Qualitätssicherung für Testspezifikationen am Beispiel der standardisierten Testing and Test Control Notation (TTCN-3)

Prof. Dr. Jens Grabowski

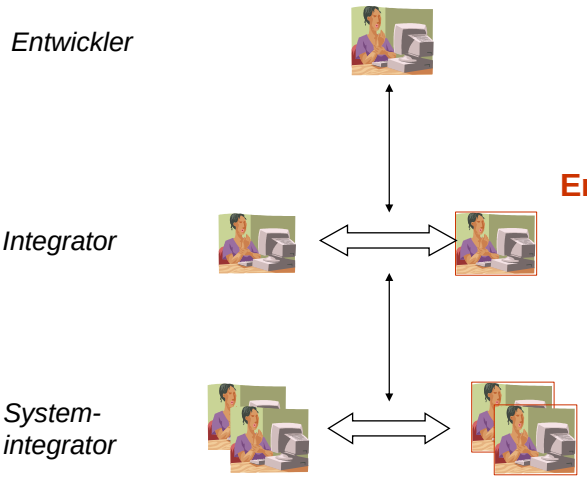
Institut für Informatik
Georg-August-Universität Göttingen

grabowski@cs.uni-goettingen.de

Inhalt

- Einführung
  - Wozu benötigt man eine standardisierte Testsprache?
  - Was ist TTCN-3?
  - Konzepte von TTCN-3
- Qualitätssicherung für TTCN-3-Spezifikationen
  - Vorgehensweise
  - Bewertung von Testreihen
  - Auffinden und Beseitigen von Qualitätsmängeln
  - Implementierung
- Zusammenfassung und Ausblick

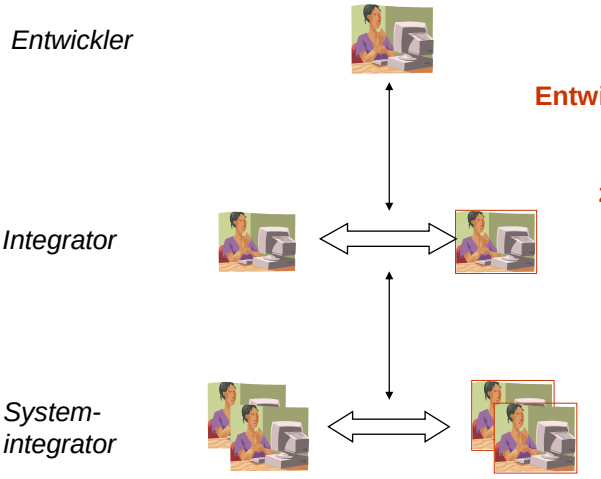
Wozu benötigt man eine standardisierte Testsprache?



Testen im Entwicklungs-prozess

Heterogenität nimmt zu

Wozu benötigt man eine standardisierte Testsprache?



Entwicklungsnahes Testen

z.B. JUnit

Servicenahes Testen

TTCN-3

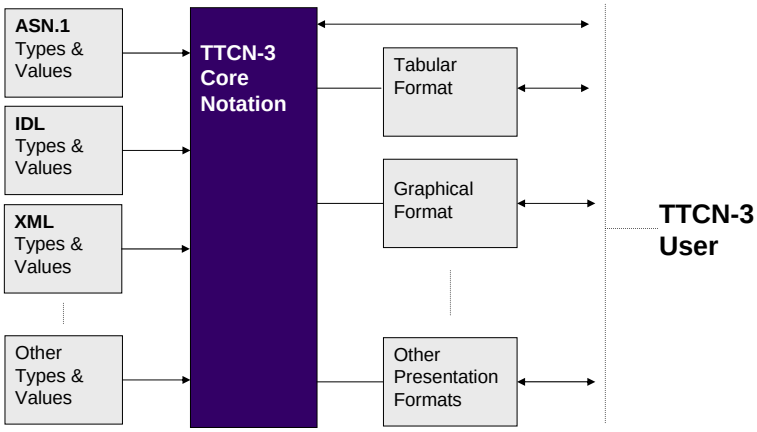
Wozu benötigt man eine standardisierte Testsprache?

- Eine standardisierte Testsprache
  - verbessert die Kommunikation
    - zwischen Entwicklern und Testern
    - mit dem Kunden
  - verbessert die Transparenz des Testprozesses:
    - eine Testsprache für alle Abteilungen
    - vermeidet proprietäre Testsprachen
  - verringert die Testkosten:
    - Schulungskosten
    - Verwendung von kommerziellen Testlösungen (mehrerer Anbieter)

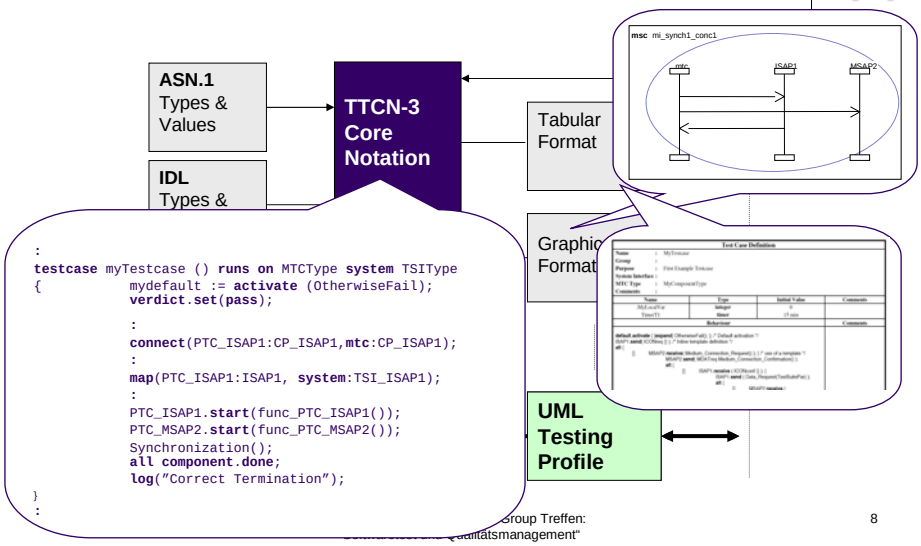
Was ist TTCN-3?

- **Die** standardisierte (Black-Box) Testspezifikations- und Testimplementierungssprache.
- TTCN-3 (= Testing und Test Control Notation version 3)
  - wurde beim European Telecommunications Standards Institute (ETSI) von 1999 – 2001 entwickelt.
  - wird seit 2001 beim ETSI kontinuierlich gepflegt und weiterentwickelt.
  - basiert auf Erfahrungen mit früheren TTCN Versionen.
- Benutzbar für alle Arten des Black-Box Testens von reaktiven und verteilten Systemen
  - Mobile (Telecom) Systeme: ISDN, GSM, UMTS, WiMAX
  - Internet: IPv6
  - Automotive: AUTOSAR

Was ist TTCN-3?



Was ist TTCN-3?



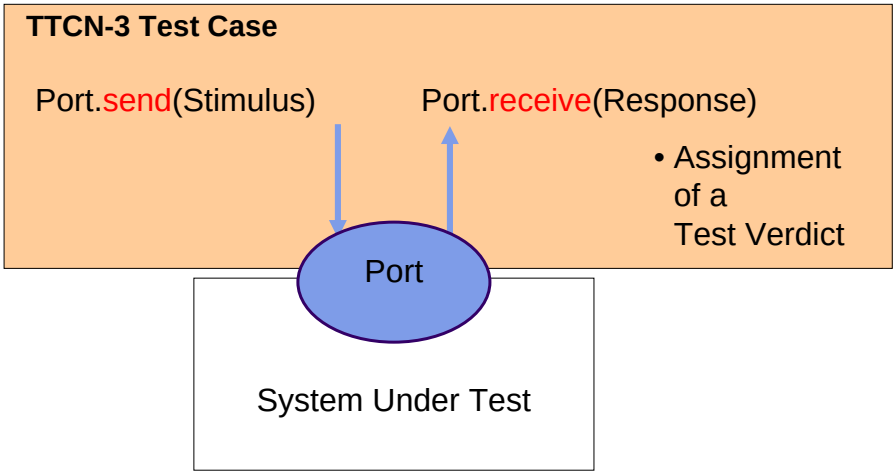
Was ist TTCN-3?

- Europäischer Standard (ES) in 10 Teilen
  - ES 201 873-1: TTCN-3 Core Language
  - ES 201 873-2: TTCN-3 Tabular Presentation Format (TFT)
  - ES 201 873-3: TTCN-3 Graphical Presentation Format (GFT)
  - ES 201 873-4: TTCN-3 Operational Semantics
  - ES 201 873-5: TTCN-3 Runtime Interface (TRI)
  - ES 201 873-6: TTCN-3 Control Interface (TCI)
  - ES 201 873-7: Using ASN.1 with TTCN-3
  - ES 201 873-8: Using IDL with TTCN-3
  - ES 201 873-9: Using XML with TTCN-3
  - ES 201 873-10: Documentation Comment Specification

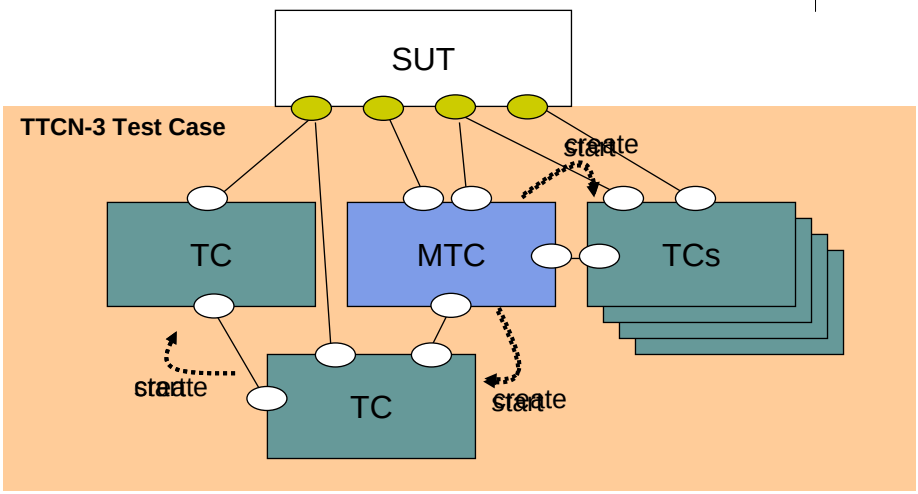
Konzepte von TTCN-3

- Black-box Testen mit TTCN-3
- Verteilte TTCN-3 Testkonfigurationen
- TTCN-3 Implementierung
- Weitere Konzepte

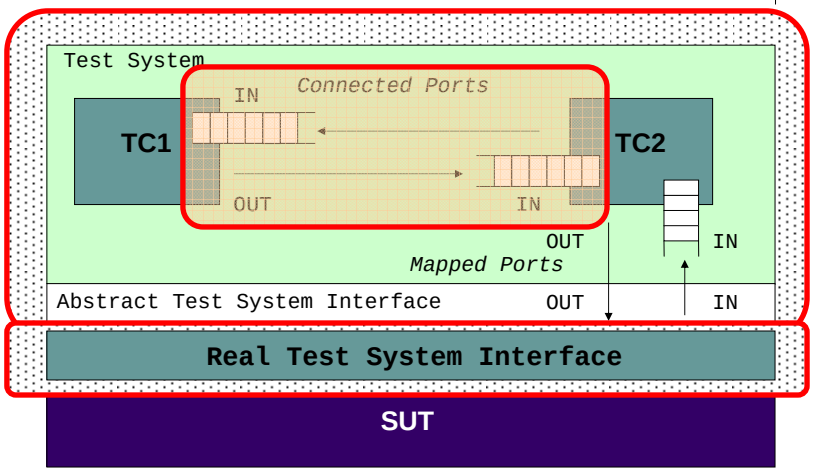
Black-box Testen mit TTCN-3



Verteilte TTCN-3 Testkonfigurationen



TTCN-3 Implementierung



Konzepte von TTCN-3

- Black-box Testen mit TTCN-3
- Verteilte TTCN-3 Testkonfigurationen
- TTCN-3 Implementierung
- Weitere Konzepte
  - Umfangreiches Datentypsystem
  - Ausgefeiltes System zur Beschreibung von Testdaten (Templates mit Matchingmechanismen)
  - Default-Verhalten
  - Unterstützt verschiedene Kommunikationsmechanismen

TTCN-3 Kernsprache

- Beispiel:

```
module exampleModule {
   ...
   type record IpAddressType { charstring ipAddress };
   template IpAddressType localhostTemplate := {
      ipAddress := "127.0.0.1"
   }
   testcase exampleTestCase() runs on ExampleComponent {
      portA.send(localhostTemplate);
      alt {
         [] portB.receive(localhostTemplate) {
               setverdict(pass);
            }
         [] portB.receive(IpAddressType:{*}) {
               setverdict(fail);
            }
      }
   }
}
```

  - „Look and feel“ einer typischen Programmiersprache
    - Qualitätsprobleme wie anderer Quellcode!

Umfang von TTCN-3 Testreihen

- Motorola (interne) riesige „legacy“ Testreihen
  - Migration zu TTCN-3
  - Automatische Konvertierung einer UMTS Testreihe
    - **60.000 Lines of Code (LOC)**
    - Schwer zu lesen, zu verstehen und zu pflegen
- Standardisierte Testreihen (ETSI)
  - SIP (ETSI TS 102 027-3 - v4.2.5): **61.990 LOC**
  - IPv6 Core Protocol (ETSI TS 102.516 - v3.1.1): **67.580 LOC**
  - 3GPP Benchmark: **73.130 LOC**

Inhalt

- Einführung
  - Wozu benötigt man eine standardisierte Testsprache?
  - Was ist TTCN-3?
  - Konzepte von TTCN-3
- Qualitätssicherung für TTCN-3-Spezifikationen
  - Vorgehensweise
  - Bewertung von Testreihen
  - Auffinden und Beseitigen von Qualitätsmängeln
  - Implementierung
- Zusammenfassung und Ausblick

Vorgehensweise: Qualitätssicherung für TTCN-3 Spezifikationen

- Bewertung von Testreihen → *Qualitätsmodell*
- Auffinden von Qualitätsmängeln → *Metrik- und Code Smell-basiert*
- Beseitigen von Qualitätsmängeln → *Refactoring*

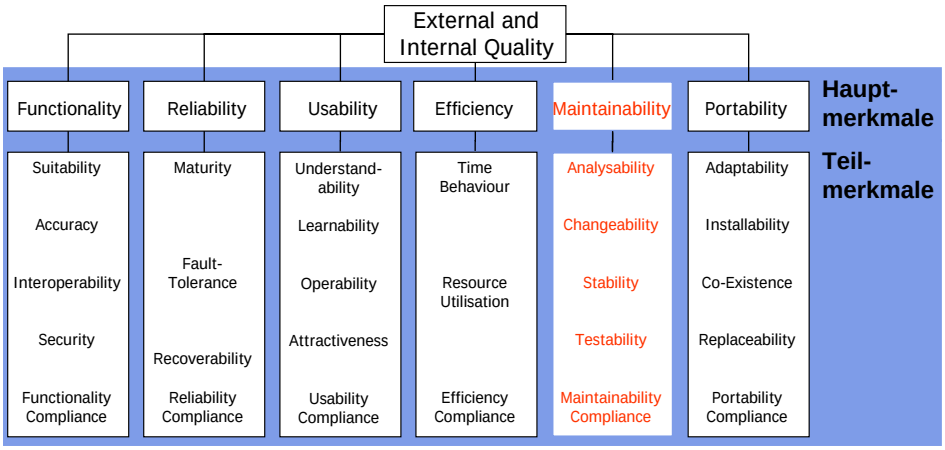
Bewertung von Testreihen - Qualitätsmodelle

- Objektive Beurteilung von Software-Qualität,
- Objektive Zielvorgaben für Software-Qualität.

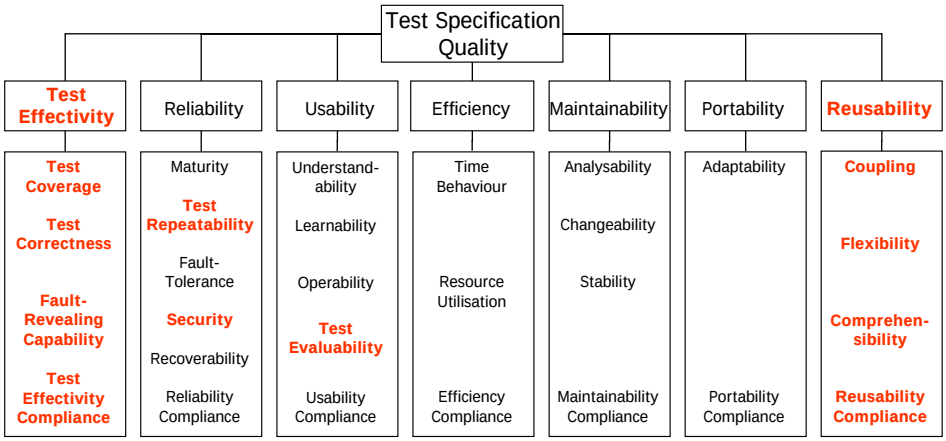
- ISO 9126-1:
  Software Engineering – Product Quality – Quality Model
  - Qualitätsmodelle für
    - Interne Qualität,
    - Externe Qualität,
    - Quality in Use.

  } Qualität setzt sich aus einzelnen Merkmalen sowie ggf. weiteren Teilmerkmalen zusammen.

Das ISO 9126 Modell für interne und externe Qualität



Ein Qualitätsmodell für Testspezifikationen



Instantiierung von Qualitätsmodellen

- Qualitätsmodell abstrahiert von
  - Testspezifikationssprache,
  - projekt-spezifischen Anforderungen.

  ⇒**Instantiierung nötig!**

- ISO 14598: Software Engineering – Product Evaluation
  1. Qualitätsmodell erstellen,
  2. Metriken für Qualitätsmerkmale festlegen,
  3. Grenzwerte für Metriken festlegen,
  4. Gewichtung der Qualitätsmerkmale.

Beispiel: TTCN-3 Metriken für Qualitätsmerkmal Maintainability

- Maintainability:
  - Analysability:
    - *complexity violation* := 1 - $\frac{\Sigma \text{ Komplexe Verhaltenseinheiten}}{\Sigma \text{ Verhaltenseinheiten}}$
  - Changeability:
    - *code duplication* := 1 - $\frac{\Sigma \text{ Duplizierte Quelltexteinheiten}}{\Sigma \text{ Quelltexteinheiten}}$
  - Stability:
    - *parameter reassignment* := 1 - $\frac{\Sigma \text{ out und inout Formalparameter}}{\Sigma \text{ Formalparameter}}$
- Metrikintervalle:
  0,0 (= schlechteste Qualität) bis 1,0 (= beste Qualität).

Anwendung des Qualitätsmodells

Metrik	SIP v2.20	SIP v2.24	SIP v3.01	SIP v3.06
Testfälle	1068	1068	1412	1412
Verhaltenseinheiten	1961	1971	2360	2369
Verhaltenseinheiten mit zyklomatischer Komplexität > 10	27	30	51	51
Zweige in alt-Anweisungen	1900	1958	2482	2534
Duplizierte Zweige in alt-Anweisungen	1435	1471	1849	1879
Formalparameter	3175	3224	5062	5084
out und inout Formalparameter	1237	1244	1617	1628
Analysability: *complexity violation* (zyklomatische Komplexität >10)	0.99	0.98	0.98	0.98
Changeability: *code duplication* (bzgl. Zweigen in alt-Anweisungen)	0.25	0.25	0.26	0.26
Stability: *parameter reassignment*	0.61	0.61	0.68	0.68

Vorgehensweise: Qualitätssicherung für TTCN-3 Spezifikationen

- Bewertung von Testreihen → *Qualitätsmodell*
- Auffinden von Qualitätsmängeln → *Metrik- und Code Smell-basiert*
- Beseitigen von Qualitätsmängeln → *Refactoring*

Definition: Code Smell & Refactoring

- Code smell:
  "certain structures in the code that suggest (sometimes they scream for) the possibility of refactoring"

  Fowler: *Refactoring – Improving the Design of Existing Code*. Addison-Wesley, 1999

- Refactoring:
  "A change made to the internal structure of software to make it easier to understand and cheaper to modify without changing its observable behavior."

  Fowler: *Refactoring – Improving the Design of Existing Code*. Addison-Wesley, 1999

TTCN-3 Code Smells

- TTCN-3 Code Smells:
  - *Muster für die unsachgemäße Benutzung von TTCN-3.*
  - Code Smells lassen sich durch Refactoring verbessern.
    - Zeiss, Neukirchen, Grabowski, Evans, Baker: *Refactoring and Metrics for TTCN-3 Test Suites*. SAM-Workshop, 2006.
  - Per Definition keine Code Smells:
    - Syntax Fehler,
    - Verstöße gegen die statische Semantik,
    - Fehler in der Testfall Logik.
  - TTCN-3 Code Smells geben nur Hinweise auf Qualitätsprobleme
    - Was als TTCN-3 Code Smell angesehen werden soll, ist projektabhängig.

TTCN-3 Code Smell Katalog

- Für TTCN-3 Code Smells wurde ein strukturierter Katalog angelegt.
- Bisher wurden 38 TTCN-3 Code Smells identifiziert, die folgende Aspekte abdecken:
  - Duplicated Code, z.B. *Duplicate Alt Branches*
  - References, z.B. *Singular Component Variable/Const./Timer*
  - Parameters, z.B. *Constant Actual Parameter Value*
  - Complexity, z.B. *Complex Conditional*
  - Default Anomalies, z.B. *Activation Asymmetry*
  - Test Behaviour, z.B. *Missing Verdict*
  - Test Configuration, z.B. *Idle Parallel Test Component*
  - Coding Standards, z.B. *Magic Values*
  - Data Flow Anomalies, z.B. *Unused Variable Definition*
  - Miscellaneous. z.B. *Over-specific Runs On*

Definition:
Code Smell & Refactoring

- Code smell:
  "certain structures in the code that suggest
  (sometimes they scream for)
  the possibility of refactoring"

  Fowler: *Refactoring – Improving the Design of Existing Code*.
  Addison-Wesley, 1999

- Refactoring:
  "A change made to the internal structure of software to make it easier to understand and cheaper to modify without changing its observable behavior."

  Fowler: *Refactoring – Improving the Design of Existing Code*.
  Addison-Wesley, 1999

TTCN-3 Refactoring Katalog

- 28 Refactorings von Fowler, die auf TTCN-3 anwendbar sind.
- 20 TTCN-2 spezifische Refactorings.

- Katalog Struktur: Refactorings zur Verbesserung von
  - Testverhalten (20 Refactorings):
    - *Extract Altstep,*
    - …
  - der allg. Struktur der Testreihe (22 Refactorings):
    - *Extract Module,*
    - …
  - Datenbeschreibungen (6 Refactorings):
    - *Inline Template Parameter,*
    - …

Vorgehensweise: Qualitätssicherung für TTCN-3 Spezifikationen

- Bewertung von Testreihen → *Qualitätsmodell*
- Auffinden von Qualitätsmängeln → *Metric- und Codesmell-basiert*
- Beseitigen von Qualitätsmängeln → *Refactoring*

Metric- und Codesmell-basiert ⇕ *Refactoring* **?**

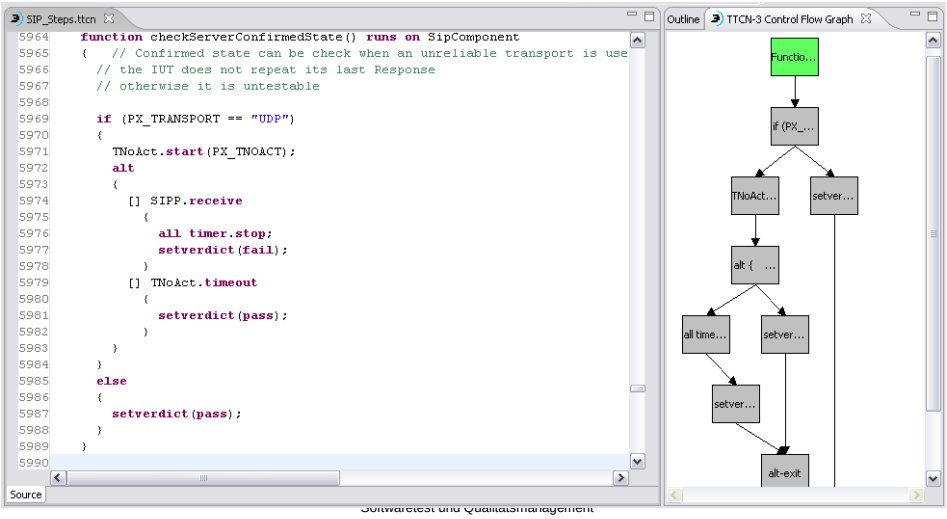
Auffinden und Beseitigen von Qualitätsmängeln

- Metrik-basiert:
  - *Anzahl der Referenzen auf ein Template* = 0
    ⇒ Lösche Template
  - *Anzahl der Referenzen auf ein Template* = 1
    ⇒ Definition des Templates bei dessen Benutzung
- Code Smell-basiert:
  - *Verwendung von Templates mit identischen Parameterwerten*
    ⇒ Parameter in das Template integrieren
  - *Mehrere Templates unterscheiden sich nur in einem Wert*
    ⇒ Parameterisiere Template

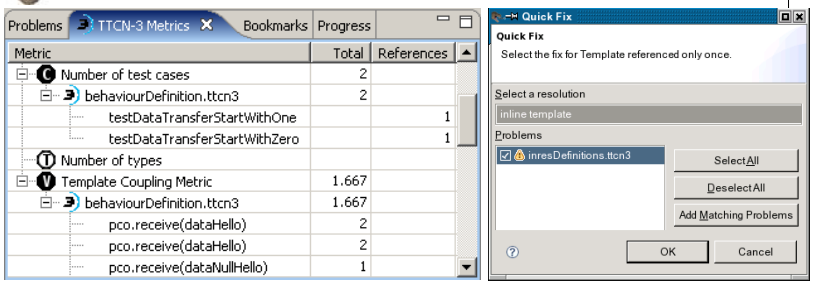
Implementierung: TRex

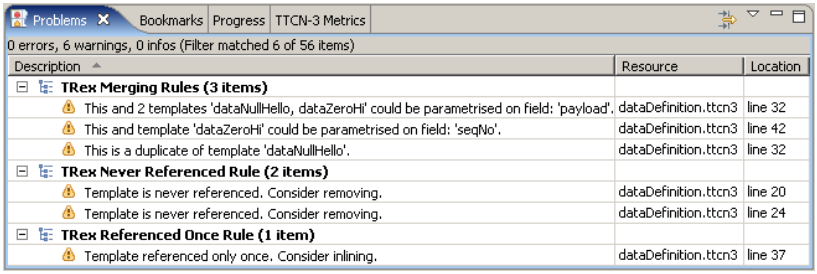
- TTCN-3 Refactoring and Metrics Tool (TRex):
  - Open Source Plug-In für die Eclipse-Plattform
  - Integrierte TTCN-3 Entwicklungsumgebung
  - Automatische Berechnung von Metriken
  - Automatische Detektion von TTCN-3 Code Smells
  - Regel- und Metrik-basierte Erkennen von Qualitätsproblemen
  - Werkzeug-basiertes Refactoring
  - Visualisierung von Kontrollfluss- und (Funktions-)Aufrufgraphen.

Visualisierung von Kontrollflussgraphen



Regel- und Metrik-basierte Erkennung von Qualtitätsproblemen





Anwendung von TRex

- Session Initiation Protocol (SIP) Testreihe (standardisiert von ETSI):
  - Größe:
    - 42397 lines of code (LOC),
    - 528 Testfälle, 785 Funktionen,
    - 358 Templates (5619 LOC).
  - Auszug von gefundenen Qualitätsproblemen:
    - 10 unbenutzte Templates,
    - 22 Templates, die man parameterisieren und zusammengeführen könnte.
      - Automatische Anwendung der zugehörigen Refactorings führten zu einer Reduktion der Testreihe um 393 LOC (7% der Template LOC).
    - 119 verschiedene mehrfach duplizierte alt-Verzweigungen.
    - 15 Verhalten, die gegen die McCabe-Komplexität verstoßen.
      - Refactorings zur Beseitigung dieser Qualitätsprobleme sind noch nicht implementiert.

Inhalt

- Einführung
  - Wozu benötigt man eine standardisierte Testsprache?
  - Was ist TTCN-3?
  - Konzepte von TTCN-3
- Qualitätssicherung für TTCN-3-Spezifikationen
  - Vorgehensweise
  - Bewertung von Testreihen
  - Auffinden und Beseitigen von Qualitätsmängeln
  - Implementierung
- Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

- Übersicht über TTCN-3
- Methodik zur Bewertung und Verbesserung der Qualität von TTCN-3. Die Methodik basiert auf:
  - einem *Qualitätsmodell* zur Bewertung von Testreihen,
  - *Metriken* und *TTCN-3 Code Smells* zur Erkennung von Qualitätsproblemen und
  - *Refactoring* zur Qualtitätsverbesserung.
- Methodik wurde im TRex-Werkzeug implementiert.
- An Beispielen wurde die Anwendbarkeit dieser Methodik gezeigt.

Ausblick

- Detektion und Verbesserung von Qualtitätsproblemen, die sich nicht statisch entdecken lassen.
- Qualität von Testreihen, die nicht-funktionale Anforderungen (u.a. Realzeitaspekte) messen (TEMEA-Projekt).
- Enge Zusammenarbeit mit ETSI im Bereich der Qualitätssicherung für standardisierte TTCN-3-Testreihen.

- Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
- Haben Sie Fragen?

http://www.trex.informatik.uni-goettingen.de