



Softwarearchitekturen und modellgetriebene Softwareentwicklung

–
Qualitätsmodelle

Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy
Gemeinsam mit Dr. Bernhard Schätz
Fakultät für Informatik, TU München
SS 2007



Gliederung

- Software-Qualität: Definition und Sichtweisen
- Qualitätsmodellierung
- Prozess vs Produktqualität
- Modelle für Prozessqualität: CMM, Spice
- Modelle für Produktqualität im Allgemeinen
 - McCall & Walters 1977, Boehm et al. 1978, ISO 1991
 - Dromey 1995
 - Basili et al. 2004
- Zuverlässigkeitsmodelle
- Modelle für Wartbarkeit
 - Metriken
 - QMM 2006

xy.2007 Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy



SW-Qualität – Definitionen

- **Qualität** (lat.: qualitas = Beschaffenheit)
- Qualität ist die Gesamtheit von Eigenschaften und von Merkmalen eines Produkts oder einer Leistung, die sich auf die Erfüllung vordefinierter Anforderungen beziehen (DIN 8402)
- Gesamtheit der Merkmale und Merkmalswerte eines SW-Produkts, die sich auf dessen Eignung beziehen, festgelegte oder vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen (ISO 9126)
- (1) The degree to which a system, component, or process meets specified requirements.
(2) The degree to which a system, component, or process meets customer or user needs or expectations.
(IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology)

xy.2007 Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy



Qualität – Sichtweisen (Garvin 1984)

- **Transzendenter Ansatz**
Qualität ist immanente Güte, sie ist erkennbar aber nicht definierbar
- **Produktorientierter Ansatz**
Qualitäts-Unterschiede zwischen Produkten spiegeln sich in der unterschiedlichen Ausprägung von Produkt-Attributen wieder
- **Benutzerorientierter Ansatz**
„Qualität liegt im Auge des Betrachters“
- **Herstellungorientierter Ansatz**
Qualität ist definiert durch die Erfüllung der Anforderungen bzw. durch Abweichungen von der Spezifikation
- **Wertorientierter Ansatz**
Qualität als Verhältnis zwischen Nutzen und Kosten

xy.2007 Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy

Qualitätsmodellierung

Qualitätsmodellierung dient der strukturierten und präzisen Beschreibung der an ein Produkt oder einen Prozess geforderter Qualitätseigenschaften.

Modell: „a hypothetical description of a complex entity or process“
wordnet.princeton.edu

xy.2007
Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy
5

Prozess- & Produkt-Qualität

- Seit einigen Jahren starker Fokus auf Prozessqualität
- Hoffnung: Hohe Prozessqualität ⇔ hohe Produktqualität
- Modelle für Prozessqualität
 - CMMI
 - Spice
 - Team Software Process (TSP)
 - Personal Software Process (PSP)

xy.2007
Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy
6

Capability Maturity Model (CMM)

„Verbesserung der Unternehmens-Reife“

Übersicht

- Entwickelt im Auftrag der US Air Force um die Reife der SW-Zulieferer zu bewerten
- Definition durch CMU/SEI
- CMM-Zertifizierung
- Key Process Areas (KPAs) zur Bewertung

5 Reifegradstufen

xy.2007
Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy
7

SPICE

Software Process Improvement and Capability Determination

Ziele

- ISO 15504 – Assessment
- Reifegradstufen wie CMM

Struktur

xy.2007
Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy
8

Zusammenhang

Hohe Prozessqualität ⇒ Hohe Produktqualität?

CMM Level	Min	Avg	Max
1	0,150	0,750	4,500
2	0,120	0,624	3,600
3	0,075	0,473	2,250
4	0,023	0,228	1,200
5	0,002	0,105	0,500

Defects per Function Point (C. Jones '03)

xy.2007 Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy 9

Modelle für Produkt-Qualität (Auswahl)

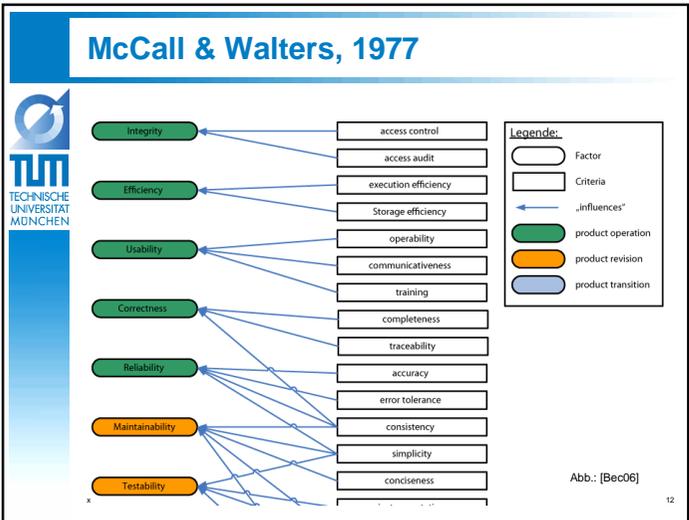
- Allgemein
 - McCall & Walters, 1977
 - Boehm et al., 1978
 - ISO 9126, 1991
 - Dromey, 1995
- Dependability
 - Basili et al., 2004
- Zuverlässigkeit
 - Goel & Okumoto, 1979
- Wartbarkeit
 - Oman & Hagemeister, 1992
 - Broy, Deißeböck, Pizka, 2006

xy.2007 Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy 10

McCall & Walters, 1977

- Entwickelt für die US Air Force
- 11 Qualitätsmerkmale (äußere Eigenschaften)
- 25 Qualitätskriterien (innere Eigenschaften)
- N:M-Abbildung zwischen Merkmalen und Eigenschaften
- Zuordnung von Merkmalen zu *Product Activities: Operation, Revision, Transition*
- Kriterien werden durch Metriken bewertet
- Metriken sind vorwiegend subjektive Einschätzungen mit Ja/Nein-Antworten
- Erster Factors-Criteria-Metrics-Ansatz (FCM)
- Zuordnung zwischen Merkmalen und Kriterien ist oft unklar
- J. McCall, G. Walters, *Factors in Software Quality*, 1977 [MW77]

xy.2007 Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy 11



Boehm et al., 1978

- Hierarchisches Modell ähnlich wie McCall & Walters
- Trennung von
 - As-Is-Utility: Wie gut kann das Produkt genutzt werden?
 - Maintainability: Wie einfach kann es angepasst werden?
 - Portability: Ist es möglich, es weiterzuverwenden, wenn sich die Umgebung ändert?
- Höherer Detaillierungsgrad als McCall & Walters, aber nicht ausreichend für Bewertung
- Semantik der Beziehungen unzureichend definiert
- B. Boehm et al., *Characteristics of Software Quality*, 1978 [BB+78]

xy.2007 Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy 13

Boehm et al., 1978

xy.2007 Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy 14

Abb.: [Bec06]

ISO 9126, 1991

- ähnlich Boehm et al., 1978
- 6 Merkmale
- Merkmale sind überschneidungsfrei
- Quantifizierung über
 - interne Metriken: Vermessung von Produktattributen mit Einfluss auf Q-Merkmale
 - externe Metriken: Messung der Erreichung der Q-Merkmale
- Beschränkung auf zwei Ebenen
- Zerlegung oft unklar
- Metriken sind nicht definiert
- ISO 9126 *Software Engineering - Product quality*, 2003 [ISO03]

xy.2007 Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy 15

ISO 9126, 1991

xy.2007 Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy 16

Abb.: [Bec06]

Dromey, 1995



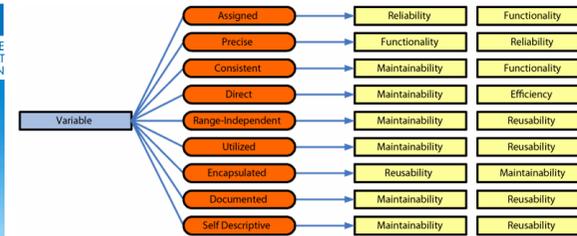
- Annahme: Merkmale wie *Wartbarkeit* oder *Benutzbarkeit* können nicht direkt in Software überprüft oder nachgewiesen werden
- Produkt hat Eigenschaften, die sich positiv oder negativ auf Merkmale auswirken
- Verbindung von Komponenten des Software-Systems und Q-Merkmalen über *Quality Carrying Properties*
- Durch konkrete Verbindung zum Produkt hilft das Modell bei der Identifikation von Qualitätsdefekten
- Es fehlen Begründungen für die Wahl der *Quality Carrying Properties*
- R. Dromey, *A Model for Software Product Quality*, 1995 [Dro95]

xy.2007

Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broj

17

Dromey, 1995



xy.2007

Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broj

Abb.: [Bec06]

18

Basili et al., 2004



- Unified Model for *Dependability (UMD)*
- Dependability ist „trustworthiness of a computing system“
- Umfasst: Reliability, Availability, Performance, Safety, Security
- Fokus auf Modellierung von *unzuverlässigem Verhalten (dependability issues)*



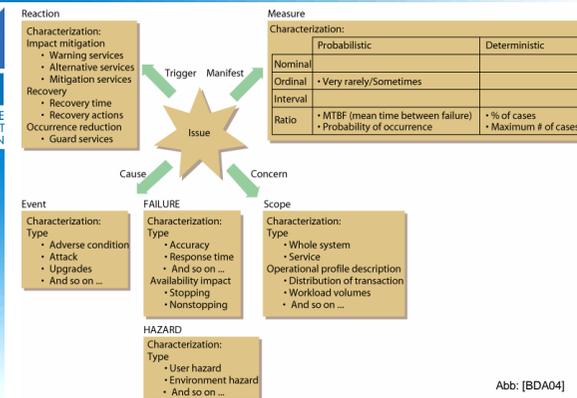
- Operationalisierung durch UMD-Tool
- Unzureichende Möglichkeiten zur Modellierung von *gewünschten* Eigenschaften
- V. Basili et al., *A Unified Model of Dependability*, 2004 [BDA04]

xy.2007

Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broj

19

Basili et al., 2004



xy.2007

Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broj

Abb.: [BDA04]

20

Zuverlässigkeitsmodelle



- Zuverlässigkeitsmodelle betrachten
 - Datensammlung
 - statistische Abschätzung und Prognose
- Auf Basis von Metriken und Attribute der
 - Produkt-Architektur, -Designs, -Implementierung
 - Software-Entwicklung
 - operative Umgebung
- Unterschiedlich zu Hardware-Zuverlässigkeit, da nicht beeinflusst von Alter oder Umwelteinflüssen, sondern inkorrekten Anforderungen, Design, Programmierung
- Zuverlässigkeit steigt im Allgemeinen mit zunehmendem Alter der Software
 - durch die Beseitigung von Fehlern, **aber**
 - auch bei der Korrektur von Fehlern und bei Änderungen in Betriebsumgebung treten neue Fehler auf

08.12.2004

21

Nutzung von Zuverlässigkeitsmodellen



- Abschätzung der zusätzlich benötigten Test-Zeit, um ein bestimmtes Zuverlässigkeitsziel zu erreichen
- Abschätzung der Zuverlässigkeit nach Abschluss des Testens
- Konzentration von Test- und Verifikationsmaßnahmen auf wahrscheinlich unzuverlässige Komponenten
- Software Cost Models: Zusammenhang zwischen Aufwand (z.B. beim Testen) und Nutzen (Erhöhung Zuverlässigkeit/Reduktion des Risikos)
- Größte Schwäche der meisten Modelle: Zusatzinformationen, wie z. B. große Änderungen am System, werden nicht in Betracht gezogen

08.12.2004

22

Reliability Growth Models



- Modellieren zugrunde liegenden Ausfallprozess
- Benutzen Ausfallhistorie zur Abschätzung von
 - noch enthaltenen Fehlern
 - der Testzeit, um diese Fehler zu beheben
- Beispiele: Jelinski-Moranda, *Goel-Okumoto*, Musa
- Annahmen in den Modellen müssen zu den Daten passen
- Änderung in Benutzung und Umgebung können nicht berücksichtigt werden
- Erst ab der Test-Phase verwendbar

Praktisch wichtig:
Entwicklung der Zuverlässigkeit über die Einsatzdauer

08.12.2004

23

Goel & Okumoto, 1979

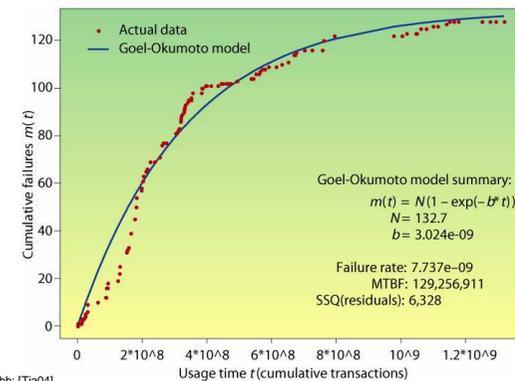


Abb: [Tia04]

xy.2007

Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy

24

Metrik-basierte Ansätze für Wartbarkeit



- SW Metriken:
 - Halstead Volumen
 - Zyklomatische Komplexität (McCabe)
 - OO-Metriken (Coupling, Cohesion, Inheritance)
- messbar aber weder notwendig noch hinreichend
- SEI Maintainability Index (MI) =

$$171 - 5.2 * \ln(\text{avgHV}) - 0.23 * \text{avgCC}(g') - 16.2 * \ln(\text{avgLOC}) + 50 * \sin(\text{sqrt}(2.4 * \text{perCM}))$$

HV: Halstead Volume CC: Cyclomatic Complexity
LOC: lines of code perCM: % Kommentarzeilen

xy.2007

Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy

25

Probleme



- einzelne Metriken nahezu aussageelos:
 - genügen nicht der Messtheorie
 - sind sehr einfach zu beeinflussen
 - wurden nie validiert
- Einsatz von Metriken ist oft:
 - Technologie-getrieben („Ist es möglich XY zu messen?“)
 - Abhängigkeit von der Verfügbarkeit (einfache messbar)

xy.2007

Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy

26

Kritik an bestehenden Q-Modellen



- Hoher Abstraktionsgrad verhindert Überprüfung
- Modelle begründen Forderungen nicht
- Dekomposition der Merkmale ist willkürlich
- Wirtschaftliche Aspekte werden nicht betrachtet
- Modelle betrachten wichtige Aspekte, z.B. organisatorischer Natur, nicht
- Metamodell der Modelle ist nur implizit definiert
- Modelle werden nicht operationalisiert
- Modelle konnten sich nicht etablieren (vgl. CMMI)

xy.2007

Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy

27

QMM (Broy, Deißeböck, Pizka, 2006)

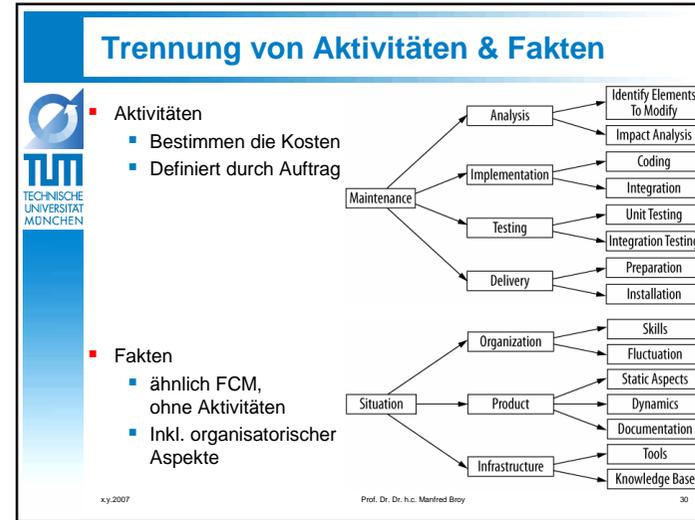
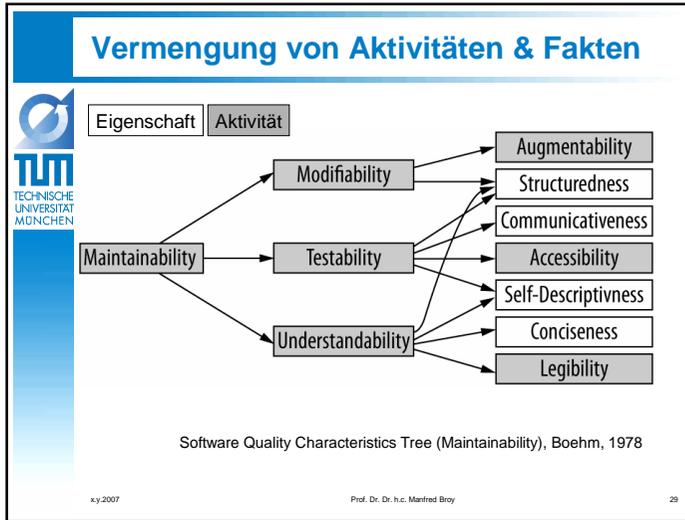


- Qualitäts-Metamodell
- wurde für „Wartbarkeit“ entwickelt
- Verwendung auch für andere Merkmale wie Nutzbarkeit
- Berücksichtigung des Zusammenhangs: Qualität – Kosten
- Fokus auf Aufwände
- Trennung von Aktivitäten und Fakten
- Operationalisierung:
 - Qualitätsmodelleditor
 - Generierung von Richtlinien
 - Bewertungswerkzeuge
- Broy, Deissenboeck, Pizka, *Demystifying Maintainability*, 2006 [BDP06]

xy.2007

Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy

28



Qualitätsmatrix „Wartbarkeit“

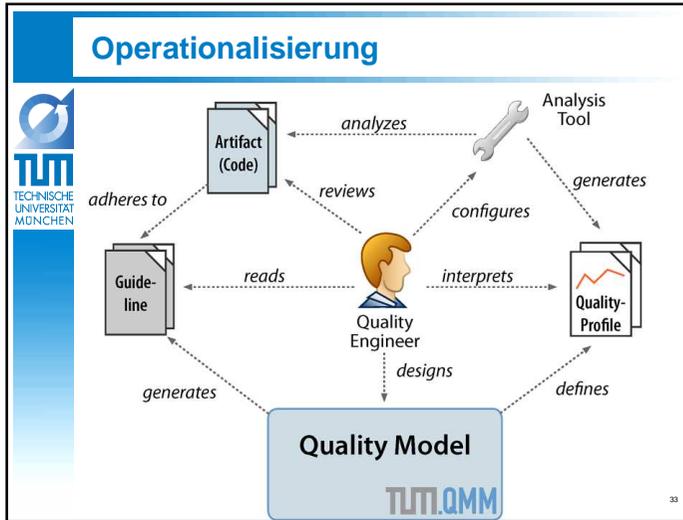
		Maintenance			
		Analysis		Implementation	
		Concept-Location	Impact-Analysis	Coding	Modification
Situation	Product	Concurrency	×		×
	Dynamics	Recursion	×		×
Product	Static Aspects	Identifiers	×	×	×
	Dynamic Aspects	Cloning	×		×
Infrastructure	Tools	Code Format		×	
	Context	Debugger	×	×	
		Refactoring			×

x.y.2007 Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy 31

Qualitätsmatrix „Nutzbarkeit“

		Interact			
		Execute		Evaluate	
		Form Intention	Execute Action	Perceive State	Evaluate Outcome
Situation	Product	Input	×		
	Context	Output		×	
Product	Logical Arch.	Dialogue Mgmt.	×	×	×
	Phys. Interface	Input Data	×		×
Context	User	Output Data		×	×
	Situation	Knowledge	×	×	
		Phys. Abilities		×	×

x.y.2007 Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy 32



Literatur

- [BB+78] B. Boehm, J. Brown, H. Kaspar, M. Lipow, G. Macleod, M. Merrit, *Characteristics of Software Quality*, North-Holland, 1978
- [BDA04] V. Basili, P. Donzelli, S. Asgari, A Unified Model of Dependability: Capturing Dependability in Context, *IEEE Software*, 2004
- [BDP06] M. Broy, F. Deissenboeck, M. Pizka, Demystifying Maintainability, *Proc. of 4th Workshop Software Quality*, ACM Press, 2006
- [Bec06] J. Becker, *Entwurfskriterien für wartbare Systeme*, Diplomarbeit, TUM, 2006
- [Dro95] R. Dromey, A Model for Software Product Quality, *IEEE Trans. Softw. Eng.*, 1995
- [Gar84] D. Garvin, What Does »Product Quality« Really Mean?, *MIT Sloan Management Review*, 1984
- [ISO03] ISO 9126 *Software Engineering - Product quality*, International Standard, 2003
- [MW77] J. McCall, G. Walters, *Factors in Software Quality*, NTIS, 1977
- [Tia04] J. Tian, Quality-Evaluation Models and Measurements, *IEEE Software*, 2004