Software-Qualitätsmanagement

Vorlesung im Modul 10-202-2319 Software-Management

Sommersemester 2014

Prof. Dr. Hans-Gert Gräbe

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

Auswahl geeigneter kontrollflussorientierter Testverfahren

Liegt Programm im Quellcode vor?

- Nein: Kein Strukturtestverfahren möglich

Besteht Programm nur aus Anweisungen?

- Anweisungsüberdeckung sinnvoll

.. nur Anweisungen und Verzweigungen mit atomaren Testbedingungen

- Zweigüberdeckung sinnvoll

.. Anweisungen, Verzweigungen und Schleifen mit atomaren Testbedingungen

- Pfadüberdeckung, je nach Komplexität der Schleifensemantik doppelte oder mehrfache Schleifenüberdeckung

... komplexe Testbedingungen

- Kopplung geeigneter Verfahren mit Bedingungsüberdeckung

Datenflussorientierte Strukturtestverfahren

- Ebenfalls dynamisches Strukturtestverfahren
- Im Gegensatz zu kontrollflussorientierten Verfahren werden Datenbenutzungen und damit eher globale Aspekte getestet.
- Analyse der Programmdynamik an Hand der Dynamik der in Variablenwerten gespeicherten Programmzustände
  - Aufstellen des Datenflussdiagramms
    - Sichtbarkeit und Lebensdauer von Bezeichnern
    - Variablenidentitäten: Gültigkeitskontext und Kontrollfluss
    - lesende und schreibende Zugriffe auf Variablen (use, def)
    - Unterscheidung lesender Zugriffe in Anweisungen und Bedingungen (c-use, p-use)
- Eignen sich besonders für den Test von Datenobjekt- und Datentypmodulen sowie Klassen.
- Nur wenige Testwerkzeuge vorhanden.

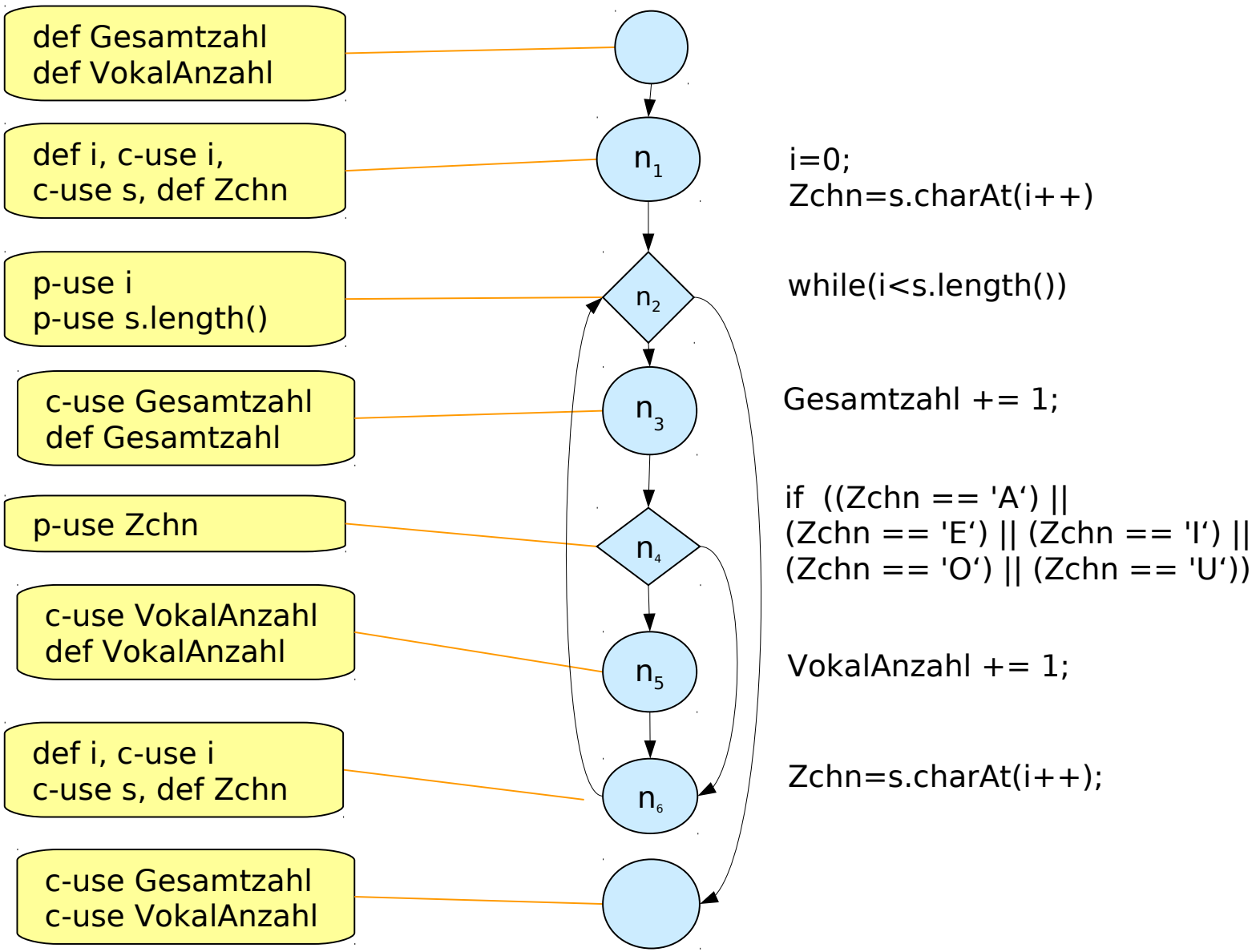
UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

Defs/Uses-Verfahren

Klassifikation der Variablenzugriffe nach

- Zuweisung (set-Methode, Definition, *def*)
  - Variablenwert wird an einer solchen Stelle geändert
- Zugriff zur Berechnung von anderen Werten (*computational-use, c-use*)
  - Auswirkung auf Wert anderer Variablen (Programmzustand)
- Zugriff zur Berechnung von Wahrheitswerten in Bedingungen (*predicate-use, p-use*)
  - Auswirkung auf Wert der Testbedingung (Kontrollfluss)

3. Datenflussorientierte Strukturtests



Datenflussgraph

- Knoten: jede Verwendung jeder Variablen B im Quelltext:
  (def B) (c-use B) (p-use B)
- Kanten: von (def B) zu allen nachfolgenden (use B), gelegentlich auch eine Kante pro möglichem Kontrollfluss
- Kantenmarken: Angabe des / der möglichen Kontrollflüsse (als Pfade im Kontrollflussgraphen)

Datenflussorientierte Test-Verfahren

- ***all defs* Kriterium**
  - Testfälle sind so zu wählen, dass jeder Wertzuweisung an eine Variable auch eine Wertbenutzung folgt.
  - Zu jeder Variablen gibt es einen Testfall, in welchem die Variable wenigstens einmal geschrieben und gelesen wird.
  - **Idee**: Jede Variable hat einen „Zweck“, eine Semantik, die wenigstens einmal exemplarisch geprüft wird.
- Spezialfall: Kontrolle, ob alle definierten Variablen auch verwendet werden (statischer Test, den der Compiler durchführen kann)
  - Charakterisiert durch fehlende abgehende Pfeile im DFD.
  - Variablen, die nicht benutzt werden, weisen auf Programmfehler hin.
  - Problem fällt beim Aufstellen der Testfälle auf.

- ***all p-uses* Kriterium**
  - Testfälle sind so zu wählen, dass jede Kombination einer Wertzuweisung mit jeder prädikativen Nutzung dieses Variablenwerts überdeckt wird
  - Zu jedem Kontrollfluss, in dem eine Variable geschrieben und später in einer Bedingung gelesen wird, gibt es einen Testfall, welcher diesen Kontrollfluss abdeckt.
  - **Idee**: Prüfen der Auswirkung einer Wertzuweisung an eine Variable auf alle relevanten Bedingungsknoten
    - Fokus auf die bedingungsrelevanten Variablen
  - beinhaltet Zweigüberdeckung

- ***all c-uses* Kriterium**
  - Testfälle sind so zu wählen, dass jede Kombination einer Wertzuweisung mit jeder berechnenden Nutzung dieses Variablenwerts überdeckt wird
  - Zu jedem Kontrollfluss, in dem eine Variable geschrieben und später in einer Berechnung gelesen wird, gibt es einen Testfall, welcher diesen Kontrollfluss abdeckt.
  - **Idee**: Prüfen der Auswirkung einer Wertzuweisung an eine Variable auf alle kausal davon abhängenden Ausdrücke.
    - Fokus auf die berechnungsrelevanten Variablen

- ***all c-uses / some p-uses* Kriterium**
  - Testfälle sind so zu wählen, dass jede Kombination einer Wertzuweisung mit jeder berechnenden Nutzung dieses Variablenwerts überdeckt wird.
  - Falls kein berechnender Zugriff existiert, so muss der Wert in mindestens einem Prädikat benutzt werden.
  - **Idee**: Prüfen der Auswirkung einer Wertzuweisung an eine Variable auf alle kausal davon abhängenden Ausdrücke und exemplarischer Test von nur bedingungsrelevanten Variablen

- ***all p-uses / some c-uses* Kriterium**
  - Testfälle sind so zu wählen, dass jede Kombination einer Wertzuweisung mit jeder prädikativen Nutzung dieses Variablenwerts überdeckt wird.
  - Falls kein prädikativer Zugriff existiert, so muss der Wert in mindestens einer Berechnung benutzt werden.
  - **Idee**: Prüfen der Auswirkung einer Wertzuweisung an eine Variable auf alle davon abhängenden Bedingungen und exemplarischer Test von nur berechnungsrelevanten Variablen

- ***all uses* Kriterium**
  - Testfälle sind so zu wählen, dass jede Kombination einer Wertzuweisung mit jeder Nutzung dieses Variablenwerts überdeckt wird.
  - komplettester und damit aufwändigster datenflussorientierter Test

Leistungsfähigkeit nach Studie [Girgis, Woodward 86]

Vergleich *all defs, all p-/c-uses:*

- *all c-uses:* 48% der Fehler, insbesondere Berechnungsfehler,
- *all p-uses:* 34% und entdeckt Kontrollflussfehler,
- *all defs:* 24% der Fehler, aber keine Kontrollflussfehler

Weitere Verfahren

- **Idee**: Überdeckung längerer Sequenzen aus Zuweisung und Nutzung
  - *Required k-Tuples Test*
- **Idee**: Orientierung nicht an abgehenden, sondern an ankommenden Pfeilen im DFG
  - *Datenkontextüberdeckung*: jede mögliche Herkunft eines Werts wird überdeckt.
  - *geordnete Datenkontextüberdeckung*: zusätzliche Beachtung der Zuweisungsreihenfolge

UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

Überblick

- **Idee**: Testfälle werden aus den Programmspezifikationen abgeleitet.
  - Quellcode wird nicht benötigt, deshalb auch „Black-Box-Verfahren“ genannt
  - Strukturtest = Test der inneren Programmlogik
  - Funktionaltest = Test der äußeren Programmsemantik
- **Ziel**: möglichst umfassende, aber redundanzarme Prüfung der spezifizierten Funktionalität
  - Analog der strukturellen spricht man von funktioneller Überdeckung
  - Umfang oft im Pflichtenheft als Qualitätsprüfung vereinbart
- **Problem**: Bereich der möglichen Eingabewerte ist sehr groß oder sogar unendlich groß

Funktionale Äquivalenzklassenbildung

- **Idee:** Einteilung des Definitionsbereichs in endliche Anzahl von Klassen „ähnlicher“ Werte und Prüfung an je einem exemplarischen Vertreter pro Klasse
  - Klasseneinteilung längs „typischen“ Programmverhaltens
    - muss aber nicht mit innerer Programmstruktur zusammenhängen
  - Korrektheit auf einem typischen Vertreter lässt Korrektheit auf der ganzen Klasse erwarten
    - **Natürlich kein Beweis der Korrektheit**!
  - Nicht unbedingt Äquivalenzklassen im streng mathematischen Sinn, da sich Klassen überschneiden können.

- **Bewertung:**
  - Geeignet zur Herleitung repräsentativer Testfälle
  - Nachteil: Betrachtung von einzelnen Werten, dadurch werden keine Wechselwirkungen oder Abhängigkeiten getestet

Regeln zur Bildung von Klassen

Ist der Eingabebereich

1. Ein zusammenhängender Wertebereich $a \leq x \leq b$
   - drei Bereiche (einer gültig, zwei ungültig)
2. Eine Menge von n Werten, welche unterschiedlich behandelt werden
   - für jeden gültigen Wert eine Klasse sowie eine Klasse für alle ungültigen Werte
3. Eine Bedingung, die zwingend erfüllt sein muss
   - eine Klasse der Werte, für welche die Bedingung erfüllt ist und deren Komplement

Oft ergibt sich die Einteilung des Eingabebereichs als Vereinigung von Urbildmengen, d.h. Eingaben, welche dieselbe Ausgabe erzeugen, werden in eine Klasse zusammengefasst.

Grenzwertanalyse

Idee:

- Basiert auf der funktionalen Äquivalenzklassenbildung,
- Nutzt jedoch nicht irgendwelche Elemente aus den Klassen, sondern Werte, die am Rand der Klasse liegen.
  - Erfahrung besagt, dass durch Grenzwerte Fehler besonders effektiv entdeckt werden.
- Setzt sinnvollen Grenzbegriff (Topologie, Ordnung) auf der Menge der Eingabewerte voraus

Bewertung:

- Sinnvolle Erweiterung und Verbesserung der funktionalen Äquivalenzklassenbildung.

Ähnlich: Test spezieller Werte (Null-Tests, Nullpointer-Tests etc.),
Zufallstest (Auswahl zufälliger Repräsentanten der Klassen)

Test von Zustandsautomaten

- **Idee:** Technische Software ist oft als Menge von Zuständen und Übergängen modelliert und als Zustandsdiagramm spezifiziert. Testfälle sind an dieses Modell angepasst auszuwählen.
  - Minimale Teststrategie: Jeder Zustandsübergang ist mindestens einmal abzudecken
- Überdeckung aller Zustandsübergänge garantiert keinen vollständigen Test (analog Zweigüberdeckung)

- **Bewertung**
  - Gut geeignetes Testverfahren, falls die Spezifikation schon als Zustandsautomat vorliegt.
  - Gut geeignet für den Test von Klassen, wenn der Objektlebenszyklus vorliegt.

UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

Test von GUI-Komponenten und anderen ereignisbasierten Teilen

Probleme

- Ereigniskonzept ist weitere Kommunikationsebene im Programm.
- Ereigniskonzept modelliert Nebenläufigkeit von Programmteilen.
- Ereignisse werden oft durch manuelle Nutzerinteraktionen ausgelöst und sind so nur bedingt automatisierbar.
- Ereignisse sind kaskadierend auf verschiedenen Abstraktionsebenen implementiert (Bsp.: MouseEvent vs. buttonPressed)

UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

Test von GUI-Komponenten und anderen ereignisbasierten Teilen

Modellierung und Tests

- Ereignisse werden über Ereignis**kanäle** verteilt, die zur Designzeit als potenzielle Wege der Ereignispropagierung angelegt werden.
- Ereignisse fokussieren gewöhnlich auf einen speziellen **Anwendungsfall** mit eingeschränktem Zugriff auf die Datenlandschaft.
- Entspricht speziellem **Programmzustand** mit eingeschränkten funktionellen Möglichkeiten
  - Aufstellen eines entsprechenden **Zustandsdiagramms** mit entsprechenden **Knoten** sowie **Vor**- und **Nach**bedingungen
  - Das Generieren der Testfälle sollte dieser Strukturierung folgen
  - Oft hierarchischer Zugang sinnvoll.

UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

Beispiel: Planung von GUI-Tests

- GUIs operieren oft über **Expansionsoperatoren** (etwa Pulldown-Menüs), welche die Menge der verfügbaren Aktionen expandieren und zugleich andere Expansionsmöglichkeiten beschneiden, sowie über **Interaktionsoperatoren**, die mit der unterliegenden Software interagieren.
- Expansionsoperatoren sind in Zustandsübergangsdiagrammen oft als Eintrittspunkte in Unterdiagramme modelliert. Dieser Übergang entspricht auf der GUI-Seite der Monopolisierung der GUI-Interaktion.
- Diese Struktur kann zur Modellierung von GUI-Testfällen über **abstrakte Aktionsoperatoren** verwendet werden.
- Typischer Aufbau:

- Ansatz ist selbstähnlich, da Aktion dieselbe Struktur hat.
  - Cluster- und Subclusterstruktur entspricht einer baumartigen Struktur der Aktionen und Teilaktionen
- Verschiedene Aktionen können gemeinsame Teilaktionen haben.
  - Identifiziere **gemeinsame Teilaktionen**, da für diese nur einmal Testfälle zu generieren sind.
- Planung der **Testfälle**: Zunächst Plan für die „höherwertigen“ abstrakten Operatoren, schrittweise Verfeinerung
  - Beispiel Oberfläche mit Pulldown Menüs: 325 primitive Operatoren, aber nur 32 der obersten Abstraktionsstufe
  - Vor- und Nachbedingungen sind auf dieser Ebene zudem meist einfach zu identifizieren
  - Teilpläne lassen sich daraus werkzeuggestützt generieren
  - abstrahiert von low-level-Details wie Fonts, Farben usw.
  - funktionale Änderungen am GUI können einfach in der Testsuite berücksichtigt werden.

UNIVERSITÄT LEIPZIG
Institut für Informatik
Betriebliche Informationssysteme

Testen von Klassen

Im [Balzert] wenig systematisch aufbereitet, dort im Kap. 5.13.

- Alle bisherigen Testverfahren waren auf den funktionalen Test von Methoden unter dem imperativen Paradigma ausgerichtet.
- Kommunikation zwischen den Methoden desselben Objekts erfolgt sowohl über die Aufrufparameter als auch den Zustand der Objektattribute (Objekt ist immer implizit ein Parameter).

Kleinste sinnvolle Testeinheit im OO-Bereich ist also die Klasse.

Weitere Besonderheiten von Tests im OO-Bereich

Wiederverwendbarkeitskonzept

- Einsatzzweck von Klassen oft nicht genau umrissen
- Allgemeinheit führt zu vielen möglichen Testfällen

Vererbung von Attributen und Methoden

- Redundanz wird eliminiert zu Lasten von zusätzlichen Abhängigkeiten

Polymorphismus und dynamische Bindung

- neue Testverfahren nötig
- Test jeder möglichen Bindung für Polymorphismus nötig

Folgende Arten von Klassen sind zu unterscheiden:

- normale Klassen
- abstrakte Klassen
- parametrisierte Klassen

Testen normaler Klassen:

1. Erzeugung einer instrumentierten Instanz der zu testenden Klasse.
2. Überprüfung jeder einzelnen Operation für sich.
   - zunächst Operationen, die den Objektzustand nicht ändern, anschließend die zustandsverändernden Operationen
   - Testfälle wie besprochen herleiten und Tests aufsetzen
   - Zustandsräume sind lokal an Objekte gebunden. Initialisierung und Auswertung des Tests erfolgt deshalb am Objekt.

3. Test jeder Folge abhängiger Operationen in der gleichen Klasse.
   - Alle potenziellen Verwendungen einer Operation sollten unter allen praktisch relevanten Bedingungen ausprobiert werden.
   - In den Tests muss jede Objektausprägung (bzw. wenigstens Äquivalenzklassen von Ausprägungen) simuliert werden.
   - Existiert Objektlebenszyklus, dann Zustands- und Zustandsübergangs-Überdeckungstests
4. Anhand der Instrumentierung prüfen, wie die Testüberdeckung aussieht. Fehlende Überdeckungen durch zusätzliche Testfälle abdecken.
   - bereits beschriebenes klassisches Vorgehen

Testen abstrakter Klassen:

- Aus einer abstrakten Klasse muss eine konkrete Klasse gemacht werden
- bei der Realisierung abstrakter Operationen ist die leere oder eine einfache, die Spezifikation erfüllende Implementierung zu wählen.

Testen parametrisierter Klassen (Template-Klassen, C++):

- Zunächst eine möglichst einfache konkrete Klasse erzeugen
- Parameter so wählen, dass der Test möglichst einfach wird

Testen von Unterklassen:

Besondere Gesichtspunkte beim Testen von Unterklassen:

- Alle Testfälle für geerbte und **nicht redefinierte** Operationen der Oberklasse müssen erneut ausgewertet werden.
  - Unterklasse definiert neuen Kontext
- Für **redefinierte** Operationen sind vollständig neue strukturelle Testfälle zu erstellen.
  - redefinierte Operation hat neue Implementierung
- Für **redefinierte** Operationen müssen die alten funktionalen Testfälle ausgewertet und durch neue ergänzt werden.
  - Instanzen der Unterklasse sind spezielle Instanzen der Oberklasse
  - Zusätzlich muss die neue Semantik der redefinierten Operation getestet werden.