

KV Software Engineering
Prof. Dr. Martin Glinz

Kapitel 8

Qualitätsplanung und -Messung



Universität Zürich
Institut für Informatik

8.1 Grundlagen

8.2 Messtheorie

8.3 Qualität von Maßen

8.4 Produktmaße

8.5 Prozessmaße

8.6 Qualitätsmodelle

8.7 Zielorientiertes Messen

Das Problem der Qualitätsplanung

- Qualität bedeutet das Erreichen gesetzter Ziele
- es gibt keine „natürlichen“ Qualitäten
- Qualitätsplanung ist Festlegung von Zielen
- mit anderen Worten:
Qualitätsplanung ist Spezifikation von Anforderungen
- Die Wahl der Ziele bestimmt das Aussehen des Produkts...
 - in der Funktionalität: klar
 - aber auch bei nicht funktionalen Zielen!
 - Ziele können sich konkurrenzieren

Das Experiment von Weinberg

Ziel Optimiere...	Qualität der Ergebnisse				
	Erstellungsaufwand	Anzahl Anweisungen	Speicherbedarf	Klarheit des Programms	Klarheit der Ausgaben
Erstellungsaufwand	1	4	4	5	3
Anzahl Anweisungen	2 - 3	1	2	3	5
Speicherbedarf	5	2	1	4	4
Klarheit des Programms	4	3	3	2	2
Klarheit der Ausgaben	2 - 3	5	5	1	1

1 beste Leistung

5 schlechteste Leistung

Planbarkeit von Qualität

Erkenntnis: Qualität ist grundsätzlich **planbar** und **lenkbar**

- Festlegen von Zielen ⇒ **Qualitätsplanung**
 - Zielgerichtetes Arbeiten, Überprüfen der Zielerreichung
⇒ **Qualitätslenkung**
 - Qualitätslenkung ist nur möglich, wenn die Ziele **quantifiziert** sind
- ➔ **Messung von Qualität**

Messung von Qualität

Messen (to measure) – Ein interessierendes Merkmal eines Gegenstands (oder einer Menge von Gegenständen) quantitativ erfassen

Warum messen?

- Merkmalswerte
 - vergleichen
 - bewerten
 - statistisch auswerten
- mit der Zielsetzung
 - Qualität von Produkten bzw. Prozessen lenken
 - Erfahrungen quantifizieren
 - Entscheidungsgrundlagen gewinnen
 - Prognosen stellen

Was messen?

Gegeben: eine Menge von **Gegenständen**

- Festlegen von zu **messenden Merkmalen** der Gegenstandsmenge
- Bestimmung von **Merkmalseigenschaften** (Beziehungen, Operationen), welche das Maß berücksichtigen muss
- **Produktmaße**: Messung von Software-Qualitätsmerkmalen, z.B.
 - Komplexität
 - Zuverlässigkeit
 - Effizienz
- **Prozessmaße**: Messung von Prozess-Qualitäten, z.B.
 - Aufwand
 - Dauer
 - Fehlerkosten

Beispiel

- Gegenstandsmenge: Programme
- Mögliche interessierende Merkmale:
Größe, Komplexität, Effizienz, ...
- Auswahl eines zu messenden Merkmals:
zum Beispiel Größe
- Eigenschaften des Merkmals „Größe eines Programms“:
Die Merkmalswerte sind
 - geordnet (Beziehung: "Programm x ist größer als Programm y")
 - additiv (Operation: "Programm x und Programm y sind zusammen gleich groß wie Programm z")
 - vervielfachbar (Operation: "Programm x ist 2 1/2 mal größer als Programm y")

8.1 Grundlagen

8.2 Messtheorie

8.3 Qualität von Maßen

8.4 Produktmaße

8.5 Prozessmaße

8.6 Qualitätsmodelle

8.7 Zielorientiertes Messen

8.2.1 Modelle

Ein Merkmal messen – Ein **quantitatives Modell** des zu messenden Merkmals bilden

Das Modell

- muss die **Eigenschaften** des gemessenen Merkmals **adäquat wiedergeben**

insbesondere

- **Beziehungen** zwischen Merkmalsausprägungen
- **Operationen** auf der Menge der Merkmalsausprägungen

Beispiel

Werden die Messwerte des Merkmals Größe von Programmen als reelle Zahlen modelliert, so

- müssen die Eigenschaften des Merkmals modelliert sein:
 - vergleichbar: $x \leq y$ ✓
 - additiv: $s = q + r$ ✓
 - vervielfachbar: $y = a x$, (a konstant) ✓
- dürfen Eigenschaften der reellen Zahlen, die keine Entsprechung im Original haben, nicht verwendet werden, zum Beispiel
 - keine negativen Zahlen
 - keine Multiplikation

8.2.2 Maß und Repräsentation

Ein **Maß** für das Merkmal M einer Gegenstandsmenge D ist eine **Abbildung** $\mu: D \rightarrow S$, welche jedem $d \in D$ einen **Messwert** $\mu(d)$ auf einer **Skala** S so zuordnet, dass M und S **strukturähnlich** oder **homomorph** sind.

Strukturähnlich heißt: Zu jeder Relation R auf M gibt es eine Relation R^* auf S mit

- (1) $R(M(d_1), M(d_2)) \Rightarrow R^*(\mu(d_1), \mu(d_2))$
- (2) $R^*(\mu(d_1), \mu(d_2)) \Rightarrow R(M(d_1), M(d_2))$ und die Aussage $R(M(d_1), M(d_2))$ ist sinnvoll interpretierbar.

(1) und (2) heißen auch **Repräsentations-** oder **Homomorphiebedingung**

Bedeutung der Strukturähnlichkeit (Homomorphie)

- Für **Beziehungen** bedeutet Strukturähnlichkeit:

Zu jeder Beziehung b zwischen Merkmalsausprägungen von Gegenständen aus D gibt es eine Beziehung b' zwischen Skalenwerten aus S , so dass für alle $d_1, d_2 \in D$ die Regel

$$M(d_1) b M(d_2) \Leftrightarrow \mu(d_1) b' \mu(d_2)$$

plausibel (d.h. sinnvoll interpretierbar) ist

- Für **Operationen** bedeutet Strukturähnlichkeit:

Zu jeder Operation \otimes zwischen Merkmalsausprägungen von D gibt es eine Operation \oplus zwischen Skalenwerten aus S , so dass für alle $d_1, d_2, d_3 \in D$ die Regel

$$M(d_1) \otimes M(d_2) = M(d_3) \Leftrightarrow \mu(d_1) \oplus \mu(d_2) = \mu(d_3)$$

plausibel (d.h. sinnvoll interpretierbar) ist

Bedeutung der Strukturähnlichkeit (Homomorphie) – 2

- Relationen auf der Skala S , zu denen es keine korrespondierende Relation auf den Merkmalsausprägungen gibt, **dürfen nicht** zur Bearbeitung von Messwerten **verwendet** werden.

- Formal ausgedrückt:

Sei Q_s eine Relation auf der Skala S . Q_s darf genau dann zur Bearbeitung von Messwerten verwendet werden, wenn es eine auf M definierte Relation Q_o gibt und für alle $(s_1, s_2) \in Q_s$ gilt:

Es existieren $d_1, d_2 \in D$ mit $\mu(d_1) = s_1$ und $\mu(d_2) = s_2$

so, dass $Q_o (M(d_1), M(d_2)) \Leftrightarrow Q_s (s_1, s_2)$

Bemerkungen

- Etwas salopp könnte man sagen, ein Maß besteht aus
 - einer **Menge von Gegenständen** mit einem zu messenden Merkmal
 - einer **Skala**
 - einem **Messverfahren** (Abbildung der Gegenstände auf die Skala)
 - **Strukturähnlichkeit** zwischen Merkmalsmenge und Skala
- Häufig werden Maße **definitivisch** eingesetzt, d.h. sie **definieren** ein intuitives Merkmal einer Menge von Gegenständen.
- Ein Maß für Software wird in der Literatur oft auch als **Metrik (metric)** bezeichnet.

Dieser Name ist jedoch **schlecht gewählt**, weil „Metrik“ in der Mathematik eine feste Bedeutung im Sinn eines verallgemeinerten Distanzbegriffs hat.

Beispiel

Sei γ ein Maß für das Merkmal Größe von Programmen

Messverfahren: Zählen der Programmzeilen. Jede Zeile, die nicht leer ist oder ausschließlich Kommentar enthält, zählt als Programmzeile

Skala: Teilmenge der reellen Zahlen

Strukturähnlichkeit:

- **Vergleichbarkeit:** Seien P_1, P_2 Programme und $G(P_1)$ bzw. $G(P_2)$ die Größen der Programme P_1 bzw. P_2 .

Die Regel

$$G(P_1) \leq G(P_2) \Leftrightarrow \gamma(P_1) \leq \gamma(P_2)$$

ist mit der gegebenen Abbildungsvorschrift für γ plausibel

Beispiel – 2

- **Additivität:** Seien P_1, P_2, P_3 Programme mit den Größen $G(P_1), G(P_2)$ und $G(P_3)$.

Die Regel

$$G(P_1) + G(P_2) = G(P_3) \Leftrightarrow \gamma(P_1) + \gamma(P_2) = \gamma(P_3)$$

ist mit der gegebenen Abbildungsvorschrift für γ plausibel

- **Vervielfachung:** Seien P_1, P_2 Programme, $G(P_1)$ bzw. $G(P_2)$ die Größen der Programme P_1 bzw. P_2 und n eine nicht negative reelle Zahl.

Die Regel

$$G(P_1) = n G(P_2) \Leftrightarrow \gamma(P_1) = n \gamma(P_2)$$

ist mit der gegebenen Abbildungsvorschrift für γ plausibel

8.2.3 Skalen

Abhängig davon, welche Relationen auf der Skala eines Maßes eine plausible Entsprechung im Definitionsbereich des Maßes haben, gibt es fünf verschiedene **Skalentypen**:

- **Nominalskala** (nominal scale)
- **Ordinalskala** (ordinal scale)
- **Intervallskala** (interval scale)
- **Verhältnisskala** (ratio scale); aufgrund einer falschen Übersetzung im Deutschen auch als **Rationalskala** bezeichnet
- **Absolutskala** (absolute scale)

Formale Definition der Skalentypen – 1

- Formal werden die Skalentypen definiert über die **Art der erlaubten Skalentransformationen**:

Mit welchen Transformationen kann eine Skala in eine äquivalente andere Skala des gleichen Typs überführt werden?

- Sekundär ergeben sich daraus die bekannten **Eigenschaften** der verschiedenen Skalentypen (Vergleichbarkeit, Additivität, etc.)

- Hinweise

- Um einfacher rechnen zu können, werden bei Intervall- und Verhältnisskalen üblicherweise Teilmengen der reellen Zahlen als Wertebereich verwendet.
- Ist eine Skala additiv, so muss es mindestens eine Verhältnisskala sein. Die Umkehrung gilt nicht immer.

Formale Definition der Skalentypen – 2

- Nominalskala: Anwendung einer beliebigen **injektiven Funktion** ($f(x_1) = f(x_2) \Leftrightarrow x_1 = x_2$) auf alle Skalenwerte ergibt wieder eine Nominalskala
- Ordinalskala: Anwendung einer **streng monoton wachsenden Funktion** ($f(x_1) > f(x_2) \Leftrightarrow x_1 > x_2$) auf alle Skalenwerte ergibt wieder eine Ordinalskala
- Intervallskala: Anwendung einer **Lineartransformation** ($f(x) = ax + b$) auf alle Skalenwerte ergibt wieder eine Intervallskala
- Verhältnisskala: **Multiplikation** aller Skalenwerte **mit konstantem Faktor** ($f(x) = ax$) ergibt wieder eine Verhältnisskala
- Absolutskala: **Keine Transformation** möglich

Eigenschaften der Skalentypen

Typ	erlaubt	Eigenschaften
Nominalskala	= ≠	Reine <i>Kategorisierung</i> von Werten Nur nicht-parametrische Statistik
Ordinalskala	= ≠ < >	Skalenwerte <i>geordnet</i> und vergleichbar Medianwert, sonst nur nicht-parametrische Statistik
Intervallskala	= ≠ < > Distanz	Werte geordnet, <i>Distanzen</i> bestimmbar Mittelwert, Standardabweichung
Verhältnisskala (auch Rationalskala genannt)	= ≠ < > Distanz, (+, -) Vielfaches, %	Werte geordnet und in der Regel <i>additiv</i> * Skala hat <i>absoluten Nullpunkt</i> Übliche parametrische Statistik
Absolutskala	= ≠ < > Distanz, (+, -) Vielfaches, %	Skalenwerte sind <i>absolute Größen</i> Sonst wie Verhältnisskala

* Verhältnisskalen sind meistens additiv, müssen es aber nicht zwingend sein

Mini-Übung 8.1

Geben Sie zu folgenden Maßen je eine möglichst starke Skalentransformation an und begründen Sie daraus, welche Skala das betreffende Maß hat.

- a) Leistungsbewertung mit Punkten, 0 = schlechteste, 100 = beste Leistung
- b) Leistungsbewertung mit Noten, 1 = schlechteste, 6 = beste Leistung
- c) Menge der gefundenen Fehler im Systemtest

Beispiel: Maße und Skalen – 1

Messgegenstand: **Standardsoftware-Module**

- Maß **Anw** (verwendbar für bestimmte Anwendungsbereiche)
Skala: {Logistik, Rechnungswesen, Personal}
Werte sind nur deskriptiv, nicht vergleichbar → Nominalskala
- Maß **EignKMU** (Eignung für Verwendung in kleinen und mittleren Unternehmen)
Skala {--, -, 0, +, ++}
Werte sind vergleichbar (z.B. ist ein Modul mit Wert + besser geeignet als einer mit Wert 0), Distanzen sind nicht bekannt (wir wissen nicht, ob - gleich weit von 0 entfernt ist wie + von ++)
→ Ordinalskala

Beispiel: Maße und Skalen – 2

- Maß **Verf** (Zeit, ab wann verfügbar)

Skala: Kalendertage

Werte sind vergleichbar, Wertdistanzen sind berechenbar (z.B. Modul A ist 30 Tage vor Modul C verfügbar), Wertdistanzen sind vergleichbar, Maß hat keinen absoluten Nullpunkt → Intervallskala

- Maß **Kost** (Preis eines Moduls)

Skala: Franken

Werte sind vergleichbar, Maß hat absoluten Nullpunkt, Maß ist additiv, Maß ist in andere Währungsskalen (zum Beispiel Euro) transformierbar → Verhältnisskala

Beispiel: Maße und Skalen – 3

- Maß **AnzMdg** (Anzahl der pendenten Problemmeldungen für einen Modul)

Skala: nicht-negative ganze Zahlen

Werte sind vergleichbar und additiv, als Zählwerte sind sie nicht in eine andere Skala umrechenbar → Absolutskala

8.1 Grundlagen

8.2 Messtheorie

8.3 Qualität von Maßen

8.4 Produktmaße

8.5 Prozessmaße

8.6 Qualitätsmodelle

8.7 Zielorientiertes Messen

Eigenschaften guter Maße – 1

Es gibt **bessere** und **schlechtere** Maße.

Eigenschaften eines **guten Maßes**:

- **Validität**

Misst das Maß tatsächlich das zu messende Merkmal?

- **Aussagekraft**

Sind die Messwerte sinnvoll interpretierbar?

- **Schärfe**

Werden wahrnehmbar verschiedene Merkmale auf verschiedene Messwerte abgebildet?

Eigenschaften guter Maße – 2

- **Auswertbarkeit**

Welche Auswertungen (z.B. Statistik) sind auf den Messwerten möglich?

- **Verfügbarkeit**

- Kann ein Merkmal zu dem Zeitpunkt gemessen werden, wo die Messwerte benötigt werden?
- Wieviel kostet die Messung?

- **Stabilität / Reproduzierbarkeit**

- Wie empfindlich reagiert das Maß auf Störungen?
- Liefern mehrfache Messungen des gleichen Merkmals (durch verschiedene Leute / in verschiedenen Umgebungen) die gleichen Messwerte?

Mini-Übung 8.2

Beurteilen Sie die Eigenschaften des wie folgt definierten Maßes M_{port} für Portabilität:

Sei P ein Programm, dessen Portabilität zu messen ist und sei

- E_p der Aufwand zur Portierung von P auf eine neue Zielplattform
- E_n der Aufwand, P für die neue Zielplattform neu zu entwickeln

$$M_{\text{port}} \equiv (1 - E_p / E_n)$$

8.1 Grundlagen

8.2 Messtheorie

8.3 Qualität von Maßen

8.4 Produktmaße

8.5 Prozessmaße

8.6 Qualitätsmodelle

8.7 Zielorientiertes Messen

Was messen

- Welche quantitativen Merkmale hat ein Stück Software?
- Es gibt eine Unzahl möglicher Maße.
- Das IEEE Standard Dictionary of Measures to Produce Reliable Software definiert eine Reihe wichtiger Maße (IEEE 928.1 1988)
- Ausgewählte, wichtige Merkmale von Software:
 - Größe
 - Komplexität
 - Zuverlässigkeit
 - Funktionalität

8.4.1 Größenmaße

- Größe – Wie umfangreich ist die Software?
- Skala: Verhältnisskala
- Mögliche Maße: **NCSS**, **Anzahl Zeichen**

NCSS (Non-commented source statements)

- Zählung der **Codezeilen** ohne Kommentar- und Leerzeilen
- Genaue **Zählregeln** erforderlich
- **Programmiersprachenabhängig**
- **Leicht messbar**

8.4.2 Komplexitätsmaße

- **Komplexität** – Wie komplex ist die Struktur eines Stücks Software?
- Soll ein **Indikator** für **Fehleranfälligkeit** und **Pflegbarkeit** sein (umstritten)
- Skala: Maß wird in der Regel so konstruiert, dass mindestens eine **Intervallskala** resultiert
- **Additivität: kontrovers**
 - Problem: Die Kombination zweier Teilprogramme kann komplexer sein als die Summe der Komplexitäten der Teile → nicht additiv
 - Aus Bequemlichkeitsgründen wird in vielen Komplexitätsmaßen die Additivität angenommen
- Mögliche Maße: Eine Unmenge (Zuse 1990). Die bekanntesten sind:
 - **Zyklomatische Komplexität** (McCabe)
 - **Software Science** (Halstead)

Zyklomatische Komplexität (McCabe 1976)

- Messung des **Flussgraphen** G eines Programms mit der Formel

$$v(G) = e - n + 2p$$

- e Zahl der Kanten
 - n Zahl der Knoten
 - p Zahl der Endpunkte des Programms
- In Programmiersprachen mit geschlossenen Ablaufkonstrukten berechnet sich $v(G)$ in einfacher Weise wie folgt:
 - Zähle alle Alternativen und Schleifen (**if**, **while**, **for**, etc.)
 - Addiere für jede Auswahl-Anweisung (**switch**, **CASE**) die Zahl der Fälle - 1
 - Addiere 1

Zyklomatische Komplexität – 2

- Problem der **Validität**:
 - Ein Spaghetti-Programm und ein wohlstrukturiertes Programm des gleichen Problems können die gleiche zyklomatische Komplexität haben
 - Sind diese Programme auch intuitiv gleich komplex?
- Eignet sich das Maß als Indikator für Fehleranfälligkeit?
➔ Nicht besser als NCSS (Kafura und Canning, 1985)
- Skala: **Verhältnisskala**, aber **nicht additiv**: Die Aneinanderreihung zweier Programmstücke mit den Komplexitäten v_1 und v_2 hat die Komplexität v_1+v_2-1 : eine kontraintuitive Eigenschaft
- Nützlich zur Berechnung der Zahl der Programmzweige beim strukturorientierten Test (vgl. Kapitel über Testen)

Software Science (Halstead 1975)

- Typischer Vertreter eines **konstruierten** Maßes
- Halstead postuliert die Bestimmbarkeit charakteristischer Kenngrößen für Programme aus vier Basisgrößen:
 - N_1 Zahl der **Operatoren** im Programm (+, -, >, <, ...)
 - η_1 Zahl der voneinander **verschiedenen Operatoren**
 - N_2 Zahl der **Operanden** im Programm (Variablen, Literale)
 - η_2 Zahl der voneinander **verschiedenen Operanden**

Software Science – 2

- Aus den **Basisgrößen** leitet Halstead verschiedene **Kenngößen** ab, beispielsweise
 - **Programmmlänge**
 $N = \eta_1 \ln \eta_1 + \eta_2 \ln \eta_2$
 - Zahl der **Elementarentscheidungen**
 $E = \eta_1 N_2 N \ln(\eta_1 + \eta_2) / 2\eta_2$
 - **Programmierdauer T**
 $T = E / S \text{ [sec]} \quad \text{mit } S \approx 18$
- Die Validität der Halstead-Maße ist **nie überzeugend nachgewiesen** worden
- Software Science ist **veraltet** und sollte **nicht** mehr **verwendet** werden.

8.4.3 Zuverlässigkeitsmaße

MTTF (Mean Time to Failure)

- Das am häufigsten verwendete Zuverlässigkeitsmaß
- Messung der **Zeit**, die im Mittel **zwischen zwei Fehlern** verstreicht
 - in Betriebsstunden
 - oder Zahl von Transaktionen
- **Prognose** der MTTF
 - Testreihe mit zufälligen Testdaten
 - Verteilung der Testdaten muss der erwarteten Verteilung der Daten im realen Betrieb entsprechen
 - Prognoseaussagen mit statistischen Verfahren
 - Der geforderte Konfidenzgrad der Prognose bestimmt die Zahl der zu testenden Fälle

Zuverlässigkeitsmaße – 2

Fehlerdichte

- Die Fehlerdichte (gemessen in Anzahl Fehler / 1000 NCSS) ist ein weiteres mögliches Maß für Zuverlässigkeit.

Hinweis:

Das IEEE Standard Dictionary of Measures to Produce Reliable Software enthält genaue Definitionen verschiedener Zuverlässigkeitsmaße (IEEE 928.1 1988)

8.1 Grundlagen

8.2 Messtheorie

8.3 Qualität von Maßen

8.4 Produktmaße

8.5 Prozessmaße

8.6 Qualitätsmodelle

8.7 Zielorientiertes Messen

Was messen

Typische interessierende Maße sind:

- Entwicklungskosten
- Produktivität
- Termin- und Kostentreue (Vergleich SOLL - IST)
- Fehler- bzw. Defektrate
- Fehler- bzw. Defektkosten
- Qualitätskosten

- Zur Berechnung dieser Maße müssen Basisgrößen gemessen werden

Basisgrößen

- Aufwand total
- Aufwand für Qualitätsmaßnahmen (insgesamt / nur für Fehlerbehebung)
- Durchlaufzeit
- Anzahl gefundener Fehler (vor / nach Produktfreigabe)
- Produktgröße (z.B. NCSS)

Voraussetzungen

Brauchbare Messwerte entstehen nur, wenn sie geeignet erfasst werden:

- Genaue Zählregeln
- Klar definierte Prozesse, die zum Beispiel präzise festlegen, wann ein Projekt beginnt bzw. endet
- Messwerkzeuge
- Teilautomatische Erfassung

8.1 Grundlagen

8.2 Messtheorie

8.3 Qualität von Maßen

8.4 Produktmaße

8.5 Prozessmaße

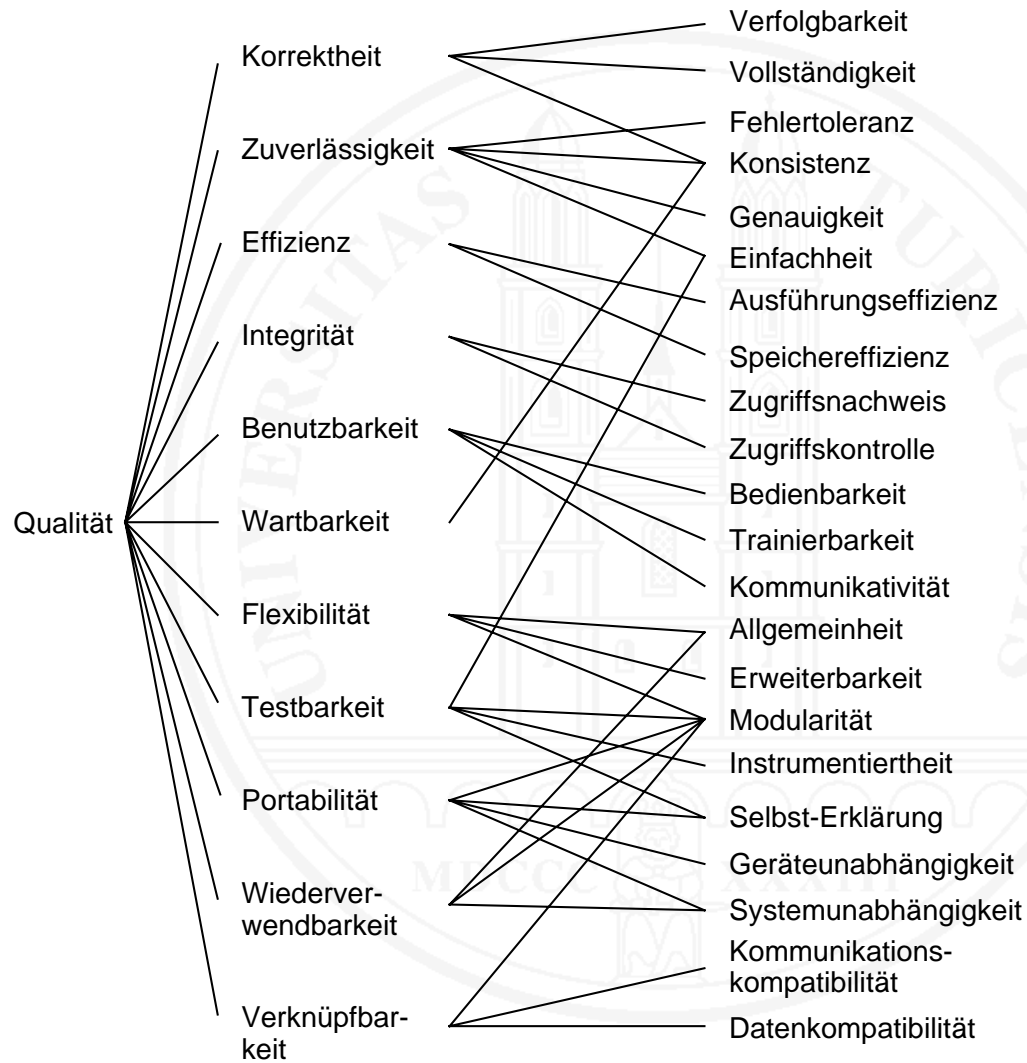
8.6 Qualitätsmodelle

8.7 Zielorientiertes Messen

Charakteristika von Qualitätsmodellen

- Jedes Produkt/Projekt braucht eine individuelle Qualitätsplanung (Qualität ist Zielerfüllung!)
- Aber: viele Ziele kommen in gleicher oder ähnlicher Form immer wieder vor:
- Verallgemeinerung durch ein **Qualitätsmodell**
- Ein Qualitätsmodell besteht typisch aus
 - einer Menge „allgemeingültiger“ Qualitätsziele (**Faktoren**)
 - einem Satz charakteristischer **Merkmale** zu jedem Faktor
 - messbaren **Kenngößen** zu jedem Merkmal
- Beispiel: Qualitätsmodell von McCall (1980)

Das Qualitätsmodell von McCall



Definition der Qualitätsfaktoren (IEEE 610.12-1990)

- **Korrektheit (Correctness)**
Das Ausmaß, in dem Software ihre Spezifikation erfüllt
- **Zuverlässigkeit (Reliability)**
Die Fähigkeit eines Systems, die verlangte Funktionalität unter gegebenen Randbedingungen für eine gegebene Zeit zu erfüllen
- **Effizienz (Efficiency)**
Das Ausmaß, in dem ein System seine Leistungen mit einem Minimum an Ressourcenverbrauch erbringt
- **Integrität (Integrity)**
Das Ausmaß, in dem ein System unberechtigte Zugriffe auf Programme und Daten bzw. deren unberechtigte Veränderung verhindert

Definition der Qualitätsfaktoren – 2

- **Verwendbarkeit (Usability)**

Die Leichtigkeit, mit der ein Benutzer die Bedienung eines Systems, die Vorbereitung von Daten dafür und die Interpretation seiner Ergebnisse lernen kann

- **Wartbarkeit (Maintainability)**

Die Leichtigkeit, mit der ein System geändert werden kann, um Fehler zu beheben, seine Fähigkeiten zu erhöhen oder es an eine veränderte Umgebung anzupassen

- **Flexibilität (Flexibility)**

Die Leichtigkeit, mit der ein System abgeändert werden kann, um es in Anwendungen oder Umgebungen zu benutzen, für die es nicht entwickelt worden ist

Definition der Qualitätsfaktoren – 3

- **Testbarkeit (Testability)**

Das Ausmaß, in dem ein System das Erstellen von Testbedingungen sowie die Durchführung von Tests zur Feststellung, ob die Bedingungen erfüllt sind, erleichtert

- **Portabilität (Portability)**

Die Leichtigkeit, mit der ein System von einer Hard- bzw. Software-Umgebung in eine andere transferiert werden kann

- **Wiederverwendbarkeit (Reusability)**

Das Ausmaß, in dem ein Stück Software in mehr als einem Programm oder Software-System verwendet werden kann

- **Verknüpfbarkeit (Interoperability)**

Die Leichtigkeit, mit der zwei oder mehrere Systeme Informationen austauschen und die ausgetauschten Informationen benutzen können.

Das Qualitätsmodell der ISO/IEC 9126



Vor- und Nachteile standardisierter Qualitätsmodelle

- + Qualitätsfaktoren sind über Merkmale und Kenngrößen **nachvollziehbar** und **messbar** definiert
- + die Vorstellungs- und Begriffswelt über Qualitäten wird **vereinheitlicht**
- Kausale Zusammenhänge zwischen Kenngrößen, Merkmalen und Faktoren sind hypothetisch und **nicht statistisch abgesichert**
- Standardisierte Qualitätsmodelle nehmen keine Rücksicht auf die **individuellen Qualitätsforderungen** von Projekten/Produkten

Beispiel: im Modell nach McCall kommt **Verfügbarkeit** nicht vor. Dies ist jedoch für manche Systeme (z.B. Telefonvermittlung) ein extrem wichtiger Qualitätsfaktor

8.1 Grundlagen

8.2 Messtheorie

8.3 Qualität von Maßen

8.4 Produktmaße

8.5 Prozessmaße

8.6 Qualitätsmodelle

8.7 Zielorientiertes Messen

Ansätze für die Definition von Maßen

- **Definitorischer Ansatz:** Ausgehen von irgendwie definierten Maßen (z.B. Formeln von Halstead) mit der Hypothese, dass diese Maße eine gesuchte Größe messen
→ **Praktisch**, aber Gefahr **irrelevanter**, nicht validierter **Messungen**
- **Bequemlichkeitsansatz:** Das messen, was einfach zu messen ist
→ **Einfach** und **billig**, aber Gefahr **sinnloser Messungen**
- **Zielorientierter Ansatz:** Ausgehen von einem zu erreichenden qualitativen Ziel, Suche nach Maßen, welche dieses Ziel quantitativ charakterisieren
→ **Fokussierte** Messung, **zielbezogene Interpretation** der Messwerte

Der GQM (Goal-Question-Metric)-Ansatz

Bekanntester **zielorientierter Ansatz** (Basili und Rombach 1988, Basili 1992)

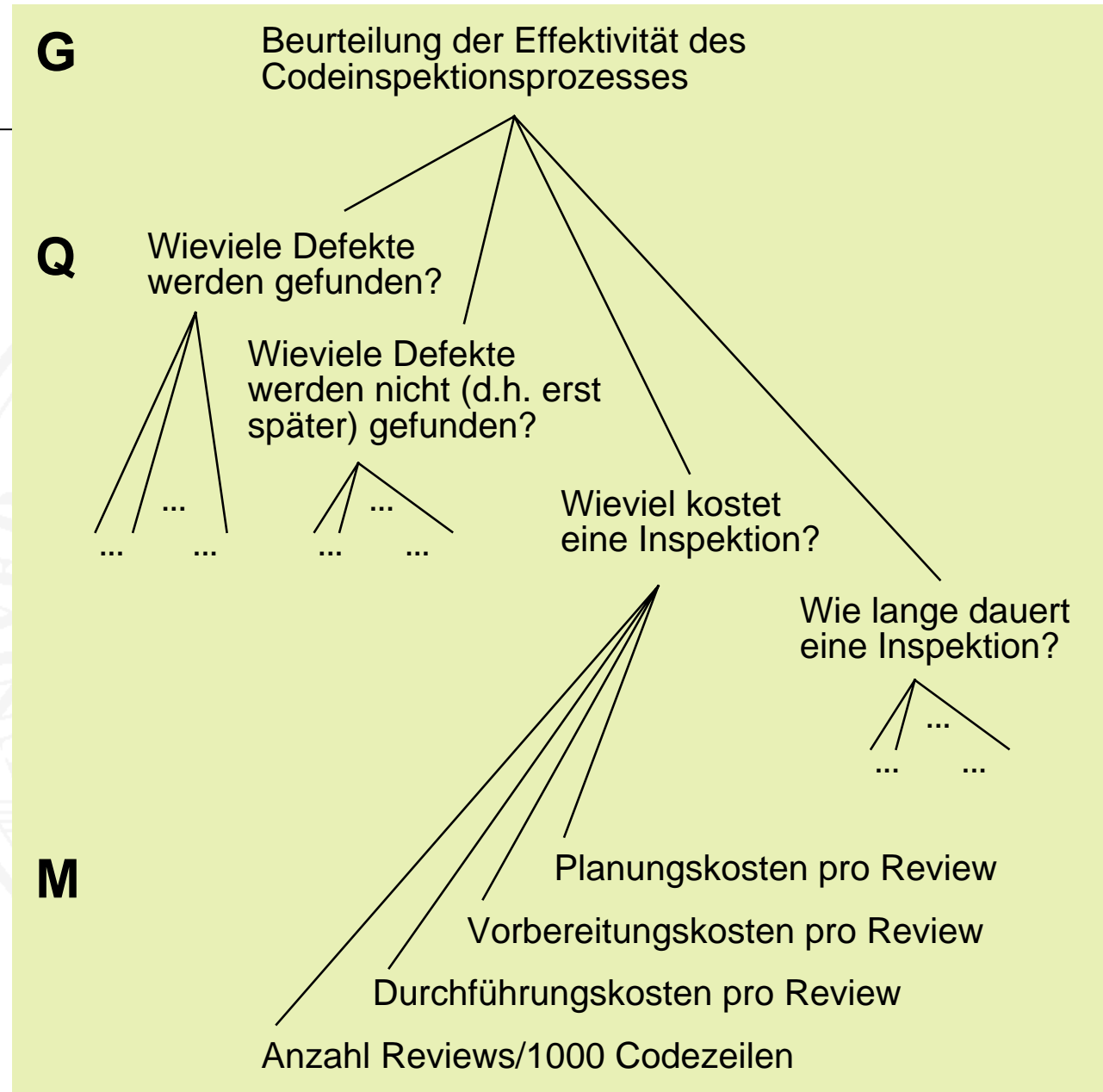
○ Dreistufiges Vorgehen

- **Goal** Festlegen eines **Qualitätsziels**
- **Question** Wie müssen die **Fragen** lauten, mit denen die Zielerreichung festgestellt wird?
- **Metric** Welches sind die **Maße**, mit denen die Fragen quantitativ beantwortet werden können?

○ Vorteile

- Es wird nur das gemessen, was dazu beiträgt, die gesetzten Ziele zu erreichen
- Die Interpretation der ausgewählten Maße ist festgelegt

Beispiel



Literatur

Albrecht, A.J. (1979). Measuring Application Development Productivity. *Proceedings Guide/Share Application Development Symposium* (Oct. 1979). 83-92

Basili, V.R., H.D. Rombach (1988). The TAME Project: Towards Improvement-Oriented Software Environments. *IEEE Transactions on Software Engineering* **14**, 6 (Jun 1988). 758-773.

Basili, V. (1992): *Software Modeling and Measurement: The Goal-Question-Metric Paradigm*. Technical Report, University of Maryland, CS-TR-2956.

Basili, V., G. Caldiera, D. Rombach (1994). Goal Question Metric Paradigm. In J. J. Marciniak (ed.): *Encyclopedia of Software Engineering* **1**. New York: John Wiley&Sons. 528-532.

Conte, S.D., H.E. Dunsmore, V.Y. Shen (1986). *Software Engineering Metrics and Models*. Benjamin/Cummings. Menlo Park, Ca.

Gilb, T. (1988). *Principles of Software Engineering Management*. Wokingham, etc.: Addison-Wesley.

IEEE (1990). *Standard Glossary of Software Engineering Terminology*. IEEE Std 610.12-1990. IEEE Computer Society Press.

Literatur – 2

Grady, R.B., D.L. Caswell (1987). *Software Metrics: Establishing a Company-Wide Program*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.

McCall, J.A., Matsumoto, M.T. (1980). *Software Quality Measurement Manual*, Vol. II. Rome Air Development Center, RADC-TR-80-109-Vol-2.

Halstead, M.H. (1975). *Elements of Software Science*. Elsevier North Holland, Amsterdam.

IEEE 982.1 (1988). *IEEE Standard Dictionary of Measures to Produce Reliable Software*. IEEE Standard 982.1-1988.

IEEE 982.2 (1988). *IEEE Guide for the Use of IEEE Standard Dictionary of Measures to Produce Reliable Software*. IEEE Standard 982.2-1988.

IEEE 1061 (1992). *IEEE Standard for a Software Metrics Methodology*. IEEE Standard 1061-1992.

IFPUG (1994). *Function Point Counting Practices Manual, Release 4.0*. International Function Point Users Group. Westerville, Ohio (USA).

Kafura, D., J. Canning (1985). A Validation of Software Metrics Using Many Metrics and Two Resources. *Proc. 8th International Conference on Software Engineering*. 378-385.

Literatur – 3

McCabe, T.J. (1976). A Complexity Measure. *IEEE Transactions on Software Engineering* **2**, 308-320.

Weinberg, G. , E. Schulman (1974). Goals and Performance in Computer Programming, *Human Factors* **16**, 1 (1974). 70-77.

Weinberg, G.M. (1993). *Quality Software Management. Vol 2: First Order Measurement*. New York: Dorset House.

Zuse, H. (1990). *Software Complexity: Measures and Methods*. De Gruyter, Amsterdam.