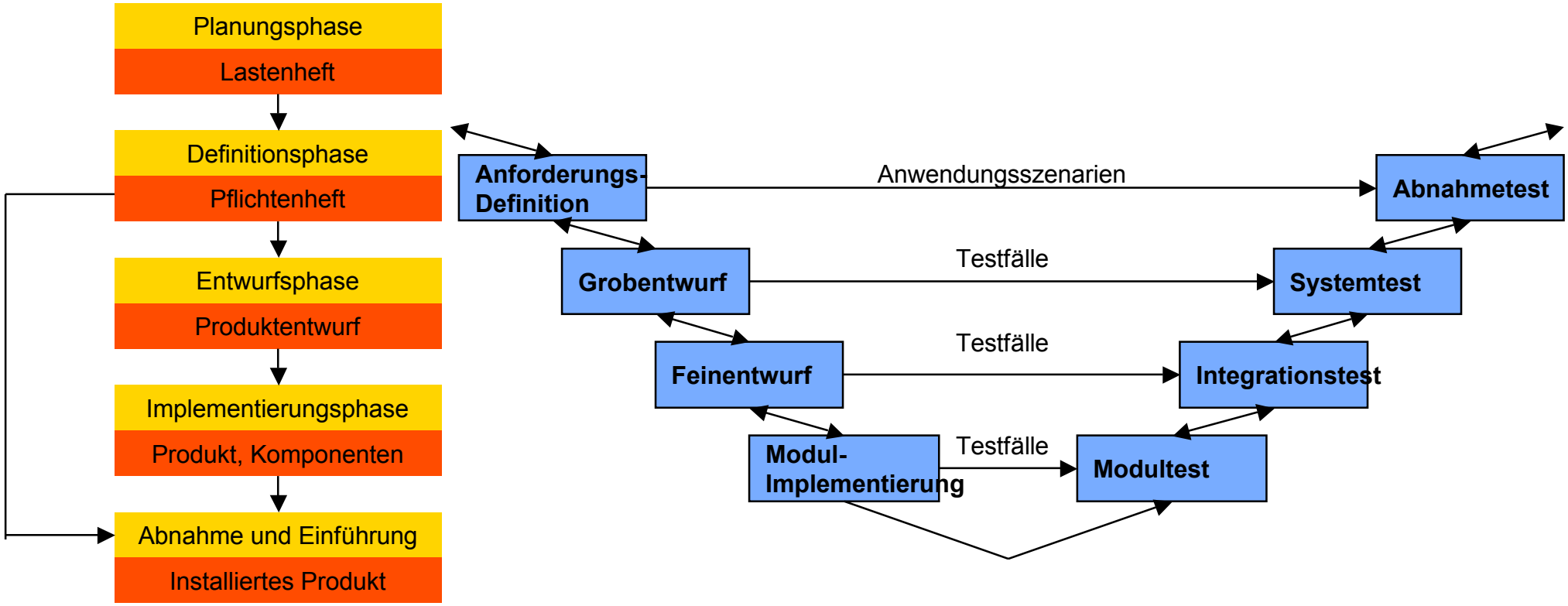
Vorlesung "Software-Engineering"

Prof. Ralf Möller, TUHH, Arbeitsbereich STS

- Vorige Vorlesungen
  - Definition
    - Pflichtenheft (requirements specification document)
    - Detaillierte Anforderungsanalyse (detailed requirements engineering)
- Heute: Maßnahmen zur Qualitätssteigerung
  - Metriken
  - Testen
  - Organisatorische Maßnahmen

Einordnung

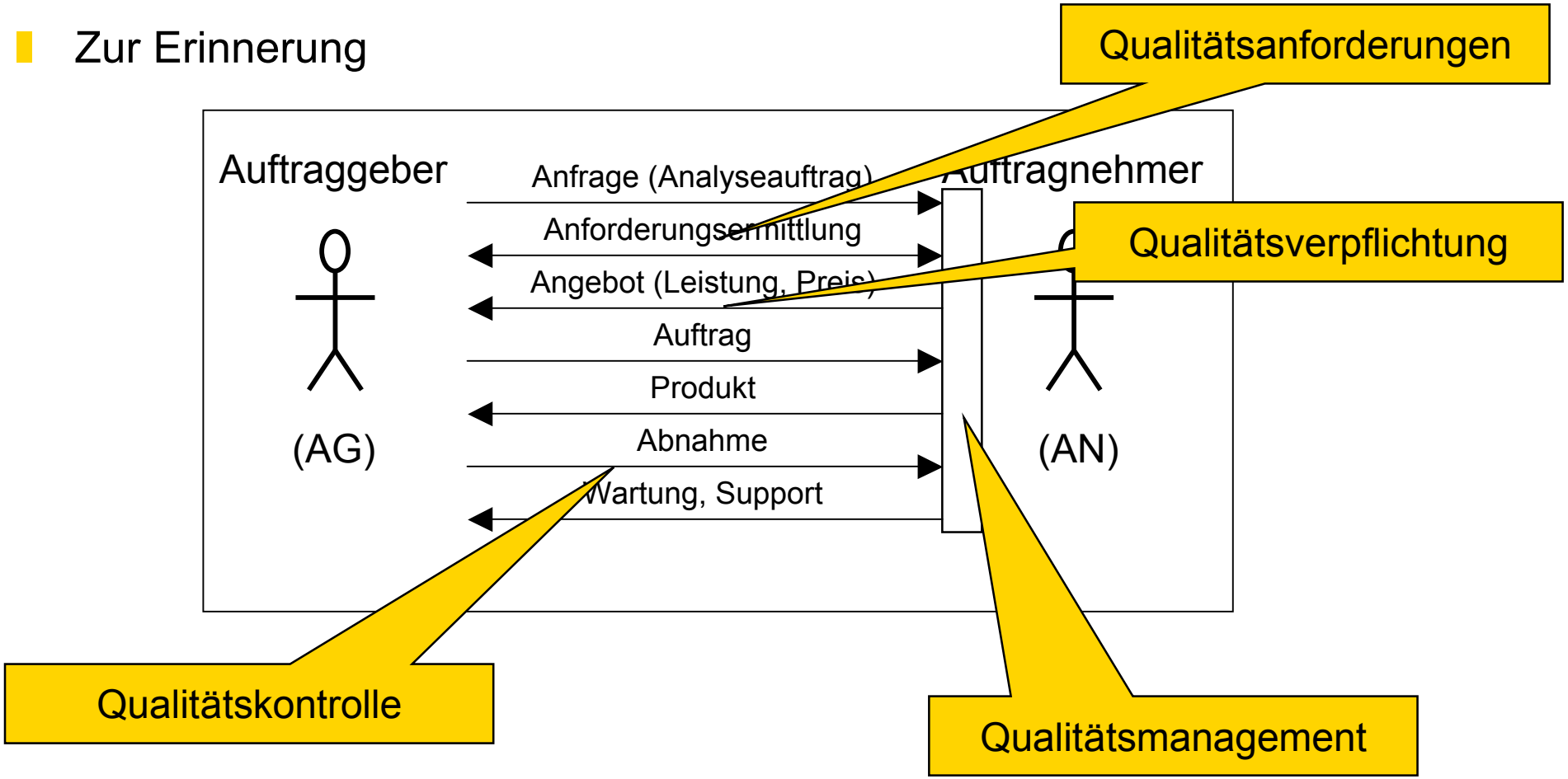

Planungsphase
Lastenheft
Definitionsphase
Pflichtenheft
Entwurfsphase
Produktentwurf
Implementierungsphase
Produkt, Komponenten
Abnahme und Einführung
Installiertes Produkt
Anforderungs-Definition
Anwendungsszenarien
Abnahmetest
Grobentwurf
Testfälle
Systemtest
Feinentwurf
Testfälle
Integrationstest
Modul-Implementierung
Testfälle
Modultest

Gegenstand der Vorlesung

- Unter dem Namen SW-Engineering werden Methoden und Prinzipien zur Lösung von „bösartigen Problemen“ (Rittel 73) diskutiert
- Probleme sind „bösartig“,
  - wenn sie in so viele Einzelteile verstrickt sind, daß es keine endgültige Spezifikation des Problems gibt.
  - wenn sich das wahre Gesicht erst bei der Entwicklung der Lösung zeit
  - wenn sich Anforderungen erst bei bzw. nach der Implementierung ergeben

Qualität bei Individualsoftware

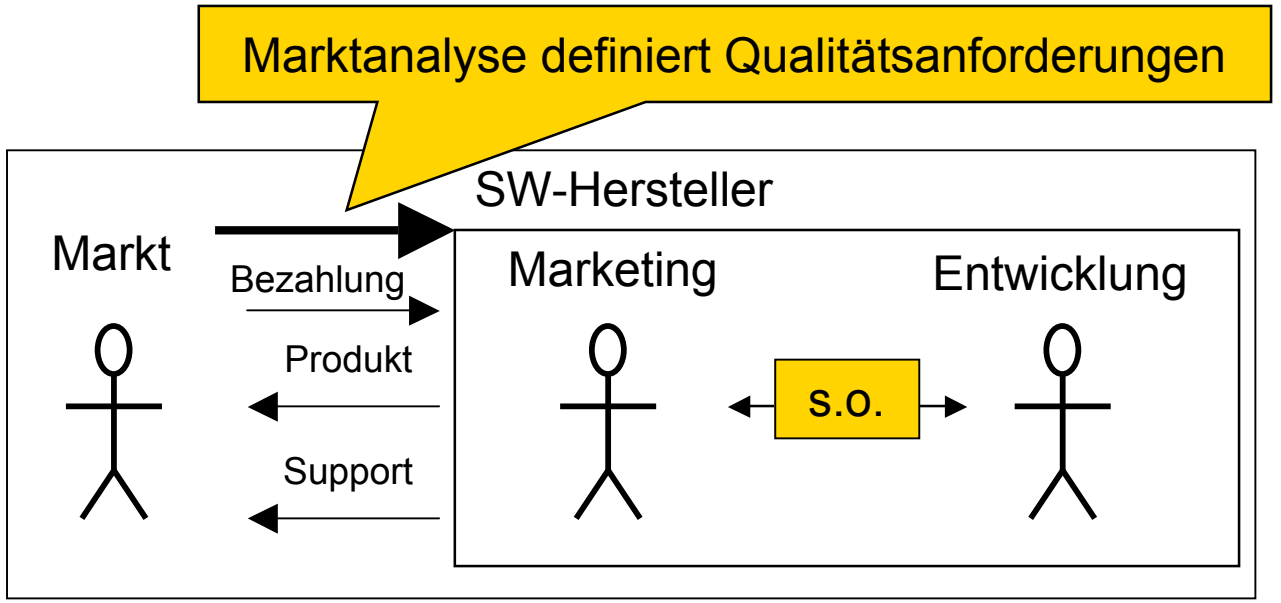
- Zur Erinnerung



- Ziel des **Qualitätsmanagements** beim Auftragnehmer ist die Erreichung von Qualitätsanforderungen in der gesamten Lebensdauer der Software

Qualität bei Standardsoftware

- Zur Erinnerung: Kapitel 2



Qualitätsmanagement

- Das **Qualitätsmanagement** (QM) umfaßt alle Tätigkeiten der Gesamtführungsaufgabe, welche die Qualitätspolitik, Ziele und Verantwortungen festlegen sowie diese durch Mittel wie Qualitätsplanung, Qualitätslenkung, Qualitätssicherung und Qualitätsverbesserung im Rahmen des Qualitätsmanagements verwirklichen
(DIN ISO 8402).
- Man unterscheidet **produktorientiertes QM** und **prozeßorientiertes QM**, (ISO9000) wobei sich letzteres ausschließlich auf den Softwareentwicklungsprozeß selbst bezieht (Meilensteine, Qualitätssicherungsmaßnahmen, Rollendefinition, ...).
- **Analytische** vs. **konstruktive** Qualitätssicherung
- **Qualitätssicherung** (QS) sind alle geplanten und systematischen Tätigkeiten, die innerhalb des Qualitätsmanagement-Systems verwirklicht sind, um angemessenes Vertrauen zu schaffen, daß ein Produkt die Qualitätsforderung erfüllen wird
(DIN ISO 8402).
- Die Qualitätssicherung umfaßt die **Validierung** und die **Verifikation**. Beide Tätigkeiten werden in der Praxis durch **Tests** unterstützt.

Testing?

Don’t worry, not *this* kind of testing…

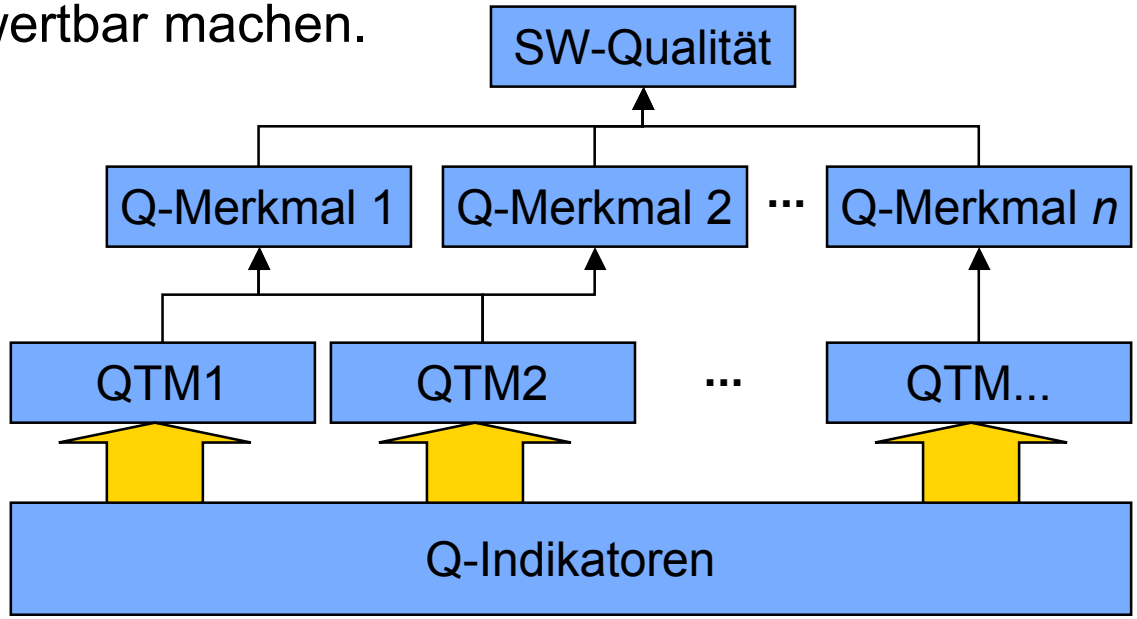
Qualitätssicherung der Korrektheit

- Ein **Test** prüft die Qualität von Software, indem für einige, möglichst gut ausgewählte Testdaten die Übereinstimmung zwischen Anforderung und System untersucht wird
- Eine **Verifikation** prüft die Qualität von Software durch einen mathematischen Beweis, der die in der Spezifikation geforderten Anforderungen ausgehend von einem mathematisch exakten Modell des Systems beweist
- Ein **analysierendes Verfahren** stellt Maßzahlen oder Eigenschaften des Systems dar, die empirisch mit der Korrektheit von Software verknüpft sind.
  - Anzahl der Operatoren, Operanden, Länge der Implementierung, Anzahl der Knoten im Kontrollflußgraph, Anzahl uninitialisierter Variablen, Anzahl der Mehrfachzuweisungen ohne Lesezugriff, ...
  - Tiefe des Vererbungsbaums, Kopplung zwischen Klassen, Anzahl der Kinder pro Klasse, ...
  - Anzahl der Kommentare pro Programmeinheit, ...
- Eine **Validierung** überprüft, ob ein bestimmtes Prädikat, das bezüglicher einer Software gelten soll, auch tatsächlich gilt

Softwarequalität: Das FCM-Modell

- **F**actors-**C**riteria-**M**etrics-**Modell:**
  - **Quality Factors** beschreiben benutzerorientierte Qualitätsmerkmale (QMs) der Software.
  - **Quality Criteria** sind Teilmerkmale (QTMs), die Qualitätsmerkmale verfeinern.
  - **Quality Metrics** sind Qualitätsindikatoren / Qualitätsmetriken, die Teilmerkmale meß- und bewertbar machen.

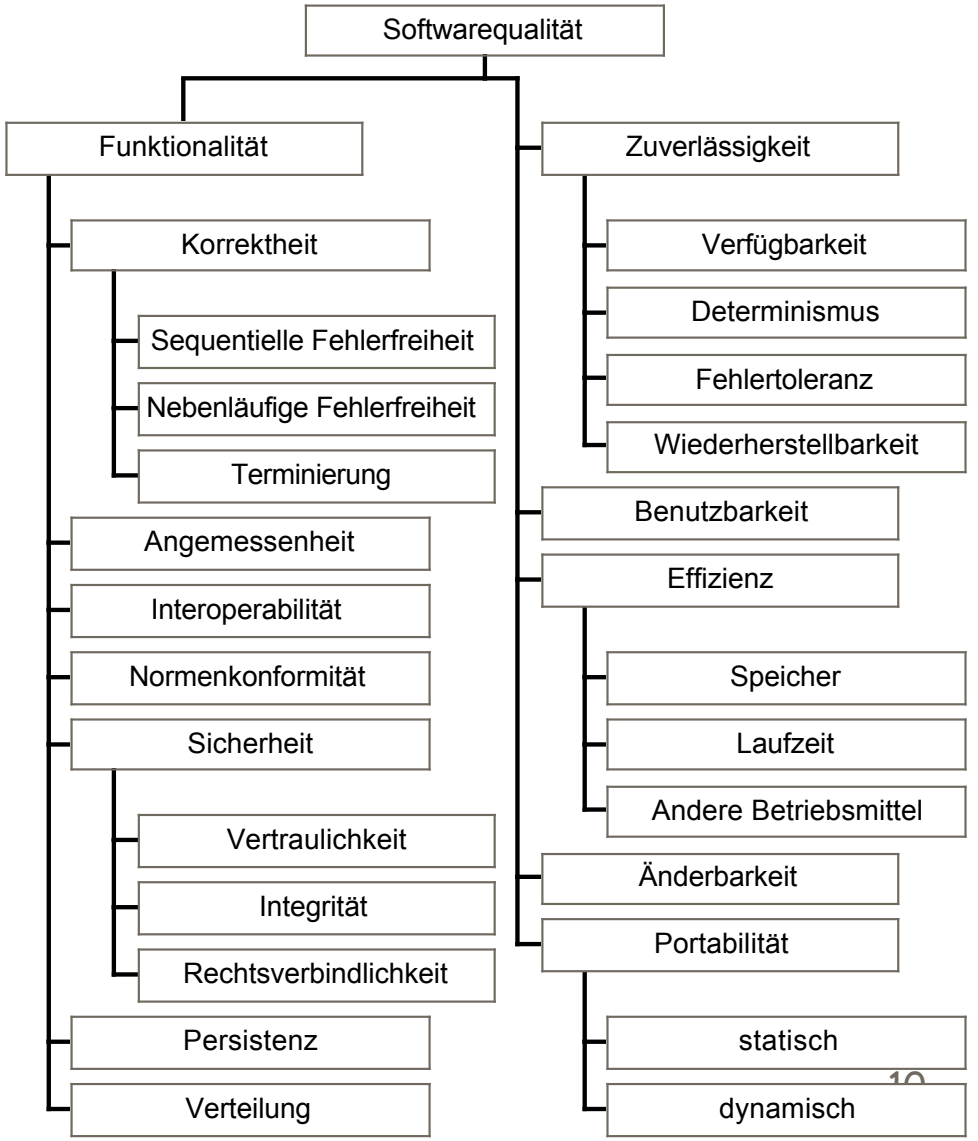
- Ein Teilmerkmal kann Einfluß auf mehrere Qualitätsmerkmale haben.
- Ein **Software-Qualitätsmaß** ist eine Metrik und eine Methode zur Berechnung der Softwarequalität aus den Indikatoren.



Softwarequalitätsmerkmale nach DIN und ISO

- **DIN ISO 9126** definiert sechs Qualitätsmerkmale zur Beschreibung der Softwarequalität, die weitgehend disjunkte Teilmerkmale besitzen:
  - Funktionalität
  - Zuverlässigkeit
  - Benutzbarkeit
  - Effizienz
  - Änderbarkeit
  - Portabilität

- Funktionale Anforderungen und nicht-funktionale Anforderungen meist vermischt



Metriken und ihre Eigenschaften (1)

- Eine **Metrik** (ein Maßsystem) ist eine Algebra, die meßbare Eigenschaften durch **Zahlen** (Maßzahlen) ausdrückt.
- Metriken lassen sich anhand der für die Maßzahlen gültigen algebraischen Regeln (**Skalen**) klassifizieren:
  - Eine **Nominalskala** definiert eine endliche, ungeordnete Menge von diskreten Merkmalsausprägungen (bijektive Abbildung).
    Beispiel: Grundfarben.
    Operationen: Gleichheitstest
  - Eine **Ordinalskala** ist eine Nominalskala erweitert um eine vollständige Ordnung, und ist daher isomorph zu einer monoton steigenden Folge natürlicher Zahlen (je streng monotone Funktion ist geeignet).
    Beispiele: Windstärken, Hubraumklassen.
    Zusätzliche Operationen: Ordnungstest, Median, Rang, Rangkorrelationskoeffizient.

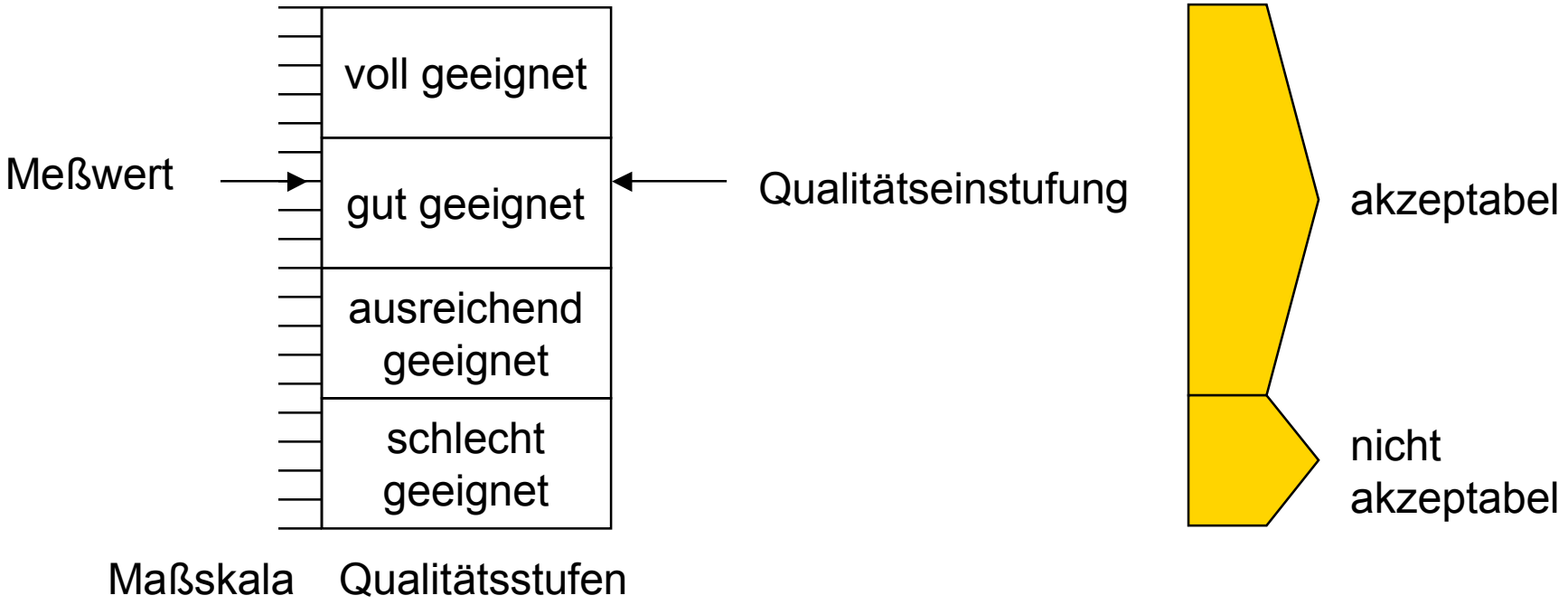
    Minimalanforderung an SW-Qualitätsmaß
  - Eine **Intervallskala** ist eine Ordinalskala erweitert um ein Abstandsmaß (Verhältnis von Intervallen: `g(x)=a*x + b`).
    Beispiele: Schulnoten.
    Zusätzliche Operationen: Arithmetisches Mittel und Standardabweichung.

Metriken und ihre Eigenschaften (2)

- Eine **Rationalskala** (Verhältnisskala) verwendet als Maßzahlen reelle Zahlen und eine Maßeinheit. Dabei kann ein absoluter oder natürlicher Nullpunkt vorhanden sein. (Verhältnis von Meßwerten: $g(x)=a*x$)
  Beispiele: Preise, Längen, Volumina, Zeiten.
  Zusätzliche Operationen: Quotientenbildung.
- Eine **Absolutskala** verwendet als Maßzahlen reelle Zahlen.
  Eine Skalenverschiebung ist nicht möglich ($g(x)=x$).
  Beispiele: Häufigkeiten, Wahrscheinlichkeiten.

- Formal ist eine Metrik für eine Menge A eine **Distanzfunktion** d: $A \times A \rightarrow IR$, wobei für alle $a,b \in A$ gilt:
  - $d(a,b) \geq 0,\ \ d(a,a) = 0$
  - $d(a,b) = d(b,a)$
  - $d(a,b) \leq d(a,c) + d(c,b)$ für alle $c \in A$ (Dreiecksungleichung)
  - $d(a,b) = 0 \Rightarrow a=b$

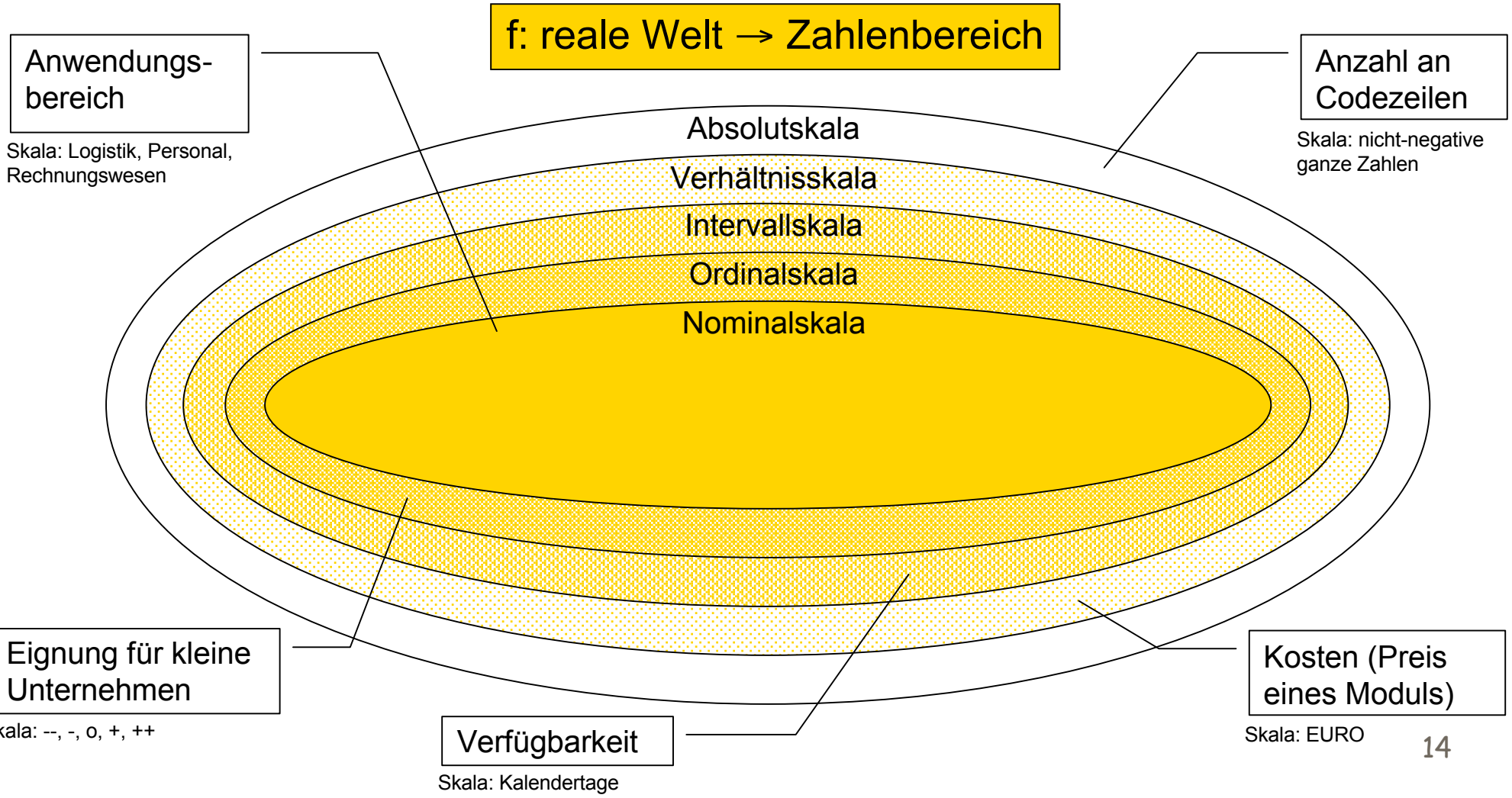
Beispiel: Qualitätsstufen nach ISO 9126



Maßtheoretische Grundlagen

Nach: Clemens Holzmann
Seminar Programmierstil, WS2002/03
Institut für Systemsoftware
Univ. Linz

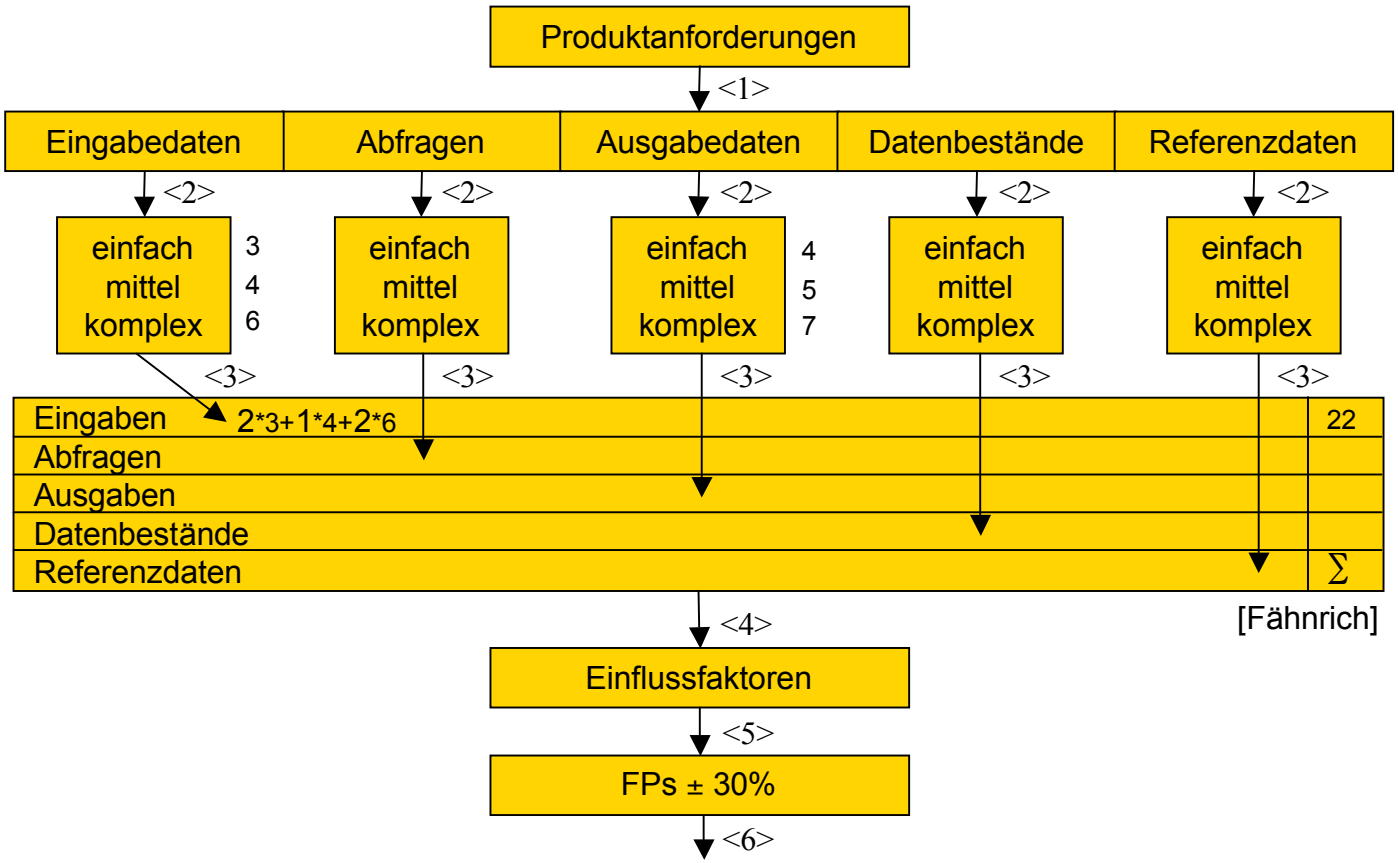
Skalenhierarchie am Beispiel eines Softwaremoduls



Beispiele für Metriken (1)

Nach: Clemens Holzmann
Seminar Programmierstil, WS2002/03
Institut für Systemsoftware
Univ. Linz

Function-Points-Metrik



<1> Jede Anforderung kategorisieren

<2> Jede Anforderung klassifizieren

<3> Anforderungen ins Berechnungsformular eintragen

<4> Einflussfaktoren bewerten

<5> Bewertete FPs berechnen

<6> Aufwand ablesen

<7> Tabelle aktualisieren

Beispiele für Metriken (2)

Nach: Clemens Holzmann
Seminar Programmierstil, WS2002/03
Institut für Systemsoftware
Univ. Linz

- LOC (lines of code)
  - ☺ Starke Korrelation mit anderen Maßen
  - ☹ Komplexität von Anweisungen und Ablaufstrukturen unberücksichtigt, abhängig von Programmierstil/ -sprache
- Halstead

Umfang $V = (N_1+N_2) * ld(n_1+n_2)$

n_1,n_2	Anzahl unterschiedl. Operatoren, Operanden
N_1,N_2	Gesamtzahl verwendeter Operatoren, Operanden
Operator	kennzeichnet Aktionen (+, *, While, For, ...)
Operand	kennzeichnet Daten (Variablen, Konstanten, ...)

  - ☺ Komplizierte Ausdrücke sowie viele verschiedene Variablen berücksichtigt
  - ☹ Schwer messbar, Ablaufstrukturen unberücksichtigt

Beispiele für Metriken (3)

Nach: Clemens Holzmann
Seminar Programmierstil, WS2002/03
Institut für Systemsoftware
Univ. Linz

- McCabe
  - Programm wird als gerichteter Graph dargestellt
  - ☺ Einfach zu berechnen
  - ☹ Komplexität von Anweisungen unberücksichtigt

Allgemein

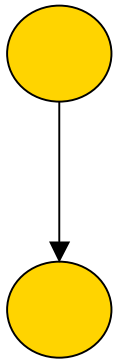
$$V(g) = e - n + 2p$$

e … Anzahl der Kanten
n … Anzahl der Knoten
p … Anz. verbundener Komponenten

Bei nur einem Ein- und Ausgang

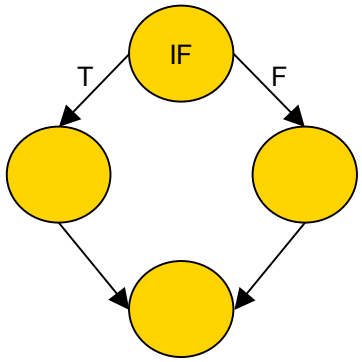
$$V(g) = 1 + \text{Anzahl der Binärverzweigungen}$$

Sequenz



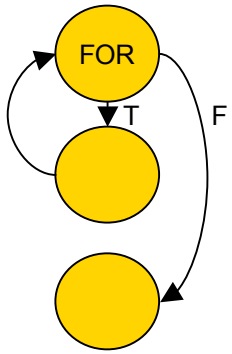
V(g) = 1-2+2 = 1
V(g) = 1+0 = 1

Auswahl



V(g) = 4-4+2 = **2**
V(g) = 1+1 = 2

Abweisende Schleife



V(g) = 3-3+2 = **2**
V(g) = 1+1 = 2

Beispiele für Metriken (4)

Nach: Clemens Holzmann
Seminar Programmierstil, WS2002/03
Institut für Systemsoftware
Univ. Linz

- Rechenberg
  - ☺ Detailliert, betrachtet viele verschiedene Aspekte
  - ☹ Schwer zu berechnen, nicht intuitiv verständlich

CC = SC + EC + DC … Gesamtkomplexität

SC ... Summe der Anweisungskomplexitäten aller Anweisungen
Wertzuweisung=1, Goto=5, Prozeduraufruf=1+Parameterzahl, While/For=3, …

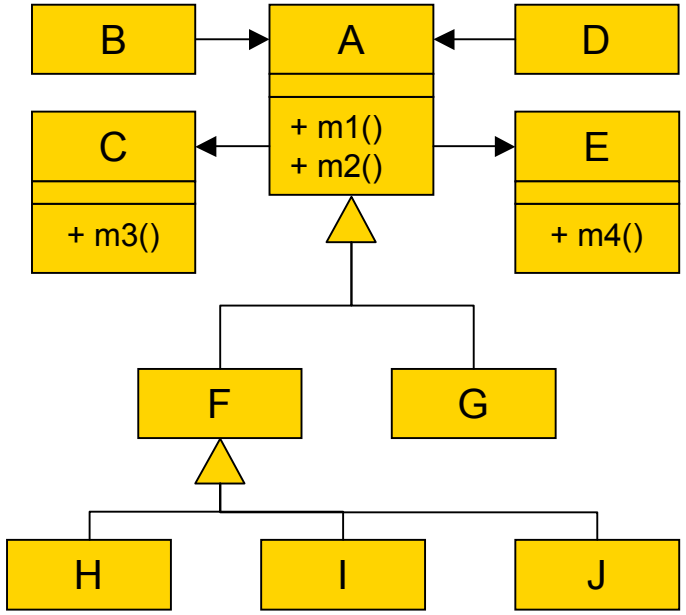
EC ... Summe der Ausdruckskomplexitäten aller Ausdrücke
+/- =1, MOD=3, Indizierung=2, AND/OR=3, MUL/DIV=2, Dereferenzierung=2, …

DC ... Summe der Datenkomplexitäten aller Bezeichner
Lokale Namen=1, Formale Parameter=2, Globale Variablen=3

Beispiele für Metriken (5)

Nach: Clemens Holzmann
Seminar Programmierstil, WS2002/03
Institut für Systemsoftware
Univ. Linz

- Objektorientierte Metriken
  - CBO (coupling between objects)
    - Anzahl der Klassen, mit denen eine Klasse gekoppelt ist
    - CBO(A)=4
  - DIT (depth of inheritance tree)
    - Maximaler Weg von der Wurzel bis zur betrachteten Klasse
    - DIT(A)=0, DIT(G)=1, DIT(H)=2
  - NOC (number of children)
    - Anzahl der direkten Unterklassen
    - NOC(A)=2, NOC(B)=0, NOC(F)=3
  - RFC (response for a class)
    - Anzahl der Methoden, die potentiell ausgeführt werden können, wenn Objekt auf eingehende Nachricht reagiert
    - RFC(A)=4, RFC(B)=0, RFC(C)=1



Werkzeugunterstützung

Nach: Clemens Holzmann
Seminar Programmierstil, WS2002/03
Institut für Systemsoftware
Univ. Linz

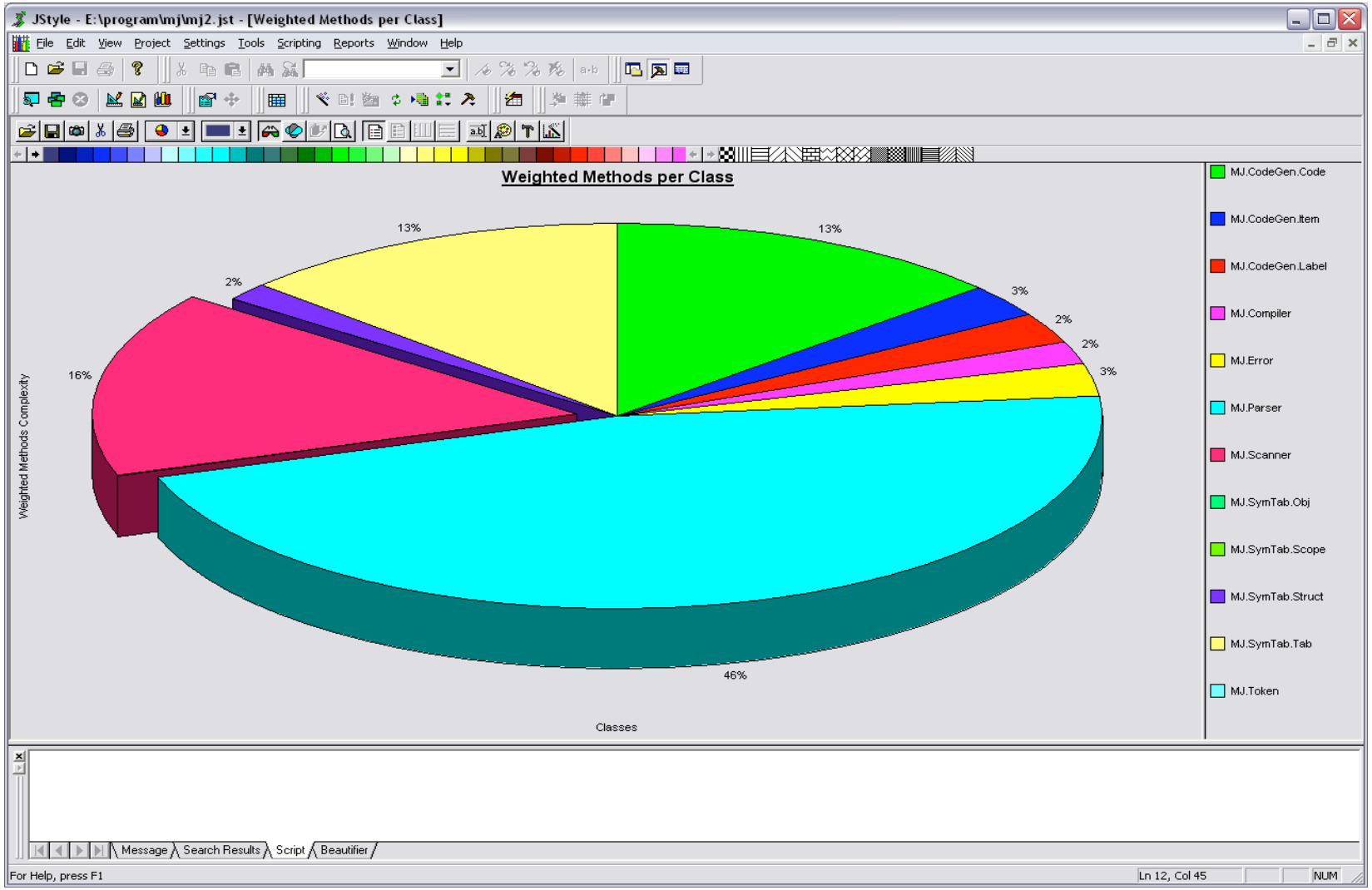
Werkzeugbeispiel JStyle 4.6

- Code-Review
  - Automatische Analyse des Sourcecodes
    - Namenskonventionen, Designfehler, Redundanz, ...
  - Skriptsprache zum Definieren eigener Regeln
  - Beautifier mit umfangreichen Einstellmöglichkeiten
- Metriken
  - Berechnung einer Vielzahl von Sourcecode-Metriken
    - Projekt-Level: Anzahl an Klassen, Kommentardichte, ...
    - Klassen-Level: DIT, RFC, WMC, ...
    - Methoden-Level: LOC, Halstead, McCabe, ...
  - Diagramme zur Darstellung von Metriken
    - Balken-, Torten- und Streudiagramm, Summenkurve, Box-Plot, ...

Werkzeugunterstützung

Nach: Clemens Holzmann
Seminar Programmierstil, WS2002/03
Institut für Systemsoftware
Univ. Linz

Werkzeugbeispiel JStyle 4.6



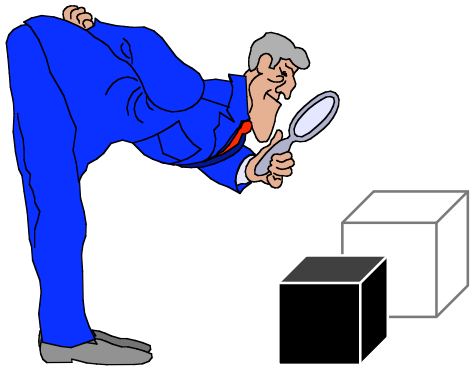
Testen

Ziele:

- Auffinden von Fehlern
- Nachweis der Funktionstüchtigkeit der Software
- Nachweis des korrekten Aufbaus der Software
- Nachweis der Leistungsfähigkeit der Software

Methoden:

- Blackbox-Test
- Whitebox-Test



Problem:

- Konstruktion von Testreihen
  und Testszenarios, die alle definierten
  Teile des getesteten Systems überdecken.

Testprinzipien / Psychologie des Testens (1)

- Explizite Festlegung der erwarteten Werte / Resultate ist notwendig (vor dem eigentlichen Test!)
- Programme sollten nicht durch ihre Ersteller getestet werden
- Testergebnisse müssen gründlich überprüft werden
- Auch für ungültige, unerwartete, sinnlose Eingabedaten müssen Tests durchgeführt werden
- Tests müssen untersuchen
  - ob ein Programm etwas nicht tut, was es tun sollte
  - ob ein Programm etwas tut, was es nicht tun sollte

Testprinzipien / Psychologie des Testens (2)

- "Wegwerftestfälle" sind unbedingt zu vermeiden
- Reproduzierbarkeit von Tests ist zu gewährleisten
- Tests müssen unter der Annahme geplant und durchgeführt werden, daß Fehler auftreten
- In Programmteilen, in denen bereits viele Fehler gefunden wurden, ist die Wahrscheinlichkeit weiterer Fehler besonders hoch
- Testen ist eine extrem kreative und intellektuell herausfordernde Aufgabe!

Whitebox-Test

- Testen auf der Basis der Programmstruktur/-logik
- Möglichst viele Pfade durch das Programm, die sich durch den Kontrollfluß ergeben, durchlaufen
- Vollständige Whitebox-Tests nicht durchführbar
- Weitere Probleme der Whitebox-Tests:
  - Bezug zur Spezifikation häufig vernachlässigt
  - Programmlücken können nicht getestet werden
  - Fehler, die von speziellen Datenkonstellationen abhängig sind, werden u.U. nicht entdeckt

Testverfahren: Statische Verfahren

- Software wird nicht auf dem Computer ausgeführt ("Human testing")
- Primärer Gegenstand der Tests ist der Programmtext (in Verbindung mit der Spezifikation)
- Maßnahmen
  - Review/Code-Inspektion/Walkthrough
  - Theoretische Verifikation und Komplexitätsanalysen

Code-Inspektion / Walkthrough

- Durchführung in einem Team von ca. 4 Personen
- Neben dem Programmersteller gehören ein Moderator und Programm- und Testspezialisten zum Team
- Durchführung
  - Programmierer erläutert die Programmlogik Anweisung für Anweisung
  - Teammitglieder stellen Fragen u. identifizieren Fehler

Code-Inspektion / Walkthrough

- Programm wird mit Hilfe von Fehlerprüflisten analysiert
- Empfehlenswerte Dauer einer Sitzung ca. 2 Stunden (ca. 300 Anweisungen)
- Häufig eingesetztes Verfahren
- Erfolgreiches Verfahren: Studien ergaben Wirkungsgrade von 30% - 80% der Fehlerentdeckung
- Walkthrough: Durchspielen von vorbereiteten Testfällen durch die Mitglieder des Teams

Testverfahren: Dynamische Verfahren

- Software wird mit Testdaten ausgeführt
- Ausführung in realer Umgebung
- Prinzip des Stichprobenverfahrens
- Notwendigkeit zur Auswahl von Testfällen und Testdaten

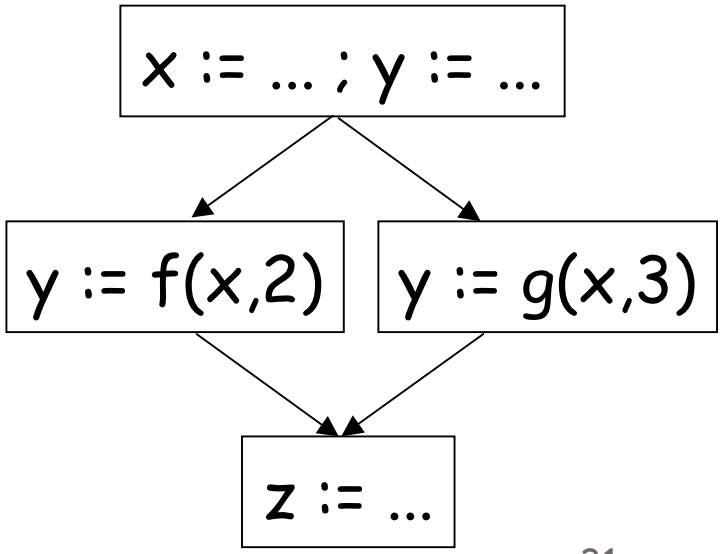
Unterscheidung Testfälle - Testdaten

- Testfall:
  - eine aus der Spezifikation oder dem Programm abgeleitete Menge von Eingabedaten zusammen mit den zugehörigen erwarteten Ergebnissen
- Testdaten:
  - Teilmenge der Eingabedaten der Testfälle, mit denen das Programm tatsächlich ausgeführt wird

Kontrollflußbezogene Verfahren (1)

- Darstellung der Programm(-teile) als Kontrollflußgraphen
  - Anweisungen (Anweisungsblöcke) als Knoten des Graphen
  - Kontrollfluss als gerichtete Kanten zwischen Knoten
  - Zweig: Einheit aus einer Kante und den dadurch verbundenen Knoten
  - Pfad: Sequenz von Knoten und Kanten, die am Startknoten beginnt und am Endknoten endet

```
x := ... ; y := ...
IF x > 5 AND y < 2
THEN y := f(x,2)
ELSE y := g(x,3)
z := ...
```



Kontrollflussbezogene Verfahren (2)

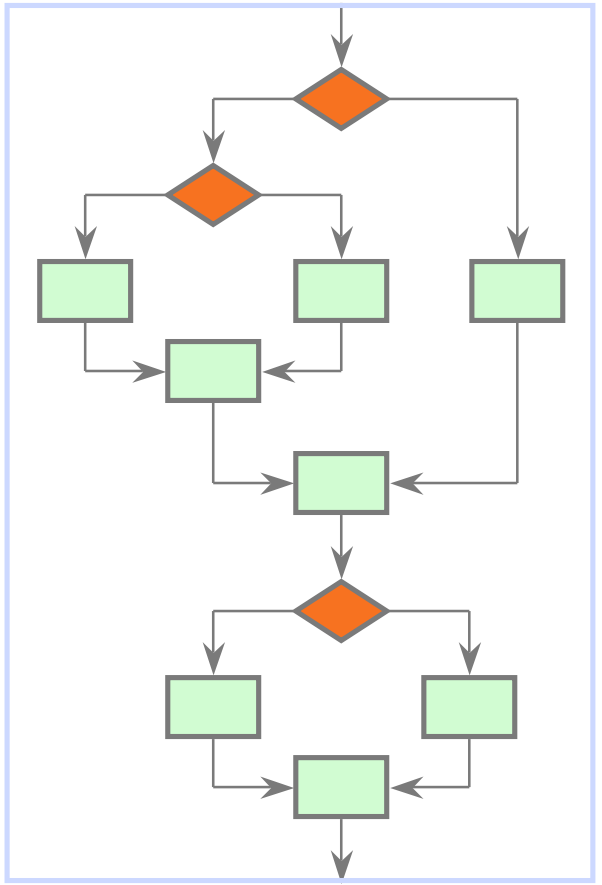
- Prinzip der "Überdeckung von Kontrollstrukturen" durch Testfälle (Coverage Analysis):
  - Gezieltes Durchlaufen (von Teilen) der Kontrollstrukturen durch geeignete Gestaltung der Testfälle
  - Angestrebter/erreichter Überdeckungsgrad in Prozent angegeben

Arten der Überdeckung von Kontrollstrukturen

- Anweisungsüberdeckung:
  - Alle Anweisungen werden mindestens einmal ausgeführt
- Zweigüberdeckung:
  - Alle Verzeigungen im Kontrollfluss werden mindestens einmal verfolgt
- Bedingungsüberdeckung:
  - Alle booleschen Wertekonstellationen von (Teil-) Bedingungen werden einmal berücksichtigt
- Pfadüberdeckung:
  - Durchlaufen aller Pfade von Start- zum Endknoten (außer bei sehr kleinen Programmen nur theoretisch möglich)

Coverage Analysis

Validierung der Vollständigkeit von Testreihen anhand von Metriken

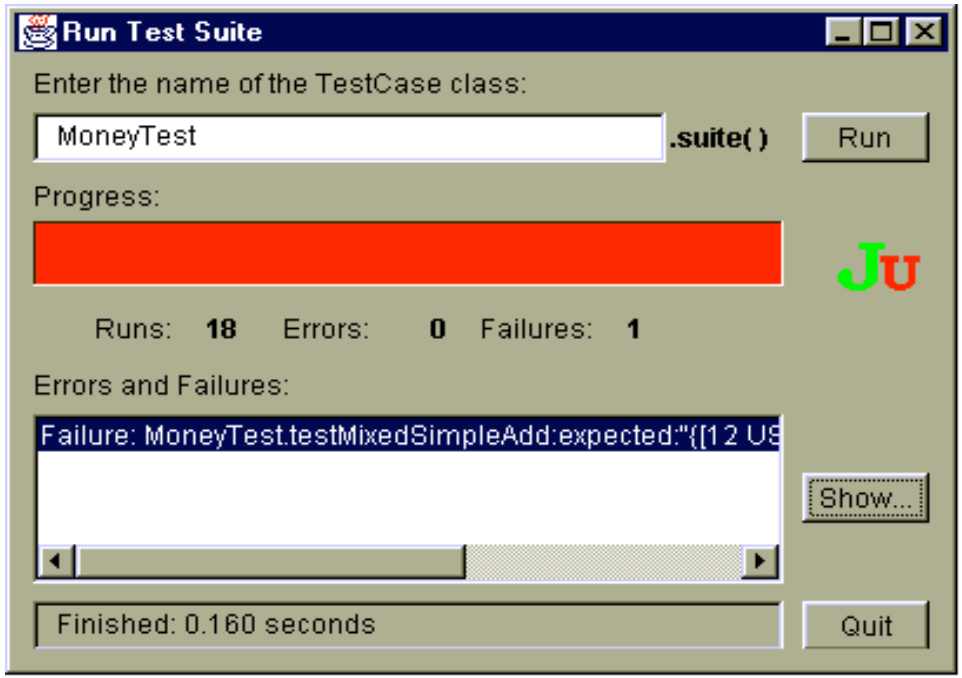


Arten:

- Anweisungsüberdeckung (statement coverage)
  -> zu schwach
- Entscheidungsüberdeckung (branch coverage)
  -> minimum mandatory testing requirement
- Pfadüberdeckung (path coverage)
  -> in der Praxis nicht durchführbar

JUnit

- Framework, um den Unit-Test eines Java-Programms zu automatisieren.
- einfacher Aufbau
- leicht erlernbar



Many thanks to Carrara Engineering for making their slides available: http://www.carrara.ch/cspb/html/Tools/JUnit/

Konstruktiver Ansatz

- Testfälle werden in Java programmiert, keine spezielle Skriptsprache notwendig.
- Idee ist inkrementeller Aufbau der Testfälle parallel zur Entwicklung.
  - Pro Klasse wird mindestens eine Test-Klasse implementiert.

Simple Test Case [1/2]

```
public class Money {

   private double amount;

   public Money(double amount) {
        this.amount = amount;
   }

   public double getAmount () {
        return amount;
   }
}
```

Simple Test Case [2/2]

```
import junit.framework.*;

public class MoneyTest extends TestCase {

    public MoneyTest(String name) {
        super(name);
    }

    public void testAmount() {
        Money money = new Money(2.00);
        assertEquals("err-msg", 2.00, money.getAmount());
    }

    public static void main(String[] args) {
    junit.swingui.TestRunner.run(MoneyTest.class);
    }
}
```

Anatomie eines Testfalls [1/3]

- Jede Testklasse wird von der Framework-Basisklasse `junit.framework.TestCase` abgeleitet.
- Jede Testklasse erhält einen Konstruktor für den Namen des auszuführenden Testfalls.

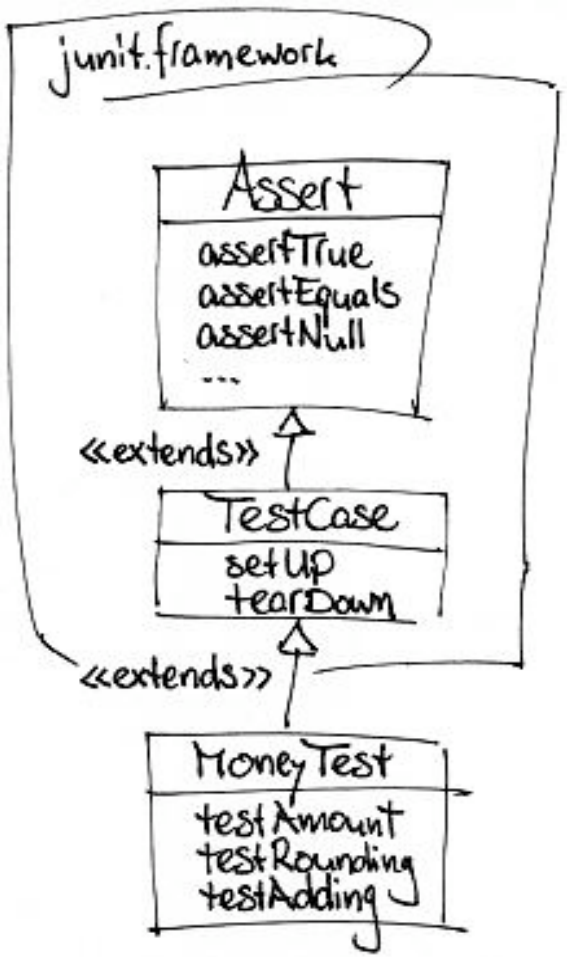
Anatomie eines Testfalls [2/3]

- JUnit erkennt die Testfälle anhand des Signaturmusters
  `public void testXXX()`
- Das Framework kann mit dem Java-Reflection-Package die Testfälle somit automatisch erkennen.

Anatomie eines Testfalls [3/3]

- Die `assertEquals` Methode dient dazu, eine Bedingung zu testen.
- Ist eine Bedingung nicht erfüllt, d.h. `false`, protokolliert JUnit einen Testfehler.
- Der `junit.swingui.TestRunner` stellt eine grafische Oberfläche dar, um die Test kontrolliert ablaufen zu lassen.

Das JUnit-Framework



Assert [1/4]

- Die Klasse Assert definiert eine Menge von `assert` Methoden, welche die Testklassen erben.
- Mit den `assert` Methoden können unterschiedliche Behauptungen über den zu testenden Code aufgestellt werden.
- Trifft eine Behauptung nicht zu, wird ein Testfehler protokolliert.

Was kommt beim nächsten Mal?