Software-Qualitätsmanagement

Vorlesung im Modul 10-202-2319 Software-Management

Sommersemester 2014

Prof. Dr. Hans-Gert Gräbe

http://bis.informatik.uni-leipzig.de/HansGertGraebe

Review

Manuelle Prüfmethode, mit welcher Stärken und Schwächen eines schriftlichen Dokuments in Bezug auf Referenzunterlagen nach individueller Vorbereitung der Gutachter in einer Teamsitzung identifiziert werden, um diese durch den Autor beheben zu lassen.

- Weniger stark formalisiert als Inspektion.
- **Ziel**: Feststellung von Mängeln, Fehlern, Inkonsistenzen, Unvollständigkeiten sowie Verstößen gegen Vorgaben und Richtlinien
- **Dokumente**: Prüfobjekt, Referenzdokumente
  - Dokumente: max. 50 Seiten, 5 Gutachter, 10 Seiten/Std.
  - Code: max. 20 Seiten, 3 Gutachter, 5 Seiten/Std.
- **Rollen**: Moderator, Autor, Protokollführer, 2-5 Gutachter

- **Vorgehen**: Beantragung, Eingangsprüfung, optionale Einführungs-Sitzung, individuelle Vorbereitung, Review-Sitzung, Überarbeitung, Bestätigung
  - Ablauf ist im Wesentlichen wie bei einer Inspektion
  - Eingangsprüfung wird vom Manager u. U. zusammen mit dem Moderator durchgeführt
- **Aufwand**: 15% (Code) – 20% (Dokumente) des Aufwands für die Erstellung des Prüfobjekts
- **Nutzen**: 60 – 70% der Fehler werden gefunden.
  - Reduktion der Fehlerkosten in der SE um 75% und mehr
  - Nettoeinsparungen in der Entwicklung um ca. 20%, in der Wartung um ca. 30%.

Durchsprache (Walkthrough)

Manuelle informale Prüfmethode, um in einer Teamsitzung Fehler, Defekte, Unklarheiten und Probleme in schriftlichen Dokumenten zu identifizieren und durch den Autor beheben zu lassen.

- Noch weniger stark formalisiert als Review.
- **Ziele**:
  - Identifikation von Defekten
  - Vermittlung von Inhalten (Ausbildung der Mitarbeiter)
- **Dokumente**: Prüfobjekt oder Teilprodukte
- **Rollen**: Autor, Gutachter
- **Vorgehen**: Gruppensitzung unter Leitung des Autors nach (optionaler) individueller Vorbereitung
- **Aufwand**: relativ gering
- **Nutzen**: Auf Grund des informellen Charakters schwer messbar

Vorteile

- geringer Aufwand
- auch für kleine Entwicklungsteams geeignet
- sinnvoll für „unkritische“ Dokumente bzw. Dokumente in frühen Entwicklungsphasen
- Durch Einbeziehung von Kunden/Nutzern als Gutachter können Unvollständigkeiten und Missverständnisse aufgedeckt werden
- gut geeignet, um das Wissen über ein Dokument auf eine breite Basis zu stellen.

Nachteile

- Es werden wenig konkrete Defekte identifiziert.
- Autor kann die Durchsprache dominieren
- Überarbeitung des Prüfobjekts liegt im Ermessen des Autors und wird nicht nachgeprüft.

UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

Andere manuelle Prüfmethoden

- **Stellungnahme**: Der Autor bittet ein oder mehrere Kollegen um Kommentare zu einem Prüfobjekt. Der Autor gibt den Kollegen Kopien des Prüfobjekts und erhält diese mit Kommentaren zurück.
- **Round-Robin-*Review***: Ziel ist es, Argumente für die Güte des Prüflings zu sammeln. Jeder Gutachter versucht in der *Review*-Sitzung die anderen davon zu überzeugen, dass die Qualität des Prüfobjekts akzeptabel ist.
- **Peer-*Review***: Gutachter werden in einem Raum „eingeschlossen“, untersuchen ein oder mehrere Prüfobjekte, und liefern Gutachten dazu. Das *Review*-Team bestimmt selbst die Aufgabenverteilung und die Vorgehensweise.

Zusammenfassung

Manuelle Prüfmethoden dienen dazu, Produkt- oder Prozesseigenschaften zu überprüfen, welche durch automatische Werkzeuge nicht oder nur unzureichend festgestellt werden können.

Die Effektivität hängt vor allem von folgenden Punkten ab

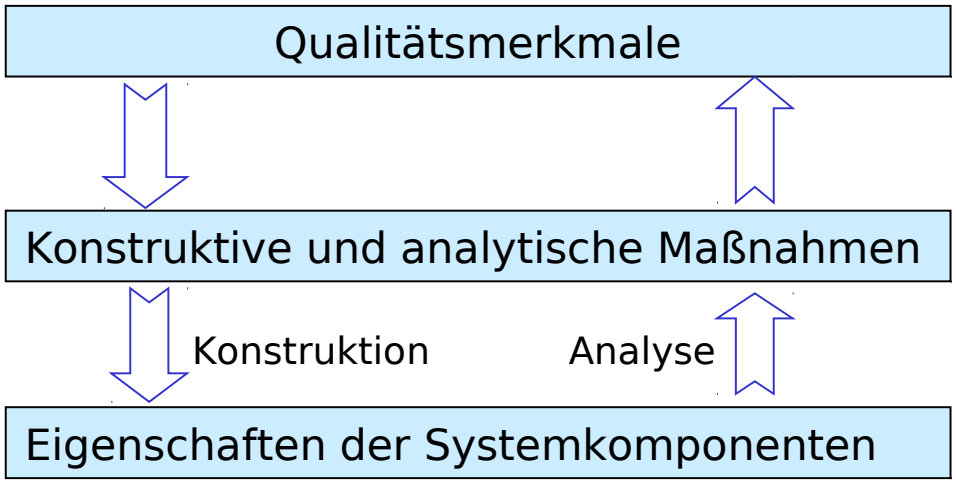
- Gutachter konzentrieren sich auf einzelne Aspekte
- Gutachter bereiten sich individuell und schriftlich vor
- In einer Team-Sitzung werden moderiert die Ergebnisse zusammengetragen und weiter analysiert. Lösungen werden dabei nicht diskutiert.
- Der Prüfaufwand ist in der Projektplanung berücksichtigt.

Der Aufwand (Review oder Inspektion) liegt bei 15-20% des Erstellungsaufwands für das entsprechende Produkt oder Dokument.

UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

Software-Produktqualität ist abhängig von:

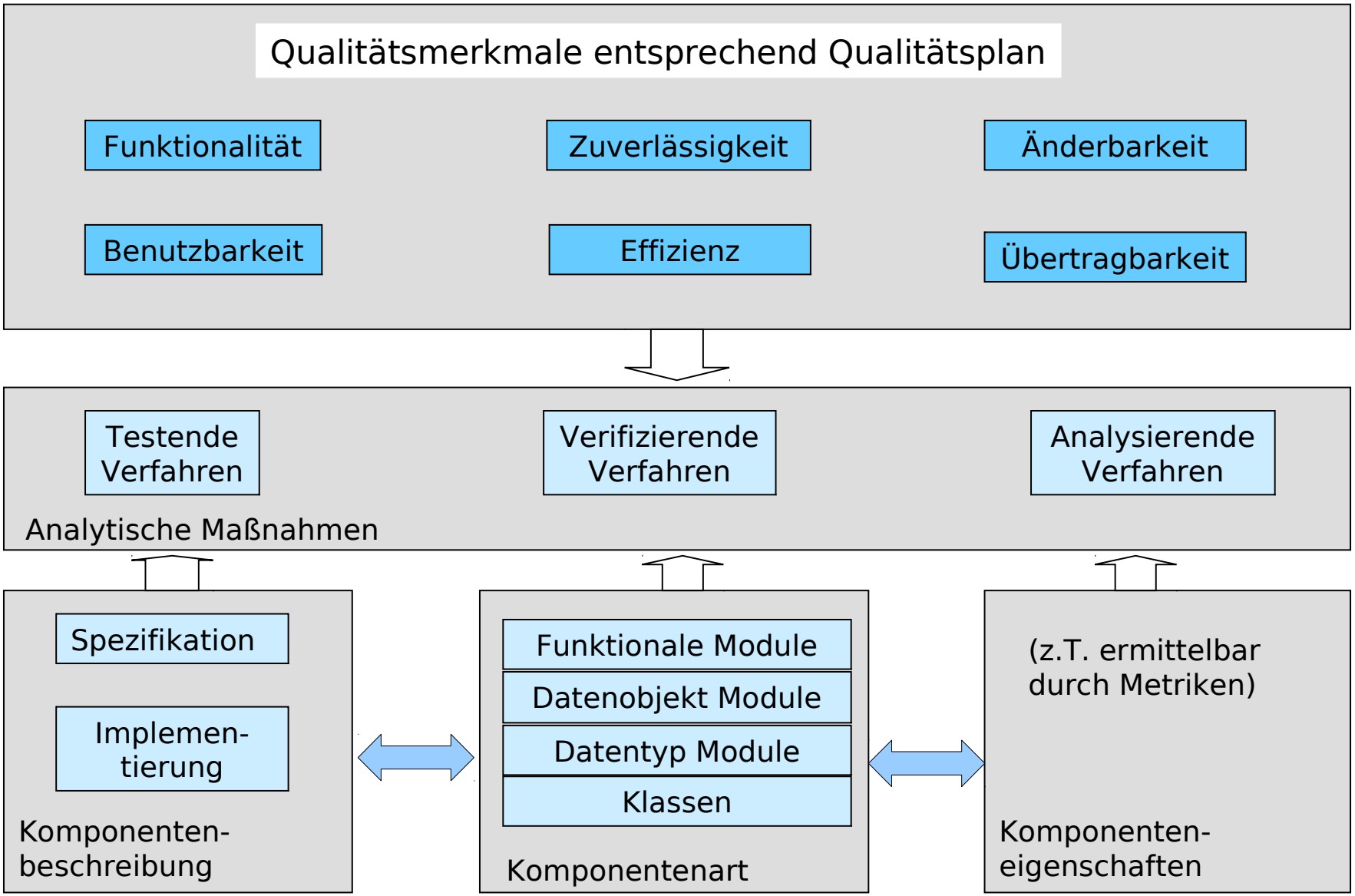
- Qualität der Systemkomponenten
- Qualität der Beziehungen zwischen den Komponenten



- Konstruktive Maßnahmen siehe VL „Software-Technik“
- analytische Maßnahmen beziehen sich im Wesentlichen auf Funktionalität, Zuverlässigkeit und evtl. Änderbarkeit

UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

1. Einführung



Fehler als zentraler Begriff

Konstruktives Ziel: Entwicklung fehlerfreier Software-Komponenten

Analytisches Ziel: Nachweis der Fehlerfreiheit bzw. Abschätzung der Fehlerhäufigkeit von Software-Komponenten

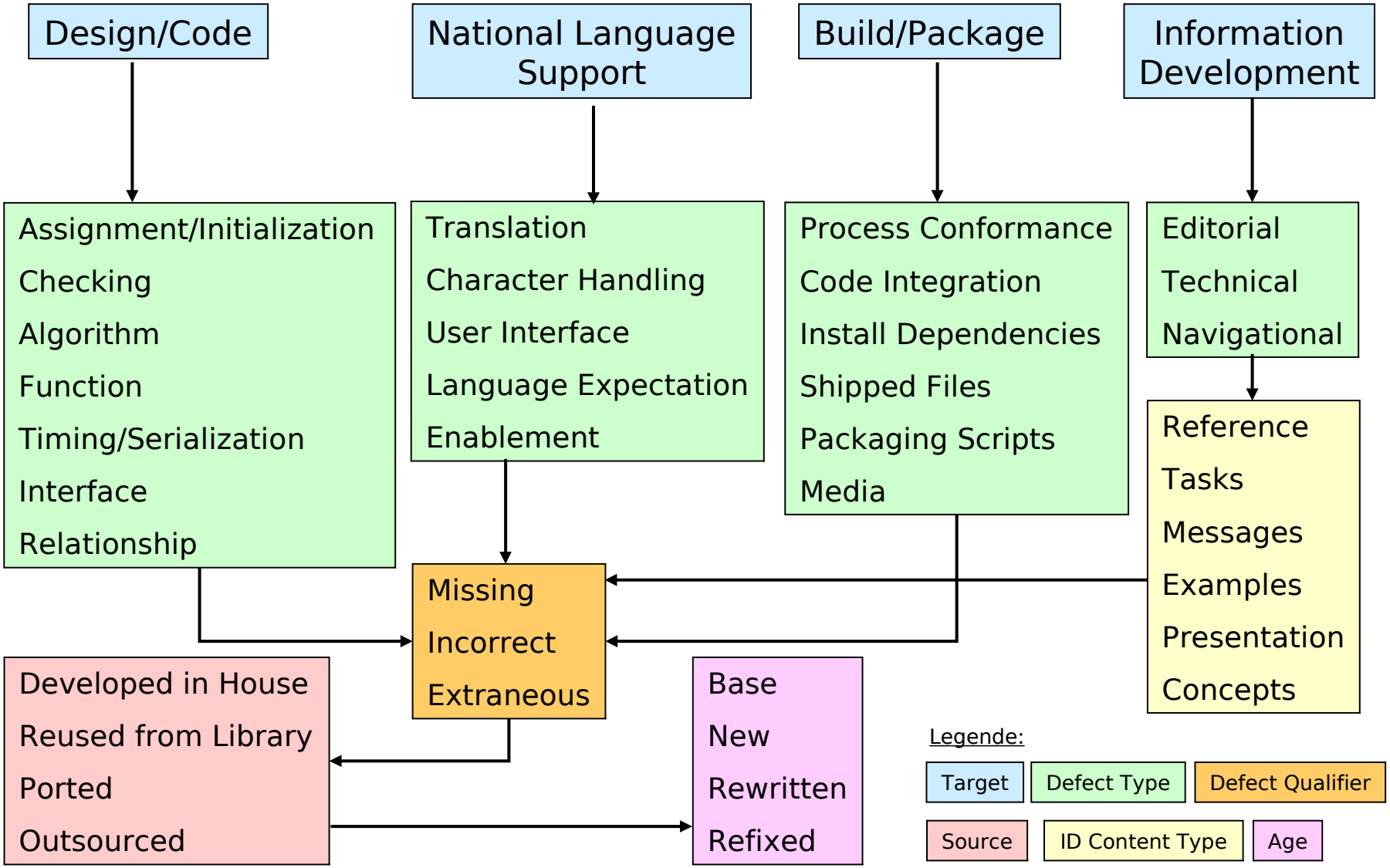
Als **Fehler** wird

- jede Abweichung der tatsächlichen Ausprägung eines Qualitätsmerkmals von der vorgesehenen Soll-Ausprägung,
- jede Inkonsistenz zwischen der Spezifikation und der Implementierung und
- jedes strukturelle Merkmal des Programmtexts, das ein fehlerhaftes Verhalten des Programms verursacht,

bezeichnet.

UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

2. Was sind Fehler?



Analyseverfahren

Die Art und die Eigenschaften der Systemkomponenten bestimmen die Auswahl geeigneter analytischer Maßnahmen:

- Funktionale Module
- Datenobjekt-Module
- Datentyp-Module
- Klassen

Unterschied der eingesetzten analytischen Maßnahmen insbesondere zwischen Komponenten mit komplexen Kontrollstrukturen und Komponenten mit komplexen Datenstrukturen.

3. Analyseverfahren

Testende Verfahren haben das Ziel, Fehler zu erkennen

- Dynamische Testverfahren
- Statische Verfahren

Verifizierende Verfahren sollen die Korrektheit einer Komponente beweisen

- Verifikation
- Symbolische Ausführung

Analysierende Verfahren sollen Eigenschaften von Komponenten darstellen oder vermessen

- Analyse der Bindungsart
- Metriken
- Grafiken und Tabellen
- Anomalienanalyse

UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

Testende Verfahren - Prinzipieller Zugang

- Das tatsächliche Verhalten wird **stichprobenartig** an Hand einer Menge von **Testfällen** untersucht und die Ergebnisse mit den erwarteten Ergebnissen (Spezifikation, Normen) verglichen und dokumentiert.
- Testfälle werden entsprechend den Testzielen speziell ausgewählt.
- Einsatz um
  - Programmfehler aufzufinden (Bugs)
  - Wiederauftreten von Fehlern zu vermeiden (Regressionstests)
- Fehlerfreiheit ist plausibel, aber nicht garantiert.
- Abzugrenzen von
  - **Verifikation** als strengem Korrektheitsbeweis
  - **Ausprobieren** als einer Entwicklungsmethode (trial and error)

UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

Begriff des Programms

- Programm = schrittweise Transformation einer Menge von Eingabedaten in eine Menge von Ausgabedaten nach einem vorgegebenen Algorithmus
- Black-Box-Betrachtung: f: X $\rightarrow$ Y
  - Spezifikation, funktionale Korrektheit
- Transformation = Abarbeiten einzelner Programmschritte, in denen die Daten entsprechend den angegebenen Instruktionen verändert werden.
  - zustandsorientierte Betrachtung: Datenfluss
  - übergangsorientierte Betrachtung: Kontrollfluss
- Programmstatus = Zustand der Gesamtheit der durch das Programm manipulierten Daten
  - Anweisungen und Deklarationen
  - Variablenbegriff als Wertcontainer
    - Sichtbarkeit und Lebensdauer
    - Compilezeit und Laufzeit

Statische und dynamische Testverfahren

Dynamische Testverfahren

- übersetztes und ausführbares Programm wird mit konkreten Eingabewerten ausgeführt
- evtl. Instrumentierung des Programms
- Test in realer Laufzeitumgebung
- Stichprobenverfahren (Testfälle)
- Ziele: Finden von Fehlern (debugging), Finden und Optimieren laufzeitkritischer Bereiche (profiling)
- Korrektheit kann so nicht bewiesen werden
- Klassifikation nach Herkunft der Testfälle

Statische Testverfahren

- Analyse des Quellcodes, evtl. testfallorientiertes Durchgehen
- typische Verfahren: manuelle Prüfmethoden

Glossar

Prüfling, **Testling** oder **Testobjekt**

- das zu testende Programm oder die Komponente (Prüfling als allgemeiner Begriff)

Testverfahren

- grundlegendes Verfahren, mit dem einzelne Eigenschaften eines Testlings durch eine geeignete Anzahl von Testfällen untersucht werden

Testfall

- Satz von Testdaten, der die vollständige Ausführung eines zu testenden Programms bewirkt

Testdatum

- Eingabewert, der einen Eingabeparameter des Testobjekts instanziiert

UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

Testtreiber

- Testrahmen, mit dem eine nicht extern zugängliche Funktion interaktiv aufgerufen werden kann.
- Können durch Testwerkzeuge automatisch generiert werden.

Instrumentierung

- Der Quellcode des Testlings wird für die Analyse der Testfälle mit zusätzlichem Protokollcode versehen oder dieser aktiviert.
- Instrumentierter Testling wird übersetzt. Protokoll enthält Informationen über das Laufzeitverhalten des Testlings während des Abarbeitens der einzelnen Testfälle.

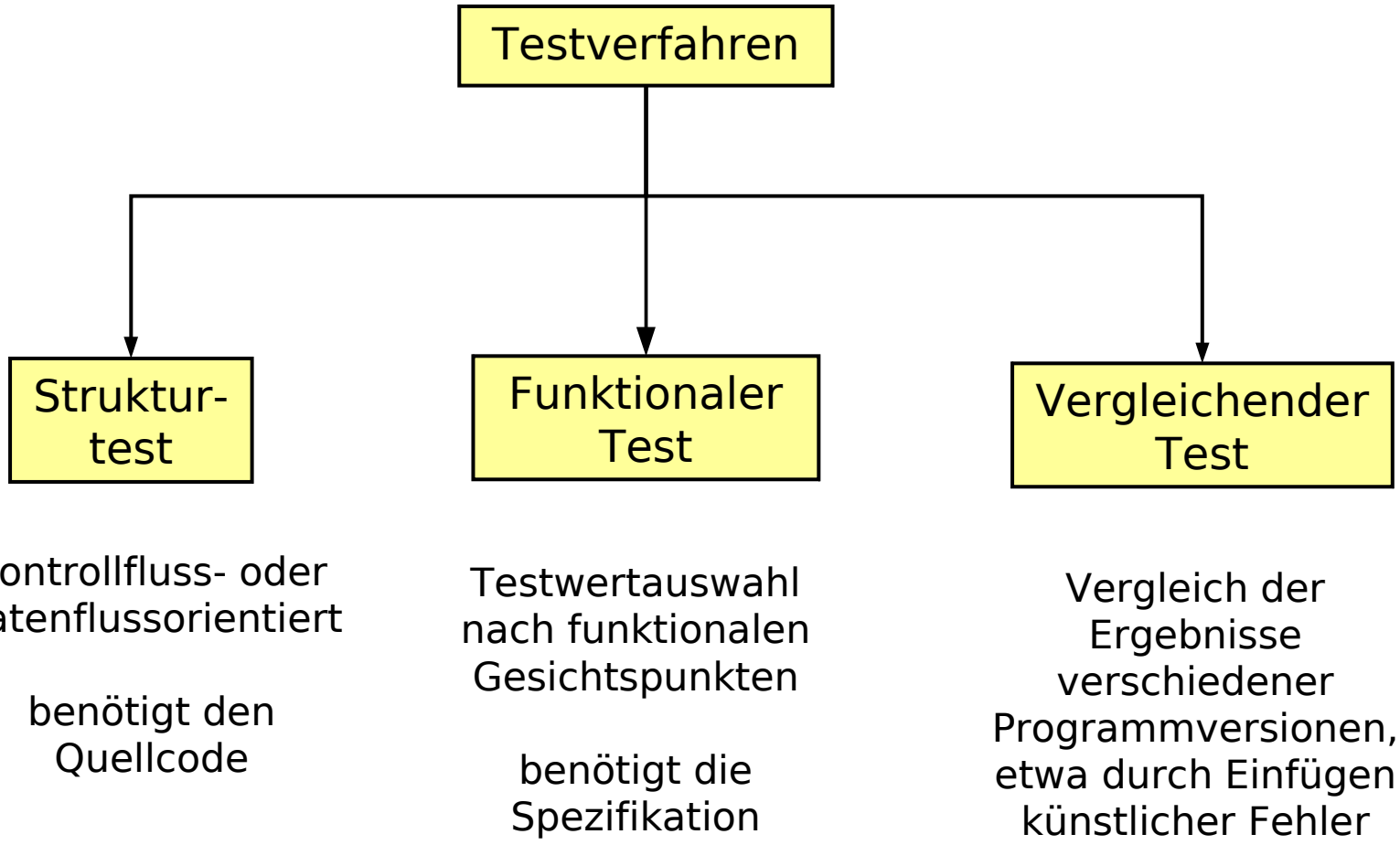
Überdeckungsgrad

- Maß für den Grad der Vollständigkeit eines Tests bezogen auf ein bestimmtes Testverfahren

Regressionstest

- automatische werkzeuggestützte Neuausführung bereits durchlaufener Tests nach Änderungen am Testling.

Klassifikation testender Verfahren



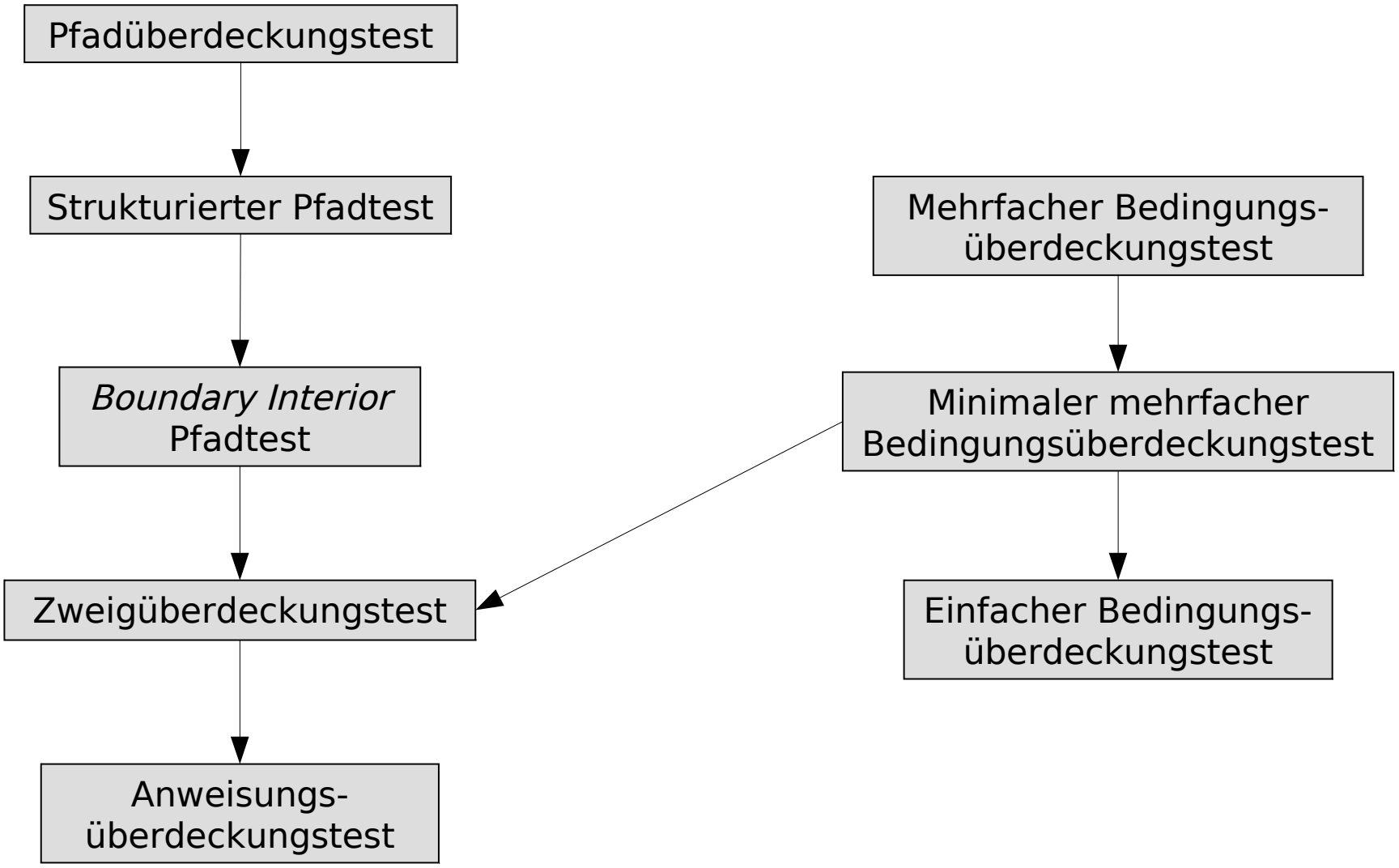
UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

- **Strukturtest**
  - kontrollflussorientiert (Monitoring des Programmflusses)
    - Anweisungsüberdeckung
    - Zweigüberdeckung
    - Pfadüberdeckung (volle Version kombinatorisch exponentiell!)
    - Bedingungsüberdeckung
  - datenflussorientiert (Monitoring der Programmdaten)

- **Funktionaler Test**
  - funktionale Äquivalenz
  - Grenzwertanalyse
  - Test spezieller Werte (Szenarios)
  - Zufallstest
  - zustandsübergangsgetriebene Tests

Überblick

- Basieren auf der Kontrollstruktur des zu prüfenden Programms
- Gehören zu den Strukturtest-, White Box- oder Glass Box-Verfahren
- **Ziel** ist, mit möglichst wenigen Testfällen alle Anweisungen, Zweige oder Pfade zu durchlaufen
- Sorgfältige Auswahl der Testfälle, um mögliche strukturelle Probleme genau zu überdecken.


Pfadüberdeckungstest
Strukturierter Pfadtest
Boundary Interior Pfadtest
Zweigüberdeckungstest
Anweisungs-überdeckungstest
Mehrfacher Bedingungs-überdeckungstest
Minimaler mehrfacher Bedingungsüberdeckungstest
Einfacher Bedingungs-überdeckungstest

Ein Beispiel

/* **Funktion**: ZaehleZchn

Aufgabe: Die Prozedur ZaehleZchn zählt die Zeichen sowie Vokale in einem String. Dazu werden die Klassenvariablen *Gesamtzahl* und *VokalAnzahl* der Klasse *count* inkrementiert.

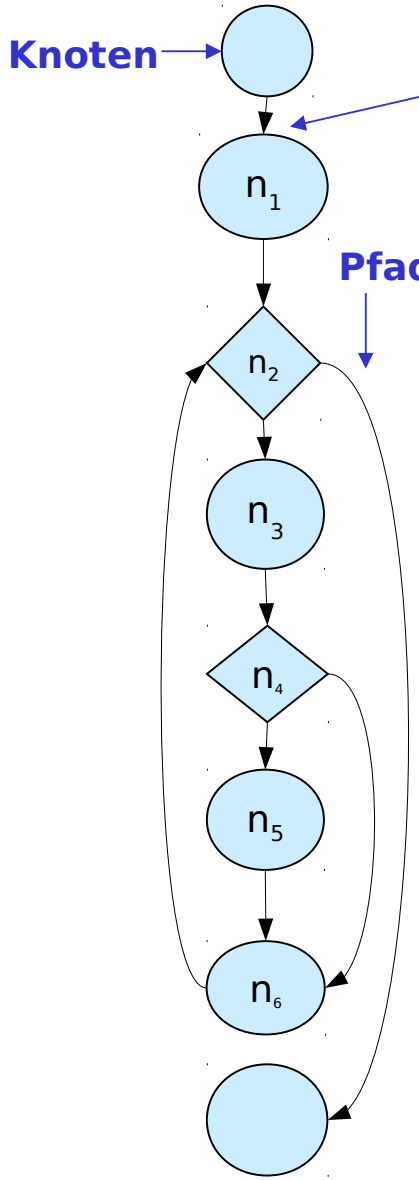
Randbedingung: Die Funktion stellt sicher, dass Gesamtzahl stets größer oder gleich VokalAnzahl ist. */

```
public static void main(String[] argv) {
        Gesamtzahl=0;
        VokalAnzahl=0;
        for(int i=0; i<argv.length; i++)
            zaehleZeichen(argv[i].toUpperCase());
        System.out.println("Argumente enthalten "+Gesamtzahl+
            " Zeichen, davon "+VokalAnzahl+" Vokale");
   }
}
```

```
public class count {

    static int Gesamtzahl;
    static int VokalAnzahl;

    static void zaehleZeichen(String s) {
            int i=0;
            char Zchn=s.charAt(i++);
            while(i<s.length()) {
                Gesamtzahl+=1;
                if ((Zchn == 'A') || (Zchn == 'E') || (Zchn == 'I')
                        || (Zchn == 'O') || (Zchn == 'U'))
                        VokalAnzahl+=1;
                Zchn=s.charAt(i++);
            }
    }
```

Kontrollflussgraph

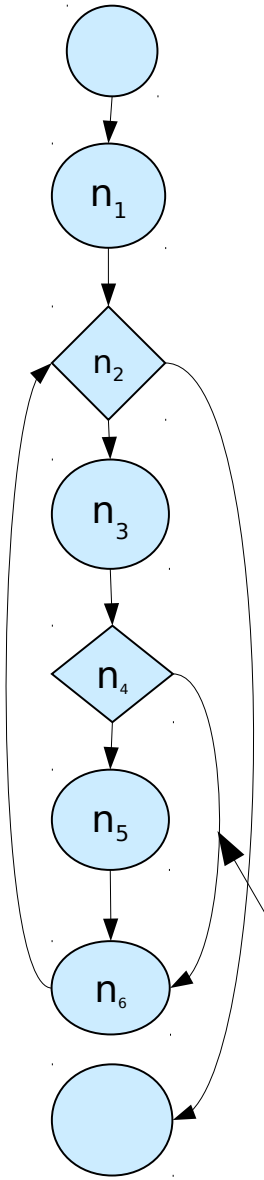
- auch Programm-ablaufplan
- Gerichteter Graph, bestehend aus Knoten und Kanten
- Besitzt einen Start- und einen Endknoten
- Folge von Knoten und Kanten vom Start- zum Endknoten heißt Pfad




```
i=0;
Zchn=s.charAt(i++)

while(i<s.length())

Gesamtzahl += 1;

if  ((Zchn == 'A‘) ||
(Zchn == 'E‘) || (Zchn == 'I‘) ||
(Zchn == 'O‘) || (Zchn == 'U‘))

VokalAnzahl += 1;

Zchn=s.charAt(i++);
```

2.1 Anweisungsüberdeckungstest

- Auch C_0-Test (C = *Coverage*) genannt
- Verlangt Ausführung aller Anweisungen (**Knoten**)
- Testmenge: {„A“}
- Ein Zeichen reicht aus. Testpfad enthält alle Knoten, aber nicht alle Kanten




```
i=0;
Zchn=s.charAt(i++)

while(i<s.length())

Gesamtzahl += 1;

if  ((Zchn == 'A‘) ||
(Zchn == 'E‘) || (Zchn == 'I‘) ||
(Zchn == 'O‘) || (Zchn == 'U‘))

VokalAnzahl += 1;

Zchn=s.charAt(i++);
```

Zweig (n_4, n_6) wird nicht notwendig ausgeführt

2.1 Anweisungsüberdeckungstest

Eigenschaften:

- 100prozentige Überdeckung bedeutet: jede Anweisung wurde mindestens einmal ausgeführt
- Wesentliche Aspekte eines Programms werden nicht geprüft

Metrik: *Überdeckungsgrad =*

Zahl der ausgeführten Anweisungen / Gesamtzahl aller Anweisungen

Leistungsfähigkeit:

- Niedrigste Fehleridentifizierungsquote, 18 % der Fehler werden entdeckt

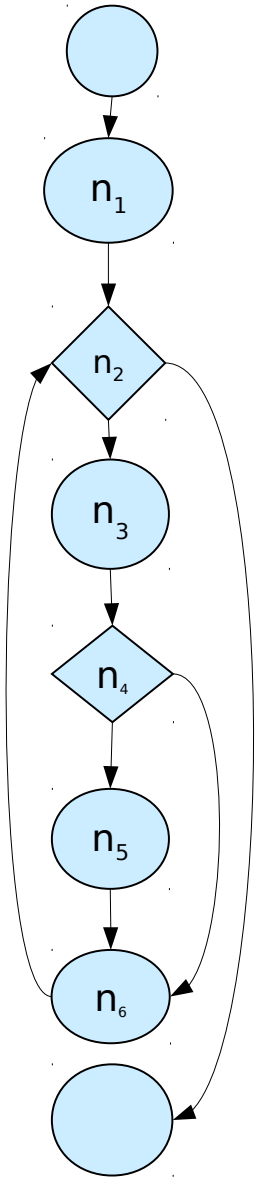
Bewertung:

- *Notwendiges*, aber nicht hinreichendes Testkriterium
- Nicht ausführbarer Code kann gefunden werden
- Eigenständig nicht geeignet, aber in Kombination mit anderen Verfahren

2.2 Zweigüberdeckungstest

- Auch C_1-Test genannt
- Verlangt Ausführung aller Zweige (**Kanten**)
- Testmenge: {„AB“}
- Zwei Zeichen reichen aus. Testpfad enthält alle Kanten.

  Insbesondere sind die Kanten $n_4 – n_5 – n_6$ (Durchlauf mit „A“) sowie $n_4 – n_6$ (Durchlauf mit „B“) abgedeckt
- Zweigüberdeckung wird auch als Entscheidungs-überdeckung bezeichnet




```
i=0;
Zchn=s.charAt(i++)

while(i<s.length())

Gesamtzahl += 1;

if  ((Zchn == 'A‘) ||
(Zchn == 'E‘) || (Zchn == 'I‘) ||
(Zchn == 'O‘) || (Zchn == 'U‘))

VokalAnzahl += 1;

Zchn=s.charAt(i++);
```

2.2 Zweigüberdeckungstest

Eigenschaften:

- 100prozentige Überdeckung bedeutet: jeder Zweig wurde mindestens einmal durchlaufen.
- Fehlende Zweige können nicht direkt entdeckt werden.

Metrik: *Überdeckungsgrad =*

Zahl der erfassten Kanten / Gesamtzahl aller Kanten

Leistungsfähigkeit:

- Höhere Fehleridentifizierungsquote als Anweisungsüberdeckung, ca. 34% der Fehler werden entdeckt, 79% der Kontrollflussfehler und 20% der Berechnungsfehler
- Leistungsfähigkeit schwankt in weitem Bereich zwischen 25% bis 75%

Bewertung:

- Gilt als *das* minimale Testkriterium
- Nicht ausführbare Zweige können gefunden werden
- Korrektheit des Kontrollflusses an Verzweigungen wird kontrolliert
- Gezielte Optimierung häufig durchlaufener Programmteile möglich

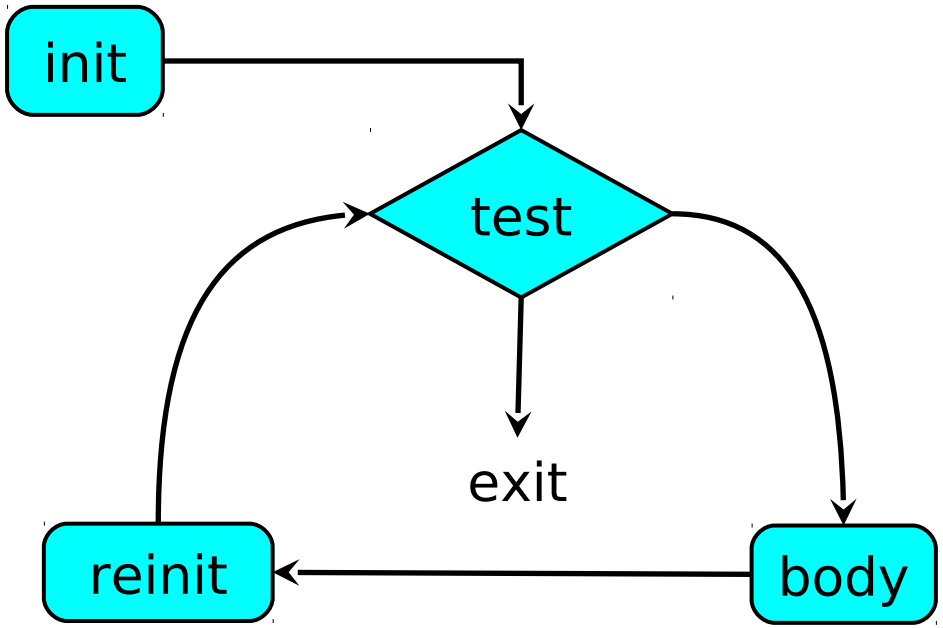
Nachteile:

- Unzureichend für den Test von Schleifen
- Keine Berücksichtigung von Abhängigkeiten zwischen Zweigen
- Nicht geeignet für den Test komplexer Bedingungen

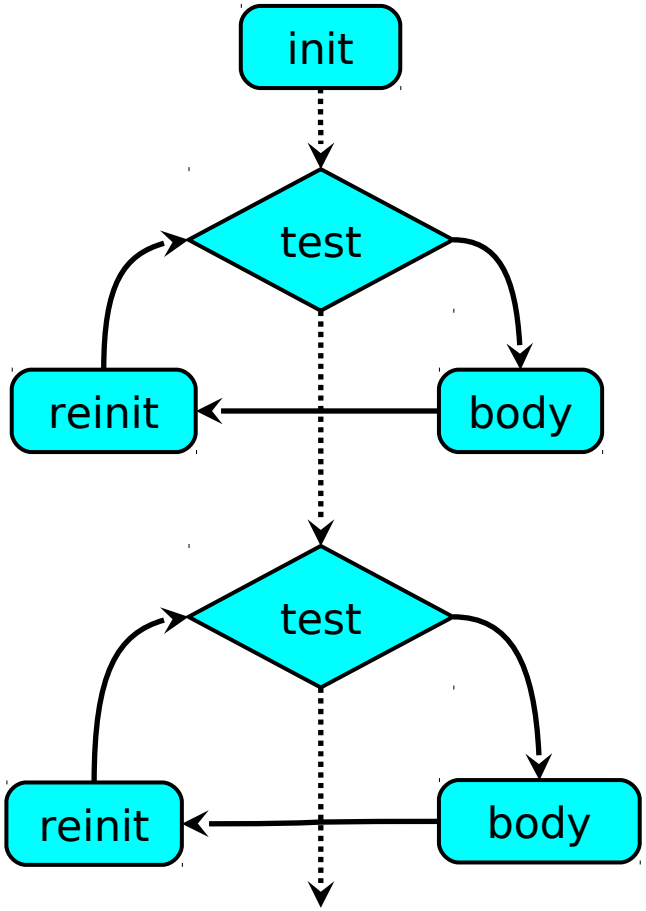
- Lösung der beiden ersten Nachteile: Pfadüberdeckungstest
- Lösung des letzten Nachteils: Bedingungsüberdeckungstests

Testen von Schleifen

- Anweisungs- und Zweigüberdeckung haben Probleme mit dem Test von Schleifen
- Typische Schleifenstruktur:



Problem des Wachstums der Anzahl der Pfade



- Zahl der Testfälle von while-Schleifen ist nicht vorab bekannt oder nicht beschränkt
- Zahl der Testfälle konsekutiver Schleifen ist multiplikativ: $N=N_1*N_2$
- Schleife mit Verzweigung im Körper: Ist N Schranke für Zahl der Schleifendurchläufe, so sind im worst case 2^N Testfälle erforderlich (exponentielles Wachstum) – siehe das Beispiel auf der nächsten Folie

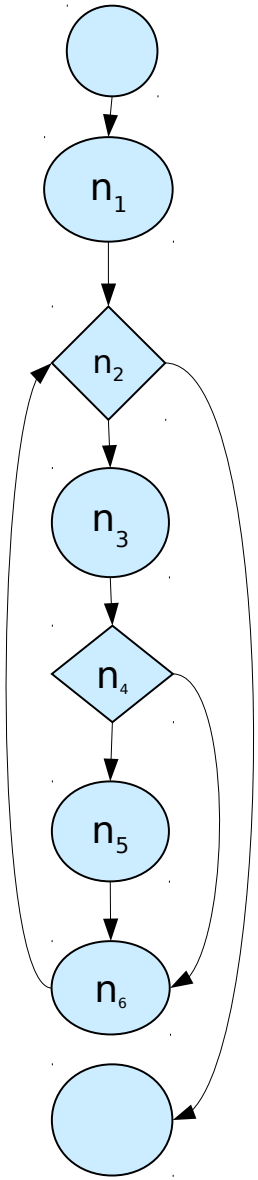
Brute force: Testbeispiele zur Ausführung **aller** unterschiedlichen Pfade im Programm

Beispiel:

Jeder Schleifendurchlauf trägt entweder zu Vokal oder zu Konsonant bei.

Pfade stehen in eineindeutiger Korrespondenz zu den Worten über dem Alphabet {V,C}.

Anzahl der Testpfade bei genau N Schleifendurchläufen ist also 2^N, der Anzahl der Worte der Länge N über dem Alphabet {V,C}.




```
i=0;
Zchn=s.charAt(i++)

while(i<s.length())

Gesamtzahl += 1;

if  ((Zchn == 'A‘) ||
(Zchn == 'E‘) || (Zchn == 'I‘) ||
(Zchn == 'O‘) || (Zchn == 'U‘))

VokalAnzahl += 1;

Zchn=s.charAt(i++);
```

Allgemeiner Pfadüberdeckungstest

Eigenschaften:

- Pfadanzahl bei unbestimmten Wiederholungen (while, …) nicht beschränkt.
- Ein Teil der konstruierbaren Pfade ist nicht ausführbar, da sich Bedingungen gegenseitig ausschließen können.

Leistungsfähigkeit:

- *Mächtigstes* kontrollflussorientiertes Testverfahren
- Um den Faktor 3 höhere Erkennung als Zweigüberdeckung
- Höhere Erfolgsquote nur durch Kombination mit anderen Verfahren

Bewertung:

- Praktische Bedeutung höchstens für Programmteile ohne Schleifen

UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

Boundary Interior Test

- **Idee**: Unterscheide Durchlauf nur keinmal, einmal, mehrmals
- Eingeschränkter Pfadüberdeckungstest, für Programme ohne Schleifen sogar identisch
- Schleifenabweisungstest sowie zwei Gruppen von Pfaden für jede Schleife im Programm:
  - Grenztest-Gruppe (*boundary tests*):
    Pfade, welche die Schleife nur einmal durchlaufen
    Testet Kombination init – body
  - Gruppe zum Test der Reinitialisierung (*interior tests*):
    Pfade, welche die Schleife mindestens einmal wiederholen
    Testet Kombination reinit – body
- Praktisch anwendbar (im Gegensatz zum allgemeinen Pfadüberdeckungstest)

Strukturierter Pfadüberdeckungstest als Verallgemeinerung

Bedingungsüberdeckungstest

- **Ziel:** Analysiert und überprüft die Testbedingungen in Schleifen und Verzweigungen aus struktureller Perspektive
- **Ansatz**: Bedingung ist logische Verknüpfung atomarer boolescher Funktionen. Testfälle sollen verschiedene Kombinationen dieser atomaren Werte überdecken. Analyse des Termbaums.
- 3 verschiedene Varianten:

  Einfache Bedingungsüberdeckung:

  Überdeckt alle atomaren Werte einzeln (im Extremfall 2b Testfälle, b = Anzahl der Blätter im Termbaum)

  Volle Mehrfach-Bedingungsüberdeckung:

  Überdeckt alle möglichen Kombinationen atomarer Werte (im Extremfall 2^b Testfälle)

  Minimale Mehrfach-Bedingungsüberdeckung:

  Jede Bedingung (ob atomar oder nicht) muss für sich überdeckt sein (im Extremfall 2k Testfälle, k = Anzahl der Knoten im Termbaum)

Bewertung:

Einfache Bedingungsüberdeckung:

- weder Zweig- noch Anweisungsüberdeckung enthalten
- sehr schwaches Kriterium

Volle Mehrfach-Bedingungsüberdeckung:

- Zweigüberdeckung ist enthalten, jedoch sehr aufwändig

Minimale Mehrfach-Bedingungsüberdeckung:

- Wie einfache BÜ, aber beachtet die hierarchische Struktur
- Es müssen nicht nur die Blätter (Atome), sondern auch alle Teilbäume des Ausdrucksbaums überdeckt sein
- Sinnvolle Weiterentwicklung des Zweigtests (entspricht Überdeckung des Wurzelknotens)