qualitätssteigerung mit einer Ausweitung und Verschärfung der Forderungen an die Beschaffenheit verbunden ist, werden in der Qualitätserhöhung durch umfassendes Qualitätsmanagement bewirkte Verbesserungen einbezogen.

Tab. 2.1: Unterscheidung von Qualitätsprüfungsarten

Art	Vollständige Qualitätsprüfung	100-Prozent-Prüfung	Statistische Qualitätsprüfung	Auswahlprüfung
Prüfumfang	Alle Qualitätsmerkmale	Alle Elemente	Statische Menge an Elementen	Durch Vorkennntnis ausgewählte Elemente
Zeitablauf	Erstprüfung	Wiederholungsprüfung	Wiederholungsprüfung	Wiederkehrende Prüfung
Zuständigkeit	Selbstprüfung	Selbstprüfung	Eigenprüfung	Fremdprüfung

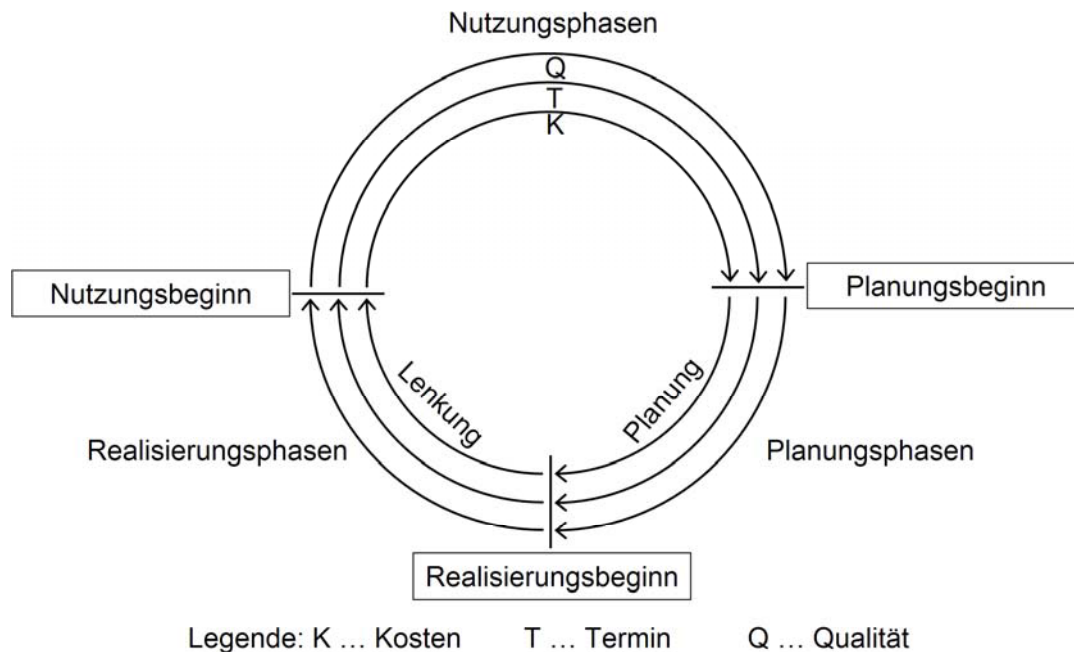
Weitere Teile des Qualitätsmanagements, deren Bedeutung geringer ist im Vergleich zu den bereits aufgeführten, sind die folgenden (Vgl. [Geig08], S. 112 ff.):

- **Qualitätsüberwachung:** Dieser Teil beinhaltet die ständige Überwachung und Verifizierung des Zustands eines Elements und die Analyse von Aufzeichnungen um die Erfüllung festgelegter Forderungen sicherzustellen. Er kann durch Kunden oder in deren Auftrag durchgeführt werden.
- **Qualitätsaudit:** Hierbei handelt es sich um eine systematische und unabhängige Untersuchung um festzustellen, ob die qualitätsbezogenen Tätigkeiten und deren Ergebnisse den geplanten Kriterien wie z. B. Forderungen entsprechen, und ob sie tatsächlich verwirklicht und geeignet sind, die Ziele zu erreichen. Die Kriterien sind für den Prüfer Maßstab seiner Prüfungen. Der Prozess dient der Erlangung von Auditnachweisen über die Erfüllung von Auditkriterien.

2.2 Modellvorstellungen des Qualitätsmanagements

Bei dem Qualitäts-Termin-Kosten-Kreis (QTK-Kreis) handelt es sich um ein fallunabhängiges Gedankenmodell für das Zusammenwirken aller Tätigkeiten in einer Organisation und bei deren Kunden (Vgl. [Geig08], S. 29 ff.). Es beginnt mit der Erstellung, welche die Phasen Planung und Realisierung beinhaltet, und reicht bis zur Produktnutzung. Dabei können die Phasen in weitere, aufeinander folgende Phasen untergliedert werden. Tätigkeiten innerhalb der Phasen sind häufig Bestandteile von Prozessen. Das Modell fokussiert nur diese Tätigkeiten und nicht deren Ergebnisse.

Der in Abb. 2.1 gezeigte Kreis besitzt drei parallele Kreise zu den qualitätsbezogenen, den terminbezogenen und den kostenbezogenen Tätigkeiten. In den Kreisen verlaufen die Phasen parallel. In allen Phasen des Kreises finden QTK-Prüfungen als Tätigkeiten statt. Die Lebenszyklusphase Stilllegung wird im Modell nicht beachtet. Die gewählte Darstellung ist von einer umfangreicheren Darstellung bei Geiger abstrahiert. Für detaillierte Ausführungen sei daher auf diese Quelle verwiesen (Vgl. [Geig08], S. 30).



Vgl. [Geig08], S. 30.

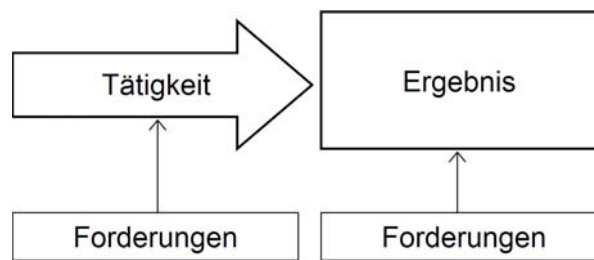
Abb. 2.1: QTK-Kreis

Das Modell verdeutlicht zum einen, dass jedes Produkt sowohl einer Forderung an die Beschaffenheit, als auch bezüglich des Termins und der Kosten unterliegt. Zum anderen verdeutlicht die Darstellung die Notwendigkeit spezialisierter Tätigkeiten in den drei Managementbereichen einer Organisation.

Relevant ist außerdem die Feststellung, worauf sich eine Qualitätsaussage zu bestimmten Phasen oder ihren Tätigkeiten oder Prozessen im Anschluss an eine Prüfung bezieht. So ist Planungsqualität bspw. die realisierte Beschaffenheit der betreffenden Planungstätigkeit bezüglich der gestellten Forderungen (Vgl. [Geig08], S. 34). Gleiches gilt auch für andere Phasen wie Lenkung. Planungsqualität zielt folglich auf eine zufriedenstellende Qualität nicht des Produktes, auch nicht der Ergebnisse der Planungstätigkeiten, sondern auf eine zufriedenstellende Qualität der Planungstätigkeiten selbst. Sie hat nichts mit der Qualitätsplanung im Qualitätsmanagement zu tun.

Prüfungen, deren Anwendung in allen Phasen des Kreises notwendig ist, können als Tätigkeiten durch die Prüfungsqualität bewertet werden (Vgl. [Geig08], S. 36 f.). Dabei wird unter Prüfungen das Feststellen, inwieweit ein Element eine Forderung erfüllt, verstanden. Die Ergebnisse von Tätigkeiten oder ganzen Prozessen können direkt gegen die Forderungserfüllung ihrer Beschaffenheit überprüft werden. Tätigkeiten sind entweder direkt oder sofern aufgrund der Umstände erforderlich, anhand ihrer

Ergebnisse zu überprüfen und zu beurteilen. Der Zusammenhang zwischen Tätigkeiten und ihren Ergebnissen wird in Abb. 2.2 verdeutlicht (Vgl. [Geig08], S. 43 f.).



Vgl. [Geig08], S. 43 f.

Abb. 2.2: Zusammenhang zwischen Tätigkeiten und Ergebnissen

2.3 Grundsätze des Qualitätsmanagements

Das Qualitätsmanagement ist eine Managementdisziplin beim Leiten und Lenken einer Organisation (Vgl. [ISO9000], S. 5 f.). In der ISO 9000 sind acht Grundsätze des Qualitätsmanagements formuliert, die von der obersten Leitung zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Organisation eingehalten werden können (Vgl. [Geig08], S. 14):

- **Kundenorientierung:** Organisationen müssen gegenwärtige und zukünftige Bedürfnisse der Kunden verstehen, ihre Anforderungen erfüllen und möglichst übertreffen.
- **Führung:** Die Führung muss eine Übereinstimmung zwischen Zweck und Ausrichtung der Organisation gewährleisten und ein Umfeld schaffen, indem sich die Personen für die Zielerreichung der Organisation einsetzen können.
- **Einbeziehung der Personen:** Die Personen auf allen Ebenen der Organisation müssen einbezogen sein, um ihre Fähigkeiten zum Nutzen der Organisation einzusetzen.
- **Prozessorientierter Ansatz:** Tätigkeiten und zugehörige Ressourcen müssen als Prozess geleitet und gelenkt werden.
- **Systemorientierter Managementansatz:** Miteinander in Wechselbeziehung stehende Prozesse als System sind zu erkennen, zu verstehen, zu leiten und zu lenken.

- Ständige Verbesserung: Die ständige Verbesserung der Gesamtleistung der Organisation ist ein permanentes Ziel.
- Sachbezogener Ansatz zur Entscheidungsfindung: Entscheidungen müssen auf Basis von Datenanalysen und Informationen getroffen werden.
- Lieferantenbeziehungen zum gegenseitigen Nutzen: Lieferantenbeziehungen sind zum gegenseitigen Nutzen und somit zur Erhöhung der Wertschöpfungsfähigkeit auf beiden Seiten zu gestalten.

2.4 Techniken im Qualitätsmanagement

Das Erreichen einer hohen Qualität der Produkte ist das primäre Ziel des Qualitätsmanagements (Vgl. [Ligg09], S. 10). Da die Produktqualität eng mit der Hochwertigkeit ihrer Entwicklungsprozesse verknüpft ist, ist eine hohe Prozessqualität ebenfalls Gegenstand des Qualitätsmanagements. In der Praxis sind zwei Arten von Techniken zur Erreichung und Verbesserung einer hohen Produkt- und Prozessqualität verbreitet (Vgl. [Ligg09], S. 11 ff.):

- Kontinuierliche Techniken: Bei diesen Ansätzen werden individuelle Probleme im Entwicklungsprozess einer Organisation betrachtet. Sie enthalten meist sich wiederholende Verbesserungszyklen, die aus Problem- und Potenzialanalyse, Definition quantifizierbarer Qualitätsziele, Bestandsaufnahme der derzeitigen Situation, Auswahl, Anpassung und Anwendung von Verbesserungsmaßnahmen und Messung des Grades der resultierenden Verbesserung bestehen. Diese Techniken fokussieren eine Organisation und priorisieren dementsprechend die Bedeutung von Verbesserungsmaßnahmen. Sie werden an die konkreten Bedürfnisse einer Organisation angepasst und sind selbstgesteuert. Beispiele für derartige Ansätze sind Plan-Do-Check-Act (PDCA), Quality Improvement Paradigm (QIP), Goal Question Metric (GQM), Total Quality Management (TQM) und Six Sigma.
- Modellbasierte Techniken: Über einen Vergleich eines Referenzmodells, das bspw. bewährte Prozesse, Praktiken oder Produkte beinhaltet, mit dem aktuellen Zustand in einer Organisation wird mit diesen Techniken die Produkt- oder Prozessqualität bewertet. Meist sind in den Referenzmodellen auf Erfahrungen basierende Anforderungen aufgeführt. Mitunter kommen auch Reifegrade der Organisation zur Bewertung und zur Zuordnung verschiedener Elemente der Modelle zur Anwendung. Die Begutachtung der Organisation durch den

Vergleich ihres Ist-Zustands mit dem Modell, dient ihrer Bewertung, der Orientierung und der Identifikation möglicher Verbesserungen. Als Beispiele sind hier ISO 9126, ISO 12207, Capability Maturity Model Integration (CMMI) und IT Infrastructure Library (ITIL) zu nennen.

Beide Arten von Techniken sind als komplementär einzuschätzen (Vgl. [Ligg09], S. 13). Über die modellbasierten Techniken können Verbesserungsbereiche grob identifiziert und Qualitätsbewusstsein erzeugt werden. Kontinuierliche Techniken dienen der genauen Identifizierung von Problemen und Verbesserungsmöglichkeiten und der Implementierung und Verbesserung ihrer Lösungen.

2.5 Qualitätsmanagementsystem

Bei einem Managementsystem handelt es sich um ein System zum Festlegen von Politik und Zielen und zum Erreichen dieser Ziele (Vgl. [Geig08], S. 57, 193 ff.). Ein Qualitätsmanagementsystem einer Organisation ist ein qualitätsbezogenes Managementsystem. Es beinhaltet alle zur Verwirklichung des Qualitätsmanagements erforderlichen Qualitätsmanagementelemente sowie Verfahren und Hilfsmittel. Dabei bezeichnen Verfahren eine festgelegte Art und Weise, eine Tätigkeit oder einen Prozess auszuführen.

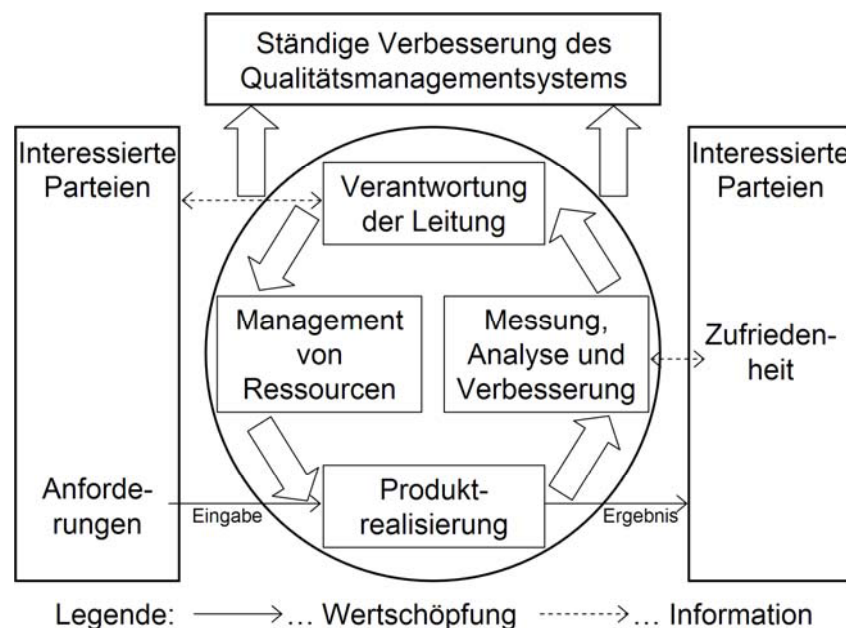
Das Ziel der Anwendung eines Qualitätsmanagementsystems ist folglich eine marktgerechte Erfüllung von Forderungen an die Beschaffenheit der Produkte (Vgl. [Geig08], S. 194 ff.). Dieses Ziel ist nur zu erreichen, wenn auch die Forderungen an die Beschaffenheit der Prozesse und ihrer Tätigkeiten zur Schaffung der Produkte erfüllt werden. Dieser Zusammenhang ist bereits in Kapitel 2.2 beschrieben.

Das Qualitätsmanagementsystem stellt außerdem die Basis für den Beweis und die Zertifizierung der Qualitätsmanagementfähigkeiten der Organisation dar. Die Normen der ISO 9000 haben zum Ziel, eine international geltende Grundlage für die Fähigkeit eines Qualitätsmanagementsystems zu bilden und der Organisationen beim Umsetzen wirksamer Qualitätsmanagementsysteme zu helfen (Vgl. [ISO9000], S. 4; [Masi07], S. 175). Des Weiteren werden mit ihnen die Steigerung der Kundenzufriedenheit und die ständige Verbesserung des Qualitätsmanagementsystems bezweckt.

Bei den Qualitätsmanagementelementen handelt es sich um Tätigkeiten oder Prozesse und deren Ergebnisse (Vgl. [Geig08], S. 197 ff.). Ein Teil der Elemente ist bereits in Kapitel 2.1 aufgeführt. Sie lassen sich in Führungs-, Ablauf- und Aufbauelemente gliedern. Nachfolgend sind Beispiele für diese Elemente aufgeführt:

- Führungselemente (Tätigkeiten): Kundenorientierung, Qualitätsverbesserung,
- Führungselemente (Ergebnisse): Qualitätspolitik, Qualitätsziele,
- Ablaufelemente (Tätigkeiten): Qualitätsplanung, Beschaffung,
- Ablaufelemente (Ergebnisse): Nicht vorhanden,
- Aufbauelemente (Tätigkeiten): Externes Audit und
- Aufbauelemente (Ergebnisse): Qualitätswesen, Personelle Ressourcen.

Der Hauptgrund für den Einsatz eines Qualitätsmanagementsystems in einer Organisation ist dessen Unterstützung der Erhöhung der Kundenzufriedenheit (Vgl. [ISO9000], S. 6 f.). Seine Umsetzung fördert die Analyse von Kundenanforderungen, die Definition von Entwicklungsprozessen und deren Beherrschung, die ständige Verbesserung und das Vertrauen in die Produkte der Organisation. Ein prozessorientiertes Qualitätsmanagementsystem ist in Anlehnung an die ISO 9000 in Abb. 2.3 dargestellt (Vgl. [ISO9000], S. 10).



Vgl. [ISO9000], S. 10.

Abb. 2.3: Prozessorientiertes Qualitätsmanagementsystem

3 Softwarequalität und Softwarequalitätsmanagement

In vorhergehenden Abschnitten wurden eine allgemeingültige Qualitätsdefinition, die umfassend für jedes Element gültig ist, und ein Überblick über das Qualitätsmanagement erarbeitet. Dieses Kapitel dient der Auseinandersetzung mit der Softwarequalität als ein konkreter Anwendungsfall für die Betrachtung der Qualität eines Elements.

3.1 Besonderheiten von Software

Nachfolgend werden Besonderheiten von Software im Vergleich zu anderen Produktarten, vor allem zur Hardware, aus der Literatur zitiert und anschließend kritisch zusammengefasst. Diese Zusammenfassung ist bei der Betrachtung der Behandlung von Qualität bei unterschiedlichen Produktarten zu beachten. Die Unterschiede zwischen Software und anderen industriellen Produkten kategorisiert Galin in die folgenden drei Gruppen (Vgl. [Gali04], S. 4 ff.):

- **Produktkomplexität:** Die Komplexität eines Produktes richtet sich nach der Anzahl der Betriebsmodi, die das Produkt potenziell besitzt. Während selbst komplexeste industrielle Maschinen nur einige tausend Betriebsmodi aufweisen, besitzt eine typische Software Millionen von möglichen Betriebszuständen.
- **Produktsichtbarkeit:** Die meisten industriellen Produkte besitzen eine hohe Sichtbarkeit und eine damit verbundene Möglichkeit, Fehler bereits während des Herstellungsprozesses zu identifizieren. Software und ihre Fehler sind hingegen nicht sichtbar.
- **Produktentwicklung und Produktionsprozess:** Während industrielle Produkte im Zuge der Produktentwicklung, der Produktionsplanung und der Herstellung bereits auf Fehler untersucht werden können, ist dies bei der Softwareentwicklung nur während der Produktentwicklung möglich.

Nach Thaller sind Software und andere industrielle Produkte von Natur aus unterschiedlich (Vgl. [Thal00], S. 12). Bei Qualitätsbetrachtungen können demnach auch nicht dieselben Ansätze verwendet werden. Er identifiziert u. a. folgende Unterschiede zwischen anderen industriellen Produkten und Software (Vgl. [Thal00], S. 13 ff.):

- Software ist komplexer als Hardware und besitzt keine natürlichen Systemgrenzen.

- Software kann latente verborgene Funktionen besitzen.
- Für Software existieren keine physikalischen Grenzen.
- Software ist leicht änderbar, jedoch sind die Folgen von Änderungen schwer nachzuvollziehen.
- Software ist immateriell und unsichtbar und es bedarf somit graphischer Hilfsmittel um ihre Eigenschaften darzustellen.
- Software ist inhomogen in ihren Strukturen, Objekten und bei der Fehlerverteilung.
- Bei der Software-Erstellung handelt es sich um eine handwerkliche Entwicklungstätigkeit und nicht um eine Fertigung.
- Software Engineering beruht nicht auf Naturwissenschaften.
- Da das Software Engineering eine junge Disziplin ist, werden kritische Punkte von vielen älteren Managern nicht verstanden.

Auch Balzert identifiziert die Gründe, weshalb sich Softwaremanagement vom Management anderer Ingenieurbereiche unterscheidet (Vgl. [Balz08], S. 151 f.). Er stellt u. a. folgende Unterschiede zwischen Software und anderen Produkten heraus:

- Der Entwicklungsfortschritt eines Softwareprojektes lässt sich nicht objektiv ermitteln. Die Feststellung der Fertigstellung von Teilprodukten ist kaum möglich. Es fehlt in der Regel an einfachen und billigen Kontrollmitteln.
- Eine Softwareentwicklung verläuft nicht deterministisch. Neue Erkenntnisse während der Entwicklung haben Auswirkungen auf die bisherigen Ergebnisse.
- Es existiert kein klares Verständnis vom Entwicklungsprozess.
- Große Softwaresysteme sind meist einmalige Entwicklungen. Daher sind gemachte Erfahrungen nur von begrenztem Wert für das Management des Entwicklungsprozesses.
- Softwareprobleme bedürfen intensiver Beschäftigung und sind daher nur in begrenztem Maße teilbar. Sich ergebene Aufgaben sind auch nicht beliebig zwischen Entwicklern tauschbar.

- Die Softwaretechnik ist keine Naturwissenschaft. Software ist ein Produkt des menschlichen Geistes und wird nicht durch physikalische Prinzipien begrenzt. Es kommen aber empirische Gesetze zu Qualität, Aufwand usw. zum Einsatz.
- Software basiert auf einem hohen Grad an Abstraktion bei einem zeitgleich niedrigen Grad an Normierung.

Petrasch listet verschiedene Ursachen für Probleme in der Softwareentwicklung und damit auch Besonderheiten von Software auf (Vgl. [Petr01a], S. 27). Ergänzend zu den bisher aufgeführten Punkten weist der Autor noch auf Folgendes hin:

- Die Softwareerstellung wird oft zuwenig geplant.
- Methoden, Techniken und Sprachen, die in der Softwareentwicklung Anwendung finden, weisen auf der theoretischen Ebene Defizite auf.
- Das Qualitätsmanagement hat bei Softwareprojekten keinen angemessenen Stellenwert.
- Software besitzt extrem kurze Innovationszyklen.

Im Gegensatz dazu ist nach Ludewig und Lichter Software ein technisches Produkt, das vergleichbar zu anderen Produkten von Ingenieuren systematisch entwickelt wird (Vgl. [Lude07], S. 34 f.). Eine Ausnahmestellung der Software sehen sie nicht und bezeichnen sie als ein unbegründetes Privileg. Das Ziel des Software Engineerings ist die weitgehende Beseitigung einer Sonderrolle der Software. Dennoch weisen auch diese Autoren auf zumindest in dieser Kombination besondere Merkmale von Software hin, die jedoch weitestgehend den bereits erwähnten entsprechen.

Weitere Ausführungen zu diesem Thema finden sich noch in vielen Büchern der Informatik, so z. B. bei Oskarsson und Glass, die den primären Unterschied zwischen der produzierenden Industrie und der Softwareentwicklung in der Bedeutung von Design und Produktion sehen, und auch bei Lehner et al. oder Hoffmann (Vgl. [Oska97], S. 43 f.; [Lehn07], S. 134; [Hoff08], S. 373 f.).

Die von den Autoren definierten Unterschiede weisen viele Überschneidungen auf. So finden sich z. B. Hinweise auf die hohe Komplexität von Software, ihren immateriellen Charakter und ihre fehlende Sichtbarkeit in mehreren Übersichten. Auch wenn viele der Ausführungen verdeutlichen, dass sich Software von anderen industriellen Produkten grundsätzlich unterscheidet, sind doch einige der Aussagen als kritisch zu bewerten. Auch andere industrielle Produkte erreichen ein Höchstmaß an Komplexität.

Beispielsweise durch den Einsatz von Modellen in der Softwareentwicklung ist eine Fehlersuche bereits in den Planungsphasen des Lebenszyklus möglich. Viele Methoden des Qualitätsmanagements sind für eine Anwendbarkeit für alle Produkte entwickelt worden. Auch die Innovationszyklen von Software sind nicht zwingend kürzer als bei anderen Produkten. In Tab. 3.1 sind Besonderheiten, die Software von anderen industriellen Produkten abgrenzt, zusammengefasst. Die Tabelle verdeutlicht, dass für die Planung, Realisierung und Prüfung von Software spezielle Methoden, Verfahren und Modelle vonnöten sind.

Tab. 3.1: Besonderheiten von Software

Ausrichtung	Besonderheiten
Softwareprodukt	<ul style="list-style-type: none"> • Software ist komplex. • Software ist als Produkt nicht sichtbar. • Software ist immateriell. • Software ist leicht änderbar. • Software ist inhomogen in ihren Strukturen, Objekten und bei der Fehlerverteilung. • Software besitzt keine physischen Grenzen. • Software basiert auf einem hohen Grad an Abstraktion. • Software besitzt einen niedrigen Grad an Normierung. • Software kann latent verborgene Funktionen besitzen.
Softwareentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • Software benötigt besondere Entwicklungs- und Produktionsprozesse. • Es gibt noch kein klares Verständnis vom Softwareentwicklungsprozess. • Softwareentwicklung verläuft nicht deterministisch. • Software Engineering ist eine junge Wissenschaft, was zu Problemen bei älteren Managern führen kann. • Softwareprobleme sind nur in begrenztem Maße teilbar. • Methoden, Techniken und Sprachen, die in der Softwareentwicklung Anwendung finden, weisen auf der theoretischen Ebene Defizite auf.
Management von Softwareprojekten	<ul style="list-style-type: none"> • Die Softwareerstellung wird oft zuwenig geplant. • Der Entwicklungsfortschritt in einem Softwareprojekt ist schwerer nachvollziehbar und eventuell nicht objektiv. • Erfahrungen bei der Entwicklung großer Softwaresysteme sind nur von begrenztem Wert, da es sich meist um einmalige Entwicklungen handelt. • Das Qualitätsmanagement hat bei Softwareprojekten keinen angemessenen Stellenwert.

3.2 Definition von Softwarequalität

Ähnlich wie beim Qualitätsbegriff sind unter *Softwarequalität* verschiedene Definitionen zu finden, die zum Teil widersprüchlich sind. Häufig jedoch wird eine in der ISO 9126 standardisierte Festlegung genutzt (Vgl. [Balz98], S. 257; [Fers06], S. 473; [Hein05], S. 140; [Hoff08], S. 6; [Mert01], S. 422; [Petr01a], S. 31; [Stah05], S.

309 ff.). Demnach kann unter dem Begriff *Softwarequalität* die Gesamtheit der Merkmale und Merkmalswerte eines Softwareproduktes, die sich auf dessen Eignung beziehen, festgelegte oder vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen, verstanden werden.

Die im Kapitel 1.2 eingeführte allgemeine Definition von Qualität ist auch auf Software anwendbar. Das Element wird dabei lediglich auf Software eingeschränkt. Folglich ist in diesem Beitrag Softwarequalität das Maß, inwieweit die Merkmale einer Software an sie gestellte Anforderungen erfüllen.

In der Literatur wird häufig eine Unterteilung der Softwarequalität in die Elemente Entwicklungsprozess- und Produktqualität hergestellt (Vgl. [Bäch96], S. 83 f.; [Balz98], S. 272; [Fers06], S. 473; [Gali04], S. 24 f.; [Hein05], S. 142; [Hoff08], S. 19 ff.; [Somm07], S. 692 f.; [Stah05], S. 313). Das heißt bei der Betrachtung der Qualität einer Software ist neben dem Produkt selbst auch immer die Qualität des zugrundeliegenden Entwicklungsprozesses von Bedeutung. Dieser Zusammenhang erklärt sich aus der Wirkungskette, die zwischen Prozess- und Produktqualität besteht. Die Prozessqualität ist die Voraussetzung dafür, dass Produktqualität entstehen kann. Dieser Zusammenhang ist bereits in Kapitel 2.2 mit Bezug auf die Forderungen angeführt.

Auch im Softwarelebenszyklus wird die Verbindung zwischen der Qualität von Entwicklungsprozess und anschließender Produkthanwendung deutlich. Im Lebenszyklus wird der Zustand des Produkts durch Prozesse und ihre Tätigkeiten schrittweise verändert bis es, in einem bestimmten Zustand befindlich, dem Kunden übergeben wird. Die Qualität der Prozesse besitzt eine direkte Wirkung auf den Zustand des Produktes und damit auf dessen Qualität bei der Anwendung.

Auch wenn Software sich, wie an den in Tab. 3.1 aufgeführten Besonderheiten verdeutlicht, von anderen Produkten abgrenzt, hat die Entwicklungsprozessqualität gleichermaßen einen erheblichen Einfluss auf die Qualität der Software (Vgl. [Romb87], S. 155). In Abb. 3.1 wird dieser Zusammenhang dargestellt. Die prozessbezogene Betrachtungsweise der Qualität von Garvin aus Kapitel 1.1 unterstreicht dieses Verständnis.

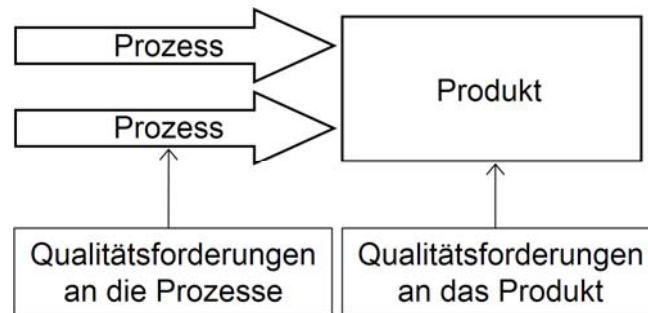
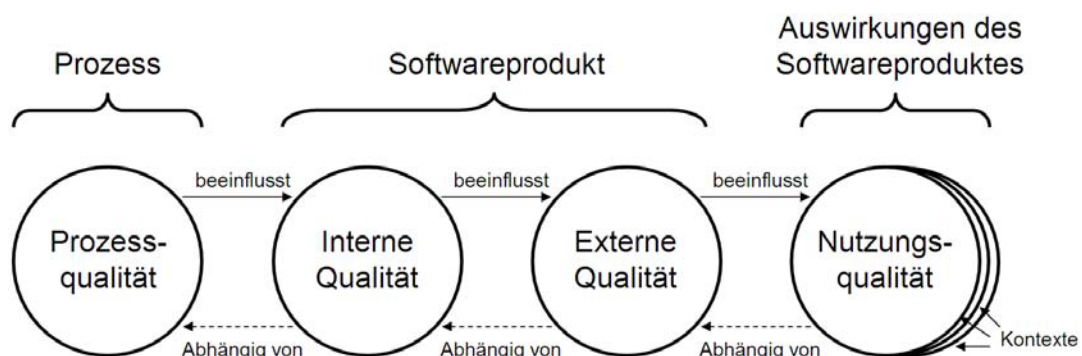


Abb. 3.1: Zusammenhang zwischen Prozess- und Produktqualität

Das bereits 1968 formulierte *Conway's Law* beschreibt erstmalig den Zusammenhang zwischen den Strukturen, vor allem den Kommunikationsstrukturen, einer Organisation und der Struktur der Software, die sie entwickelt (Vgl. [Conw68], S. 1 ff.). Der oben beschriebene Zusammenhang zwischen dem Entwicklungsprozess und dem fertigen Produkt kann aus dem gängigen Prozessverständnis und dieser Regel abgeleitet werden.

In der ISO 9126 werden Produkt- und Prozessqualität noch um die Nutzungsqualität ergänzt (Vgl. [ISO9126], S. 3 ff.; [Balz08], S. 465). Zudem kann die Produktqualität einer Software in interne und externe Qualität untergliedert werden. Der Zusammenhang zwischen diesen Elementen ist in Abb. 3.2 dargestellt. Sie verdeutlicht die gegenseitige Abhängigkeit und Beeinflussung der unterschiedlichen Elemente der Qualität einer Software.



Vgl. [ISO9126], S. 3.

Abb. 3.2: Gliederung der Qualität und deren Zusammenhänge nach der ISO 9126

- **Interne Qualität:** Die interne Qualität beschreibt die internen Merkmale der Software und ist vor allem für Entwickler interessant.
- **Externe Qualität:** Die Merkmale der externen Qualität zeigen sich dem generellen Nutzer, wenn der Programmcode ausgeführt wird. Diese Merkmale

verdeutlichen, inwieweit die Software in der Lage ist, die Anforderungen der generellen Nutzer zu erfüllen.

- **Nutzungsqualität:** Die Nutzungsqualität reflektiert die Sicht eines konkreten Nutzers auf die Software. Sie ist ein Maß für die Fähigkeit des Produktes, den Nutzer bei seinen Zielen zu unterstützen. Im Unterschied zur externen Qualität stehen Merkmale in spezifischem Nutzungskontext und spezieller Umgebung und nicht die generellen Merkmale der Software im Fokus.

Diese Unterteilung lässt sich auch aus der oben definierten Softwarequalität ableiten. Die interne Qualität bezeichnet demnach das Maß inwieweit die Merkmale einer Software an sie durch Entwickler gestellte Anforderungen erfüllen. Die Nutzungsqualität liefert eine Aussage gegenüber den Anforderungen eines bestimmten Nutzers und die externe Qualität gegenüber einer großen Gruppe von Nutzern.

3.3 Sichten auf Softwarequalität

Auf die Qualität einer Software kann es bestimmte Sichten geben. Diese Sichten fokussieren die Qualitätsmerkmale, die jeweils bei der Beurteilung der Qualität von Bedeutung sind (Vgl. [Dißm86], S. 9).

In Ergänzung zu den Ausführungen des vorhergehenden Abschnitts, in welchem der Zusammenhang zwischen Prozess- und Softwarequalität dargestellt ist, existieren auch jeweils Sichten auf die Qualität der Elemente. Das heißt jeweils andere Anspruchsgruppen besitzen eigene Sichten auf die Qualität der Anforderungen, des Prozesses und des Produktes.

Bereits in Garvins Ansätzen finden sich deutliche Hinweise auf unterschiedliche Sichten auf Qualität, die sich z. B. im produktbezogenen Ansatz, der eher den Produktentwicklern gerecht wird, und dem benutzerbezogenen Ansatz, der sich am Nutzer des Produktes orientiert, manifestieren (Vgl. [Garv88], S. 40 ff.). Intuitiv lassen sich für ein Produkt die zwei Sichten Entwickler und Anwender identifizieren (Vgl. [Dißm86], S. 4).

Eine Unterscheidung verschiedener Sichten auf die Qualität von Software findet sich ausgerichtet an ihren Anspruchsgruppen vielfach in der Literatur. So unterscheidet Petrasch beispielsweise die Entwicklersicht und die Kundensicht auf die Anforderungen an eine Software und beschreibt das Management, die Entwickler und die Auftraggeber als die Kunden des Qualitätsmanagements (Vgl. [Petr01a], S. 27, 32). Sommerville

identifiziert die Sichten Manager des Kunden, Endbenutzer des Systems, Techniker des Kunden, Manager des Softwareherstellers, Systemarchitekten und Softwareentwickler (Vgl. [Somm07], S. 152). Bei Dißmann wird nach Benutzer, Betreiber, Designer und Programmierer differenziert (Vgl. [Dißm86], S. 7 f.). Die beiden Gruppen Kunden und Produzenten sind bei Tian und Sneed unterschieden (Vgl. [Tian05b], S. 16 f.; [Snee86], S. 31). Für einen Service oder ein Softwareprodukt kann die Sicht Kunde noch in Einkäufer und Nutzer der Software differenziert werden. Die Produzentsicht kann nach der Tätigkeit in der Entwicklung, im Management, in der Wartung, in der Vermarktung und im Service gegliedert werden. Wiegers formuliert, dass Qualität mit allen Merkmalen sowohl von den Kunden, als auch von denen definiert werden muss, welche die Software erstellen, testen und pflegen (Vgl. [Wieg05], S. 202).

Auch in Standards wird von verschiedenen Sichten auf die Qualität gesprochen. In der ISO 9000:2005 werden die Sichten auf Softwarequalität mit denen von Organisationen, ihren Kunden und anderen interessierten Parteien beschrieben (Vgl. [ISO9000], S. 19). Auch in der ISO 9126 werden verschiedene Sichten, Perspektiven genannt, erwähnt, aus denen Softwarequalität bestimmt und bewertet werden kann (Vgl. [ISO9126], S. 1). Diese Sichten betreffen Menschen, die sich beispielsweise mit der Beschaffung, Entwicklung, Nutzung, Bewertung, Wartung, Qualitätssicherung und dem Audit von Software und mit der Bedarfsbestimmung für Software beschäftigen.

Diese und andere Unterscheidungen deuten an, dass für eine gezielte Betrachtung von Softwarequalität auch die Lebenszyklusphasen entscheidend sind. Einige der in der ISO 9126 aufgelisteten Tätigkeiten wie Entwicklung, Nutzung und Wartung entsprechen Lebenszyklusphasen. Zudem ist in dem Standard beschrieben, dass sich die Sichten auf interne Qualität, externe Qualität und Nutzerqualität während des Lebenszyklus ändern (Vgl. [ISO9126], S. 3). So werden Qualitätsanforderungen am Anfang des Lebenszyklus meist aus der externen oder Nutzersicht betrachtet. Während der Entwicklung ist dann die interne Sicht bedeutsam. Zusammenfassend lassen sich die Sichten auf die Softwarequalität den einzelnen Lebenszyklusphasen zuordnen. In den Phasen besitzen jeweils andere durch die Sichten repräsentierte Anspruchsgruppen ein Interesse an der Qualität der Software.

Durch Analyse und Zusammenfassung der verschiedenen Sichten ergibt sich die in Tab. 3.2 gezeigte Übersicht. Sie beinhaltet eine Unterteilung der Anspruchsgruppen, die eine Sicht auf die Qualität einer Software haben, in drei Gruppen. Diese Gruppen sind Entwickler, Betreiber und Kunden. Jede dieser Gruppen enthält weitere Personenkreise, die alle jeweils dieselbe Sicht auf die Qualität der Software besitzen.

Tab. 3.2: Sichten auf die Qualität einer Software

Entwickler	Betreiber	Kunden
Projektmanager	Projektmanager	Projektmanager
Softwarearchitekten	Techniker / Administratoren	Nutzer
Programmierer	Qualitätssicherer / Tester	Techniker / Administratoren
Qualitätssicherer / Tester		Qualitätssicherer / Tester
Verkäufer		Einkäufer

Für die Interpretation der Tabelle sind folgende Hinweise zu beachten:

- Projektmanager planen, organisieren, steuern und kontrollieren Projekte, bei denen es sich z. B. um Entwicklungsprojekte, Rationalisierungsprojekte, Betreuungsprojekte und Dienstleistungsprojekte handelt (Vgl. [Burg06], S. 12, 23 f.).
- Softwarearchitekten gestalten die Software als Ganzes. Sie besitzen Kenntnisse über die Struktur, die Bestandteile, den Funktionsumfang, die Aufgaben und die Kunden- und Betreiberanforderungen.
- Programmierer implementieren die Software. Dabei sind sie im Allgemeinen nur für die Realisierung spezieller Bestandteile der Software verantwortlich.
- Techniker und Administratoren stellen eine Software bereit oder sind für ihre Wartung und reibungslose Nutzung verantwortlich.
- Nutzer sind Personen, welche die Software verwenden und somit Daten eingeben oder erhalten. Zwar kann die Software auch Daten für andere Software oder technische Systeme bereitstellen, der Nutzen daraus entsteht jedoch für eine Person und folgt einem bestimmten Zweck. Deshalb sind die Nutzer einer Software immer Personen.
- Für die Betrachtung der Qualität einer konkreten Software sind nicht zwingend alle Gruppen und Sichten notwendig. So können die Kunden zeitgleich auch Betreiber oder die Betreiber gleich den Entwicklern sein. Des Weiteren ist es möglich, dass beim Kunden kein Bedarf an Administratoren für eine Software besteht, da diese beispielsweise über das Internet genutzt wird. Vor allem bei kleinen Softwareentwicklungsprojekten können Projektmanager und Softwarearchitekt ein und dieselbe Person sein.

Es lässt sich folgende Zuordnung der Sichten zu den jeweiligen Lebenszyklusphasen ableiten, in welchen die Anspruchsgruppen ein Interesse haben:

- Die Kunden besitzen während der Beschaffung und der Anwendung ein Interesse.
- Die Betreiber fokussieren auf die Phasen Betrieb, Wartung und Stilllegung.
- Für die Entwickler sind die Phasen der Softwareentwicklung also Konzeption und Entwicklung und der Verkauf bedeutend. Da Entwicklungsarbeit auch in den Phasen Betrieb, Wartung und Stilllegung erforderlich sein kann, sind auch diese Phasen in der Entwicklersicht zu berücksichtigen.

3.4 Softwarequalitätsmanagement

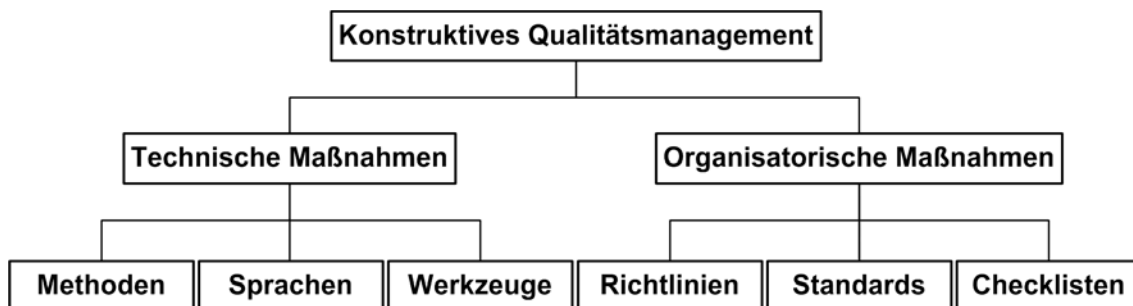
Die Gewährleistung von qualitativ hochwertiger Software ist für Organisationen, die Software entwickeln oder verwenden, von steigender Bedeutung (Vgl. [Ligg09], S. 2 ff.). Studien zur Entwicklung der Kosten für Software legen den Schluss nahe, dass diese vor allem während der Lebenszyklusphase Wartung anfallen. Eine Kernursache dafür ist eine unzureichende Qualität der Software. Diese kann bspw. in Fehlern, schlechter Strukturierung oder unzureichender Dokumentation begründet sein. Um den hohen Wartungskosten zu begegnen, werden Methoden des Softwarequalitätsmanagements eingesetzt, welche die Entwicklung von qualitativ hochwertiger Software z. B. bezüglich ihrer Zuverlässigkeit, Verständlichkeit und Änderbarkeit ermöglichen.

Die Definition von Qualitätsmanagement aus Kapitel 2.1 gilt auch für das Softwarequalitätsmanagement. Jedoch handelt es sich, wie in Kapitel 3.1 gezeigt, bei Software um ein spezielles Produkt, das sich aufgrund seiner besonderen Merkmale von allen anderen Produkten unterscheidet. Auch wenn das Qualitätsmanagement produktunabhängig angewendet wird, ist ein angepasstes Qualitätsmanagement für Software sinnvoll (Vgl. [Masi07], S. 924). Die Ursache dafür liegt vor allem in der meist sehr individuellen Erstellung von Software (Vgl. [Balz08], S. 475 ff.; Tab. 3.1).

Die Grundsätze, Modellvorstellungen und Elemente des Qualitätsmanagements gelten auch für Software. Es ist als ein Teilbereich des Qualitätsmanagements einer Organisation zu verstehen, der nur die Qualität des Produktes Software fokussiert. Wie im Qualitätsmanagement generell kann es entsprechend des ausgeführten Zusammenhangs produkt- oder prozessorientiert durchgeführt werden (Vgl. [Balz08], S. 476). Es bildet eine Voraussetzung für den Nutzen einer Software.

- Beim produktorientierten Softwarequalitätsmanagement werden Software und Zwischenergebnisse ihrer Entwicklung unter Einsatz von vorher festgelegten Qualitätsmerkmalen geprüft. Dabei kommen u. a. Qualitätsmodelle zum Einsatz.
- Prozessorientiertes Softwarequalitätsmanagement bezieht sich auf den Entwicklungsprozess. Es beinhaltet Methoden, Werkzeuge, Richtlinien und Standards.

Die Abgrenzung des Softwarequalitätsmanagements ist durch eigene Maßnahmen, die vor allem anzuwendende Techniken beinhalten, gegeben. Es finden konstruktive und analytische Maßnahmen Verwendung (Vgl. [Balz08], S. 477 f.; [Lass06a], S. 156; [Ligg09], S. 2). Beide sind sowohl dem produktorientierten, als auch dem prozessorientierten Softwarequalitätsmanagement zuzuordnen. Heinrich und Lehner führen ergänzend noch personelle Maßnahmen wie Schulungen als Voraussetzung für andere Maßnahmen an, da diese ohne qualifiziertes Personal wirkungslos bleiben (Vgl. [Hein05], S. 142). Bei Masing oder Liggesmeyer werden neben konstruktiven und analytischen auch organisatorische Maßnahmen beschrieben, die dem Aufbau, der Einführung und der Pflege des Qualitätsmanagementsystems dienen (Vgl. [Masi07], S. 835 f.; [Ligg09], S. 1). Eine Gliederung der konstruktiven Maßnahmen nach Balzert ist in Abb. 3.3 dargestellt. Sie sollen erreichen, dass die Software und ihr Entwicklungsprozess bestimmte Merkmalsausprägungen besitzen, die eine geforderte Qualität sicherstellen (Vgl. [Hoff08], S. 21).

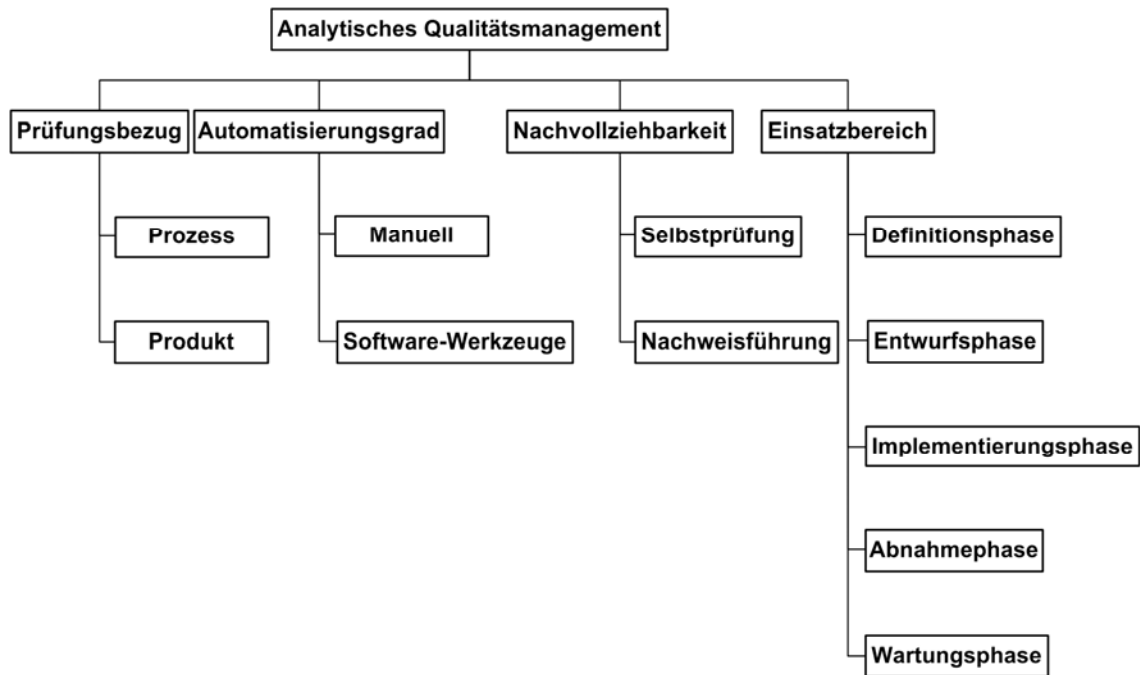


Vgl. [Balz08], S. 478.

Abb. 3.3: Maßnahmen zum konstruktiven Softwarequalitätsmanagement

Da keine konstruktive Maßnahme ein fehlerfreies Produkt garantieren kann, ist dessen aktuelle Qualität durch analytische Maßnahmen zu bestimmen (Vgl. [Balz98], S. 280 f.; [Hein05], S. 142; [Ligg09], S. 2 f.). Sie ermöglichen also eine Prüfung und anschließende Bewertung der Qualität. Dabei kommen analysierende Verfahren (statisch) und testende Verfahren (dynamisch) zum Einsatz. Analytische Maßnahmen können wie im Modell in Abb. 3.4 gegliedert werden. Zwischen beiden Arten von

Maßnahmen bestehen Wechselwirkungen und Abhängigkeiten. Während jeder Softwarelebenszyklusphase können konstruktive Maßnahmen eingesetzt werden und am Ende dieser Phasen wird die Qualität des Produktes unter Nutzung analytischer Maßnahmen bewertet. Eine geringe Anzahl an konstruktiven Maßnahmen erfordert z. B. eine steigende Zahl analytischer Maßnahmen.



Vgl. [Balz98], S. 280 f.

Abb. 3.4: Maßnahmen zum analytischen Softwarequalitätsmanagement

4 Softwarequalitätsmodelle

In diesem Kapitel werden Softwarequalitätsmodelle und ihre Anforderungen definiert. Die Erstellung eines solchen Modells setzt eine Analyse bestehender Modelle voraus (Vgl. [Dißm86], S. 11). Daher werden im Zuge dieses Kapitels zusätzlich existierende Softwarequalitätsmodelle vorgestellt und untersucht. Die Erläuterung der Ergebnisse dieser Analysen und die daraus gewonnenen Erkenntnisse bilden den Abschluss des Kapitels.

4.1 Definition von Softwarequalitätsmodell

Die Qualitätsdefinition aus Kapitel 1.2 stellt einen direkten Zusammenhang zwischen der Qualitätsbewertung durch ein Subjekt, z. B. eine Person, und dem Zweck, den das betrachtete Element für diese Person hat, her. Einem Element, z. B. einem Produkt, kann jedoch in der Regel nicht nur ein einzelnes Merkmal, das es für einen bestimmten Zweck nutzbar macht, zugewiesen werden (Vgl. [Kawl69], S. 67 f.). Sein Nutzen wird dem Element durch die Kombination aller seiner Merkmale verliehen. Die Qualität eines Elements kann demnach nur beschrieben werden, wenn alle seine Merkmale nach geeigneten Kriterien erfasst werden. Je komplizierter ein Element konstruiert ist, umso größer ist auch die Anzahl der verbundenen Merkmale. Wie in der Tab. 3.1 gezeigt, ist eine hohe Komplexität ein Merkmal von Software. Da die Kompliziertheit eines Systems die Anzahl verschiedenartiger Elemente bezeichnet und mit der Komplexität die Menge unterschiedlicher Beziehungen der Elemente benannt wird, kann bei Software von einer großen Anzahl von Merkmalen ausgegangen werden (Vgl. [Ropo79], S. 71).

Zur Erfassung und Bewertung der Qualität eines Elements sind dessen einzelne Merkmale in einem System zusammenzuführen (Vgl. [Kawl69], S. 68 f.). Innerhalb dieses Systems existiert eine Unterscheidung in Hauptmerkmale und Teilmerkmale, die zusammengenommen die einzelnen Hauptmerkmale bilden. Unter diesen Merkmalen befinden sich alle tatsächlich in einem Element vorhandenen also inhärenten Merkmale, alle sensitiv wahrnehmbaren Merkmale des Elements und alle Merkmale, die mit dem Zweck des Elements, also beispielsweise mit dessen wirtschaftlicher Nutzung, verbunden sind. So ist z. B. der Service für ein Produkt kein inhärentes Merkmal des Produktes, jedoch spielt er für dessen Qualitätsbewertung eine Rolle. Somit sind alle Merkmale eines Elements, die für dessen Zweck für ein Subjekt bedeutsam sein können, erfasst. Da ein gedachtes System ein Modell ist, wird dieses System der Merkmale als Qualitätsmodell aufgefasst.

Im Allgemeinen wird unter einem Qualitätsmodell die Festlegung und Abbildung operationaler Qualitätsmerkmale für betrachtete Einheiten verstanden, deren wesentliches Kennzeichen eine Zerlegung ist, durch die Kenngrößen für Qualität definiert werden (Vgl. [Hein04], S. 547). Anders formuliert setzt sich ein Qualitätsmodell aus verbundenen und hierarchisch geordneten Qualitätsmerkmalen zusammen, die schlussendlich auf Softwaremaße führen (Vgl. [Ligg09], S. 16). Qualitätsmodelle finden in der Qualitätsbestimmung im Qualitätsmanagement, also bspw. bei der Qualitätsprüfung, Anwendung. Sie sind für eine Qualitätsbewertung essentiell. Ein Verfahren zur Bewertung der Qualität muss folglich ein Qualitätsmodell beinhalten.

Auch die Qualität von Software als ein Element kann durch Qualitätsmodelle bestimmbar gemacht werden. Da nach Balzert allgemeine Definitionen der Softwarequalität für die praktische Anwendung nicht ausreichend sind, werden Qualitätsmodelle zur ihrer Beschreibung genutzt (Vgl. [Balz98], S. 257, 273). In Anlehnung an Balzert ist die Spezifikation und Evaluierung jedes relevanten Softwarequalitätsmerkmals dabei ein Hauptfaktor bei der Schaffung von qualitativ hochwertigen Softwareprodukten. Die Modelle operationalisieren den allgemeinen Qualitätsbegriff durch Ableitung von Unterbegriffen. Eine somit erreichte Strukturierung der Qualität ermöglicht nach Zuordnung von Qualitätsindikatoren oder Metriken eine Quantifizierung. Ähnlich dazu formuliert Bächle, dass mit Hilfe eines Qualitätsmodells der allgemeine Qualitätsbegriff durch hierarchische Ableitung von Unterbegriffen definitiv operationalisiert wird (Vgl. [Bäch96], S. 130). Die einzelnen Unterbegriffe werden dann anschließend durch Festlegung von Kenngrößen bewertbar gemacht. Qualitätsmodelle kommen im produktorientierten Softwarequalitätsmanagement primär in analytischen Verfahren zum Einsatz.

Auch wenn Balzert betont, dass nur inhärente Merkmale eines Elements zu dessen Qualitätsbewertung genutzt werden, wird für diesen Beitrag in Anlehnung an Kawlath, Bächle und die Qualitätsdefinition aus Kapitel 1.2 für ein Softwarequalitätsmodell definiert (Vgl. [Balz08], S. 461):

Ein Softwarequalitätsmodell ist eine systematische Aufstellung aller Merkmale einer Software, die für deren Nutzung Bedeutung besitzen können. Dabei werden die Merkmale in Hauptmerkmale und jeweils zugeordnete Teilmerkmale zerlegt und sind der Software entweder inhärent oder können ihr zugeordnet werden. Der Zweck dieses Modells ist die Operationalisierung der Qualität der Software.

4.2 Anforderungen an Softwarequalitätsmodelle

Anforderungen an Modelle im Allgemeinen und für eine konkrete Anwendung wie Softwarequalität sind in der Literatur zu finden. Beispielsweise beschreiben Bächle, Becker et al., Ebert et al. und Fieber et al. derartige Anforderungen (Vgl. [Bäch96], S. 131 f.; [Beck95], S. 437 ff.; [Eber05], S. 30, [Fieb08], S. 416 ff.). Die aus diesen Quellen hergeleiteten Kriterien müssen zur Gewährleistung einer hohen Qualität der Modelle bei der Modellierung beachtet werden. Sie stellen des Weiteren eine Möglichkeit der nachträglichen Evaluation entwickelter Modelle dar. Durch Vergleiche mit der Qualität bestehender Modelle wird eine Einordnung erreicht. Nach Analyse der Quellen und Zusammenfassung der Informationen ergeben sich die nachfolgend aufgeführten Anforderungen. Sie werden kurz erläutert:

- Klarheit und Strukturiertheit: Die Modelle müssen übersichtlich, lesbar und in Form einer Hierarchie strukturiert sein.
- Widerspruchsfreiheit: Das Modell muss die Präferenzordnung der einzelnen Qualitätsmerkmale korrekt wiedergeben. Das bedeutet, dass die Präferenzrelation zwischen allen Qualitätsmerkmalen keine Widersprüche bei den paarweisen Vergleichen zwischen den Qualitätsmerkmalen in der Hierarchie enthalten darf.
- Kohäsion und Modularisierung: Inhaltlich zusammengehörige Merkmale sind in einem eng zusammenhängenden Teil des Modells darzustellen. Dabei beinhalten die Modellelemente jeweils nur ein Merkmal.
- Eindeutigkeit und Verständlichkeit: Jedes Qualitätsmerkmal ist eindeutig und verständlich zu beschreiben.
- Überschneidungsfreiheit: Die definierten Qualitätsmerkmale dürfen sich nicht überschneiden und müssen redundanzfrei und unabhängig voneinander sein.
- Operationalisierbarkeit: Für ein Qualitätsmodell sind nur solche Qualitätsmerkmale geeignet, die auch bewertbar sind. Sollte dies nicht der Fall sein, können diese Merkmale nicht geplant oder gesteuert und damit auch nicht beeinflusst werden. Auch eine subjektive Bestimmung der Merkmale ist legitim, sollte jedoch als solche kenntlich gemacht und bei einer eventuellen Entscheidungsfindung auf Basis des Modells berücksichtigt werden.
- Vollständigkeit und Relevanz: Ein Qualitätsmodell muss all die Qualitätsmerkmale und deren Beziehungen umfassen, die von den

Anspruchsgruppen als relevant erachtet werden. Relevanz liegt vor, wenn der Nutzen der Modellanwendung sinkt, falls das Modell gekürzt wird.

- **Richtigkeit und Konsistenz:** Qualitätsmodelle sind syntaktisch richtig, wenn sie konsistent gegenüber ihrem Metamodell oder gestellten Bedingungen sind. Semantische Richtigkeit erfordert Struktur- und Verhaltenstreue gegenüber dem Objektsystem oder gegenüber sachlogischen Gegebenheiten.
- **Erreichbarkeit:** Die durch die Qualitätsmerkmale ausgedrückten Zielvorstellungen müssen realistisch sein.

4.3 Arten von Softwarequalitätsmodellen

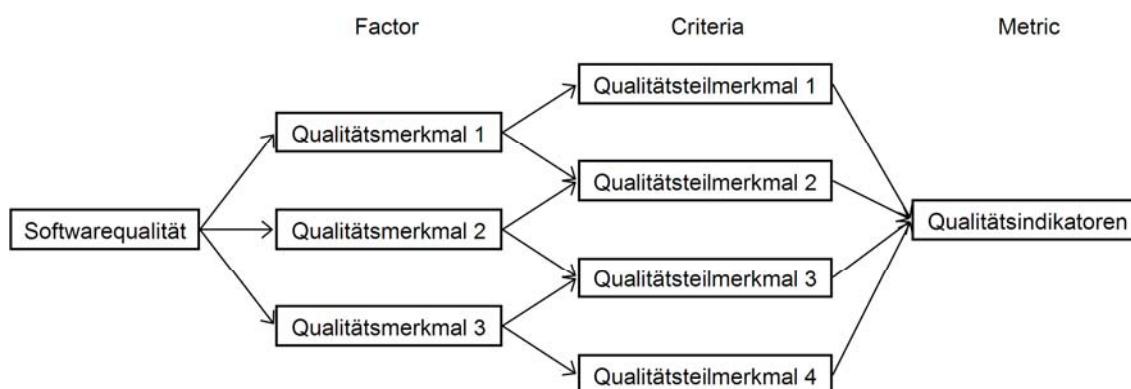
Qualitätsmodelle können in unterschiedliche Arten unterteilt werden. Es gibt Modelle, die gemäß der Unterscheidung in Prozess- und Produktqualität auf den Entwicklungsprozess einer Software bzw. auf die Software selbst ausgerichtet sind (Vgl. [Bäch96], S. 129; [Balz08], S. 462). Des Weiteren existieren zwei Arten von Softwarequalitätsmodellen, die in der Literatur jedoch nicht einheitlich bezeichnet werden. So unterscheidet Bächle normative und generische (kontextspezifische) Qualitätsmodelle. Normative Modelle können dann in *Normative Gesamtmodelle* und *Normative Qualitätssichten* differenziert werden (Vgl. [Bäch96], S. 132):

- **Normative Gesamtmodelle:** In diesen Modellen wird die Qualität nicht nach verschiedenen Anspruchsgruppen unterteilt. Sie unterstellen eine Allgemeingültigkeit der Merkmalshierarchie für alle Anspruchsgruppen.
- **Normative Qualitätssichten:** Die Unterscheidung in Teilmodelle der Qualität für jede Anspruchsgruppe kennzeichnet diese Modelle. Die Gesamtheit der Qualitätssichten bildet das Qualitätsmodell, dem auch eine Allgemeingültigkeit beigemessen wird.
- **Generische Qualitätsmodelle** berücksichtigen das Umfeld und die Interessen der Anspruchsgruppen für konkrete Softwareentwicklungsprojekte (Vgl. [Bäch96], S. 133). Sie sind das Ergebnis einer situativen Generierung aus den Vorstellungen und Restriktionen der Anspruchsgruppen auf Basis von Verfahren, welche die Anforderungen an Qualitätsmodelle einbeziehen und praxisrelevante Konkretisierungen der Qualität ermöglichen.

In vielen Quellen werden Qualitätsmodelle für Software mit Factor-Criteria-Metrics (FCM)-Modellen gleichgesetzt (Vgl. [Marc02], S. 1083; [Plös04], S. 6). Balzert grenzt

davon noch die Vorgehensmodelle ab (Vgl. [Balz98], S. 257; [Balz08], S. 461 ff.). Dabei sind FCM-Modelle mit den normativen und Vorgehensmodelle mit den generischen Qualitätsmodellen von Bächle vergleichbar.

FCM-Modelle legen Qualitätsmerkmale fest, die in Teilmerkmale verfeinert werden (Vgl. [Balz08], S. 461 f.). Durch Nutzung von Maßen oder Qualitätsindikatoren werden diese Teilmerkmale dann bewertbar gemacht. Qualitätsindikatoren sind Merkmale einer Software, wie Programmstruktur oder Kommentierung, die eine Beziehung zu den Qualitätsmerkmalen der Software besitzen. Qualitätsmaße erlauben dann eine Messung der Qualitätsindikatoren. Dazu wird dem Qualitätsindikator ein konkreter Zahlenwert, der auf einer Skala abgebildet werden kann, zugeordnet. Dabei wird im Allgemeinen von Metriken gesprochen (Vgl. [Eber05], S. 2 f.; [Hein04], S. 430). Die Struktur von FCM-Modellen ist in Abb. 4.1 gezeigt. Die Abbildung verdeutlicht, dass mehrere Qualitätsmerkmale gemeinsame Teilmerkmale besitzen können und somit einen Baum oder ein Netz bilden. Prinzipiell können FCM-Modelle für Prozess- und Produktqualität genutzt werden.



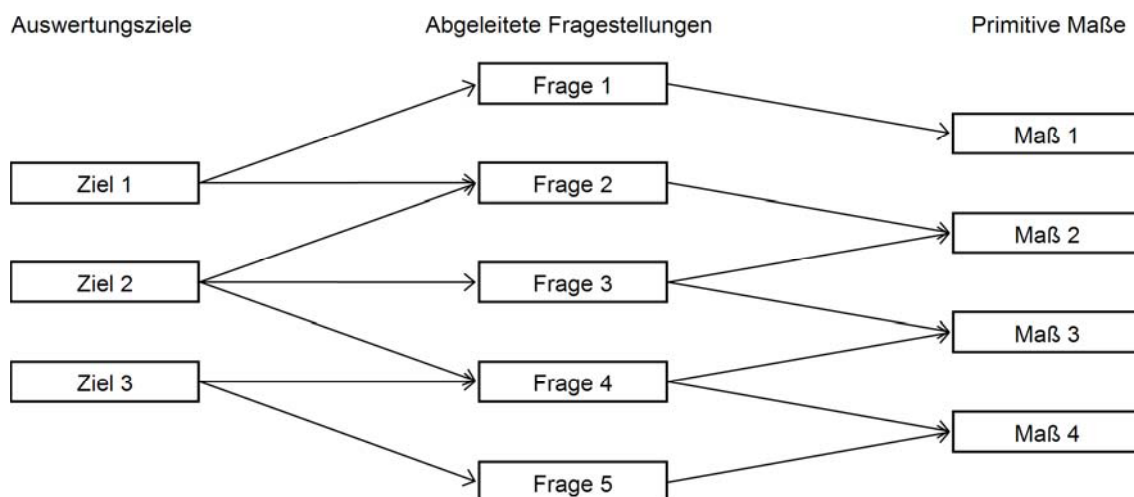
Vgl. [Balz08], S. 462.

Abb. 4.1: Aufbau von FCM-Qualitätsmodellen

Vorgehensmodelle zur Ableitung von generischen Qualitätsmodellen finden sich mehrfach in der Literatur. Für eine genauere Übersicht soll hier an Bächle verwiesen werden (Vgl. [Bäch96], S. 144 ff.). Exemplarisch wird nachfolgend die in Kapitel 2.4 aufgeführte Goal-Question-Metric (GQM) beschrieben (Vgl. [Balz08], S. 466 f.). Sie dient der Erstellung von entwicklungs- oder unternehmensspezifischen Qualitätsmodellen. Die GQM bietet dafür eine systematische Vorgehensweise an (Vgl. [Romb87], S. 149 f.). Dieses Vorgehensmodell befähigt den Anwender zu einer top-down Ableitung geeigneter Maße und einer bottom-up Interpretation dieser Maße bezogen auf ein übergeordnetes Auswertungsziel. Dazu werden sechs Schritte definiert:

1. Für alle projekt- oder entwicklungsspezifischen Qualitätsmerkmale, deren Erfüllung nachzuweisen ist, werden die Auswertungsziele definiert.
2. Alle zur Quantifizierung dieser Auswertungsziele notwendigen Fragestellungen werden abgeleitet.
3. Alle Maße, die Informationen zur Beantwortung der Fragen bereitstellen, werden bestimmt.
4. Ein Mechanismus wird entworfen, der eine möglichst genaue Messung der Messwerte bezüglich der Maße realisiert.
5. Alle Messwerte werden in Bezug auf ihre Maße validiert.
6. Die Messergebnisse werden interpretiert und ermöglichen eine Gesamtbewertung der projekt- oder entwicklungsspezifischen Qualitätsziele.

Ein komplettes Bewertungsmodell, wie es Abb. 4.2 zeigt, ist das Ergebnis der Abarbeitung der sechs Schritte. Die Abbildung verdeutlicht, dass mehrere Fragen zur Erreichung eines Ziels beitragen können und dass die gleiche Fragestellung bei der Bearbeitung mehrerer Ziele genutzt wird. Ein vergleichbares Beziehungsmuster ergibt sich zwischen den Fragen und Maßen.



Vgl. [Romb87], S. 150.

Abb. 4.2: GQM Bewertungsmodell

Um eine Zuordnung eines Qualitätsmodells zu den verschiedenen Arten von Qualitätsmodellen zu erleichtern, kann die Tab. 4.1 genutzt werden. Sie beinhaltet die verschiedenen Arten von Qualitätsmodellen und ihre unterschiedlichen Bezeichnungen.

Tab. 4.1: Arten von Qualitätsmodellen

		Produktqualität	Prozessqualität
Normative oder FCM-Modelle	Gesamtmodelle
	Qualitätssichten
Generische oder Vorgehensmodelle	

4.4 Untersuchung von Normativen Qualitätsmodellen

Nachdem Qualitätsmodelle für Software nun beschrieben und in ihren Arten unterschieden sind und ein generisches Qualitätsmodell exemplarisch vorgestellt wurde, folgt eine Beschreibung und Untersuchung normativer Qualitätsmodelle für Software. Der Fokus auf normative Modelle zu Lasten generischer ist in der späteren Anwendung dieser Modellart begründet. Die Ursachen dieser Festlegung sind:

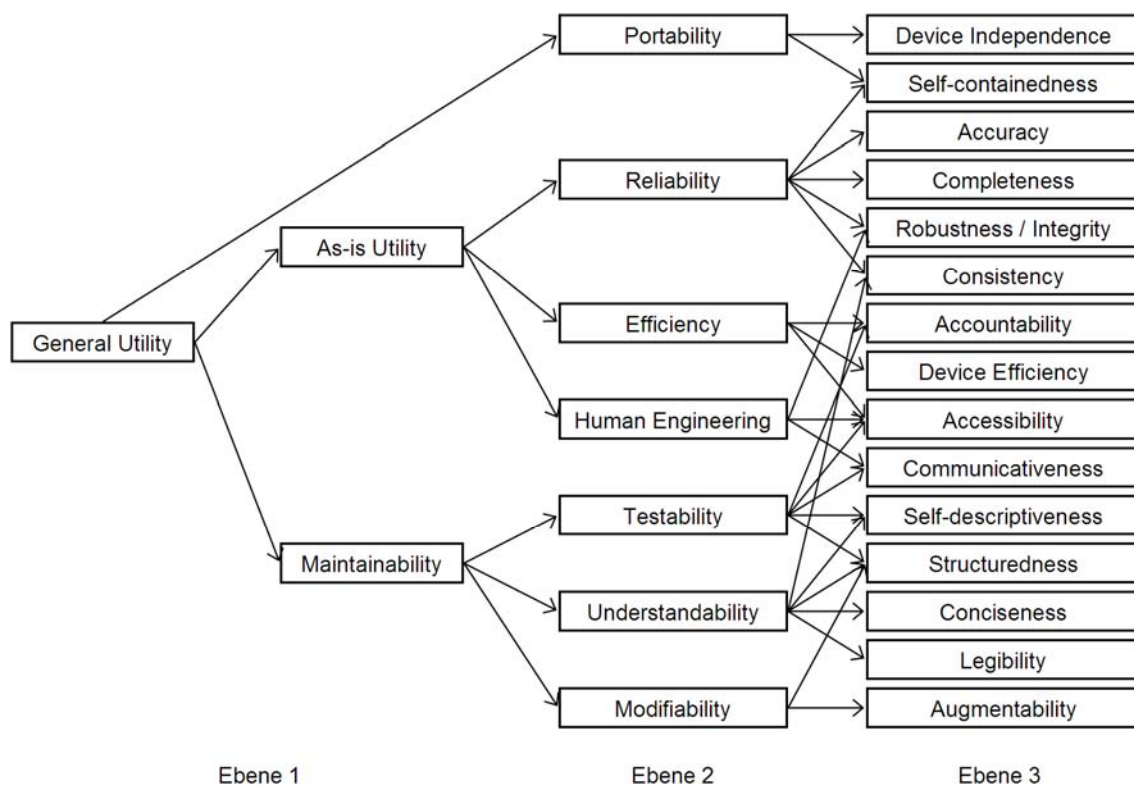
- Generische Qualitätsmodelle nutzen oftmals normative Modelle zur Identifikation ihrer Qualitätsmerkmale. Da jedoch für Web Services keine entsprechenden normativen Modelle existieren, muss zunächst eines geschaffen werden, das eventuell anschließend auch bei generischen Modellen Verwendung finden kann.
- Des Weiteren dienen die Verfahren, mit denen generische Qualitätsmodelle abgeleitet werden, der Entwicklung von entwicklungs- und unternehmensspezifischen Modellen. Das angestrebte Verfahren, in dem das Qualitätsmodell zum Einsatz kommt, soll aber nicht spezifisch sondern generell für das Qualitätsmanagement von Web Services einsetzbar sein.

Zunächst werden Gesamtmodelle vorgestellt, die in der Praxis und in der Forschung verbreitet Anwendung gefunden haben. Sie sind chronologisch nach ihrem Veröffentlichungstermin geordnet. Die Hierarchien und die Beziehungen zwischen den Qualitätsmerkmalen werden als Bäume oder Netze gezeigt. Zusätzlich werden die Modelle kurz erläutert. Im Anschluss an die Modellbeschreibung werden sie im Zusammenhang analysiert. Bei dieser Analyse werden die in Kapitel 4.2 entwickelten Anforderungen verwendet. Außerdem werden eventuell verborgene oder angedeutete Qualitätssichten betrachtet.

Im Anschluss daran werden normative Qualitätssichten beschrieben und analysiert. Dabei wird auf das gleiche Vorgehen wie bei den Gesamtmodellen zurückgegriffen. Lediglich die verwendeten Sichten werden nicht nur interpretiert, sondern können direkt analysiert werden.

Die Modellanalyse verfolgt zwei Ziele, die der Erstellung eigener Modelle dienen. Erstens soll sie mögliche Stärken und Schwächen in Bereichen wie Struktur und Merkmalsdefinition von Modellen aufzeigen und exemplarisch Beispiele für anforderungskonforme Qualitätsmodelle und ihre Merkmale liefern. Zweitens sollen umfassend alle für Software unterscheidbaren Qualitätsmerkmale identifiziert werden. Das nachfolgende Kapitel 4.5 dient deren Präsentation.

Boehm (1976): Das von Boehm definierte Qualitätsmodell in Abb. 4.3 basiert auf einer Vielzahl von definierten und recherchierten Softwarequalitätsmerkmalen und auf Studien zur Softwarequalität (Vgl. [Boeh73], S. 3-1 f.; [Boeh76], S. 592 ff.). Eingordnet in ein Gesamtkonzept zur Planung, Spezifikation und Kontrolle von Aktivitäten zur Sicherung der Softwarequalität und zur Unterstützung der Beschaffung von Software fand es beispielsweise bei der US Air Force Anwendung (Vgl. [Boeh77], S. 1 f.).



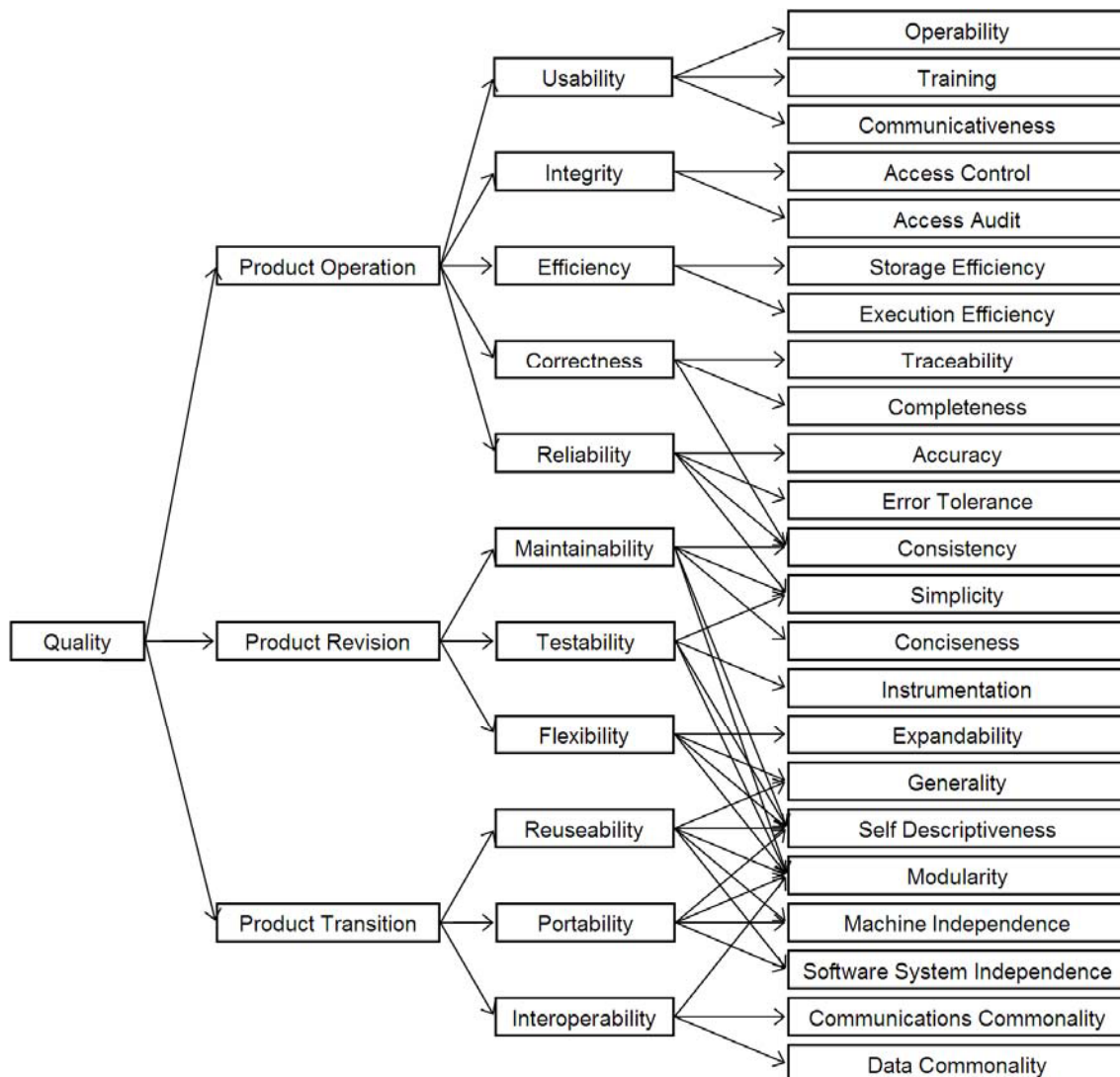
Vgl. [Boeh76], S. 595.

Abb. 4.3: Softwarequalitätsmodell von Boehm

Bei dem Modell handelt es sich um ein normatives Gesamtmodell, das eine Nutzensicht auf die Qualität besitzt (Vgl. [Marc02], S. 1083). Diese Sicht wird in Gebrauchsfähigkeit und Wartbarkeit geteilt. Insgesamt 25 Begriffe werden im Modell genutzt. Ebene 1 und Ebene 2 beschreiben die Hauptmerkmale von Software, die durch

die in Ebene 3 gezeigten Teilmerkmale netzartig aufgegliedert werden. Metriken können dann auf die Kriterien angewendet werden.

McCall, Richards und Walters (1977): Ein weiteres normatives Qualitätsmodell geht auf McCall, Richards und Walters zurück (Vgl. [McCa77], S. 3 ff.). Das Modell ist in Abb. 4.4 gezeigt. Die elf Hauptmerkmale der Software werden in drei Gruppen geteilt. Jedem Hauptmerkmal werden dann Teilmerkmale zugeordnet. Dabei kommt es wie bei Boehm vielfach zu Überschneidungen, welche die Struktur eines Netzes entstehen lassen. Das Modell beinhaltet insgesamt 23 Teilmerkmale.

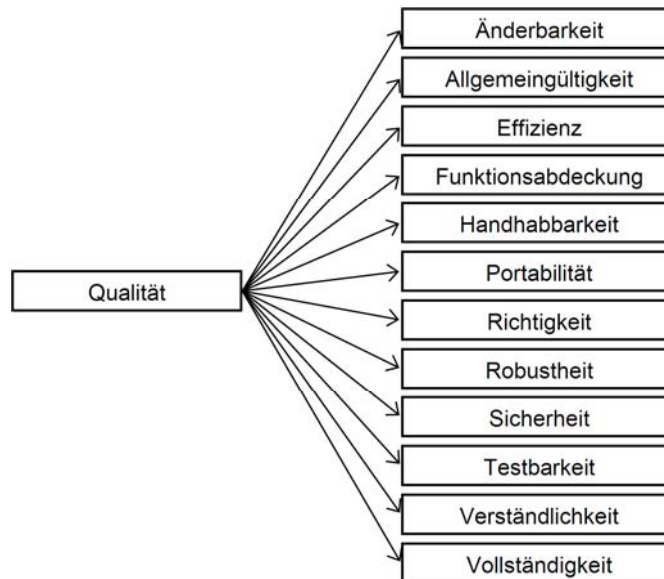


Vgl. [McCa77], S. 3 ff.

Abb. 4.4: Qualitätsmodell von McCall, Richards und Walters

Schmitz, Bons und van Megen (1983): Das Modell von Schmitz, Bons und van Megen zeigt die Abb. 4.5. Die Autoren unterscheiden zwölf Qualitätsmerkmale. Dabei sind alle

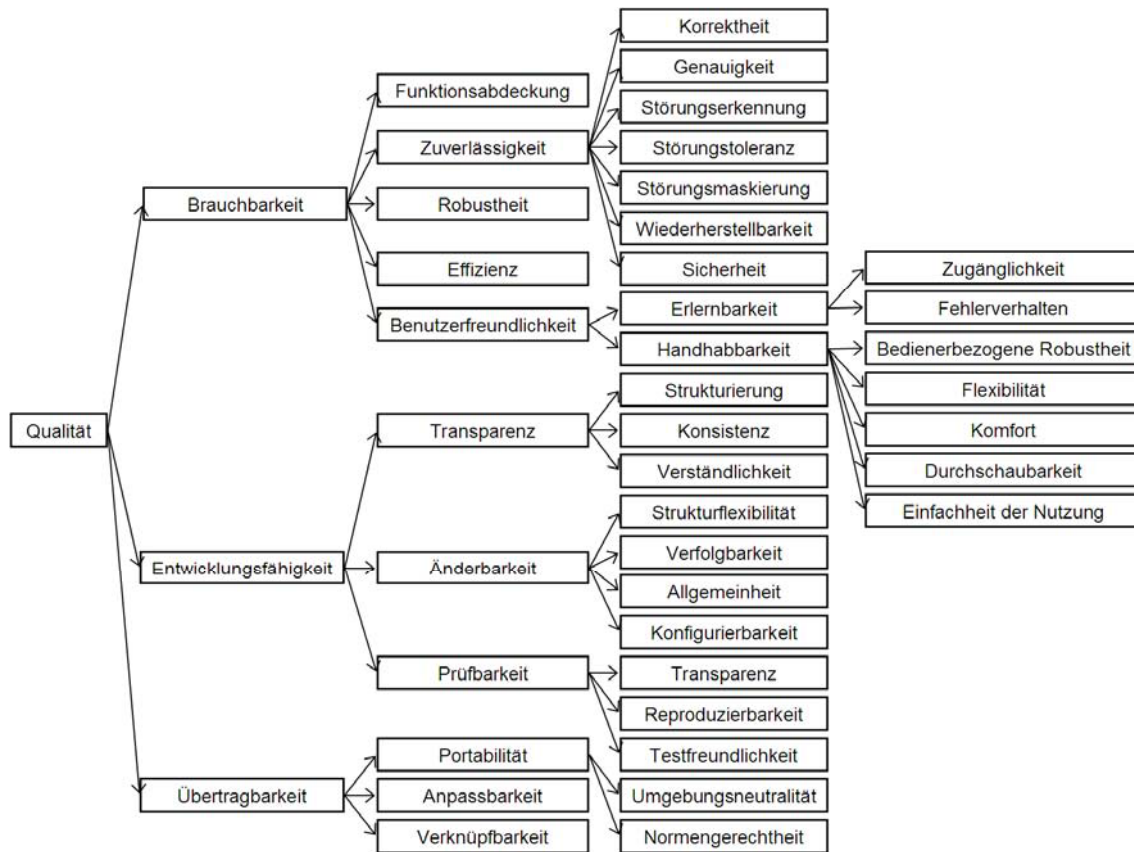
Merkmale in einer Ebene ohne eine weitere Hierarchie aufgeführt. Allerdings ergänzen die Autoren in ihrer Beschreibung des Modells die drei sogenannten Qualitätsmerkmalsklassen betriebsbezogene, wartungsbezogenen und übertragungsbezogene Qualitätsmerkmale zur Strukturierung der Merkmale, ohne jedoch die Qualitätsmerkmale diesen Klassen eindeutig zuzuordnen (Vgl. [Schm83], S. 21, 29). Des Weiteren werden die Qualitätsmerkmale in drei Prioritätsklassen nach deren wahrscheinlicher Bedeutung gegliedert.



Vgl. [Schm83], S. 22 ff.

Abb. 4.5: Qualitätsmodell von Schmitz, Bons und van Megen

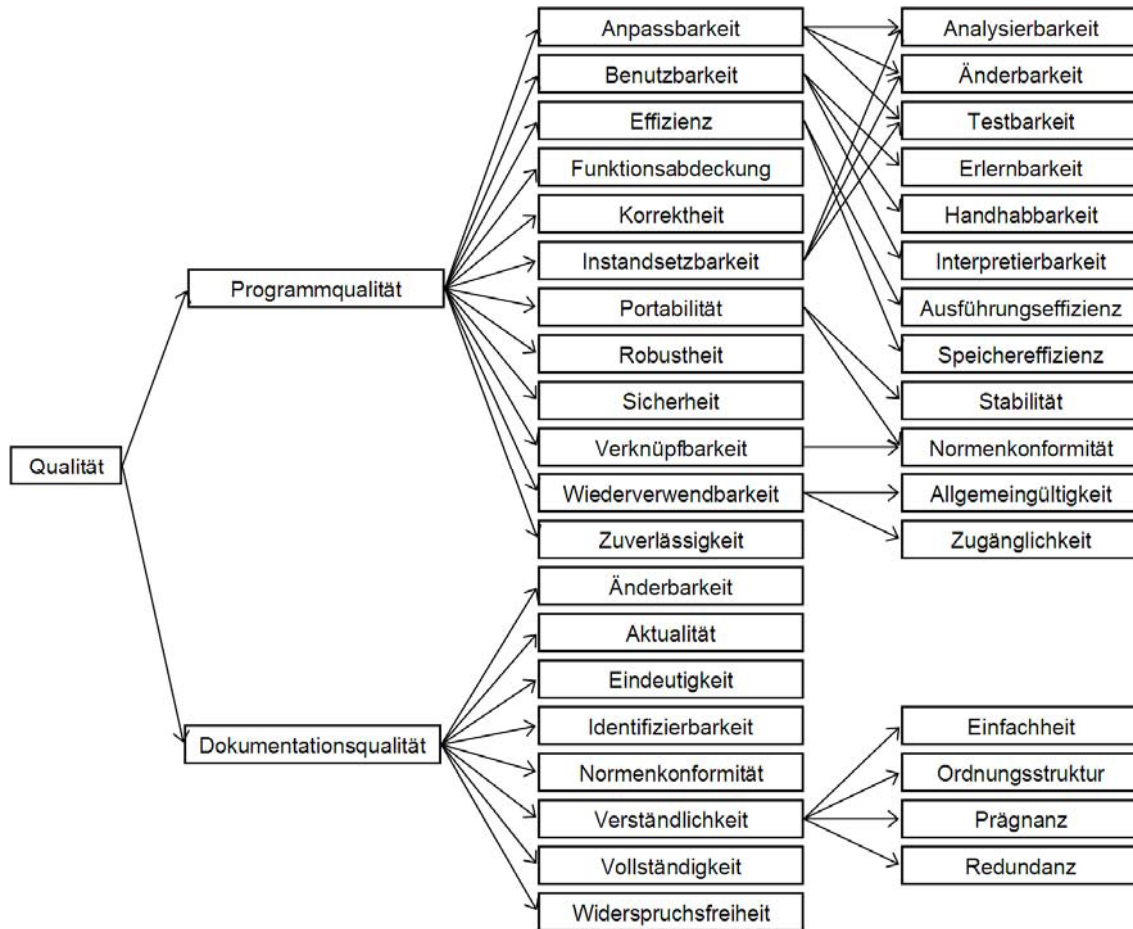
Schweiggert (1985): Im Modell von Schweiggert, dargestellt in Abb. 4.6, sind vier Hierarchieebenen vorhanden (Vgl. [Schw85], S. 14 ff.). Das Modell beinhaltet insgesamt 42 Qualitätsmerkmale. Eine Unterteilung in Haupt- und Teilmerkmale wird durch den Autor nicht getroffen und lässt sich auch nicht ableiten, da die Merkmale nicht konsistent bis in die dritte oder vierte Ebene aufgegliedert werden. Die Struktur des Modells entspricht einem Baum und keinem Netz, da jedes Qualitätsmerkmal nur ein übergeordnetes Merkmal besitzt.



Vgl. [Schw85], S. 14 ff.

Abb. 4.6: Qualitätsmodell von Schweiggert

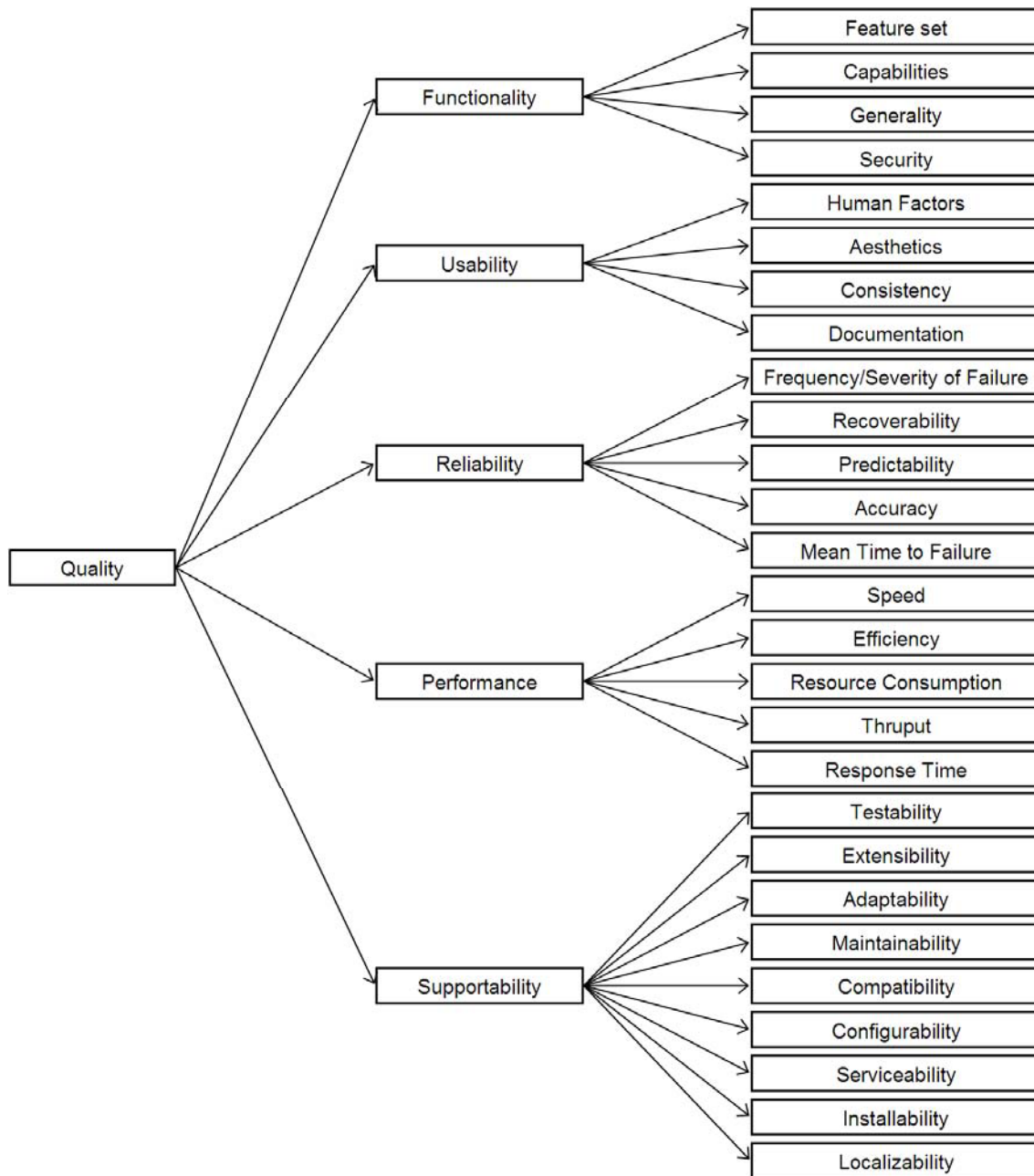
Deutsche Gesellschaft für Qualität (DGQ) und Nachrichtentechnische Gesellschaft (NTG) (1986): In dem Qualitätsmodell der DGQ und der NTG werden die 20 Hauptmerkmale entweder der Programm- oder der Dokumentationsqualität zugeordnet (Vgl. [DGQ86], S. 27 ff.). Die Hauptmerkmale werden dann in 16 Teilmerkmale unterteilt, wobei es zu Überschneidungen kommt, welche eine Netzstruktur entstehen lassen. Das Modell ist in Abb. 4.7 gezeigt.



Vgl. [DGQ86], S. 27 ff.

Abb. 4.7: Qualitätsmodell der DGQ und der NTG

Grady und Caswell (1987): Das FURPS Qualitätsmodell aus Abb. 4.8 der Firma Hewlett-Packard (HP) diente primär der Verbesserung der eigenen Produkte und ist daher an den Kundenwünschen ausgerichtet (Vgl. [Balz98], S. 260; [Grad87], S. 159 ff.). FURPS ist ein Akronym und setzt sich aus Functionality, Usability, Reliability, Performance und Supportability zusammen. Diese Begriffe stellen zugleich auch die Hauptmerkmale der Software dar, die wiederum überschneidungsfrei in 27 Teilmerkmale aufgegliedert werden.

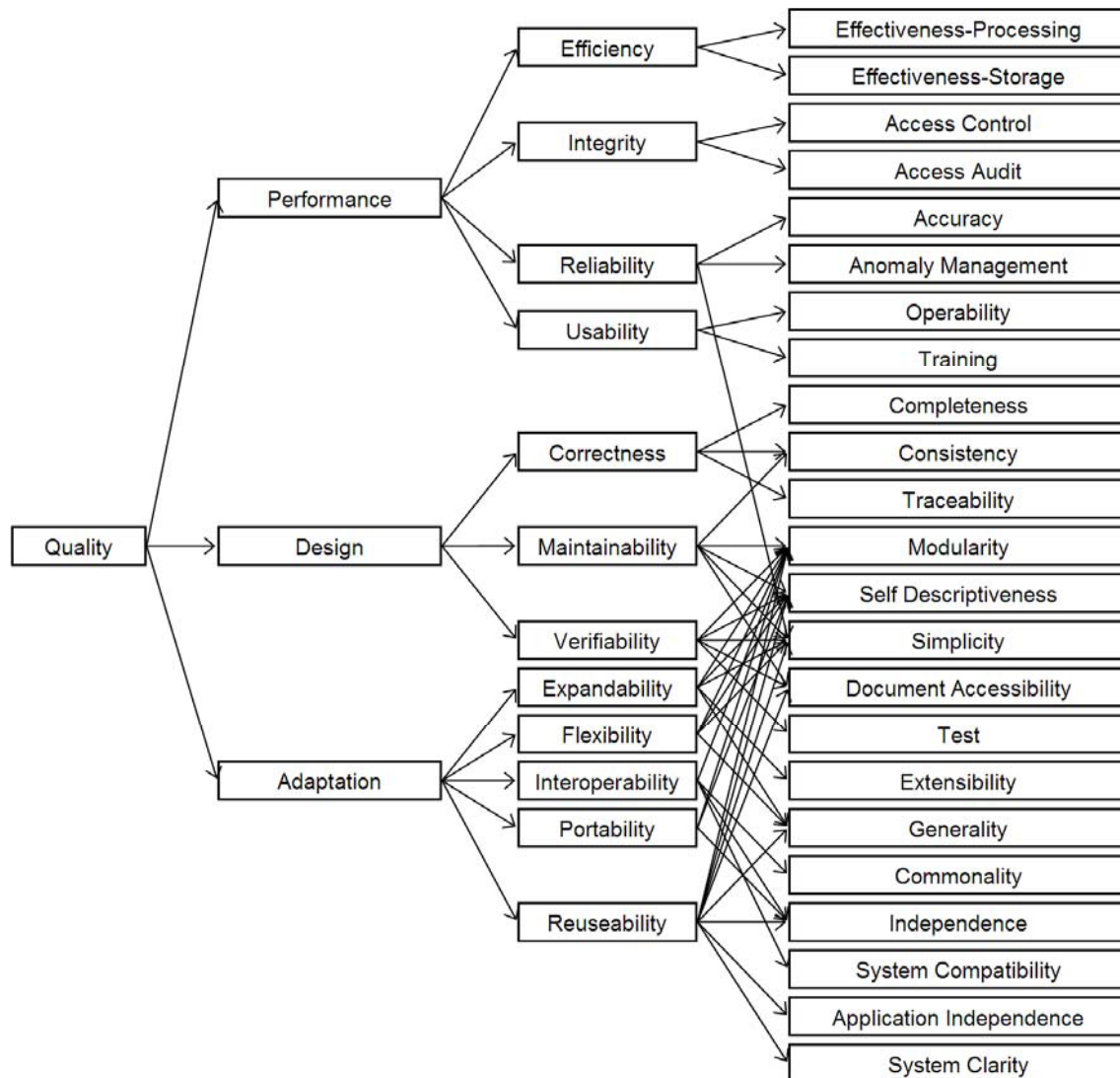


Vgl. [Grad87], S. 159 ff.

Abb. 4.8: Qualitätsmodell von Grady und Caswell

Evans und Marciniak (1987): Das Qualitätsmodell von Evans und Marciniak, dargestellt in Abb. 4.9, orientiert sich stark an dem Modell von McCall, Richards und Walters aus Abb. 4.4, auch wenn es als eine Alternative dazu betrachtet wurde (Vgl. [Gali04], S. 44). So beinhaltet das Modell im Vergleich zu McCall, Richards und Walters zusätzlich die Qualitätsmerkmale Verifiability und Expandability, während das Merkmal Testability entfällt.

Die Gliederung der Hauptmerkmale in Performance, Design und Adaptation orientiert sich an Phasen des Softwarelebenszyklus (Vgl. [Evan87], S. 161). Des Weiteren gruppieren die Autoren die Qualitätsmerkmale in Anlehnung an die unterschiedlichen Sichten von Nutzern und Entwicklern auf die Qualität der Software. Diese Gruppierung wird im Modell jedoch nicht explizit deutlich.

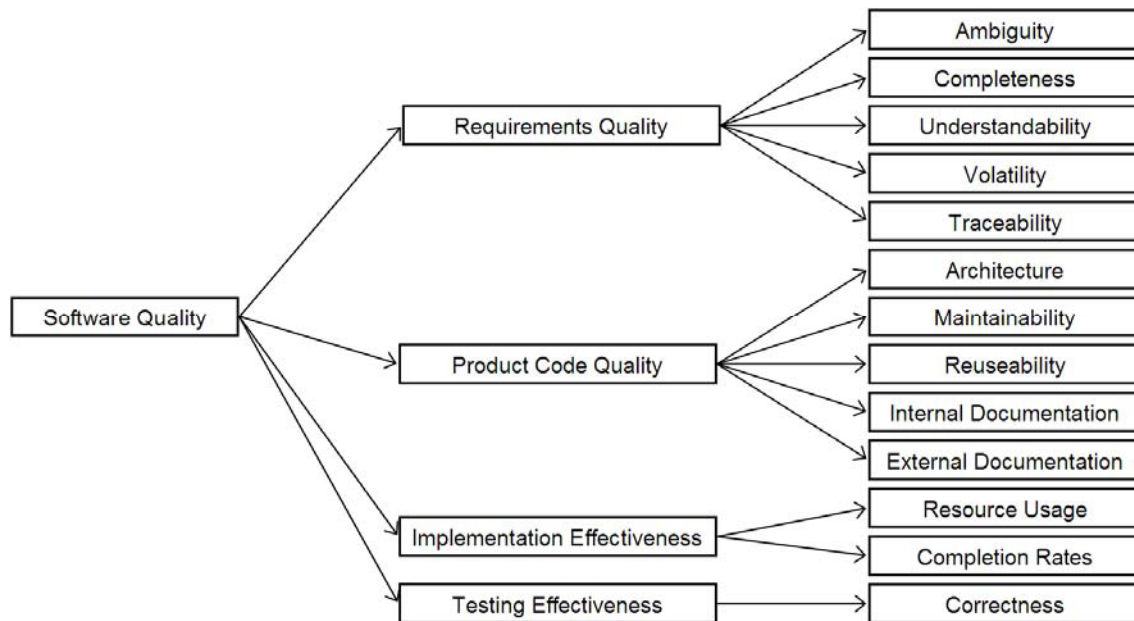


Vgl. [Evan87], S. 163 ff.

Abb. 4.9: Qualitätsmodell von Evans und Marciniak

Hyatt und Rosenberg (1996): Das Software Assurance Technology Center (SATC) Qualitätsmodell von Hyatt und Rosenberg ist in Abb. 4.10 dargestellt. Es weist die Struktur eines Baumes auf und enthält vier Hauptmerkmale und 13 Teilmerkmale, die durch spezielle Metriken bestimmt werden können (Vgl. [Hyat96], S. 7). Das Modell wurde für die National Aeronautics and Space Agency (NASA) entwickelt und dient der

Erfassung von Qualität und Risiko aus der Sicht eines Projektmanagers (Vgl. [Hyat96], S. 1).



Vgl. [Hyat96], S. 7.

Abb. 4.10: Qualitätsmodell von Hyatt und Rosenberg

Nachfolgend werden die vorgestellten Qualitätsmodelle im Zusammenhang analysiert. Dabei kommen die Anforderungen an Softwarequalitätsmodelle, die in Kapitel 4.2 beschrieben sind, als Kriterien zur Anwendung. Außerdem werden in Anlehnung an Dißmann auch die in den Modellen verwendeten oder aus der Modellstruktur oder den zugehörigen Definitionen erkennbaren Sichten auf die Softwarequalität betrachtet und mit den in Kapitel 3.3 aufgeführten verglichen (Vgl. [Dißm86], S. 13):

- Klarheit und Strukturiertheit: Alle Modelle sind strukturiert und beinhalten in einer Hierarchie angeordnete Qualitätsmerkmale. Beim Qualitätsmodell von Boehm ist jedoch als kritisch zu bewerten, dass das Merkmal *Portability* in der zweiten Ebene eingeordnet ist, aber keinen Oberbegriff in Ebene 1 besitzt. Vier der vorgestellten Modelle sind als Bäume strukturiert und vier Modelle bilden zur letzten Ebene eine netzartige Struktur. Auch wenn eine Strukturiertheit in allen Modellen gegeben ist, mangelt es vor allem den Netzen an Übersichtlichkeit. So besitzt das Modell von Evans und Marciniak bspw. 61 Verbindungen zwischen Qualitätsmerkmalen, die sich kreuzen und deren einzelne Identifizierung problematisch ist.
- Widerspruchsfreiheit: Die Präferenzrelation der Qualitätsmerkmale enthält in fast allen gezeigten Modellen keine Widersprüche. Jedoch ist im Modell von

Schweiggert das Qualitätsmerkmal *Transparenz* sowohl in der zweiten als auch in der dritten Ebene vorhanden. Es wird in beiden Ebenen in der exakt gleichen Bedeutung verwendet (Vgl. [Schw85], S. 22, 24). Damit ist eine Konsistenz der Präferenzordnung der Qualitätsmerkmale in den Hierarchieebenen nicht gewährleistet. Ähnliches gilt für das Modell der DGQ. Die Qualitätsmerkmale *Normenkonformität* und *Änderbarkeit* werden ebenfalls in zwei Ebenen verwendet. Allerdings sind sie jeweils geringfügig anders definiert (Vgl. [DGQ86], S. 48, 51, 56, 61, 65). Diese doppelte Verwendung einer Bezeichnung ist zwar verwirrend, da die Qualitätsmerkmale auf den unterschiedlichen Ebenen jedoch verschieden definiert sind, kann nicht von einer Inkonsistenz der Präferenzordnung der Qualitätsmerkmale in den Hierarchieebenen im Sinne der obigen Definition gesprochen werden.

- **Kohäsion und Modularisierung:** Die Merkmale der untersuchten Modelle weisen nur zum Teil eine enge inhaltliche Gruppierung auf. Problematisch sind diesbezüglich die Modelle, deren Merkmale eine Netzstruktur ergeben. So sind z. B. im Modell von Evans und Marciniak bestimmte Teilmerkmale zu mehreren Hauptmerkmalen zugeordnet, die sich in anderen Ästen befinden. Eine Kohäsion der Merkmale ist demnach nicht gegeben. Ähnliches gilt für die Modelle von Boehm, McCall, Richards und Walters und der DGQ. Bei den anderen Modellen sind, mit Ausnahme des Modells von Schmitz, Bons und van Megen, welches nur eine Ebene besitzt, die Merkmale inhaltlich eng gruppiert.
- **Eindeutigkeit und Verständlichkeit:** Die Beschreibungen der Qualitätsmerkmale sind in den verwendeten Quellen unterschiedlich eindeutig. Im Allgemeinen sind sie kurz gehalten, was der Forderung nach Eindeutigkeit entgegensteht. Der Detaillierungsgrad der Beschreibung erhöht sich häufig in den tieferen Ebenen der Modelle, also bei den Teilmerkmalen im Vergleich zu den Hauptmerkmalen. Beispiele dafür sind die Beschreibungen von Boehm, Schweiggert, Evans und Marciniak und Hyatt und Rosenberg (Vgl. [Boeh76], S. 603 ff.; [Boeh77], S. 81 ff.; [Schw85], S. 14 ff.; [Evan87], S. 162 ff.; [Hyat96], S. 7). Weiterhin kommen bei Boehm, Schmitz, Bons und van Megen, Schweiggert und Evans und Marciniak Beispiele zur Definition der Merkmale zur Anwendung. Negativ ist dabei Schweiggerts Nutzung von Beispielen zu bewerten, da er in diesen Fällen die anderen Beschreibungen verkürzt oder ganz entfallen lässt, was der Eindeutigkeit seiner Ausführungen entgegenwirkt. Zusammenfassend sind die Beschreibungen meist zu abstrakt oder zu kurz um ein hohes Maß an Eindeutigkeit zu erreichen. Lediglich die Beschreibungen der DGQ, die zusätzlich noch Kenngrößen, konstruktive Maßnahmen, Prüfmethode und

Ähnliches beinhalten, und von Schmitz, Bons und van Megen sind vollständig eindeutig (Vgl. [DGQ86], S. 28 ff.; [Schm83], S. 22 ff.). Eine Verständlichkeit der Ausführungen ist bei allen Modellbeschreibungen gegeben.

- **Überschneidungsfreiheit:** Die Forderung nach Überschneidungsfreiheit, also nach einer disjunkten Festlegung der Qualitätsmerkmale, besitzt einen engen Zusammenhang zur Forderung nach Eindeutigkeit und Verständlichkeit. Sind, wie oben ausgeführt, die Qualitätsmerkmale nur knapp und abstrakt beschrieben, so ist eine deutliche inhaltliche Abgrenzung unwahrscheinlich. Folglich sind in nahezu allen betrachteten Modellen die Merkmale nicht überschneidungsfrei voneinander abgegrenzt. Ein Beispiel dafür sind die Ausführungen von Boehm. Während die Abgrenzungen in der zweiten Ebene des Modells noch deutlich sind, trifft das auf die Merkmale in Ebene 3 nicht zu (Vgl. [Dißm86], S. 14 f.). So sind die Teilmerkmale *Consistency*, *Structuredness*, *Self-Descriptiveness*, *Conciseness* und *Legibility* nicht überschneidungsfrei. Auch einige Zusammenhänge zwischen Haupt- und Teilmerkmalen sind fragwürdig. So wird z. B. *Accessibility* als notwendig für die Bestimmung der *Efficiency* gesehen (Vgl. [Boeh76], S. 603). Auch das Modell von McCall, Richards und Walters weist ähnliche Schwächen auf. Beispielsweise sind *Simplicity* und *Conciseness* nicht eindeutig trennbar (Vgl. [Dißm86], S. 20). Weiterhin werden einige Überschneidungen, die sich aus dem Text erschließen lassen, nicht im Modell umgesetzt. Als ein Modell, in dem die Forderung der Überschneidungsfreiheit erfüllt wird, kann das von Schmitz, Bons und van Megen genannt werden. Wie bereits ausgeführt sind die Qualitätsmerkmale jedoch sehr allgemein definiert und das Modell besteht nur aus einer Hierarchieebene.
- **Operationalisierbarkeit:** Die Forderung nach einer Operationalisierbarkeit der definierten Merkmale in den Modellen ist für deren praktischen Einsatz unabdingbar. Es muss jedoch dabei zwischen objektiv und subjektiv bestimmbar Merkmalen unterschieden werden. Nur wenige der in den Modellen aufgeführten Merkmale wie *Speichereffizienz* oder *Fehlerfreiheit* sind objektiv zu bestimmen. Der überwiegende Teil lässt sich nicht anhand gemessener Werte eindeutig festlegen, sondern muss durch Auswertung verschiedener Informationen erschlossen werden. Diese Merkmale wie *Änderbarkeit*, *Erlernbarkeit* oder *Verständlichkeit* können demnach nur subjektiv bestimmt werden und ihre Operationalisierbarkeit ist nicht bei jeder Anwendung garantiert. Dennoch kann im Allgemeinen die Operationalisierbarkeit der Merkmale als gegeben erachtet werden. Als Beleg für diese Aussage sind die Modellakzeptanz und deren praktischer Einsatz zu

nennen. Zu einer aussagekräftigeren Bewertung wären Erfahrungsberichte oder Studien erforderlich. Befördert wird die Operationalisierbarkeit durch eindeutige, verständliche und überschneidungsfreie Definitionen der Merkmale.

- **Vollständigkeit und Relevanz:** Die Anspruchsgruppen und die Ausrichtung der vorgestellten Qualitätsmodelle variieren. So ist das Modell von Boehm bspw. auf Fortran-Programme abgestimmt, das FURPS-Modell von Grady und Caswell für HP zur Verbesserung der eigenen Produkte entwickelt worden und das SATC Modell von Hyatt und Rosenberg ist auf die Belange der NASA zugeschnitten. Da die einzelnen Modelle in ihren Anspruchsgruppen Anwendung finden und in der Literatur zitiert werden, kann von einer breiten Abdeckung der für die Qualitätsbewertung als relevant erachteten Qualitätsmerkmale ausgegangen werden (Vgl. [Balz98], S. 258 ff.; [Dißm86], S. 11 ff.; [Gali04], S. 37 ff.; [Marc02], S. 1084 ff.; [Plös04], S. 6 ff.; [Will84], S. 9 ff.). Für einen Beweis oder eine konkrete Bewertung der Vollständigkeit wären ähnlich wie bei der Forderung nach Operationalisierbarkeit Erfahrungsberichte oder Studien und Referenzmodelle erforderlich. Eine allgemeingültige Aussage zur Vollständigkeit der Modelle kann daher nicht getroffen werden.
- **Richtigkeit und Konsistenz:** Alle untersuchten Qualitätsmodelle sind syntaktisch richtig, also konsistent gegenüber ihrem Metamodell. Weitere Bedingungen sind nicht gegeben. Auch von einer Strukturtreue gegenüber dem Objektsystem ist bei allen Modellen auszugehen. Da das konkrete Objektsystem schwer einzugrenzen ist, orientiert sich diese Einschätzung an sachlogischen Gegebenheiten, wie der vielfachen Anwendung der Modelle (Vgl. [Beck95], S. 438). Die Entwicklung der Modelle orientierte sich an jeweils anderen konkreten Vorgaben und Anwendungsbereichen. Damit lagen auch andere Objektsysteme zu Grunde.
- **Erreichbarkeit:** Die Qualitätsmodelle stellen eine möglichst umfassende Auflistung aller für ihre speziellen Anwendungsfälle benötigten Qualitätsmerkmale dar. Diese Merkmale können dann mit Sollwerten versehen werden, deren Vergleich mit Istwerten eine Beurteilung der Qualität ermöglicht. Die Qualitätsmerkmale an sich drücken somit kein konkretes Ziel aus. Sie stellen lediglich ein Merkmal bereit, für das ein Ziel formuliert werden kann. Diese Zielvorstellungen müssen erreichbar sein. Bei der Formulierung von Merkmalen ist es daher sinnvoll, realistische Bezeichnungen zu wählen und nicht durch die Merkmalsbezeichnung bereits unrealistische Zielvorstellungen auszudrücken. So bietet sich bspw. die Verwendung des Begriffs

Fehlerverhalten wie bei Schweiggert anstatt *Fehlerfreiheit* an, das bereits ein illusorisches Ziel in der Softwareentwicklung vorwegnimmt (Vgl. [Schl06], S. 334).

- Sichten: Auch wenn es sich bei allen bisher vorgestellten Qualitätsmodellen um normative Gesamtmodelle handelt, so sind doch mitunter Hinweise auf eine Unterscheidung in Sichten vorhanden. So kann bei Boehm in der ersten Ebene der Qualitätsmerkmale eine Trennung in die Sichten Nutzer und Betreiber interpretiert werden. Die allgemeine Formulierung und Anordnung der Qualitätsmerkmale in den Ebenen 2 und 3 verhindert jedoch eine Fortsetzung dieser Trennung. So sind z. B. die Merkmale *Zuverlässigkeit* und *Effizienz* nur der *Brauchbarkeit* und damit der Nutzersicht zugeordnet, obwohl sie auch für den Betreiber von Wichtigkeit sind. In Schweiggerts Modell kann die Trennung der ersten Ebene in Nutzersicht und Entwicklersicht mit wenigen Ausnahmen in den nachfolgenden Ebenen nachvollzogen werden. In den Modellen von Grady und Caswell und Evans und Marciniak lassen sich nur einige Hauptmerkmale bestimmten Sichten zuordnen, was sich aber ab der zweiten Ebene nicht mehr nachverfolgen lässt. Auch bei differenzierter Betrachtung finden sich keine Hinweise auf eine Unterscheidung in Sichten bei McCall, Richards und Walters. Das Netz von Abhängigkeiten zwischen den Ebenen 2 und 3 macht das auch unmöglich. Bei dem Modell von Schmitz, Bons und van Megen verhindern bereits die Strukturierung in nur eine Ebene und die allgemeinen Definitionen die Identifikation von Sichten. Auch in den Modellen der DGQ und von Hyatt und Rosenberg lassen sich keine Hinweise auf Sichten identifizieren.

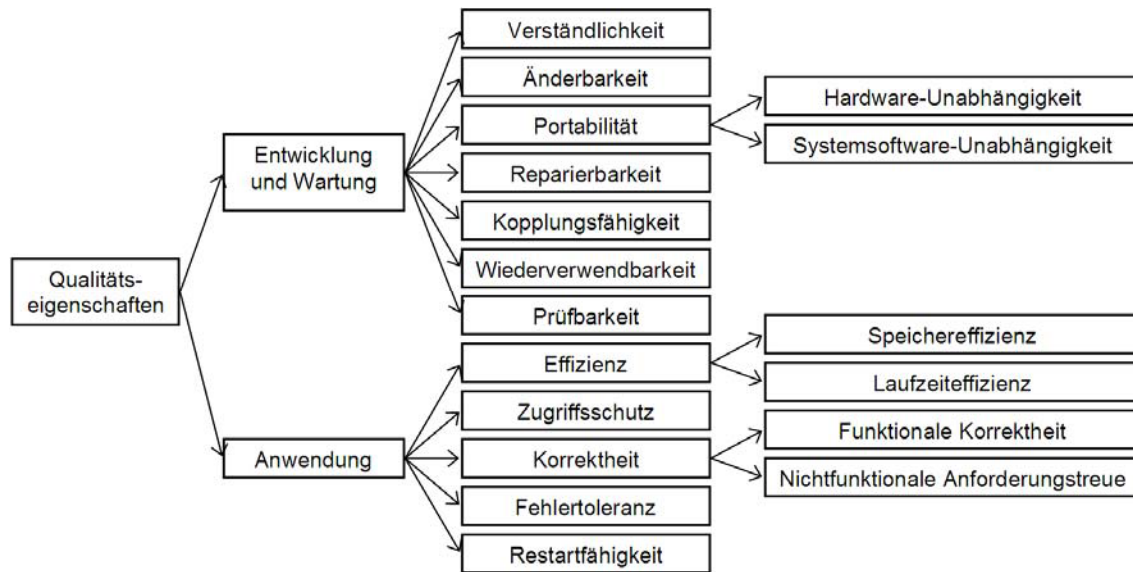
Im Folgenden sind die Ergebnisse der Analysen der Qualitätsmodelle zugesammengefasst. Neben der Identifikation potenzieller Qualitätsmerkmale sind inhaltliche und formale Schwächen der Qualitätsmodelle von Interesse:

- Mangelnde Übersichtlichkeit in der hierarchischen Struktur eines Qualitätsmodells ist auf komplizierte Netzstrukturen zwischen den tieferen Ebenen zurückzuführen. Disjunkte Strukturen führen zu einer gesteigerten Übersichtlichkeit.
- Eine mehrfache Verwendung von Qualitätsmerkmalen in unterschiedlichen Hierarchiestufen oder eine wechselnde Definition von Qualitätsmerkmalen führen zu Verwirrung und Inkonsistenzen und sind zu vermeiden.

- Eine knappe und abstrakte Beschreibung von Qualitätsmerkmalen senkt die Anwendbarkeit des Modells. Erläuternde Beispiele steigert sie, sofern diese nicht den Umfang der Definition verringern.
- Alle Qualitätsmerkmale sind überschneidungsfrei zu definieren. Sie müssen klar gegeneinander abgegrenzt sein. Neben dieser inhaltlichen Abgrenzung muss auch der Zusammenhang zwischen den Haupt- und den zugeordneten Teilmerkmalen erkennbar sein.
- Die Bezeichnungen von Qualitätsmerkmalen sollten keine illusorischen Ziele unterstellen.
- Ein praxistaugliches Qualitätsmodell muss aus Sicht der Anwender alle für seine Anwendungsfälle benötigten Qualitätsmerkmale enthalten. Um zu einer nutzbaren Aussage über die Qualität zu gelangen, ist eine objektive oder subjektive Operationalisierbarkeit dieser Merkmale unabdingbar.
- Auch normative Gesamtmodelle enthalten Hinweise auf unterschiedliche Sichten auf die Qualität.

Auf die Beschreibung und Analyse normativer Gesamtmodelle folgen die Darstellung und Untersuchung von normativen Qualitätssichten. Diese Qualitätsmodelle finden sich deutlich seltener in der Literatur. Daher ist die Anzahl der vorgestellten Qualitätsmodelle dieser Art auch geringer.

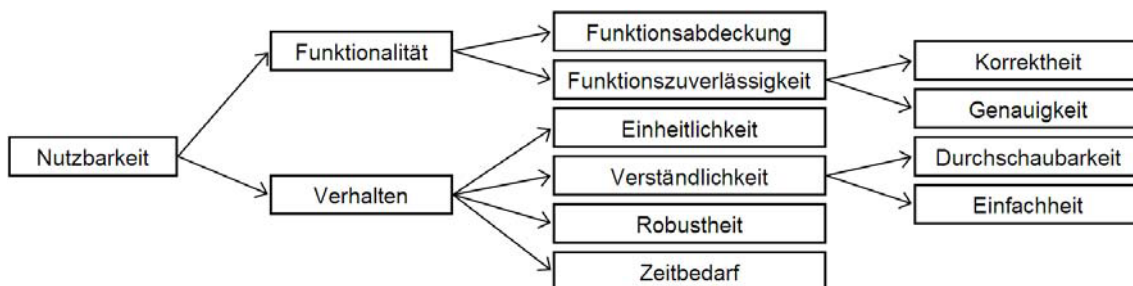
Willmer (1984): Das Qualitätsmodell von Willmer ist in Abb. 4.11 gezeigt. Es setzt sich aus insgesamt 18 Qualitätsmerkmalen zusammen, die in zwei Sichten unterschieden werden. Diese Sichten entsprechen den Entwicklern und Betreibern (Entwicklung und Wartung) und den Kunden (Anwendung). Die Qualitätsmerkmale im Modell bilden eine Baumstruktur.



Vgl. [Will84], S. 62 ff.

Abb. 4.11: Qualitätsmodell von Willmer

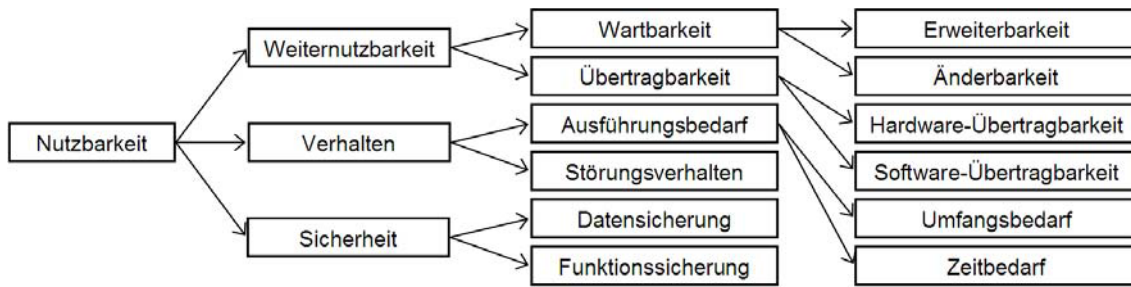
Dißmann und Zurwehn (1986): Dißmanns und Zurwehns Qualitätsmodell unterscheidet vier Sichten auf die Qualität einer Software (Vgl. [Dißm86], S. 4 ff.). Jede Sicht wird in einem gesonderten Modell mit einer Baumstruktur abgebildet. Die Abb. 4.12 beinhaltet die Benutzersicht auf Qualität, welche mit der Kundensicht vergleichbar ist. Diese lässt sich aus zwölf Qualitätsmerkmalen verteilt über drei Ebenen ermitteln. Die Blätter des Baumes befinden sich in den Ebenen 2 und 3.



Vgl. [Dißm86], S. 30.

Abb. 4.12: Benutzersicht des Qualitätsmodells von Dißmann und Zurwehn

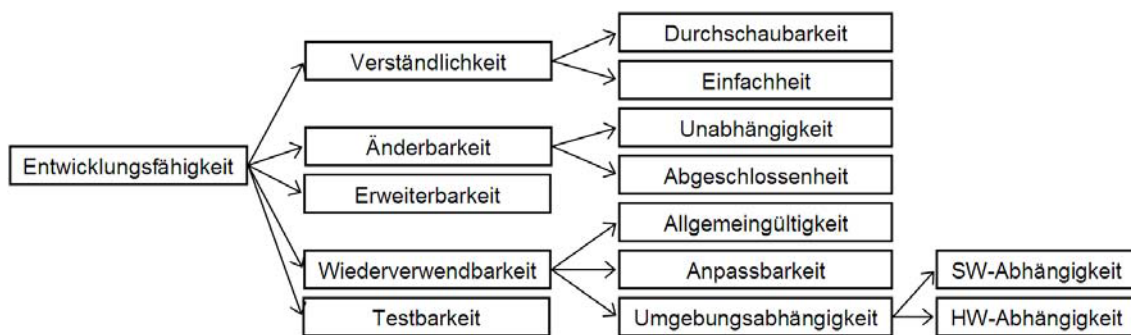
In Abb. 4.13 ist die Betreibersicht wiedergegeben. In dieser Sicht kann unter Anwendung von 15 Qualitätsmerkmalen, die in drei Ebenen angeordnet sind, die Qualität bestimmt werden. Das Modell wird bis in die zweite und dritte Ebene aufgegliedert.



Vgl. [Dißm86], S. 40.

Abb. 4.13: Betreibersicht des Qualitätsmodells von Dißmann und Zurwehn

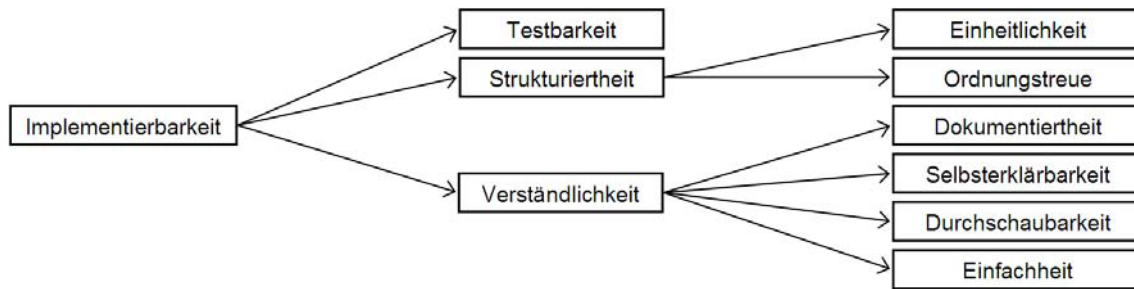
Die Entwicklersicht aus Kapitel 3.3 wird in Dißmanns und Zurwehns Modell durch die zwei folgenden Sichten repräsentiert. Die Designersicht aus Abb. 4.14 enthält 14 Qualitätsmerkmale, die in drei Ebenen angeordnet sind. In allen drei Ebenen befinden sich Qualitätsmerkmale, die nicht weiter untergliedert werden.



Vgl. [Dißm86], S. 49.

Abb. 4.14: Designersicht des Qualitätsmodells von Dißmann und Zurwehn

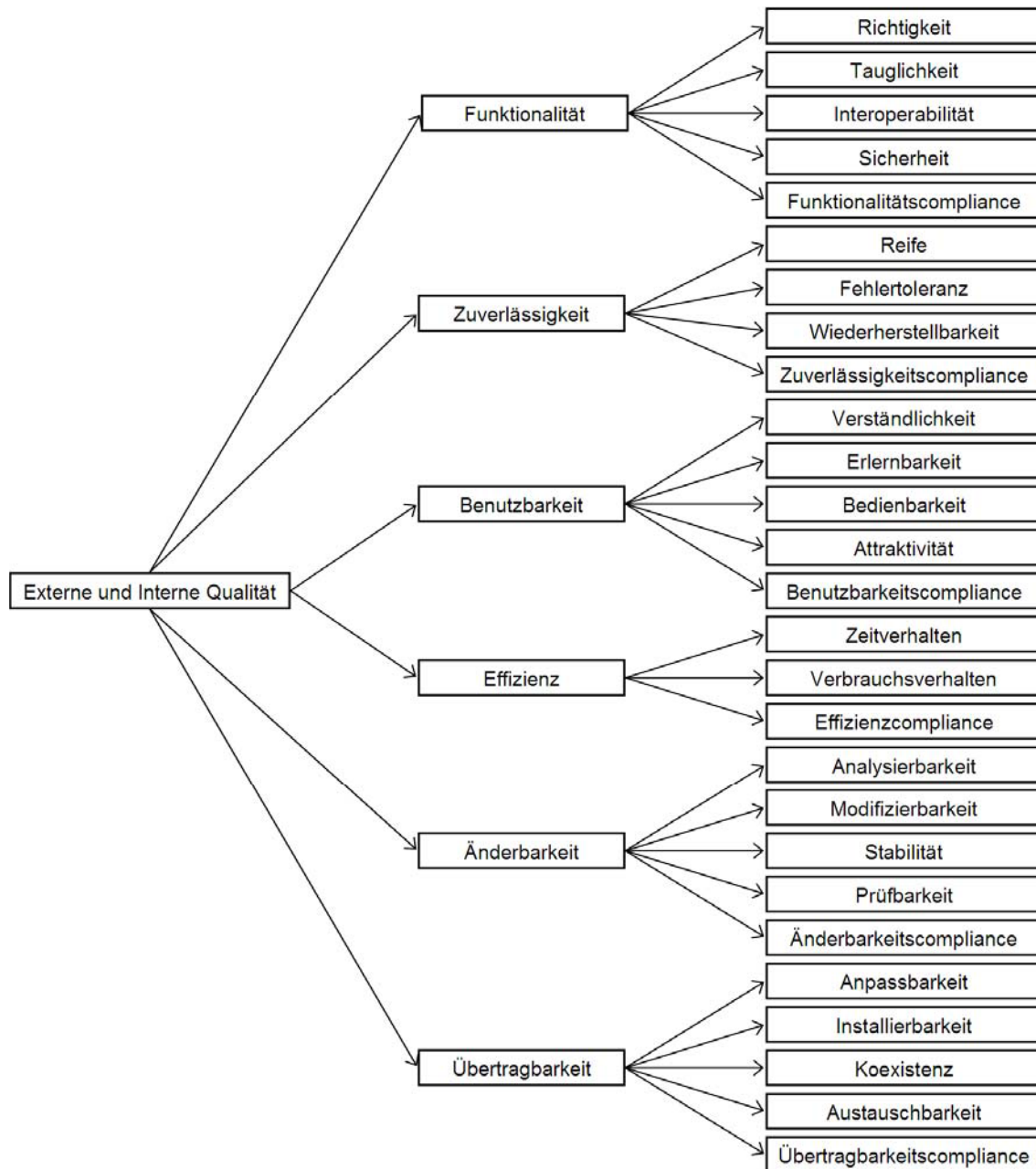
Das in Abb. 4.15 gezeigte Modell zeigt die Programmiersicht auf Softwarequalität. Es ist das zweite Modell zur Entwicklersicht und setzt sich aus lediglich zwei Ebenen zusammen. In beiden Ebenen finden sich Qualitätsmerkmale, die Blätter des Baumes bilden.



Vgl. [Dißm86], S. 59.

Abb. 4.15: Programmiersicht des Qualitätsmodells von Dißmann und Zurwehn

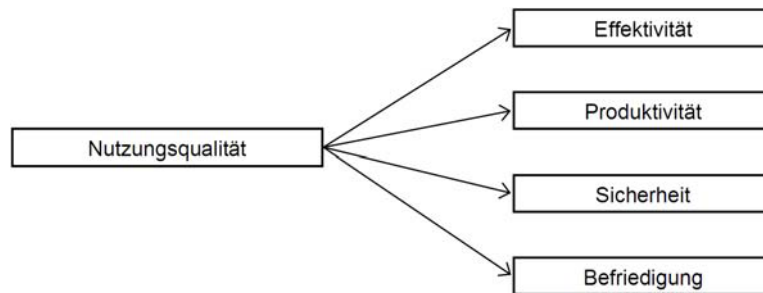
ISO 9126 (2001): Basierend auf bestehenden Qualitätsmodellen definieren auch verschiedene Standards eigene Modelle. So beschreibt die ISO 9126 zwei normative Qualitätssichten, welche die Form von disjunkten Bäumen aufweisen (Vgl. [ISO9126], S. 1 f.). Innerhalb des Qualitätsmodells für die externe und interne Qualität werden sechs Hauptmerkmale definiert, die dann vollständig in 27 Teilmerkmale unterteilt werden. Die Bedeutung dieser Sichten ist bereits in Abb. 3.2 und in Kapitel 1.2 beschrieben. Nachfolgend ist das Modell in Abb. 4.16 gezeigt.



Vgl. [ISO9126], S. 7.

Abb. 4.16: Qualitätsmodell zur internen und externen Qualität der ISO 9126

Zur Abbildung der Nutzungsqualität enthält die ISO 9126 ein zweites Modell, in dem vier Qualitätsmerkmale in einer Ebene aufgeführt sind und das in Abb. 4.17 dargestellt ist.



Vgl. [ISO9126], S. 12.

Abb. 4.17: Qualitätsmodell zur Nutzungsqualität der ISO 9126

Um die Ergebnisse der Analyse der normativen Qualitätssichten mit den Ergebnissen der normativen Gesamtmodelle zusammenführen zu können, ist eine konsistente Verwendung von Analysekriterien essentiell. Daher werden im Folgenden dieselben Kriterien für die Bewertung der Qualitätsmodelle angewendet.

- **Klarheit und Strukturiertheit:** Die vorgestellten Modelle sind strukturiert und bestehen aus in einer Hierarchie angeordneten Qualitätsmerkmalen. Alle Modelle sind als Bäume aufgebaut. Durch diese Vermeidung von Netzstrukturen und durch die Einteilung der Qualitätsmerkmale in Sichten ist die Anzahl der verwendeten Verbindungen verhältnismäßig gering und es kommt in keinem Modell zu Kreuzungen oder Überlagerungen von Verbindungen. Die Übersichtlichkeit und Anwendbarkeit der normativen Qualitätssichten ist damit deutlich größer als bei als Netzen strukturierten Qualitätsmodellen. Für das Kriterium der Klarheit und Strukturiertheit ist eine Unterscheidung in Sichten nutzbringend.
- **Widerspruchsfreiheit:** In den Präferenzrelationen der Qualitätsmerkmale finden sich keine Widersprüche. Im Modell von Dißmann werden zwar in unterschiedlichen Sichten die gleichen Bezeichnungen für Qualitätsmerkmale verwendet, die Differenzierung in Sichten verhindert jedoch eine Inkonsistenz. Außerdem werden diese Merkmale wie *Verständlichkeit* und *Zeitbedarf* jeweils verschieden definiert.
- **Kohäsion und Modularisierung:** Bei allen untersuchten Modellen sind die Merkmale inhaltlich eng gruppiert. Durch die Unterteilung in Sichten wird im Vergleich zu den Gesamtmodellen eine höhere Modularisierung erreicht.
- **Eindeutigkeit und Verständlichkeit:** Die Beschreibungen der Qualitätsmerkmale der drei Modelle sind verständlich formuliert. Es bestehen jedoch große Unterschiede in deren Umfang und Eindeutigkeit. Während Willmer ausführlich

auf die Qualitätsmerkmale eingeht und neben deren Erklärung, Definition und Begründung der Notwendigkeit weitere Ergänzungen liefert, sind die Beschreibungen in der ISO 9126 sehr kurz und weniger eindeutig. Sie bestehen meist nur aus einem Satz und eventuell zusätzlichen Hinweisen. Dißmanns Qualitätsmerkmale sind ausführlich und umfangreich definiert. Der Detaillierungsgrad der Beschreibungen steigt in den tieferen Ebenen der Modelle. Die Ausführlichkeit und Eindeutigkeit seiner Definitionen ist in den Blättern seiner Modelle am größten. Alle anderen Merkmale sind kürzer beschrieben. Die Qualitätsmerkmale im Modell von Willmer sind primär in einer Ebene angeordnet. Einige verzweigen sich in Teilmerkmale, deren Erklärung aber knapp ausfällt, da die Beschreibung des übergeordneten Merkmals diese bereits abdeckt.

- **Überschneidungsfreiheit:** Eine deutliche inhaltliche Abgrenzung der Definitionen der Qualitätsmerkmale in den untersuchten Modellen wird von den Autoren mit unterschiedlicher Akribie verfolgt. Das Modell von Dißmann weist einige Überschneidungen und zu ungenaue Abgrenzungen auf. So sind die Qualitätsmerkmale *Erweiterbarkeit* und *Änderbarkeit* in der Betreibersicht nicht überschneidungsfrei. Die *Erweiterbarkeit* bezeichnet Qualitätsmerkmale, welche die Anpassungsfähigkeit an in der Betriebsphase auftretende zusätzliche Anforderungen an das Produkt beschreiben (Vgl. [Dißm86], S. 41 f.). Die *Änderbarkeit* bezieht sich auf Merkmale, welche die Anpassungsfähigkeit des Produktes an in der Betriebsphase geänderte Anforderungen beschreiben. Eine derartige ungenaue Abgrenzung findet sich z. B. auch bei den Qualitätsmerkmalen *Erweiterbarkeit* und *Anpassbarkeit* in der Designersicht. Willmer hingegen fokussiert auf eine eindeutige und überschneidungsfreie Beschreibung der Merkmale. So definiert sie bspw. einschränkend, dass *Änderbarkeit* lediglich auf Änderungen aufgrund neuer oder veränderter Kundenanforderungen oder auf Veränderungen der organisatorischen Umwelt zurückgeführt werden kann (Vgl. [Will84], S. 34). Die Autorin schließt explizit die Ursachen Hardware- oder Systemsoftwarewechsel, fehlerhaftes Produktverhalten und eine Verbindung einer Software mit einer anderen Software aus, um eine Abgrenzung zu *Portabilität*, *Reparierbarkeit* und *Kopplungsfähigkeit* zu gewährleisten. Auch in der ISO 9126 lassen sich keine Überschneidungen ermitteln. Die Qualitätsmerkmale sind abstrakt definiert, sodass eine Identifikation von konkreten Überschneidungen unwahrscheinlich ist.

- Operationalisierbarkeit: Auf eine objektive oder subjektive Bestimmbarkeit der Merkmale des Modells der ISO 9126 kann aufgrund dessen sehr breiter Akzeptanz und Anwendung geschlussfolgert werden. Diese Operationalisierbarkeit ist vom Anwendungsfall abhängig. Das bedeutet, dass die Merkmale alle potenziell bestimmbar sind, diese Bestimmung jedoch bei einer speziellen Anwendung nicht immer garantiert werden kann. Da zur Anwendung der anderen betrachteten Modelle keine verwertbare Literatur vorliegt, kann über deren Operationalisierbarkeit nur spekuliert werden. Ein Vergleich der in den Modellen verwendeten Qualitätsmerkmale legt nahe, dass auch Dißmanns und Willmers Qualitätsmerkmale eine hohe Operationalisierbarkeit besitzen.
- Vollständigkeit und Relevanz: Ähnlich wie bei der vorhergehenden Analyse lassen sich zur Vollständigkeit der entscheidungsrelevanten Qualitätsmerkmale in den Modellen keine exakten Angaben machen. Die ISO 9126 wird sehr häufig genutzt und gilt ihrem Zweck entsprechend vielfach als ein Referenzqualitätsmodell (Vgl. [Balz98], S. 258 ff., [Dumk03], S. 28; [Schm01], S. 115 f.). Eine allgemeingültige, breite Abdeckung der Qualitätsmerkmale kann dem Modell, wenn auch auf einem hohen Abstraktionsniveau, daher unterstellt werden. Auf die Anwendung der Modelle von Dißmann und Willmer und damit auf Rückschlüsse zu deren Vollständigkeit sind keine Hinweise in der Literatur gefunden worden. Eine Vollständigkeit dieser Modelle kann nur aufgrund der umfangreichen Recherchen und detaillierten Arbeit, vor allem bei Willmer, angenommen werden. Willmer selbst formuliert die Forderung nach Vollständigkeit an ihr Modell, indem es alle für die industrielle Praxis relevanten Qualitätsmerkmale berücksichtigt (Vgl. [Will84], S. 8).
- Richtigkeit und Konsistenz: Wie bei den untersuchten Gesamtmodellen sind alle Modelle syntaktisch richtig, also konsistent gegenüber ihrem Metamodell, und unterliegen keinen weiteren Bedingungen. Gleiches ist für die semantische Richtigkeit zu vermuten. Diese Einschätzung orientiert sich an sachlogischen Gegebenheiten.
- Erreichbarkeit: Bei der Formulierung der Qualitätsmerkmale in den drei analysierten Modellen wurden stets realistische Merkmalsbezeichnungen verwendet und somit keine unerreichbaren Zielvorstellungen unterstellt.
- Sichten: Bei den Modellen handelt es sich um normative Qualitätssichten. Das bedeutet, dass in jedem der Modelle Sichten auf die Qualität unterschieden werden. So differenziert Willmer Entwicklung und Wartung und Anwendung,

was vergleichbar mit Entwickler, Betreiber und Kunden ist. Dißmann identifiziert in seinem Modell Benutzer, Betreiber, Designer und Programmierer. In der ISO 9126 werden, wie in Kapitel 3.2 beschrieben, interne und externe Qualität und Nutzungsqualität abgegrenzt, die mit Entwickler, generellem Nutzer und konkretem Nutzer verglichen werden können. Insgesamt sind die verwendeten Sichten nahezu deckungsgleich mit den in Tab. 3.2 aufgeführten. Lediglich der Fokus der Betrachtungen und ihre Detaillierung unterscheiden sich.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Analyse der normativen Qualitätssichten dargelegt:

- Eine Unterteilung der Qualitätsbetrachtung in Sichten steigert die Übersichtlichkeit des Modells. Die Verwendung von Bäumen, der Verzicht auf Netze und die damit einhergehende Reduktion von Verbindungen hat den gleichen Effekt.
- Die Eindeutigkeit und Detaillierung der Definition der Qualitätsmerkmale hängt eng mit der Breite des Anwendungsbereiches des Modells zusammen. Ein Modell, das den Anspruch auf weitgehende Allgemeingültigkeit erhebt, ist daher auch allgemein und kurz definiert.
- Je detaillierter die Beschreibungen der Merkmale sind, umso verständlicher und eindeutiger ist das Modell.
- Die Anwendbarkeit von Qualitätsmodellen steigert sich mit zunehmender Überschneidungsfreiheit der Merkmale untereinander.

4.5 Qualitätsmerkmale von Software

Nachdem die Analysen der untersuchten Modelle im vorhergehenden Kapitel behandelt wurden, enthält dieses Kapitel eine Auflistung von Qualitätsmerkmalen für Software. Die Recherche der Merkmale und ihrer vielfältigen Definitionen ist die Grundlage zur Entwicklung eigener Modelle. Auch wenn Gorton ausführt, dass es viele Qualitätsmerkmale gibt und eine detaillierte Erklärung aller allein ein bis zwei Bücher füllen könnte, ist das Ziel dieses Kapitels, möglichst alle potenziellen Softwarequalitätsmerkmale für die Nutzung in eigenen Modellen zu identifizieren (Vgl. [Gort06], S. 24).

Auf eine umfassende Beschreibung der Merkmale wird aufgrund deren Umfangs verzichtet. Sie ist aber im Zuge der Analysen zusammengetragen worden. Die Merkmale des zu entwickelnden Qualitätsmodells werden später detaillierter ausgeführt. Bei der Ausarbeitung ergaben sich Probleme durch uneinheitliche Definitionen von Qualitätsmerkmalen und durch Übersetzungen aus dem Englischen ins Deutsche. Ein Beispiel für unterschiedliche Definitionen ist das Merkmal *Verständlichkeit*. Die DGQ versteht darunter die Eignung von Dokumenten zur erfolgreichen Vermittlung der darin enthaltenen Informationen an einen sachkundigen Leser (Vgl. [DGQ86], S. 66). Bei Schmitz, Bons und van Megen bezeichnet die *Verständlichkeit* Merkmale, die ausdrücken, inwieweit Inhalt, Zweck und Ziel einer Software einem verständigen Aufgabenträger deutlich werden (Vgl. [Schm83], S. 24). Willmer definiert anderslautend *Verständlichkeit* als Merkmal, das es einem Menschen erleichtert, eine Software inhaltlich zu erfassen und aufzunehmen (Vgl. [Will84], S. 32 f.). Die Nutzung von englischsprachiger Literatur erfordert eine Übersetzung der Qualitätsmerkmale und ihrer Definitionen ins Deutsche. Problematisch ist dabei z. B. der Begriff *As-is Utility* aus dem Modell von Boehm. Wörtlich kann er mit Gebrauchsnutzen übersetzt werden. Bei Dißmann ist er mit Gebrauchsfähigkeit und bei Petrasch mit Gebrauchsgüte übersetzt (Vgl. [Dißm86], S. 16; [Petr01a], S. 33).

Zur Gewinnung einer Übersicht über alle potenziellen Qualitätsmerkmale von Software sind neben der in Kapitel 4.4 bereits aufgeführten Literatur folgende deutsch- und englischsprachige Quellen genutzt worden (Vgl. [Arth85], S. 36 ff.; [Balz98], S. 258 ff.; [Balz08], S. 462 ff.; [Deut88], S. 14, 46 ff.; [Fent95], S. 12 f.; [Gali04], S. 35 ff.; [Gort06], S. 23 ff.; [Hein05], S. 145 f.; [Hoff08], S. 7 ff.; [Kimm79], S. 33 ff.; [Lude07], S. 66; [Marc02], S. 1083 ff.; [Petr01a], S. 33; [Plös04], S. 7 f.; [Raut93], S. 122 ff.; [Ried97], S. 50 ff.; [Schn07], S. 30 ff.; [Schu82], S. 12; [Seff06], S. 161 ff.; [Somm07], S. 39, 700; [Snee86], S. 32 ff.; [Wieg05], S. 203).

Alle identifizierten Qualitätsmerkmale sind in Tab. 4.2 gezeigt. In dieser Liste sind die Merkmale alphabetisch geordnet und weder inhaltlich strukturiert noch zusammengefasst. Des Weiteren sind synonyme Begriffe nicht gestrichen oder systematisiert. Diese Liste bietet demnach lediglich einen Überblick über alle beim Studium der Literatur identifizierten Merkmale. Erst aufbereitete Informationen bieten eine Grundlage um unter Beachtung der speziellen Merkmale von Web Services geeignete Qualitätsmodelle zu erstellen.

Tab. 4.2: Potenzielle Qualitätsmerkmale für Software

Nr.	Merkmale	Nr.	Merkmale
1	Abgabetermin	42	Effektivität
2	Abgeschlossenheit	43	Effizienz
3	Adaptivität	44	Effizienzcompliance
4	Aktualität	45	Eigenschaftenmenge
5	Allgemeingültigkeit	46	Eindeutigkeit
6	Allgemeinheit	47	Einfachheit
7	Analysierbarkeit	48	Einfachheit der Nutzung
8	Änderbarkeit	49	Einheitlichkeit
9	Änderbarkeitscompliance	50	Einsatz
10	Anfrageauslastung	51	Elastizität
11	Angemessenheit	52	Entwicklungsfähigkeit
12	Anpassbarkeit	53	Erfüllungsrate
13	Anpassungsfähigkeit	54	Erlernbarkeit
14	Antwortzeit	55	Erweiterbarkeit
15	Anwendungsnutzen	56	Fehlerfreiheit
16	Ästhetik	57	Fehlertoleranz
17	Attraktivität	58	Fehlerverhalten
18	Ausbaufähigkeit	59	Flexibilität
19	Ausfallsicherheit	60	Fortbildung
20	Ausführungsbedarf	61	Funktionale Korrektheit
21	Ausführungseffizienz	62	Funktionalität
22	Ausführungsfähigkeit	63	Funktionalitätscompliance
23	Ausnahmenmanagement	64	Funktionsabdeckung
24	Ausstattung	65	Funktionserfüllung
25	Austauschbarkeit	66	Funktionssicherheit
26	Bedienbarkeit	67	Funktionssicherung
27	Bedienerbezogene Robustheit	68	Funktionszuverlässigkeit
28	Befriedigung	69	Genauigkeit
29	Benutzbarkeit	70	Geschwindigkeit
30	Benutzbarkeitscompliance	71	Gleichzeitige Verbindungen
31	Benutzerakzeptanz	72	Handhabbarkeit
32	Benutzerfreundlichkeit	73	Hardware-Abhängigkeit
33	Brauchbarkeit	74	Hardwareintegrierbarkeit
34	Daten-Allgemeingültigkeit	75	Hardware-Übertragbarkeit
35	Datengröße	76	Hardware-Unabhängigkeit
36	Datensicherung	77	Identifizierbarkeit
37	Deutlichkeit	78	Implementierbarkeit
38	Dokumentationsqualität	79	Installierbarkeit
39	Dokumentiertheit	80	Instandsetzbarkeit
40	Durchsatz	81	Integrität
41	Durchschaubarkeit	82	Interoperabilität

83	Interpretierbarkeit	126	Selbsterklärbarkeit
84	Koexistenz	127	Sicherheit
85	Komfort	128	Skalierbarkeit
86	Kommunikations-Allgemeingültigkeit	129	Software-Abhängigkeit
87	Kommunikationsbeziehungen	130	Softwareintegrierbarkeit
88	Konfigurierbarkeit	131	Software-Übertragbarkeit
89	Konsistenz	132	Speichereffizienz
90	Kopplungsfähigkeit	133	Stabilität
91	Korrektheit	134	Störungserkennung
92	Kürze	135	Störungsmaskierung
93	Laufzeiteffizienz	136	Störungstoleranz
94	Leistungsvermögen	137	Störungsverhalten
95	Lesbarkeit	138	Strukturflexibilität
96	Lokalisierbarkeit	139	Strukturiertheit
97	Maschinenunabhängigkeit	140	Strukturierung
98	Mehrdeutigkeit	141	System Übersichtlichkeit
99	Menschliche Faktoren	142	Systemsoftware-Unabhängigkeit
100	Modifizierbarkeit	143	Tauglichkeit
101	Modularität	144	Testbarkeit
102	Nichtfunktionale Anforderungstreue	145	Testfreundlichkeit
103	Normengerechtheit	146	Transparenz
104	Normenkonformität	147	Überlebensfähigkeit
105	Nutzbarkeit	148	Überprüfbarkeit
106	Nutzungsqualität	149	Übertragbarkeit
107	Ordnungsstruktur	150	Übertragbarkeitscompliance
108	Ordnungstreue	151	Übertragungsfreundlichkeit
109	Performance	152	Umfangsbedarf
110	Plattformunabhängigkeit	153	Umgebungsabhängigkeit
111	Portabilität	154	Umgebungsneutralität
112	Prägnanz	155	Unabhängigkeit
113	Produktivität	156	Unbeständigkeit
114	Programmqualität	157	Universalität
115	Prüfbarkeit	158	Verbrauchsverhalten
116	Prüffähigkeit	159	Verfolgbarkeit
117	Redundanz	160	Verfügbarkeit
118	Reife	161	Verhalten
119	Reparierbarkeit	162	Verknüpfbarkeit
120	Reproduzierbarkeit	163	Verständlichkeit
121	Restartfähigkeit	164	Verteilbarkeit
122	Richtigkeit	165	Vollständigkeit
123	Robustheit	166	Vorhersagbarkeit
124	Rückverfolgbarkeit	167	Wartbarkeit
125	Selbstbeschreibbarkeit	168	Wartungsfreundlichkeit

169	Weiternutzbarkeit	178	Zufriedenheit
170	Werkzeugadäquatheit	179	Zugänglichkeit
171	Widerspruchsfreiheit	180	Zugreifbarkeit
172	Wiederherstellbarkeit	181	Zugriffskontrolle
173	Wiederverwendbarkeit	182	Zugriffsschutz
174	Wirkungsgrad	183	Zurechenbarkeit
175	Wirtschaftlichkeit	184	Zuverlässigkeit
176	Zeitbedarf	185	Zuverlässigkeitscompliance
177	Zeitverhalten		

5 Dienstleistungsqualität

Web Services sind eine spezielle Form der Software. Außerdem kann man sie aus Sicht der Kunden als eine Art Dienstleistung begreifen, die ihm zur Verfügung gestellt wird. Des Weiteren sind Dienstleistungen bspw. zum Verständnis von Serviceorientierten Architekturen notwendig, da der Ursprung deren Idee in den Dienstleistungen liegt (Vgl. [Masa07], S. 16). Um diese Zusammenhänge zu klären und zur Erschließung weiterer Grundlagen zur Qualität von Web Services wird in diesem Kapitel die Dienstleistungsqualität thematisiert.

5.1 Definition von Dienst, Service und Dienstleistung

Ein *Dienst* oder *Service* stellt im ursprünglichen Sinne eine Arbeitsleistung zur Befriedigung der Bedürfnisse anderer dar (Vgl. [Hein04], S. 196). Im heutigen Sinn wird ein Dienst als die Leistung eines Elements, die von dessen Nutzer zur Erreichung bestimmter Ziele in Anspruch genommen wird, verstanden. Gemeinsprachlich wird Dienst sowohl für die Handlung als auch für dessen Ergebnisse genutzt (Vgl. [Geig08], S. 90 f.). Der Begriff *Service* findet in vielen Bereichen der Informatik Anwendung. Beispiele dafür sind in der Systemtechnik, bei der Kommunikation und beim Datentransport zu finden.

Innerhalb dieses Beitrags wird ein *Dienst* als eine Einheit Funktionalität verwendet, die ein Element eines Systems für seine Umwelt verfügbar macht und die einen Wert für andere Elemente innerhalb dieser Umwelt darstellt (Vgl. [Lank04], S. 3). Dieser Definition folgend kann eine Funktion eines betrieblichen Anwendungssystems unter gegebenen Voraussetzungen als ein Dienst verstanden werden (Vgl. [Turo03a], S. 25). Diese Funktion unterstützt dann die Bewältigung einer bestimmten Menge von betrieblichen Aufgaben für einen Nutzer (Vgl. [Satt98], S. 10). Beispiele für diese Services sind *drucke Rechnungen* oder *berechne Materialbedarf*.

Weitere Ausführungen zur Abgrenzung des Servicebegriffs finden sich z. B. bei Masak, der vergleichbar zu Kapitel 3.1 die besonderen Merkmale von Services herausstellt (Vgl. [Masa07], S. 13 ff.; [Masa09], S. 12 ff.). Er unterscheidet Geschäfts-, Technik-, Consumer- und Providersicht auf einen Service. Aus der Geschäftssicht ist ein Service Teil einer Geschäftstransaktion. Die Techniksicht fokussiert seine abgeschlossene Funktionalität und die Beschreibung seiner Semantik durch ein Interface.

Dienstleistungen sind immaterielle Güter (Vgl. [Cors07], S. 19 ff.). Abgesehen von dieser auf Jean Baptiste Say zurückgehenden Festlegung lässt sich für den Begriff in der

Literatur keine durchgängig anerkannte Definition finden (Vgl. [Bäch96], S. 63; [Male08], S. 2, 10, 34). Generell ist eine Abgrenzung des Begriffs *Dienstleistung* problematisch und abhängig vom zugrundeliegenden Produkt- und Marktverständnis (Vgl. [Bruh06], S. 21; [Lass06b], S. 50). Für eine Abgrenzung ist die Art also der Kern der Marktleistung entscheidend (Vgl. [Bere66], S. 325). Die vorhandenen Definitionsvorschläge können in die folgenden drei Gruppen unterschieden werden:

- Enumerative Definition: Durch eine Aufzählung von Beispielen wird der Begriff veranschaulicht.
- Negativdefinition: Dienstleistung wird als Negativdefinition zu Sachgütern abgegrenzt.
- Explizite Definition: Der Begriff wird auf Basis konstitutiver Merkmale festgelegt.

Die expliziten Definitionen werden in potenzial-, prozess- und ergebnisorientierte Definitionen unterteilt. Ihr Ziel ist es den Kern des Dienstleistungsbegriffs auf Basis einzelner Merkmale herauszuarbeiten (Vgl. [Cors07], S. 21 f.). Diese Unterscheidung in Dimensionen der Dienstleistung geht auf Donabedian zurück, der sie zur Qualitätsbewertung einer bestimmten Dienstleistung heranzieht (Vgl. [Dona80], S. 79 ff.). Bei Lasshof findet sich eine ausführliche Auseinandersetzung mit den Dimensionen der Dienstleistungen (Vgl. [Lass06b], S. 48 ff.). In der Tab. 5.1 sind die drei Definitionsarten und ihre Merkmale nebeneinander gestellt (Vgl. [Hein04], S. 197).

Tab. 5.1: Arten der expliziten Dienstleistungsdefinition

Potenzialorientiert	Prozessorientiert	Ergebnisorientiert
Die Dienstleistung ist eine menschliche oder maschinelle Leistungsfähigkeit.	Dienstleistungen sind der Bedarfsdeckung Dritter dienende Prozesse mit materiellen oder immateriellen Wirkungen.	Eine Dienstleistung ist ein immaterielles Ergebnis einer dienstleistenden Tätigkeit.
Sie ist ein Leistungsversprechen, das Gegenstand eines Leistungsvertrages zwischen Anbieter und Nachfrager ist. Der Nachfrager kann nicht mit Sicherheit davon ausgehen, dass das Ergebnis eintritt.	Ihr Vollzug oder ihre Inanspruchnahme erfordern einen synchronen Kontakt zwischen Leistungsgeber und Leistungsnehmer. Es wird also die Simultanität von Produktion und Konsumtion betont.	Die Dienstleistung manifestiert sich auf einer Trägersubstanz. Die Ergebnisse werden somit durch an Elementen wie Personen bewirkte Veränderungen sichtbar.

Die folgende für den Beitrag gewählte Definition ist gemäß der vorgestellten Unterscheidung als ergebnisorientierte explizite Definition einzuordnen. Sie ist angelehnt an Geiger. Demnach ist eine *Dienstleistung* ein beabsichtigtes immaterielles Produkt, das durch Aktivitäten erbracht wird, von denen mindestens eine an der

Schnittstelle zwischen Lieferant und Kunde ausgeführt wird (Vgl. [Geig08], S. 91 f., 101). Eine Aktivität bezeichnet das Verändern des Zustands eines Elements. Sie ist kein immaterielles Produkt und somit auch keine Dienstleistung (Vgl. [Masi07], S. 922 f.). Bei der Erstellung einer Dienstleistung können auch unbeabsichtigte immaterielle Nebenprodukte entstehen. Die gültige ergebnisorientierte Definition ermöglicht die Betrachtung des Nutzens, den die Dienstleistung beim Konsumenten bewirkt (Vgl. [Cors07], S. 22 f.). Die hervorgerufenen Zustandsänderungen in Elementen können dabei die Erhaltung und Wiederherstellung von Merkmalen und deren Ausprägungen bei Gütern oder Personen oder ihre Schaffung oder Vernichtung sein.

Das immaterielle Produkt Dienstleistung kann kombiniert sein mit der Lieferung, der Anwendung oder der Veränderung von materiellen Produkten (Vgl. [Geig08], S. 92). Im Gegensatz zu Sachgütern unterbleibt bei der Dienstleistungsproduktion ein Einsatz von Rohstoffen, stattdessen kommen Hilfs- und Betriebsstoffe zum Einsatz (Vgl. [Male08], S. 5, 19). Die Dienstleistungsproduktion bedarf des Einsatzes externer Produktionsfaktoren, die vom Dienstleistungsabnehmer in den Produktionsprozess eingebracht werden müssen. Mit anderen Worten erfordert die Herstellung kundenseitige Aktivitäten (Vgl. [Masi07], S. 927). Ein Überblick über die Ausprägungsformen von Dienstleistungen findet sich bei Bruhn (Vgl. [Bruh06], S. 28).

Die Dienstleistung manifestiert sich auf einer Trägersubstanz (Vgl. [Cors07], S. 22). Im Allgemeinen ist das inhärente Merkmal Zeit bei Dienstleistungen von entscheidender Bedeutung. Ihre Produktion und Konsumtion finden simultan statt (Vgl. [Bere66], S. 320; [Bere74], S. 28 ff.; [Bruh06], S. 21). Dienstleistungen werden nicht für anonyme Marktteilnehmer produziert und eine Produktion auf Vorrat ist nicht möglich (Vgl. [Bäch96], S. 63; [Male08], S. 19). Bei einem Service kann es sich folglich um eine Dienstleistung handeln. Das muss es jedoch nicht zwangsläufig.

Vielfach wird in der Literatur auf die Einschränkung der Marktfähigkeit einer Dienstleistung, also auf eine Schnittstelle zu Lieferant oder Kunde, verzichtet um sogenannte *unternehmensinterne Dienstleistungen* nicht auszuschließen (Vgl. [Bäch96], S. 63; [Male08], S. 35 f.). Diese Verbindung zum Markt ist jedoch sinnvoll, um eine Abgrenzung zu anderen unternehmensinternen Leistungen zu erreichen. Maleri formuliert, dass ausgehend von der Festlegung von Dienstleistungen als für den Absatz produzierte immaterielle Güter, diese innerbetrieblichen Leistungen eben keine Dienstleistungen darstellen, sondern vielmehr deren logisches Gegenteil, nämlich Eigenleistungen (Vgl. [Male97], S. 22). Problematisch ist diese Abgrenzung bspw. bei Dienstleistungen wie IT-Services, die unternehmensintern verrechnet und auch extern verkauft werden. Es handelt sich dabei demnach um marktfähige Leistungen, deren

Kunden lediglich unternehmensintern sind. Wird dieser unternehmensinterne Kunde vergleichbar wie andere Kunden behandelt, so ist das Produkt eine Dienstleistung. Das entscheidende Dienstleistungsmerkmal für diesen Fall, nämlich die Produktion zum Zwecke des Absatzes, ist hier gegeben (Vgl. [Male08], S. 35).

5.2 Abgrenzung von Dienstleistung und Software

Nach Geiger und innerhalb der Normen zu den Qualitätsmanagementsystemen unterteilen sich die immateriellen Produkte in Software und Dienstleistungen (Vgl. [Geig08], S. 196). Dabei ist der Softwarebegriff weit gefasst. Er beinhaltet neben Computersoftware z. B. Risikodaten, Konstruktionsentwürfe, Gebrauchsanleitungen, Verfahren und Wörterbücher (Vgl. [Masi07], S. 920 ff.). Gültig für diesen Beitrag ist jedoch die Definition, die Software in Individual- und Standardsoftware unterscheidet. Für den Zusammenhang zwischen den immateriellen Gütern Dienstleistungen und Software ist diese Differenzierung essentiell. Bei Standardsoftware handelt es sich um das immaterielle geistige Produkt Software (Vgl. [Male97], S. 50 f.). Hingegen ist Individualsoftware im Allgemeinen ein Teil einer Dienstleistung (Vgl. [Zarn07], S. 11). Diese Aussage ist nicht sofort einleuchtend und bedarf daher weitergehender Erklärungen:

- Standardsoftware wird für einen Absatzmarkt mit anonymen Kunden produziert (Vgl. [Bäch96], S. 62). Das fertige Produkt bildet somit den Kern des Gutes. Eine Standardsoftware erfordert keine kundenseitigen Aktivitäten und keine konkreten Kundenaufträge. Lediglich ein anonymer Kreis von Kunden wird vorausgesetzt. Sie kann auf Vorrat produziert werden (Vgl. [Male97], S. 38 f.; [Male08], S. 19). Die Standardsoftware steht als fertiges Produkt in Konkurrenz zu anderen vergleichbaren Produkten. Beispiele für Standardsoftware sind Betriebssysteme oder Computerspiele.
- Anders stellt sich die Situation bei Individualsoftware dar. Sie ist lediglich ein Teil der für die spezifischen Bedürfnisse eines konkreten Auftraggebers entwickelten Problemlösung. Der Kern des Gutes ist demnach die Problemlösung inklusive Analyse und Verfahrensentwicklung für den Auftraggeber und das stellt eine klassische Dienstleistung dar. Sie manifestiert sich lediglich in einer Software auf einem Datenträger, ähnlich wie bei einer Röntgenaufnahme nach einer medizinischen Dienstleistung. Anderes als bei Standardsoftware sind zur Problemlösung kundenseitige Aktivitäten erforderlich und sobald die Produktion beginnt, steht das Produkt nicht mehr in Konkurrenz.

Für diese Abgrenzung zwischen Individual- und Standardsoftware existieren Grenzfälle. So ist ein Enterprise Resource Planning (ERP)-System Einführungsprojekt zwar mit einer Standardsoftware verbunden, jedoch werden zeitgleich umfangreiche Beratungs- und Customizingleistungen erbracht. Das fertige Produkt dient dem Käufer der Lösung bestimmter betrieblicher Aufgaben und durch die Anpassung ist das Produkt sehr kundenspezifisch. Die Kunden sind auch nicht anonym und eine Produktion auf Vorrat ist nicht möglich. Zur Einordnung derartiger Projekte ist die jeweilige Sicht entscheidend. Eine Unterscheidung müsste abhängig davon getroffen werden, ob das eigentliche Softwareprodukt als auftragsorientierte Produktion im Vordergrund steht, zu dem nur ergänzende Dienstleistungen zugeordnet werden, oder ob die Bearbeitung konkreter Aufgaben den Kern des Produktes ausmacht.

An dem beschriebenen Beispiel wird deutlich, dass für eine Unterscheidung zwischen Software und Dienstleistung vor allem die Sicht auf das immaterielle Produkt entscheidend ist. Werden lediglich das Programm und dessen zugeordnete Softwarebestandteile betrachtet, so ist in jedem Fall vom immateriellen Gut Software die Rede. Wird auf das gesamte Produkt fokussiert, so kann unter den beschriebenen Voraussetzungen von Dienstleistungen gesprochen werden. Berekoven beschreibt vergleichbare Situationen und erläutert, dass auftragsindividuelle Anbieterleistungen Dienstleistungen sein können, aber nicht jede auftragindividuelle Leistung diese Bezeichnung rechtfertigt (Vgl. [Bere74], S. 29).

5.3 Qualität von Dienstleistungen

Bezogen auf die Qualität und das Qualitätsmanagement sind Dienstleistungen wie jedes andere Produkt zu betrachten (Vgl. [Geig08], S. 121 f.). Dienstleistungen und ihre Erbringung besitzen keine Ausnahmestellung in der systematischen Qualitätsbetrachtung. Folglich gilt auch für das Element Dienstleistung die Qualitätsdefinition aus Kapitel 1.2. Demnach ist Dienstleistungsqualität das Maß, inwieweit die Merkmale einer Dienstleistung an sie gestellte Anforderungen erfüllen. Auch die in Kapitel 1.1 vorgestellten Betrachtungsweisen der Qualität von Garvin gelten bei Dienstleistungen. Vor allem die produkt- und nutzerbezogenen Ansätze sind bedeutend (Vgl. [Bruh06], S. 34). Wie bei den anderen betrachteten Elementen bilden

sich Personen verschiedener Anspruchsgruppen ein Qualitätsurteil über das Produkt, das sich an ihren jeweiligen Bedürfnissen, Anforderungen und dem Produktnutzen orientiert. Relevant sind neben den Kunden als Nutzer vor allem das produzierende Unternehmen, dessen Mitarbeiter und die Wettbewerber im Markt (Vgl. [Bruh06], S. 36).

Wie in Kapitel 1.2 geschildert, ist die Qualität eines Elements subjektiv und besteht aus der Bewertung determinierbarer und nicht-determinierbarer Merkmale. Bruhn identifiziert mit gelieferter und wahrgenommener Dienstleistung und Erwartungen an die Dienstleistung zentrale Einflussfaktoren der Dienstleistungsqualität (Vgl. [Bruh06], S. 39). Auch die Dienstleistungsqualität ist also subjektiv.

Die Qualität von Dienstleistungen ergibt sich aus der Bewertung der Ausprägungen einzelner Qualitätsmerkmale. Eine hierarchische Gliederung der Merkmale ist aufgrund deren Umfangs zielführend und vereinfacht ihre Abbildung in Qualitätsmodellen. In der Literatur sind verschiedene Möglichkeiten zur Strukturierung der Qualitätsmerkmale beschrieben (Vgl. [Bruh06], S. 49 ff.; [Cors07], S. 276 ff.; [Ziem06], S. 23 ff.):

- So unterscheidet Grönroos in technische und funktionale Qualität und trennt damit das Was vom Wie der Dienstleistung. Art und Umfang stehen nach seinem Verständnis im Mittelpunkt der Betrachtungen.
- Die Erwartungshaltungen der Kunden sind für Berry von Bedeutung, weshalb in Routine- und Ausnahmequalität unterschieden wird.
- Such-, Erfahrungs- und Glaubenselemente der Qualität können nach Zeithaml differenziert werden, wenn nach der Nähe des Kunden zum Dienstleistungsprodukt bei dessen Beurteilung gruppiert wird.
- Bruhn beschreibt die grundlegenden Dimensionen der Dienstleistungsqualität als sachlich, persönlich und zwischenmenschlich (Vgl. [Bruh06], S. 51 ff.).
- Eine weitere Strukturierungsmöglichkeit stellen die SERVQUAL-Dimensionen Annehmlichkeit des tangiblen Umfelds, Zuverlässigkeit, Reaktionsfähigkeit, Leistungskompetenz und Einfühlungsvermögen dar.
- Erinnert sei hier auch an das in Kapitel 1.2 aufgeführte Kano-Modell, das die Anforderungen an ein Produkt grob in Basisanforderungen, Leistungsanforderungen und Begeisterungsanforderungen gliedert (Vgl. [Kano84], S. 39 ff.). Auch in diese Struktur ließen sich die Qualitätsmerkmale einordnen.

Vergleicht man die verschiedenen Strukturierungsansätze, so wird deutlich, dass die Merkmale aus jeweils einer anderen Sicht auf die Qualität eingeteilt werden. Außerdem kommen verschiedene Abstraktionsebenen zur Anwendung.

Die folgende Gliederung entspricht der bisher verwendeten Abstraktionsebene und dem in den Kapiteln 2.2 und 3.2 gezeigten Zusammenhang. Die Einordnung der Qualitätsmerkmale erfolgt in die drei von Donabedians Phasenmodell bekannten Dienstleistungsdimensionen. Sie stehen im Modell in einer funktionalen Beziehung (Vgl. [Ziem06], S. 24). Aufgrund ihrer geringen Spezifität ist diese folgende Struktur auf jede Dienstleistung anwendbar:

- Die zur Erbringung der Dienstleistung notwendigen Leistungsvoraussetzungen werden durch die Merkmale der Potenzialqualität bewertet.
- Die Qualität der Aktivitäten während der Leistungserstellung wird durch die Prozessqualität abgebildet.
- Die Ergebnisqualität beschreibt die wahrgenommene Übereinstimmung von erwarteter Leistung und Dienstleistungsergebnis.

Das Modell verdeutlicht, dass die Dienstleistungsqualität in drei Bereiche unterteilt wird. Aufgrund der simultanen Produktion und Konsumtion bei Dienstleistungen repräsentieren Prozess- und Ergebnisqualität verschiedene Sichten auf die Leistungserstellung. Dabei stellen Prozessqualität und Potenzialqualität die Sicht des Anbieters und Ergebnisqualität die Kundensicht dar.

5.4 Qualitätsmanagement von Dienstleistungen

Auch das Qualitätsmanagement und die Qualitätsmanagementsysteme von Dienstleistungen unterscheiden sich nicht grundsätzlich im Vergleich zu anderen Produkten. Es kommen vergleichbare Vorstellungen, Grundsätze und Bereiche zur Anwendung, wie die, welche in den Kapiteln 2.1, 2.2, 2.3 und 2.5 aufgeführt sind (Vgl. [Bruh06], S. 67 ff.). Eventuelle weitergehende Spezialisierungen für Dienstleistungen sind in die einheitlich aufgefassten Grundlagen des Qualitätsmanagements eingebettet (Vgl. [Geig08], S. 26). Die Hauptaufgabe des Qualitätsmanagements für Dienstleistungen ist das Angebot von Kundenanforderungen entsprechenden Unternehmensleistungen (Vgl. [Male08], S. 240 ff.). Seine Maßnahmen sind so zu gestalten, dass sie von Mitarbeitern und Kunden konsistent und widerspruchsfrei wahrgenommen werden.

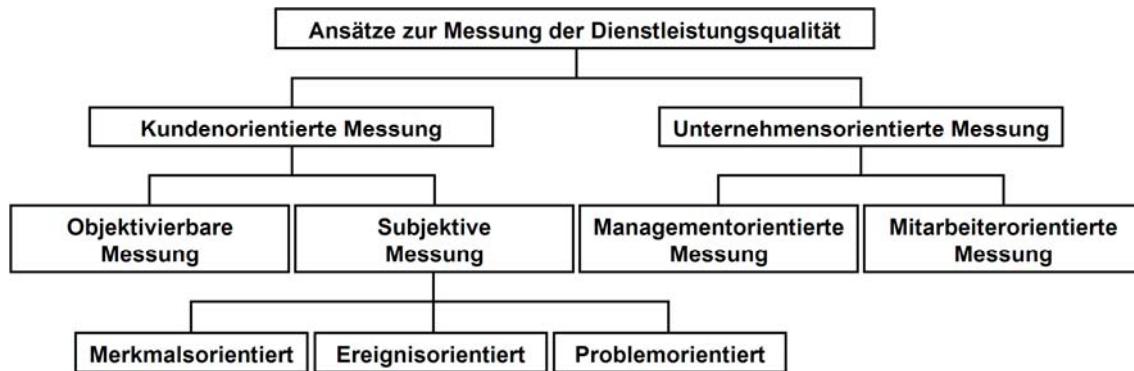
Bruhn definiert zehn Prinzipien des Qualitätsmanagements für Dienstleistungen (Vgl. [Bruh06], S. 193 ff.). Ihre Erfüllung dient dessen systematischer Entwicklung und erfolgreicher Umsetzung:

- Kundenorientierung,
- Konsequenz,
- Konkurrenzabgrenzung,
- Konsistenz,
- Kongruenz,
- Koordination,
- Kommunikation,
- Komplettheit,
- Kontinuität und
- Kosten-Nutzen-Orientierung.

Auch bei Dienstleistungen stellen die durch eine Bestimmung der Qualität erzielten Ergebnisse den Ausgangspunkt von Maßnahmen zur Sicherstellung der Qualität dar, deren organisatorischer Hintergrund ein Qualitätsmanagementsystem verkörpert (Vgl. [Bruh06], S. 38). Diese Bestimmung der Qualität einer Dienstleistung gestaltet sich schwieriger als bei anderen Produkten (Vgl. [Male08], S. 247 f.). Es fehlen aufgrund der Integration externer Produktionsfaktoren, fallweisen exogenen Einflüssen und der Immaterialität meist objektive Kriterien für die Outputqualität. Außerdem können Fertigungsendkontrollen, wie bei Sachgütern üblich, schwer angewendet werden. Auch der Einsatz von entsprechenden Produktionsfaktoren und –verfahren zur Sicherung der Qualität vor Absatz des Produktes kann nicht in dem Maße wie bei Sachgütern gewährleistet werden. Zudem kann die Qualität nicht vor, sondern wenn überhaupt nur während oder nach deren Erstellung beurteilt werden (Vgl. [Cors07], S. 276 ff.).

In der Literatur lassen sich verschiedene Ansätze zur Bestimmung der Qualität einer Dienstleistung identifizieren. Mit keinem existierenden Messfahren kann die Qualität jedoch ganzheitlich erfasst werden (Vgl. [Male08], S. 254). Zumeist wird ein Kriterienkatalog aufgestellt und über ihn die Wahrnehmung der Qualität jedes Subjektes ermittelt. Überwiegend subjektive Methoden, der in Abb. 5.1 strukturierten

Messansätze, kommen bei der praktischen Erfassung zum Einsatz. Eine Beschreibung verschiedener Verfahren findet sich u. a. bei Bruhn und Corsten und Gössinger (Vgl. [Bruh06], S. 84 ff.; [Cors07], S. 281 ff.).



Vgl. [Bruh06], S. 84.

Abb. 5.1: Strukturierung der Ansätze zur Messung der Dienstleistungsqualität

Die subjektiven Verfahren fokussieren die Wahrnehmung der Leistung aus Sicht einzelner Kunden (Vgl. [Bruh06], S. 89 ff.). Mit merkmalsorientierten Ansätzen können Qualitätsurteile und deren Wichtigkeit quantifiziert werden. Dafür ist es notwendig, dass die für Kunden relevanten Qualitätsmerkmale bekannt sind. Deren Identifikation ist über ereignisorientierte Ansätze möglich, die ein möglichst vollständiges Bild über die Qualitätswahrnehmung der Kunden liefern. Über problemorientierte Ansätze werden kritische Negativereignisse analysiert. Dabei dienen Verfahren der Quantifizierung bestehender Probleme und ihrer Relevanz und der Identifikation von neuen Problemen.

6 Zusammenfassung zur Qualität

Innerhalb des Beitrags werden die Themen Qualität und Qualitätsmanagement intensiv beleuchtet. Dazu werden beide Begriffe zunächst diskutiert und definiert. Daran schließen sich Ausführungen zu den Grundsätzen und Techniken des Qualitätsmanagements an.

Nach diesen allgemeinen Darlegungen fokussieren die folgenden Abschnitte auf konkrete Produkte. Zuerst stehen die Softwarequalität und ihre praktische Umsetzung in Qualitätsmodellen im Fokus. Im Zuge dieser Auseinandersetzung werden Qualitätsmodelle anhand eines entwickelten Kriterienkatalogs analysiert und die Sichten von Anspruchsgruppen identifiziert. Außerdem werden potenzielle Qualitätsmerkmale von Software bestimmt und abgegrenzt. Abschließend wird das Qualitätsmanagement von Dienstleistungen thematisiert. Dabei sind dessen Besonderheiten im Vergleich zu anderen Produkten von besonderem Interesse.

Durch die Auseinandersetzung mit den Betrachtungsgegenständen werden die Grundlagen für weitere Ausführungen in der Dissertation gelegt. So sind die angestrebte Entwicklung von Verfahren und Qualitätsmodell und deren anschließender Vergleich mit dem Stand der Wissenschaft möglich.

Literaturverzeichnis

- [Arth85]: Arthur, L. J. (1985): Measuring programmer productivity and software quality. New York et al.
- [Bäch96]: Bächle, M. (1996): Qualitätsmanagement der Softwareentwicklung: Das QEG-Verfahren als Instrument des Total Quality Managements. Wiesbaden.
- [Balz98]: Balzert, H. (1998): Lehrbuch der Software-Technik. Software-Management, Software-Qualitätssicherung, Unternehmensmodellierung. Heidelberg – Berlin.
- [Balz08]: Balzert, H. (2008): Lehrbuch der Softwaretechnik: Softwaremanagement. 2. Aufl., Heidelberg.
- [Beck95]: Becker, J.; Rosemann, M.; Schütte, R. (1995): Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung. WIRTSCHAFTSINFORMATIK, 37. Jg., Heft 5, S. 435-445.
- [Bere66]: Berekoven, L. (1966): Der Begriff „Dienstleistung“ und seine Bedeutung für eine Analyse der Dienstleistungsbetriebe. In [Berg66], S. 314-326.
- [Bere74]: Berekoven, L. (1974): Der Dienstleistungsbetrieb: Wesen – Struktur – Bedeutung. Wiesbaden.
- [Boeh73]: Boehm, B. W. (1973): Characteristics of Software Quality. Redondo Beach.
- [Boeh76]: Boehm, B. W.; Brown, J. R.; Lipow, M. (1976): Quantitative Evaluation of Software Quality. In [Yeh76], S. 592-605.
- [Boeh77]: Boehm, B. W.; Lipow, M.; White, B. B. (1977): Software Quality Assurance: An Acquisition Guidebook. Redondo Beach.
- [Bruh06]: Bruhn, M. (2006): Qualitätsmanagement für Dienstleistungen: Grundlagen, Konzepte, Methoden. 6. Aufl., Berlin – Heidelberg.
- [Burg06]: Burghardt, M. (2006): Projektmanagement: Leitfaden für die Planung, Überwachung und Steuerung von Entwicklungsprojekten. 7. Aufl., Berlin – München.

- [Conw68]: Conway, M. E. (1968): How Do Committees Invent? Datamation magazine, 1968, April.
- [Cors07]: Corsten, H.; Gössinger, R. (2007): Dienstleistungsmanagement. 5. Aufl., München – Wien.
- [Cros72]: Crosby, P. B. (1972): Qualität kostet weniger: Handbuch der Fehlerverhütung für Führungskräfte. 2. Aufl., Hof – Lembach.
- [Cros90]: Crosby, P. B. (1990): Qualität ist machbar. 2. Aufl., Hamburg.
- [Cros94]: Crosby, P. B. (1994): Qualität 2000: kundennah, teamorientiert, umfassend. München – Wien.
- [Deut88]: Deutsch, M. S.; Willis, R. R. (1988): Software Quality Engineering: A Total Technical and Management Approach. Englewood Cliffs.
- [DGQ86]: Arbeitsgruppe 143 der Deutsche Gesellschaft für Qualität e. V.; Nachrichtentechnische Gesellschaft (1986): Software-Qualitätssicherung: Aufgaben, Möglichkeiten, Lösungen. Berlin – Offenbach.
- [Dißm86]: Dißmann S.; Zurwehn, V. (1986): Vorschlag für ein sichtenorientiertes Qualitätsmodell. Internes Memorandum des Lehrstuhls „Software-Technologie“, Universität Dortmund.
- [Dona80]: Donabedian, A. (1980): The definition of quality and approaches to its assessment. Ann Arbor.
- [Dumk03]: Dumke, R. (2003): Software Engineering: Eine Einführung für Informatiker und Ingenieure: Systeme, Erfahrungen, Methoden, Tools. 4. Aufl., Wiesbaden.
- [Eber05]: Ebert, C.; Dumke, R.; Bundschuh, M.; Schmietendorf, A. (2005): Best Practices in Software Measurement: How to use metrics to improve project and process performance. Berlin – Heidelberg.
- [Evan87]: Evans, M. W.; Marciniak, J. (1987): Software Quality Assurance And Management. New York et al.
- [Feig91]: Feigenbaum, A. V. (1991): Total Quality Control. 3. Aufl., New York et al.

- [Fent95]: Fenton, N.; Whitty, R.; Iizuka, Y. (1995): Software Quality Assurance and Measurement: A Worldwide Perspective. London et al.
- [Fers06]: Ferstl, O. K.; Sinz, E. J. (2006): Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. 5. Aufl., München – Wien.
- [Fieb08]: Fieber, F.; Huhn, M.; Rumpe, B. (2008): Modellqualität als Indikator für Softwarequalität: eine Taxonomie. Informatik-Spektrum, 31. Jg., Heft 5, S. 408-424.
- [Gabl00]: Gabler Wirtschaftslexikon Redaktion (2000): Gabler Wirtschafts Lexikon: Die ganze Welt der Wirtschaft: Betriebswirtschaft – Volkswirtschaft – Recht – Steuern. 15. Aufl., Wiesbaden.
- [Gali04]: Galin, D. (2004): Software Quality Assurance: From theory to implementation. Harlow.
- [Garv88]: Garvin, D. A. (1988): Managing Quality: The Strategic and Competitive Edge. New York et al.
- [Geig08]: Geiger, W.; Kotte, W. (2008): Handbuch Qualität: Grundlagen und Elemente des Qualitätsmanagements: Systeme – Perspektiven. 5. Aufl., Wiesbaden.
- [Gort06]: Gorton, I. (2006): Essential Software Architecture. Berlin – Heidelberg – New York.
- [Grad87]: Grady, R. B.; Caswell, D. L. (1987): Software Metrics: Establishing a company-wide program. Englewood Cliffs.
- [Hein04]: Heinrich, L. J.; Heinzl, A.; Roithmayr, F. (2004): Wirtschaftsinformatik-Lexikon. 7. Aufl., München – Wien.
- [Hein05]: Heinrich, L. J.; Lehner, F. (2005): Informationsmanagement: Planung, Überwachung und Steuerung der Informationsinfrastruktur. 8. Aufl., München – Wien.
- [Hess84]: Hesse, W.; Keutgen, H.; Luft, A. L.; Rombach H. D. (1984): Ein Begriffssystem für die Softwaretechnik. Informatik-Spektrum, 7. Jg., S. 200-213.
- [Hoff08]: Hoffmann, D. W. (2008): Software-Qualität. Berlin – Heidelberg.

- [Hyat96]: Hyatt, L.; Rosenberg, L. (1996): A software quality model and metrics for identifying project risks and assessing software quality.
http://satc.gsfc.nasa.gov/support/STC_APR96/quality/stc_qual.html. 08. Juli 2008.
- [ISO9000]: International Standard (2005): DIN EN ISO 9000: Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe (ISO 9000:2005). Berlin.
- [ISO9126]: International Standard (2001): ISO/IEC 9126-1: Software Engineering – Product quality – Part 1: Quality model. Genf.
- [Jura00]: Juran, J. M. (2000): Juran's Quality Handbook. 5. Aufl., Singapore.
- [Kami98]: Kamiske, G. F.; Büchner, U.; Butterbrodt, D.; Ehrhardt, K. J.; Füermann, T.; Hummel, T.; Kirstein, H.; Radtke, P.; Wilmes, D.; Wolter, O. (1998): Der Weg zur Spitze: Mit Total Quality Management zu Business Excellence – der Leitfaden zur Umsetzung. München – Wien.
- [Kami02]: Kamiske, G. F.; Brauer, J. P. (2002): ABC des Qualitätsmanagements. 2. Aufl., München – Wien.
- [Kano84]: Kano, N. (1984): Attractive Quality and Must-be Quality. Journal of the Japanese Society for Quality Control, 14. Jg., Heft 2, S. 39-48.
- [Kawl69]: Kawlath, A. (1969): Theoretische Grundlagen der Qualitätspolitik. Wiesbaden.
- [Kimm79]: Kimm, R.; Koch, W.; Simonsmeier, W.; Tontsch, F. (1979): Einführung in Software Engineering. Berlin – New York.
- [Lank04]: Lankhorst, M. (2004): ArchiMate Language Primer: Introduction to the ArchiMate Modelling Language for Enterprise Architecture.
<http://www.telin.nl/index.cfm?type=doc&handle=43839&language=en>. 26. Juli 2007
- [Lass06a]: Lassmann, W.; Schwarzer, J.; Rogge, R. (2006): Wirtschaftsinformatik: Nachschlagewerk für Studium und Praxis. Wiesbaden.
- [Lass06b]: Lasshof, B. (2006): Produktivität von Dienstleistungen: Mitwirkung und Einfluss des Kunden. Wiesbaden.

- [Lehn99]: Lehner, F. (1999): Theoriebildung in der Wirtschaftsinformatik. In: [Beck99], S. 6-24.
- [Lehn07]: Lehner, F.; Wildner, S.; Scholz, M. (2007): Wirtschaftsinformatik: Eine Einführung. München – Wien.
- [Ligg09]: Liggesmeyer, P. (2009): Software-Qualität: Testen, Analysieren und Verifizieren von Software. 2. Aufl., Heidelberg.
- [Lude07]: Ludewig, J.; Lichter, H. (2007): Software Engineering: Grundlagen, Menschen, Prozesse, Techniken. Heidelberg.
- [Male97]: Maleri, R. (1997): Grundlagen der Dienstleistungsproduktion. 4. Aufl., Berlin – Heidelberg.
- [Male08]: Maleri, R.; Fritzsche, U. (2008): Grundlagen der Dienstleistungsproduktion. 5. Aufl., Berlin – Heidelberg.
- [Malo94]: Malorny, C.; Kassebohm, K. (1994): Brennpunkt TQM: Rechtliche Anforderungen, Führung und Organisation, Auditierung und Zertifizierung nach DIN ISO 9000 ff. Stuttgart.
- [Marc02]: Marciniak, J. J. et al. (2002): Encyclopedia of Software Engineering: Second Edition. 2. Aufl., New York.
- [Masa07]: Masak, D. (2007): SOA? Serviceorientierung in Business und Software. Berlin – Heidelberg.
- [Masa09]: Masak, D. (2009): Digitale Ökosysteme: Serviceorientierung bei dynamisch vernetzten Unternehmen. Berlin – Heidelberg.
- [Masi07]: Masing, W.; Pfeifer, T.; Schmitt, R. (2007): Masing: Handbuch Qualitätsmanagement. 5. Aufl., München.
- [McCa77]: McCall, J. A.; Richards, P. K.; Walters, G. F. (1977): Factors in Software Quality. Vol. I-III, Springfield. /Sunnyvale.
- [Mert01]: Mertens, P.; Back A.; Becker J.; König W.; Krallmann H.; Rieger B.; Scheer A.-W.; Seibt D.; Stahlknecht P.; Strunz H.; Thome R.; Wedekind H. (2001): Lexikon der Wirtschaftsinformatik. 4. Aufl., Berlin u. a.
- [Oska97]: Oskarsson, Ö.; Glass, R. (1997): ISO 9000 und Softwarequalität. München u. a.

- [Petr01a]: Petrasch, R. (2001): Einführung in das Software-Qualitätsmanagement. Berlin.
- [Petr01b]: Petrasch, R.; Riedemann, E. (Hrsg.) (2001): Schriften zum Qualitätsmanagement: Erfahrungs- und Forschungsberichte. Berlin.
- [Petr01c]: Petrasch, R. (2001): Software-Qualität: Transformation von Anforderungen zu Merkmalen. In: [Petr01b], S. 97-108.
- [Plös04]: Plösch, R. (2004): Contracts, Scenarios and Prototypes: An Integrated Approach to High Quality Software. Berlin – Heidelberg.
- [Raut93]: Rautenstrauch, C. (1993): Integration Engineering: Konzeption, Entwicklung und Einsatz integrierter Softwaresysteme. Bonn – Paris.
- [Reis06]: Reisig, W.; Freytag, J.-C. (Hrsg.) (2006): Informatik: Aktuelle Themen im historischen Kontext. Berlin – Heidelberg – New York.
- [Ried97]: Riedemann, E. H. (1997): Testmethoden für sequentielle und nebenläufige Software-Systeme. Stuttgart.
- [Ropo79]: Ropohl, G. (1979): Eine Systemtheorie der Technik: Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie. München – Wien.
- [Romb87]: Rombach, H. D.; Basili, V. R. (1987): Quantitative Software-Qualitätssicherung: Eine Methode zur Definition und Nutzung geeigneter Maße. Informatik-Spektrum, 10. Jg., Heft 3, S. 145-158.
- [Satt98]: Sattler, K. U. (1998): Tool-Komposition in integrierten Entwurfsumgebungen. Dissertation, Otto-von-Guericke-Universität. Magdeburg.
- [Schl06]: Schlingloff, B.-H. (2006): Softwarequalität – Geschichte und Trends. In: [Reis06], S. 329-345.
- [Schm83]: Schmitz, P.; Bons, H.; van Megen, R. (1983): Software-Qualitätssicherung – Testen im Software-Lebenszyklus. 2. Aufl., Braunschweig – Wiesbaden.
- [Schm01]: Schmietendorf, A.; Dumke, R. (2001): Spezifikation von Softwarekomponenten auf Qualitätsebene. In: [Turo01], S. 113-123.

- [Schn07]: Schneider, K. (2007): Abenteuer Software Qualität: Grundlagen und Verfahren für Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement. Heidelberg.
- [Schu82]: Schulz, A. (1982): Methoden des Softwareentwurfs und Strukturierte Programmierung. 2. Aufl., Berlin – New York.
- [Schw85]: Schweiggert, F. (1985): SOFTWARE-QUALITÄT: Eine Standortbestimmung. In: [Köls85], S. 9-30.
- [Seff06]: Seffah, A.; Donyaee, M.; Kline, R. B.; Padda, H. K. (2006): Usability measurement and metrics: A consolidated model. Software Quality Journal, 14. Jg., Heft 2, S. 159-178.
- [Seif89]: Seiffert, H.; Radnitzky, G. (1989): Handlexikon zur Wissenschaftstheorie. München – Ehrenwirth.
- [Snee86]: Sneed, H. (1986): Software-Entwicklungsmethodik. 5. Aufl., Köln.
- [Somm07]: Sommerville, I. (2007): Software Engineering. 8. Aufl., Boston et al.
- [Stah05]: Stahlknecht, P.; Hasenkamp, U. (2005): Einführung in die Wirtschaftsinformatik. 11. Aufl., Berlin u. a.
- [Tagu86]: Taguchi, G. (1986): Introduction to Quality Engineering. Tokyo.
- [Thal00]: Thaller, G. E. (2000): Software-Qualität: Der Weg zu Spitzenleistungen in der Software-Entwicklung. Berlin – Offenbach.
- [Thal02]: Thaller, G. E. (2002): Software- und Systementwicklung: Aufbau eines praktikablen QM-Systems nach ISO 9001:2000. Hannover.
- [Tian05b]: Tian, J. (2005): Software Quality Engineering: Testing, Quality Assurance, and Quantifiable Improvement. New Jersey.
- [Turo03a]: Turowski, K. (2003): Fachkomponenten. Komponentenbasierte betriebliche Anwendungssysteme. Aachen.
- [Wein94]: Weinberg, G. M. (1994): Systemdenken und Softwarequalität. München – Wien.
- [Wieg05]: Wiegers, K. E. (2005): Software Requirements. 2. Aufl., Redmond (Washington).

- [Will84]: Willmer, H. (1984): Systematische Software-Qualitätssicherung anhand von Qualitäts- und Produktmerkmalen. Dissertation, Universität Karlsruhe (Technische Hochschule).
- [Zarn07]: Zarnekow, R. (2007): Produktionsmanagement von IT-Dienstleistungen: Grundlagen, Aufgaben und Prozesse. Berlin – Heidelberg.
- [Ziem06]: Ziemeck, H. A. I. (2006): Kunden- und mitarbeiterorientierte Organisationsgestaltung industrieller Dienstleistungsunternehmen. Wiesbaden.