Materialsammlung - Softwarequalität

Prof. Dr. Hans-Jürgen Buhl

Wintersemester 2016/2017

Bergische Universität Wuppertal
Fakultät 4 — Mathematik und Naturwissenschaften
Fachgruppe Mathematik und Informatik

Praktische Informatik
PIBUW - WS2016/17
Oktober 2016
11. Auflage

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Softwarequalität und -korrektheit

2 V Mi 12 - 14 in HS03

Einordnung: Bachelor Mathematik, Nebenfach Informatik; Komb. Bachelor of Arts, Informatik; Bachelor IT; Master Wirtschaftsmathematik, Informatik; Wirtschaftswissenschaften: Modul I - Software- und Programmiertechnik; Studienschwerpunkte und Nebenfächer Informatik anderer Studiengänge

Vorkenntnisse: Einführung in die Informatik; Programmierkenntnisse in C++;
erfolgreiche Teilnahme an xxxMAT500000

Inhalt: Nach Übersicht in die desaströse Lage der Qualität vorhandener aktueller Softwareprodukte (Heartbleed Bug, ...) wird anhand professioneller Entwicklungswerkzeuge in qualitätssteigernde Vorgehensweisen eingeführt.
Die Programmiermethodik „Codeverträge oder Programming/Design by Contract“ klärt die Verantwortlichkeit von Diensteanbieter (function) und Dienstenehmer (Aufrufer einer Funktion) durch genaue Vereinbarungen. Mittels des Sprachmittels der Zusicherung werden Voraussetzungen, Diensteerfüllung und Ausnahmebedingungen zur Laufzeit eines Programms (automatisch) überprüft und führen zu Code besserer Qualität. Daneben werden diverse weitere Hilfsmittel zur Software-Qualitätsverbesserung vorgestellt und diskutiert.

Literatur: wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.

(siehe Seite 68 des Modulhandbuchs)

Aktuell fehlende Softwarequalität:

Software-Bugs

The Heartbleed Bug
How to Prevent the next Heartbleed

Deutsche Bank: Software-Panne
Erneute IT-Panne

Online-Bank: Schwere Datenpanne bei Comdirect

Hirnforschung: Fehlerhafte MRT-Software schürt Zweifel an Zehntausenden Studien

Traue keinem Scan, den du nicht selbst gefälscht hast

Software-Fehler: Mars-Rover Curiosity im Sicherheitsmodus
Software-Fehler: Mars-Rover Curiosity zurück aus Sicherheitsmodus

Softwaretesting Stuttgart

Intel schaltet TSX wegen Bug bei Haswell ab
Intels Haswell kommt 2013 mit neuer Speicherverwaltung
Intel-Bug: Vorerst kein Transactional Memory
Install the latest microcode for your processor
Broadwell reparieren

...

Liste von Programmfehlerbeispielen
Geschichte der Softwarefehler

...

2.1.00: Der Y2k-Direktor der United Nations ruft am 2.1.00 einen weltweiten Alarm vor der Benutzung von Gambro Dialysegeräten aus.
3.1.00: Schwere Störungen im Flugverkehr in Chicago und an der gesamten US- Ostküste.
3.1.00: Massive Störungen im Flugverkehr von Neuseeland durch Rechnerprobleme
3.1.00: Kreditkartensysteme bei amerikanischen Tankstellen ausgefallen.
4.1.00: FBI kann die Datenbank für Waffenlizenzen wegen Y2k-Fehler nicht mehr nutzen.
4.1.00: Radioaktivitätsüberwachung in Atomwaffenfabrik in Tennessee ausgefallen.
4.1.00: Stromausfall in Los Angeles
4.1.00: Justizcomputer verlängert Haftstrafen in Italien um 100 Jahre
4.1.00: 28 Kernkraftwerke melden Y2k-Probleme
4.1.00: Führerscheine in Indiana und New Mexico werden falsch ausgestellt.
4.1.00: Kunde einer US-Videothek soll 177.000 DM Strafgebühr bezahlen.
4.1.00: In Schweden und Deutschland "Zahlensalat" auf den Konten von Online-Kunden
5.1.00: Viertgrößter Autoversicherer der USA hat Y2k-Problem in der Policenverwaltung.
5.1.00: Pentagon hat zwei Stunden lang keine Kontrolle über Spionagesatelliten
5.1.00: Verwaltungscomputer der Feuerwehr von Washington DC mit Y2k-Fehler
6.1.00: Die amerikanische Datenbank für Chemieunfälle ist nicht y2k-fähig.
6.1.00: Pentagon stellt 230 falsche Schecks aus.
6.1.00: Homebanking-Programm BankUp von Macintosh hat Y2k-Problem
6.1.00: 40.000 Händler haben Y2k-Probleme mit Kreditkarten.
7.1.00: In Arkansas sind die Verwaltungscomputer von 22 Landkreisen betroffen.
7.1.00: Unbekannte Anzahl von 112.000 Cash Cards der US-Post fehlerhaft
7.1.00: Chicago-Bank kann in 8 US-Staaten keine Medicare-Überweisungen tätigen.
7.1.00: Utah Food Bank in Salt Lake City Total-Crash für einen Tag
7.1.00: Die Personalverwaltung der US-Notfallmanagementbehörde ausgefallen.
8.1.00: Chevy Chase Bank Window-Versionen von Quicken 99 und 2000 fehlerhaft
8.1.00: MCS Spectrum Buchhaltungssoftware nicht y2k-fest
8.1.00: First Union Bank bezahlt Arbeiter doppelt: insgesamt 2,3 Mio. US-$
8.1.00: Scheckverkehr in Oregon gestört
10.1.00: Quicken Tool der Financial Times wegen Y2k zusammengebrochen
10.1.00: Wasserversorgungssystem in amerikanischer Stadt wegen Y2k ausgefallen
11.1.00: Datenbanken in 157 staatliche Alkoholläden wegen Y2k gestört
11.1.00: Medizinischer Notfallservice der Feuerwehr im Staate Washington ausgefallen
12.1.00: Datenbank der Wahlbezirke in Maryland gestört
12.1.00: Satellitenausfall des Pentagon ernster als zuerst gemeldet
12.1.00: 50.000 Zeugenaussagen in Topeka durch Y2k-Fehler zerstört
12.1.00: Y2k-Fehler in Auszahlungssoftware der Deutschen Oper in Berlin
13.1.00: LOTUS warnt vor Anwendung der DOMINO-Software wegen Y2k

(aus: Das weltweite Y2k-Überwachungssystem meldet)

Programmfehler

Bugs

... und konstruktive Gegenmaßnahmen: Codeverträge

C++11-Standard Seite 424: *17.5.1.4 Detailed specifications* natürlichsprachige Invarianten, Vorbedingung und Nachbedingungen

C++11-Contracting Spracherweiterungsvorschlag (Proposal n1962)

Spezifikation wie sie einmal in C++ aussehen könnte:

```
double sqrt( double r )
    precondition
    {
        r >= 0.;
    }
    postcondition( result )
    {
        equal_within_precision( result * result, r );
    }



int factorial( int n )
precondition
{
    0 <= n && n <= 12;
}
postcondition( result )
{
    result >= 1;
}
{
    if ( n < 2 )
        return 1;
    else
        return n * factorial( n - 1 );
}

template< class T >
class vector
{
    invariant
    {
        ( size() == 0 ) == empty();
        size() == std::distance( begin(), end() );
        size() == std::distance( rbegin(), rend() );
        size() <= capacity();
        capacity() <= max_size();
    }

              void resize( size_type newsize )
                postcondition
                {
                    size() == newsize;
                    if( newsize > oldof size() )
                        all_equals( begin() + oldof size(), end(), T() );
                }

             void clear();
                postcondition { empty(); }

             void swap( vector& right )
                postcondition
                {
```

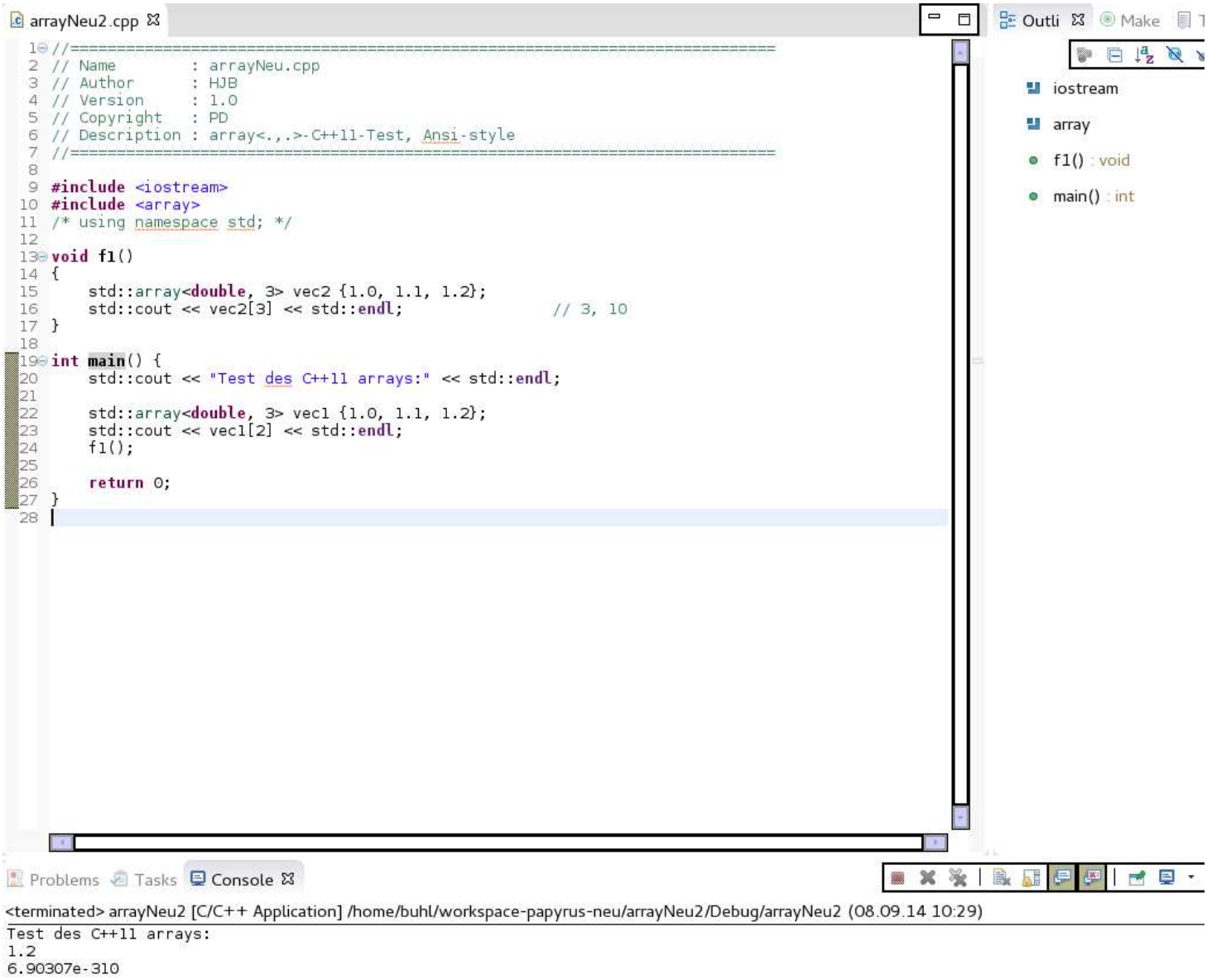
```
                oldof *this == right;
                oldof right == *this;
            }
        // ...

}; // class 'vector'
```

C++17-Spracherweiterungsvorschlag P0380R1 contract design

```
void push(queue & q)
     [[expects: !q.full() ]]
     [[ensures: !q.empty() ]]
{
   // ...
   [[assert: q.is_ok() ]];
}
```

als User-defined attributes?
oldof() in P0380R1
[contract] Without the macros , siehe insbesondere „icaminiti Jun 27, 2016; 7:08pm Re: [contract
oldof() in Nachbedingungen
oldof() Fortsetzng

Mögliche Ursachen:




```
//========================================================================
// Name        : arrayNeu.cpp
// Author      : HJB
// Version     : 1.0
// Copyright   : PD
// Description : array<.,.>-C++11-Test, Ansi-style
//========================================================================

#include <iostream>
#include <array>
/* using namespace std; */

void f1()
{
    std::array<double, 3> vec2 {1.0, 1.1, 1.2};
    std::cout << vec2[3] << std::endl;               // 3, 10
}

int main() {
    std::cout << "Test des C++11 arrays:" << std::endl;

    std::array<double, 3> vec1 {1.0, 1.1, 1.2};
    std::cout << vec1[2] << std::endl;
    f1();

    return 0;
}
```

C++ Accesses an Array out of bounds gives no error, why?
GCC 5.0: -fsanitize=bounds: enable instrumentation of array bounds and detect out-of-bounds accesses;
GCC 5.1 mit Offloading und Cilk-Plus-Support erschienen
Using gcc's 4.8.0 Address Sanitizer: leider für Indexüberprüfung recht ungeeignet
address-sanitizer – how it works

What is the C++ compiler required to do with ill-formed programs according to the Standard?
Undefined behavior
C++14: Abschnitt 1.3.24 undefined behavior

Index checking [edit]

Index checking means that, in all expressions indexing an array, the index value is checked against the bounds of the array (which were established when the array was defined), and if the index is out-of-bounds, further execution is suspended via some sort of error. Because using a number outside of the upper range in an array may cause the program to crash, or may introduce security vulnerabilities (see buffer overflow), index checking is a part of many high-level languages.

Pascal, Fortran, Java have index checking ability. The VAX computer has an INDEX assembly instruction for array index checking which takes six operands, all of which can use any VAX addressing mode. The B6500 and similar Burroughs computers performed bound checking via hardware, irrespective of which computer language had been compiled to produce the machine code. A limited number of later CPUs have specialised instructions for checking bounds, e.g. The CHK2 instruction on the Motorola 68000 series.

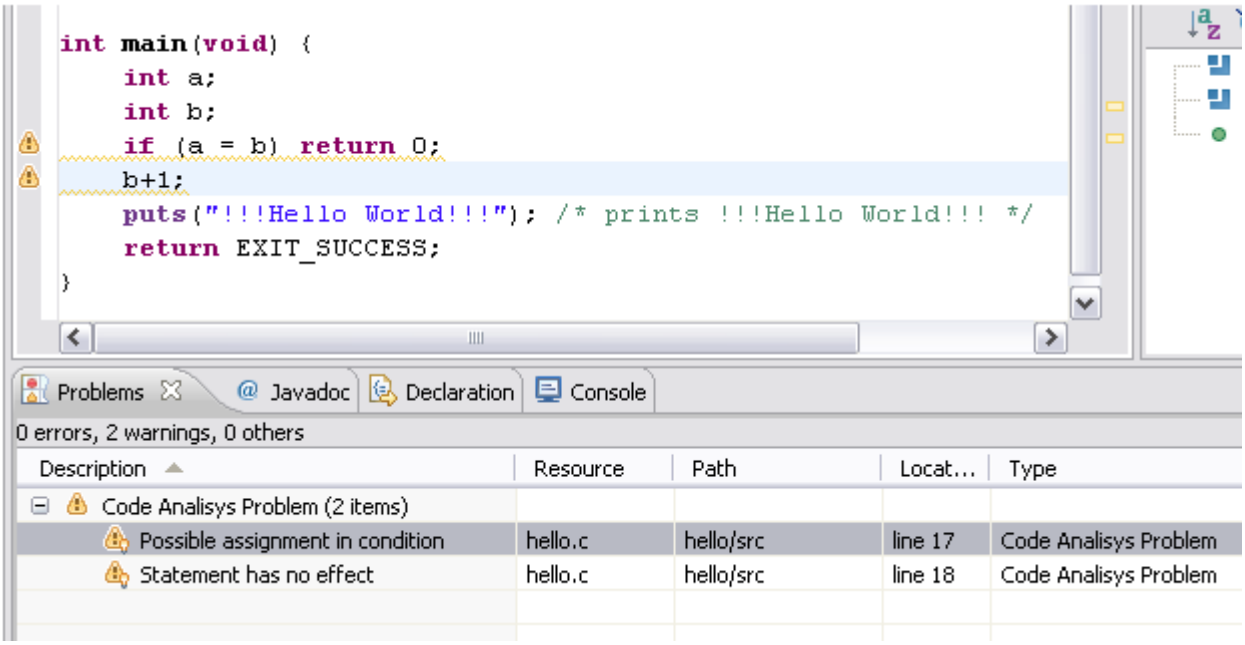
Many programming languages, such as C, never perform automatic bounds checking to raise speed. However, this leaves many off-by-one errors and buffer overflows uncaught. Many programmers believe these languages sacrifice too much for rapid execution.[*who?*] In his 1980 Turing Award lecture, C. A. R. Hoare described his experience in the design of ALGOL 60, a language that included bounds checking, saying:

> A consequence of this principle is that every occurrence of every subscript of every subscripted variable was on every occasion checked at run time against both the upper and the lower declared bounds of the array. Many years later we asked our customers whether they wished us to provide an option to switch off these checks in the interest of efficiency on production runs. Unanimously, they urged us not to—they already knew how frequently subscript errors occur on production runs where failure to detect them could be disastrous. I note with fear and horror that even in 1980, language designers and users have not learned this lesson. In any respectable branch of engineering, failure to observe such elementary precautions would have long been against the law.

Mainstream languages that enforce run time checking include Ada, C#, Haskell, Java, JavaScript, Lisp, PHP, Python, Ruby, and Visual Basic. The D and OCaml languages have run time bounds checking that is enabled or disabled with a compiler switch. C# also supports *unsafe regions*: sections of code that (among other things) temporarily suspend bounds checking to raise efficiency. These are useful for speeding up small time-critical bottlenecks without sacrificing the safety of a whole program.

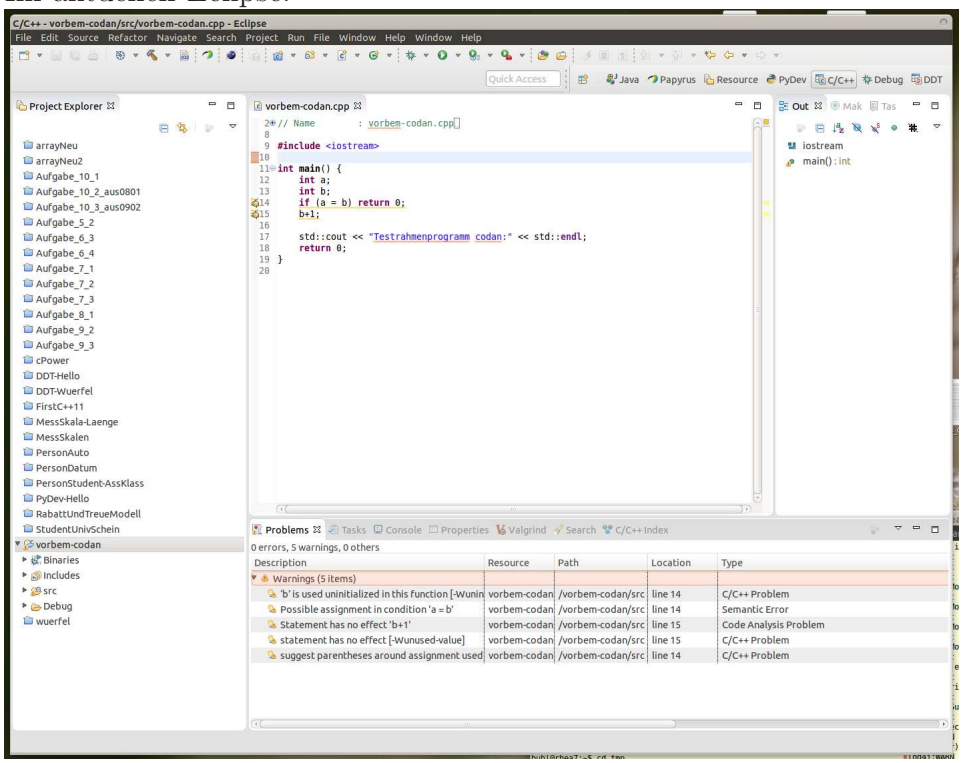
(aus: http://en.wikipedia.org/wiki/Bounds_checking#Index_checking)

Hilfsmittel zur Vermeidung von Codefehlern:



(aus: CDT/designs/StaticAnalysis)

Im aktuellen Eclipse:



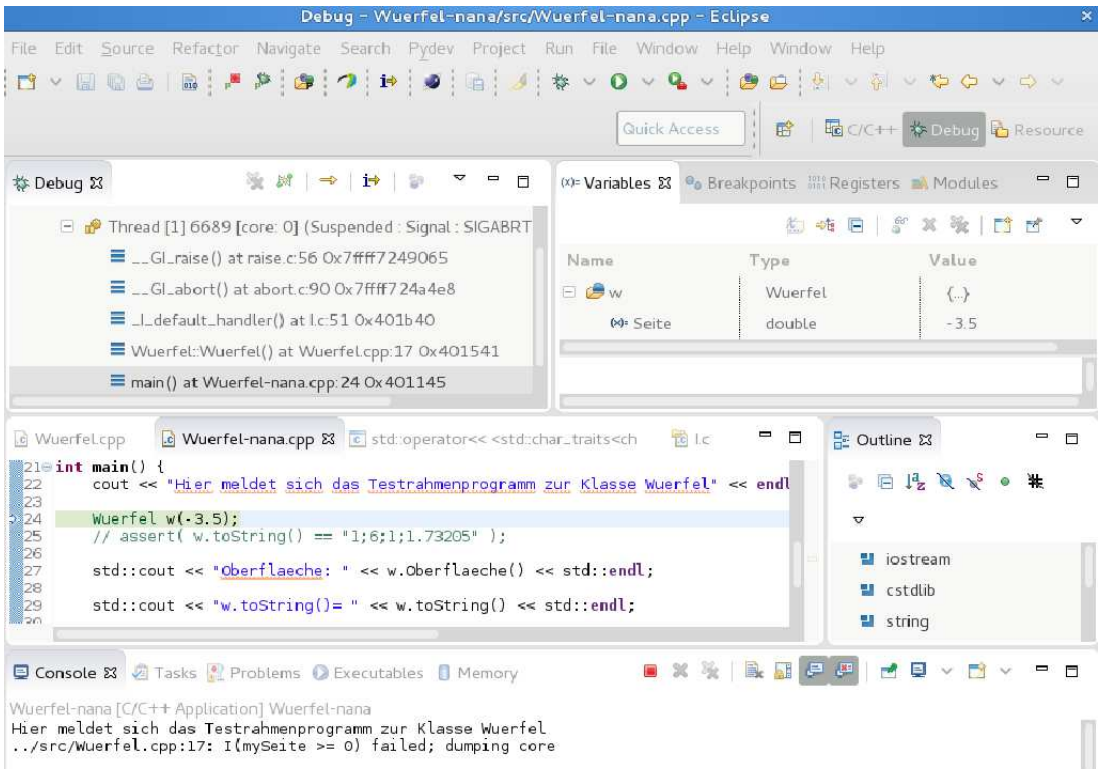
Siehe auch: Statische Code-Analyse, ...

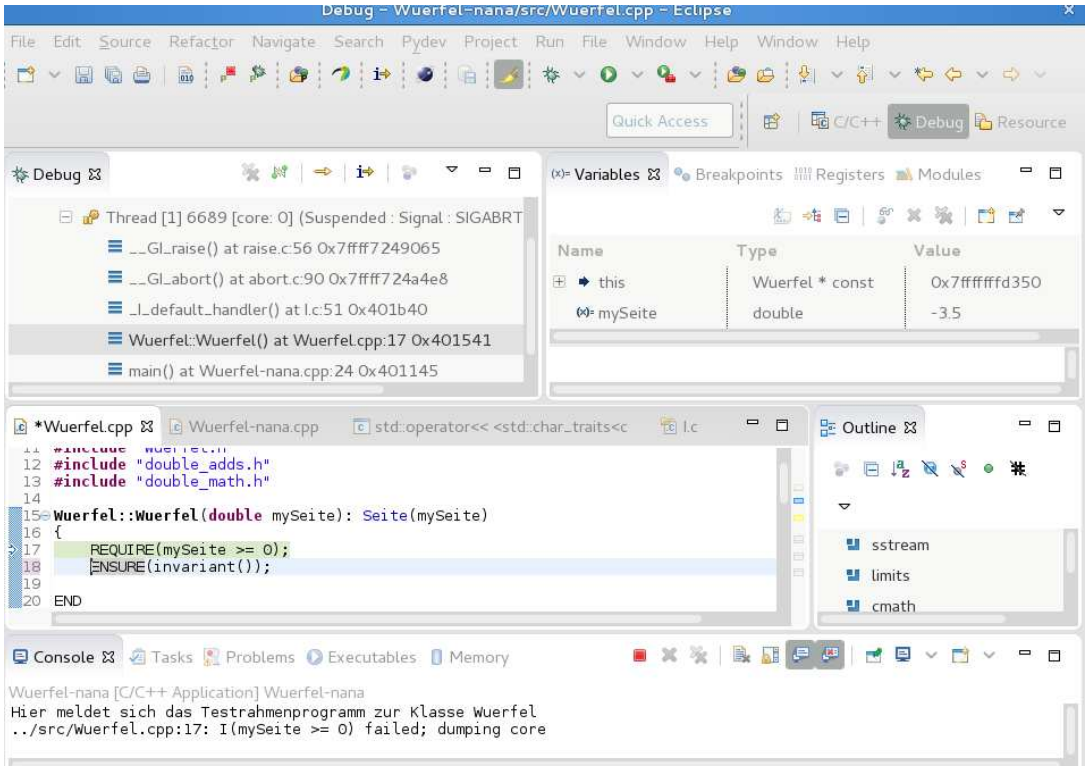
Memory safety

siehe: http://en.m.wikipedia.org/wiki/Memory_safety

- Buffer overflow - Out-of bound writes can corrupt the content of adjacent objects, or internal data like bookkeeping information for the heap or return addresses.
- Dynamic memory errors - Incorrect management of dynamic memory and pointers:
  - Dangling pointer - A pointer storing the address of an object that has been deleted.
  - Double frees - Repeated call to free though the object has been already freed can cause freelist-based allocators to fail.
  - Invalid free - Passing an invalid address to free can corrupt the heap. Or sometimes will lead to an undefined behavior.
  - Null pointer accesses will cause an exception or program termination in most environments, but can cause corruption in operating system kernels or systems without memory protection, or when use of the null pointer involves a large or negative offset.
- Uninitialized variables - A variable that has not been assigned a value is used. It may contain an undesired or, in some languages, a corrupt value:
  - Wild pointers arise when a pointer is used prior to initialization to some known state. They show the same erratic behaviour as dangling pointers, though they are less likely to stay undetected.
- Out of memory errors:
  - Stack overflow - Occurs when a program runs out of stack space, typically because of too deep recursion.
  - Allocation failures - The program tries to use more memory than the amount available. In some languages, this condition must be checked for manually after each allocation.

Oder noch besser mittels dauernd überprüfter Codeverträge und sofortiger Meldung bei Vertragsverletzung:





Vorbemerkungen – Softwarequalität heute

Produkthaftung auch für Software?

Haftungsausschluß

Die Überlassung dieser Baupläne erfolgt ohne Gewähr. Der Plan gibt keine Garantie, Gewährleistung oder Zusicherung, daß diese Pläne für einen bestimmten Zweck geeignet sind, daß sie richtig sind oder daß ein Gebäude, das nach diesen Plänen gebaut wird, den Ansprüchen des jeweiligen Erwerbers genügt. Der Planer erklärt sich bereit, Ersatzkopien derjenigen Teile der Pläne zu liefern, die zum Zeitpunkt des Kaufs unleserlich sind. Darüber hinaus wird keinerlei Haftung übernommen. Der Erwerber dieser Pläne sollte beachten, daß in den entscheidenden Phasen des Baus und nach der Fertigstellung geeignete Tests durchzuführen sind und daß die üblichen Vorsichtsmaßnahmen zum Schutz des Lebens der Bauarbeiter zu treffen sind.

(Zitat: Robert L. Baber: Softwarereflexionen, Springer-Verlag, Seiten 1...10)

und in der Praxis:

...

2. Haftung
Wir werden immer bemüht sein, ihnen einwandfreie Software zu liefern. Wir können aber keine Gewähr dafür übernehmen, daß die Software unterbrechungs- und fehlerfrei läuft und daß die in der Software enthaltenen Funktionen in allen von Ihnen gewählten Kombinationen ausführbar sind. Für die Erreichung eines bestimmten Verwendungszweckes können wir ebenfalls keine Gewähr übernehmen. Die Haftung für unmittelbare Schäden, mittelbare Schäden, Folgeschäden und Drittschäden ist, soweit gesetzlich zulässig, ausgeschlossen. Die Haftung bei grober Fahrlässigkeit und Vorsatz bleibt hiervon unberührt, in jedem Fall ist jedoch die Haftung beschränkt auf den Kaufpreis.
(AGB, Punkt 9)

Hauptgegenstand des zweiten Teils dieser Veranstaltung ist die konstruktive Qualitätssicherungs- und Spezifikationsmethode *Design by Contract (Spezifikation durch Verträge = SdV)*

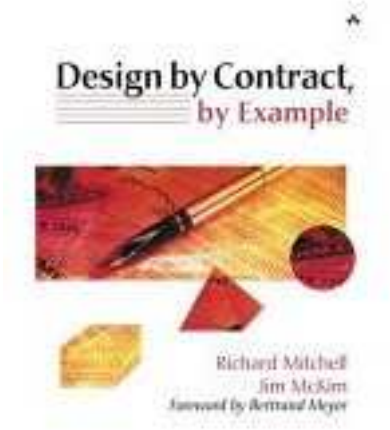


Abbildung 0.1.: Design by Contract, by Example von Richard Mitchell und Jim McKim

Vergleiche auch SQS und SQA.

In den ersten Kapiteln der Vorlesung wird Grundwissen zur Softwarequalität und -qualitätssicherung wiederholt.

Die dann behandelte Methodik DbC wurde zuerst in der Programmiersprache `Eiffel` thematisiert, ist jedoch heute in (fast) allen neuen Programmiersprachen nutzbar.

http://en.wikipedia.org/wiki/Eiffel_(programming_language)

http://en.wikipedia.org/wiki/Design_by_contract

(Ein Eiffel Tutorial

Beispiel-Quellen für EiffelStudio 15.01:
http://www.math.uni-wuppertal.de/~buhl/teach/exercises/PbC09/source_code.tar.gz)

GNU nana DbC for C and C++

Ein Beispiel C++-Codevertrag mit Hilfe von Nana:

```
#define EIFFEL_CHECK CHECK_ALL
#include <set>
#include <vector>
#include <eiffel.h>
#include <nana.h>
...
void quicksort(double v[], int l, int h)
{
  REQUIRE(l <= h+1);
  ...
  ENSURE(A(int k=l, k<h, k++, v[k]<=v[k+1]));
}
void quicksort(double v[], int n)
{
  REQUIRE(n>=1);
  ID(multiset<double> v_old_contents(&v[0],&v[n]););
  ...
  ENSURE(A(int k=0, k<n-1, k++, v[k]<=v[k+1]));
  ID(multiset<double> v_contents(&v[0],&v[n]));
  ENSURE(v_old_contents == v_contents);
};

class name_list{ ...
void name_list::put(const string& a_name)    // Push a_name into list
DO
  REQUIRE(/* name not in list */    !has(a_name));
  ID(set<string> contents_old(begin(),end()));
  ID(int count_old = get_count());
  ID(bool not_in_list = !has(a_name));
  ...
  ENSURE(has(a_name));
  ENSURE( (!not_in_list) || (get_count() == count_old + 1));
  ID(set<string> contents(begin(),end()));
  ENSURE( (!not_in_list) || (contents == contents_old + a_name));
END;
...
}
```

Auswahl der Überprüfungslevel durch:

```
#define EIFFEL_DOEND
#ifndef EIFFEL_CHECK
#define EIFFEL_CHECK CHECK_ALL
//                                          Makros CHECK() und folgende
//                      CHECK_LOOP          Makros INVARIANT() und folgende
//                       CHECK_INVARIANT    Methode invariant() und folgende
//                        CHECK_ENSURE      Nachbedingungen und folgende
//                         CHECK_REQUIRE    Vorgedingungen
//                          CHECK_NO
#endif
#include "eiffel.h"
#include "nana.h"
```

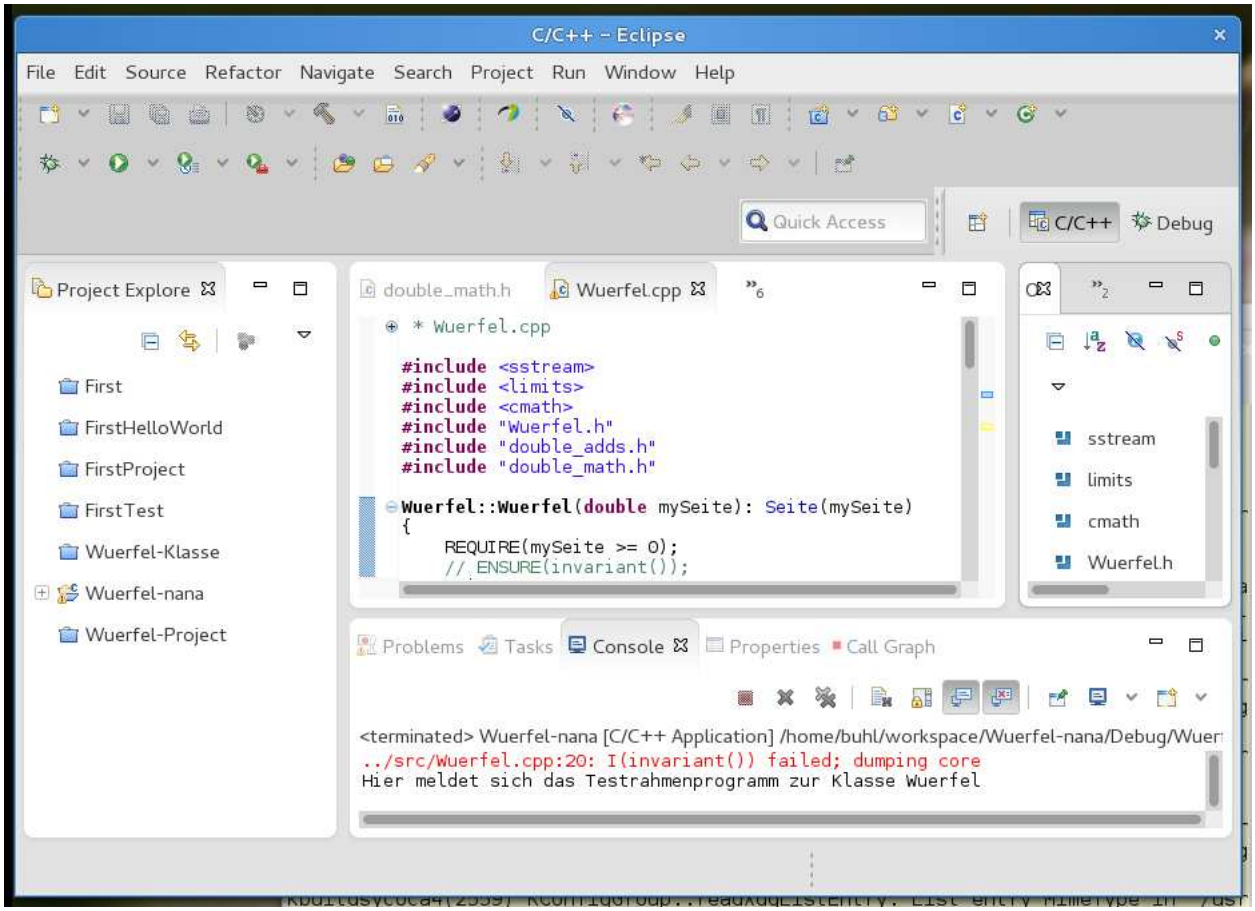
nana-Manual

C++-Entwicklungsumgebung

http://www.eclipse.org/downloads/packages/release/Neon/1A (Eclipse Neon 1A)

Eclipse für C/C++-Programmierer, 3. Auflage
Eclipse Tutorial: C++ Hello World Programm mit Eclipse CDT

Eclipse-Modelling mit UML (Papyrus mit Designer-CPP/-JAVA),
OCL (Object Constraint Language), CDT (C/C++ Development Environment inklusive „Eclipse standalone Debugger“), Linux Tools (für gcov, gprof, perf, ...), PyDev,
D Development Tools, Scala IDE, Kotlin, Ocaml, ..., CUTE, cppcheck)



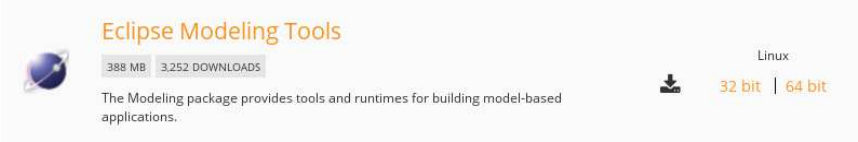
Benutzte freie UML2.5-/OCL2.4-Tools/C++ Programmentwicklung

Hilfsmittel (Tools) zur „state of the art“-Entwicklung von C++-Anwendungen:
Verfügbar (vorinstalliert) auf dem IT-Ausbildungsclustern (l101, ...) als `eclipse-papyrusn`.

Hinweis zur Installation auf dem eigenen Linux-Notebook:

IDE für C++-Programmierung: Eclipse Neon Modeling mit UML, OCL, CDT, Linux Tools, ...

Eclipse Downloads (Download Packages):



Installiere *Eclipse Modeling Tools*, (zur Zeit die Version Neon 1a) durch Download der Datei `eclipse-modeling-neon-1a-linux-gtk-x86_64.tar.gz` von `http://www.eclipse.org/downloads/`, installiere sie mittels:

```
~/Downloads> ls ec*
eclipse-modeling-neon-1a-linux-gtk-x86_64.tar.gz
~/Downloads> gunzip eclipse-modeling-neon-1a-linux-gtk-x86_64.
    tar.gz
~/Downloads> ls -al ec*
-rw-r--r-- 1 buhl users 395806720  2. Maerz 08:02 eclipse-
    modeling-neon-1a-linux-gtk-x86_64.tar
```

wechsle ins Zielverzeichnis für selbstinstallierte Software (etwa `$HOME/sw`) und entpacke `eclipse` dorthin:

```
~/sw> tar xf ~/Downloads/eclipse-modeling-neon-1a-linux-gtk-
    x86_64.tar
~/sw> ls -al
drwxr-xr-x  9 buhl users  4096 19. Feb 09:36 eclipse
~/sw> mv eclipse eclipse-modeling-neon-1a-linux-gtk-x86_64
~/sw> cd ~/bin
```

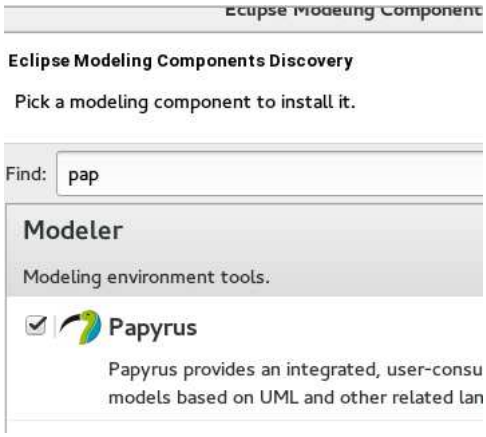
Erzeuge in `S$HOME/bin` ein Startskript $HOME/bin/eclipse-papyrusn mit dem Inhalt:

```
#!/bin/sh
#
$HOME/sw/eclipse-modeling-neon-1a-linux-gtk-x86_64/eclipse $*
```

und gib ihm Ausführbarkeitsrechte:

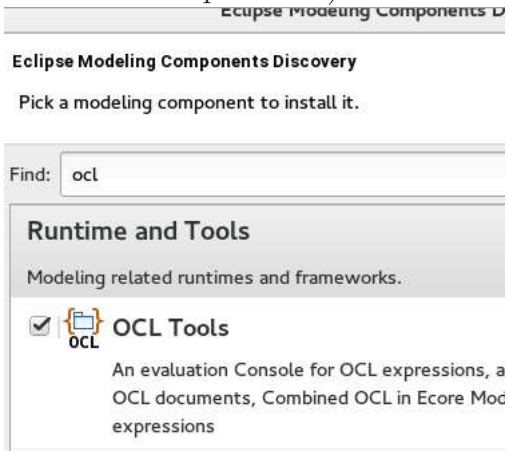
```
~/bin> chmod 755 $HOME/bin/eclipse-papyrusn
```

ergänze dann unter `Help, Install Modelling Components` das UML-Tool `Papyrus` (für die Erstellung von UML-Modellen):



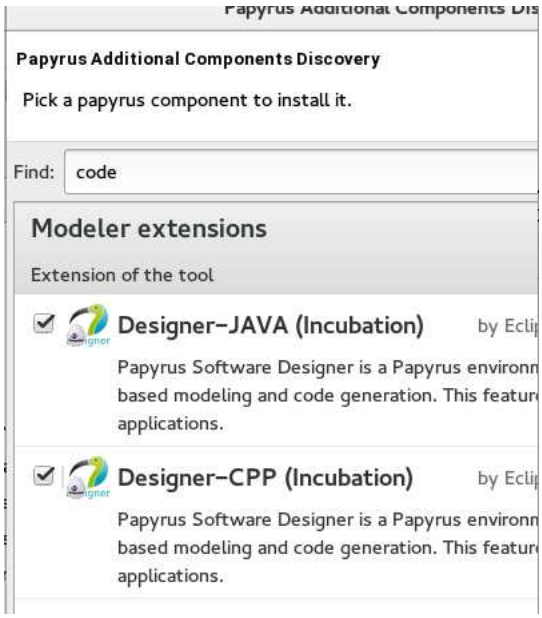
⋮

ergänze dann die `OCL Tools` zur Erstellung von formalen Constraints (Codeverträge an die UML-Komponenten):



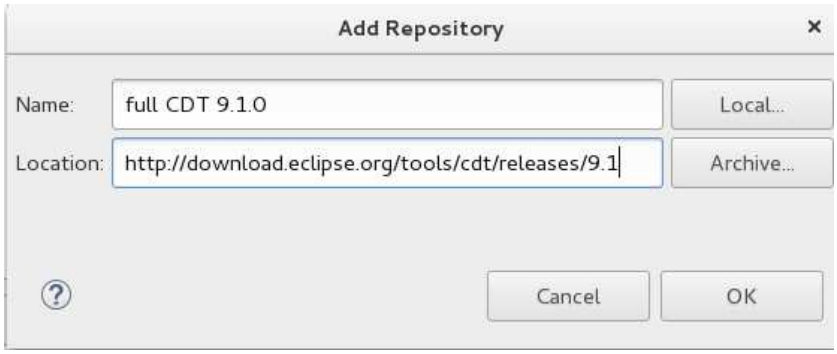
aktualisiere Papyrus unter `Help, Check for updates`, falls nötig,

ergänze unter `Help, Install Papyrus Additional Components` C/C++-Unterstützung (CDT und JAVA-Code-Profile mit integrierter UML/C++-Codeerzeugung):

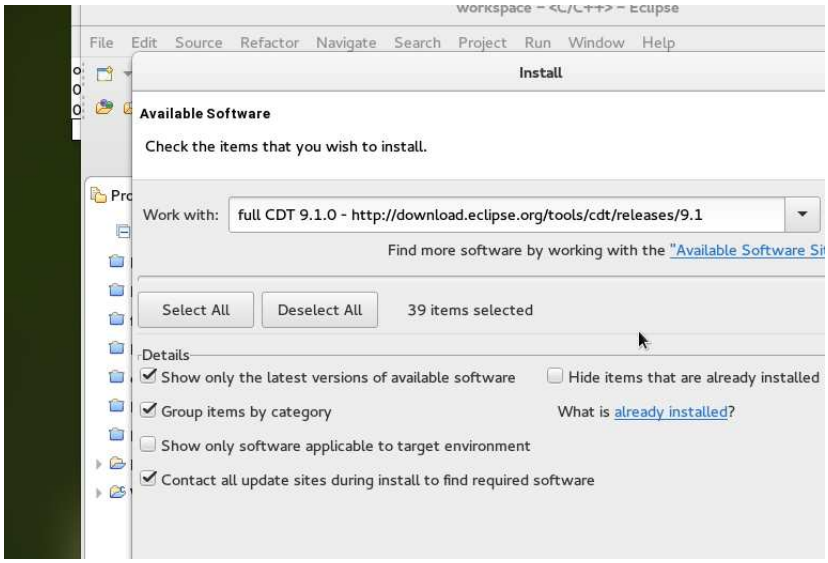


ergänze unter `Help, Install New Software, Add`

`full CDT 9.1.0,`
`http://download.eclipse.org/tools/cdt/releases/9.1`

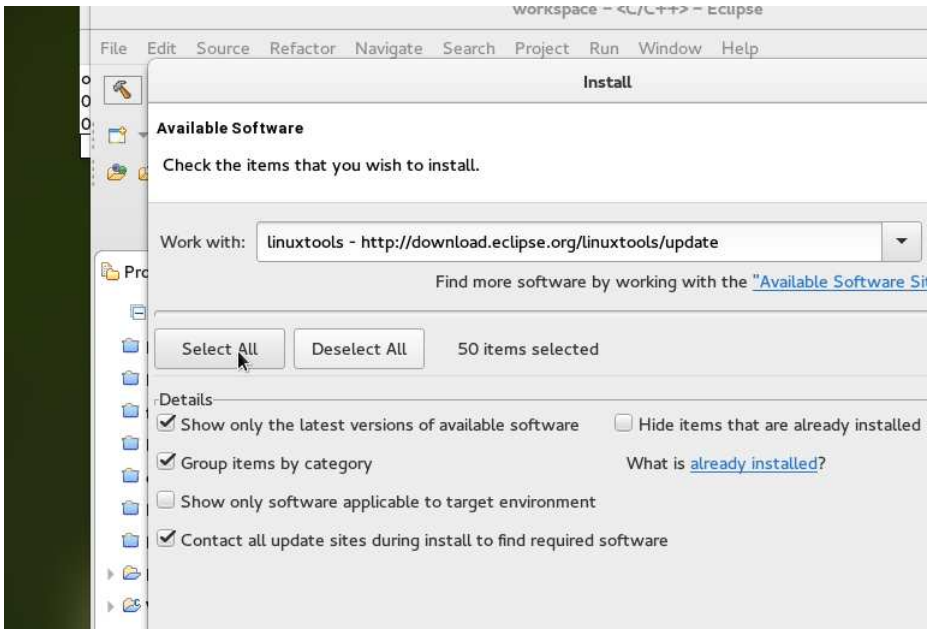


und wähle mittels `Select All` das volle CDT-Plugin aus

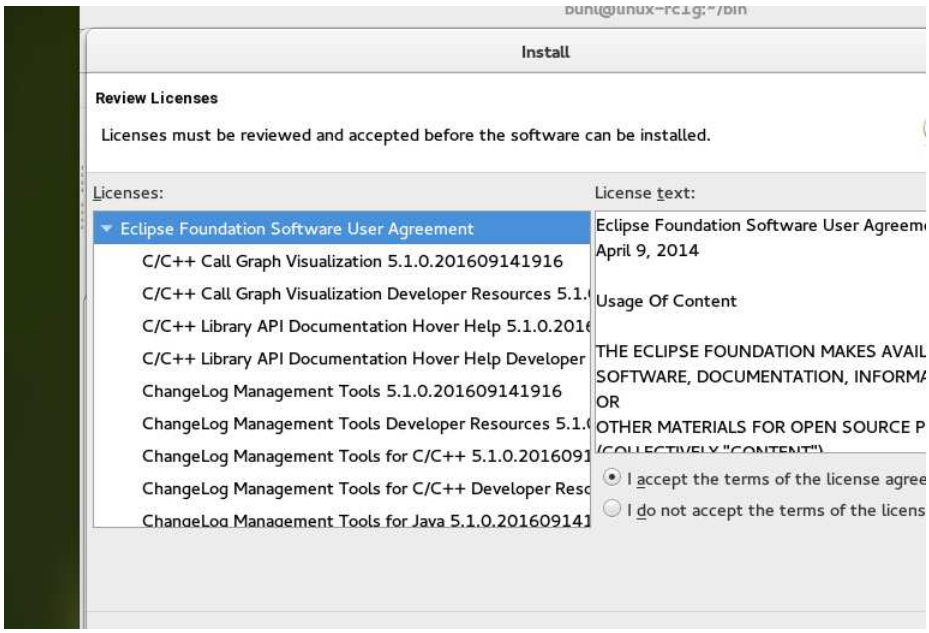


und installiere es,

ergänze unter `Help, Install New Software, Add`



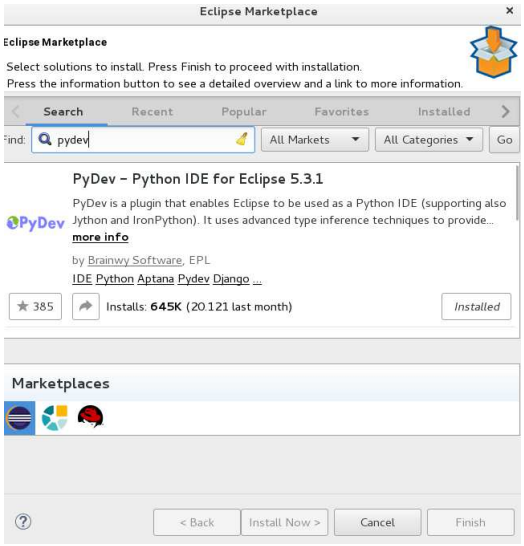
das Linuxtools-Repositorium und wähle `Select All` an:



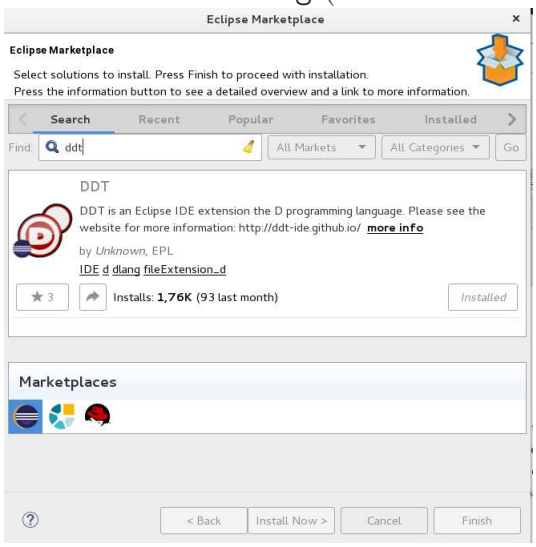
Die Linuxtools bieten Eclipse-Integration qualitätssteigernder Tools für die C++-Entwicklung:

- Callgraph
- ChangeLog
- GProf
- Gcov (oder lcov)
- Libhover
- Man Page
- LTTng
- OProfile
- Perf
- Systemtap
- Valgrind

Bei Bedarf kann man unter `Help, Eclipse Marketpace` schließlich noch `Python`-Entwicklungsumgebung



und `D-Unterstützung` (sofern auf Ihrer Maschine `dmd` und `dub` installiert sind)



und ... hinzuinstallieren. (Vorinstalliert auf den Ausbildungsclustern der Fachgruppe als: `eclipse-papyrusn` sind zum Beispiel zusätzlich: `Scala, Kotlin, Ocaml` sowie `Cute und cppcheclipse (Plugin für cppcheck)`)

Getting started with CDT development
CDT Documentation, Tutorials, ...
Eclipse CDT (C/C++ Development Tooling)
Eclipse für C/C++-Programmierer, dritte Auflage

Hinweis zu verfügbaren Softwareentwicklungssystemen:
GNU g++ für Linux
gcc7 vor den Toren
C++17: Standardbibliotheksänderungen

Cygwin für Windows, Cygwin
mingw-64
Windows 10 Linux-Subsystem

Microsoft Imagine (früher MSDNAA): VisualStudio 201x für Windows

Weitere Beispiele für Softwaredisfunktionalitäten

Ein sahniger Brocken

(aus: Die Zeit vom 15.09.2005)

Begleitet von großem Werberummel hat die NASA den Kometen Tempel1 beschossen. Nun zeigen die Daten: Getroffen hat sie gut, gelernt hat sie wenig.

Auch wenn in den offiziellen Mitteilungen der NASA keine Rede davon ist - unter den versammelten Astronomen hat sich längst herumgesprochen, dass der Erfolg von *Deep Impact* nicht nur von aufgewirbeltem Feinstaub verdunkelt wurde. Ein Softwarefehler hat dazu geführt, dass die ersten - und besten - Bilder des Zusammenpralls im Datenspeicher des Begleitsateliten von späteren Aufnahmen überschrieben wurden.

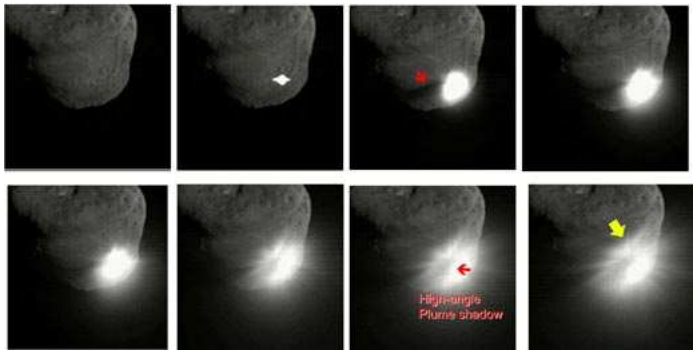


Abbildung 0.2.: Bilder von Deep Impact

Der vollständige Artikel: http://www.zeit.de/2005/38/komet

USV-Software legt Server lahm

APC, Hersteller von unterbrechungsfreien Stromversorgungssystemen (USV), rät in einem Knowledgebase-Artikel dazu, alte Versionen der **PowerChute Business Edition-Software 6.X** umgehend durch die Version 7.X zu ersetzen.

Die Software zur Steuerung unterbrechungsfreier Stromversorgungen und zum sicheren Server-Shutdown hat Probleme mit einem auslaufenden Java-Runtime-Zertifikat. Dies führt dazu, dass die Windows-Server, auf denen die alte Version läuft, zum Teil mehrere Stunden für eine Ab- beziehungsweise Anmeldung benötigen. Die Dienste des Servers wie zum Beispiel Netzwerkfreigaben funktionieren allerdings trotz der Anmeldeprobleme weiterhin.

(aus http://www.heise.de/newsticker/meldung/62344)

Chaos an Hannovers Geldautomaten (05.10.2003 13:00 Uhr)

Computerprobleme haben am Samstag alle 240 Geldautomaten der Sparkasse in der Stadt und Region Hannover lahm gelegt. Die Fusion der Stadt- und Kreissparkasse sollte am Wochenende auch technisch umgesetzt werden, sagte der Sprecher des Geldinstituts, Stefan Becker. Beim Hochfahren eines Server habe sich ein Fehler eingeschlichen, so dass die Geldautomaten nicht mehr funktionierten. Die Sparkasse öffnete stadtdessen fünf Filialen, damit Kunden etwa in Einkaufszonen Bargeld abheben können.

(aus: http://www.heise.de/newsticker/meldung/40834)

THERAC 25

Selten sind solch schädliche Vorfälle so gut dokumentiert worden wie im Fall des „THERAC 25“, eines computergestützten Bestrahlungsgerätes. Dabei handelt es sich um ein Bestrahlungsgerät, welches in zwei „Modi“ arbeitet: im „X-Modus“ wird ein Elektronenstrahl von 25 Millionen Elektronen-Volt durch Beschuß einer Wolframscheibe in Röntgenstrahlen verwandelt; im „E-Modus“ werden die Elektronen selbst, allerdings „weicher“ mit erheblich reduzierter Energie als Korpuskelstrahlung erzeugt. Je nach therapeutischer Indikation wird die geeignete Strahlungsart eingestellt; in beiden Fällen kann der Bestrahlungsverlauf, nach Modus, Intensität und Bewegungskurve der Strahlungsquelle, mit einem Bildschirm-„Menü“ eingegeben werden.

Als mehrere Patienten berichteten, sie hätten bei Behandlungsbeginn das Gefühl gehabt, „ein heißer Strahl“ durchdringe sie, wurde dies vom Hersteller als „unmöglich“ zurückgewiesen. Erst nach dem Tod zweier Patienten sowie massiven Verbrennungen bei weiteren Personen kam heraus, daß neben dem X- sowie E-Modus mit niedriger Elektronenintensität infolge Programmierfehler ein unzulässiger dritter Zustand auftrat, nämlich direkt wirkende, 25 Millionen Elektronen-Volt „heiße“ Elektronen.

Dies geschah immer dann, wenn ein vorgegebenes „Behandlungsmenü“ mittels Curser-Taste modifiziert wurde. Um aufwendige Umprogrammierung zu vermeiden, wollte der kanadische Hersteller die Benutzung der Curser-Taste verbieten bzw. diese ausbauen und die Tastenlücke mit Klebeband abdichten lassen! Es ist zu befürchten, daß der Fall „THERAC 25“ kein Einzelfall ist. Zumeist ist es mangels entsprechender Vorsorge in computergesteuerten Medizingeräten schwerlich möglich, schädliches Systemverhalten später aufzuklären.

Berliner Magnetbahn

Computer spielen in allen gesellschaftlichen Bereichen eine immer größere Rolle. Angesichts der von fehlerhafter Software ausgehenden Gefahr wird versucht, die Sicherheit von computergesteuerten Systemen so weit wie möglich zu garantieren.

Softwarefehler: Kleine Ursache, große Wirkung

Fünf - Null, tippt der Operator in die Tastatur und erwartet, daß die Magnetschwebebahn auf 50 Stundenkilometer beschleunigen würde. Doch nichts geschah. Wieder tippt er fünf - null und vergaß diesmal nicht die „Enter"-Taste zu betätigen, mit der die Daten erst in den Rechner abgeschickt werden. Die insgesammt eingegebene Tastenfolge „fünf - null - fünf - null" interpretiert der Rechner als Anweisung, auf unsinnige 5050 Stundenkilometer zu beschleunigen. Dies konnte die Bahn zwar nicht, aber immerhin wurde sie so schnell, daß sie nicht mehr rechzeitig vor der Station gebremst werden konnte. Es kam zum Crasch mit Personenschaden – so geschehen vor zwei Jahren bei einer Probefahrt der Berliner M-Bahn.

Vernünftigerweise hätte die den Computer steuernde Software die Fehlerhaftigkeit der Eingabe „5050" erkennen müssen. Schon dieses Beispiel mangelnder Software zeigt, von welcher Bedeutung das richtige Verhalten von Computerprogrammen sein kann. Nicht nur bei Astronauten, die mit softwaregesteuerten Raumfähren ins All starten, hängt heute Leben und Gesundheit von Software ab. Computerprogramme erfüllen mittlerweile in vielen Bereichen sicherheitsrelevante Aufgaben.

Elektronik-Fehler führt zu Überhitzung bei Volvo-PKW

Kaum ein KFZ-Hersteller, der nicht mit Elektronik, Software und Hightech-Ausstattung das Autofahren komfortabler und die Wartung in der Werkstatt einfacher machen will. Doch die Tücken der Technik lassen für manchen Kunden den PKW zum IT-Sicherheitsrisiko werden. Nachdem vor kurzem erst Softwarefehler bei Mercedes-Dieseln für Aufsehen sorgten, können nun Defekte in der elektronischen Steuerung der Motorkühlung bei Volvo-Personenwagen zur Überhitzung führen.

Der Fehler tritt bei den Modellen S60, S80, V70 und XC70 aus den Baujahren 2000 und 2001 auf, erklärte Volvo, einzelne Modelle aus dem Jahr 1999 seien ebenfalls betroffen. Die fehlerhaft arbeitende Elektronik hat Bosch an Volvo geliefert – wer für den Fehler, der vor allem bei langsamer Fahrt bei hohen Außentemperaturen zur Überhitzung führen kann, verantwortlich ist, steht laut Volvo noch nicht fest. Insgesamt 460.000 Fahrzeuge weltweit ruft der schwedische Hersteller daher in die Werkstätten zurück. Laut dpa erhalten in Deutschland rund 40.000 Besitzer eines Volvo-PKW eine Aufforderung zum Werkstattbesuch – der für die Halter zumindest kostenlos bleibt.

(aus: http://www.heise.de/newsticker/meldung/51019)

The Patriot Missile

The Patriot missile defense battery uses a 24 bit arithmetic which causes the representation of real time and velocities to incur roundoff errors; these errors became substantial when the patriot battery ran for 8 or more consecutive hours.

As part of the search and targeting procedure, the Patriot radar system computes a "Range Gate" that is used to track and attack the target. As the calculations of real time and velocities incur roundoff errors, the range gate shifts by substantial margins, especially after 8 or more hours of continous run.

The following data on the effect of extended run time on patriot operations from Appendix II of the report would be of interest to numerical analysists anywhere.

Hours	Real Time (seconds)	Calculated Time (seconds)	Inaccuracy (seconds)	Approximate Shift In Range Gate (meters)
0	0	0	0	0
1	3600	3599.9966	.0034	7
8	28800	28799.9725	.0275	55
20a	72000	71999.9313	.0687	137
48	172800	172799.8352	.1648	330
72	259200	259199.7528	.2472	494
100b	360000	359999.6667	.3333*	687

Tabelle 0.1.: Divergence in the Range Gate of a PATRIOT MISSILE

a: continuous operation exceeding 20 hours-target outside range gate
b: Alpha battery [at Dhahran] ran continuously for about 100 hours
* corrected value [GAO report lists .3433]

On Februrary 21, 1991 the Partiot Project Office send a message to all patriot sites stating that very long run times "could cause a shift in the range gate, resulting in the target being offset". However the message did not specify "what constitutes very long run times". According to the Army officials, they presumed that the users would not run the batteries for such extended periods of time that the Patriot would fail to track targets. "Therefore, they did not think that more detailed guidance was required".

The air fields and seaports of Dhahran were protected by six Patriot batteries. Alpha battery was to protect the Dhahran air base.
On February 25, 1991, Alpha battery had been in operation for over 100 consecutive hours. That was the day an incomming Scud struck an Army barracks and killed 28 American soldiers.

On February 26, the next day, the modified software, which compensated for the inaccurated time calculation, arrived in Dhahran.

Kontenabrufverfahren startet wegen Softwareproblemen als Provisorium

Das automatische Kontenabrufverfahren nach dem „Gesetz zur Förderung der Steuerehrlichkeit“, das ab dem 1. April die Abfrage der Kontostammdaten für einige Behörden möglich macht, startet mit Anlaufproblemen. Sie liegen vor allem darin begründet, dass die entsprechende Abfragesoftware der Stammdaten, die ab November 2003 zum Zwecke der Terroristenfahndung entwickelt wurde, nicht richtig skaliert. Diese Software wurde auf ca. 2000 Abfragen pro Tag durch die Polizeifahnder ausgelegt. Mit mehr als täglichen 50.000 Abfragen, die von Finanzämtern, Bafög- oder Sozialämtern ab dem 1. April erwartet werden, ist die Software hoffnungslos überfordert. Für die 18 bis 20 Millionen Konten, die jährlich nach dem Willen des Gesetzgebers gesucht werden sollen, wird derzeit eine völlig neue Schnittstellenspezifikation entwickelt und ein komplett neues Programm geschrieben. Bis dieses Programm für die automatische Abfrage durch die Sachbearbeiter fertig ist, muss die Abfrage wie bisher manuell erfolgen.

Bei dieser manuellen Abfrage reichen Polizeibehörden und Strafverfolger ihre Anfragen auf Papier oder per Fax oder E-Mail bei der Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) ein und bekommen die gewünschten Kontodaten auf demselben Wege zurück. Dieses Verfahren soll durch eine Suchmaske ersetzt werden, die jede Behörde aufrufen kann – wenn die dahinter liegende Abfragesoftware die Datenmengen bewältigen kann.

(aus: http://www.heise.de/newsticker/meldung/58096)

Buffer Overflow im Linux-Kernel

Paul Starzetz von isec hat Details zu einer neuen Lücke im Linux-Kernel veröffentlicht, mit der ein Angreifer Programme mit Root-Rechten ausführen kann. Anders als bei vergangenen Veröffentlichungen von Starzetz, wurden die Hersteller aber offenbar nicht vorab informiert, etwa über die geschlossene Mailing-Liste VendorSec. Nach seinen Angaben würde die Linux-Community Veröffentlichungen ohne Embargos von Distributoren bevorzugen. Um aber die Regeln der so genannten Responsible Disclosure einzuhalten, veröffentlicht er diesmal keinen Exploit-Code.

Der Fehler findet sich wieder einmal im Linux ELF-Binary-Loader, in dem Starzetz in der Vergangenheit bereits mehrere Lücken aufdeckte. Diesmal ist ein Buffer Overflow in der Funktion elf_core_dump schuld, der beim Aufruf einer

weiteren Funktion (copy_from_user) mit einer negativen Längenangabe auftritt. Starzetz hat nach eigenen Angaben die Lücke bereits durch ein präpariertes ELF-Binary demonstrieren können, das mit Kernel-Privilegien lief. Ein Proof-of-Concept-Programm ist seinem Advisory beigefügt, das aber nur den Kern des Problems demonstriert.

(aus: http://www.heise.de/newsticker/meldung/59498)

Auch Superhirne können irren - das Risiko Computer

Lenkwaffen, Flugsteuerungen, Diagnosegeräte, Verkehrsleitsysteme, Dateien, Produktions-Steuerung – überall hat der Computer das Kommando übernommen. Doch nicht überall gibt er die richtigen Befehle. Mancher Irrtum schon hatte tödliche Folgen. Das Vertrauen in das elektronische Superhirn ist angeschlagen.

Sollten US-Kriegsschiffe, die mit dem computergestützten Waffensystem „Aegis“ ausgerüstet sind, in Zukunft wieder in Spannungsgebieten kreuzen, werden die verantwortlichen Offiziere dort mit der Angst leben, daß sich die Ereignisse des 3. Juli 1988 wiederholen könnten: Damals folgte der Kapitän des Kreuzers „Vincennes“, von elektronischen Befehlen unter Entscheidungsdruck gesetzt, der Logik des Computers, dessen Abtastsystem ein Verkehrsflugzeug mit einer Kampfmaschine verwechselte. Er gab den verhängnisvollen Befehl zum Abfeuern der Raketen. Alle 290 Insassen des iranischen Airbus kamen dabei ums Leben. ...

Aus anderer Quelle:
Auch der erste KI-Unfall, bei dem das „künstlich intelligente“ AEGIS-System des US-Kreuzers „Vincennes“ im Sommer 1988 einen zivilen Airbus mit einem MIG-Militärjet verwechselte, durfte bei heutigem Kenntnisstand durch einen Konzeptfehler mitverursacht worden sein. Aus der „Sicht“ des einzelnen AEGIS-Systems werden alle Signale, die auf einem Richtstrahl innerhalb einer 300 Meilen umfassenden Überwachungszone entdeckt werden, einem einzelnen Objekt zugeordnet. So können ein Militar- und ein Zivil-Jet nur durch ein räumlich getrenntes System unterschieden werden. Offenbar hat das AEGIS-System aber weder Inkonsistenzen der Daten (militärische und zivile Transponder-Kennung) noch die unvollständige räumliche Auflösung dem verantwortlichen Kommandeur übermittelt, der im Vertrauen auf die Datenqualität den Befehl zum Abschuß von fast 300 Zivilisten gab. Offensichtlich ist in Streßsituationen eine menschliche Plausibilitätskontrolle nicht nur bei derart komplexen Systemen erschwert. Aus einem bis dahin fehlerfreien Funktionieren wird induktiv auf korrektes Verhalten im Ernstfall geschlossen. Daher sind besondere Hinweise auf inkonsistente und

unvollständige „Datenlagen“ und gegebenenfalls Sperren gegen automatische Prozeduren zwingend erforderlich.

Explosion der Ariane 5

http://www.ima.umn.edu/ arnold/disasters/ariane5rep.html

Neueste Risikoinformationen/Softwareprobleme

... findet man unter: http://catless.ncl.ac.uk/Risks:

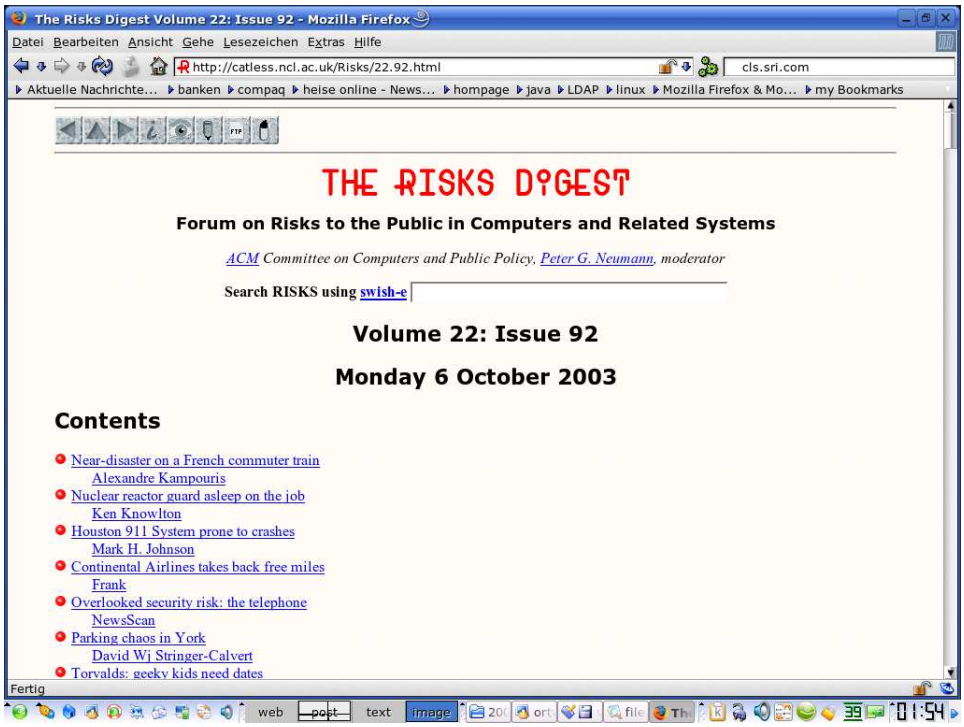


Abbildung 0.3.: http://catless.ncl.ac.uk/Risks/22.92.html

Benutzung aggressiver Laufzeit-Zusicherungen zur Qualitätsverbesserung von Software:
Heartbleed and Formal Methods
How to Prevent the next Heartbleed
Acceptance of Formal Methods: Lessons from Hardware Design — the FDIV bug
20 Jahre FDIV-Bug: Ein Prozessor-Rechenfehler macht Geschichte
20 Jahre FDIV-Bug: Die Hintergründe

Codeverträge / Contracting:
Design by contract
An introduction to Design by Contract

1. Softwarequalität

1.1. Qualitätsmerkmale

1.1.1. Qualitätsmerkmale nach Balzert

A. Produktorientiert:

1. funktionale Korrektheit (benötigt Spezifikation)
2. funktionale Vollständigkeit
3. Robustheit gegenüber dem Benutzer
4. Benutzerfreundlichkeit
5. Effizienz in Laufzeit
6. Effizienz in Arbeitsspeicherbedarf
7. Effizienz in Plattenspeicherbedarf
8. Integrität (gegenüber unauthorisierten Änderungen)
9. Kompatibilität, Integrationsfähigkeit, Standards

B. Projekt- bzw. teamarbeitsorientiert:

1. Verständlichkeit (des GUI, der Dokumentation, ...)
2. Überprüfbarkeit
3. Wartbarkeit
4. Änderbarkeit, Erweiterbarkeit
5. Portierbarkeit
6. Wiederverwendbarkeit

Siehe auch:
Softwaretechnik I (A. Zeller),
ISO 9126,
FURPS

1.1.2. Software Quality Attributes confirming ISO 9126-1

- Funktionalität
  - Angemessenheit
  - Richtigkeit/Sorgfalt
  - Interoperationalität/Kompatibilität
  - Regeltreue
- Ausfallsicherheit
  - Ausgereiftheit
  - Fehlertoleranz
  - Wiederherstellbarkeit
- Bedienbarkeit
  - Verständlichkeit
  - Erlernbarkeit
  - Funktionsfähigkeit
- Effizienz
  - zeitliche Effizienz
  - Ressourcenverbrauch
- Wartungsfreundlichkeit
  - Analysierbarkeit
  - Änderbarkeit
  - Stabilität
  - Testbarkeit
- Portabilität
  - Anpassbarkeit
  - Installierbarkeit
  - Konformität
  - Ersetzbarkeit

1.2. Komponententests

Modultest/Komponententest/Unittest

UnitTest-Suites

CxxTest unit testing framework for C++: User Guide
Test example
Assert-Makros

Eclipse plug-in for C++ unit testing with CUTE
CUTE users guide
Using the CUTE Eclipse Plugin
CUTE example: string reverse(), StringUtils.h, StringUtils.cpp, CUTE-Test in Aktion

JUnit, Test Annotation
C++11 attribute specifier sequence

D programming language Unit Tests
Python unittest — Unit testing framework

Extreme programming
test-driven development (TDD)
Refactoring
Refactoring in Eclipse CDT
Refactoring 2004, 2008, 2011

Plötzliche unabsichtliche Automobilbeschleunigung
Toyota uncontrolled acceleration
Toyota vehicle recall
plötzliche unbeabsichtigte Automobilbeschleunigung
Smartes Pedal
NASA-Gutachten
Hält Toyota Blackbox-Daten zurück?
US-Gericht: Motorelektronik von Toyota schuld an Unfall
Toyota Case: Single Bit Flip That Killed
Aktuelle Rückrufaktion
Probleme bei der Airbag-Software — Audi ruft 850.000 A4 zurück
Fehlende Hochverfügbarkeit
Notrufnummer wegen Softwarebug nicht erreichbar
Großstörung bei der Telekom
DSL-Großstörung: 100.000 Betroffene auch in Großbritannien

1.3. Spezifikation einer abstrakten Datenkapsel

1.3.1. Axiomatische Spezifikation

TYPES
STACK[X]

FUNCTIONS

empty:	STACK[X]	$\nrightarrow$ BOOLEAN
new:		$\rightarrow$ STACK[X]
push:	X x STACK[X]	$\nrightarrow$ STACK[X]
pop:	STACK[X]	$\nrightarrow$ STACK[X]
top:	STACK[X]	$\nrightarrow$ X

PRECONDITIONS
pre pop (s: STACK[X]) = (not empty(s))
pre top (s: STACK[X]) = (not empty(s))

AXIOMS

for all x:X, S : STACK[X]:	empty(new())
	not empty (push(x,S))
	top (push(x,S))=x
	pop (push(x,S))=S

Vollständigkeit + Widerspruchsfreiheit (+ Unabhängigkeit)

1.3.2. Beschreibende (denotationale) Spezifikation

$Queue = Qelem^*$
$q_0 = [\ ]$

ENQUEUE $(e : Qelem)$
ext wr $q : Queue$
post $q = \overleftarrow{q} \frown [e]$

DEQUEUE() $e : Qelem$
ext wr $q : Queue$
pre $q \neq [\ ]$
post $\overleftarrow{q} = [e] \frown q$

ISEMPTY() $r : \mathbb{B}$
ext rd $q : Queue$
post $r \Leftrightarrow (len\ q = 0)$

„mathematische“ Modellierung mit Hilfe von Folgen, Mengen, ... vergleiche VDM

Aktuellere VDM-Versionen benutzen von Programmierern besser nutzbare reine ASCII/Unicode VDM-Versionen ohne Formelschreibweise: Stackspezifikation

```
public AddExpertToSchedule: Period * Expert ==> ()
AddExpertToSchedule(p,ex) ==
  schedule(p) := if p in set dom schedule
                 then schedule(p) union {ex}
                 else {ex};
```

and the RemoveExpertFromSchedule operation can be expressed as:

```
public RemoveExpertFromSchedule: Period * Expert ==> ()
RemoveExpertFromSchedule(p,ex) ==
  let exs = schedule(p) in
    schedule := if card exs = 1
                then {p} <-: schedule
                else schedule ++ {p |-> exs \ {ex}}
```

Overture

Heute wird alternativ als geeignete denotationelle Spezifikationssprache die OCL immer beliebter:

Listing 1.1: OCL-Spezifikation Datum

```
context Datum
inv tagGueltig: tag >= 1 and tag <= 31
inv:            monat >=1 and monat <= 12
inv:            jahr >= 1600 and jahr <= 2500
```

oder verbessert:

Listing 1.2: genauere OCL-Spezifikation Datum

```
context Datum -- vituelle Methode = Hilfsmethode / OclHelper
static def: gueltigesDatum( t : Integer, m : Integer, j :
   Integer ) : Boolean =
      1920 <= j and j <= 2500 and
      1 <= m and m <= 12 and
      1 <= t and
      t <=
            if      Set{4, 6, 9, 11}->includes(m)
               then 30
            else if  Set{1, 3, 5, 7, 8, 10, 12}->includes(m)
               then 31
            else if ((j.mod(4)=0) and
                       not(j.mod(100)=0)) or
                     (j.mod(400)= 0)
                                 then 29 -- Schaltjahr
                                 else 28
            endif
            endif
            endif

context Datum
inv: gueltigesDatum(tag, monat, jahr)

context Datum::Datum( t : Integer, m : Integer, j : Integer ):
   Datum
pre:  gueltigesDatum(t, m, j)
post: result.oclIsNew()
post: result.tag = t
post: result.monat = m
post: result.jahr = j
```

1.3.3. Spezifikation durch Codeverträge

siehe SdV (Übungsblatt 3) und Rest dieser Veranstaltung.

Feature	**ISE Eiffel 5.4**	**D**	**C++ Proposal**
keywords	`require`, `ensure`, `do`, `require else`, `ensure then`, `invariant`, `old`, `result`, `variant`	`in`, `out`, `body`, `invariant`, `assert`, `static`	`precondition`, `postcondition`, `invariant`, `oldof`
on failure	throws exception	throws exception	defaults to `terminate()`, defaults can be customized, might throw
expression copying in postconditions	yes, `old` keyword	no	yes, `oldof` keyword
subcontracting	yes	yes	yes, but only considers postconditions
contracts on abstract functions	yes	no (planned)	yes
arbitrary code contracts	yes	yes	no, must be const correct
function code ordering	pre -> body -> post	pre -> post -> body	pre -> post -> body
compile-time assertions	no	yes	no
loop invariants	yes	no	no
loop variants	yes	no	no
const-correct	no	no	yes
invariant calls	• end of "constructor" • around public functions	• end of constructor • around public functions • start of destructor	• as in D • when a function exits due to an exception
disabling of checks during assertions	yes	no	yes, but not in preconditions
when public func. call public func.	disable all checks	disable nothing	disable nothing
removable from object code	yes	yes	yes

1.4. Prinzipien der ordnungsgemäßen Programmerstellung

1. Konstruktive Voraussicht und methodische Restriktion
2. Strukturierung
3. Modularisierung
4. Lokalität
5. Integrierte Dokumentation
6. Standardisierung
7. Funktionale und informelle Bindung
8. Schmale Datenkopplung
9. Vollständige Schnittstellenspezifikation
10. Lineare Kontrollstrukturen
11. Verbalisierung

1.5. sanitize-Optionen in gcc 5

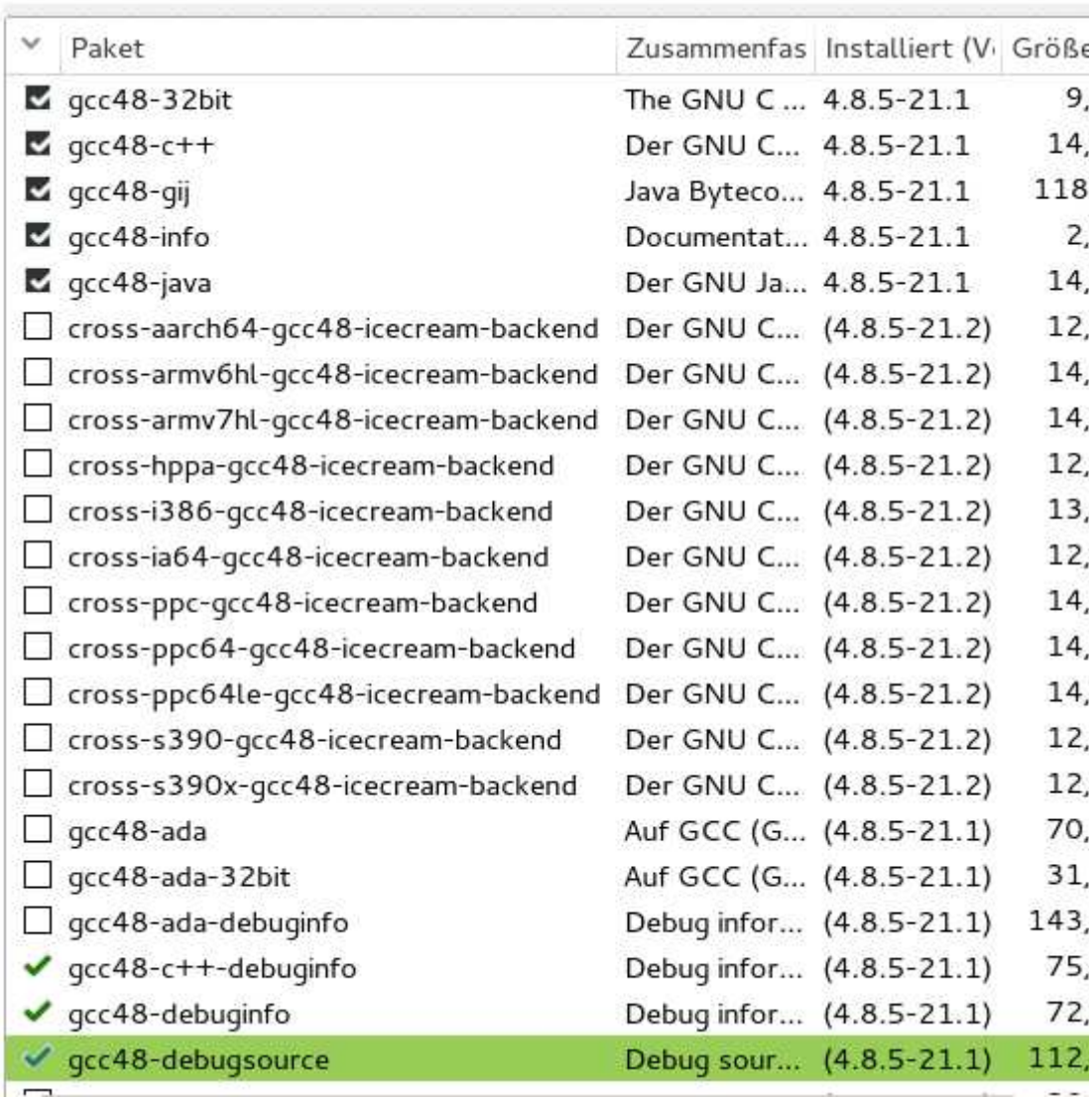
GCC 5 Release Series Changes, New Features and Fixes:
UndefinedBehaviorSanitizer gained a few new sanitization options:

- -fsanitize=float-divide-by-zero: detect floating-point division by zero;
- -fsanitize=float-cast-overflow: check that the result of floating-point type to integer conversions do not overflow;
- -fsanitize=bounds: enable instrumentation of array bounds and detect out-of-bounds accesses;
- -fsanitize=alignment: enable alignment checking, detect various misaligned objects;
- -fsanitize=object-size: enable object size checking, detect various out-of-bounds accesses.

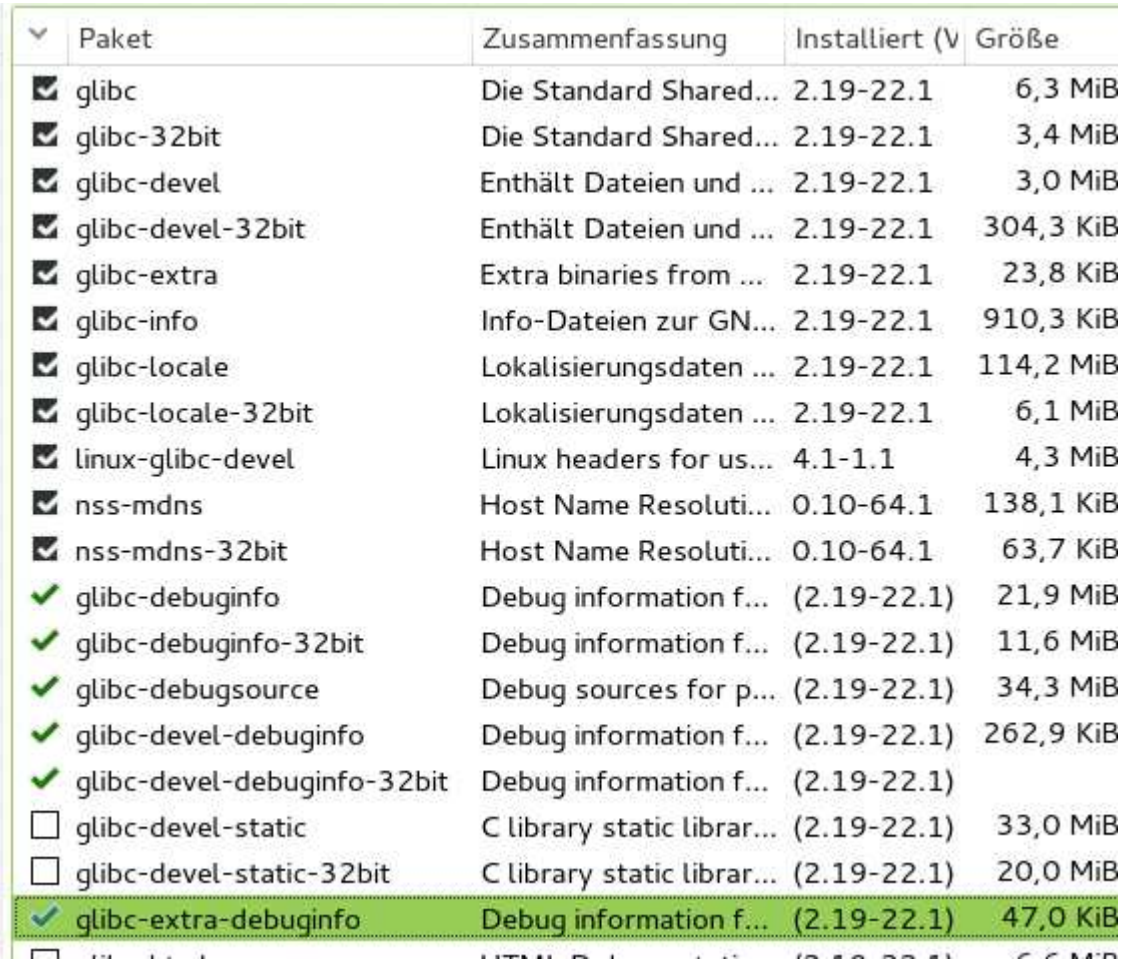
GCC 5.1 mit Offloading und Cilk-Plus-Support erschienen

1.6. Debug-Hilfspakete in OpenSuse, CodAn-Ergänzung cppcheck

1.6.1. debuginfo, debugsource in OpenSUSE

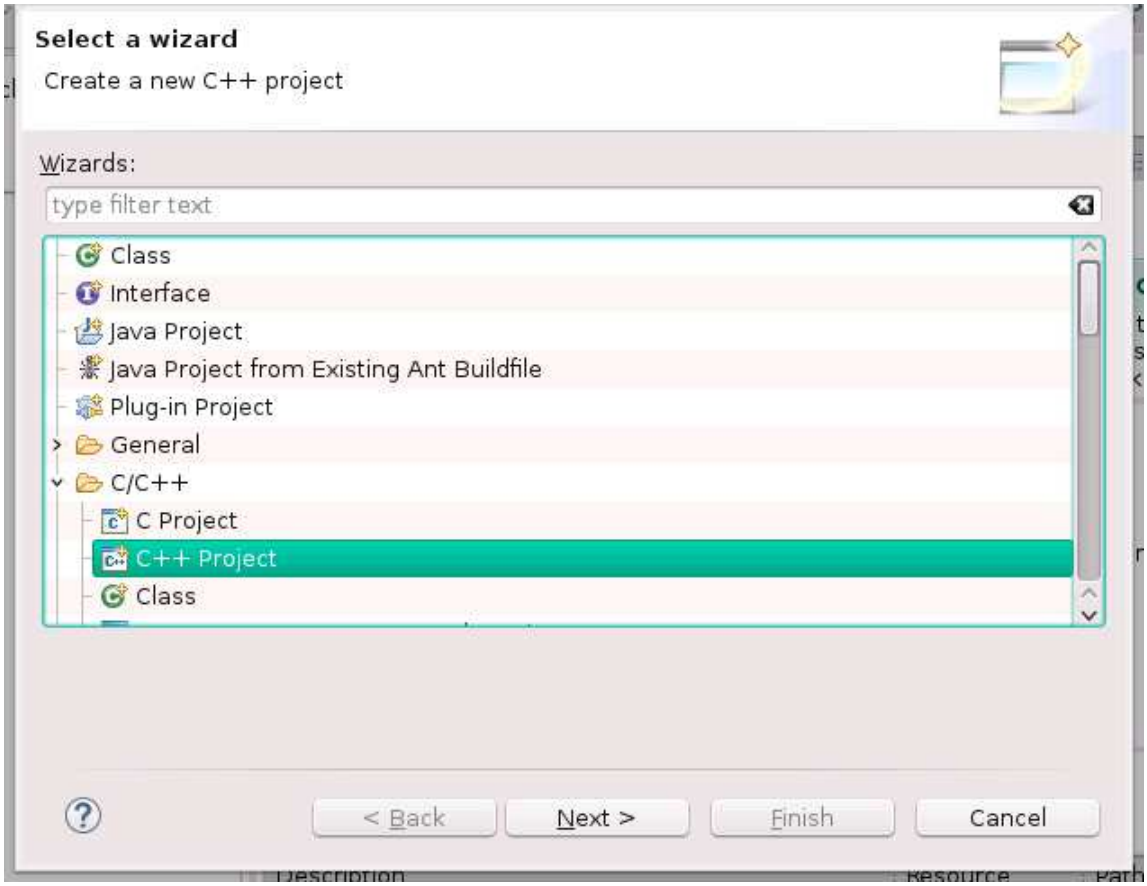


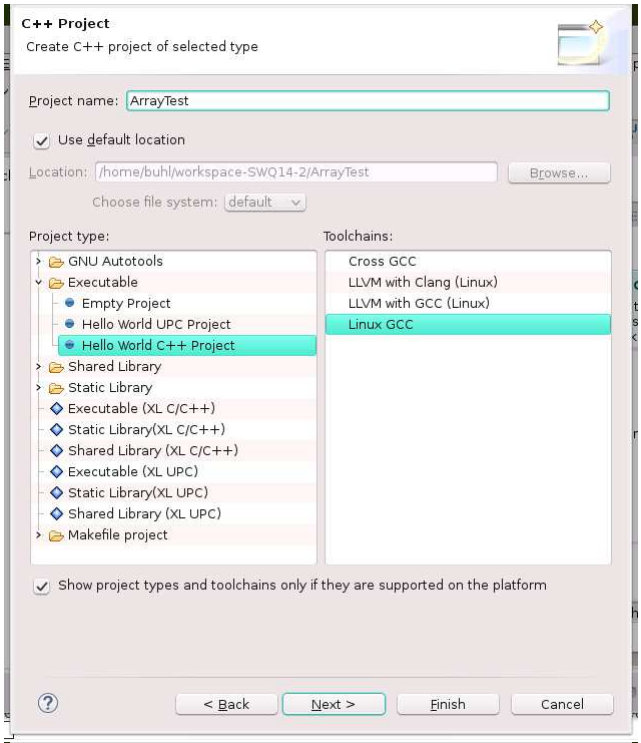
Paket	Zusammenfas	Installiert (V	Größe
gcc48-32bit	The GNU C ...	4.8.5-21.1	9,
gcc48-c++	Der GNU C...	4.8.5-21.1	14,
gcc48-gij	Java Byteco...	4.8.5-21.1	118
gcc48-info	Documentat...	4.8.5-21.1	2,
gcc48-java	Der GNU Ja...	4.8.5-21.1	14,
cross-aarch64-gcc48-icecream-backend	Der GNU C...	(4.8.5-21.2)	12,
cross-armv6hl-gcc48-icecream-backend	Der GNU C...	(4.8.5-21.2)	14,
cross-armv7hl-gcc48-icecream-backend	Der GNU C...	(4.8.5-21.2)	14,
cross-hppa-gcc48-icecream-backend	Der GNU C...	(4.8.5-21.2)	12,
cross-i386-gcc48-icecream-backend	Der GNU C...	(4.8.5-21.2)	13,
cross-ia64-gcc48-icecream-backend	Der GNU C...	(4.8.5-21.2)	12,
cross-ppc-gcc48-icecream-backend	Der GNU C...	(4.8.5-21.2)	14,
cross-ppc64-gcc48-icecream-backend	Der GNU C...	(4.8.5-21.2)	14,
cross-ppc64le-gcc48-icecream-backend	Der GNU C...	(4.8.5-21.2)	14,
cross-s390-gcc48-icecream-backend	Der GNU C...	(4.8.5-21.2)	12,
cross-s390x-gcc48-icecream-backend	Der GNU C...	(4.8.5-21.2)	12,
gcc48-ada	Auf GCC (G...	(4.8.5-21.1)	70,
gcc48-ada-32bit	Auf GCC (G...	(4.8.5-21.1)	31,
gcc48-ada-debuginfo	Debug infor...	(4.8.5-21.1)	143,
gcc48-c++-debuginfo	Debug infor...	(4.8.5-21.1)	75,
gcc48-debuginfo	Debug infor...	(4.8.5-21.1)	72,
gcc48-debugsource	Debug sour...	(4.8.5-21.1)	112,

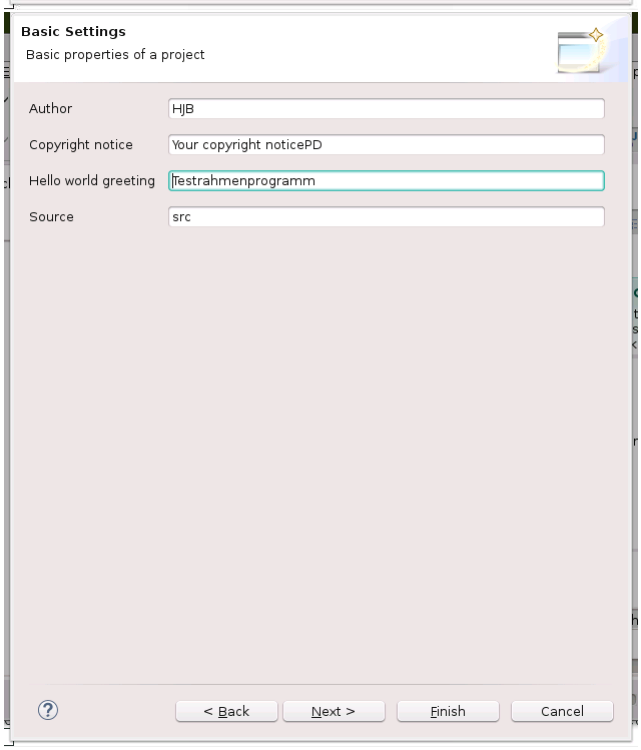


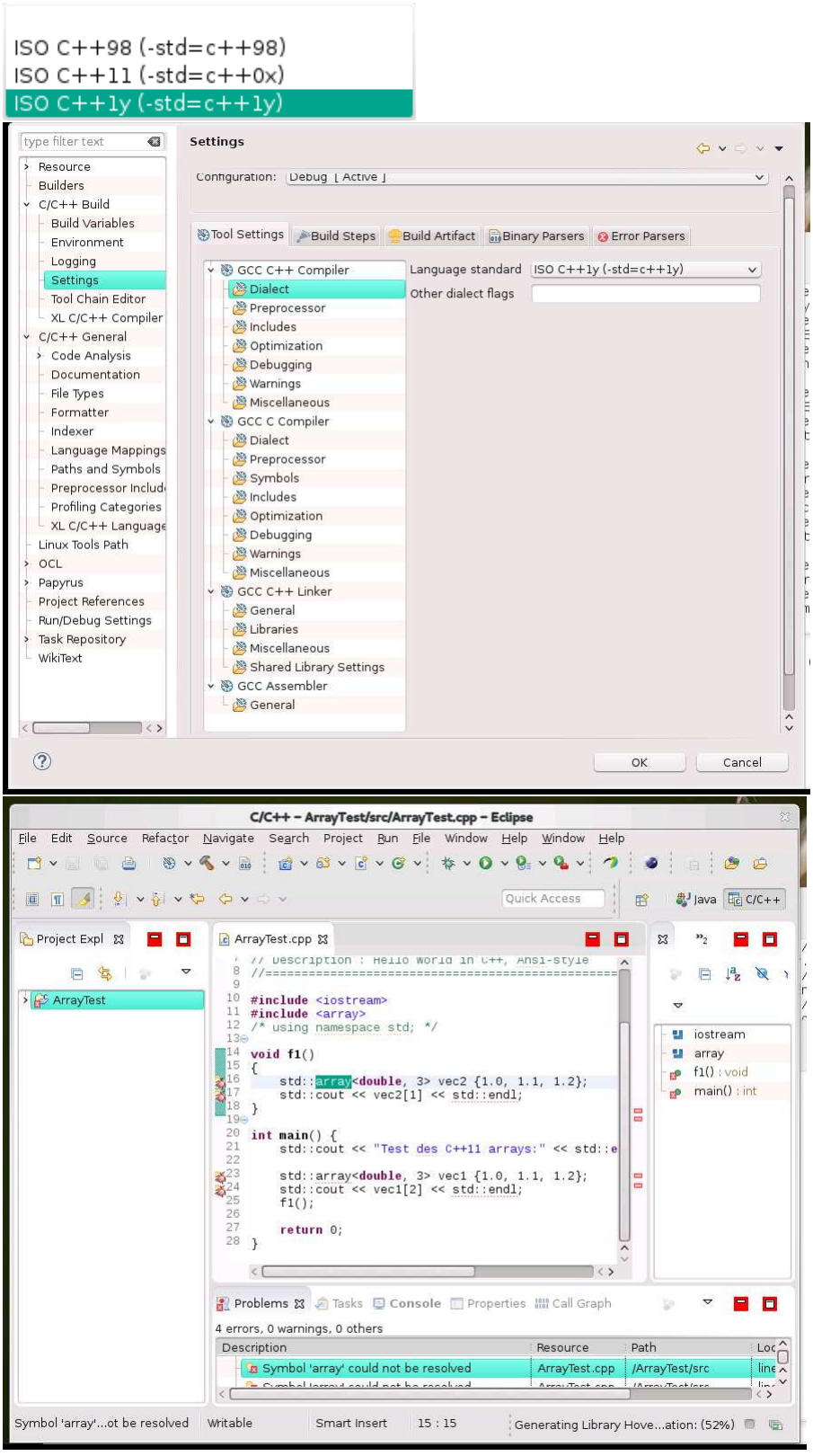
Paket	Zusammenfassung	Installiert (V	Größe
glibc	Die Standard Shared...	2.19-22.1	6,3 MiB
glibc-32bit	Die Standard Shared...	2.19-22.1	3,4 MiB
glibc-devel	Enthält Dateien und ...	2.19-22.1	3,0 MiB
glibc-devel-32bit	Enthält Dateien und ...	2.19-22.1	304,3 KiB
glibc-extra	Extra binaries from ...	2.19-22.1	23,8 KiB
glibc-info	Info-Dateien zur GN...	2.19-22.1	910,3 KiB
glibc-locale	Lokalisierungsdaten ...	2.19-22.1	114,2 MiB
glibc-locale-32bit	Lokalisierungsdaten ...	2.19-22.1	6,1 MiB
linux-glibc-devel	Linux headers for us...	4.1-1.1	4,3 MiB
nss-mdns	Host Name Resoluti...	0.10-64.1	138,1 KiB
nss-mdns-32bit	Host Name Resoluti...	0.10-64.1	63,7 KiB
glibc-debuginfo	Debug information f...	(2.19-22.1)	21,9 MiB
glibc-debuginfo-32bit	Debug information f...	(2.19-22.1)	11,6 MiB
glibc-debugsource	Debug sources for p...	(2.19-22.1)	34,3 MiB
glibc-devel-debuginfo	Debug information f...	(2.19-22.1)	262,9 KiB
glibc-devel-debuginfo-32bit	Debug information f...	(2.19-22.1)	
glibc-devel-static	C library static librar...	(2.19-22.1)	33,0 MiB
glibc-devel-static-32bit	C library static librar...	(2.19-22.1)	20,0 MiB
glibc-extra-debuginfo	Debug information f...	(2.19-22.1)	47,0 KiB

1.6.2. eclipse für C++11/C++14-Projekte konfigurieren




C++ Project
Create C++ project of selected type
Project name: ArrayTest
Use default location
Location: /home/buhl/workspace-SWQ14-2/ArrayTest
Browse...
Choose file system: default
Project type:
Toolchains:
GNU Autotools
Executable
Empty Project
Hello World UPC Project
Hello World C++ Project
Shared Library
Static Library
Executable (XL C/C++)
Static Library(XL C/C++)
Shared Library (XL C/C++)
Executable (XL UPC)
Static Library(XL UPC)
Shared Library (XL UPC)
Makefile project
Cross GCC
LLVM with Clang (Linux)
LLVM with GCC (Linux)
Linux GCC
Show project types and toolchains only if they are supported on the platform
< Back
Next >
Finish
Cancel

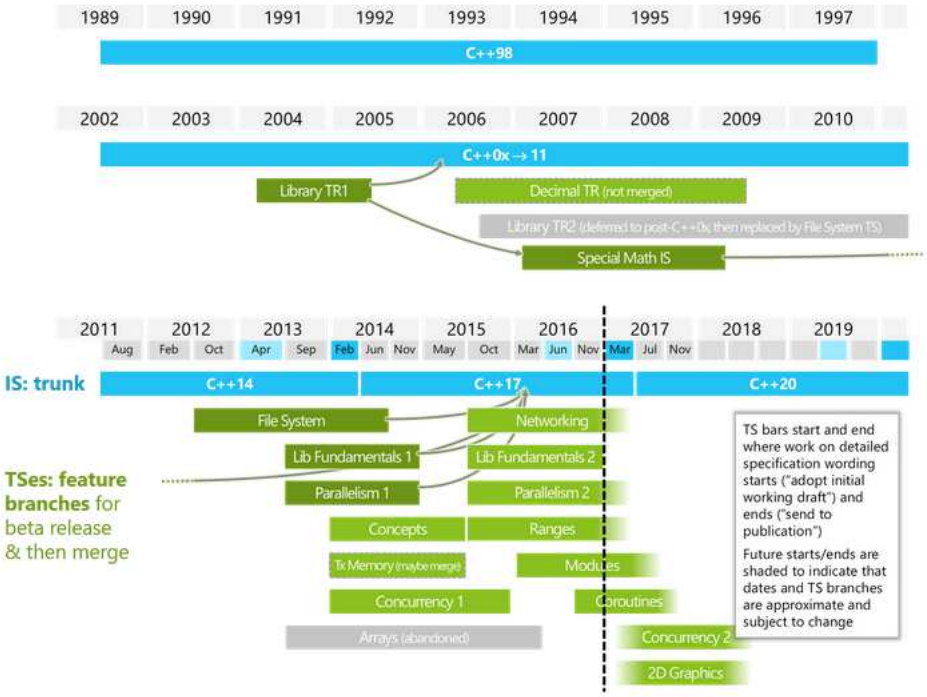

Basic Settings
Basic properties of a project
Author
HJB
Copyright notice
Your copyright noticePD
Hello world greeting
Testrahmenprogramm
Source
src
< Back
Next >
Finish
Cancel



Der statische Eclipse-interne Codechecker hat die Dialektoption C++14 noch nicht realisiert.

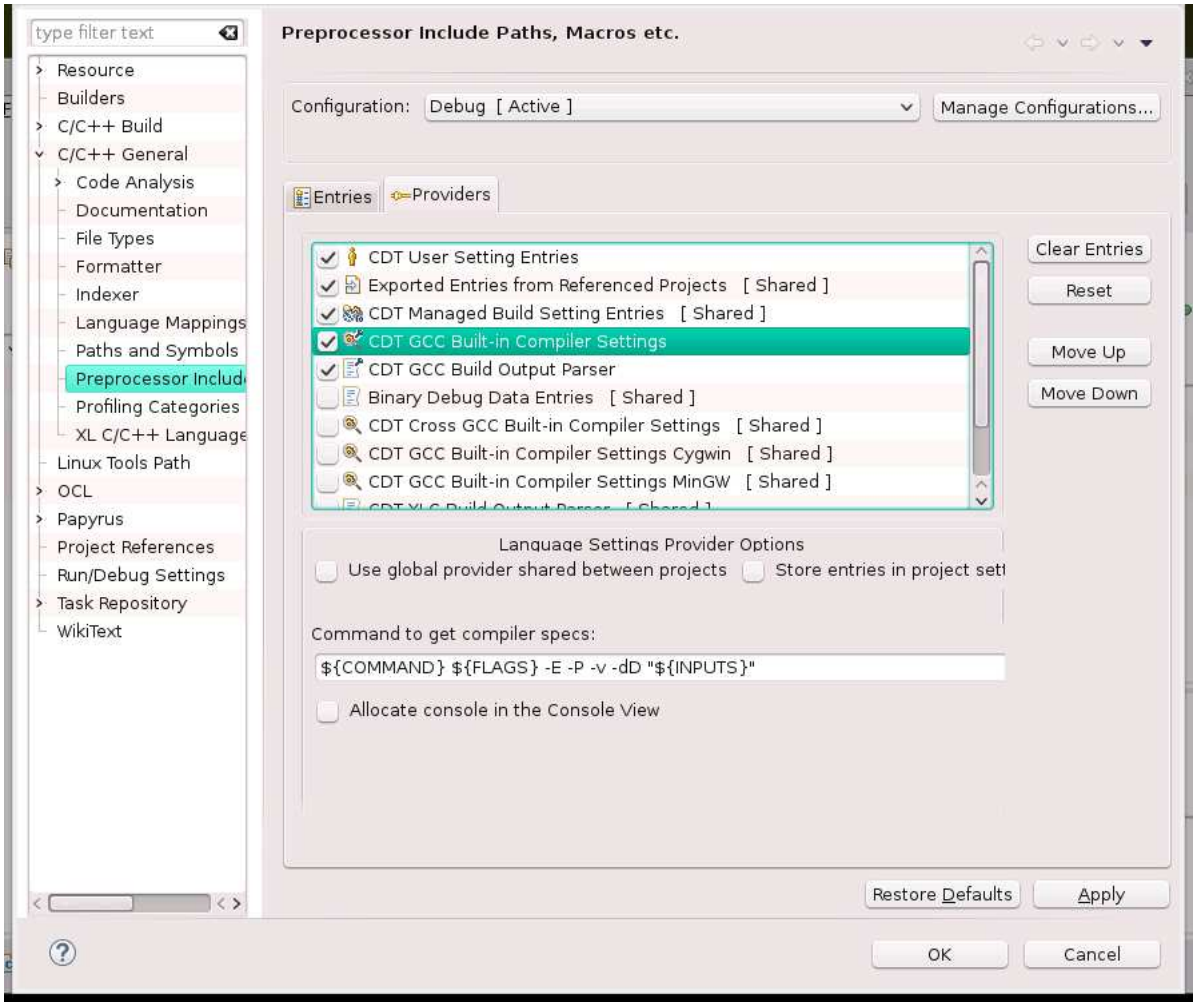
Nächster C++-Standard soll 2017 kommen
C++?? Current Status
Letzte Änderungen bei C++17 und erste Arbeiten an C++20:

- Filesystem TS
- optional, any, string_view, ...
- Parallelism TS v1

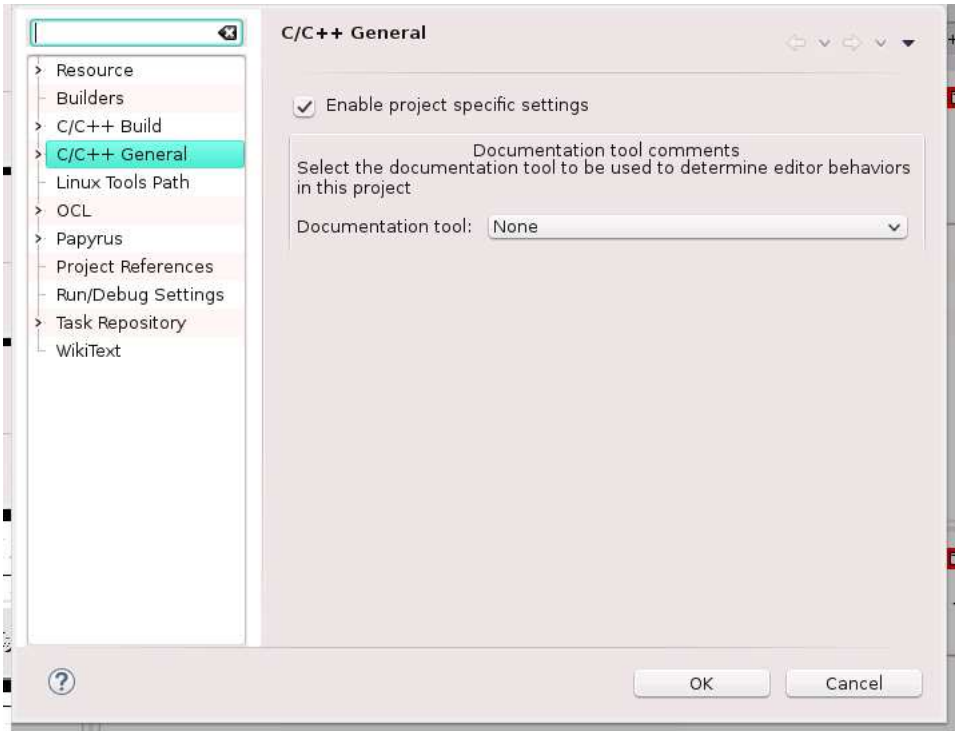


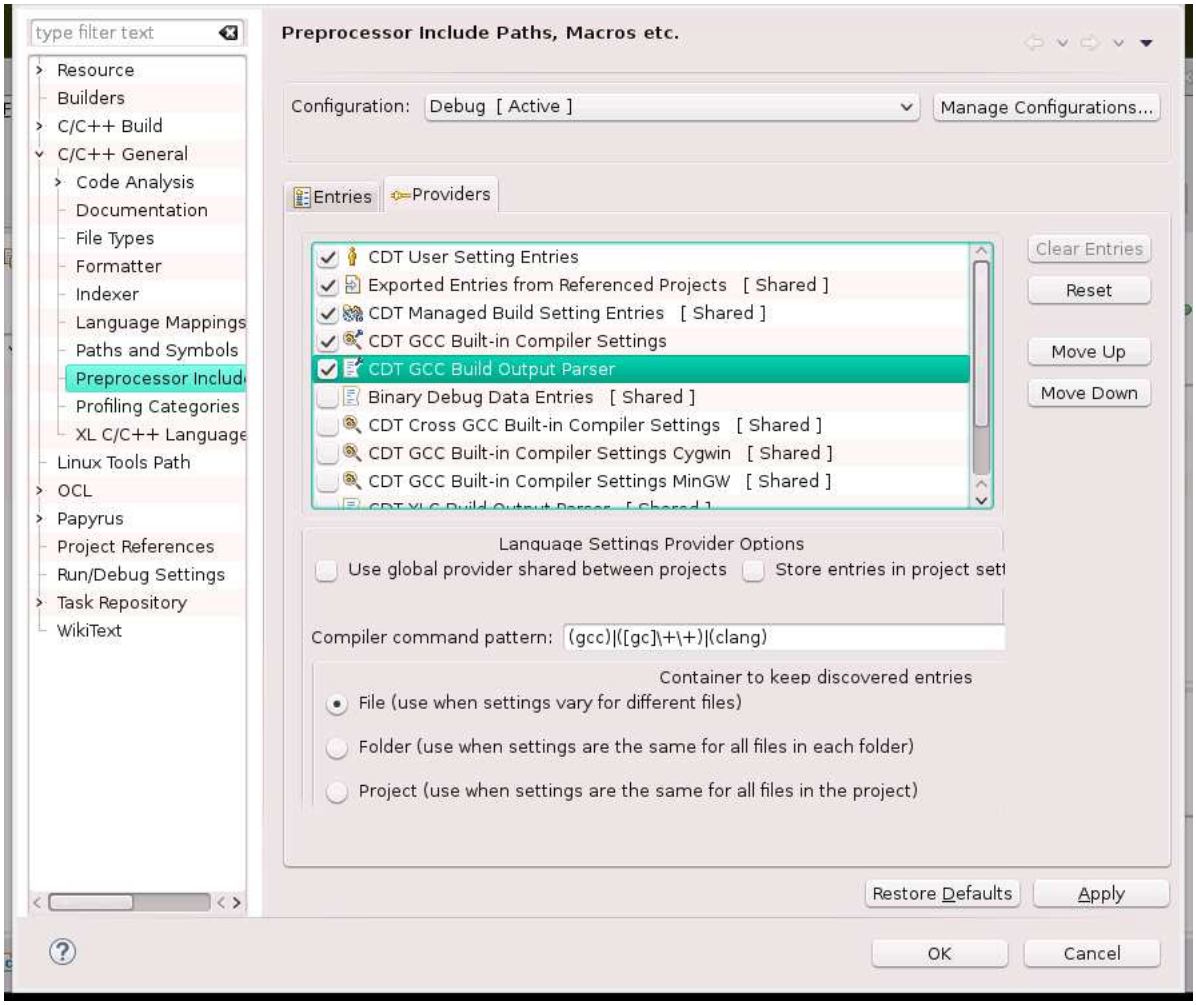
1.6.3. Umstellung auf projektspezifische Codechecks

Abstellen der shared-Einstellung:

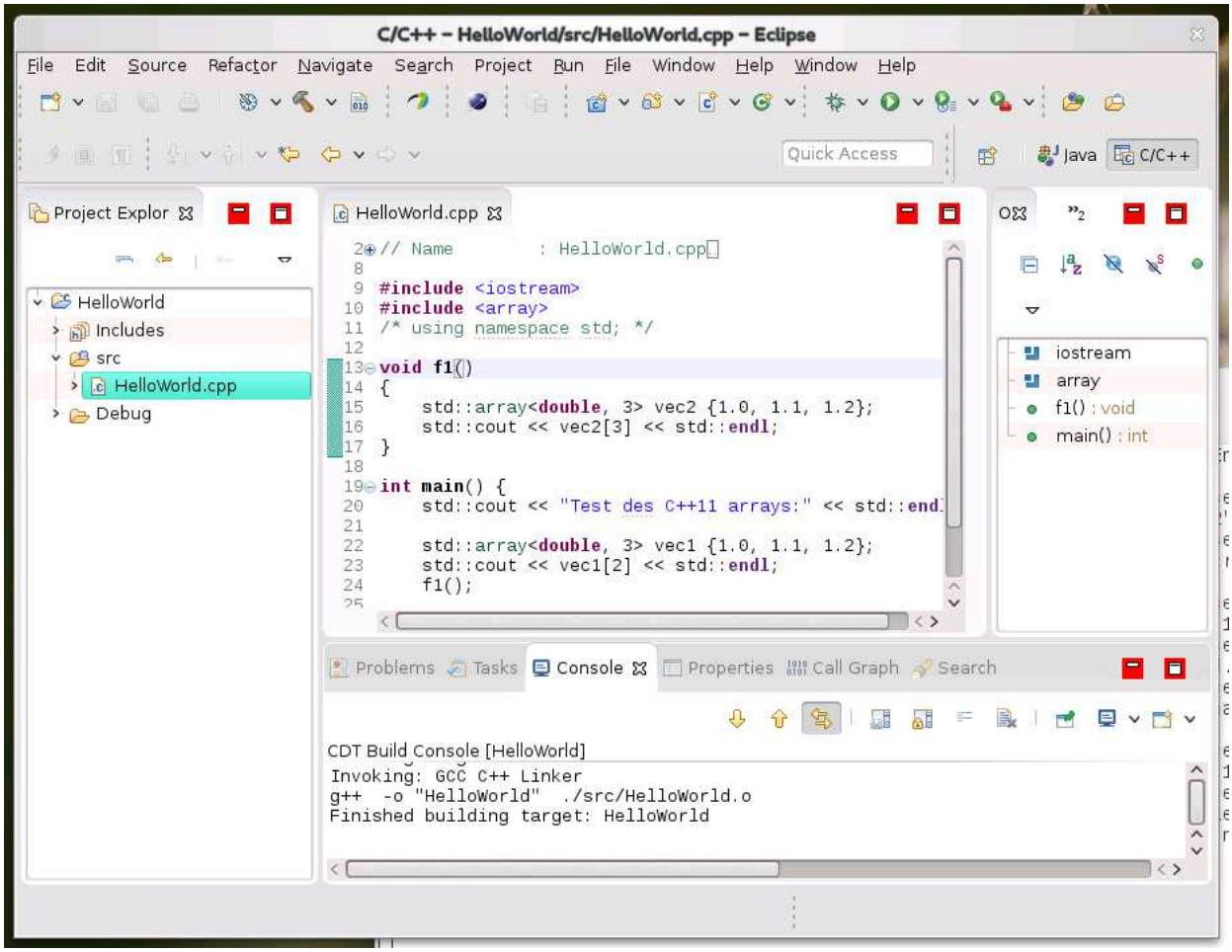


Einschalten der projektspezifischen Einstallungen:




type filter text
Resource
Builders
C/C++ Build
C/C++ General
Code Analysis
Documentation
File Types
Formatter
Indexer
Language Mappings
Paths and Symbols
Preprocessor Includ
Profiling Categories
XL C/C++ Language
Linux Tools Path
OCL
Papyrus
Project References
Run/Debug Settings
Task Repository
WikiText
Preprocessor Include Paths, Macros etc.
Configuration: Debug [Active]
Manage Configurations...
Entries
Providers
CDT User Setting Entries
Exported Entries from Referenced Projects [Shared]
CDT Managed Build Setting Entries [Shared]
CDT GCC Built-in Compiler Settings
CDT GCC Build Output Parser
Binary Debug Data Entries [Shared]
CDT Cross GCC Built-in Compiler Settings [Shared]
CDT GCC Built-in Compiler Settings Cygwin [Shared]
CDT GCC Built-in Compiler Settings MinGW [Shared]
Clear Entries
Reset
Move Up
Move Down
Language Settings Provider Options
Use global provider shared between projects
Store entries in project set
Compiler command pattern: (gcc)|([gc]\+\+)|(clang)
Container to keep discovered entries
File (use when settings vary for different files)
Folder (use when settings are the same for all files in each folder)
Project (use when settings are the same for all files in the project)
Restore Defaults
Apply
OK
Cancel

... und auch der Code-Checker kennt den C++14-Dialekt:

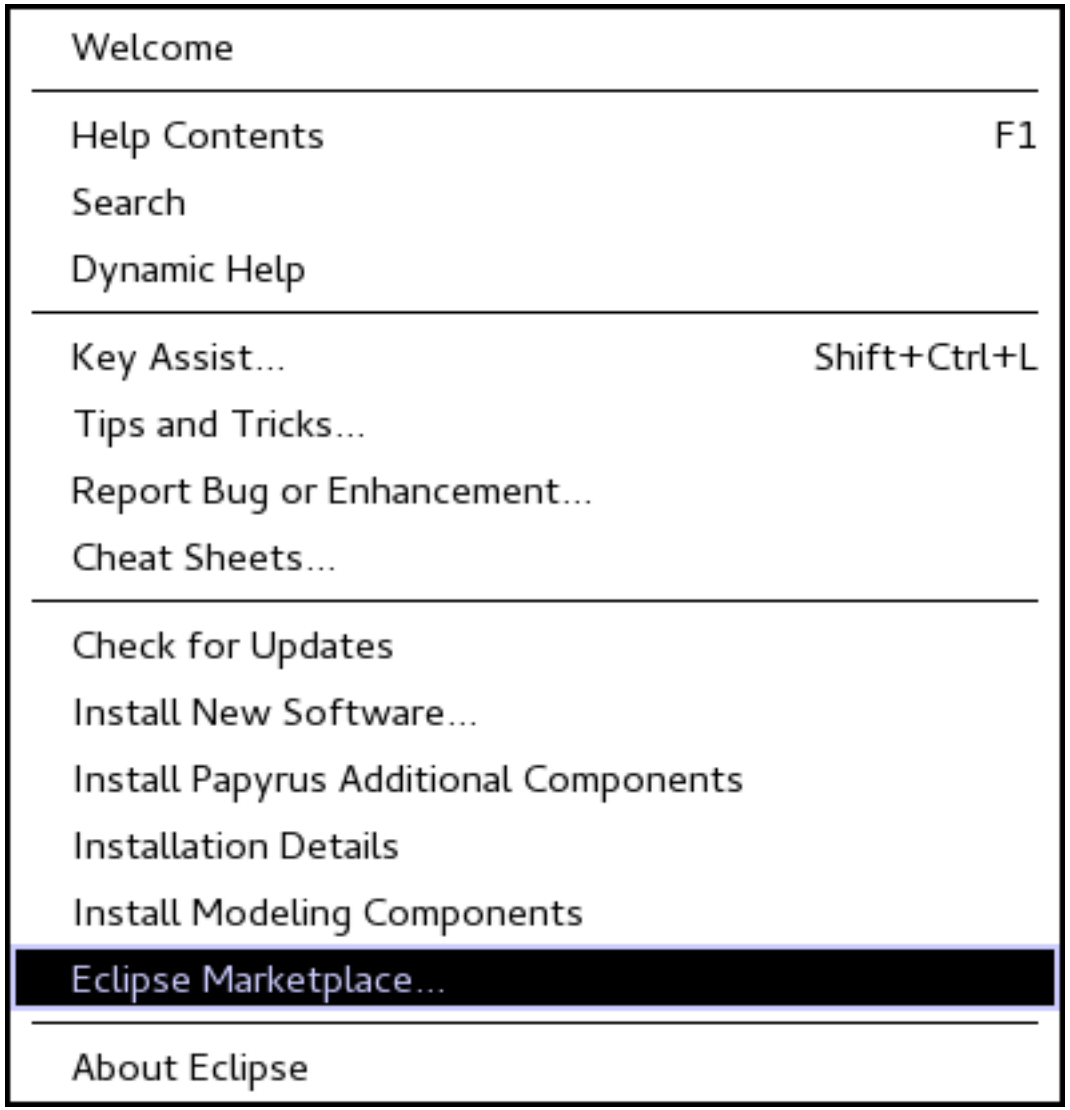


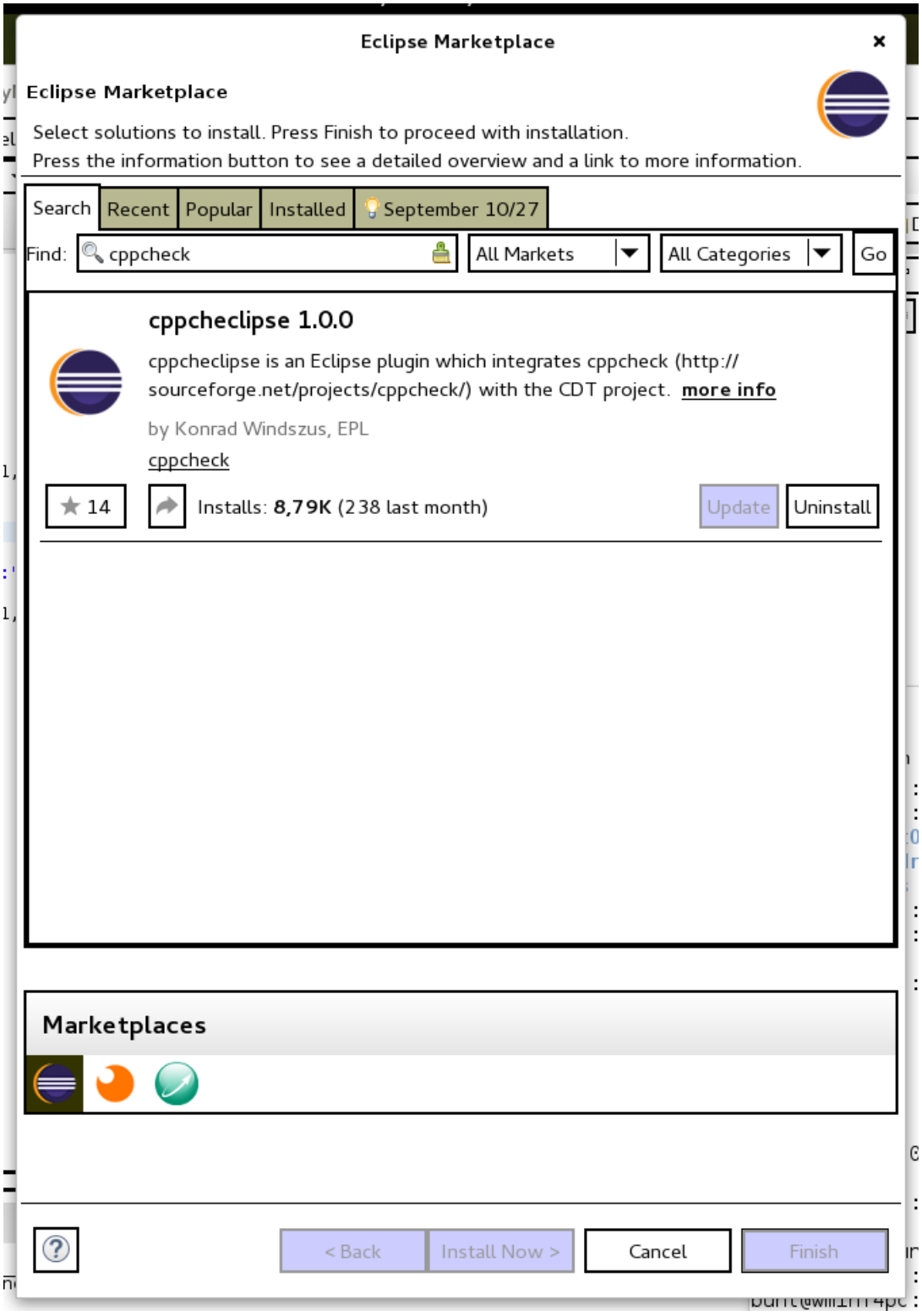
1.6.4. Tool Cppcheck als Eclipse-Pluguin für zusätzliche statische Checks (CodAn-Ergänzung)

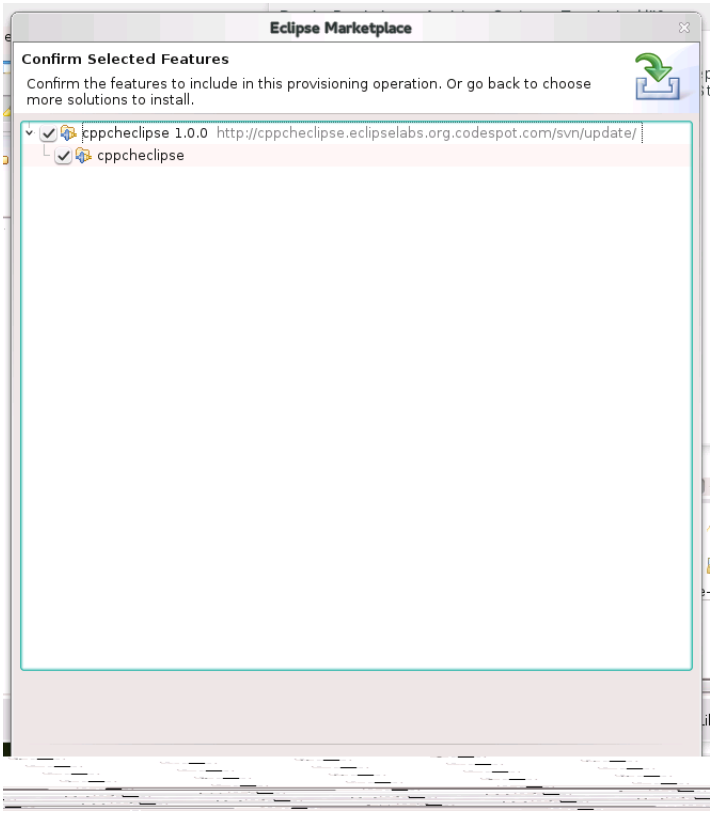
Cppcheck — A tool for static C/C++ code analysis

Download und Übersetzung des Executables `cppcheck` (aktuelle Version: 1.69):

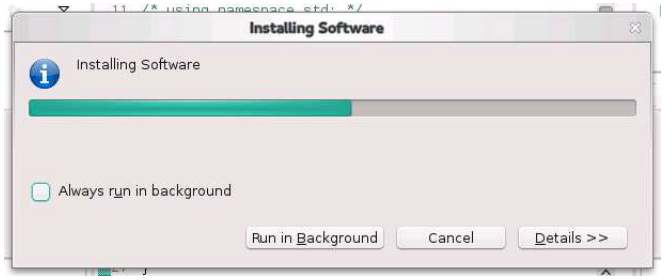
```
> cd Downloads
> ls -al cppcheck-1.67.tar.bz2
-rw-r--r-- 1 username users 1084926 18. Nov 13:28 cppcheck
    -1.67.tar.bz2
> bunzip2 cppcheck-1.67.tar.bz2
> tar xvf cppcheck-1.67.tar
cppcheck-1.67/
cppcheck-1.67/.gitignore
cppcheck-1.67/.mailmap
...
cppcheck-1.67/win_installer/readme.txt
> cd  cppcheck-1.67
> more readme.txt
...
    g++ (for experts)
    =================

        If you just want to build Cppcheck without dependencies
            then you can use this command:
            g++ -o cppcheck -std=c++0x -include lib/cxx11emu.h
               -Iexternals/tinyxml -Ilib cli/*.cpp lib/*.cpp
               externals/tinyxml/*.cpp

        If you want to use --rule and --rule-file then
           dependencies are needed:
            g++ -o cppcheck -std=c++0x -include lib/cxx11emu.h
               -lpcre -DHAVE_RULES -Ilib -Iexternals/tinyxml
               cli/*.cpp lib/*.cpp externals/tinyxml/*.cpp


...
> g++ -o cppcheck -std=c++0x -include lib/cxx11emu.h -lpcre -
   DHAVE_RULES -Ilib -Iexternals/tinyxml cli/*.cpp lib/*.cpp
   externals/tinyxml/*.cpp
> ls -al cppcheck
-rwxr-xr-x 1 username users 3726777 20. Nov 09:44 cppcheck
> pwd
> /home/username/Downloads/cppcheck-1.67
```

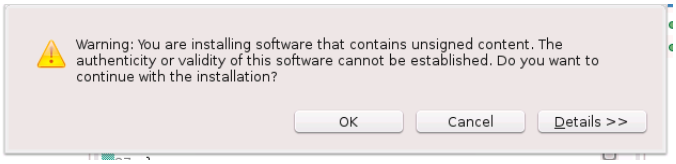

Welcome
Help Contents F1
Search
Dynamic Help
Key Assist... Shift+Ctrl+L
Tips and Tricks...
Report Bug or Enhancement...
Cheat Sheets...
Check for Updates
Install New Software...
Install Papyrus Additional Components
Installation Details
Install Modeling Components
Eclipse Marketplace...
About Eclipse

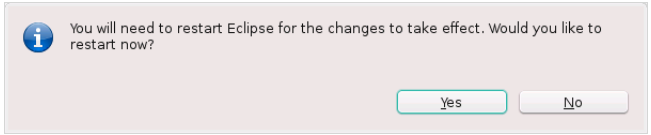

Eclipse Marketplace
Eclipse Marketplace
Select solutions to install. Press Finish to proceed with installation.
Press the information button to see a detailed overview and a link to more information.
Search
Recent
Popular
Installed
September 10/27
Find:
cppcheck
All Markets
All Categories
Go
cppcheclipse 1.0.0
cppcheclipse is an Eclipse plugin which integrates cppcheck (http://
sourceforge.net/projects/cppcheck/) with the CDT project. more info
by Konrad Windszus, EPL
cppcheck
14
Installs: 8,79K (238 last month)
Update
Uninstall
Marketplaces
< Back
Install Now >
Cancel
Finish

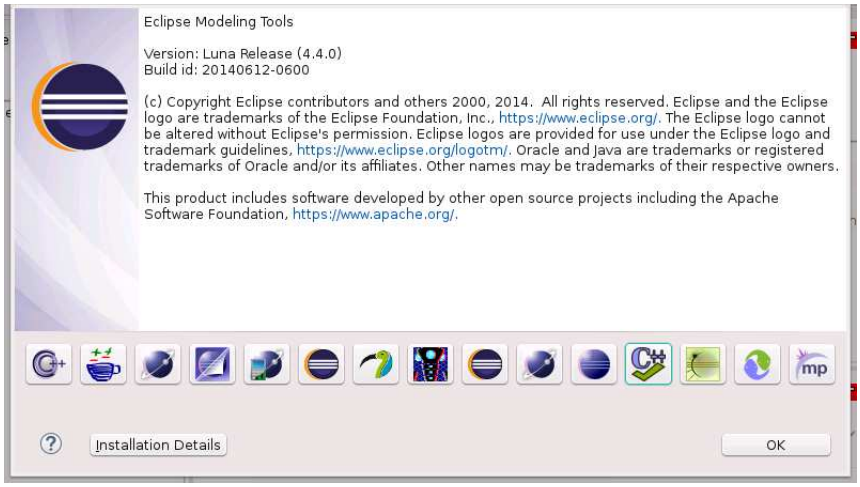

Eclipse Marketplace
Confirm Selected Features
Confirm the features to include in this provisioning operation. Or go back to choose more solutions to install.
cppcheclipse 1.0.0 http://cppcheclipse.eclipselabs.org.codespot.com/svn/update/
cppcheclipse


Eclipse Marketplace
Review Licenses
Licenses must be reviewed and accepted before the software can be installed.
License text (for cppcheclipse 1.0.0):
Eclipse Public License - v 1.0
THE ACCOMPANYING PROGRAM IS PROVIDED UNDER THE TERMS OF THIS
ECLIPSE PUBLIC LICENSE ("AGREEMENT"). ANY USE, REPRODUCTION OR
DISTRIBUTION OF THE PROGRAM CONSTITUTES RECIPIENT'S ACCEPTANCE
OF THIS AGREEMENT.
1. DEFINITIONS
"Contribution" means:
a) in the case of the initial Contributor, the initial code and
documentation distributed under this Agreement, and
b) in the case of each subsequent Contributor:
i) changes to the Program, and
ii) additions to the Program;
where such changes and/or additions to the Program originate
from and are distributed by that particular Contributor. A Contribution
'originates' from a Contributor if it was added to the Program
by such Contributor itself or anyone acting on such Contributor's
behalf. Contributions do not include additions to the Program
which: (i) are separate modules of software distributed in conjunction
with the Program under their own license agreement, and (ii)
are not derivative works of the Program.
"Contributor" means any person or entity that distributes the
Program.
"Licensed Patents" mean patent claims licensable by a Contributor
which are necessarily infringed by the use or sale of its Contribution
alone or when combined with the Program.
"Program" means the Contributions distributed in accordance with
this Agreement.
"Recipient" means anyone who receives the Program under this
I accept the terms of the license agreement
I do not accept the terms of the license agreement
< Back
Next >
Finish
Cancel

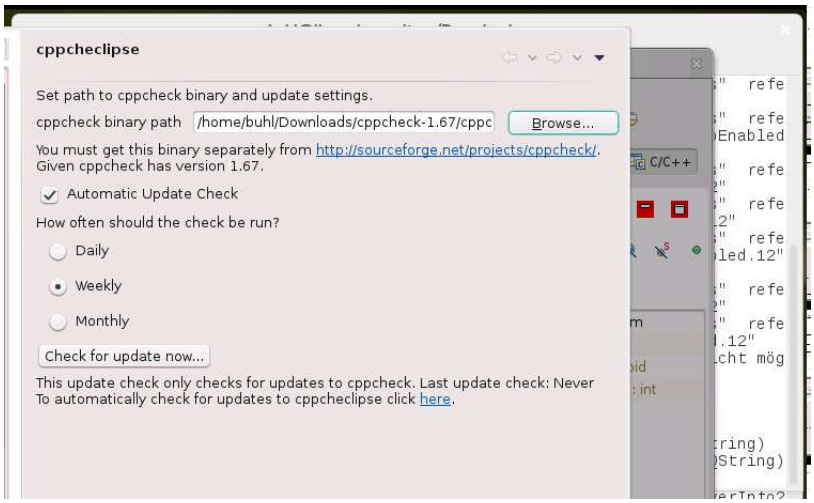

Installing Software
Installing Software
Always run in background
Run in Background
Cancel
Details >>

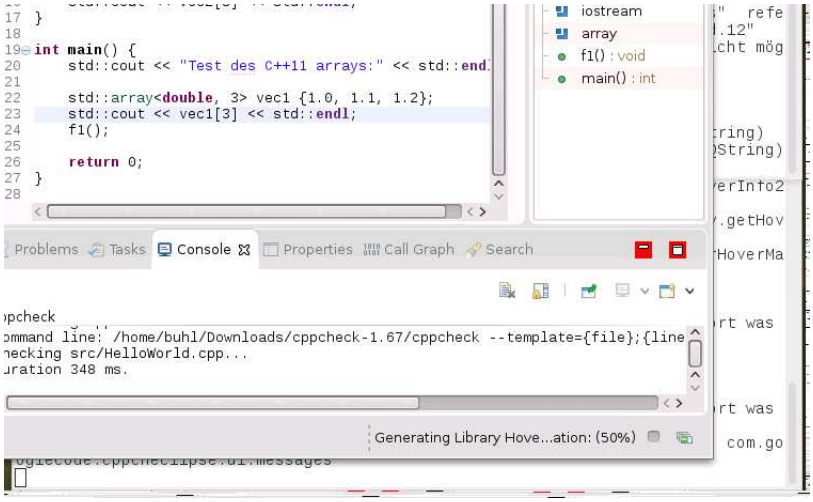

Warning: You are installing software that contains unsigned content. The
authenticity or validity of this software cannot be established. Do you want to
continue with the installation?
OK
Cancel
Details >>

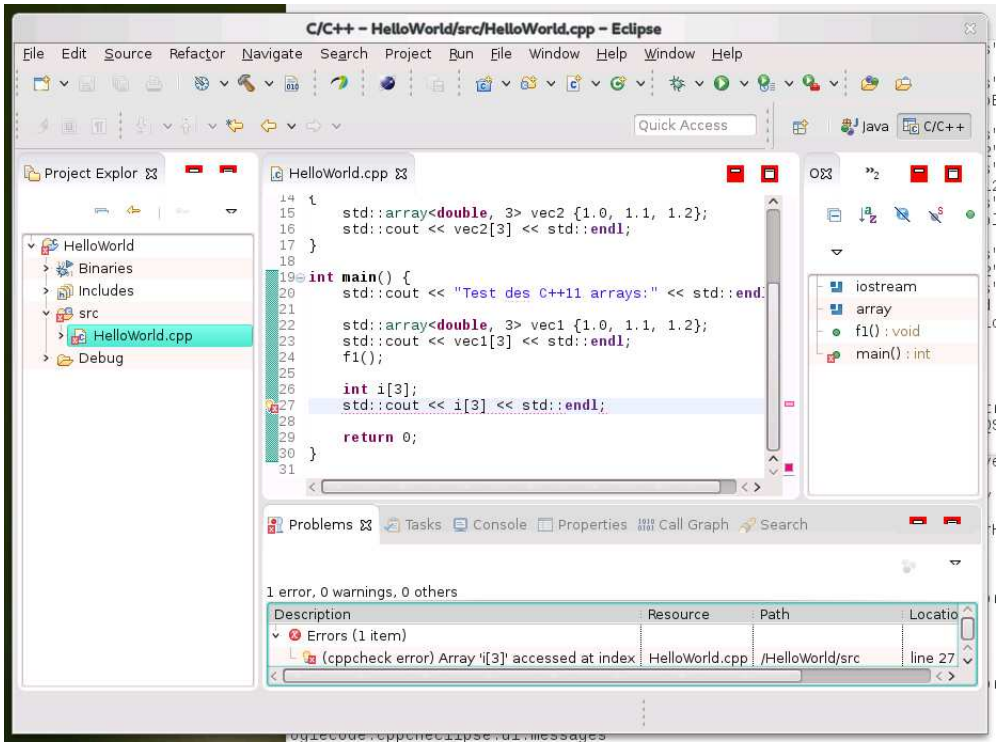

You will need to restart Eclipse for the changes to take effect. Would you like to
restart now?
Yes
No


Eclipse Modeling Tools
Version: Luna Release (4.4.0)
Build id: 20140612-0600
(c) Copyright Eclipse contributors and others 2000, 2014. All rights reserved. Eclipse and the Eclipse logo are trademarks of the Eclipse Foundation, Inc., https://www.eclipse.org/. The Eclipse logo cannot be altered without Eclipse's permission. Eclipse logos are provided for use under the Eclipse logo and trademark guidelines, https://www.eclipse.org/logotm/. Oracle and Java are trademarks or registered trademarks of Oracle and/or its affiliates. Other names may be trademarks of their respective owners.
This product includes software developed by other open source projects including the Apache Software Foundation, https://www.apache.org/.
Installation Details
OK


Run cppcheck Shift+Ctrl+C
Clear cppcheck Markers Shift+Ctrl+M


cppcheclipse
Set path to cppcheck binary and update settings.
cppcheck binary path /home/buhl/Downloads/cppcheck-1.67/cppc
Browse...
You must get this binary separately from http://sourceforge.net/projects/cppcheck/.
Given cppcheck has version 1.67.
Automatic Update Check
How often should the check be run?
Daily
Weekly
Monthly
Check for update now...
This update check only checks for updates to cppcheck. Last update check: Never
To automatically check for updates to cppcheclipse click here.


}
int main() {
std::cout << "Test des C++11 arrays:" << std::endl;
std::array<double, 3> vec1 {1.0, 1.1, 1.2};
std::cout << vec1[3] << std::endl;
f1();
return 0;
}
iostream
array
f1() : void
main() : int
Problems
Tasks
Console
Properties
Call Graph
Search
Generating Library Hove...ation: (50%)


C/C++ – HelloWorld/src/HelloWorld.cpp – Eclipse
File Edit Source Refactor Navigate Search Project Run File Window Help Window Help
Quick Access
Java
C/C++
Project Explor
HelloWorld
Binaries
Includes
src
HelloWorld.cpp
Debug
HelloWorld.cpp
std::array<double, 3> vec2 {1.0, 1.1, 1.2};
std::cout << vec2[3] << std::endl;
}
int main() {
std::cout << "Test des C++11 arrays:" << std::endl;
std::array<double, 3> vec1 {1.0, 1.1, 1.2};
std::cout << vec1[3] << std::endl;
f1();
int i[3];
std::cout << i[3] << std::endl;
return 0;
}
iostream
array
f1() : void
main() : int
Problems
Tasks
Console
Properties
Call Graph
Search
1 error, 0 warnings, 0 others
Description
Resource
Path
Locatio
Errors (1 item)
(cppcheck error) Array 'i[3]' accessed at index
HelloWorld.cpp
/HelloWorld/src
line 27

1.7. Modularisierung

1.7.1. Prinzipien der Moduarisierung

1. Module sollten **syntaktischen Einheiten** der Programmiersprache entsprechen.
2. Module sollten **mit möglichst wenigen anderen Modulen „kommunizieren“.**
3. „Kommunizierende“ Module sollten so **wenig** wie möglich **Informationen (Daten) austauschen**.
4. Jeder **Datentausch** zweier „kommunizierender“ Module muß **offensichtlich** in der Modulspezifikation (und nicht indirekt) kenntlich gemacht werden.
5. Alle **Daten** eines Moduls sollten **nur diesem bekannt** sein (außer im Falle einer gezielten Exportierung an möglichst wenige Nachbarmodule).
6. Ein Modul sollte **abgeschlossen und offen** sein.

1.7.2. Typen der Modularisierung

1. modulare **Zerlegbarkeit** (z.B. Top-Down-Design)
2. modulare **Zusammenfügbarkeit** (z.B. UNIX-Filter)
3. modulare **Verständlichkeit** (d.h. jede Modulbeschreibung selbsterklärend)
4. modulare **„Stetigkeit“**

   Kleine Spezifikationsänderungen wirken sich nur in **wenigen** Modulen aus. (Z.B. dyn. Felder, symbolische Konstanten, ...)
5. modularer **„Schutz“**

   Fehler/Ausnahmebedingungen bleiben in ihrer Auswirkung auf nur **wenige** Module beschränkt. (Z.B. direkte Konsistenzüberprüfung von Tastatureingaben, ...)

Module in C++:

```
// File_1.cpp:
export Lib: // Module definition header.
            // Must precede all declarations.
   import std;
public:
   namespace N {
      struct S {
         S() { std::cout << "S()\n"; }
      };
   }

// File_2.cpp:
import Lib;
int main() {
   N::S s;
}
```

http://www.open-std.org/jtc1/sc22/wg21/docs/papers/2007/n2316.pdf und
“Heading for a separate TR
These topics are deemed too important to wait for another standard after C++0x before being published, but too experimental to be finalised in time for the next Standard. Therefore, these features will be delivered by a technical report at the earliest opportunity.“
(Vgl. Features originally planned but removed ...)

Nächster C++-Standard soll 2017 kommen
C++?? Current Status
28.11.2016: Letzte Änderungen bei C++17 und erste Arbeiten an C++20

„leere Listen-Objekte vs. nicht initialisierten Listen-Objekten“
list initialization (since C++11)

„char*“ vs. „const char*“ in C++03/11

#define MAX
std::max

dynamic exception as a failed experiment

Zum Vergleich: Module in Java

```
module M @ 1.0 {
  requires A @ /* Use v2 or above */ >= 2.0 ;
  requires B for compilation, reflection;

  requires service S1;
  requires optional service S2;

  provides MI @ 4.0;
  provides service MS with C;
  exports  ME;
  permits  MF;
  class    MMain;

  view N {
    provides NI @ 1.0;
    provides service NS with D;
    exports  NE;
    permits  MF;
    class    NMain;
  }
}
```

(aus: Modules in the Java Language and VM)

Java-Modularisierung: Zurück auf Los!
Modularisierung von Java: zweiter und letzter Versuch?

Java 9: Endlich Modularisierung
Java 9, OSGi and the Future of Modularity

1.7.3. Codeverträge

1.7.3.1. `REQUIRE()`, `ENSURE()`, `ID()` und `invariant()`

- genaue Spezifikation der Methoden des Moduls:
  - **Vorbedingungen** (preconditions) einer Methode sind Bedingungen, die vor dem Aufruf einer Methode erfüllt sein müssen, damit sie ausführbar ist. Vorbedingungen sind boolsche Ausdrücke über den Abfragen des Moduls und den Parametern der Methode.
  - **Nachbedingungen**(postconditions) einer Methode sind Bedingungen, die nach dem Aufruf einer Methode erfüllt sind; sie beschreiben, welches Ergebnis ein Methodenaufruf liefert oder welchen Effekt er erzielt. Nachbedingungen sind boolsche Ausdrücke über den Abfragen des Moduls und den Parametern der Methode, erweitert um ein Gedächniskonstrukt, das die Werte von Ausdrücken vor dem Methodenaufruf liefert. Im Einzelnen:
    - Spezifikation des Funktionsergebnisses
    - genaue Spezifikation der Werte der Referenz- und der dereferenzierten Pointer-Paramter nach Beendigung der Methode
    - Spezifikation der Werte aller Attribute des Moduls nach Beendigung der Methode (häufig werden hier nicht einzeln genannte Attribute als nicht verändert angenommen)
- Definition der erlaubten Stati (Werte aller Attribute) des Moduls zu jedem (beobachtbaren) Zeitpunkt zur Laufzeit des Moduls.

  Sie werden durch Invarianten beschrieben. **Invarianten** eines Moduls sind allgemeine unveränderliche Konsistenzbedingungen an den Zustand des Moduls, die vor und nach dem Aufruf jeder (öffentlichen) Methode gelten. Formal sind Invarianten boolsche Ausdrücke über den Abfragen des Moduls; inhaltlich können sie z.B. Geschäftsregeln (business rules) ausdrücken.

(*vergleiche:* http://informatik.karlheinz-hug.de/artikel/ForumWI01%20SdV.pdf)

Ein Beispiel in C++ mit Hilfe von Nana:

```
#define EIFFEL_CHECK CHECK_ALL
#include <set>
#include <vector>
#include <eiffel.h>
#include <nana.h>
...
void quicksort(double v[], int l, int h)
{
  REQUIRE(l <= h+1);
  ...
  ENSURE(A(int k=l, k<h, k++, v[k]<=v[k+1]));
}
void quicksort(double v[], int n)
{
  REQUIRE(n>=1);
  ID(multiset<double> v_old_contents(&v[0],&v[n]););
  ...
  ENSURE(A(int k=0, k<n-1, k++, v[k]<=v[k+1]));
  ID(multiset<double> v_contents(&v[0],&v[n]));
  ENSURE(v_old_contents == v_contents);
};

class name_list{ ...
void name_list::put(const string& a_name)     // Push a_name
   into list
DO
  REQUIRE(/* name not in list */    !has(a_name));
  ID(set<string> contents_old(begin(),end()));
  ID(int count_old = get_count());
  ID(bool not_in_list = !has(a_name));
  ...
  ENSURE(has(a_name));
  ENSURE( (!not_in_list) || (get_count() == count_old + 1));
  ID(set<string> contents(begin(),end()));
  ENSURE( (!not_in_list) || (contents == contents_old + a_name)
     );
END;
...
}
```

Auswahl der Überprüfungslevel durch:

```
#define EIFFEL_DOEND
#ifndef EIFFEL_CHECK
#define EIFFEL_CHECK CHECK_ALL
//                                  Makros CHECK() und folgende
//                    CHECK_LOOP    Makros INVARIANT() und folgende
//                     CHECK_INVARIANT  Methode invariant() und folgende
//                      CHECK_ENSURE    Nachbedingungen und folgende
//                       CHECK_REQUIRE  Vorgedingungen
//                        CHECK_NO
#endif
#include "eiffel.h"
#include "nana.h"
```

Zum nana-Manual.

C++17 Language Support for Contract Assertions (Revision 10) proposal:

```
#include <contract_assert>
#include <cstddef>
namespace lib {
std::size_t  c_string_length(char const* string)        // O(n)
{
    contract_assert(string != nullptr);                 // O(1)
    // ...
}
}
```

Revision 8:

Build Mode	Description
(none)	No contract preconditions are checked
"opt"	Only the least expensive contract preconditions are checke
"dbg"	Up to moderately expensive contract conditions are checke
"safe"	All expressed contract conditions are checked.

Revision 10:

Assertion level	Description
off	No contract preconditions are checked
min	Only `contract_assert_min` assertions are checked
on	Only `contract_assert_min` and `contract_assert_on` assertions are checked
max	All contract assertions are checked

Where will Evolution lead C++17: N4160 - Value constraints: N4135, N4160,...

1.7.3.2. Klassifikation der Klassenmethoden gemäß SdV

- const-Methoden (Abfragen/Queries/Observatoren/Getter) teilt man in wesentliche und abgeleitete solche ein.
- Die wesentlichen Observatoren erlauben eine vollständige Spezifizierung des Zustands eines Klassenexemplars.
- Sie (und nur sie) werden nicht durch Nachbedingungen spezifiziert. Sie dienen vielmehr dazu, abgeleitete Observatoren und Modifikatoren (das sind nicht-const-Methoden) in ihren Nachbedingungen näher zu bestimmen.
- Dazu werden die abgeleiteten Observatoren durch eine Nachbedingung unter Benutzung einer oder mehrerer wesentlicher Observatoren spezifiziert.
- Modifikatoren werden durch eine Nachbedingung unter Benutzung aller wesentlicher Observatoren spezifiziert, um den exakten Zustand des Exemplars am Ende des Modifikatoraufrufs anzugeben.
- Verzichte (evtl.) in Nachbedingungen von Modifikatoren darauf, explizit zu spezifizieren, was sich nicht ändert (in der Annahme, dass alles nicht explizit genannte als *ungeändert* zu gelten hat). Leider ist nicht immer klar, was *ungeändert* zu bedeuten hat: Mindestens dann sollten Frameregeln (Rahmenbedingungen) explizit spezifizieren, was nach Aufruf des Modifikators *gleich* ist wie vorher.
- Explizite Spezifikation aller Rahmenbedingungen können bei programminterner Überprüfung der Nachbedingungen fehlerhafte Implementierungen aufdecken!
- Schreibe für jede Methode eine Vorbedingung mit Hilfe von
  - Abfragen und
  - Bedingungen an Methodenparameter.

  Hier (bei den Vorbedingungen) dürfen auch abgeleitete Abfragen, die eventuell effizienter sein können als eine sonst nötige Kombination mehrerer wesentlicher Abfragen, benutzt werden.
- Sorge dafür, dass bei Erfülltsein der Vorbedingungen auf jeden Fall die Nachbedingungen ebenfalls erfüllt sind (oder — in Ausnahmefällen — eine Exception ausgelöst wird).
- Sorge dafür, dass die Abfragen in Vorbedingungen effizient berechnet werden (evtl. durch Hinzufügen weiterer effizienter abgeleiteter Abfragen). Vergesse nicht, die evtl. hinzugefügten neuen abgeleiteten Abfragen durch Nachbedingungen (und Vorbedingungen) zu spezifizieren.
- Nutze Invarianten um die Abhängigkeit von Abfragen zu spezifizieren (Konsistenzbeziehungen).

- Untersuche alle Abfragen paarweise auf Redundanzen und formuliere solche explizit als Invarianten.
- Wann immer Abfrage-Ergebnisse oder Methoden-Parameter eingeschränkte Wertebereiche besitzen, formuliere dies explizit in Form von
  - Vorbedingungen,
  - Nachbedingungen

  oder
  - Invarianten.
- Schreibe die Nachbedingungen von virtuellen (also überschreibbaren) Methoden immer in der Form

  `Vorbedingung implies Nachbedingung`

  (`Ensure((!Vorbedingung) || Nachbedingung)`), um die Redefinition in Kindklassen konfliktfrei zu ermöglichen.

1.8. Fallstricke umgangssprachlicher Spezifikation

„Informelle Beschreibung“: Auf einem Parkplatz stehen PKW's und Motoräder. Zusammen seien es n Fahrzeuge mit insgesamt m Rädern. Bestimme die Anzahl P der PKW's.
(Überlegen Sie sich Vorbedingungen und Nachbedingungen der Softwarelösung dieses Problems.)

„Lösung“: Sei

$P :=$ Anzahl der PKW's
$M :=$ Anzahl der Motoräder

$$\left\{ \begin{array}{r} P+M=n \\ 4P+2M=m \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{r} M=n-P \\ P=\frac{m-2n}{2} \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{r} M=\frac{4n-m}{2} \\ P=\frac{m-2n}{2} \end{array} \right\}$$

„Algorithmus“:

```
M = (4 * n - m) / 2;
P = (m - 2 * n) / 2;
std::cout << P << " PKWs und " << M << " Motorräder " << std::endl;
```

Problem: ****Null-Euro-Rechnung, Null-Euro-Mahnung,...

$(m,n) = (9,3) \Rightarrow P = 1\frac{1}{2}$
$(m,n) = (2,5) \Rightarrow P = -4$

Vor der Entwicklung eines Algorithmus ist zunächst für das Problem eine *Spezifikation* bestehend aus

1. Definitionsbereich der Eingabegrößen,
2. Wertebereich der (Hilfs-)Variablen und Ausgabegrößen sowie
3. für die Lösung wichtigen (meist boolschwertige) Eigenschaften (insbesondere funktionaler Zusammenhang zwischen Eingabe- und Ausgabegrößen, Konsistenzbeziehungen, ...)

anzufertigen.

Besser ist also:
Eingabe: $m \in \{0,1,...,$ `numeric_limits<int>::max()` $\}$,
$n \in \{0,1,...,$ `numeric_limits<int>::max() / 2`$\}$

oder sogar $n \in \{0,1,...,$ `numeric_limits<int>::max() / 4`$\}$,
will man `M` wirklich mittels „`M = (4 * n - m) / 2;`“ statt dem weniger häufig zu nicht

erkannten Overflows fürenden „`M = (2 * n - m / 2);`“ in der Implementierung berechnen.
Vorbedingungen: m gerade, $2n \leq m \leq 4n$

Ausgabe: $P \in \{0, 1, ...,$ `numeric_limits<int>::max()` $\}$, falls die Nachbedingung erfüllt ist (sonst „keine Lösung“)

Nachbedingung: Ein $(P, M) \in \{0, 1, ...,$ `numeric_limits<int>::max()` $\}^2$ mit

$$P + M = n$$
$$4P + 2M = m$$

Problems with natural language
Can you write an unambiguous specification in a natural language like English?

1.9. Wiederverwendbarkeit in höheren Programmiersprachen

Vermeide es, das Rad immer wieder neu zu erfinden!

1. **Algorithmen (Programme)** lösen i. allg. eine Klasse von Problemen, die durch Eingabewerte parametrisiert sind.
   Wiktionary: Algorithmus
   Eigenschaften eines Algorithmus
   nondeterminism in Prolog
   Nondeterministic algorithm

2. **Constraints**: Unterbereichstypen, ...
   Constraints in Programmiersprachen
   Why don't Java, C# and C++ have ranges?
   MODULA-2 subrange types
   Pascal/ADA-Subrange Types
   A Subrange type for C++

3. **Unterprogramme** (Funktionen, Prozeduren, Operatoren) lösen eine Klasse von Problemen: Gemäß dem Prinzip der methodischen Restriktion sind dabei die einzelnen Parameter jeweils Werte des Wertebereiches eines festen Typs.
   Prototype
   Deklaration
   C functions without prototypes
   C and defining a function prototype with no parameters
   declaring functions
   Descriptions of function semantics (Page 420)
   Problems with natural language
   exceptions specification
   exception class
   C++ std exception hierarchy
   Features removed or deprecated in C++11
   undefined/unspecified behavior (3.4.3f.) of C11
   Translation limits (5.2.4.1) of C11
   implementation limits (C++11)
   Limitations of Java language

attributes, lambda expressions, =deleted, =default, overrides, final, type inference (auto), .

4. **Unterprogramme mit konformen Feldparametern** (in Pascal bzw. open-array-Parameter in Modula2) erlauben es Parametern, einer Klasse von Feldern anzugehören (variable Dimension);

```
PROCEDURE EuklNorm (v:ARRAY OF REAL): REAL;
```

5. **Dynamische Felder / Teilfeld-Selektoren/Array slicing** erlauben einen in der Dimension noch nicht festgelegten Feldtyp bzw. Projektion auf ein Teilfeld:

```
TYPE vector = ARRAY[*] OF REAL;
a := t[*,2];
... t[min, k:l] ...
```

6. **Polymorphismus (virtual functions)** und Überladen **von Funktionen**:

$writeln(x : real);$ $\quad k := i * j;$
$writeln(i : integer);$ $\quad z := x * y;$
$\ldots$

Siehe Default parameters,

Function overloading, Explicit overrides and final,
Explicitly defaulted and deleted special member functions,
vararg parameter lists und type inference.

7. **Unterprogramme als Parameter** anderer Unterprogramme erlauben Algorithmen für eine Klasse von Unterprogrammen gleicher Signatur:

```
function Bisection (function f(x : real) : real;
                    xLeft, xRight        : real;
                    success              : boolean
                    ) : real;
```

8. **Generizität** (Typen als Parameter) ermöglicht Parametrisierung nach Typen:

```
generic
        type T is private;
procedure swap (x, y : in out T) is
        t : T
begin
        t := x; x := y; y := t
end swap
        ⋮
procedure int_swap is new swap (INTEGER);
procedure real_swap is new swap (REAL);
```

Ada generic procedure swap, see page 86
Ada generic model
templates with "..." parameters

Eingeschränkte Generizität schränkt die aktuellen Typ-Parameter ein:

```
generic
    type T is private;
    with function "<=" (a, b : T) return BOOLEAN is <>;
function minimum (x, y : T) return T is
begin
   if x <= y then return x;
   else           return y
   end if
end minimum
```

(Ähnliches kann durch Textproprozessoren oder die typunsichere Benutzung des typungebundenen Zeigers `ADDRESS` erreicht werden oder in Java mittels constrained generic classes:

```
class ListObject<T extends Comparable<T>>{ ... }
```

Difference between a Java interface and a Java abstract class)
Generics in Java
Java und C++

Irreführende unspezifische Fehlermeldungen bei der Nutzung von (uneingeschränkten) C++-Templates:

```
In file included from /usr/include/c++/4.5/algorithm:63:0,
                 from bad_error_eg.cpp:3:
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h: In Funktion ≫void std::__insertion_sort(_RandomAccessIterator, _RandomAccessIterator) [with _RandomAccessIterator = _
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:3358:4:   instantiated from ≫void std::__inplace_stable_sort(_RandomAccessIterator, _RandomAccessIterator) [with _Rand
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:5415:2:   instantiated from ≫void std::stable_sort(_RAIter, _RAIter) [with _RAIter = __gnu_cxx::__normal_iterator<std:
bad_error_eg.cpp:8:41:   instantiated from here
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:2103:4: Fehler: no match for ≫operator<≪ in ≫__i.__gnu_cxx::__normal_iterator<_Iterator, _Container>::operator* [wit
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h: In Funktion ≫void std::__merge_without_buffer(_BidirectionalIterator, _BidirectionalIterator, _BidirectionalIterator,
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:3364:7:   instantiated from ≫void std::__inplace_stable_sort(_RandomAccessIterator, _RandomAccessIterator) [with _Rand
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:5415:2:   instantiated from ≫void std::stable_sort(_RAIter, _RAIter) [with _RAIter = __gnu_cxx::__normal_iterator<std:
bad_error_eg.cpp:8:41:   instantiated from here
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:2963:4: Fehler: no match for ≫operator<≪ in ≫__middle.__gnu_cxx::__normal_iterator<_Iterator, _Container>::operator*
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h: In Funktion ≫void std::__unguarded_linear_insert(_RandomAccessIterator) [with _RandomAccessIterator = __gnu_cxx::__no
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:2111:6:   instantiated from ≫void std::__insertion_sort(_RandomAccessIterator, _RandomAccessIterator) [with _RandomAcc
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:3358:4:   instantiated from ≫void std::__inplace_stable_sort(_RandomAccessIterator, _RandomAccessIterator) [with _Rand
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:5415:2:   instantiated from ≫void std::stable_sort(_RAIter, _RAIter) [with _RAIter = __gnu_cxx::__normal_iterator<std:
bad_error_eg.cpp:8:41:   instantiated from here
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:2064:7: Fehler: no match for ≫operator<≪ in ≫__val < __next.__gnu_cxx::__normal_iterator<_Iterator, _Container>::ope
In file included from /usr/include/c++/4.5/vector:61:0,
                 from bad_error_eg.cpp:1:
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algobase.h: In Funktion ≫_ForwardIterator std::lower_bound(_ForwardIterator, _ForwardIterator, const _Tp&) [with _ForwardIter
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:2975:4:   instantiated from ≫void std::__merge_without_buffer(_BidirectionalIterator, _BidirectionalIterator, _Bidirec
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:3364:7:   instantiated from ≫void std::__inplace_stable_sort(_RandomAccessIterator, _RandomAccessIterator) [with _Rand
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:5415:2:   instantiated from ≫void std::stable_sort(_RAIter, _RAIter) [with _RAIter = __gnu_cxx::__normal_iterator<std:
bad_error_eg.cpp:8:41:   instantiated from here
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algobase.h:976:4: Fehler: no match for ≫operator<≪ in ≫__middle.__gnu_cxx::__normal_iterator<_Iterator, _Container>::operat
In file included from /usr/include/c++/4.5/algorithm:63:0,
                 from bad_error_eg.cpp:3:
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h: In Funktion ≫_FIter std::upper_bound(_FIter, _FIter, const _Tp&) [with _FIter = __gnu_cxx::__normal_iterator<std::comp
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:2982:4:   instantiated from ≫void std::__merge_without_buffer(_BidirectionalIterator, _BidirectionalIterator, _Bidirec
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:3364:7:   instantiated from ≫void std::__inplace_stable_sort(_RandomAccessIterator, _RandomAccessIterator) [with _Rand
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:5415:2:   instantiated from ≫void std::stable_sort(_RAIter, _RAIter) [with _RAIter = __gnu_cxx::__normal_iterator<std:
bad_error_eg.cpp:8:41:   instantiated from here
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:2461:4: Fehler: no match for ≫operator<≪ in ≫__val < __middle.__gnu_cxx::__normal_iterator<_Iterator, _Container>::o
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h: In Funktion ≫_OIter std::merge(_IIter1, _IIter1, _IIter2, _IIter2, _OIter) [with _IIter1 = std::complex<float>*, _IIt
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:2838:4:   instantiated from ≫void std::__merge_adaptive(_BidirectionalIterator, _BidirectionalIterator, _Bidirectional
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:3315:7:   instantiated from ≫void std::__stable_sort_adaptive(_RandomAccessIterator, _RandomAccessIterator, _Pointer,
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:5417:2:   instantiated from ≫void std::stable_sort(_RAIter, _RAIter) [with _RAIter = __gnu_cxx::__normal_iterator<std:
bad_error_eg.cpp:8:41:   instantiated from here
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:5299:4: Fehler: no match for ≫operator<≪ in ≫__first2.__gnu_cxx::__normal_iterator<_Iterator, _Container>::operator*
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h: In Funktion ≫_BidirectionalIterator3 std::__merge_backward(_BidirectionalIterator1, _BidirectionalIterator1, _Bidirec
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:2847:4:   instantiated from ≫void std::__merge_adaptive(_BidirectionalIterator, _BidirectionalIterator, _Bidirectional
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:3315:7:   instantiated from ≫void std::__stable_sort_adaptive(_RandomAccessIterator, _RandomAccessIterator, _Pointer,
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:5417:2:   instantiated from ≫void std::stable_sort(_RAIter, _RAIter) [with _RAIter = __gnu_cxx::__normal_iterator<std:
bad_error_eg.cpp:8:41:   instantiated from here
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:2740:4: Fehler: no match for ≫operator<≪ in ≫* __last2 < __last1.__gnu_cxx::__normal_iterator<_Iterator, _Container>
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h: In Funktion ≫_OIter std::merge(_IIter1, _IIter1, _IIter2, _IIter2, _OIter) [with _IIter1 = __gnu_cxx::__normal_iterat
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:3163:4:   instantiated from ≫void std::__merge_sort_loop(_RandomAccessIterator1, _RandomAccessIterator1, _RandomAccess
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:3261:4:   instantiated from ≫void std::__merge_sort_with_buffer(_RandomAccessIterator, _RandomAccessIterator, _Pointer
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:3312:4:   instantiated from ≫void std::__stable_sort_adaptive(_RandomAccessIterator, _RandomAccessIterator, _Pointer,
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:5417:2:   instantiated from ≫void std::stable_sort(_RAIter, _RAIter) [with _RAIter = __gnu_cxx::__normal_iterator<std:
bad_error_eg.cpp:8:41:   instantiated from here
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:5299:4: Fehler: no match for ≫operator<≪ in ≫__first2.__gnu_cxx::__normal_iterator<_Iterator, _Container>::operator*
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h: In Funktion ≫_OIter std::merge(_IIter1, _IIter1, _IIter2, _IIter2, _OIter) [with _IIter1 = std::complex<float>*, _IIt
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:3163:4:   instantiated from ≫void std::__merge_sort_loop(_RandomAccessIterator1, _RandomAccessIterator1, _RandomAccess
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:3263:4:   instantiated from ≫void std::__merge_sort_with_buffer(_RandomAccessIterator, _RandomAccessIterator, _Pointer
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:3312:4:   instantiated from ≫void std::__stable_sort_adaptive(_RandomAccessIterator, _RandomAccessIterator, _Pointer,
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:5417:2:   instantiated from ≫void std::stable_sort(_RAIter, _RAIter) [with _RAIter = __gnu_cxx::__normal_iterator<std:
bad_error_eg.cpp:8:41:   instantiated from here
/usr/include/c++/4.5/bits/stl_algo.h:5299:4: Fehler: no match for ≫operator<≪ in ≫* __first2 < * __first1≪
```

zum Beispiel in

```
#include <vector>
#include <complex>
#include <algorithm>

int main()
 {
     std::vector<std::complex<float> > v;
     std::stable_sort(v.begin(), v.end());
 }
```

obwohl der Algorithmus `stable_sort()` schon unzählige Male zuvor problemlos benutzt wurde.
Natürlich sollte `stable_sort()` nur benutzt werden, wenn der `value_type` des zu sortierenden Containers einen `operator <=` besitzt, aber wie kann man das in der C++-Quelle der STL maschinell überprüfbar codieren?

Ansätze zur eingeschränkten Generizität in C++ (2017?):

Concepts-Lite
Concepts Lite: Constraining Template Arguments with Predicates
Concepts Lite: Constraining Templates with Predicates
A Concept Design for the STL

```
template<Sortable Cont>
void sort(Cont& container);


list<int> lst = ...;
sort(lst); // Error


error: no matching function for call to ‘sort(list<int>&)’
   sort(l);
        ^
note: candidate is:
note: template<Sortable T> void sort(T)
   void sort(T t) { }
        ^
note: template constraints not satisfied because
note:   ‘T’ is not a/an ‘Sortable’ type [with T = list<int>] since
note:     ‘declval<T>()[n]’ is not valid syntax
```

```
template<typename T>
constexpr bool Sortable()
{
    return ...;     // Returns true when T is a
                    // permutable container whose
                    // elements can be totally ordered
}
```

(aus: Concepts Lite, Constraining Template Arguments with Predicates)

oder genauer (aus A Concept Design for the STL, Seite 67, wenn `concepts` endlich existieren):

```
concept Sortable<ForwardIterator I> =
TotallyOrdered<ValueType<I>> && Permutable<I>;
```

1.10. cppcheck als eclipse-Plugin zur besseren statischen Codeanalyse

How to install cppcheck and use it in Eclipse CDT: cppcheclipse-Plugin

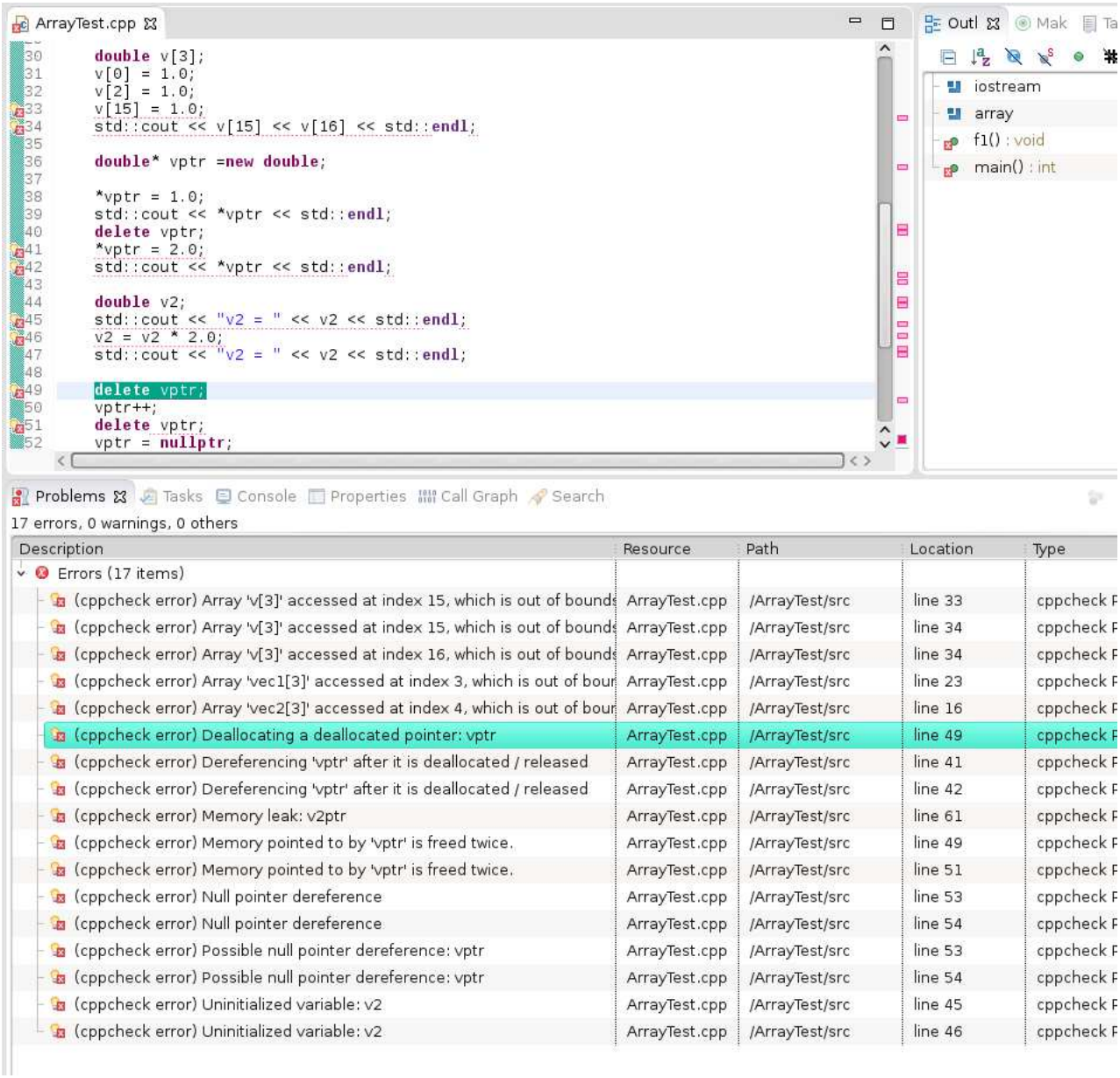
Statische Codeanalyse in einem Testprogramm „undefined behaviors“:

```
1  //============================================================================
2  // Name        : ArrayTest.cpp
3  // Author      : HJB
4  // Version     : 1.2
5  // Copyright   : PD
6  // Description : Testprogramm statischer Codecheck
7  //============================================================================
8
9  #include <iostream>
10 #include <array>
11 /* using namespace std; */
12
13 void f1()
14 {
15     std::array<double, 3> vec2 {1.0, 1.1, 1.2};
16     std::cout << vec2[4] << std::endl;
17 }
18
19 int main() {
20     std::cout << "Test des C++11 arrays:" << std::endl;
21
22     std::array<double, 3> vec1 {1.0, 1.1, 1.2};
23     std::cout << vec1[3] << std::endl;
24     f1();
25
26     //-----------------------------------------------
27
28     double v[3];
29     v[0] = 1.0;
30     v[2] = 1.0;
31     v[15] = 1.0;
32     std::cout << v[15] << v[16] << std::endl;
33
34     double* vptr =new double;
35
36     *vptr = 1.0;
37     std::cout << *vptr << std::endl;
```

```
38      delete vptr;
39      *vptr = 2.0;
40      std::cout << *vptr << std::endl;
41
42      double v2;
43      std::cout << "v2 = " << v2 << std::endl;
44      v2 = v2 * 2.0;
45      std::cout << "v2 = " << v2 << std::endl;
46
47      delete vptr;
48      vptr++;
49      delete vptr;
50      vptr = nullptr;
51      *vptr = 3.0;
52      std::cout << *vptr << std::endl;
53
54      double* v2ptr;
55      v2ptr = new double[10000000000000000];
56
57      // Teste mit Try-Catch
58
59      return 0;
60  }
```

und von `cppcheck` gefundene suspekte Codestellen:

```
src/ArrayTest.cpp;53;error;nullPointer;Possible null pointer dereference: vptr
src/ArrayTest.cpp;54;error;nullPointer;Possible null pointer dereference: vptr
src/ArrayTest.cpp;16;error;arrayIndexOutOfBounds;Array 'vec2[3]' accessed at index 4, which is out of bounds
src/ArrayTest.cpp;23;error;arrayIndexOutOfBounds;Array 'vec1[3]' accessed at index 3, which is out of bounds
src/ArrayTest.cpp;33;error;arrayIndexOutOfBounds;Array 'v[3]' accessed at index 15, which is out of bounds.
src/ArrayTest.cpp;34;error;arrayIndexOutOfBounds;Array 'v[3]' accessed at index 15, which is out of bounds.
src/ArrayTest.cpp;34;error;arrayIndexOutOfBounds;Array 'v[3]' accessed at index 16, which is out of bounds.
src/ArrayTest.cpp;41;error;deallocuse;Dereferencing 'vptr' after it is deallocated / released
src/ArrayTest.cpp;42;error;deallocuse;Dereferencing 'vptr' after it is deallocated / released
src/ArrayTest.cpp;49;error;doubleFree;Memory pointed to by 'vptr' is freed twice.
src/ArrayTest.cpp;51;error;doubleFree;Memory pointed to by 'vptr' is freed twice.
src/ArrayTest.cpp;61;error;memleak;Memory leak: v2ptr
src/ArrayTest.cpp;49;error;deallocDealloc;Deallocating a deallocated pointer: vptr
src/ArrayTest.cpp;53;error;nullPointer;Null pointer dereference
src/ArrayTest.cpp;54;error;nullPointer;Null pointer dereference
src/ArrayTest.cpp;45;error;uninitvar;Uninitialized variable: v2
src/ArrayTest.cpp;46;error;uninitvar;Uninitialized variable: v2
```


ArrayTest.cpp
30 double v[3];
31 v[0] = 1.0;
32 v[2] = 1.0;
33 v[15] = 1.0;
34 std::cout << v[15] << v[16] << std::endl;
35
36 double* vptr =new double;
37
38 *vptr = 1.0;
39 std::cout << *vptr << std::endl;
40 delete vptr;
41 *vptr = 2.0;
42 std::cout << *vptr << std::endl;
43
44 double v2;
45 std::cout << "v2 = " << v2 << std::endl;
46 v2 = v2 * 2.0;
47 std::cout << "v2 = " << v2 << std::endl;
48
49 delete vptr;
50 vptr++;
51 delete vptr;
52 vptr = nullptr;
Outl
Mak
Ta
iostream
array
f1() : void
main() : int
Problems
Tasks
Console
Properties
Call Graph
Search
17 errors, 0 warnings, 0 others
Description
Resource
Path
Location
Type
Errors (17 items)
(cppcheck error) Array 'v[3]' accessed at index 15, which is out of bounds
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 33
cppcheck P
(cppcheck error) Array 'v[3]' accessed at index 15, which is out of bounds
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 34
cppcheck P
(cppcheck error) Array 'v[3]' accessed at index 16, which is out of bounds
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 34
cppcheck P
(cppcheck error) Array 'vec1[3]' accessed at index 3, which is out of bour
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 23
cppcheck P
(cppcheck error) Array 'vec2[3]' accessed at index 4, which is out of bour
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 16
cppcheck P
(cppcheck error) Deallocating a deallocated pointer: vptr
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 49
cppcheck P
(cppcheck error) Dereferencing 'vptr' after it is deallocated / released
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 41
cppcheck P
(cppcheck error) Dereferencing 'vptr' after it is deallocated / released
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 42
cppcheck P
(cppcheck error) Memory leak: v2ptr
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 61
cppcheck P
(cppcheck error) Memory pointed to by 'vptr' is freed twice.
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 49
cppcheck P
(cppcheck error) Memory pointed to by 'vptr' is freed twice.
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 51
cppcheck P
(cppcheck error) Null pointer dereference
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 53
cppcheck P
(cppcheck error) Null pointer dereference
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 54
cppcheck P
(cppcheck error) Possible null pointer dereference: vptr
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 53
cppcheck P
(cppcheck error) Possible null pointer dereference: vptr
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 54
cppcheck P
(cppcheck error) Uninitialized variable: v2
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 45
cppcheck P
(cppcheck error) Uninitialized variable: v2
ArrayTest.cpp
/ArrayTest/src
line 46
cppcheck P

1.11. Erste einfache Code-Contracts in Eiffel: Vorbedingungen und Klassen-Invarianten

```
class
        WUERFEL

inherit
        DOUBLE_MATH

create
        make

feature -- Access

        seite : REAL_64

        make( s : REAL_64 ) is

                        require
                                argument_nonnegative: s >= 0.0
                        do
                                seite := s
                        end
feature -- Status report

        Oberflaeche : REAL_64 is
                        -- berechnet die Oberfkaeche
                        do
                                Result := (6 * seite ^ 2)
                        end

        Volumen : REAL_64 is
                        -- berechnet das Volumen
                        do
                                Result := seite ^ 3
                        end


invariant
        seite_nonnegative: seite >= 0.0

end
```

1.12. Integrierte Entwicklungsumgebungen zur Codequalitätssteigerung (am Beispiel: PyDev), IDEs zur SQA

WiederverwendbareSoftware-Teil2.pdf

Qualitätssteigernde Eigenschaften der Nutzung des PyDev-Plugins für die Python-Programmentwicklung:

- Anzeige suspekter Codestellen in der ersten Spalte des Python-Quellcodeeditor-Fensters, statische Codeanalyse
- Markierung der Sprachkunstrukte mit suspekten Codestellen (durch Unterschlängeln)
- In den Code integrierte Dokumentationsspezialkommentare zur automatischen Synchronisation geänderten Codes mit der automatisch generierten Dokumentation
- im Python-Texteditorfenster automatisch oder nach Tastendruck aufklappende Fenster, die die automatisch aus den Dokumentationsspezialkommentaren erzeugten Dokumentation an der aktuellen Editorstelle einblenden (hover)
- Pro Klasse ein Testrahmenprogramm, das durch Betätigung des Eclipse-Run-Knopfes gestartet wird
- Codeabdeckungschecks
- zeilenweises Debuggen fehlerhaften Codes
- interaktive Komponententest-Klassenanwendungbeispiele (mit Spezifikation der zu erwarten Ergenisse) im Klassen-Kommentar, die im Testrahmenprogramm automatisch (und regressiv) ausgeführt werden
- Codeverträge (`contract.checkmod()`) mit Invarianten, Vorbedingungen und Nachbedingungen = bei jedem Produnktionslauf mitlaufende Komponententests mit (in Form von Nachbedingungen) eingebauten Testorakeln, dynamische Codeanalyse, aggressive Asserts
- ...

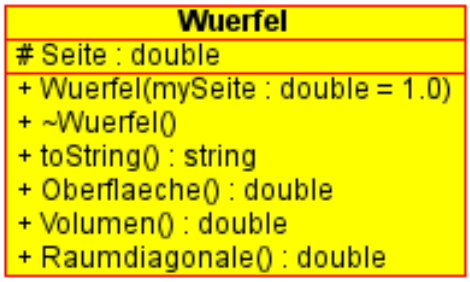
1.13. Ein erstes C++-Projekt mit Umbrello und Doxygen

UML 2 Class Diagram
UML 2 für Studenten
UML2 with Eclipse

Umbrello
Umbrello Handbuch

(alternativ: eclipse modelling mit papyrus oder VisualParadigm oder Together oder ...)

Übertragung des Würfelbeispiels in ein C++-Projekt:



Umbrello automatische Quelltexterzeugung liefert:

`Wuerfel.h:`

```
#ifndef WUERFEL_H
#define WUERFEL_H

#include <string>

/**
 * Namespace
 */
/**
 * Class Wuerfel
 *
 *
 *
 *
 *
 *
 *
 *
 *
 *
 *
 *
 *
 *
 */
class Wuerfel {
/**
 * Public stuff
 */
public:
  /**
   * Fields
   */
  /**
   *
   */
  /**
   * Constructors
   */
  /**
   * Empty Constructor
   */
  Wuerfel ( ) { }
  /**
   *
   */
   Wuerfel (double mySeite=1.0) {

  }
  /**
   *
   */
   ~Wuerfel () {

  }
  /**
   * Accessor Methods
   */
  /**
   *
   */
  double get_seite ( ) {
    return seite;
```

```
  }
  /**
   *
   */
  void set_seite (double value ) {
    seite = value;
  }
  /**
   * Operations
   */
  /**
   *
   */
  string toString () const {

  }
  /**
   *
   */
  double Oberflaeche () const {

  }
  /**
   *
   */
  double Volumen () const {

  }
  /**
   *
   */
  double Raumdiagonale () const {

  }
/**
 * Protected stuff
 */
protected:
  /**
   * Fields
   */
   double seite;
  /**
   *
   */
  /**
   * Constructors
   */
  /**
   * Accessor Methods
   */
  /**
   * Operations
   */
/**
 * Private stuff
 */
private:
  /**
   * Fields
   */
  /**
   *
   */
  /**
   * Constructors
```

```
    */
   /**
    * Accessor Methods
    */
   /**
    * Operations
    */
};
#endif //WUERFEL_H
```

`Wuerfel.cpp:`

```
#include "wuerfel.h"
/**
 * Constructors/Destructors
 */
/**
 * Methods
 */
```

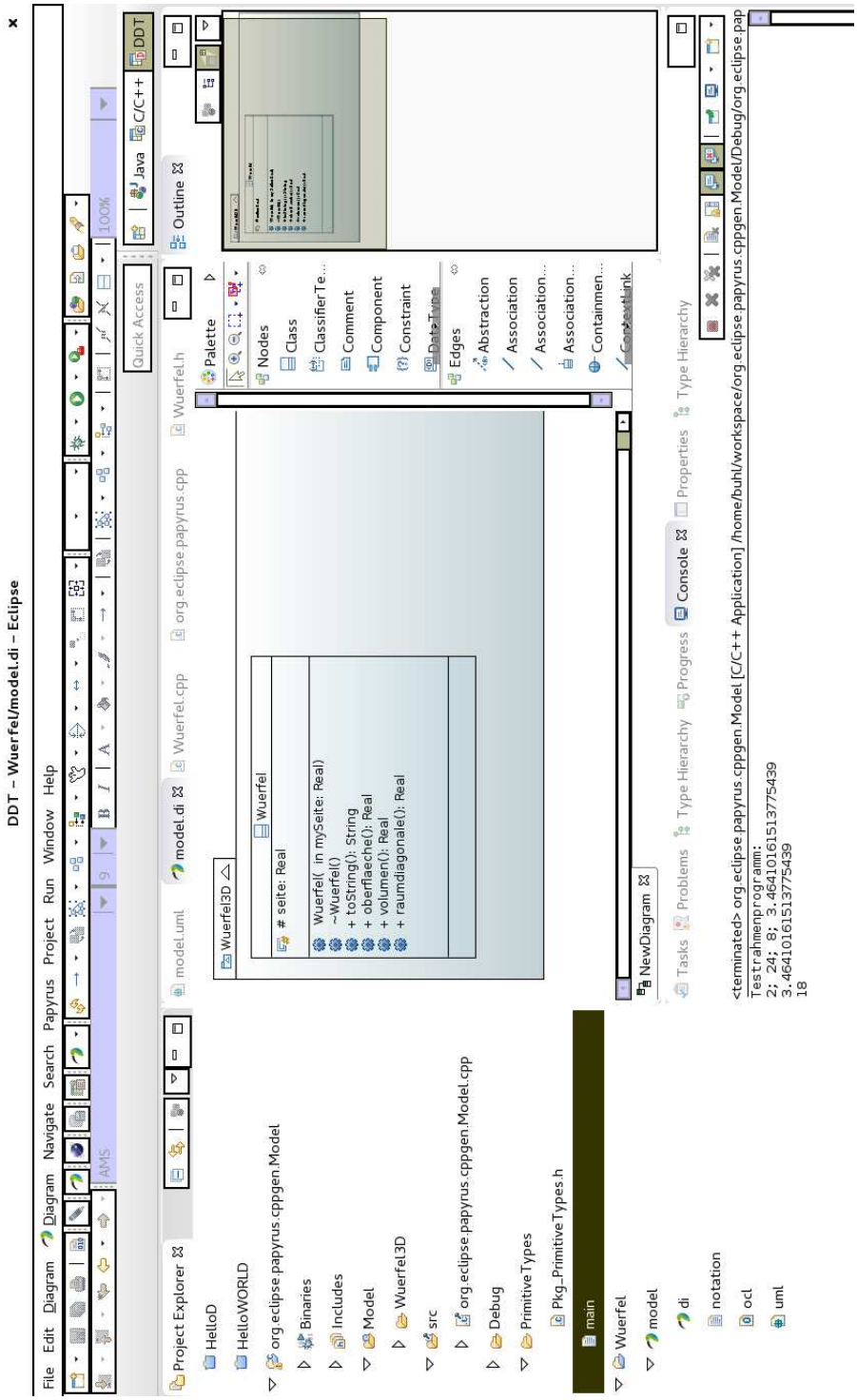
Die automatische Ergänzung von Getter/Setter-Methoden ist schon sehr schön, aber warum wird der Getter get_seite () nicht als **const**-Methode modelliert?

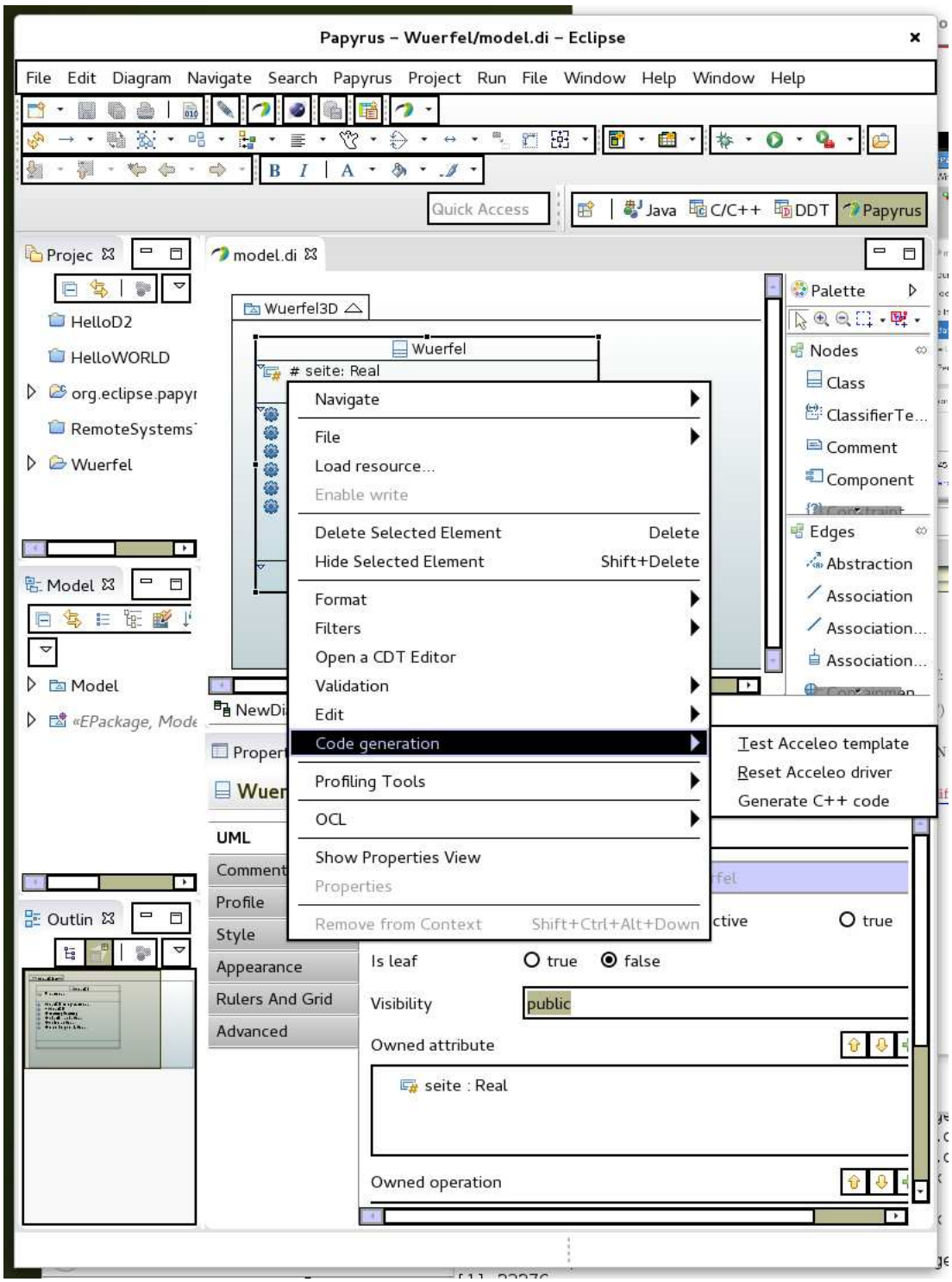
Die Aufteilung des erzeugten Codes in Header- und Implementierungsdatei sollte besser beeinflußbar sein, std :: string sollte automatisch aus string erzeugt werden, die Dateinamen der Header- und Implementierungsdateien sollten großgeschriebene Klassennamen (UML2-Konvertion) enthalten, bei Existenz eines Konstruktors mit Defaultparameter solle nicht zusätzlich ein leerer Defaultkonstruktor erzeugt werden, der dann beim Übersetzen zu Namens-Mehrdeutigkeiten führt, im UML-Klassendiagramm werden die **const**-Methoden noch nicht mit einer solchen Signatur angezeigt, ...

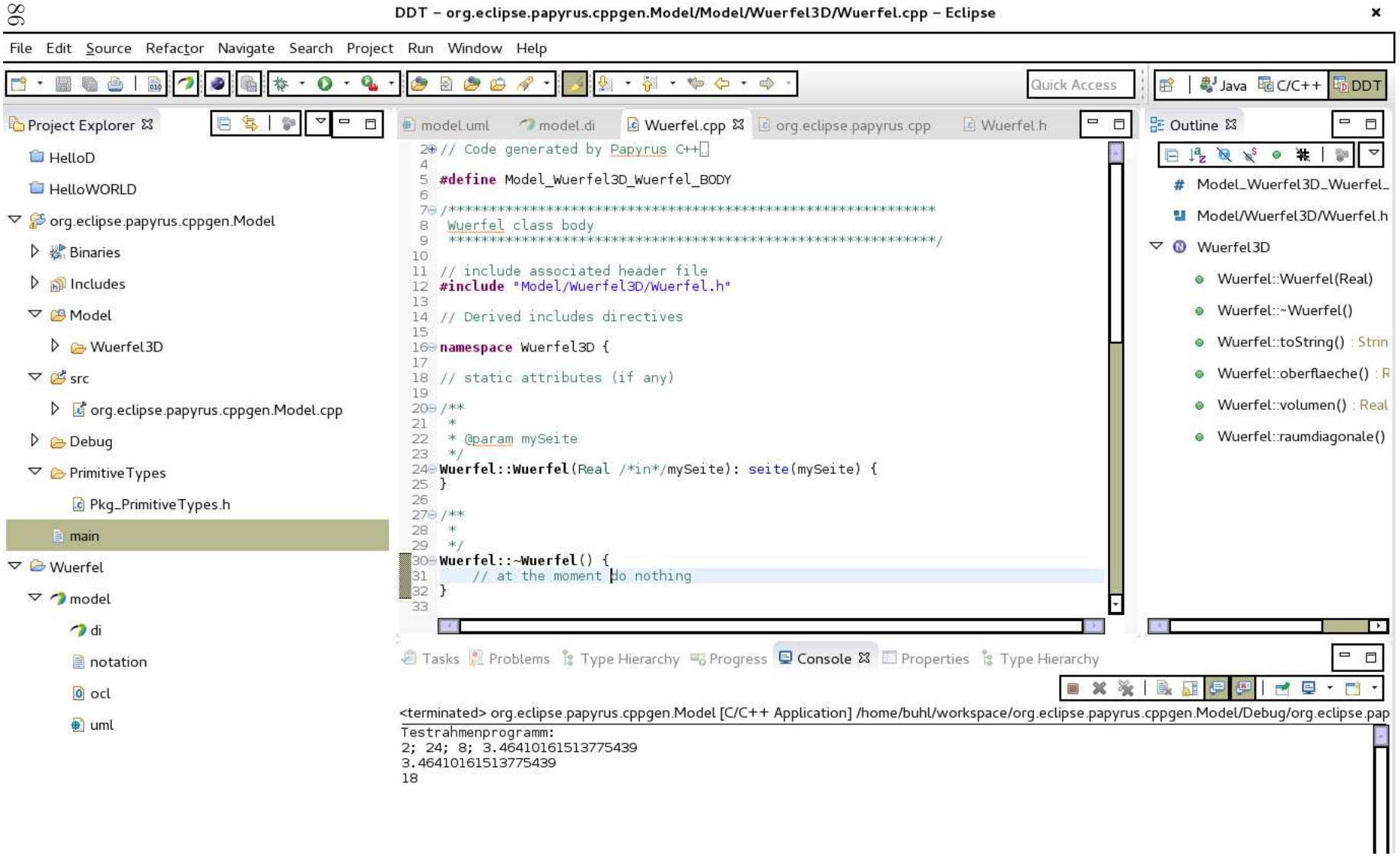
Es ist also noch viel Feinarbeit in Umbrello und den Codeerzeuger zu stecken!

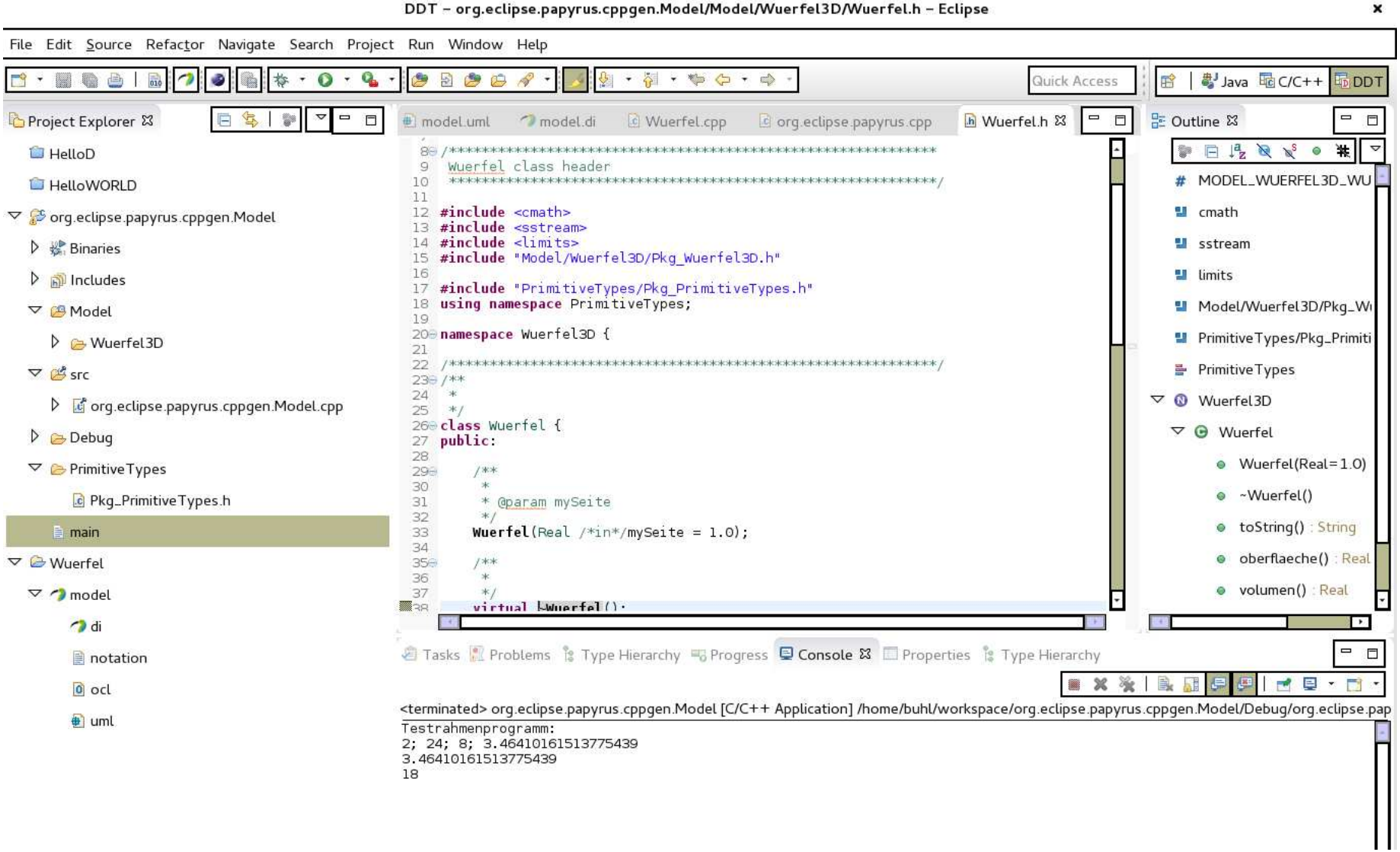
Ebenfalls interessant ist die Erzeugung von UML-Diagrammen aus C++-Quellcode:
Quelltext von ActionScript, Ada, C++, C#, D, IDL, Java™, Javascript,MySQL, und Pascal einlesen.

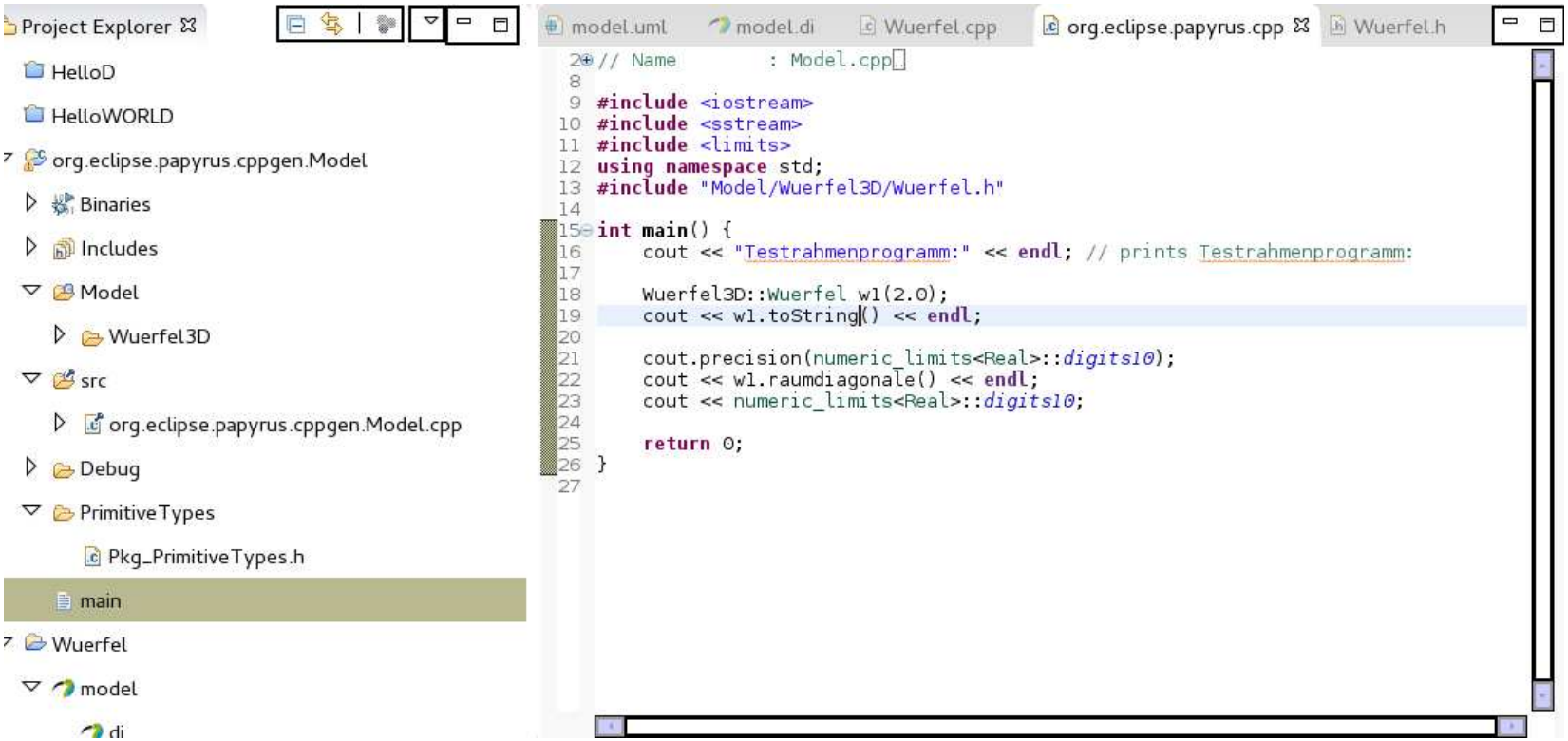
Seit Herbst 2014 funktioniert auch `eclipse-papyrus` (zur Erzeugung von UML-Diagrammen) mit C++-Quellcode-Erzeugung (zur Installation von `eclipse-papyrusn` siehe Seite 19...25):



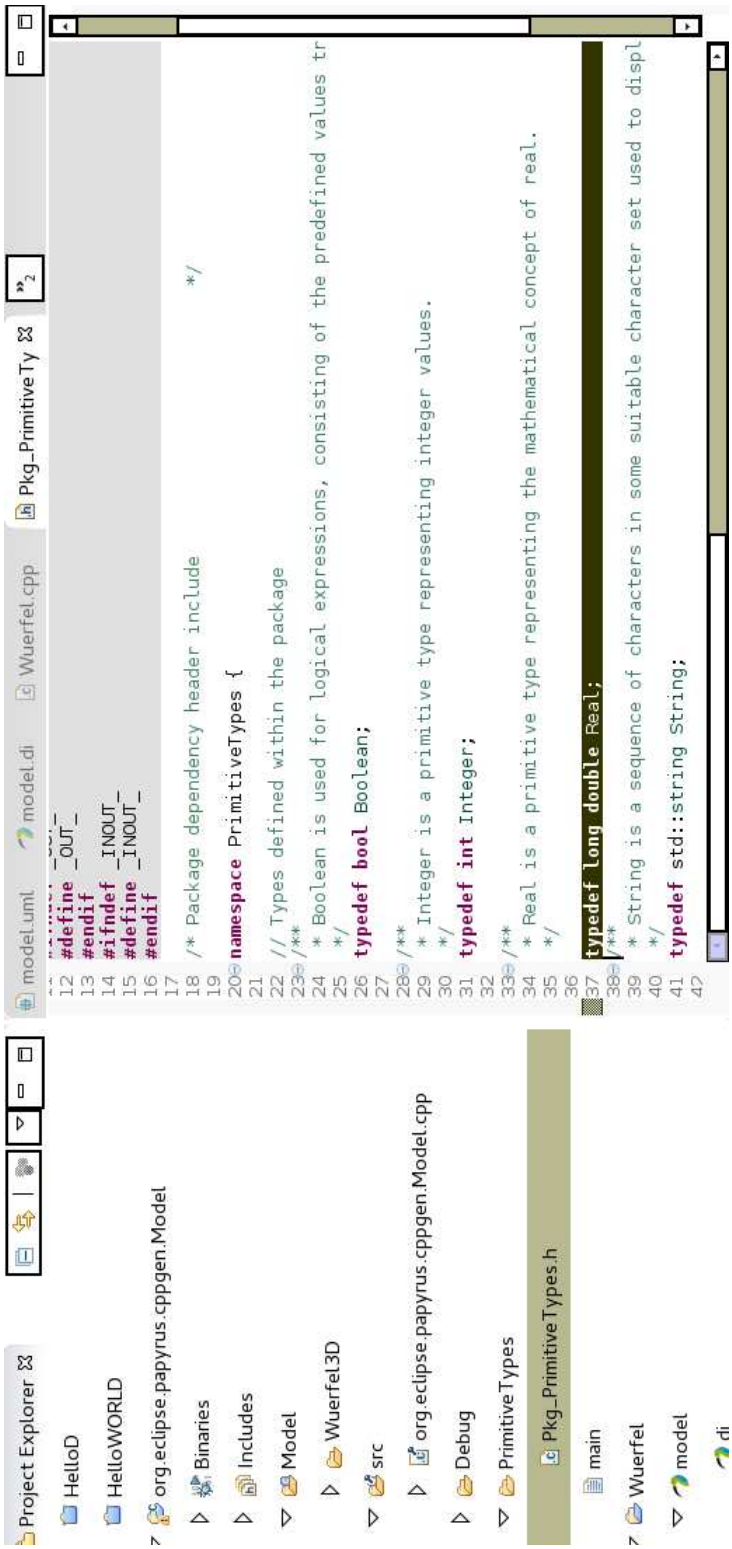

Papyrus – Wuerfel/model.di – Eclipse
File Edit Diagram Navigate Search Papyrus Project Run File Window Help Window Help
Quick Access
Java C/C++ DDT Papyrus
Projec
HelloD2
HelloWORLD
org.eclipse.papyr
RemoteSystems
Wuerfel
Model
Model
«EPackage, Mode
Outlin
model.di
Wuerfel3D
Wuerfel
seite: Real
Navigate
File
Load resource...
Enable write
Delete Selected Element Delete
Hide Selected Element Shift+Delete
Format
Filters
Open a CDT Editor
Validation
Edit
Code generation
Profiling Tools
OCL
Show Properties View
Properties
Remove from Context Shift+Ctrl+Alt+Down
Test Acceleo template
Reset Acceleo driver
Generate C++ code
Palette
Nodes
Class
ClassifierTe...
Comment
Component
Edges
Abstraction
Association
Association...
Association...
UML
Comment
Profile
Style
Appearance
Rulers And Grid
Advanced
true
Is leaf true false
Visibility public
Owned attribute
seite : Real
Owned operation

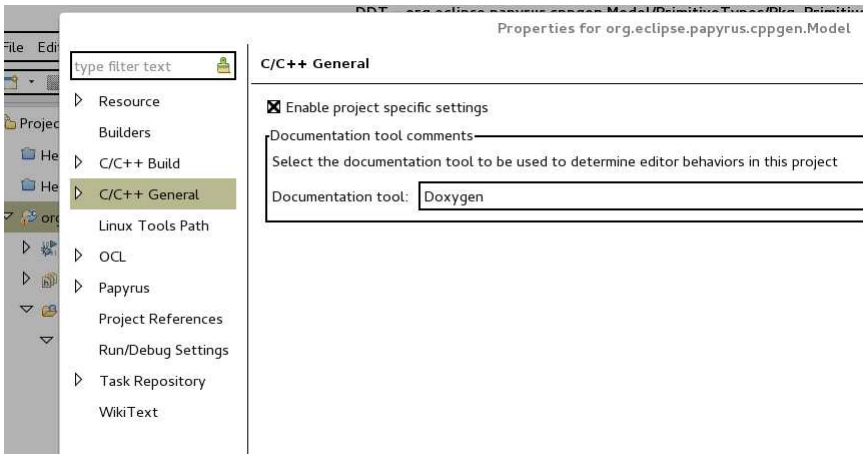

DDT – org.eclipse.papyrus.cppgen.Model/Model/Wuerfel3D/Wuerfel.cpp – Eclipse
File Edit Source Refactor Navigate Search Project Run Window Help
Quick Access
Java C/C++ DDT
Project Explorer
HelloD
HelloWORLD
org.eclipse.papyrus.cppgen.Model
Binaries
Includes
Model
Wuerfel3D
src
org.eclipse.papyrus.cppgen.Model.cpp
Debug
PrimitiveTypes
Pkg_PrimitiveTypes.h
main
Wuerfel
model
di
notation
ocl
uml
model.uml
model.di
Wuerfel.cpp
org.eclipse.papyrus.cpp
Wuerfel.h
// Code generated by Papyrus C++
#define Model_Wuerfel3D_Wuerfel_BODY
Wuerfel class body
// include associated header file
#include "Model/Wuerfel3D/Wuerfel.h"
// Derived includes directives
namespace Wuerfel3D {
// static attributes (if any)
* @param mySeite
Wuerfel::Wuerfel(Real /*in*/mySeite): seite(mySeite) {
Wuerfel::~Wuerfel() {
// at the moment do nothing
Outline
Model_Wuerfel3D_Wuerfel_
Model/Wuerfel3D/Wuerfel.h
Wuerfel3D
Wuerfel::Wuerfel(Real)
Wuerfel::~Wuerfel()
Wuerfel::toString() : Strin
Wuerfel::oberflaeche() : R
Wuerfel::volumen() : Real
Wuerfel::raumdiagonale()
Tasks Problems Type Hierarchy Progress Console Properties Type Hierarchy
<terminated> org.eclipse.papyrus.cppgen.Model [C/C++ Application] /home/buhl/workspace/org.eclipse.papyrus.cppgen.Model/Debug/org.eclipse.pap
Testrahmenprogramm:
2; 24; 8; 3.46410161513775439
3.46410161513775439
18


DDT – org.eclipse.papyrus.cppgen.Model/Model/Wuerfel3D/Wuerfel.h – Eclipse
File Edit Source Refactor Navigate Search Project Run Window Help
Quick Access
Java C/C++ DDT
Project Explorer
HelloD
HelloWORLD
org.eclipse.papyrus.cppgen.Model
Binaries
Includes
Model
Wuerfel3D
src
org.eclipse.papyrus.cppgen.Model.cpp
Debug
PrimitiveTypes
Pkg_PrimitiveTypes.h
main
Wuerfel
model
di
notation
ocl
uml
model.uml
model.di
Wuerfel.cpp
org.eclipse.papyrus.cpp
Wuerfel.h
/**********
Wuerfel class header
**********/
#include <cmath>
#include <sstream>
#include <limits>
#include "Model/Wuerfel3D/Pkg_Wuerfel3D.h"
#include "PrimitiveTypes/Pkg_PrimitiveTypes.h"
using namespace PrimitiveTypes;
namespace Wuerfel3D {
/**********/
/**
*
*/
class Wuerfel {
public:
/**
* @param mySeite
*/
Wuerfel(Real /*in*/mySeite = 1.0);
/**
*
*/
virtual ~Wuerfel();
Outline
MODEL_WUERFEL3D_WU
cmath
sstream
limits
Model/Wuerfel3D/Pkg_W
PrimitiveTypes/Pkg_Primiti
PrimitiveTypes
Wuerfel3D
Wuerfel
Wuerfel(Real=1.0)
~Wuerfel()
toString() : String
oberflaeche() : Real
volumen() : Real
Tasks Problems Type Hierarchy Progress Console Properties Type Hierarchy
<terminated> org.eclipse.papyrus.cppgen.Model [C/C++ Application] /home/buhl/workspace/org.eclipse.papyrus.cppgen.Model/Debug/org.eclipse.pap
Testrahmenprogramm:
2; 24; 8; 3.46410161513775439
3.46410161513775439
18


Project Explorer
HelloD
HelloWORLD
org.eclipse.papyrus.cppgen.Model
Binaries
Includes
Model
Wuerfel3D
src
org.eclipse.papyrus.cppgen.Model.cpp
Debug
PrimitiveTypes
Pkg_PrimitiveTypes.h
main
Wuerfel
model
di
model.uml
model.di
Wuerfel.cpp
org.eclipse.papyrus.cpp
Wuerfel.h
// Name : Model.cpp
#include <iostream>
#include <sstream>
#include <limits>
using namespace std;
#include "Model/Wuerfel3D/Wuerfel.h"
int main() {
cout << "Testrahmenprogramm:" << endl; // prints Testrahmenprogramm:
Wuerfel3D::Wuerfel w1(2.0);
cout << w1.toString() << endl;
cout.precision(numeric_limits<Real>::digits10);
cout << w1.raumdiagonale() << endl;
cout << numeric_limits<Real>::digits10;
return 0;
}

Die Datei `Pkg_Primitive Typed.h` muss ein bisschen modifiziert werden (`Real` sollte als Alias auf `double` oder `long double` gelegt werden, `String` statt auf `char*` besser auf `std::string`, ...)





Papyrus/Codegen/Cpp description
Papyrus Software Designer mit „side-by-side view of model and code“

1.14. Code-integrierte Dokumentation (mit autom. Dokumentationserzeugung)

Nun zur doxygen-Dokumentation unserer kleinen Klasse:

Wuerfel-Klasse 0.9

Hauptseite | Klassen | Dateien | Suchen

Auflistung der Klassen | Klassen-Verzeichnis | Klassen-Elemente

Öffentliche Methoden | Geschützte Attrib

Wuerfel Klassenreferenz

#include <Wuerfel.h>

Aufstellung aller Elemente

Öffentliche Methoden

	Wuerfel (double mySeite=1.0)
	~Wuerfel ()
double	get_seite ()
void	set_seite (double value)
std::string	toString () const
double	Oberflaeche () const
double	Volumen () const
double	Raumdiagonale () const

Geschützte Attribute

double	seite

Ausführliche Beschreibung

Definiert in Zeile 52 der Datei Wuerfel.h.

Beschreibung der Konstruktoren und Destruktoren

Wuerfel::Wuerfel (double mySeite = 1.0) inline

Definiert in Zeile 57 der Datei Wuerfel.h

Beachte dabei die speziellen dokumentationserzeugenden Kommentare gemäß Doxygen-Syntax, die die automatische Codeerzeugung von Umbrello schon eingebaut hat.

Ein Aufruf von `doxygen` erzeugt aus dem Quelltext automatisch Dokumentation im pdf und/oder html-Format. Vergleiche dazu:
Doxywizard usage
Doxygen: Generate documentation from source code
Doxygen Manual

Hinweis zum Formatieren der pdf-Dokumentation:

```
cd documentation/latex
make pdf
evince refman.pdf
```

Bemerkung: Die texlive-Pakete `texlive-sectsty`, `texlive-tocloft`, `texlive-xtab` und `texlive-multirow` müssen eventuell nachinstalliert werden, da sie für Doxygen-Referenzmanuals benötigt werden.

1.15. Ungarische Notation und deren nicht unbedingt codequalitätssteigernde Auswirkungen

Ungarische Notation
Kritikpunkte
Hungarian Naming Convention
Namenskonventionen

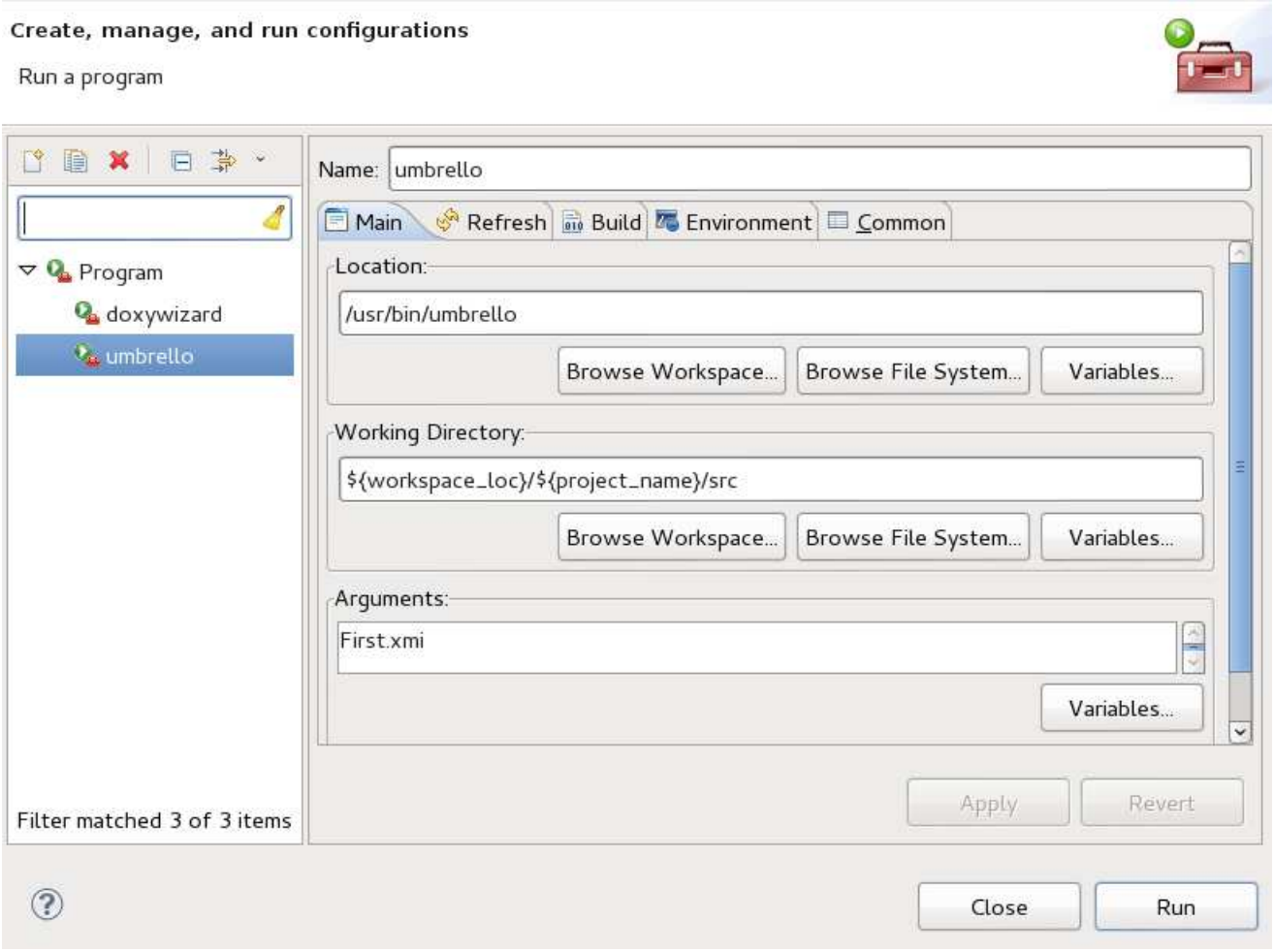
1.16. Eclipse CDT in Zusammenarbeit mit Umbrello/Papyrus, Doxygen, ...

Erste Eclipse C++-Projekte:
http://max.berger.name/howto/cdt/ar01s04.jsp#helloworld

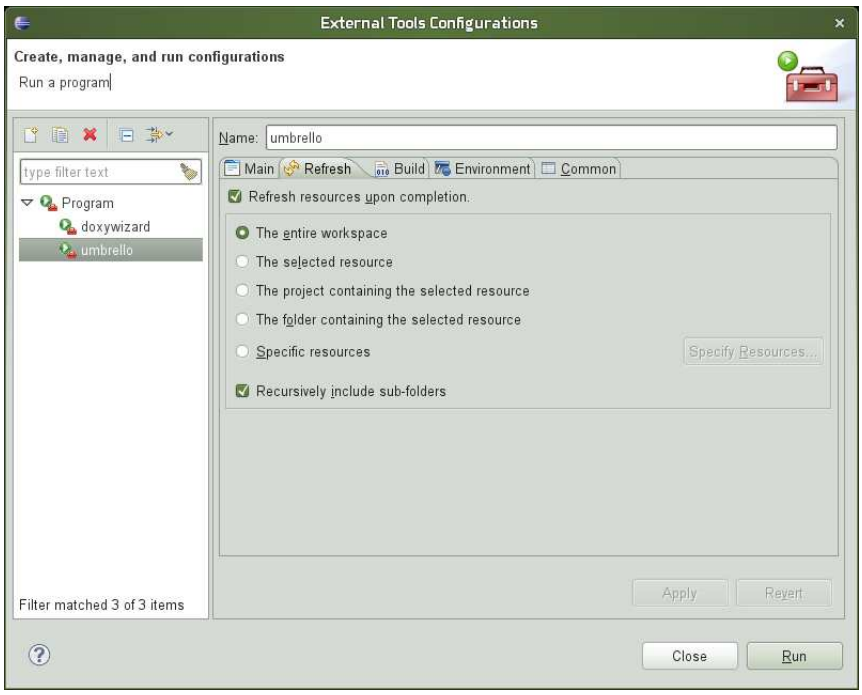
Umbrello in eclipse starten:

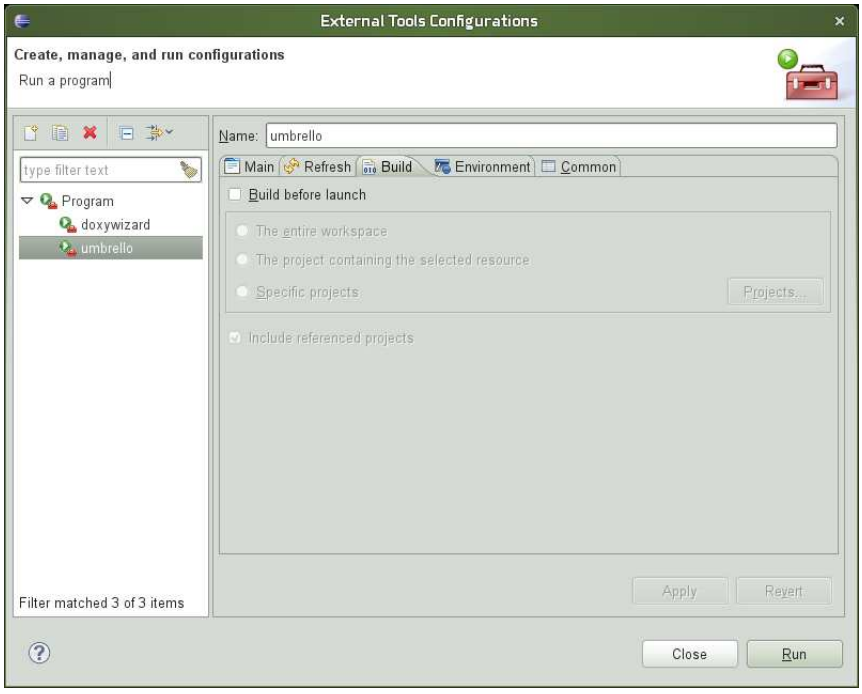
```
Run
  External Tools
    External Tools Configuration
      New launch configuration
```

Für ein neues (aktuelles) Projekt `First` etwa:

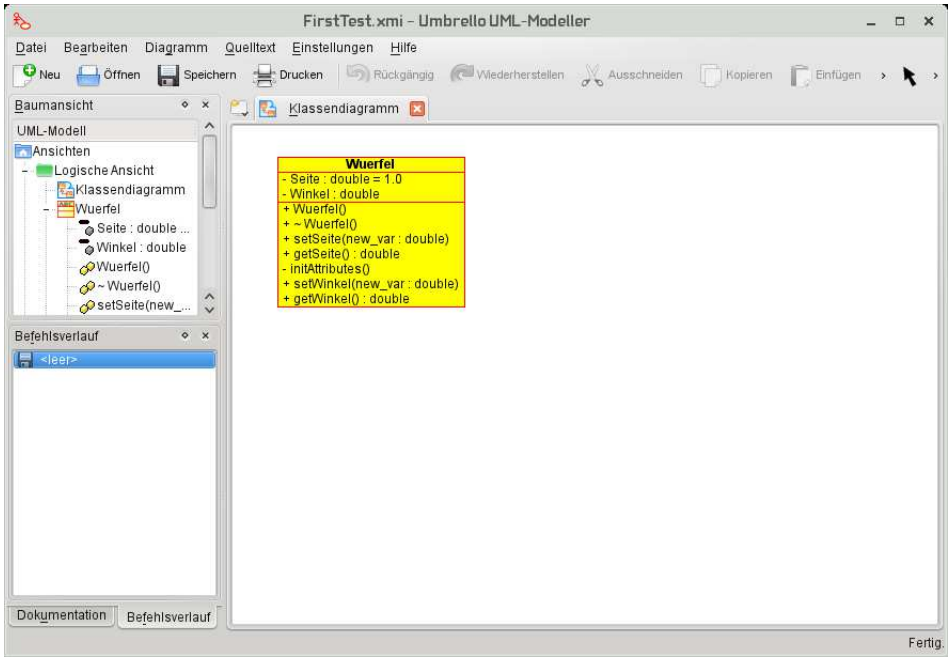


(Vergessen Sie nicht, im Eclipse-Projektexplorer Ihr aktuelles Projekt anzuklicken und dadurch auszuwählen.)
External tools variables


External Tools Configurations
Create, manage, and run configurations
Run a program
type filter text
Program
doxywizard
umbrello
Filter matched 3 of 3 items
Name: umbrello
Main
Refresh
Build
Environment
Common
Refresh resources upon completion.
The entire workspace
The selected resource
The project containing the selected resource
The folder containing the selected resource
Specific resources
Specify Resources...
Recursively include sub-folders
Apply
Revert
Close
Run

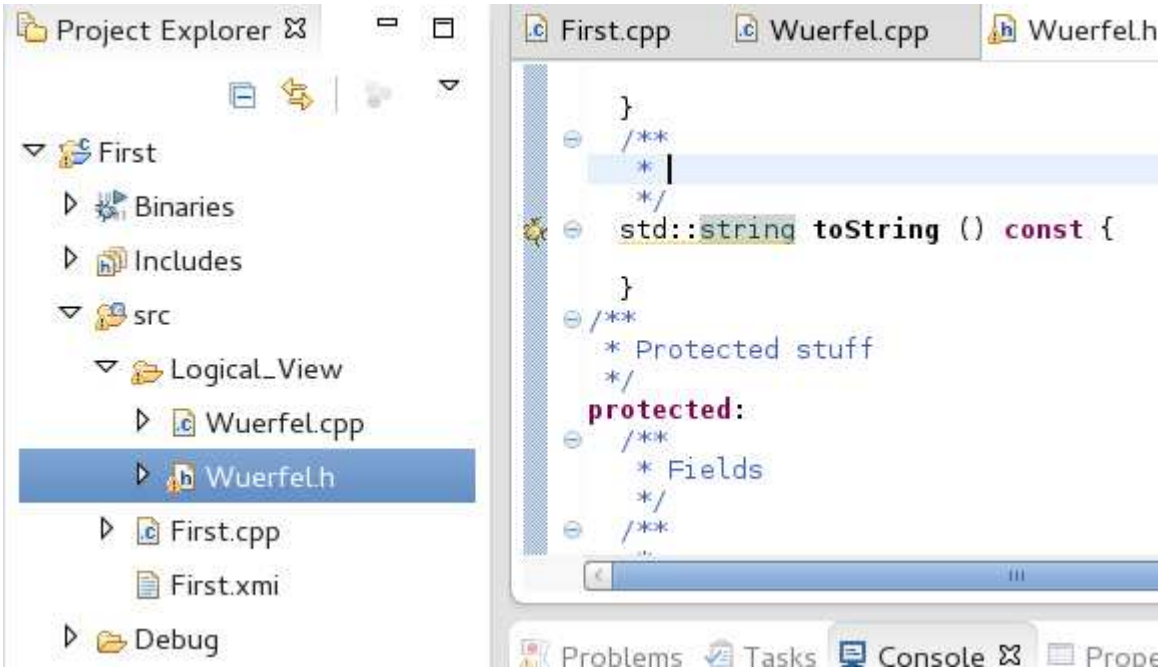

External Tools Configurations
Create, manage, and run configurations
Run a program
type filter text
Program
doxywizard
umbrello
Filter matched 3 of 3 items
Name: umbrello
Main
Refresh
Build
Environment
Common
Build before launch
The entire workspace
The project containing the selected resource
Specific projects
Projects...
Include referenced projects
Apply
Revert
Close
Run

Nach Betätigung des `Run`-Knopfes können Sie ein UML-Modell konzipieren



und mittels des Umbrello-Assistenten für Quelltext-Generierung nach Angabe des Ordners für die Quelldateien

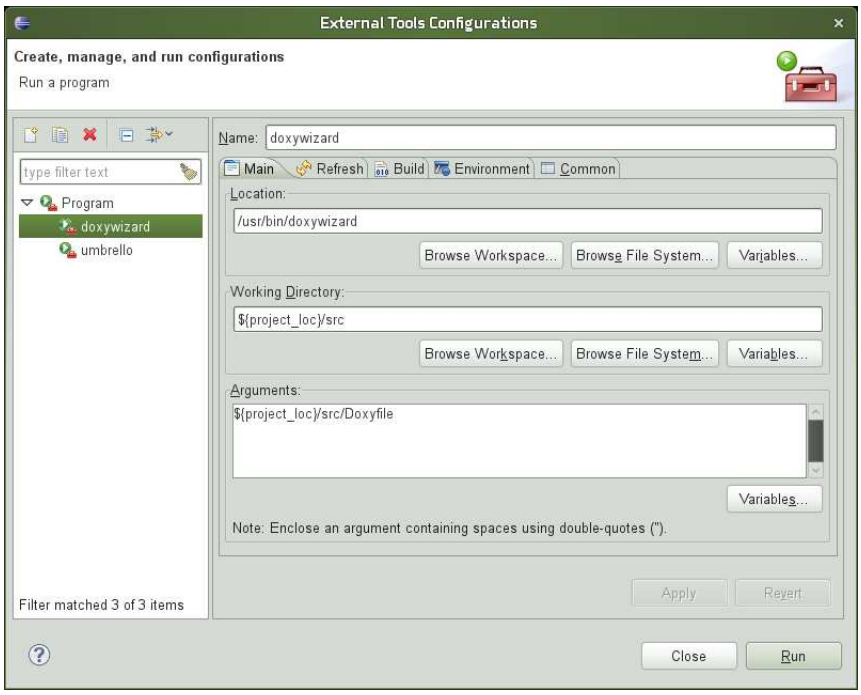
die Quelldateien in Eclipse unmittelbar im Projekt-src-Unterordner `Logical_View` benutzen:



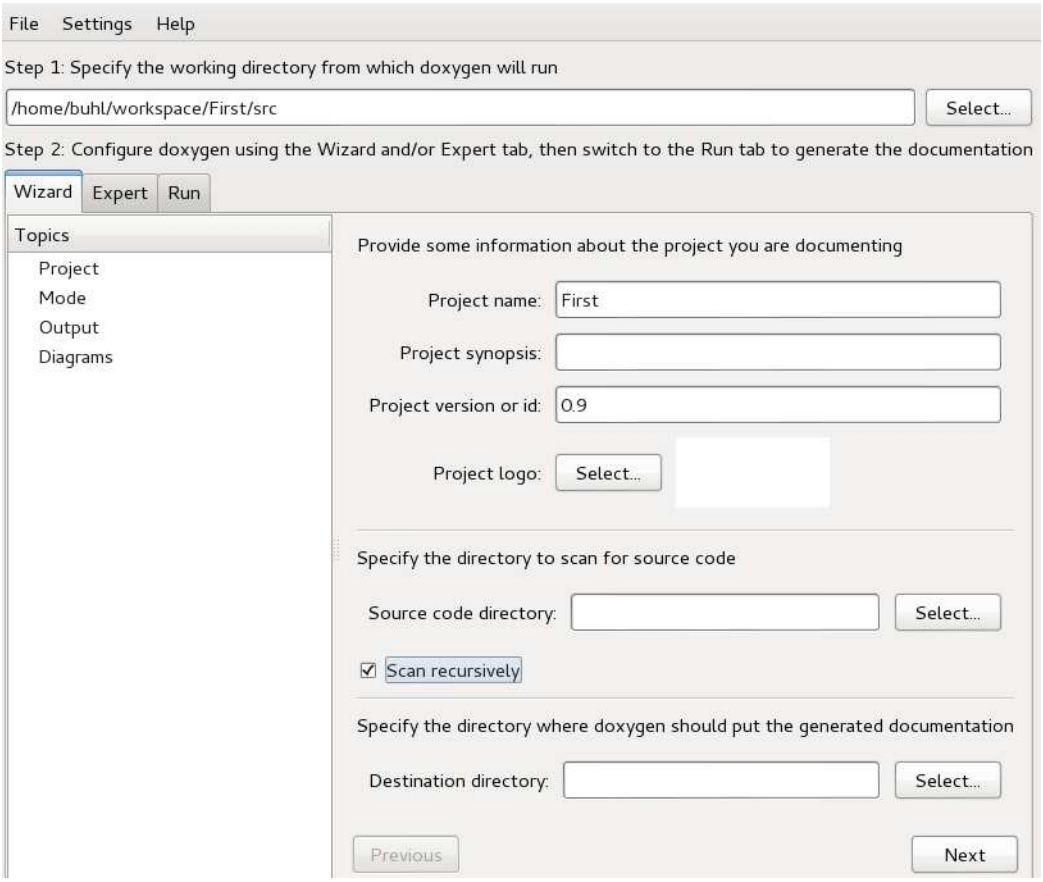
Selbst das Quelltext-Klassen(re)importieren von in Eclipse geänderten Klassen zurück ins Umbrello-UML-Modell funktioniert einwandfrei.

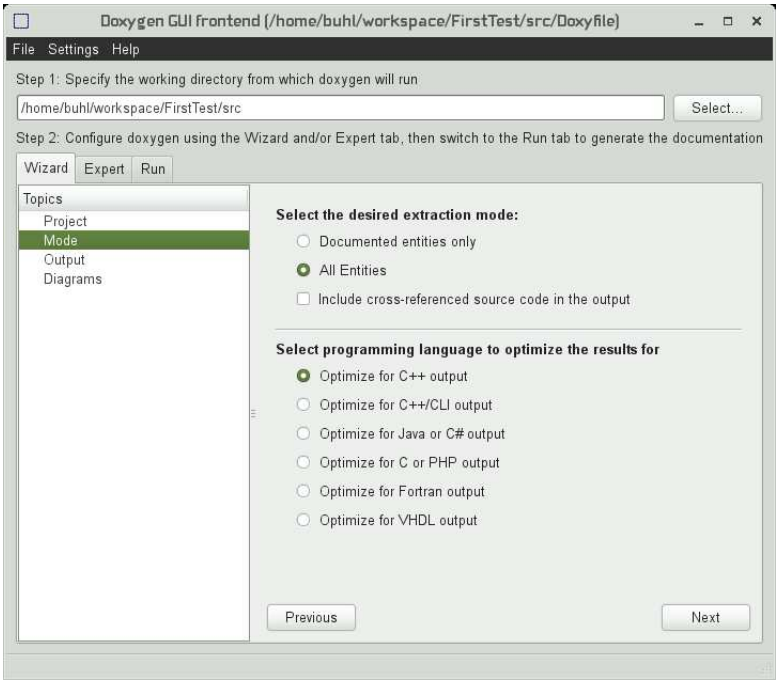
Doxygen-Integration in eclipse:

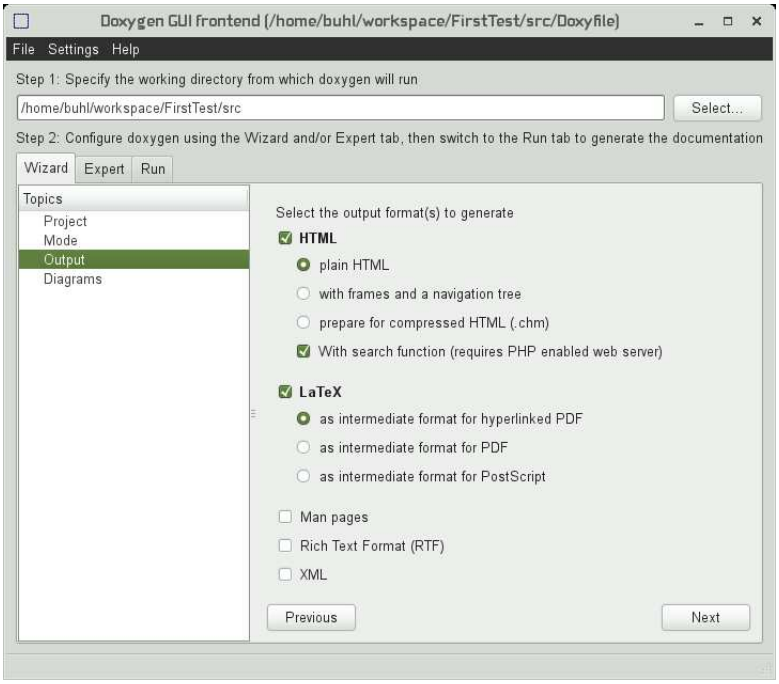
```
Run
  External Tools
    External Tools Configuration
      New launch configuration
```

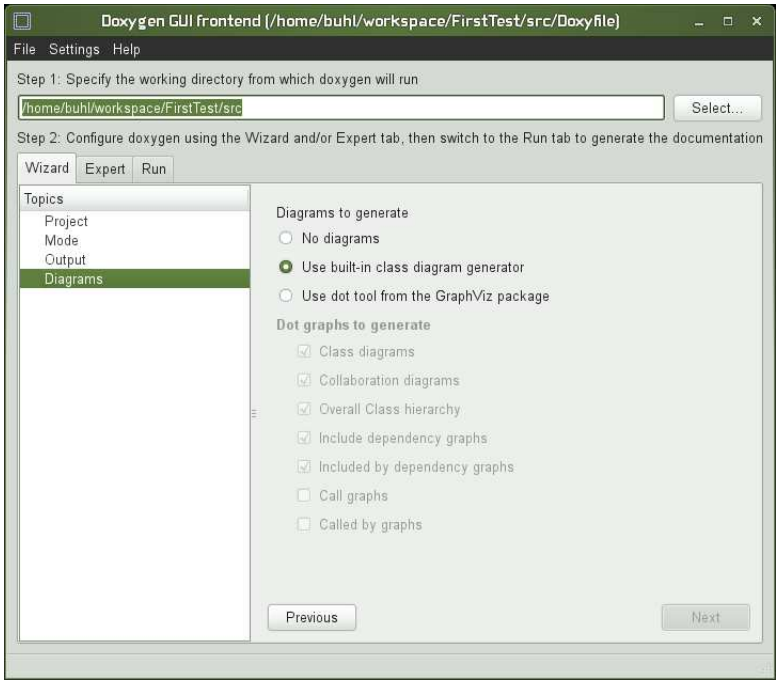


`Refresh` und `Build`-Einstellungen analog wie bei `umbrello`. Nach Betätigung des `Run`-Knopfes können Sie nun die `Doxywizard`-Konfiguration anlegen:

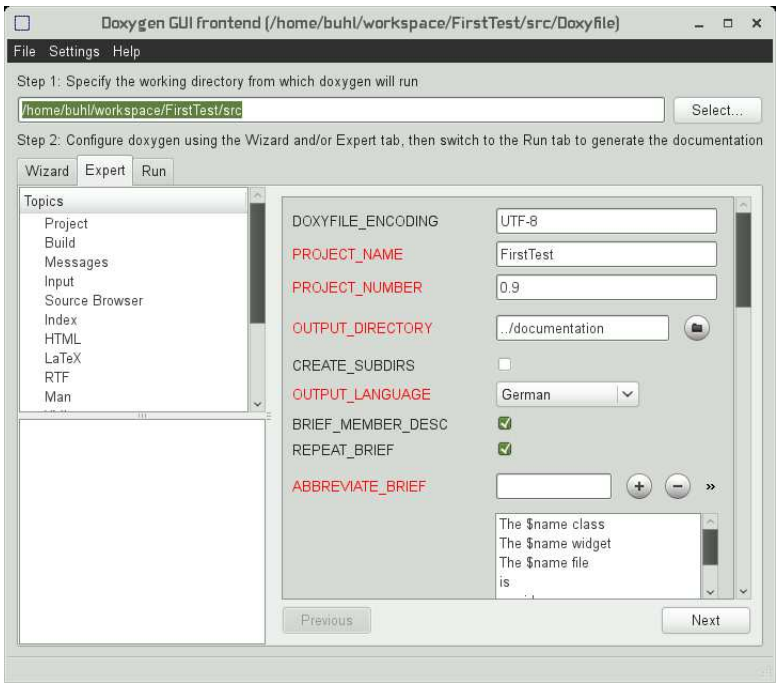



Doxygen GUI frontend (/home/buhl/workspace/FirstTest/src/Doxyfile)
File Settings Help
Step 1: Specify the working directory from which doxygen will run
/home/buhl/workspace/FirstTest/src
Select...
Step 2: Configure doxygen using the Wizard and/or Expert tab, then switch to the Run tab to generate the documentation
Wizard
Expert
Run
Topics
Project
Mode
Output
Diagrams
Select the desired extraction mode:
Documented entities only
All Entities
Include cross-referenced source code in the output
Select programming language to optimize the results for
Optimize for C++ output
Optimize for C++/CLI output
Optimize for Java or C# output
Optimize for C or PHP output
Optimize for Fortran output
Optimize for VHDL output
Previous
Next


Doxygen GUI frontend (/home/buhl/workspace/FirstTest/src/Doxyfile)
File Settings Help
Step 1: Specify the working directory from which doxygen will run
/home/buhl/workspace/FirstTest/src
Select...
Step 2: Configure doxygen using the Wizard and/or Expert tab, then switch to the Run tab to generate the documentation
Wizard
Expert
Run
Topics
Project
Mode
Output
Diagrams
Select the output format(s) to generate
HTML
plain HTML
with frames and a navigation tree
prepare for compressed HTML (.chm)
With search function (requires PHP enabled web server)
LaTeX
as intermediate format for hyperlinked PDF
as intermediate format for PDF
as intermediate format for PostScript
Man pages
Rich Text Format (RTF)
XML
Previous
Next

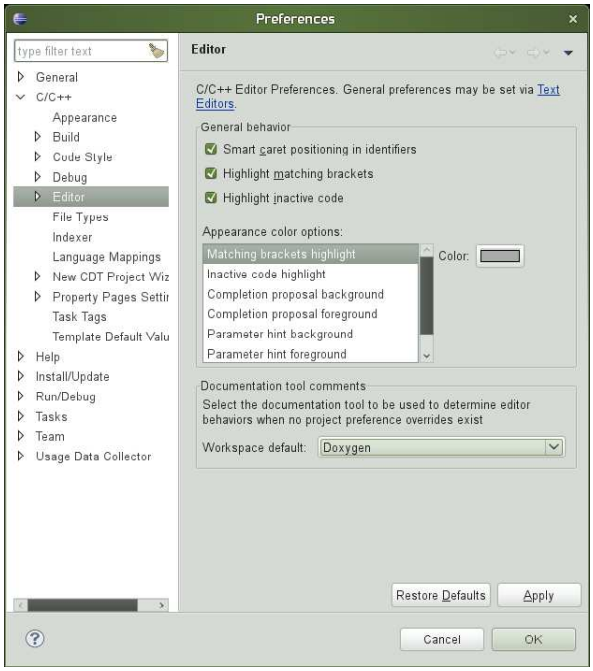


Vergessen Sie nicht, über den `Expert`-Reiter die `OUTPUT_LANGUAGE` auf `German` umzustellen:

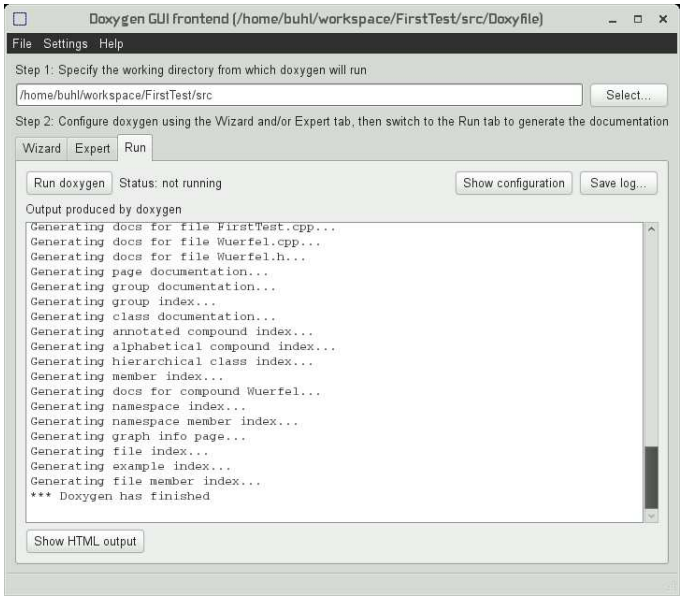


Schließlich müssen Sie noch die eclipse-Editor-Unterstützung für `doxygen`-Spezialkommentare aktivieren:

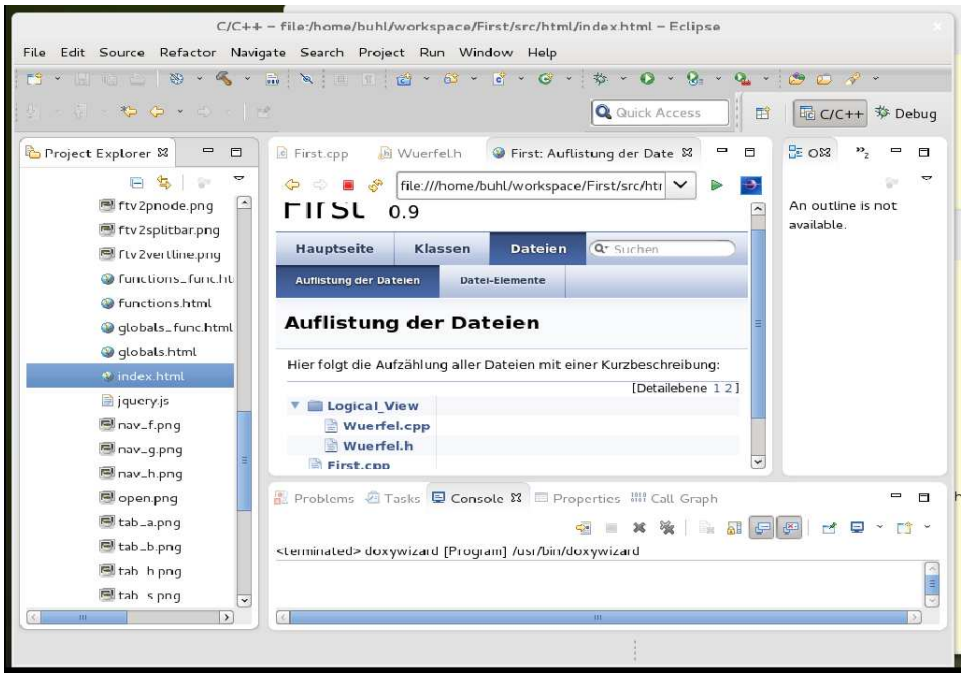
`Windows`
`Preferences`
`C/C++`
`Editor`



Jetzt können Sie über das externe Tool `doxywizard` jederzeit eine aktuelle Dokumentationsversion erzeugen



und mittels des `Show HTML output`-Knopfes in einem externen Browser betrachten oder Sie doppelklicken die Datei `index.html` im `documentation`-Unterordner des eclipse `Project Explorers`:



doxygen-Spezialkommandos: http://www.stack.nl/~dimitri/doxygen/docblocks.html

Beachten Sie insbesondere `@mainpage`

```
/*!
 * @mainpage Wuerfel, ...
 *
 * @version 0.99
 * @author HJB
 * @date 25. AprilJanuar 2011
 */

/*! Testrahmenprogramm
  *
  * erzeugt einige Test-Wuerfel und
  * druckt deren Attribute
  *
  * @param[in] argc Anzahl der Kommandozeilen-Parameter
  * @param[in] argv Feld mit den Kommandozeilen-Parametern
  * @return EXIT_SUCCESS
  * @warning eventuell tritt der Fehler ...
  */

#include <stdlib.h>
int main(int argc, char **argv) {
  //...
  return EXIT_SUCCESS;
}
```

sowie die Contract-Dokumentation in `doxygen`:

`@pre { description of the precondition }`
Starts a paragraph where the precondition of an entity can be described. The paragraph will be indented. The text of the paragraph has no special internal structure. All visual enhancement commands may be used inside the paragraph. Multiple adjacent `@pre` commands will be joined into a single paragraph. Each precondition will start on a new line. Alternatively, one `@pre` command may mention several preconditions. The `@pre` command ends when a blank line or some other sectioning command is encountered.

`@post { description of the postcondition }` Starts a paragraph where the post-condition of an entity can be described. The paragraph will be indented. The text of the paragraph has no special internal structure. All visual enhancement commands may be used inside the paragraph. Multiple adjacent `@post` commands will be joined into a single paragraph. Each postcondition will start on a new line. Alternatively, one `@post` command may mention several postconditions. The `@post` command ends when a blank line or some other sectioning command is encountered.

`@invariant { description of invariant }` Starts a paragraph where the invariant of an entity can be described. The paragraph will be indented. The text of the paragraph has no special internal structure. All visual enhancement commands may be used inside the paragraph. Multiple adjacent `@invariant` commands will be joined into a single paragraph. Each invariant description will start on a new line. Alternatively, one `@invariant` command may mention several invariants. The `@invariant` command ends when a blank line or some other sectioning command is encountered.

Ein Beispiel für die Contract-Befehle in `doxygen`

```
/*!
 * Konstruktor
 * @param[in] mySeite
 * @pre{ mySeite >= 0 }
 */
...
/*!
 * Oberflaeche
 * @return Oberflaeche
 * @post{ approximatelyEqualTo(result, 6.0 * Seite * Seite, 1.0) }
...
/*!
 * 3D-Wuerfel
 *
 * @invariant{ Seite >= 0.0 }
 */
class Wuerfel{
...
}
 */
```

und die Ergenisse:

Wuerfel Klassenreferenz

`#include <Wuerfel.h>`

Aufstellung aller Elemente

Öffentliche Methoden

	Wuerfel (double mySeite=1.0)
virtual	**~Wuerfel** ()
virtual bool	**invariant** ()
std::string	**toString** ()
double	**Oberflaeche** () = 6.0 * pow(**Seite**, 2)
double	**Volumen** () = pow(**Seite**,3)
double	**Raumdiagonale** () = **Seite** * sqrt(3.0)

Geschützte Attribute

double	**Seite**

Ausführliche Beschreibung

3D-Wuerfel

Invariant:
{ Seite >= 0.0 }

Definiert in Zeile **33** der Datei **Wuerfel.h**.

Beschreibung der Konstruktoren und Destruktoren

Wuerfel::Wuerfel (double *mySeite* = *1.0*)

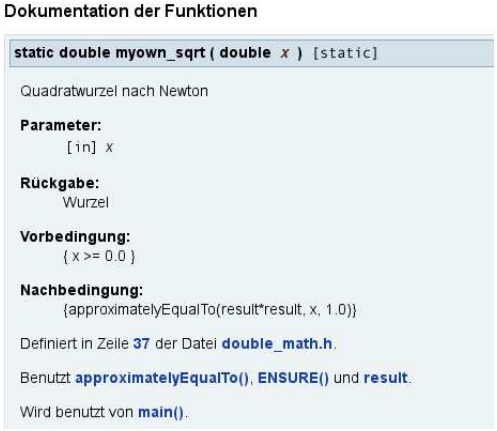
Konstruktor

Parameter:
[in] *mySeite*

Vorbedingung:
{ mySeite >= 0 }

Definiert in Zeile **20** der Datei **Wuerfel.cpp**.

Tips: 1) Ctrl-Space öffnet im Eclipse-Quellcodeeditor-Fenster mögliche Ergänzungen der bisher eingegebenen Zeichenfolge.
2) Am Zeienanfang nach „/*!“ eingegebenes Return ergänzt den begonnen Doxygen-Kommentar um zur Folgezeile gehörige -Doxygen-Dokumentationskommentare.



Dokumentation der Funktionen

static double myown_sqrt (double *x*) [static]

Quadratwurzel nach Newton

Parameter:
[in] x

Rückgabe:
Wurzel

Vorbedingung:
{ x >= 0.0 }

Nachbedingung:
{approximatelyEqualTo(result*result, x, 1.0)}

Definiert in Zeile **37** der Datei **double_math.h**.

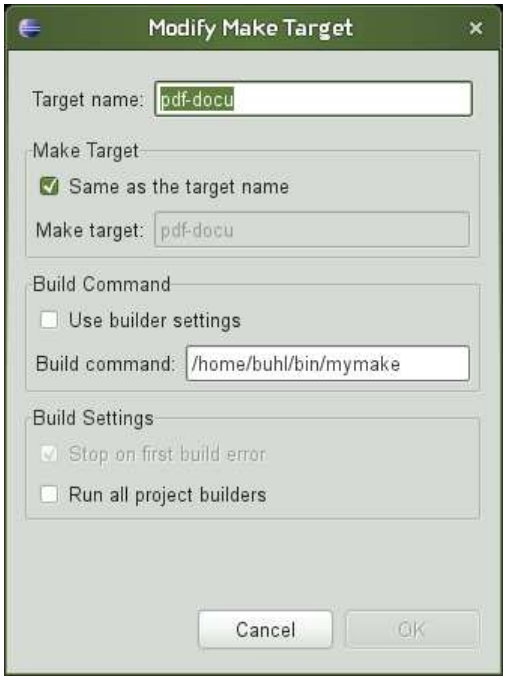
Benutzt **approximatelyEqualTo()**, **ENSURE()** und **result**.

Wird benutzt von **main()**.

Beispieldokumentationen:
http://gcc.gnu.org/onlinedocs/libstdc++/latest-doxygen/modules.html (STL-Docu)
http://www.stack.nl/~dimitri/doxygen/results.html
http://www.stack.nl/~dimitri/doxygen/projects.html

Ein Make-Target zur Erzeugung der pdf-doygen-Dokumentation:
Bei angeklickter Projekt-Quelldatei

```
Project
   Make Target    >
      Create ...
```



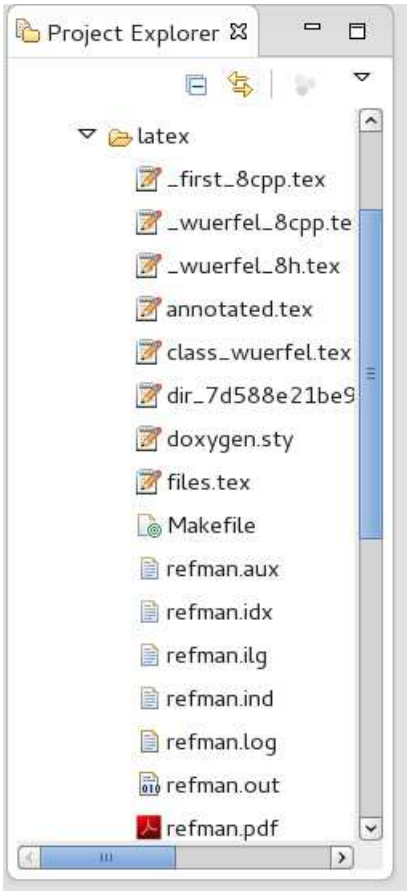
Erzeugung der Hilfsdatei `/home/username/bin/mymake`:

```
> cd $HOME/bin
> emacs mymake
#!/bin/sh
cd ../src/latex
make

>chmod 755 mymake
```

Im Kontext einer Quelldatei kann nun mittels

```
Project
   Make Target    >
      Build ...
         pdf-docu    Build
```

die Datei `refman.pdf` erzeugt



und benutzt werden.

1.17. nana-Installation

(Vergleiche Übungsblatt 8)

Laden von nana durch
http://savannah.gnu.org/projects/nana/
die Dateien `nana-2.5.tar.gz` und `nana-2.5.tar.gz.sig`. Besorgen des öffentlichen gpg-Schlüssels von Phil Maker (über http://savannah.gnu.org/project/memberlist-gpgkeys.php?group=nana oder einen der gpg-Keyserver mittels seahorse, gpg2, gpa, kgpg, gpgv2, ...) und überprüfen der Authentizität der heruntergeladenen Datei:

```
p> gpg2 --search-keys Phil Maker
gpg: suche nach "Phil Maker" auf hkp-Server wwwkeys.eu.pgp.net
(1)     Phil Maker <pjm@gnu.org>
          1024 bit DSA key AD58EA42, erzeugt: 2005-04-13
(2)     Phil Maker <pjm@gnu.org>
          2048 bit RSA key 7D25F017, erzeugt: 1998-11-03
Keys 1-2 of 2 for "Phil Maker".  Eingabe von Nummern, Nächste (N) oder Abbrechen (Q) >
1
gpg: fordere Schlüssel AD58EA42 von hkp-Server wwwkeys.eu.pgp.net an
gpg: Schlüssel AD58EA42: Öffentlicher Schlüssel "Phil Maker <pjm@gnu.org>" importiert
gpg: Anzahl insgesamt bearbeiteter Schlüssel: 1
gpg:                              importiert: 1

> gpg2  nana-2.5.tar.gz.sig
gpg: Unterschrift vom Mi 13 Apr 2005 05:48:25 CEST mittels DSA-Schlüssel ID AD58EA42
gpg: Korrekte Unterschrift von "Phil Maker <pjm@gnu.org>"
gpg: WARNUNG: Dieser Schlüssel trägt keine vertrauenswürdige Signatur!
gpg:          Es gibt keinen Hinweis, daß die Signatur wirklich dem vorgeblichen Besitzer gehört.
Haupt-Fingerabdruck  = 1806 4A1E F48D 8372 3BE8  156E A266 78A3 AD58 EA42
```

Entpacken des Archivs:

```
tar xfz  nana-2.5.tar.gz
cd nana-2.5
```

Führen Sie ein paar wegen inzwischen in der Programmiersprache C durchgeführter Änderungen nötige Modifikationen durch

```
Zeile 87 von src/I.h:
void _I_default_handler(const char *expr, const char *file, int line);

Zeile 48 von src/I.c:
void _I_default_handler(const char *exprn, const char *file, int line) {

statt Zeile 84 von src/nana-config.h.in:
typedef void*(FKTxxy)(unsigned int);
static FKTxxy *_nana_p = malloc; /* this costs us storage space */

Zeil 82 von src/nana-clg.in:
${NANACC-@CC@} $CPPFLAGS $* -L$HOME/lib -lnana -o a.out &&

Zeile 73 von src/nana.in:
@CPP@ -I$HOME/include -D_NANA_FILTER_ $* 2>/dev/null | ${NANAEXECDIR-@libexecdir@}/nanafilter


Zeile 63 in shortform/nana-sfdir.in:
    ${NANABIN-@bindir@}/nana-sfg $f >$TARGET/$f

neue Zeile 58 in shortform/nana-sfdir.in einfügen:
```

```
          -name \*.cpp -o \

Zeile 33 von src/nana_error.c:
#include <stdlib.h>

Zeile 36 von src/nanafilter.c:
#include <stdlib.h>

Zeile 31 von src/I.c:
#include <stdlib.h>
```

und installieren von `nana` in Ihrem Home-Verzeichnis:

```
nana-2.5> ./configure --prefix=~
creating cache ./config.cache
checking host system type... i686-pc-linux-gnu
...
nana-2.5> make
Making all in src
make[1]: Entering directory ‘/home/User/Desktop/nana-2.5/src’
gcc -DPACKAGE=\"nana\" -DVERSION=\"2.5\" -DHAVE_VSPRINTF=1 -DHAVE_VSNPRINTF=1 -DHAVE_GETTIMEOFDAY=1  -I. -I. -g -I. \
-I/home/User/include  -g -I. -I/home/User/includude -c I.c
...
nana-2.5> make install
Making install in src
make[1]: Entering directory ‘/home/User/Desktop/nana-2.5/src’
make[2]: Entering directory ‘/home/User/Desktop/nana-2.5/src’
/bin/sh ../mkinstalldirs ~/lib
...
```

(Lesen Sie bei Bedarf die Datei `INSTALL` beziehungsweise `doc/nana.ps`)
Ändern Sie Ihr Linux-Environment (Datei ∼/.bashrc) durch Hinzufügen von:

```
export NANAPKGDIR=$HOME/share/nana
# export NANARUN_GDB_OPTIONS=
export NANABIN=~/bin
export NANACC=gcc

export CPPFLAGS="-g -I. -I$HOME/include"
export CFLAGS="-g -I. -I$HOME/include"
export LDFLAGS="-L $HOME/lib"
export LDLIBS="-lnana"
```

Veränderte Verzeichnisse Ihres Accounts:

```
~/bin
~/include
~/lib
~/share/nana
```

1.18. Vertragsverletzungen zur Laufzeit

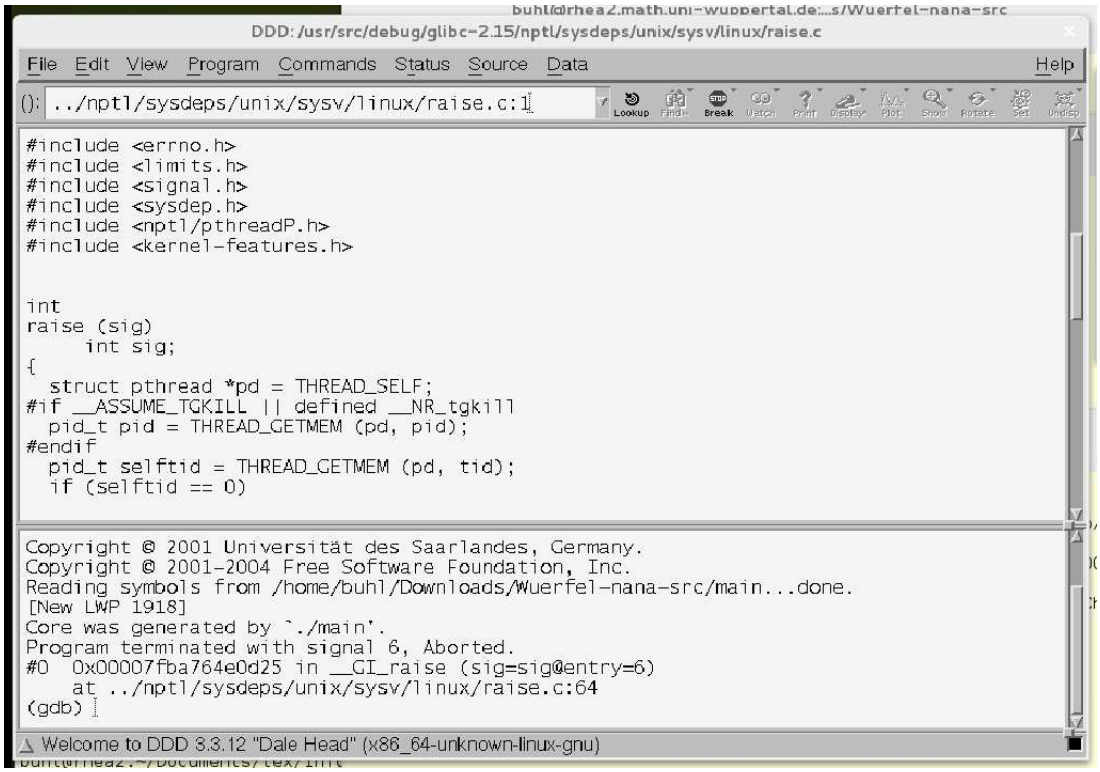
... bei Applikationsstart von der Kommandozeile:

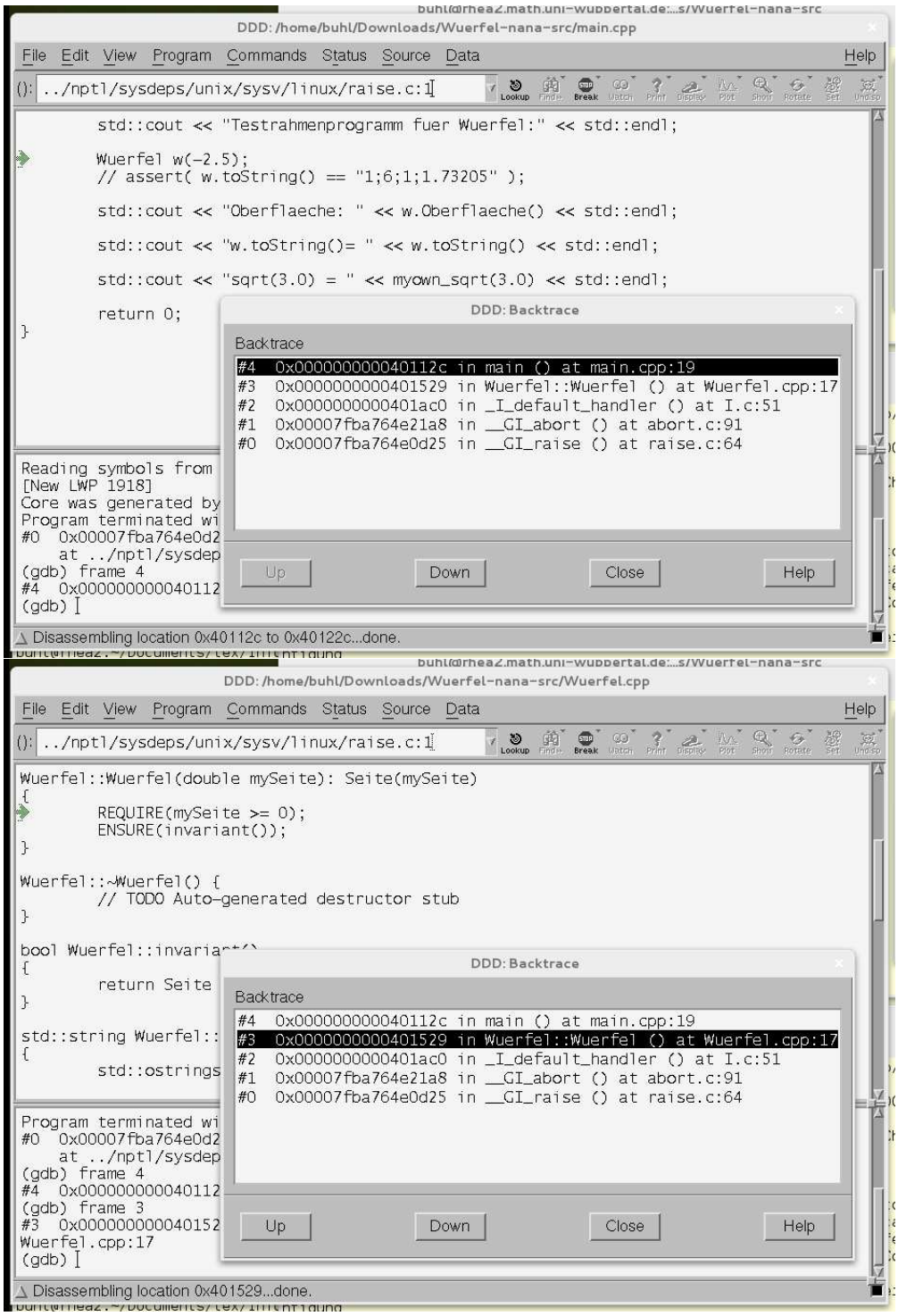
```
> ./main
Testrahmenprogramm fuer Wuerfel:
Wuerfel.cpp:17: I(mySeite >= 0) failed; dumping core
Abgebrochen (Speicherabzug geschrieben)

> ls -al core
-rw------- 1 buhl users 409600 16. Jan 11:47 core

> cat Wuerfel.cpp
...
Wuerfel::Wuerfel(double mySeite): Seite(mySeite)
{
        REQUIRE(mySeite >= 0);
        ENSURE(invariant());
}
...

> cat main.cpp
...
int main(int argc, char* argv[]){
        std::cout << "Testrahmenprogramm fuer Wuerfel:" << std::endl;

        Wuerfel w(-2.5);
```

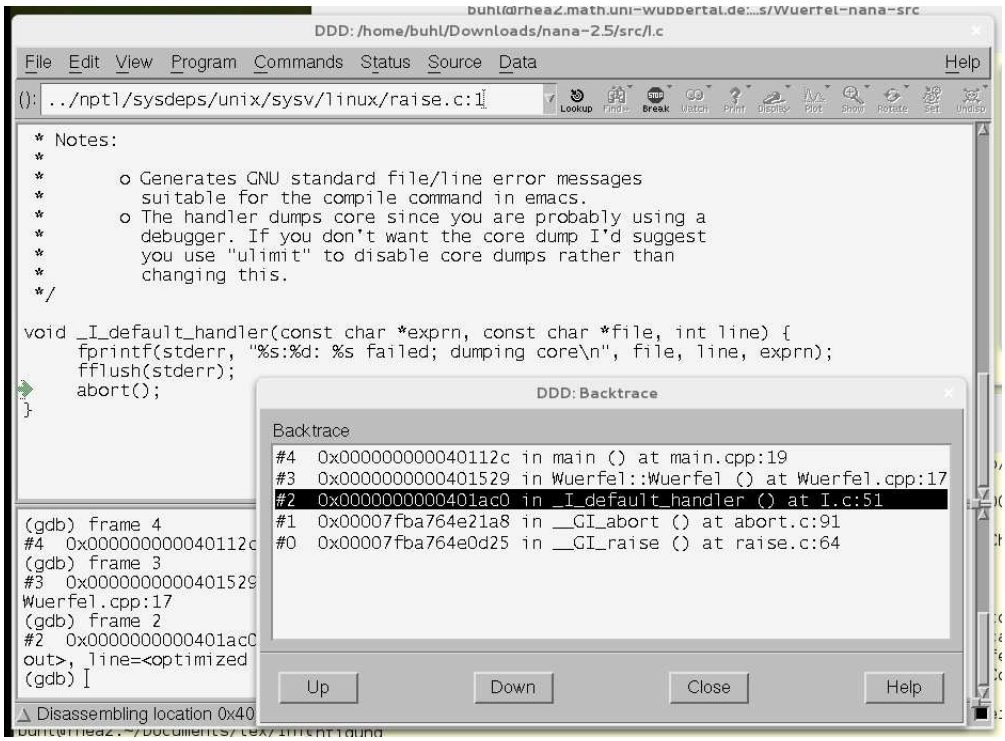
Bemerkung: Es kann notwendig sein, in die Userkonfiguration `$HOME/.bashrc` des Programmentwicklers die Zeile
`ulimit -S -c unlimited`
aufzunehmen (vergleiche generate a core dump in linux).

Analyse des Hauptspeicherauszuges (core-Files) mit `ddd`:

```
> ddd main core
```



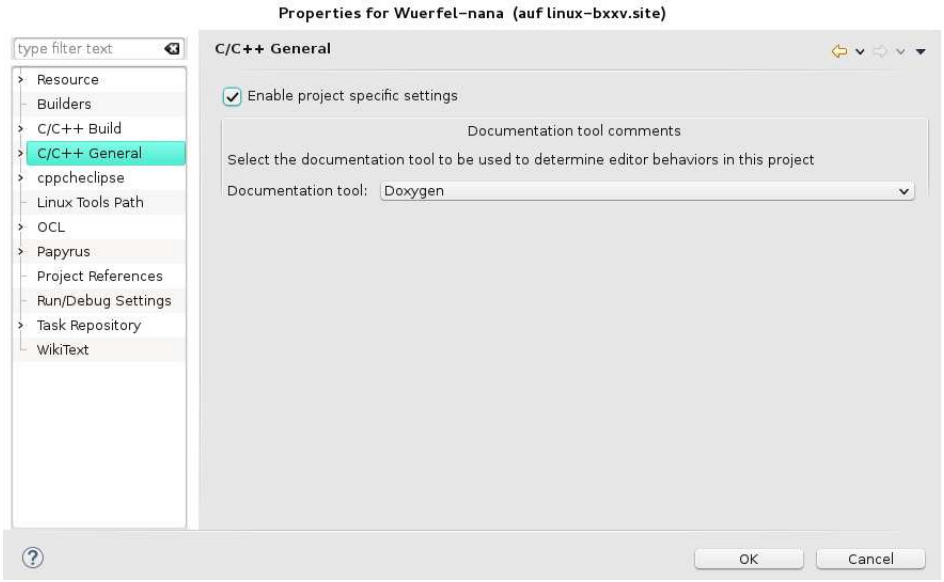

DDD: /home/buhl/Downloads/Wuerfel-nana-src/main.cpp
File Edit View Program Commands Status Source Data Help
../nptl/sysdeps/unix/sysv/linux/raise.c:1
std::cout << "Testrahmenprogramm fuer Wuerfel:" << std::endl;
Wuerfel w(-2.5);
// assert(w.toString() == "1;6;1;1.73205");
std::cout << "Oberflaeche: " << w.Oberflaeche() << std::endl;
std::cout << "w.toString()= " << w.toString() << std::endl;
std::cout << "sqrt(3.0) = " << myown_sqrt(3.0) << std::endl;
return 0;
}
DDD: Backtrace
Backtrace
#4 0x000000000040112c in main () at main.cpp:19
#3 0x0000000000401529 in Wuerfel::Wuerfel () at Wuerfel.cpp:17
#2 0x0000000000401ac0 in _I_default_handler () at I.c:51
#1 0x00007fba764e21a8 in __GI_abort () at abort.c:91
#0 0x00007fba764e0d25 in __GI_raise () at raise.c:64
Up
Down
Close
Help
Reading symbols from
[New LWP 1918]
Core was generated by
Program terminated wi
#0 0x00007fba764e0d2
at ../nptl/sysdep
(gdb) frame 4
#4 0x000000000040112
(gdb)
Disassembling location 0x40112c to 0x40122c...done.
DDD: /home/buhl/Downloads/Wuerfel-nana-src/Wuerfel.cpp
File Edit View Program Commands Status Source Data Help
../nptl/sysdeps/unix/sysv/linux/raise.c:1
Wuerfel::Wuerfel(double mySeite): Seite(mySeite)
{
REQUIRE(mySeite >= 0);
ENSURE(invariant());
}
Wuerfel::~Wuerfel() {
// TODO Auto-generated destructor stub
}
bool Wuerfel::invariant()
{
return Seite
}
std::string Wuerfel::
{
std::ostrings
DDD: Backtrace
Backtrace
#4 0x000000000040112c in main () at main.cpp:19
#3 0x0000000000401529 in Wuerfel::Wuerfel () at Wuerfel.cpp:17
#2 0x0000000000401ac0 in _I_default_handler () at I.c:51
#1 0x00007fba764e21a8 in __GI_abort () at abort.c:91
#0 0x00007fba764e0d25 in __GI_raise () at raise.c:64
Up
Down
Close
Help
Program terminated wi
#0 0x00007fba764e0d2
at ../nptl/sysdep
(gdb) frame 4
#4 0x000000000040112
(gdb) frame 3
#3 0x000000000040152
Wuerfel.cpp:17
(gdb)
Disassembling location 0x401529...done.


DDD: /home/buhl/Downloads/nana-2.5/src/I.c
File Edit View Program Commands Status Source Data Help
../nptl/sysdeps/unix/sysv/linux/raise.c:1
* Notes:
* o Generates GNU standard file/line error messages suitable for the compile command in emacs.
* o The handler dumps core since you are probably using a debugger. If you don't want the core dump I'd suggest you use "ulimit" to disable core dumps rather than changing this.
void _I_default_handler(const char *exprn, const char *file, int line) {
fprintf(stderr, "%s:%d: %s failed; dumping core\n", file, line, exprn);
fflush(stderr);
abort();
}
DDD: Backtrace
Backtrace
#4 0x000000000040112c in main () at main.cpp:19
#3 0x0000000000401529 in Wuerfel::Wuerfel () at Wuerfel.cpp:17
#2 0x0000000000401ac0 in _I_default_handler () at I.c:51
#1 0x00007fba764e21a8 in __GI_abort () at abort.c:91
#0 0x00007fba764e0d25 in __GI_raise () at raise.c:64
(gdb) frame 4
(gdb) frame 3
(gdb)
Up
Down
Close
Help
Disassembling location 0x40

1.19. C++-nana-Contracts in Eclipse

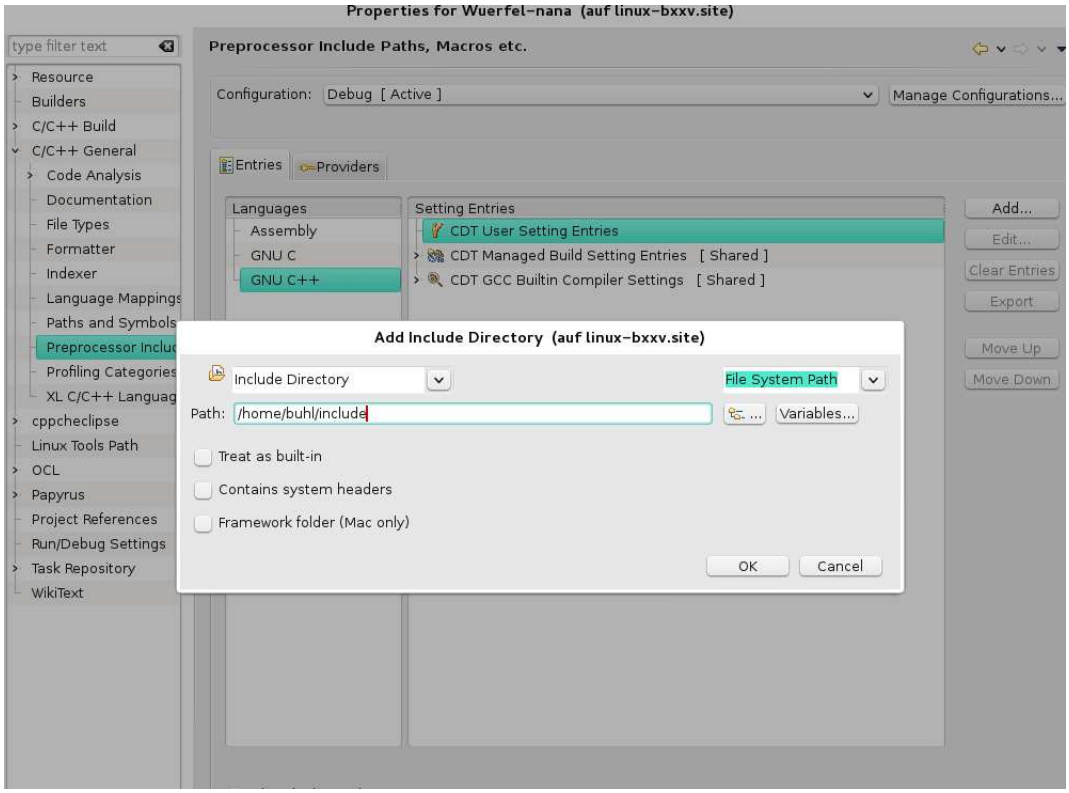
nana
savannah

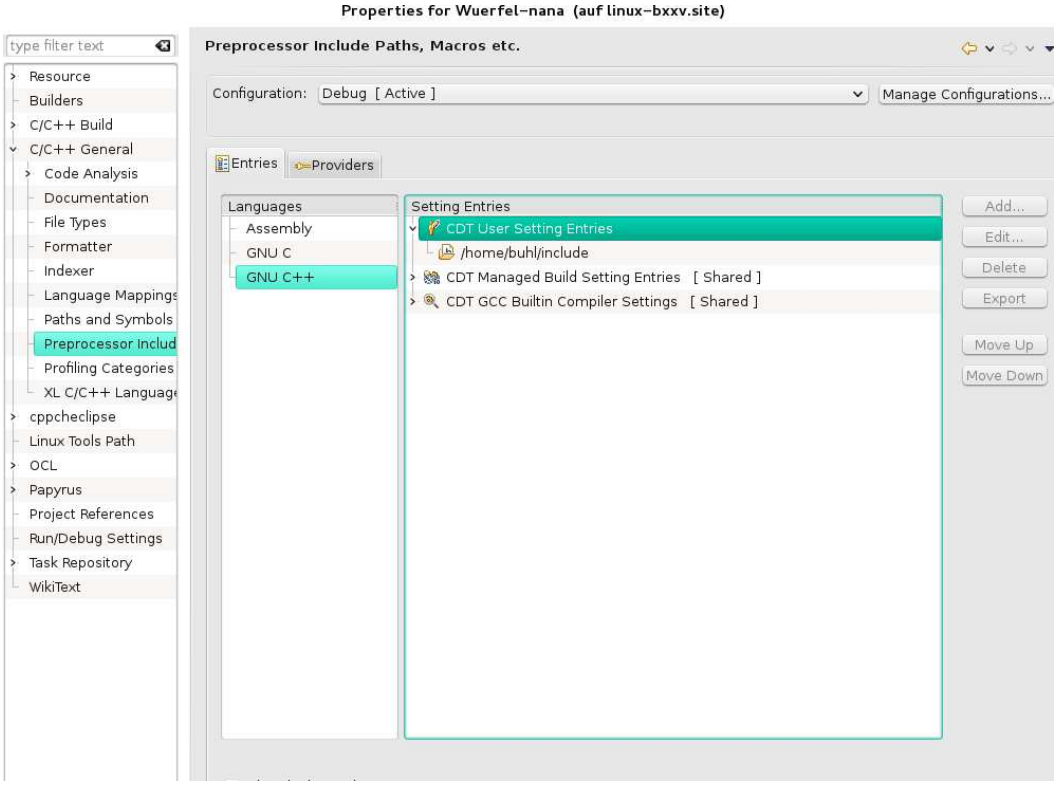
(Alternative nur projektweite Konfiguration des Eclipse-Editors für Doxygen-Spezialkommentare:



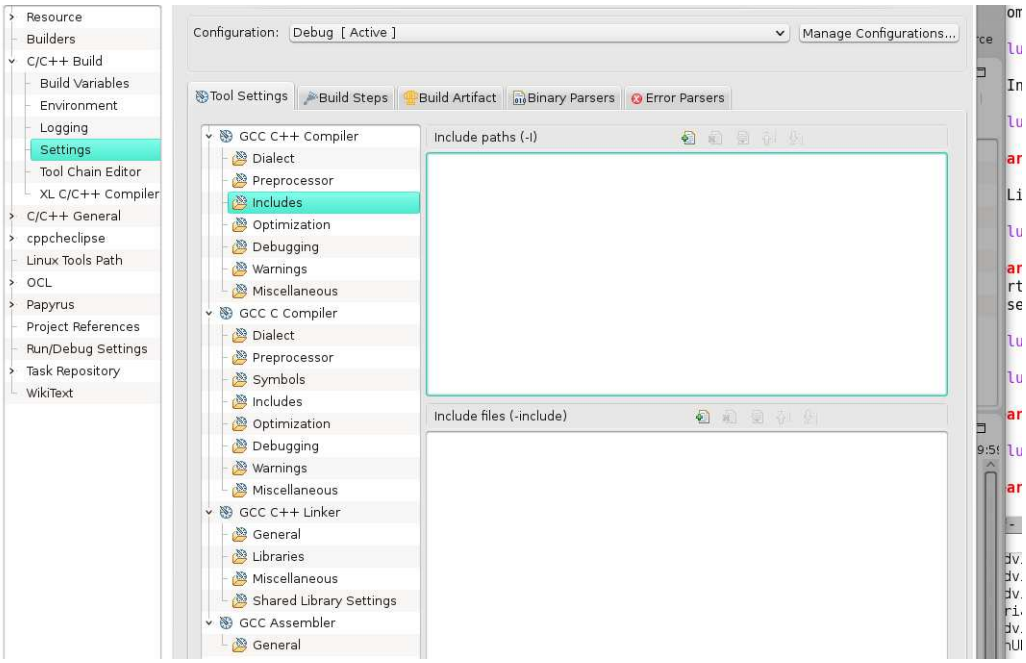
)

Konfiguration von `eclipse` zur `nana`-Nutzung:
a) Include-Pfad der nana-Makros für den Eclipse-Editor:

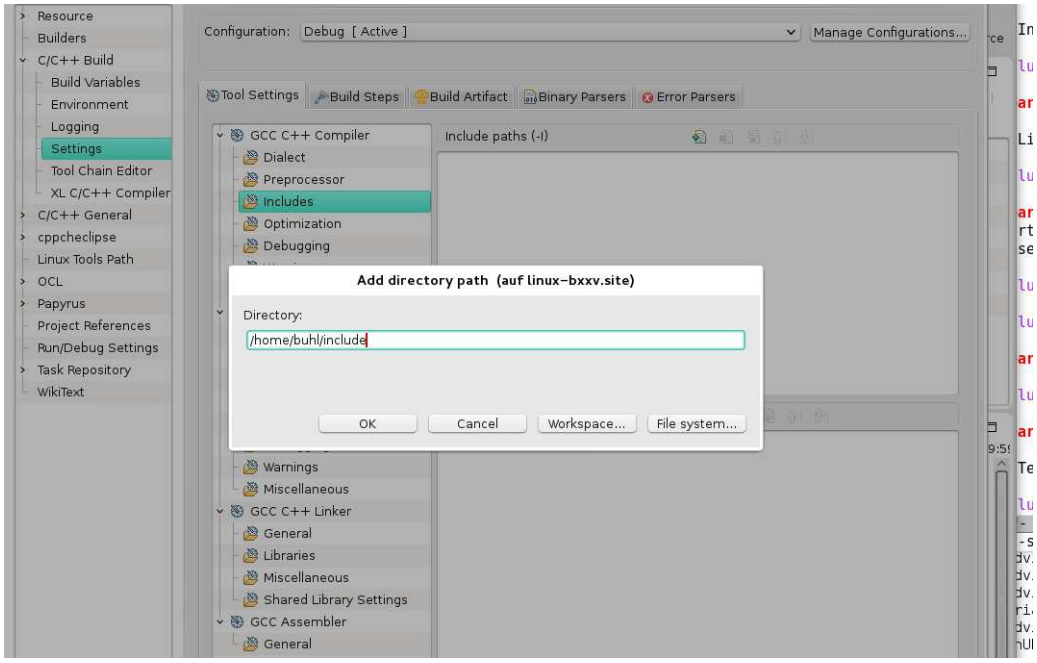




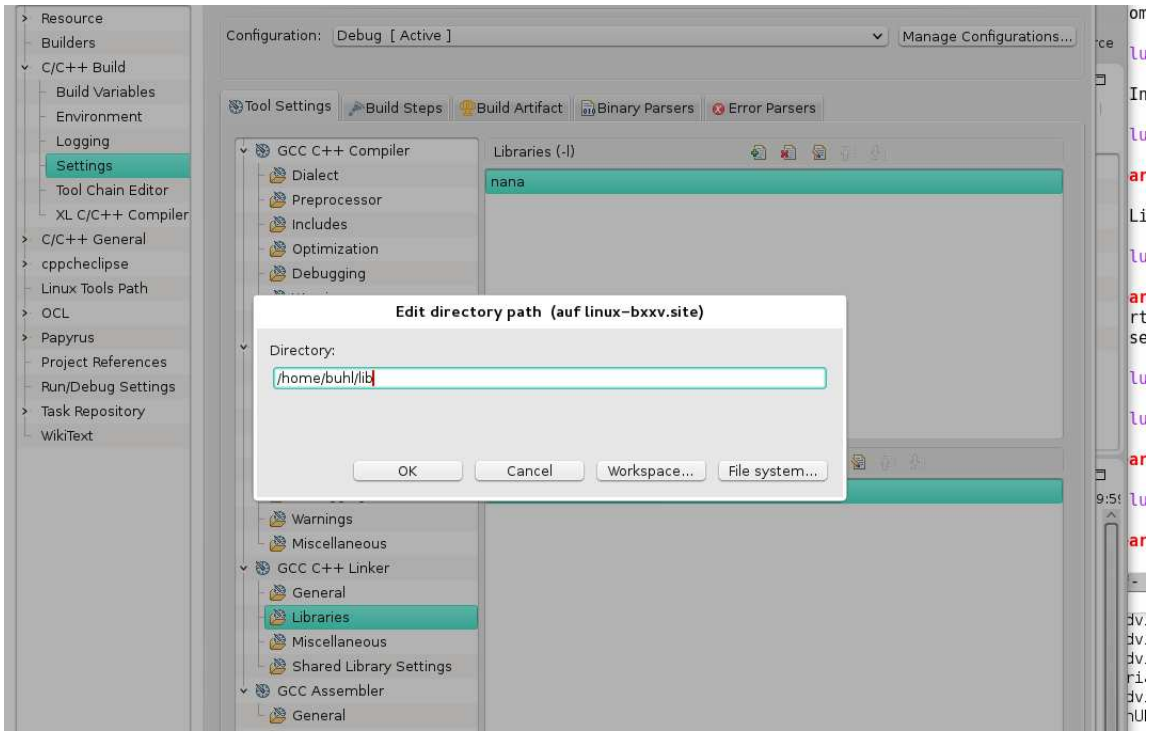
b) Compiler- und Linker-Settings:



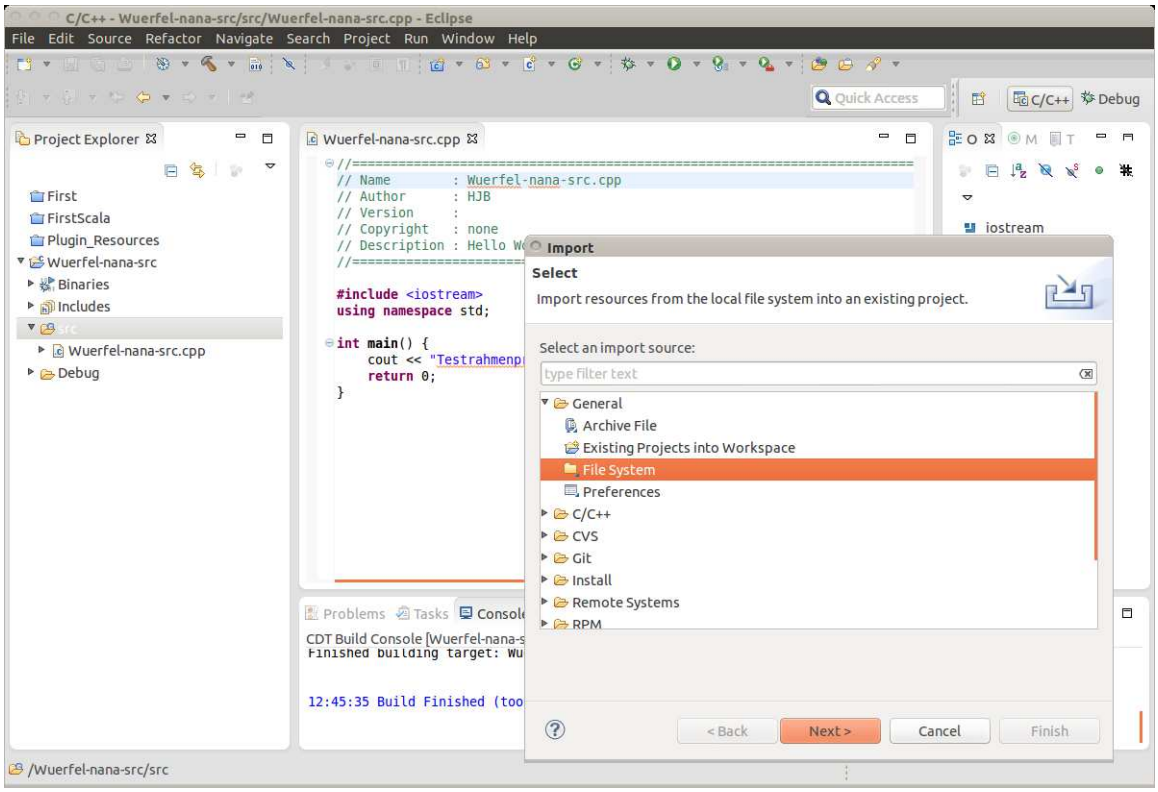
b1) Include-Path -I:

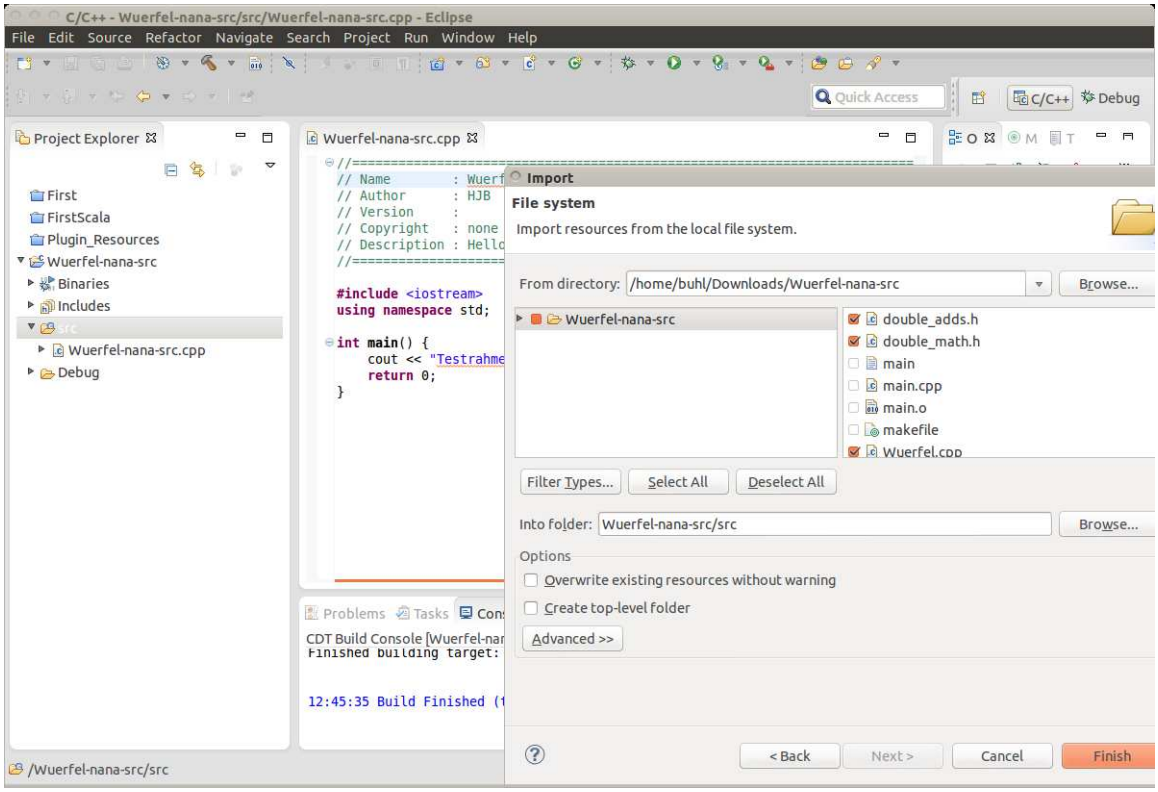


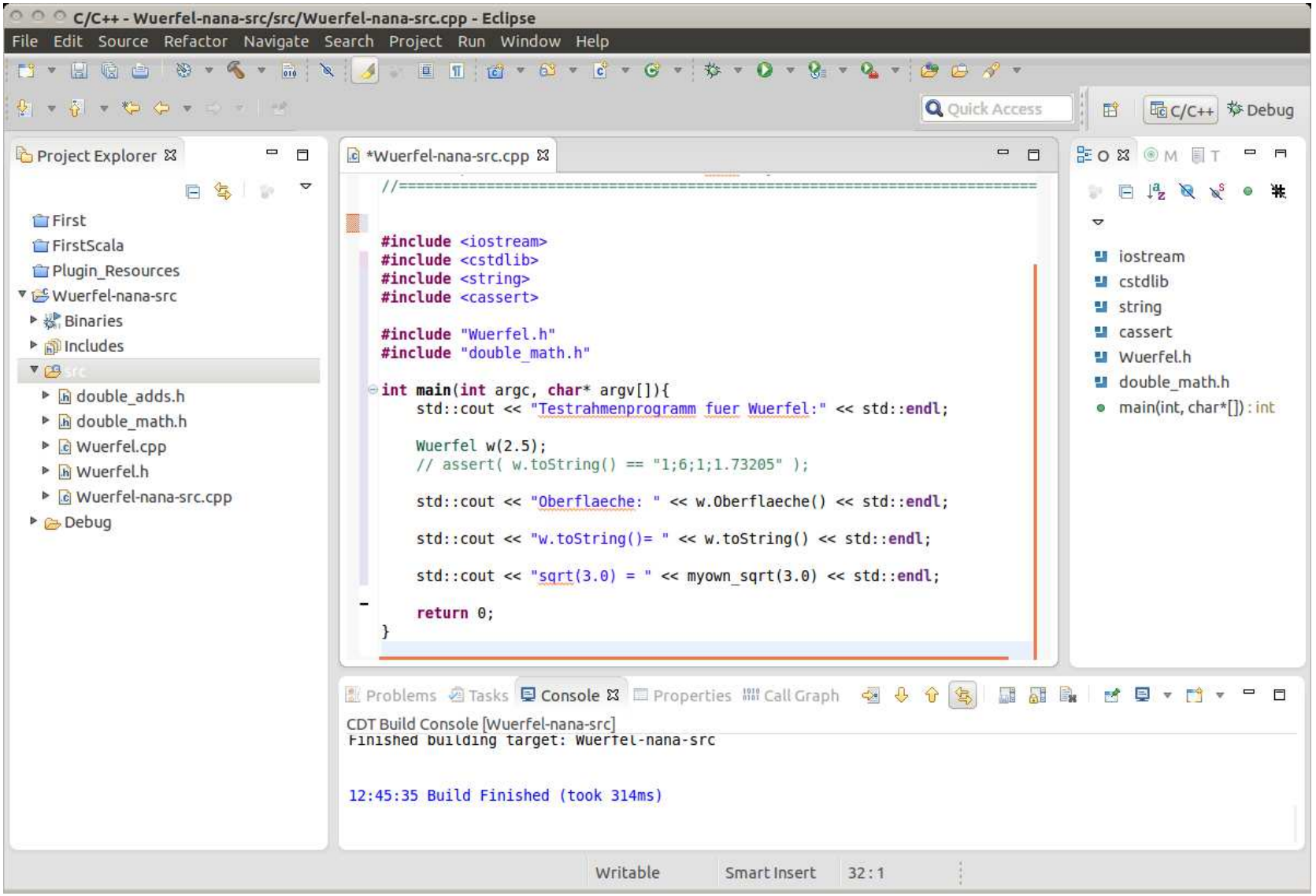
b2) Library-Pfad und -Name:



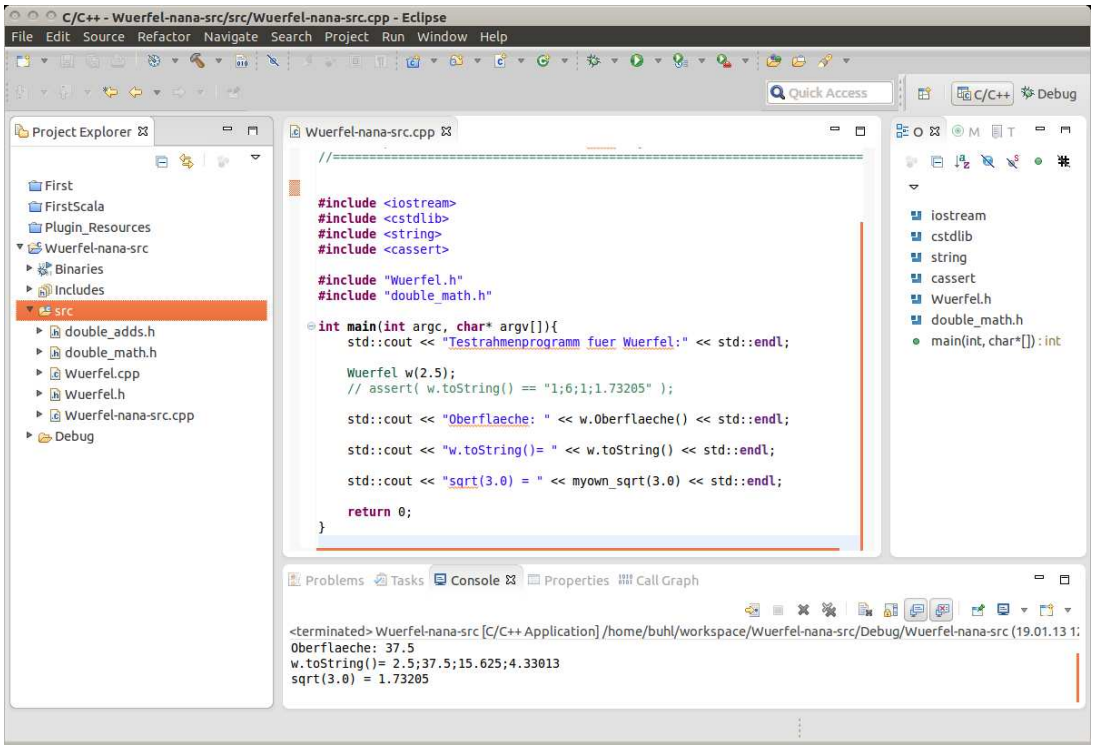
Import der externen Testklasse `Wuerfel` (Übungsblatt 8, Aufgabe 3) in ein Eclipse-nana-Projekt:



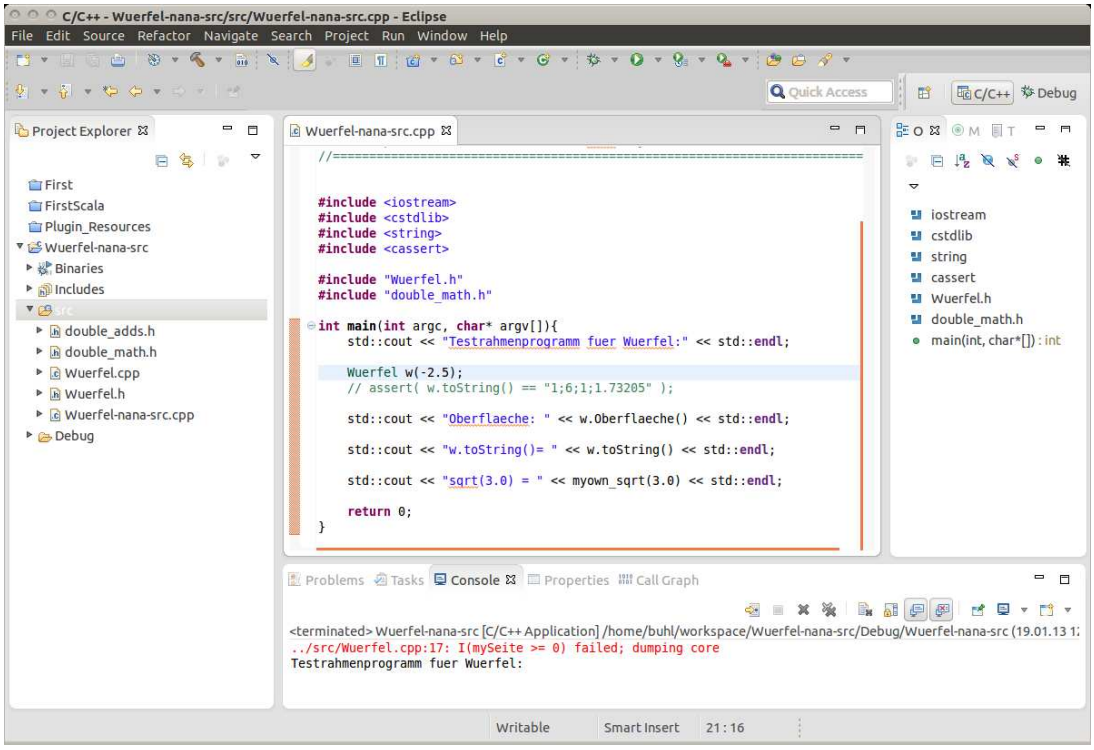



C/C++ - Wuerfel-nana-src/src/Wuerfel-nana-src.cpp - Eclipse
File Edit Source Refactor Navigate Search Project Run Window Help
Quick Access
C/C++
Debug
Project Explorer
First
FirstScala
Plugin_Resources
Wuerfel-nana-src
Binaries
Includes
src
double_adds.h
double_math.h
Wuerfel.cpp
Wuerfel.h
Wuerfel-nana-src.cpp
Debug
*Wuerfel-nana-src.cpp
//=====
#include <iostream>
#include <cstdlib>
#include <string>
#include <cassert>
#include "Wuerfel.h"
#include "double_math.h"
int main(int argc, char* argv[]){
std::cout << "Testrahmenprogramm fuer Wuerfel:" << std::endl;
Wuerfel w(2.5);
// assert(w.toString() == "1;6;1;1.73205");
std::cout << "Oberflaeche: " << w.Oberflaeche() << std::endl;
std::cout << "w.toString()= " << w.toString() << std::endl;
std::cout << "sqrt(3.0) = " << myown_sqrt(3.0) << std::endl;
return 0;
}
iostream
cstdlib
string
cassert
Wuerfel.h
double_math.h
main(int, char*[]) : int
Problems Tasks Console Properties Call Graph
CDT Build Console [Wuerfel-nana-src]
Finished building target: Wuerfel-nana-src
12:45:35 Build Finished (took 314ms)
Writable
Smart Insert
32 : 1

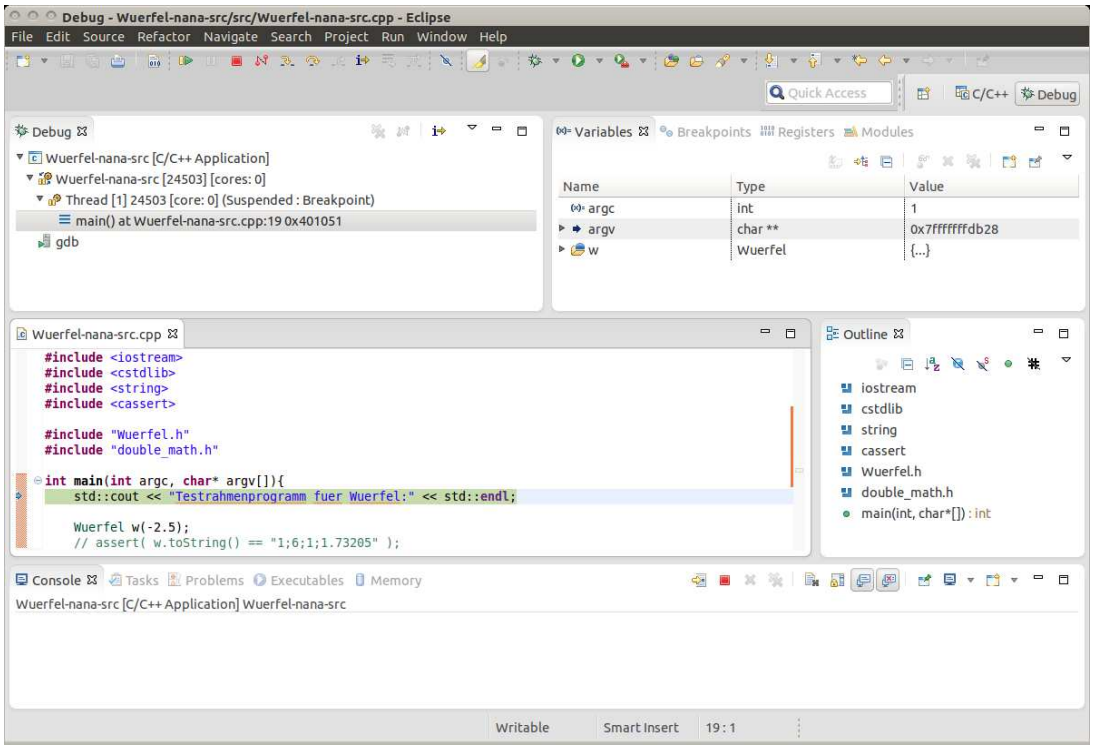
... Testlauf:



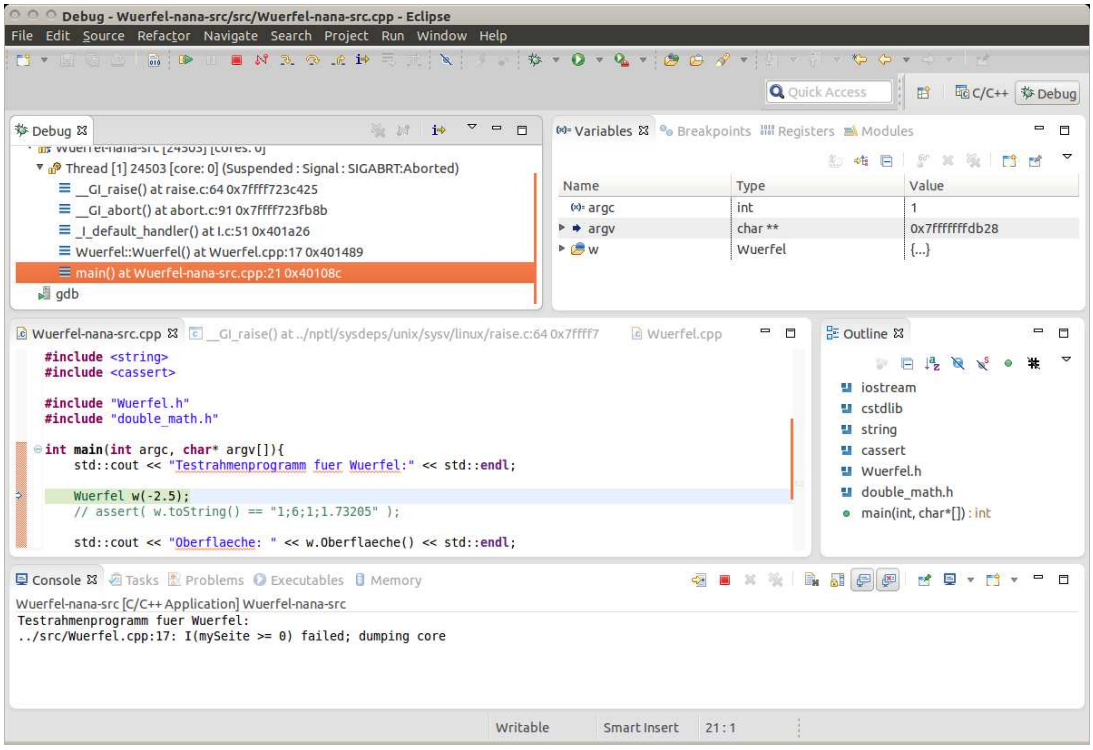
... und erste (provozierte) Vertragsverletzungen: Vorbedingung nicht erfüllt



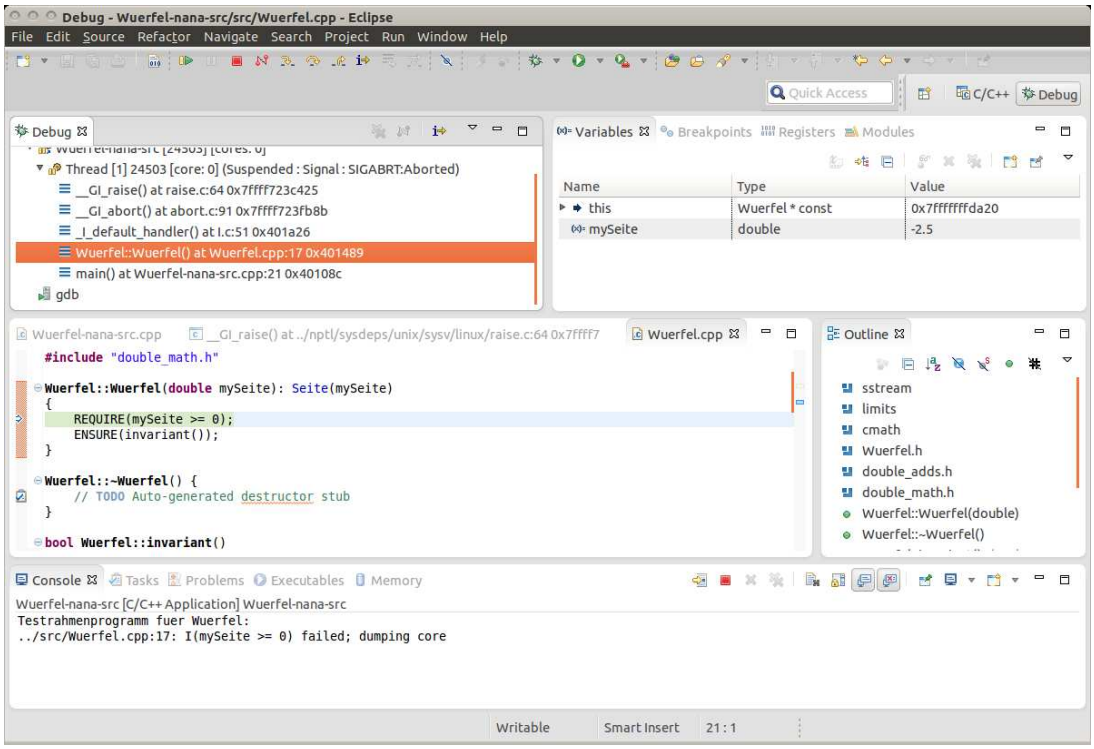
... Debug-Lauf: Start mit Breakpoint in erster Zeile des Testrahmenprogramms

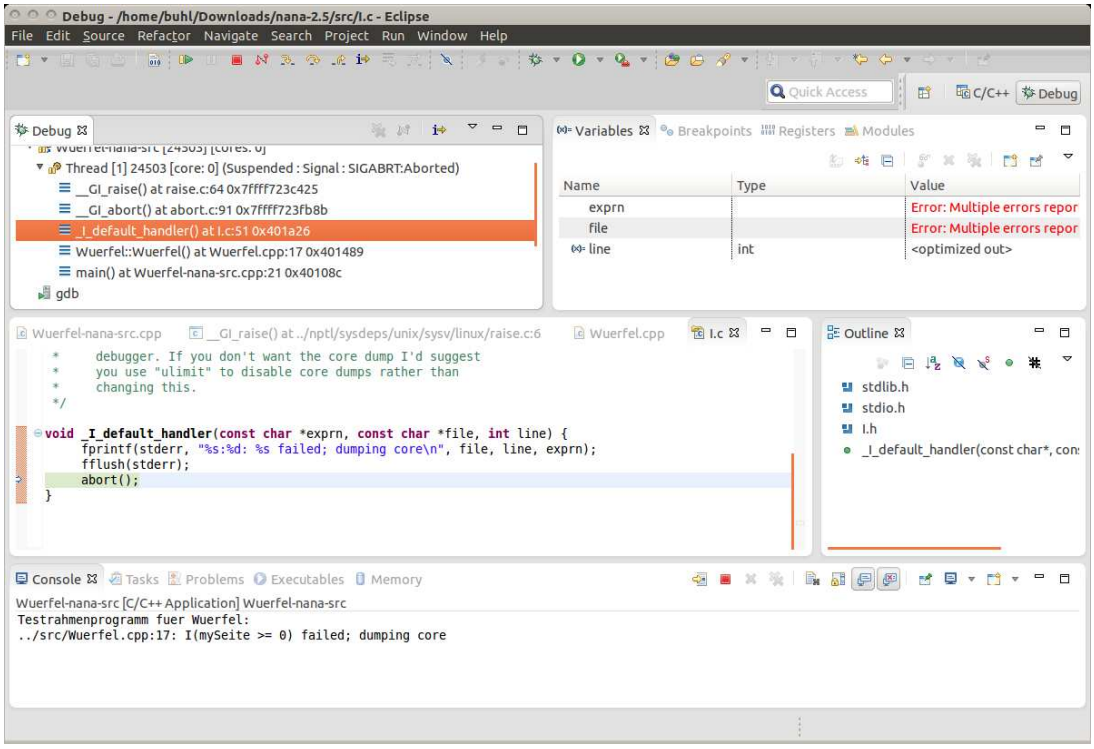


... Programmabbruch nach erster Vertragsverletzung (Vorbedingung nicht erfüllt)



... Analyse der Abbruchstelle (Stacktrace mit Betrachtung der Variableninhalte zum Abbruchzeitpunkt)





step over(F6), step into(F5), Step Return(F7), ...

1.20. Nachbedingungen mit Gleitkommawerten: absolute oder relative Abweichung

1.20.1. Klasse Wuerfel

```
/*
 * Wuerfel.h
 *
 *  Created on: 22.04.2009
 *      Author: buhl
 */
#ifndef WUERFEL_H_
#define WUERFEL_H_
#define EIFFEL_DOEND
#ifndef EIFFEL_CHECK
#define EIFFEL_CHECK  CHECK_ALL
//                                          Makros CHECK() und folgende
//                     CHECK_LOOP           Makros INVARIANT() und folgende
//                      CHECK_INVARIANT     Methode invariant() und folgende
//                       CHECK_ENSURE       Nachbedingungen und folgende
//                        CHECK_REQUIRE     Vorgedingungen
//                         CHECK_NO
#endif
#include <eiffel.h>
#include <nana.h>
#include <string>
class Wuerfel{
public:
        Wuerfel(double mySeite = 1.0);
        virtual ~Wuerfel();
        virtual bool invariant();

        std::string  toString();

        double Oberflaeche();

        double Volumen();

        double Raumdiagonale();
protected:
        double Seite;
};
#endif /* WUERFEL_H_ */
```

1.20.2. Contract der Klasse Wuerfel

```
/*
 * Wuerfel.cpp
 *
 *  Created on: 22.04.2009
 *      Author: buhl
 */
#include <sstream>
#include <limits>
#include <cmath>
#include "Wuerfel.h"
#include "double_adds.h"
#include "double_math.h"

Wuerfel::Wuerfel(double mySeite): Seite{mySeite}
{
        REQUIRE(mySeite >= 0);
        ENSURE(invariant());
}

Wuerfel::~Wuerfel() {
        // TODO Auto-generated destructor stub
}

bool Wuerfel::invariant()
{
        return Seite >= 0.0;
}

std::string Wuerfel::toString()
{
        std::ostringstream help{};
        help << Seite << ";" << Oberflaeche() << ";" << Volumen() << ";"
             << Raumdiagonale();
        return help.str();
}
double Wuerfel::Oberflaeche()
DO
        double result {6.0 * pow(Seite, 2)};
        ENSURE(result == 6.0 * Seite * Seite);
        ENSURE(invariant());
        return result;
}

double Wuerfel::Volumen()
DO
        double result = pow(Seite,3);
        ENSURE(withinEpsilonOf(result, Seite*Seite*Seite, 1.0E-6));
        ENSURE(invariant());
        return result;
}

double Wuerfel::Raumdiagonale()
DO
        double result {Seite * sqrt(3.0)};
        ENSURE(approximatelyEqualTo(result, Seite * myown_sqrt(3.0), 1.0));
        ENSURE(invariant());
        return(result);
}
```

Naiver Wertevergleich, absolute Abweichung und relative Abweichung:
Diskutieren Sie den sinnvollen Einsatz!

http://msdn.microsoft.com/en-us/library/6x7575x3(VS.80).aspx
http://www.roguewave.com/portals/0/products/legacy-hpp/docs/stdref/numeric-limits.html
What Every Computer Scientist Should Know About Floating
http://www.cplusplus.com/reference/clibrary/cfloat/
http://realtimecollisiondetection.net/blog/?p=89

1.20.3. double_adds.h

```
/*
 * double_adds.h
 *
 *  Created on: 13.06.2009
 *      Author: buhl
 */

#ifndef DOUBLE_ADDS_H_
#define DOUBLE_ADDS_H_

#define EIFFEL_DOEND
#ifndef EIFFEL_CHECK
#define EIFFEL_CHECK  CHECK_ALL
//                                          Makros CHECK() und folgende
//                    CHECK_LOOP            Makros INVARIANT() und folgende
//                     CHECK_INVARIANT      Methode invariant() und folgende
//                      CHECK_ENSURE        Nachbedingungen und folgende
//                       CHECK_REQUIRE      Vorgedingungen
//                        CHECK_NO
#endif
#include <eiffel.h>
#include <nana.h>

#include <limits>
#include <cmath>
#include <algorithm>

[[maybe_unused]]static bool withinEpsilonOf(double left, double right, double delta)
{
        return fabs(left - right) <= delta;
}

static bool approximatelyEqualTo(double left, double right, double factor)
{
        return fabs(left - right) <=  std::numeric_limits<double>::epsilon( ) * factor *
                                            std::max(fabs(left), fabs(right));
}

#endif /* DOUBLE_ADDS_H_ */
```

1.20.4. double_math.h

Alternativ-Implementierungen für Nachbedingungen:

```
/*
 * double_math.h
 *
 *  Created on: 13.06.2009
 *      Author: buhl
 */

#ifndef DOUBLE_MATH_H_
#define DOUBLE_MATH_H_

#define EIFFEL_DOEND
#ifndef EIFFEL_CHECK
#define EIFFEL_CHECK  CHECK_ALL
//                                          Makros CHECK() und folgende
//                    CHECK_LOOP            Makros INVARIANT() und folgende
//                     CHECK_INVARIANT      Methode invariant() und folgende
//                      CHECK_ENSURE        Nachbedingungen und folgende
//                       CHECK_REQUIRE      Vorgedingungen
//                        CHECK_NO
#endif
#include <eiffel.h>
#include <nana.h>

#include "double_adds.h"

#include <limits>
#include <cmath>
#include <algorithm>

static double myown_sqrt(double x)
{
        double xold{}, xi{}, result{};
        REQUIRE(x >= 0.0);
        if (x == 0.0) {
           result = 0.0;
        } else {
                xi = x / 2.0;
                do{
                        xold = xi;
                        xi = 0.5 * (xi + x/xi);
                } while (xi != xold);
                result = xi;
        };
        ENSURE(approximatelyEqualTo(result*result, x, 1.0));
        return result;
}

#endif /* DOUBLE_MATH_H_ */
```

1.21. Vererbung und Codeverträge

Es gelten folgende Regeln bei der Vererbung (von is-a-Methoden):

a) Vorbedingungen können in einer Kindklasse abgeschwächt werden.

b) Nachbedingungen in einer Kindklasse müssen stärker (oder gleich) sein als diejenigen der Elterklasse.

c) Invarianten in der Kindklasse müssen ebenfalls stärker (oder gleich) als in der Elterklasse sein.

Dann ist ein echtes *Subcontracting* realisiert.

Bemerkung: Es reicht die Kindnachbedingung im Falle des Eintreffens der Eltervorbedingung stärker als die Elternachbedingung zu realisieren. Im Falle „Kindvorbedingung **and not** Eltervorbedingung“ darf die Kindnachbedingung frei gewählt werden.

Das ist unbedingt zu beachten, will man in Nachkommen eine benutzerfreundlichere Methodenvariante mit allgemeineren Vorbedingungen realisieren, z. B.:

```
class name_list{
...
public:

  /////////// basic queries:

  unsigned int get_count() const;    // number of items in stack
  bool has(const string& a_name) const;
...
/////////// (pure) modificators:

  virtual void put(const string& a_name); // Push a_name into list
}

void name_list::put(const string& a_name)     // Push a_name into list
{
   REQUIRE(invariant());
   REQUIRE(/* name not in list */     !has(a_name));
   ID(unsigned int count_old = get_count());
...
   ENSURE(has(a_name));
   ENSURE(get_count() == count_old + 1);
   ENSURE(invariant());
}
...
```

```
...
//////////////// child class relaxed_name_list ///////////
////////////////   (more user friendly)   ////////////////

class relaxed_name_list : public name_list{
    //////// (pure) modificators: (redefined)

    virtual void put(const string& a_name);   // Push a_name into list
...
}
void relaxed_name_list::put(const string& a_name)     // Push a_name into list
{
   REQUIRE(invariant());
   REQUIRE(/* nothing */  true);        // usable without conditions
   ID(unsigned int count_old = get_count());
...
   ENSURE(has(a_name));
   ENSURE(get_count() == count_old + 1);  // falls die VB des Vaters gilt
   ENSURE(get_count() == count_old);      // sonst
   ENSURE(invariant());
}
```

Wie kann die fallweise-Definition der Nachbedingung der benutzerfreundlichen `put()`-Version realisiert werden?

```
   ID(bool not_in_list = !has(a_name));
 ...
   ENSURE((!not_in_list) || (get_count() == count_old + 1));  // &&
   ENSURE(   not_in_list  || (get_count() == count_old));
```

Lesen sollte man

```
(!not_in_list) || (get_count() == count_old + 1)
```

wie

```
(not_in_list) implies (get_count() == count_old + 1)
```

Mit Hilfe der Hilfsfunktion

```
template <class T>
set<T> operator+(const set<T>& s, const T& e){
    set<T> result(s);
    result.insert(e);
    return result;
}
```

(Mengenvereinigung mit einem Element) kann schließlich die Nachbedingung „alle anderen Elemente der Liste bleiben unverändert in ihr enthalten“ (keine Verschlimmbesserung) folgendermaßen realisiert werden:

```
   ID(set<string> contents_old(begin(),end()));
   ...
   ID(set<string> contents(begin(),end()));
   ENSURE(   not_in_list  || (contents == contents_old));
   ENSURE((!not_in_list) || (contents == contents_old + a_name));
```

Subcontracting in nana:

```
class name_list{
...
public:

  /////////// basic queries:

  unsigned int get_count() const;   // number of items in stack

  bool has(const string& a_name) const;
...
/////////// (pure) modificators:

  virtual void put(const string& a_name); // Push a_name into list
}

void name_list::put(const string& a_name)    // Push a_name into list
DO
   REQUIRE(/* name not in list */    !has(a_name));
   ID(set<string> contents_old(begin(),end()));
   ID(int count_old = get_count());
   ID(bool not_in_list = !has(a_name));
...
   ENSURE(has(a_name));
   ENSURE( (!not_in_list) || (get_count() == count_old + 1));
   ID(set<string> contents(begin(),end()));
   ENSURE( (!not_in_list) || (contents == contents_old + a_name));
END
...
///////////////// child class relaxed_name_list ///////////
////////////////   (more user friendly)   ////////////////

class relaxed_name_list : public name_list{
    ///////// (pure) modificators: (redefined)

    virtual void put(const string& a_name);   // Push a_name into list
...
}
void relaxed_name_list::put(const string& a_name)    // Push a_name into list
DO
   REQUIRE(/* nothing */  true);       // usable without conditions
   ID(set<string> contents_old(begin(),end()));
   ID(int count_old = get_count());
   ID(bool not_in_list = !has(a_name));
...
   ENSURE(has(a_name));
   ENSURE((!not_in_list) || (get_count() == count_old + 1));  // &&
   ENSURE(  not_in_list  || (get_count() == count_old));
   ID(set<string> contents(begin(),end()));
   ENSURE(  not_in_list  || (contents == contents_old));
   ENSURE((!not_in_list) || (contents == contents_old + a_name));
END
```

Forschungsministerium fördert Standard für IT-Sicherheit

Trotz des flächendeckenden Einsatzes von Computersystemen in sicherheitsrelevanten Bereichen fehlt bislang eine standardisierte Methode, die das fehlerfreie Funktionieren solcher Systeme garantiert. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) will nun Arbeiten fördern, bei denen mit Methoden der Verifikation der so genannte geschlossene integrierte Korrektheitsbeweis erbracht werden kann. Damit sollen sich Fehler bereits im Entwurf von autonomen oder integrierten Computersystemen erkennen und korrigieren lassen – eine sorgfältige Spezifikation vorausgesetzt. Alle möglichen Fehlersituationen könnten aber nur dann abgefangen werden, wenn bereits in der Planung die entsprechenden Einsatzszenarien definiert wurden, betonte Projektleiter Prof. Dr. Wolfgang Paul gegenüber heise Security.

Für die erste zweijährige Forschungsphase werde das BMBF 7,2 Millionen Euro zur Verfügung stellen, teilte das Ministerium am heutigen Mittwoch in Berlin mit. An dem Projekt beteiligen sich neben der Universität Saarland unter anderen auch die TUs Darmstadt, Karlsruhe, München sowie Infineon, T-Systems und BMW.

Die Entwicklung eines integrierten Korrektheitsbeweises gilt zurzeit als eine der größten Herausforderungen der Informatik. Er soll die Funktionen bei der Entwicklung von Hard- und Systemsoftware bis zur Netzwerk- und Anwendungsebene laufend überprüfen. Zunächst sollen die mathematischen Grundlagen entwickelt, vollständig formalisiert und für Informatikanwendungen in den Bereichen Embedded Systems, Kommunikation und Anwendungssoftware erschlossen werden. Darauf aufbauend sollen die Projektpartner Demonstratoren entwickeln und mit ihnen Computersysteme für Chipkarten, Telekommunikation und Automobilelektronik von der Hardware bis zur Anwendungssoftware überprüfen. Im Rahmen des Projektes werden auch Softwaretools entwickelt, die den Verifikationsprozess unterstützen. (dab/c't)
aus: http://www.heise.de/newsticker/data/dab-01.10.03-002/

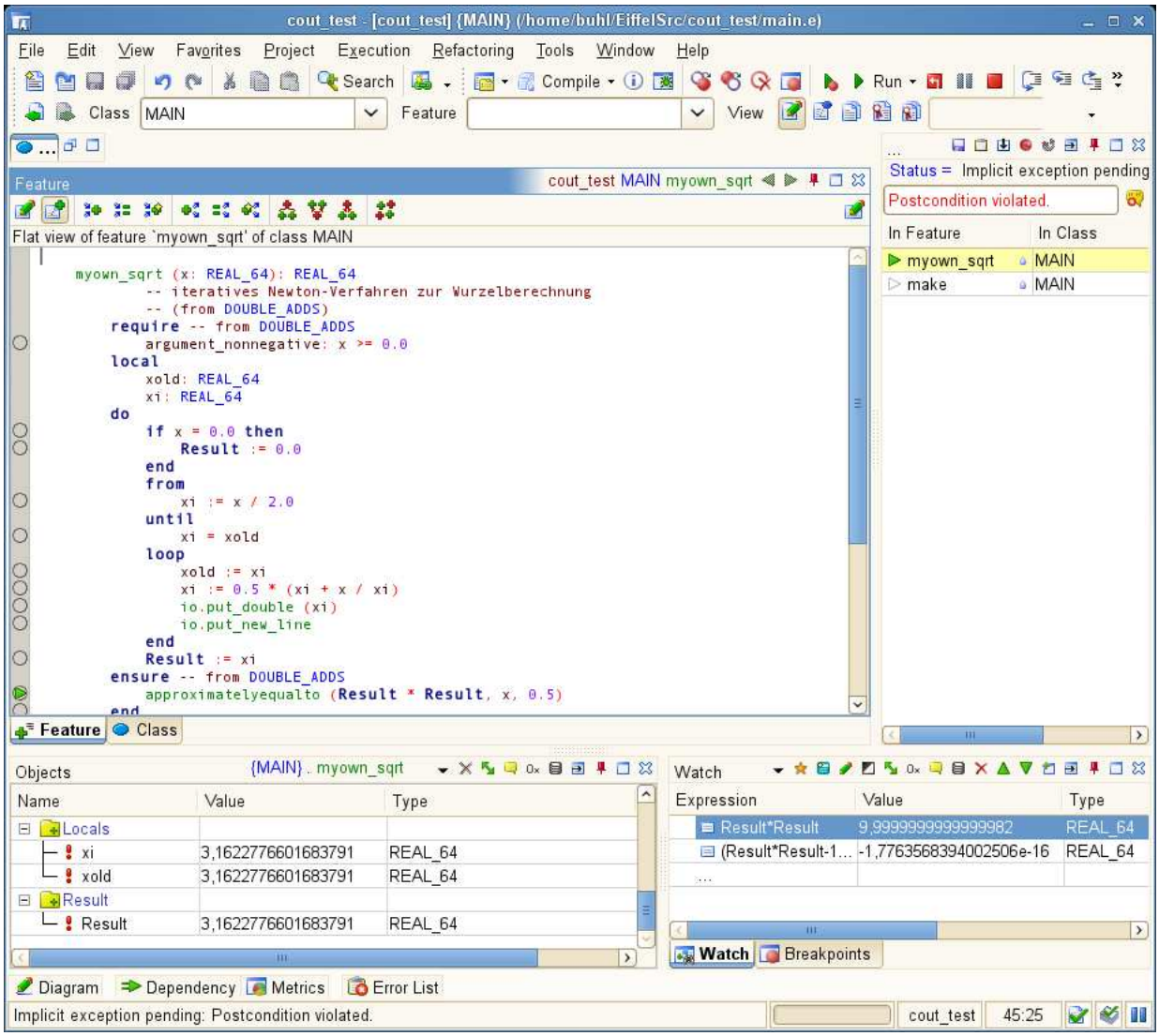
Mehr als jedes zehnte Unternehmen in Deutschland hat Probleme mit der Sicherheit seiner Informationssysteme. Das geht aus einer Mitteilung[1] des Statistischen Bundesamtes anlässlich des 5. Nationalen IT-Gipfels[2] am morgigen Dienstag in Dresden hervor. Danach gaben 74 Prozent der betroffenen Unternehmen an, dass bei ihnen 2009 aufgrund von Hardware- oder Softwarefehlern Daten zerstört oder verändert wurden und bestimmte Dienste ihrer Informations- und Kommunikationssysteme nicht verfügbar waren.

28 Prozent der Unternehmen hatten Probleme, weil Schadsoftware oder nicht autorisierte Zugriffe zur Veränderung beziehungsweise Zerstörung von Daten führten. Phishing-Angriffe störten bei 3 Prozent der betroffenen Firmen die Systeme. Stärker fiel der unbedachte Umgang der Belegschaft mit vertraulichen Daten ins Gewicht: In 11 Prozent der Firmen legten Mitarbeiter vertrauliche Daten offen. Deshalb führen laut Erhebung inzwischen 25 Prozent der Unternehmen mit zehn und mehr Beschäftigten obligatorische Schulungen der Mitarbeiter zum Thema IT-Sicherheit durch.

Die Zahlen hat das Statistische Bundesamt im Rahmen seiner jährlichen Erhebung zur Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnik in Unternehmen ermittelt.
aus: Jedes zehnte Unternehmen hat IT-Sicherheitsprobleme 06.12.2010 12:24

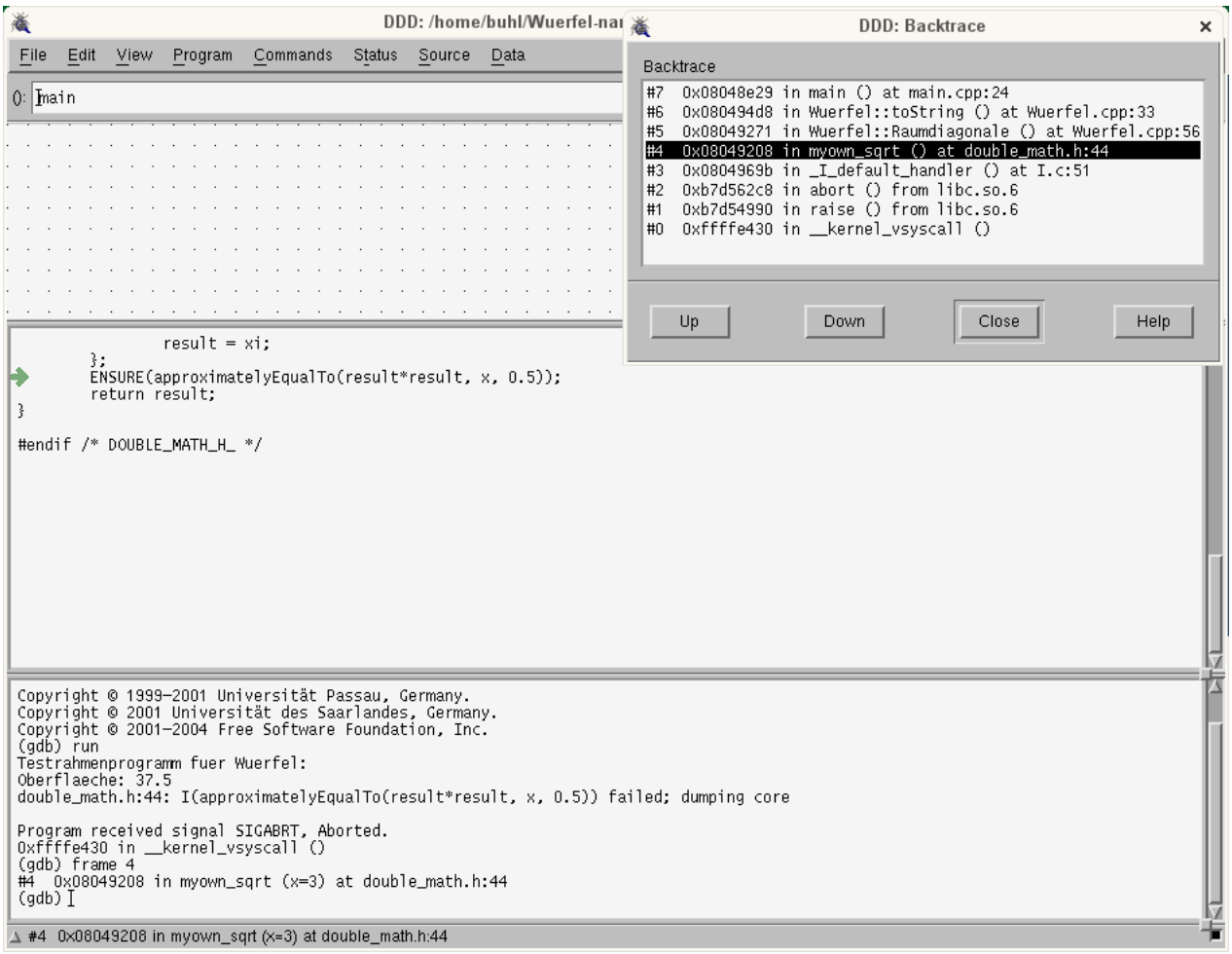
1.22. Vertragsverletzungen zur Laufzeit (Fortsetzung)

1.22.1. Vertragsverletzungen eines Eiffel-Programms in EiffelStudio:



Anzeige der Art der Exception: Postcondition violated
Stackframe zum Zeitpunkt der Vertragsverletzung
Attributwerte zum Zeitpunkt der Vertragsverletzung
Berechnung von arithmetischen Ausdrücken unter Benutzung der Attributwerte möglich im `Watch`-Fenster

1.22.2. Vertragsverletzungen bei C++-Debug-Lauf in ddd



1.22.3. Vertragsverletzung bei CLI-Debugglauf: backtrace

Eine Modifikation des Programms `main()` zum Abfangen des Signals `SIGABRT` kann dessen Verhalten bei Vertragsverletzung beeinflussen. Prinzipielles Vorgehen dazu:

```
...
#include <csignal>
...
void ABRT_signalhandler(int signum)
{
  std::cerr << "modifizierter SIGABRT-Handler" << std::endl;
  signal(SIGABRT,SIG_DFL);
  abort();
}

int main(int argc, char* argv[]){
        signal(SIGABRT, ABRT_signalhandler);
...
```

Benutzt wird nun `execinfo.h` und die Funktion `backtrace_symbols` (vgl. http://www.gnu.org/software/libc/manual/html_node/Backtraces.html), um bei Vertragsverletzung automatisch den `backtrace` auf `cout` zu schreiben, ohne einen Debugger bemühen zu müssen:

```
/*   main.cpp                */
 *   Created on: 22.04.2009 */

#include <iostream>
#include <cstdlib>
#include <string>
#include <cassert>
#include <csignal>
#include <execinfo.h>

#include "Wuerfel.h"
#include "double_math.h"

class ExceptionTracer
 {
 public:
     ExceptionTracer()
     {
         void * array[25];
         int nSize = backtrace(array, 25);
         char ** symbols = backtrace_symbols(array, nSize);

         for (int i = 0; i < nSize; i++)
         {
             std::cout << symbols[i] << std::endl;
         }

         free(symbols);
     }
 };

void ABRT_signalhandler(int signum)
{
  std::cout << "SIGABRT: backtrace is " << std::endl;
  ExceptionTracer::ExceptionTracer();
  std::cout << "resuming abort " << std::endl << std::endl;
  signal(SIGABRT,SIG_DFL);
  abort();
}

int main(int argc, char* argv[]){
        signal(SIGABRT, ABRT_signalhandler);

        std::cout << "Testrahmenprogramm fuer Wuerfel:" << std::endl;
        Wuerfel w(2.5);
```

```
        // assert( w.toString() == "1;6;1;1.73205" );

        std::cout << "Oberflaeche: " << w.Oberflaeche() << std::endl;
        std::cout << "w.toString()= " << w.toString() << std::endl;
        std::cout << "sqrt(3.0) = " << myown_sqrt(3.0) << std::endl;

        // ...

        return 0;
}
```

Vergleiche zu `ExceptionTracer`: http://www.ibm.com/developerworks/linux/library/l-cppexcep.html

Jetzt wird nach der `nana`-Fehlermeldung automatisch der `backtrace` angezeigt:

```
./main
...
double_math.h:44: I(approximatelyEqualTo(result*result, x, 0.5)) failed;
dumping core
SIGABRT: backtrace is
./main [0x401447]
./main [0x401132]
/lib64/libc.so.6 [0x7f3d880256e0]
/lib64/libc.so.6(gsignal+0x35) [0x7f3d88025645]
/lib64/libc.so.6(abort+0x183) [0x7f3d88026c33]
./main [0x401c80]
./main [0x401776]
./main [0x4017f6]
./main [0x401abb]
./main [0x4012fb]
/lib64/libc.so.6(__libc_start_main+0xe6) [0x7f3d88011586]
./main [0x400f19]
resuming abort
Abgebrochen
```

Leider endhält das `main()`-Binary nur genügend Symbolinformationen, wenn Sie `g++` mit der Option `-rdynamic` übersetzt haben:

```
./main
...
double_math.h:44: I(approximatelyEqualTo(result*result, x, 0.5)) failed;
dumping core
SIGABRT: backtrace is
./main(_ZN15ExceptionTracerC1Ev+0x23) [0x401af7]
./main(_Z18ABRT_signalhandleri+0x30) [0x4017e2]
/lib64/libc.so.6 [0x7f4ca97926e0]
/lib64/libc.so.6(gsignal+0x35) [0x7f4ca9792645]
/lib64/libc.so.6(abort+0x183) [0x7f4ca9793c33]
./main(__libc_csu_fini+0) [0x402330]
./main [0x401e26]
./main(_ZN7Wuerfel13RaumdiagonaleEv+0x70) [0x401ea6]
./main(_ZN7Wuerfel8toStringEv+0x39) [0x40216b]
./main(main+0x92) [0x4019ab]
/lib64/libc.so.6(__libc_start_main+0xe6) [0x7f4ca977e586]
./main [0x4015c9]
resuming abort
Abgebrochen
```

Filtern Sie schließlich die Ausgaben von `main()` durch den Demangler `c++filt`, so wird eine akzeptable Fehleranzeige erreicht:

```
./main | c++filt
...
double_math.h:44: I(approximatelyEqualTo(result*result, x, 0.5)) failed;
dumping core
...
./main(ExceptionTracer::ExceptionTracer()+0x23) [0x401af7]
./main(ABRT_signalhandler(int)+0x30) [0x4017e2]
/lib64/libc.so.6 [0x7ff33cbcf6e0]
/lib64/libc.so.6(gsignal+0x35) [0x7ff33cbcf645]
/lib64/libc.so.6(abort+0x183) [0x7ff33cbd0c33]
./main(__libc_csu_fini+0) [0x402330]
./main [0x401e26]
./main(Wuerfel::Raumdiagonale()+0x70) [0x401ea6]
./main(Wuerfel::toString()+0x39) [0x40216b]
./main(main+0x92) [0x4019ab]
/lib64/libc.so.6(__libc_start_main+0xe6) [0x7ff33cbbb586]
./main [0x4015c9]
```

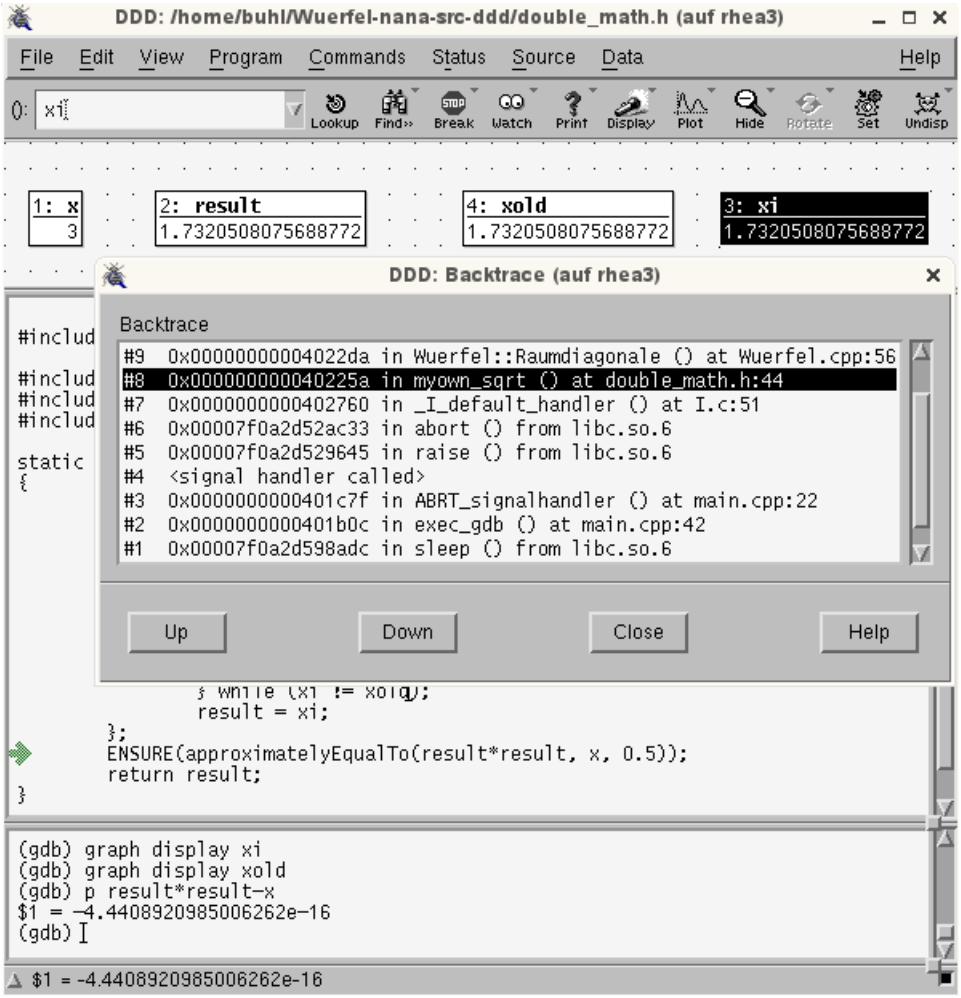
(http://en.wikipedia.org/wiki/Name_mangling#Standardised_name_mangling_in_C.2B.2B)

1.22.4. Automatischer Start von `ddd` beim CLI-Debug-Lauf und Vertragsverletzung

Um bei einer Vertragsverletzung auch ohne `core`-Dump automatisch direkt in den Debugger `ddd` zu wechseln, um dort die Abbruchstelle zu untersuchen (Variableninhalte, Ausdrücke in Variableninhalten zum Abbruchzeitpunkt, ...) modifizieret man den ABRT-Signalhandler folgendermaßen:

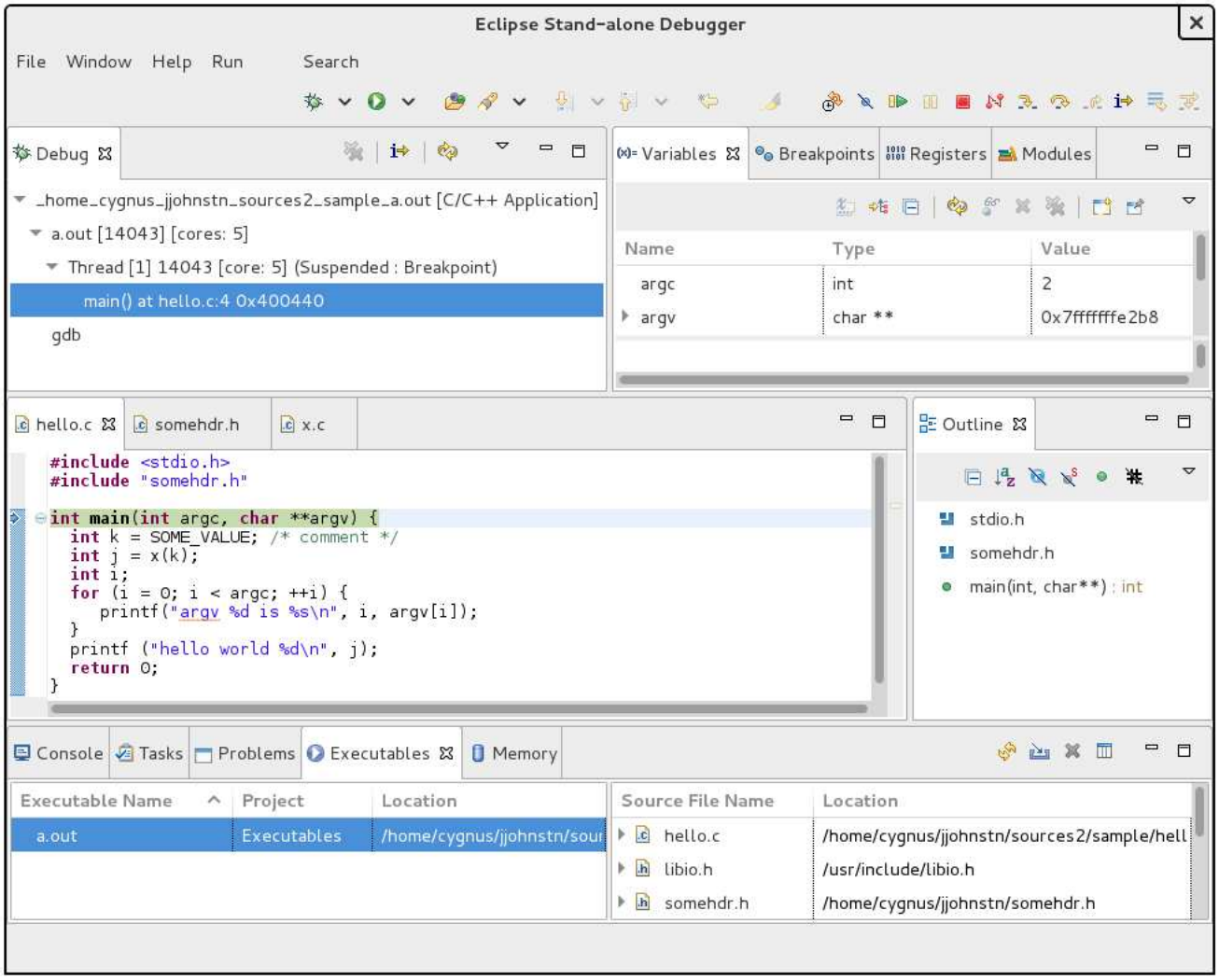
```
#include <csignal>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
#include <sstream>
...
void exec_ddd();
void ABRT_signalhandler(int signum)
{
  std::cerr << "SIGABRT: starting ddd... " << std::endl;
  exec_ddd();
  std::cerr << "resuming abort " << std::endl << std::endl;
  signal(SIGABRT,SIG_DFL);
  abort();
}

static int ddd_process_pid = 0;
void exec_ddd()
{
    // Create child for running ddd
    int pid = fork();

    if (pid < 0) /* error */
    {
        abort();
    }
    else if (pid) /* parent */
    {
        // C++ nana-application
        ddd_process_pid = pid; // save debugger pid
        sleep(10);             // give ddd time to attach
                               // Continue C++ nana-application
    }
    else /* child */
    {
        // ddd process
        std::stringstream args;
        args << "--pid=" << getppid();
        execl("/usr/bin/ddd",
              "ddd", "--debugger", "gdb",
              args.str().c_str(), (char *) 0);

        std::cerr << "\nFailed to exec ddd\n" << std::endl;
    }
}


int main(int argc, char* argv[]){
        signal(SIGABRT, ABRT_signalhandler);

        std::cout << "Testrahmenprogramm fuer Wuerfel:" << std::endl;
        ...
}
```

Vergleiche: http://www.codeproject.com/KB/debug/java_cpp_debugging.aspx?display=Print



Bemerkung: Diese Methode benötigt nicht das Schreiben einer `core`-Datei auf die Festplatte, funktioniert also auch ohne Änderung der Datei `/etc/security/limits.conf`.

Alternativer Debugger statt `ddd`
ab der Luna-M7-Version wird der Eclipse-CDT-StandaloneDebugger geeigneter als der oben benutzte `ddd`:



Verfügbarmachen des Eclipse Standalone-Debuggers:

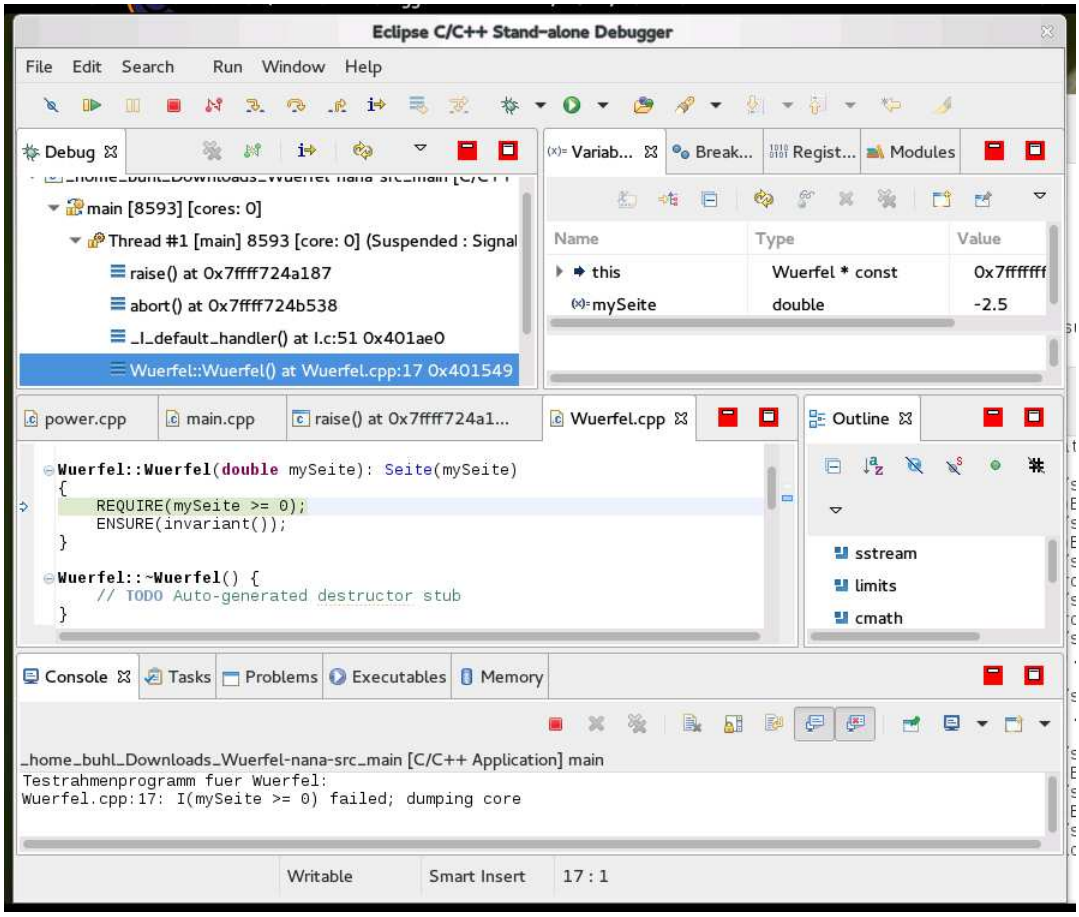
```
username@xxx> cd eclipse-modeling-neon-1a-linux-gtk-x86_64/plugins/org.eclipse.cdt.
    debug.application_1.1.0.201*/scripts
username@xxx> ls -al
insgesamt 36
drwxr-xr-x 2 buhl buhl 4096 Jun 28 11:45 .
drwxr-xr-x 6 buhl buhl 4096 Jun 28 11:45 ..
-rw-r--r-- 1 buhl buhl 4281 Jun  7 05:01 cdtdebug.sh
-rw-r--r-- 1 buhl buhl 4112 Jun  7 05:01 config.ini
-rw-r--r-- 1 buhl buhl   49 Jun  7 05:01 dev.properties
-rw-r--r-- 1 buhl buhl 2028 Jun  7 05:01 install.sh
-rw-r--r-- 1 buhl buhl 3788 Jun  7 05:01 README
username@xxx> sh ./install.sh
Installation complete
```

Dabei wird in `$HOME` der Arbeitsordner `cdtdebugger`
angelegt; der einfacheren Benutzbarkeit halber ein neues Debugger-Startscript `cdtdebug` in `$HOME/bin` anlegen:

```
#!/bin/sh
#$HOME/cdtdebugger/cdtdebug.sh -e   $*
```

Nun kann statt des `ddd` der standalone cdtdebugger etwa wie folgt benutzt werden:

```
username@xxx> cd .../Wuerfel-nana-src
username@xxx> cdtdebug main
```



Oder gemäß
https://wiki.eclipse.org/CDT/StandaloneDebugger,
wenn neben dem Binary `main` ein Absturz-Speicherauszug `core` existiert:

```
username@xxx> cd ../Wuerfel-nana-src
username@xxx> ~/cdtdebugger/cdtdebug.sh -c core -e main
```

(Beachte auch die Option -a zur Verbindung mit einem laufenden Prozess.)

Zusätzliche Komponenten:

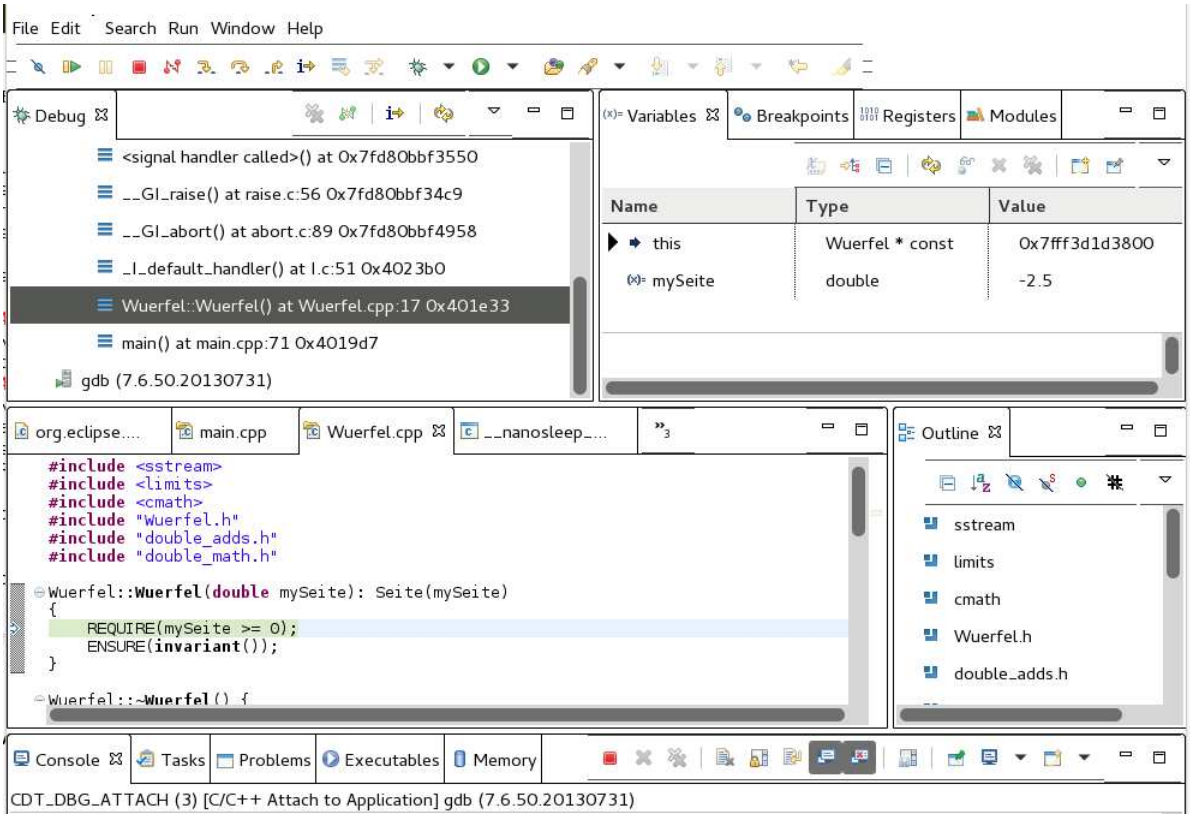
- Komponenten/Unit-Tests:
  - cute
    siehe Abschnitt 1.2
    oder
  - cpptest
    oder
  - cxxtest

- statische Codeanalyse
  - cppcheck mit eclipse cccpcheclipse-Plugin:
    siehe Abschnitt 1.6.4 und 1.14

CLI und automatischer cdtdebug.sh-Start bei Vertragsverletzung

```
...
#include <csignal>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
#include <sstream>

#include "Wuerfel.h"
#include "double_math.h"

void exec_debugger();
void ABRT_signalhandler(int signum)
{
  std::cerr << "SIGABRT: starting cdtdebug.sh ... " << std::endl;
  exec_debugger();
  std::cerr << "resuming abort " << std::endl << std::endl;
  signal(SIGABRT,SIG_DFL);
  abort();
}

static int deugger_process_pid = 0;
void exec_debugger()
{
    // Create child for running debugger
    int pid = fork();
    if (pid < 0) /* error */
    {
        abort();
    }
    else if (pid) /* parent */
    {
        // C++ nana-application
        debugger_process_pid = pid; // save debugger pid
        sleep(60);                  // give ddd time to attach
                                    // Continue C++ nana-application
```

```
    }
    else /* child */
    {
        // debugger process
        std::stringstream args;

        std::string homedir = getenv("HOME");
        std::string cdtdebugger = homedir + "/cdtdebugger/cdtdebug.sh";

        args << "-a " << getppid();

        execl(cdtdebugger.c_str(),
              "cdtdebug.sh",
              args.str().c_str(), (char *) 0);

        std::cerr << "\nFailed to exec cdtdebug.sh\n" << std::endl;
    }
}

int main(int argc, char* argv[]){

        signal(SIGABRT, ABRT_signalhandler);

        std::cout << "Testrahmenprogramm fuer Wuerfel:" << std::endl;

        Wuerfel w(-2.5);
        // assert( w.toString() == "1;6;1;1.73205" );
...
```



1.23. Nichtänderungs-Verträge für Attribute: Framebedingungen

```
/*
 * Wuerfel.cpp
 */
#include <sstream>
#include <limits>
#include <cmath>

#include "Wuerfel.h"
#include "double_adds.h"
#include "double_math.h"

Wuerfel::Wuerfel(double mySeite): Seite(mySeite)
{
        REQUIRE(mySeite >= 0);
        ENSURE(invariant());
}
Wuerfel::~Wuerfel() {
        // TODO Auto-generated destructor stub
}
bool Wuerfel::invariant()
{
        return Seite >= 0.0;
}
std::string Wuerfel::toString()
{
        std::ostringstream help;
        help << Seite << ";" << Oberflaeche() << ";" << Volumen
           () << ";"
             << Raumdiagonale();
        return help.str();
}
double Wuerfel::Oberflaeche()
DO
        ID(double Seite_old = Seite);
        double result = 6.0 * pow(Seite, 2);
        ENSURE(approximatelyEqualTo(result, 6.0 * Seite * Seite
           , 1.0));
        ENSURE(Seite == Seite_old);
        ENSURE(invariant());
        return result;
```

```
}
double Wuerfel::Volumen()
DO
        ID(double Seite_old = Seite);
        double result = pow(Seite,3);
        ENSURE(approximatelyEqualTo(result, Seite*Seite*Seite,
            1.0));
        ENSURE(Seite == Seite_old);
        ENSURE(invariant());
        return result;
}
double Wuerfel::Raumdiagonale()
DO
        ID(double Seite_old = Seite);
        double result = Seite * sqrt(3.0);
        ENSURE(approximatelyEqualTo(result, Seite * myown_sqrt
            (3.0), 1.0));
        ENSURE(Seite == Seite_old);
        ENSURE(invariant());
        return(result);
}
```

1.24. Ultimative Nichtänderungsverträge: const-Methoden

```
/*
 * Wuerfel.h
 *
 *  Created on: 22.04.2009
 *      Author: buhl
 */
#ifndef WUERFEL_H_
#define WUERFEL_H_
#define EIFFEL_DOEND
#ifndef EIFFEL_CHECK
#define EIFFEL_CHECK  CHECK_ALL
//                                          Makros CHECK()
   und folgende
//                      CHECK_LOOP          Makros INVARIANT
   () und folgende
//                       CHECK_INVARIANT    Methode invariant
   () und folgende
//                        CHECK_ENSURE      Nachbedingungen
   und folgende
//                         CHECK_REQUIRE    Vorgedingungen
//                          CHECK_NO
#endif
#include <eiffel.h>
#include <nana.h>
#include <string>

class Wuerfel{
public:
        Wuerfel(double mySeite = 1.0);
        virtual ~Wuerfel();

        virtual bool invariant() const;

        std::string  toString() const;

        double Oberflaeche() const;

        double Volumen() const;

        double Raumdiagonale() const;
```

```
protected:
        double Seite;
};
#endif /* WUERFEL_H_ */
```

```
/*
 * Wuerfel.cpp
 *
 *  Created on: 22.04.2009
 *      Author: buhl
 */

#include <sstream>
#include <limits>
#include <cmath>
#include "Wuerfel.h"
#include "double_adds.h"
#include "double_math.h"

Wuerfel::Wuerfel(double mySeite): Seite(mySeite)
{
        REQUIRE(mySeite >= 0);
        ENSURE(invariant());
}

Wuerfel::~Wuerfel() {
        // TODO Auto-generated destructor stub
}

bool Wuerfel::invariant() const
{
        return Seite >= 0.0;
}

std::string Wuerfel::toString() const
DO
        std::ostringstream help;
        help << Seite << ";" << Oberflaeche() << ";" << Volumen
           () << ";"
             << Raumdiagonale();
        return help.str();
}

double Wuerfel::Oberflaeche() const
DO
        double result = 6.0 * pow(Seite, 2);
        ENSURE(approximatelyEqualTo(result, 6.0 * Seite * Seite
           , 1.0));
        return result;
```

```
}

double Wuerfel::Volumen() const
DO
        double result = pow(Seite,3);
        ENSURE(approximatelyEqualTo(result, Seite*Seite*Seite,
            1.0));
        return result;
}

double Wuerfel::Raumdiagonale() const
DO
        double result = Seite * sqrt(3.0);
        ENSURE(approximatelyEqualTo(result, Seite * myown_sqrt
            (3.0), 1.0));
        return(result);
}
```

http://www.linuxjournal.com/article/7629
http://www.cprogramming.com/tutorial/const_correctness.html
http://en.wikipedia.org/wiki/Const_correctness

Bei const-Methoden ist es in der Regel nicht notwendig, die Klassen-Invariante bei Methodenende zu überprüfen, wohl aber bei Methodenbeginn (eine private-Methode könnte vor Methodenaktivierung die Invariante ungültig gemacht haben!).

2. Programming by Contract

2.1. Spezifikation durch Verträge

(**SdV**, *Design by Contract* [1], *Programming by Contract*) ist eine Methode zur Spezifikation der dynamischen Semantik von Softwarekomponenten mit Hilfe von Verträgen aus erweiterten boolschen Ausdrücken. **SdV** basiert auf der Theorie der abstrakten Datentypen und formalen Spezifikationsmethoden. Spezifizierte Komponenten können Module, Klassen oder Komponenten im Sinne von Komponententechnologien (wie Microsofts COM, .NET oder Suns EJB) sein. Verträge ergänzen das Kunden-Lieferanten-Modell:

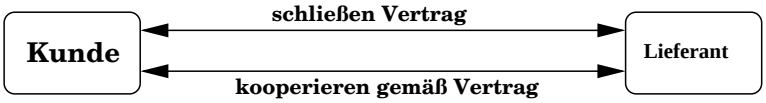


Abbildung 2.1.: Kunden-Lieferanten-Modell

Grundlegend für die Vertragsmethode ist das **Prinzip der Trennung von Diensten in Abfragen und Aktionen** (*command-query separation)*:

- **Abfragen** geben Auskunft über den Zustand einer Komponente, verändern ihn aber nicht. Sie liefern als Ergebnis einen Wert. Die Abfragen einer Komponente beschreiben ihren abstrakten Zustand.
- **Aktionen** verändern den Zustand einer Komponente, liefern aber kein Ergebnis. Die Aktionen einer Komponente bewirken ihre Zustandsveränderungen.

Diesem Prinzip folgend sind seiteneffektbehaftete Funktionen als Dienste zu vermeiden[2].

[1] „Design by Contrakt“ ist ein Warenzeichen von Interactive Software Engeneering.
[2] In bestimmten Fällen, z.B. bei Fabrikfunktionen, können Seiteneffekte sinnvoll sein. Solche Funktionen sind nicht als Spezifikatoren verwendbar und sollten entsprechend gekennzeichnet sein.

Ein Grund dafür ist, dass Abfragen als **Spezifikatoren** dienen, d.h. als Elemente von Verträgen. **Verträge** setzen sich aus Bedingungen folgender Art zusammen:

- **Invarianten** einer Komponente sind allgemeine unveränderliche Konsistenzbedingungen an den Zustand einer Komponente, die vor und nach jedem Aufruf eines Dienstes gelten. Formal sind Invarianten boolsche Ausdrücke über den Abfragen der Komponente; inhaltlich können sie z.B. Geschäftsregeln (busisness rules) ausdrücken.
- **Vorbedingungen** (preconditions) eines Dienstes sind Bedingungen, die vor dem Aufruf eines Dienstes erfüllt sein müssen, damit er ausführbar ist. Invarianten sind boolsche Ausdrücke über den Abfragen der Komponente und den Parametern des Dienstes.
- **Nachbedingungen** (postconditions) eines Dienstes sind Bedingungen, die nach dem Aufruf eines Dienstes erfüllt sind; sie beschreiben, welches Ergebnis ein Dienstaufruf liefert oder welchen Effekt er erzielt. Nachbedingungen sind boolsche Ausdrücke über den Abfragen der Komponente und den Parametern des Dienstes, erweitert um ein Gedächniskonstruckt, das die Werte von Ausdrücken vor dem Dienstaufruf liefert.

Verträge legen Pflichten und Nutzen für Kunden und Lieferanten fest. Die Verantwortlichkeiten sind klar verteilt:
Der Lieferant garantiert die Nachbedingung jedes Dienstes, den der Kunde aufruft, falls der Kunde die Vorbedingung erfüllt. Eine verletzte Vorbedingung ist ein Fehler des Kunden, eine verletzte Nachbedingung oder Invariante (bei erfüllter Vorbedingung) ist ein Fehler des Lieferanten.

	Kunde	Lieferant
Pflicht	Die Vorbedingung einhalten.	Anweisungen ausführen, die die Nachbedingungen herstellen und die Invarianten erhalten
Nutzen	Ergebnisse/Wirkungen nicht prüfen, da sie durch die Nachbedingungen garantiert sind.	Aufrufe, die die Vorbedingung verletzen, ignorieren. (Die Vorbedingungen nicht prüfen.)

Tabelle 2.1.: Pflichten - Nutzen von Kunden und Lieferanten

Schwache Vorbedingungen erleichtern den Kunden die Arbeit, starke Vorbedingungen dem Lieferanten. Je schwächer die Nachbedingungen sind, umso freier ist der Lieferant und umso ungewisser sind die Kunden über das Ergebnis/den Effekt. Je stärker die Nachbedingungen sind, umso mehr muß der Lieferant leisten.

Siehe auch:
Spezifikation durch Vertrag — eine Basistechnologie für eBusiness

Einige Beispielverträge für eine Klasse `vektor`:

- friend-Funktion `Norm()` (abgeleitete Abfrage)

```
double Norm(const vektor& v)
{
  REQUIRE(v.invariant());
  ...
  ENSURE(approximatelyEqualTo(qsum, S(int k=v.lo(), k<=v.hi
      (),k++,
                                      v(k)*v(k)), 2.0));
  ENSURE(approximatelyEqualTo(result*result,qsum,2.0));
  ...
}
```

- Methode `normalize()` (Modifikator)

```
void vektor::normalize()
DO
        REQUIRE(Norm(*this)!=0.0);
        ID(vektor value_old(*this));
        ...
        // double n = ...
        ENSURE(approximatelyEqualVekTo(result*n, value_old,
            2.0));
        ENSURE(approximatelyEqualTo(Norm(result), 1.0, 2.0)
            );
        ...
END
```

- i-ter Einheitsvktor (statische Klassenmethode)

```
vektor vektor::ei(int n, int i)
{
  REQUIRE((n>=1) && (1<=i) && (i<=n));
  ...
  ENSURE(result.lo()==1);
  ENSURE(result.hi()==n);
  ENSURE(E1(int k=result.lo(), k<=result.hi(), k++,
            result(k)!=0.0));
  ENSURE(result(i)==1.0);
  ENSURE(result.invariant());
  ...
}
```

- Konstruktor

```
vektor::vektor(const double x[], int n) : low(1), high(n)
{
  REQUIRE((n>=1) && (x!=0));
  REQUIRE("x[] hat mindestens n Komponenten");
  ...
  ENSURE(lo()==1 && hi()==n);
  ENSURE(A(int k=lo(), k<=hi(), k++, (*this)(k)==x[k-lo()])
      );
END
```

- Modifikator

```
void vektor::changeValueAt(int i, double x)
DO
  REQUIRE((lo()<=i) && (i <=hi()));
  ...
  ENSURE((*this)(i)==x);
  ENSURE("alle anderen Komponenten von *this ungeaendert");
END
```

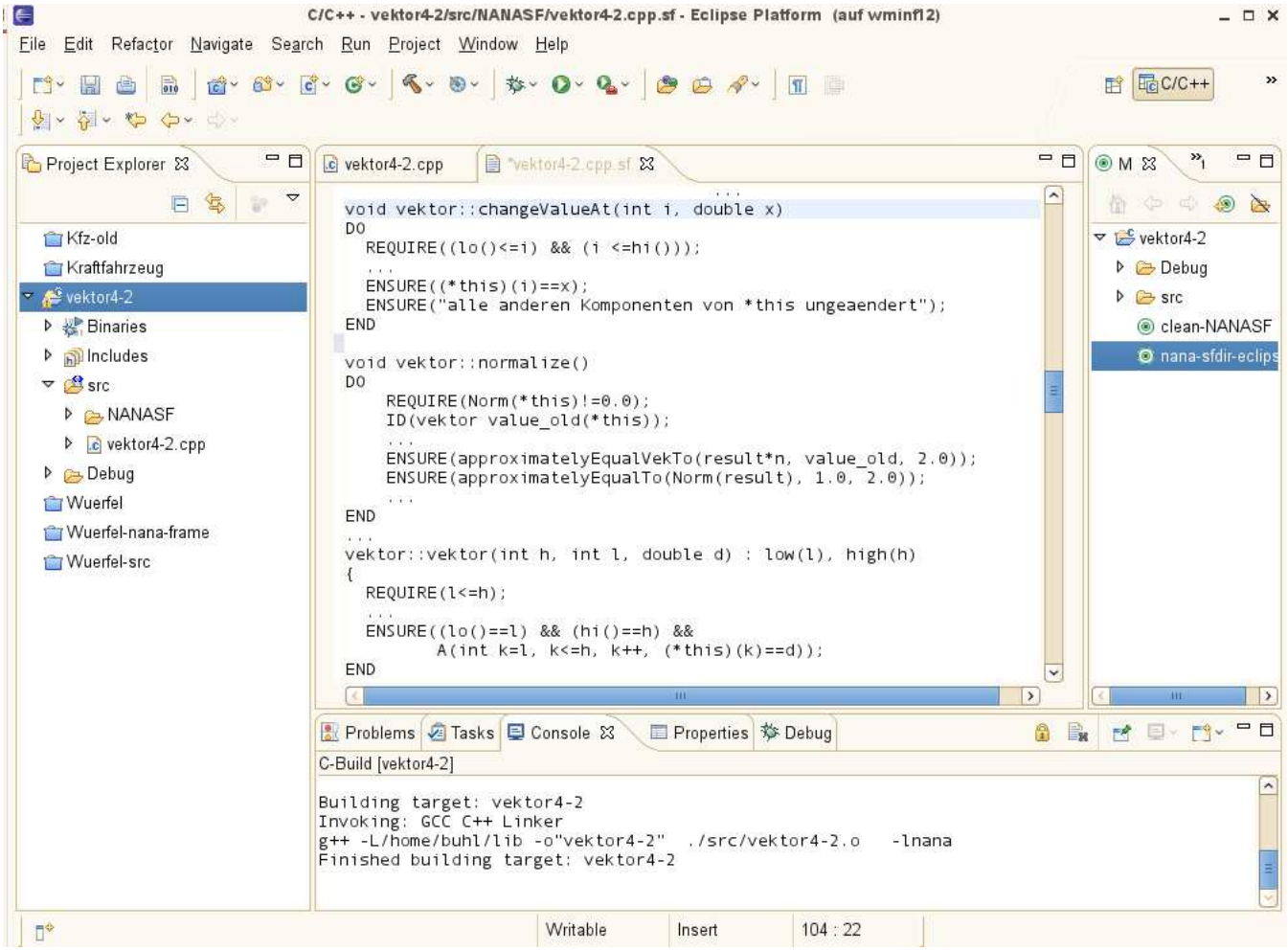
  Überlegen Sie sich einen expliziten Nichtänderungsvertrag für „alle anderen Komponenten“ von `*this` (Frame-Bedingung).

- `operator!=` (abgeleitete Abfrage)

```
bool vektor::operator!=(const vektor& w) const
DO
  REQUIRE(w.invariant());
  ...
  ENSURE(result == ((hi()-lo())!=(w.hi()-w.lo())) ||
     E(int k=lo(), k<=hi(), k++, (*this)(k)!=w(k-lo()+w.lo
         ())));
  ...
}
```

Bemerkung: `C++11` enthält alternativ zu den `nana`-Quantoren nutzbare STL-Prädikate: `none_of`, ...
Siehe: C++11, Seite 863f.

2.2. Alle Verträge der Klasse Klasse vektor



2.2.1. Klassendeklaration/ Interface

```
#define EIFFEL_DOEND
#define EIFFEL_CHECK CHECK_ALL

#include <iostream>
#include <limits>
#include <cmath>
#include <algorithm>

#include <eiffel.h>
#include "nana.h"
```

```
class vektor
{
private:
  int low;                  // v(low..high)
  int high;

  double* vp;               // Startadresse fuer dyn. verwaltetes
     Exemplar

public:
  virtual bool invariant() const;

  // Grundlegende Abfragen:
  int lo() const;
  int hi() const;

  double  operator()(int i) const;

  // Modifikatoren:
  double& operator()(int i);
  void changeValueAt(int i, double x);
  void normalize();

  // Konstruktoren:
  vektor(int h, int l = 1, double d = 0.0);
  //  v(l..h) = d

  vektor(int h, double d);
  //  v(1..h) = d

  vektor(const double x[], int n);
  // v(1..n) = x[0..n-1]

  // Kopierkonstruktor, Destuktor, Wertzuweisung
  vektor(const vektor& w);
  virtual ~vektor();
  vektor& operator=(const vektor& w);

  // abgeleitete Abfragen:
  bool operator==(const vektor& w) const;
  bool operator!=(const vektor& w) const;

  friend ostream& operator<<(ostream& os, const vektor& v);
```

```
  // Operationen:
  vektor operator+(const vektor& w) const;
  friend vektor operator+(const vektor& w, double a);
  friend vektor operator+(double a, const vektor& w);
  friend vektor operator*(const vektor& w, double a);
  friend vektor operator*(double a, const vektor& w);

  friend double Skalarprodukt(const vektor& v, const vektor& w)
     ;
  friend double Norm(const vektor& v);
  friend bool approximatelyEqualVekTo(const vektor& left,
                                      const vektor& right,
                                      double factor);

  static vektor ei(int n, int i);
};
```

Die `private`-Deklarationen sollten eigendlich dem Klassenbenutzer nicht kenntlich sein, also von `nana-sfg` unterdrückt werden!

2.2.1.1. Grundlegende Abfragen

```
int vektor::lo() const
DO
        ...
}
int vektor::hi() const
DO
        ...
}
double  vektor::operator()(int i) const
DO
  REQUIRE((lo()<=i) && (i<=hi()));
  ...
  ENSURE(result == vp[i-low]);      // Nachbedingung nur fuer
                                    // das Implementierungsteam
                                    // damit automatische
                                       Ueberpruefung
                                    // stattfinden kann
}
```

2.2.1.2. Klassen-Invariante

```
bool vektor::invariant() const      // Vorsicht! Kein DO
{
  ...                               // nicht lo(), hi(), operator
     ()
                                    // benutzen, da sonst
                                       Endlosrekursion
}
```

Die Klasseninvariante ist primär für die automatische Überprüfung der Gültigkeit von `*this`, also als Unterstützung des Implementierungsteams konzipiert. Der Klassenbenutzer braucht nicht direkt zu wissen, was sie überprüft, da er durch `public`-Methoden und Konstruktoren nur gültige Klassenexemplare erzeugen kann.

2.2.1.3. Konstruktoren

```
vektor::vektor(int h, int l, double d) : low(l), high(h)
{
  REQUIRE(l<=h);
  ...
  ENSURE((lo()==l) && (hi()==h) &&
         A(int k=l, k<=h, k++, (*this)(k)==d));
END
...
```

```
vektor::vektor(int h, double d) : low(1), high(h)
{
  REQUIRE(h>=1);
  ...
  ENSURE((lo()==1) && (hi()==h) &&
         A(int k=lo(), k<=hi(), k++, (*this)(k)==d));
END
...
vektor::vektor(const double x[], int n) : low(1), high(n)
{
  REQUIRE((n>=1) && (x!=0));
  REQUIRE("x[] hat mindestens n Komponenten");
  ...
  ENSURE(lo()==1 && hi()==n);
  ENSURE(A(int k=lo(), k<=hi(), k++, (*this)(k)==x[k-lo()]));
END
...
vektor::vektor(const vektor& w) : low(w.low), high(w.high)
{
  REQUIRE(w.invariant());
  ...
  ENSURE((hi()-lo())==(w.hi()-w.lo()) &&
         A(int k=lo(), k<=hi(), k++, (*this)(k)==w(k-lo()+w.lo
           ())));
END
```

2.2.1.4. Destruktor

```
vektor::~vektor()
DO
        ...
}
```

2.2.1.5. abgeleitete Abfragen/Operationen auf vektor-Exemplaren

```
ostream& operator<<(ostream& os, const vektor& w)
{
  ...
  ENSURE("Drucke alle vektor-Komponenten auf Stream os");
  ...
};

bool vektor::operator!=(const vektor& w) const
DO
  REQUIRE(w.invariant());
  ...
  ENSURE(result == ((hi()-lo())!=(w.hi()-w.lo())) ||
                   E(int k=lo(), k<=hi(), k++, (*this)(k)!=w(k-
                       lo()+w.lo())));
  ...
}

bool vektor::operator==(const vektor& w) const
DO
  REQUIRE(w.invariant());
  ...
  ENSURE(result == !((*this) != w));
  ...
}

double Skalarprodukt(const vektor& v, const vektor& w)
{
  REQUIRE((v.hi()-v.lo()) == (w.hi()-w.lo()));
  REQUIRE(v.invariant());
  REQUIRE(w.invariant());
  ...
  ENSURE(approximatelyEqualTo(result, S(int k=v.lo(), k<=v.hi()
      ,k++,
                                                  v(k)*w(k-v.lo()+w.lo())
                                                      ), 2.0));
  ...
```

```
}

double Norm(const vektor& v)
{
  REQUIRE(v.invariant());
  ...
  ENSURE(approximatelyEqualTo(qsum, S(int k=v.lo(), k<=v.hi(),k
     ++,
                                                    v(k)*v(k)),
                                                       2.0));
  ENSURE(approximatelyEqualTo(result*result,qsum,2.0));
  ...
}

bool approximatelyEqualVekTo(const vektor& left, const vektor&
   right,
                                double factor)
{
        ...
        ENSURE("relativer Abstand zwischen vektor left und
           right ist klein");
        ...
}
```

2.2.1.6. Modifikatoren

```
double& vektor::operator()(int i)   // ermoeglicht externe
    Modifikationen
                                    // deshalb besser durch
                                       folgende
DO                                  // Methode ersetzen!
  REQUIRE((lo()<=i) && (i<=hi()));
  ...
  ENSURE(invariant());
  ...
}


void vektor::changeValueAt(int i, double x)
DO
  REQUIRE((lo()<=i) && (i <=hi()));
  ...
  ENSURE((*this)(i)==x);
  ENSURE("alle anderen Komponenten von *this ungeaendert");
END

vektor& vektor::operator=(const vektor& w)
DO
  ENSURE(w.invariant());
  ...
  ENSURE(*this == w);
  ...
}

void vektor::normalize()
DO
  REQUIRE(Norm(*this)!=0.0);
  ID(vektor value_old(*this));
  ...
  ENSURE(approximatelyEqualVekTo(result*n, value_old, 2.0));
  ENSURE(approximatelyEqualTo(Norm(result), 1.0, 2.0));
  ...
END
```

2.2.1.7. Operationen, die vektor-Exemplare erzeugen

```
vektor vektor::operator+(const vektor& w) const
DO
  REQUIRE(w.invariant());
```

```
  REQUIRE((hi()-lo())==(w.hi()-w.lo()));
  ...
  ENSURE(result.lo()==lo());
  ENSURE(result.hi()==hi());
  ENSURE(A(int k=lo(),k<=hi(),k++,
                  approximatelyEqualTo(result(k),
                                       (*this)(k)+w(k-lo()+w.lo
                                          ()),2.0)));
  ENSURE(result.invariant());
}

vektor operator+(const vektor& w, double a)
{
  REQUIRE(w.invariant());
  ...
  ENSURE(result.lo()==w.lo());
  ENSURE(result.hi()==w.hi());
  ENSURE(A(int k=result.lo(),k<=result.hi(),k++,
                  approximatelyEqualTo(result(k),w(k)+a,2.0)));
  ENSURE(result.invariant());
  ...
}

vektor operator+(double a, const vektor& w)
{
  REQUIRE(w.invariant());
  ...
  ENSURE(result.lo()==w.lo());
  ENSURE(result.hi()==w.hi());
  ENSURE(A(int k=result.lo(),k<=result.hi(),k++,
                  approximatelyEqualTo(result(k),a+w(k),2.0)));
  ENSURE(result.invariant());
  ...
}

vektor operator*(const vektor& w, double a)
{
  REQUIRE(w.invariant());
  ...
  ENSURE(result.lo()==w.lo());
  ENSURE(result.hi()==w.hi());
  ENSURE(A(int k=result.lo(),k<=result.hi(),k++,
                  approximatelyEqualTo(result(k),w(k)*a,2.0)));
  ENSURE(result.invariant());
```

```
  ...
}

vektor operator*(double a, const vektor& w)
{
  REQUIRE(w.invariant());
  ...
  ENSURE(result.lo()==w.lo());
  ENSURE(result.hi()==w.hi());
  ENSURE(A(int k=result.lo(),k<=result.hi(),k++,
                  approximatelyEqualTo(result(k),a*w(k),2.0)));
  ENSURE(result.invariant());
  ...
}

vektor vektor::ei(int n, int i)              // static
   Klassenmethode
{
  REQUIRE((n>=1) && (1<=i) && (i<=n));
  ...
  ENSURE(result.lo()==1);
  ENSURE(result.hi()==n);
  ENSURE(E1(int k=result.lo(), k<=result.hi(), k++, result(k)
     !=0.0));
  ENSURE(result(i)==1.0);
  ENSURE(result.invariant());
  ...
}
```

2.2.1.8. benutzte klassenexterne Hilfsfunktionen/-Methoden

```
bool approximatelyEqualTo(double left, double right, double
   factor)
{
  ENSURE("relativer Abstand zwischen left und right ist klein")
     ;
  ...
}
```

2.2.2. Quellcode

http://www.math.uni-wuppertal.de/~buhl/teach/exercises/PbC09/vektor4-2.cpp

2.3. Ein Vertrag zur Klasse rationalNumber

Die Klasse

```
#define EIFFEL_DOEND
#define EIFFEL_CHECK  CHECK_ALL
#include <eiffel.h>
#include "nana.h"
#include <iostream>
#include <climits>
#include <cstdlib>
...
class rationalNumber
{
  long Z, Nenner;
public:
  void kuerze();              // sollte privat sein
public:
  rationalNumber(long z = 0, long n = 1.0);
  long getZ() const;
  long getN() const;
  virtual bool invariant() const;
};

// Definitionen:

bool MulOk( long a, long b );
bool DivOk( long a, long b );
bool AddOk( long a, long b );

long ggT(long a, long b);
long kgV(long a, long b);

rationalNumber operator+ (const rationalNumber &r1, const
   rationalNumber &r2);
rationalNumber operator- (const rationalNumber &r1, const
   rationalNumber &r2);
rationalNumber operator* (const rationalNumber &r1, const
   rationalNumber &r2);
```

```
rationalNumber operator/ (const rationalNumber &r1, const
    rationalNumber &r2);

bool operator==(const rationalNumber left, const rationalNumber
     right);
ostream &operator<< (ostream &os, const rationalNumber &r);
```

und ihre Verträge:

```
// grundlegende Abfragen:

inline long rationalNumber::getZ() const { return Z; };
inline long rationalNumber::getN() const { return Nenner; };

// abgeleitete Abfragen:

bool operator==(const rationalNumber left, const rationalNumber
    right)
{
   REQUIRE(left.invariant());
   REQUIRE(right.invariant());
   ...
   ENSURE("left repraesentiert denselben Bruch wie right");
   return(left.getN()==right.getN()) &&
         (left.getZ()==right.getZ());
}

// Die Klassen-Invariante:

bool rationalNumber::invariant() const{
   return (getN() > 0) &&
          (ggT(getN(), getZ())==1) &&
          ((getZ()!=0) || (getN()==1));

}

// Konstruktor:

inline rationalNumber::rationalNumber(long z, long n) : Z(z),
   Nenner(n)
{
   REQUIRE(n != 0);
   ...
   ENSURE((getZ()==0) || (z % getZ() == 0));
   ENSURE((getN()==0) || (n % getN() == 0));
   ENSURE(z * getN() == n * getZ());        // (z / getZ()) == (
      n / getN())
END;

// Hilfsfunktionen zur Vermeidung von Integer-Overflows:
bool MulOk( long a, long b )
{
  ...
```

```
}
bool DivOk( long a, long b )
{
  ...
}
bool AddOk( long a, long b )
{
   ...
}

// Funktionen zum Kuerzen, um unnoetige Overflows
// solang wie moeglich aufzuschieben UND eindeutige
// Repraesentanten zu ermoeglichen
long ggT(long a, long b)
{
  ID(long a_old(a));
  ID(long b_old(b));
   ...
  ENSURE(result >= 0);
  ENSURE((result == 0) || labs(a_old) % result == 0);
  ENSURE((result == 0) || labs(b_old) % result == 0);
  ENSURE("result ist groesster solcher Teiler von a_old und
     b_old, ausser wenn:");
  ENSURE(!((a_old==0)&&(b_old==0)) || (result==0));
   ...
}
long kgV(long a, long b)
{
   ...
  ENSURE(result % a == 0);
  ENSURE(result % b == 0);
  ENSURE("result ist kleinstes solches gemeinsames Vielfaches
     von a und b");
  // ENSURE(ggT(a,b) == labs(a*b)/result);  // Konsistenz zu
     ggT()
   ...
}
...
void rationalNumber::kuerze()
{                                  // Invariante nicht erfuellt(!)
    ,
   ...
  ID(long Z_old(getZ()));
  ID(long N_old(getN()));
```

```
  ...
  ENSURE(ggT(getZ(),getN())==1);
  ID(long f = N_old/getN());
  ENSURE(f * getZ()==Z_old);
END

// Operationen mit rationalNumber's:

rationalNumber operator+ (const rationalNumber &r1, const
   rationalNumber &r2)
{
  REQUIRE(r1.invariant());
  REQUIRE(r2.invariant());
  ...
  ENSURE(r.invariant());
  ENSURE("r ist Summe von r1 und r2");
}
rationalNumber operator- (const rationalNumber &r1, const
   rationalNumber &r2)
{
  REQUIRE(r1.invariant());
  REQUIRE(r2.invariant());
  ...
  ENSURE(r.invariant());
  ENSURE(r+r2 == r1);   // Konsistenz zu operator+
}
rationalNumber operator* (const rationalNumber &r1, const
   rationalNumber &r2)
{
  REQUIRE(r1.invariant());
  REQUIRE(r2.invariant());
  ...
  ENSURE(r.invariant());
  ENSURE("r ist Produkt von r1 und r2");
}
rationalNumber operator/ (const rationalNumber &r1, const
   rationalNumber &r2)
{
  REQUIRE(r1.invariant());
  REQUIRE(r2.invariant());
  ...
  ENSURE(r.invariant());
  ENSURE(r*r2==r1);          // Konsistenz zu operator*
}
```

```
ostream &operator<< (ostream &os, const rationalNumber &r)
{
  ...
  ENSURE("Druckt rationalNumber in der Form (./.) auf os");
  ...
}
```

2.4. Ein Vertrag mit Queries, Invariants und Actions

Das folgende Beispiel (in der **Contract Specification Language CLEO** formuliert) modelliert eine (mathematische) Menge als `Set`:

```
INTERFCE Set[Element]

    QUERIES
       Count:INTEGER
          - - Number of elements in the set.

       Has(IN x:Element):BOOLEAN
          - - Does the set contain x?
          POST
             result IMPLIES(Count>0)

       IsEmpty:BOOLEAN
          - - Does the set contain no element?

    INVARIANTS
       Count>=0
       IsEmpty=(Count=0)
    ACTIONS
       Put(IN x:Element)
          - - include x into the set.
          POST
            Has(x)
            OLD (Has(x)) IMPLIES (Count=OLD(Count))
            NOT OLD (Has(x)) IMPLIES (Count=OLD(Count)+1)

      Remove(IN x:Element)
          - - Exclude x from the set.
          POST
            NOT Has(x)
            OLD (Has(x)) IMPLIES (Count=OLD(Count)-1)
            NOT OLD (Has(x)) IMPLIES (Count=OLD(Count))
          WipeOut
            - - Exclude all elements from the set.
            POST
              Count=0
    END Set
```

Um das Verhalten der Aktionen **Put** und **Remove**, des Hinzufügens eines Elementes zur Menge und des Entfernens eines Elementes aus der Menge, zu spezifizieren,

ist der Zustand der Menge vor einem Aktionsaufruf mit ihrem Zustand nach dem Aktionsaufruf zu vergleichen. Mit OLD (...) geklammerte Ausdrücke liefern den Wert des geklammerten Ausdrucks vor einem Dienstaufruf. OLD-Ausdrücke dürfen nur in Nachbedingungen auftreten. der Ausdruck

Count=OLD(Count)+1

bedeutet, das sich der Wert von Count durch die Ausführung des Dienstes um 1 erhöht. Dabei muss es sich um eine Aktion handeln, denn da eine Abfrage q den Zustand ihrer Komponente unverändert lässt, gelten für sie Nachbedingungen der Art

q=OLD(q)

mit beliebigem Attribut q.

Vergleiche auch: http://informatik.karlheinz-hug.de/artikel/ForumWI01%20SdV.pdf

2.5. Eclipse mit ...

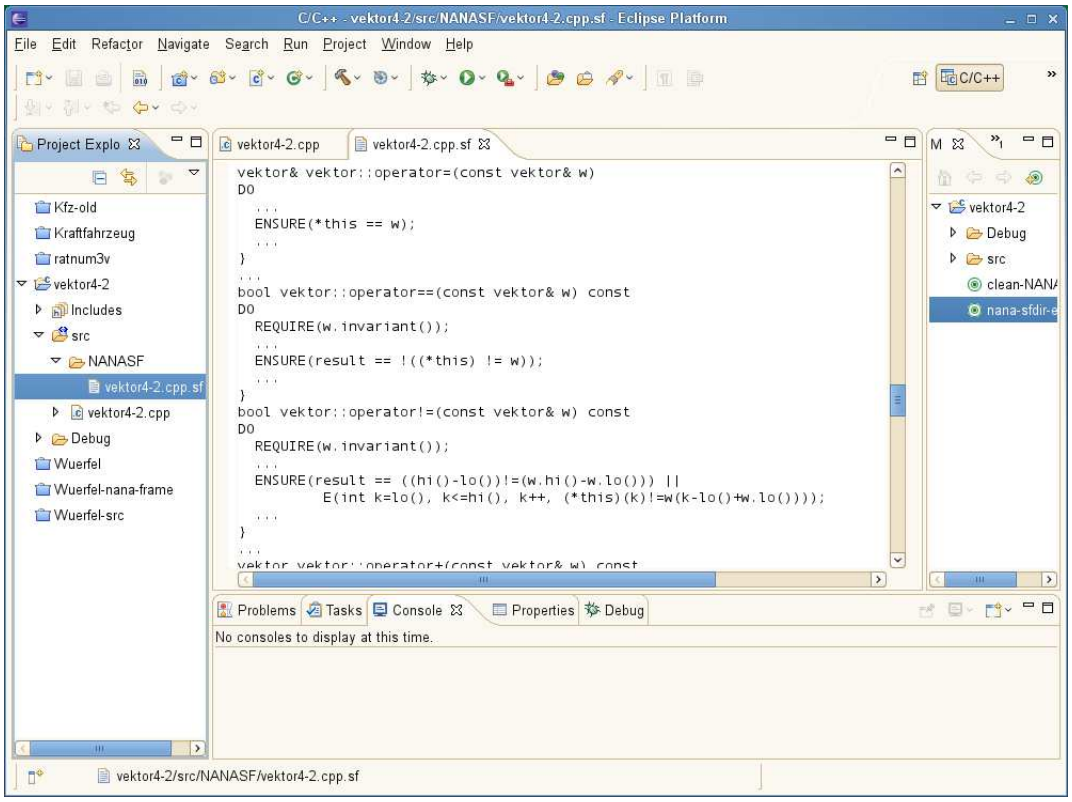
2.5.1. Make-Target für NANASF

Nach Anlegen einer Kopie `nana-sfdir-eclipse` von `nana-sfdir` und zwei kleinen Änderungen

```
...
cd ../src
...
     ${NANABIN-${exec_prefix}/bin}/nana-sfg $f >$TARGET/$f.sf
...
```

kann man mittels zweier kleiner Make-Targets `make-nana-shortform` und `clean-nana-shortform`

auf einfache Art die Short-Form-Vertragsübersichten in `eclipse` generieren beziehungsweise löschen:



2.5.2. C++ Unit-Tests

Komponenten/Unit-Tests:

- cute
  siehe Abschnitt 1.2
  oder
- cpptest oder
- cxxtest

2.5.3. Linuxtools

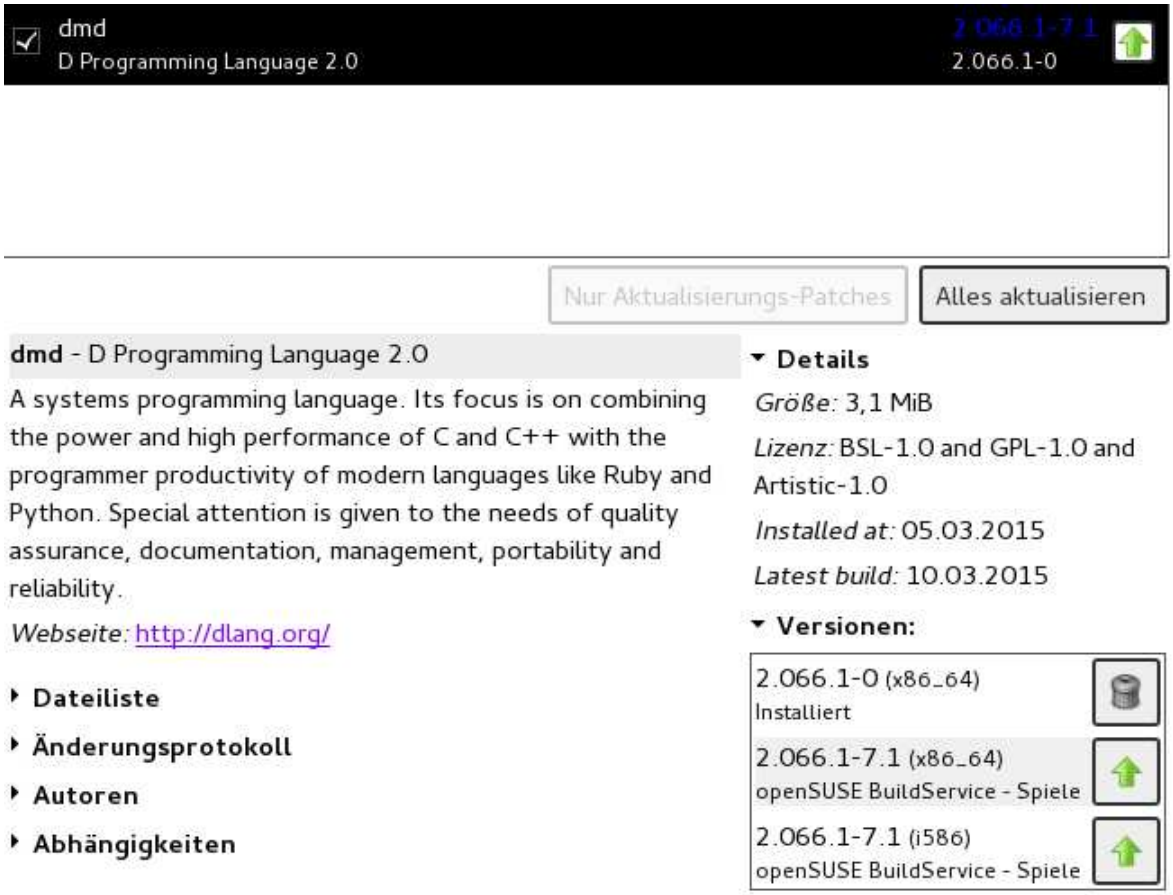
eclipse CDT Linuxtools

- Auto Tools, Autotools User Guide
- Callgraph, Callgraph User Guide
- ChangeLog, ChangeLog User Guide
- Gcov (oder lcov, Testabdeckung), GCov Plug-in User Guide
- GProf (Laufzeitanalyse), GProf User Guide
- LTTng, LTTng2 User Guide
- GDB Tracepoint Analysis User Guide, GDB/User Guide
- OProfile, OProfile User Guide
- Perf, PERF User Guide
- Specfile Editor, Specfile Editor User Guide
- Valgrind, Valgrind User Guide
- Systemtap, Systemtap User Guide
- Libhover, Libhover Developers Guide

https://wiki.eclipse.org/Linux_Tools_Project/User_Guides

Benutzung in `eclipse` gemäß der Seiten 373 bis 388 der zweiten Auflage des Buchs *Eclipse für C/C++-Programmierer (Sebastian Bauer), dpunkt.verlag,2011.*

2.5.4. Alles aus einem Guß: Die Systemprogrammiersprache D



Ein Beispiel d-Programm

```
import std.stdio;
import std.math;
import std.conv;
import core.exception;
import std.process;
import std.string;
import std.path;

pure nothrow @safe bool withinEpsilonOf(real left, real right,
   real delta){
  return fabs(left-right)<=delta;
}

pure nothrow @safe bool appoximatelyEqualTo(real left, real
   right, real factor = 1.0){
  return fabs(left-right)<=real.epsilon*factor*fmax(fabs(left),
     fabs(right));
}

pure nothrow @safe real sqrtm(real x, int m)
        in{assert((m>1)&&(x>=0.0), "Vorbedingung sqrtm verletzt
           !");}
        out(result){assert(appoximatelyEqualTo(pow(result,m),x
           ,2.0),
                                "Genauigkeit konnte nicht
                                   erreicht werden!");}
        body{
                if (x==0) return 0;
                real approx = x/m;
                real better = approx*(m-1+x/pow(approx,m))/m;
                while (better != approx) {
                        approx = better;
                        better = approx*(m-1+x/pow(approx,m))/m
                           ;
                }
                return approx;
        }

pure nothrow @safe real myown_sqrt(real x)
  in{assert(x >= 0.0, "Argument ist negativ!");}
  out(result){assert(appoximatelyEqualTo(result*result, x, 1.0)
     ,
```

```
                                "Genauigkeit konnte nicht erreicht
                                    werden!");}
  body{
    real xold, xi, result;
    if (x == 0.0) {
      result = 0.0;
    } else {
        xi = x / 2.0;
        do{
                //writeln(xi);
                xold = xi;
                xi = 0.5 * (xi + x/xi);
        } while (xi != xold);
        result = xi;
      }
      return result;
    }

/*!
 * @mainpage 3-dimensionale Wuerfel
 *
 * date 10. Februar 2013
 * version 0.9
 * Copyright Public Domain
 * author HJB
 */

/*!
 * 3D-Wuerfel
 *
 */
class Wuerfel{

  private real seite;

  public void Seite(real w)
    in{assert(w >= 0.0); assert(!isInfinity(seite));}
    out{assert(seite == w);}
    body{seite = w;}

  public real Seite() const
    out(result){assert(result == seite);}
    body{return seite;};
```

```
  this(real mySeite = 1.0)
    in{assert(mySeite >= 0.0); assert(!isInfinity(seite));}
    out{assert(seite==mySeite);}
    body{
      this.seite=mySeite;
    }

  ~this(){
    writeln("Wuerfel destruiert!\n");
  }

/*!
 * @invariant{seite >= 0 && !isNaN(seite) && !isInfinity(seite)
     }
 */
  const invariant() {
    assert(seite >= 0.0);
    assert(!isNaN(seite) && !isInfinity(seite));
  }

  override string toString() const {
    return text("Wuerfel(", seite, "; ", Oberflaeche(),";",
                          Volumen(), ";", Raumdiagonale(), ") ")
                             ;
  }

  void verdoppleWuerfel()
    // out{assert(approximatelyEqualTo(pow(old(seite),3),pow(
       seite,3),600.0));}
    //out{assert(approximatelyEqualTo(pow(seite@pre,3),pow(
       seite,3),600.0));
    body{
                real old_volumen = Volumen();
                seite *= pow(2.0, 1.0/3.0);
                assert(appoximatelyEqualTo(Volumen(),
                   old_volumen*2.0, 600.0));
        }

unittest{
        auto w = new Wuerfel();
        assert(w.Seite == 1.0);
        real old_volumen = w.Volumen();
        w.verdoppleWuerfel();
        assert(appoximatelyEqualTo(w.Volumen(),2.0 *
```

```
            old_volumen,600.0));

        assert(appoximatelyEqualTo(w.Oberflaeche()
            ,9.524406311809197239 57,1.00));
        assert(appoximatelyEqualTo(w.Volumen(),2.0,600.0));
        assert(appoximatelyEqualTo(w.Raumdiagonale()
            ,2.18224727194344272 56,1.0));

        //writefln("%1.20f",w.Raumdiagonale());

        w = new Wuerfel(2.1);
        assert(appoximatelyEqualTo(w.Oberflaeche(),26.46,2.00))
            ;
        assert(appoximatelyEqualTo(w.Volumen(),9.261,2.0));
        assert(appoximatelyEqualTo(w.Raumdiagonale()
            ,3.63730669589464210 55,1.0));

        //writefln("%1.20f",w.Raumdiagonale());
}

 real Oberflaeche() const
   out(result){
     assert(appoximatelyEqualTo(result, 6.0 * seite * seite,
        1.0));
   } body {
     return 6.0 * pow(seite,2);
   }

 real Volumen() const
  out(result){
    assert(appoximatelyEqualTo(result,seite*seite*seite,1.0));
  } body {
    return pow(seite,3);
  }

  real Raumdiagonale() const
  out(result){
    assert(appoximatelyEqualTo(result,seite*myown_sqrt(3.0)
       ,600.0));
  } body {
    return seite * sqrt(3.0);
  }
}
```

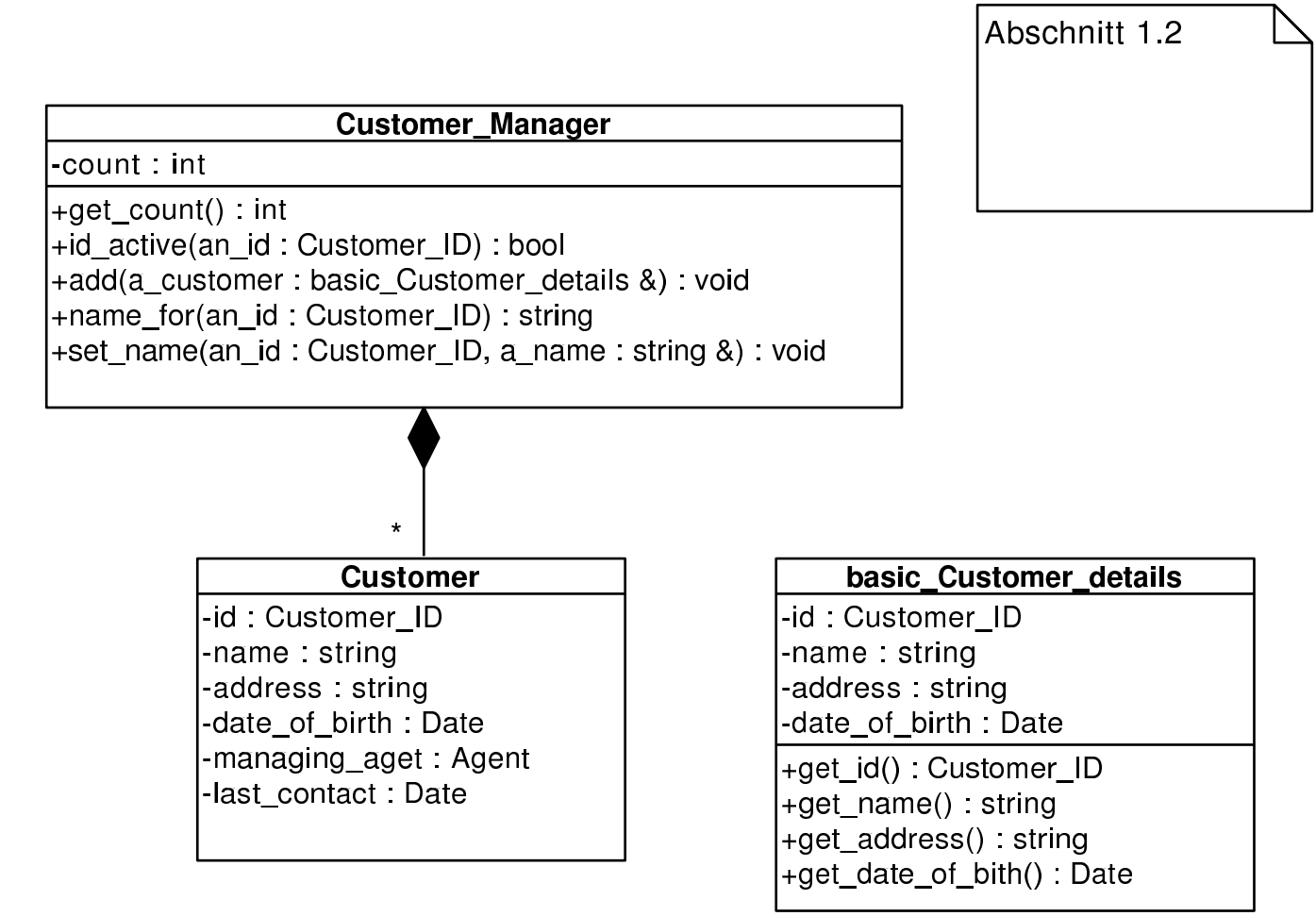
```
int main(char[][] args)
{
   try{
        writeln("Testlauf Wuerfel:\n");

        auto w1= new Wuerfel();
        writeln(w1.Seite);
        writeln(w1);writeln();

        w1.verdoppleWuerfel();
        writeln(w1.Seite);
        writeln(w1);writeln();

        w1.Seite=2.1;
        writeln(w1.Seite);
        writeln(w1); writeln();

        writeln(myown_sqrt(3.0)); writeln();

        writeln(sqrtm(512.0,9));
        writeln(sqrtm(0.000001,6));
        //writeln(sqrtm(-1.0,2));
        writeln(sqrtm(0.0,3)); writeln();

        writeln(real.epsilon, " ", 600.0*real.epsilon);
        writeln(double.epsilon); writeln();

    } catch (AssertError e){
        writeln("Fehlerabbruch:");
        writeln("  in Zeile ", e.line, " von Datei ",
                    stripExtension(e.file), ".d");
        writeln("Backtrace:");
        writeln(e);
        auto file = stripExtension(baseName(e.file));
        auto filename = "src/" ~ file ~ ".d";
        system("emacs" ~ " +" ~ to!string(e.line) ~ " " ~
           filename ~ "&");
    }

    writeln("Programm endet.");
    return 0;
}
```

mit

- Module statt Text-Makros (`import`)
  Modules
- `pure` Nebeneffektfreiheit
  - What are pure and const?
  - Implications of pure and constant functions
  - Pure/const functions in C++
  - pure/const function attributes in different compiler
  - Pure Functions
- `@safe` Memory-Safety
  - Memory-Safe-D
  - Function Safety
- Codeverträgen `in, out, invariant`
  Contract Programming
- Unittests
  Unit Tests
  Extending Unit Tests
- Handler für Codevertragsverletzungen (`AssertError`) Errors
  Try - Catch
  std.exception
  Class AssertError
- Codeembedded Documentation
  Documentation Generator
- ...

A. Design by Contract, by Example, in C++ with nana

A.1. A first Taste of Design by Contract




```
// Kapitel 7.1.2
```

```
//
// c++ -c  DbCrev.cc -I$HOME/include -L$HOME/lib -lnana
//
// eventuell mit
//                   -DWITHOUT_NANA
// und/oder
//                   -DNDEBUG
//
// und/oder
//                   -DEIFELL_CHECK=CHECK_....
//
// ------------------------------------------------------------------
// evtl. myexcept.o mit angeben

#define EIFFEL_DOEND

#ifndef EIFFEL_CHECK
#define EIFFEL_CHECK CHECK_ALL
//                                          Makros CHECK() und folgende
//                     CHECK_LOOP           Makros INVARIANT() und folgende
//                      CHECK_INVARIANT     Methode invariant() und folgende
//                       CHECK_ENSURE       Nachbedingungen und folgende
//                        CHECK_REQUIRE     Vorgedingungen
//                         CHECK_NO
#endif
#include "eiffel.h"
#include "nana.h"



#include <string>
#include <vector>
#include <exception>

using namespace std;

// ------------------------------------------------------------------

class Date
{
private: int day;
private: int month;
private: int year;
```

```
public:
  // ...
};

class Customer_ID
{
  // ...
};

class Agent
{
  // ...
};

class Customer_Manager;

// ----------------------------------------------------------------

        class Customer
        {
                private: Customer_ID id;
                private: string name;
                private: string address;
                private: Date date_of_birth;
                private: Agent managing_aget;
                private: Date last_contact;

                private: Customer_Manager* customer_manager;
        };


// ----------------------------------------------------------------

       class basic_Customer_details
        {
                private: Customer_ID id;
                private: string name;
                private: string address;
                private: Date date_of_birth;

                public: Customer_ID get_id() const;
                public: string get_name() const;
                public: string get_address() const;
                public: Date get_date_of_bith() const;
```

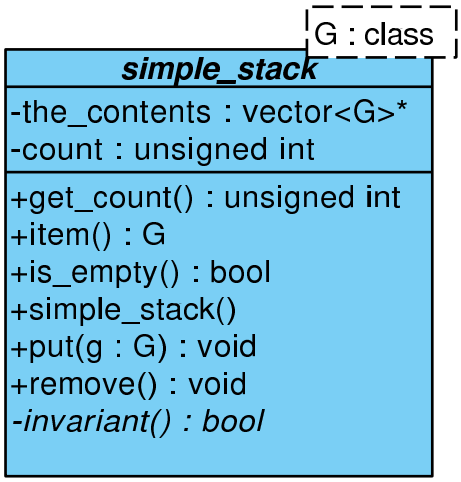
```
        };

// ------------------------------------------------------------

        class Customer_Manager
        {
                private: int count;
                private: virtual bool invariant() const;

                private: vector<Customer*> customer;

                public: int get_count() const;
                public: bool id_active(Customer_ID an_id) const;
                public: void add(const basic_Customer_details& a_customer);
                public: string name_for(Customer_ID an_id) const;
                public: void set_name(Customer_ID an_id, const string& a_name);
        };

bool Customer_Manager::invariant() const
{
  return get_count() >= 0;
};


// Anzahl der Kunden, die vom Custom_Manager verwaltet werden
//
int Customer_Manager::get_count() const
DO
        throw "Not yet implemented";
END;

// Existiert ein Kunde mit der Kennung an_id?
//
bool Customer_Manager::id_active(Customer_ID an_id) const
DO
        throw "Not yet implemented";
END;

// Fuege a_customer der Customer_Manager-Datenbasis hinzu
//
void Customer_Manager::add(const basic_Customer_details& a_customer)
DO
    REQUIRE(!id_active(a_customer.get_id()));
    ID(int old_count = get_count());
```

```
        throw "Not yet implemented";
    ENSURE(get_count() == old_count + 1 );
    ENSURE(id_active(a_customer.get_id()));
END;

// was ist der Name des mit an_id gekennzeichneter Kunden?
//
string Customer_Manager::name_for(Customer_ID an_id) const
DO
    REQUIRE(id_active(an_id));
        throw "Not yet implemented";
END;

// Setze/Ändere den Namen des mit an_id gekennzeichneten Kunden auf a_name
//
void Customer_Manager::set_name(Customer_ID an_id, const string& a_name)
DO
    REQUIRE(id_active(an_id));
        throw "Not yet implemented";
    ENSURE(name_for(an_id) == a_name);
END;



// ---------------------------------------------------------------------

int main(){

  exit (0);
}
```

A.2. Elementary Principles of Design by Contract

A.2.1. First Trial

Visual Paradigm for UML Standard Edition(University




```
//
// simple_stack0.cc
//
// g++ -g -o simple_stack0 simple_stack0.cc -I$HOME/include -L$HOME/lib -lnana
//
//
// eventuell mit
//                   -DWITHOUT_NANA
// und/oder
//                   -DNDEBUG
//
// und/oder
//                   -DEIFFEL_CHECK=CHECK_....
//
// ------------------------------------------------------------------
// evtl. myexcept.o mit angeben
// ------------------------------------------------------------------
//
// oder: nana-c++lg simple_stack0.cc
//


#define EIFFEL_DOEND
#ifndef EIFFEL_CHECK
#define EIFFEL_CHECK  CHECK_ALL
//                                              Makros CHECK() und folgende
```

```
//                    CHECK_LOOP              Makros INVARIANT() und folgende
//                     CHECK_INVARIANT        Methode invariant() und folgende
//                      CHECK_ENSURE          Nachbedingungen und folgende
//                       CHECK_REQUIRE        Vorgedingungen
//                        CHECK_NO
#endif


#include <iostream>
#include <vector>

#include <eiffel.h>
#include <nana.h>


using namespace std;


///////////////// class declaration ////////////////////////

template<class G>
class simple_stack{

private:

  vector<G>* the_contents;
  unsigned int count;

public:

  /////////// basic queries:

  unsigned int get_count() const;    // number of items in stack

  G item() const;                    // get top item

  /////////// class invariant:

private:
  virtual bool invariant() const;
public:

  /////////// derived queries:
```

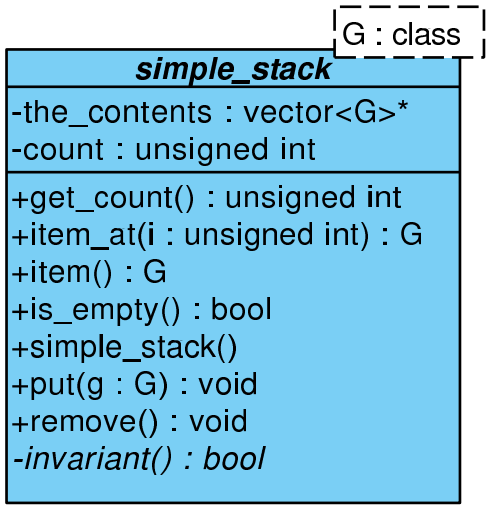
```
  bool is_empty() const;

  /////////// constructors:

  simple_stack();

  /////////// (pure) modificators:

  void put(G g);                  // Push 'g' onto the stack

  void remove();                  // delete the top item

};

///////////////// class definition ///////////////////////

/////////// basic queries:

template<class G>
unsigned int simple_stack<G>::get_count() const{
    return count;
};

template<class G>
G simple_stack<G>::item() const{         // the item on the top of stack
  REQUIRE( /* stack not empty */ get_count() > 0 );
  return the_contents->at(count-1);
};

/////////// class invariant:

template<class G>
bool simple_stack<G>::invariant() const {
  return (count >= 0) && (the_contents != 0);
};
/////////// derived queries:



template<class G>
bool simple_stack<G>::is_empty() const{  // does the stack contain no items?
  bool Result = (get_count() == 0);
  ENSURE( /* consistend with count */       Result == (get_count() == 0) );
  return Result;
```

```
};

////////////// constructors:

template<class G>
simple_stack<G>::simple_stack(){
  count = 0;
  the_contents = new vector<G>(100);

  ENSURE(/* stack is empty */       (get_count() == 0));
  ENSURE(invariant());
};

////////////// (pure) modificators:

template<class G>
void simple_stack<G>::put(G g)     // Push 'g' onto the stack
DO
  ID(int count_old = get_count());
  count++;
  the_contents->at(count-1) = g;
  ENSURE(/* count incremented */     get_count() == count_old + 1 );
  ENSURE(/* g on top */              item() == g );
END;

template<class G>
void simple_stack<G>::remove()     // delete the top item;
DO
  ID(int count_old = get_count());
  REQUIRE(/* stack not empty */      get_count() > 0 );
  count--;
  ENSURE(/* count decremented */     get_count() == count_old - 1 );
END;


///////////////// class test main() program ///////////////

int main(){

  cout << "\nTest der Klasse simple_stack: ----------------" << endl;

  simple_stack<long> s;

  s.put(10);
```

```
  cout << s.item() << endl;
  s.put(20);
  cout << s.item() << endl;
  s.put(30);
  std::cout << s.item() << endl;

  std::cout << endl;

  // Exercise 'remove'
  cout << s.item() << endl;
  s.remove();
  cout << s.item() << endl;
  s.remove();
  cout << s.item() << endl;

  // Exercise contract violation
  s.remove();
  cout << s.item() << endl;

  cout << "------------------ Testende ------------------" << endl << endl;

}
```

A.2.2. Redesign

Visual Paradigm for UML Standard Edition(University of '




```
//
// simple_stack.cc
//
```

```
// g++ -g -o simple_stack simple_stack.cc -I$HOME/include -L$HOME/lib -lnana
//
//
// eventuell mit
//                   -DWITHOUT_NANA
// und/oder
//                   -DNDEBUG
//
// und/oder
//                   -DEIFFEL_CHECK=CHECK_....
//
// ------------------------------------------------------------------------
// evtl. myexcept.o mit angeben
// ------------------------------------------------------------------------
//
// oder: nana-c++lg simple_stack0.cc
//


#define EIFFEL_DOEND
#ifndef EIFFEL_CHECK
#define EIFFEL_CHECK  CHECK_ALL
//                                          Makros CHECK() und folgende
//                    CHECK_LOOP            Makros INVARIANT() und folgende
//                     CHECK_INVARIANT      Methode invariant() und folgende
//                      CHECK_ENSURE        Nachbedingungen und folgende
//                       CHECK_REQUIRE      Vorgedingungen
//                        CHECK_NO
#endif

#include <iostream>
#include <vector>

#include <eiffel.h>
#include <nana.h>


using namespace std;

///////////////// class declaration ///////////////////////

template<class G>
class simple_stack{
```

```
private:

  vector<G>* the_contents;
  unsigned int count;

public:

  /////////// basic queries:

  unsigned int get_count() const;    // number of items in stack

  G item_at(unsigned int i) const;

  /////////// class invariant:

private:
  virtual bool invariant() const;

public:

  /////////// derived queries:

  G item() const;                        // the item on the top of stack

  bool is_empty() const;                 // does the stack contain no items?

  /////////// constructors:

  simple_stack();

  /////////// (pure) modificators:

  void put(G g);                    // Push 'g' onto the stack

  void remove();                   // delete the top item;

};

///////////////// class definition ///////////////////////

/////////// basic queries:

template<class G>
G simple_stack<G>::item_at(unsigned int i) const {
```

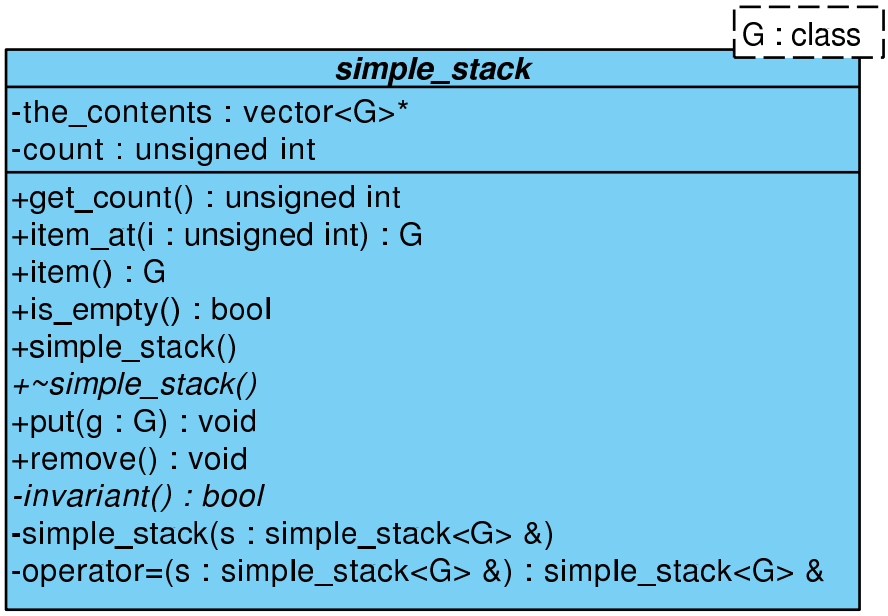
```
  REQUIRE( /* big enough */    i >= 1);
  REQUIRE( /* small enough */  i <= get_count() );

  return the_contents->at(i-1);
};

template<class G>
unsigned int simple_stack<G>::get_count() const{
    return count;
};

////////////// class invariant:

template<class G>
bool simple_stack<G>::invariant() const {
  return (get_count() >= 0) && (the_contents != 0);
};
////////////// derived queries:

template<class G>
G simple_stack<G>::item() const{         // the item on the top of stack
  REQUIRE( /* stack not empty */ get_count() > 0 );

  G result = the_contents->at(count-1);
  ENSURE( /* consistend with item_at() */   result == item_at(get_count()) );
  return result;
};

template<class G>
bool simple_stack<G>::is_empty() const{  // does the stack contain no items?

  bool result = (count == 0);
  ENSURE( /* consistend with count */       result == (get_count() == 0) );
  return result;

};

////////////// constructors:

template<class G>
simple_stack<G>::simple_stack(){

  count = 0;
  the_contents = new vector<G>(100);
```

```
  ENSURE(/* stack is empty */       (get_count() == 0));
  ENSURE(invariant());
};

////////////// (pure) modificators:

template<class G>
void simple_stack<G>::put(G g)     // Push 'g' onto the stack
DO
  ID(unsigned int count_old = get_count());
  count++;
  the_contents->at(count-1) = g;
  ENSURE(/* count incremented */     get_count() == count_old + 1 );
  ENSURE(/* g on top */              item_at(get_count()) == g );
END;

template<class G>
void simple_stack<G>::remove()     // delete the top item;
DO
  ID(unsigned int count_old = get_count());
  REQUIRE(/* stack not empty */      get_count() > 0 );
  count--;
  ENSURE( /* count decremented */        get_count() == count_old - 1 );
END;

///////////////// class test main() program ///////////////

int main(){

  cout << "\nTest der Klasse simple_stack: ----------------" << endl;

  simple_stack<long> s;

  s.put(10);
  cout << s.item() << endl;
  s.put(20);
  cout << s.item() << endl;
  s.put(30);
  cout << s.item() << endl;

  cout << endl;

  // Exercise 'remove'
```

```
  cout << s.item() << endl;
  s.remove();
  cout << s.item() << endl;
  s.remove();
  cout << s.item() << endl;

  // Exercise contract violation
  s.remove();
  cout << s.item() << endl;

  cout << "------------------ Testende ------------------" << endl << endl;

}
```

A.2.3. Destruktor, Kopierkonstruktor und Wertzuweisung

Visual Paradigm for UML Standard Edition(University of Wuppertal)




```
...
#define EIFFEL_DOEND
#define EIFFEL_CHECK  CHECK_ALL
...
#include <iostream>
#include <vector>
#include <eiffel.h>
#include <nana.h>
...
class simple_stack{
```

```
private:

  vector<G>* the_contents;
  unsigned int count;

public:

  /////////// basic queries:

  unsigned int get_count() const;  // number of items in stack

  G item_at(unsigned int i) const;

  /////////// class invariant:

private:
  virtual bool invariant() const;
public:

  /////////// derived queries:

  G item() const;                        // the item on the top of stack

  bool is_empty() const;                 // does the stack contain no items?

  /////////// constructors:

  simple_stack();

  virtual ~simple_stack();               // notwendig wegen new in Konstruktor

private:                                 // default copy-Konstruktor
                                         // und default operator=
                                         // fragwuerdig

  simple_stack<G>(const simple_stack<G>& s);
  simple_stack<G>& operator=(const simple_stack<G>& s);

public:

/////////// (pure) modificators:

void put(G g);                   // Push 'g' onto the stack
```

```
void remove();                  // delete the top item;

};
...
template<class G>
G simple_stack<G>::item_at(unsigned int i) const {
  REQUIRE( /* big enough */    i >= 1);
  REQUIRE( /* small enough */  i <= get_count() );
  ...
};
...
template<class G>
unsigned int simple_stack<G>::get_count() const{
    ...
};
...
template<class G>
bool simple_stack<G>::invariant() const {
  ...
};
...
template<class G>
G simple_stack<G>::item() const{         // the item on the top of stack
  REQUIRE( /* stack not empty */ get_count() > 0 );
  ...
  ENSURE( /* consistend with item_at() */   result == item_at(get_count()) );
  ...
};
...
template<class G>
bool simple_stack<G>::is_empty() const{  // does the stack contain no items?
  ...
  ENSURE( /* consistend with count */       result == (get_count() == 0) );
  ...
};
...
template<class G>
simple_stack<G>::simple_stack(){
  ...
  ENSURE(/* stack is empty */       (get_count() == 0));
  ENSURE(invariant());
};
...
```

```
template<class G>
simple_stack<G>::~simple_stack<G>(){
  REQUIRE (/* pointer not null */ the_contents != 0);
  ...
};
...
template<class G>
void simple_stack<G>::put(G g)     // Push 'g' onto the stack
DO
  ID(int count_old = get_count());
  ID(vector<G> old(*the_contents));
  ...
  ENSURE(/* count incremented */     get_count() == count_old + 1 );
  ENSURE(/* g on top */              item_at(get_count()) == g );
  ENSURE(/* old contents unchanged */
                A(int k=1, k<get_count(), k++, item_at(k)== old.at(k-1) ));
  ...
END;
...
template<class G>
void simple_stack<G>::remove()     // delete the top item;
DO
  REQUIRE(/* stack not empty */      get_count() > 0 );
  ID(int count_old = get_count());
  ID(vector<G> old(*the_contents));
  ...
  ENSURE( /* count decremented */        get_count() == count_old - 1 );
  ENSURE( /* consistancy with item() */  item_at(get_count()) == old.at(count_old-2) );
  ENSURE( /* old contents unchanged */
                A(int k=1, k<get_count(), k++, item_at(k)== old.at(k-1) ));
END;
...
int main(){
...
s.put(10);
cout << s.item() << endl;
s.put(20);
cout << s.item() << endl;
s.put(30);
cout << s.item() << endl;

cout << endl;

// Exercise 'remove'
```

```
cout << s.item() << endl;
s.remove();
cout << s.item() << endl;
s.remove();
cout << s.item() << endl;

// Test copy-Konstruktor ...
//
// simple_stack<long> s2(s);
simple_stack<long> s3;
// s3 = s;

cout << "------------------ Testende ------------------" << endl << endl;

}
```

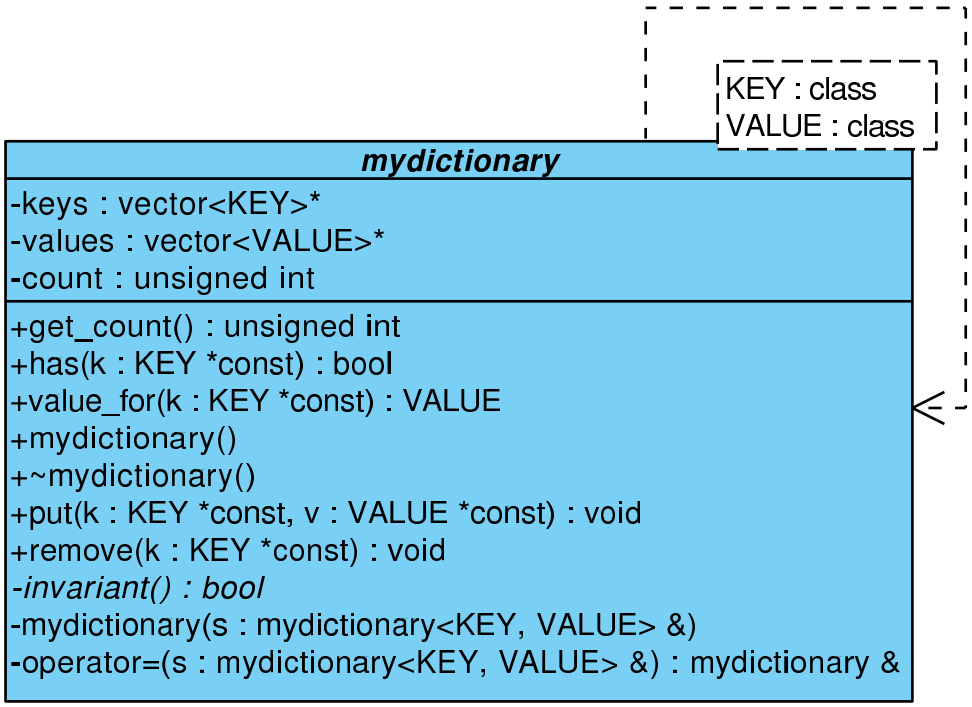
Voller Code: simple_stack4.cc

A.3. Applying the Six Principles

PbC-Regeln:

- Vermeide statusändernde Methoden, die einen Wert liefern! (Observator **oder** Modifikator)
- Unterscheide grundlegende von abgeleiteten (redundanten) Observatoren.
- Schreibe für jeden abgeleiteten Observator eine Nachbedingung mit Hilfe der (aller) grundlegenden Observatoren.
- Schreibe für jeden Modifikator Nachbedingungen, die mit Hilfe der (aller) grundlegenden Observatoren den Inhalt des Klassenexemplars nach Methodenende in seiner Relation zum Exemplarinhalt bei Methodenbeginn **exakt** beschreiben. Nutze implizite (als Kommentar) oder explizite Frame-Bedingungen.
- Schreibe für alle Methoden Vorbedingungen (an Parameter bzw. Exemplarinhalt).
- Schreibe und benutze Invarianten, die gültige von ungültigen Exemplaren trennen.

A.3.1. Design und Contracts




```
...
#define EIFFEL_DOEND
#define EIFFEL_CHECK  CHECK_ALL
```

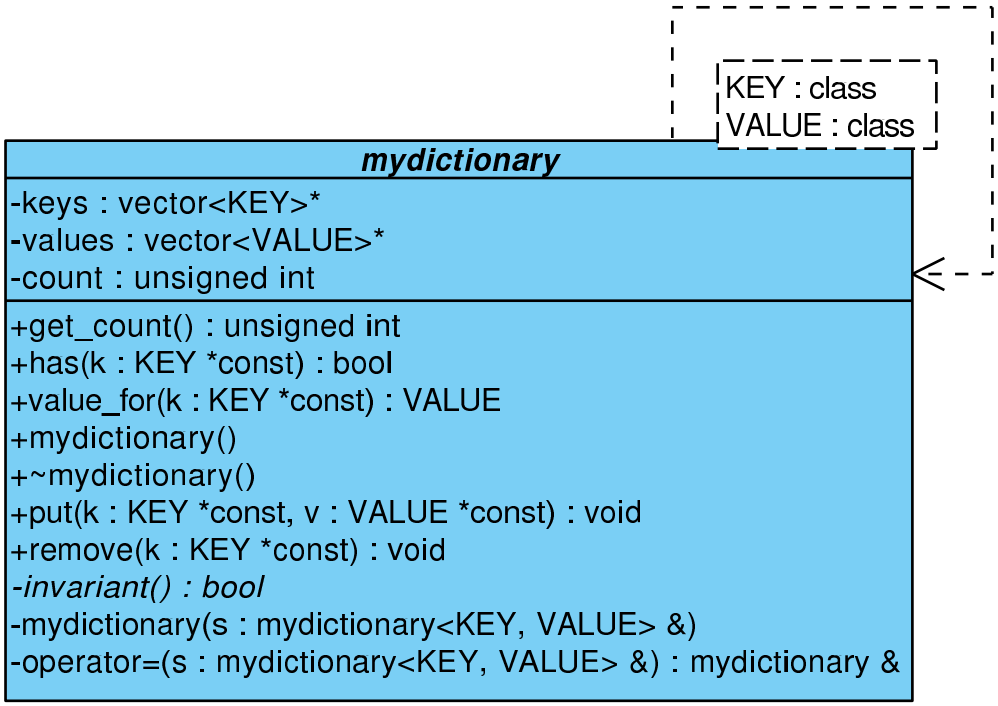
```
...
#include <iostream>
#include <vector>
#include <eiffel.h>
#include <nana.h>
...
class mydictionary{

  vector<KEY>* keys;
  vector<VALUE>* values;
  unsigned int count;

public:
  ///////////////// basic queries:

  unsigned int get_count() const;     // number of key/value-pairs in dict.

  bool has(const KEY *const k) const;              // key in dictionary?

  VALUE value_for(const KEY *const k) const;      // lookup value for key

  /////////////// class invariant:
private:
  virtual bool invariant() const;
public:
  /////////////// derived queries:

  // not yet necessary

  /////////////// constructors and destructors:

  mydictionary();

  ~mydictionary();

  /////////////// deactivate default copy constructor and operator=

private:
  mydictionary(const mydictionary<KEY, VALUE>& s);
  mydictionary& operator=(const mydictionary<KEY, VALUE>& s);
public:

  /////////////// (pure) modificators
```

```
  void put(const KEY *const k, const VALUE *const v);
                                              // put key/value-pair in dict.

  void remove(const KEY *const k);            // remove key/value-pair

};
...
template<class KEY, class VALUE>
unsigned int mydictionary<KEY, VALUE>::get_count() const{
  ...
};
...
template<class KEY, class VALUE>
bool mydictionary<KEY, VALUE>::has(const KEY *const k) const {
  REQUIRE( /* key exists */      k != 0);
  ...
  ENSURE( /* consistent with count */  (get_count() != 0) || ! result);
  ...
};
...
template<class KEY, class VALUE>
VALUE mydictionary<KEY, VALUE>::value_for(const KEY *const k) const{
  REQUIRE(/* key exists */       k != 0);
  REQUIRE(/* key in dict. */     has(k));
  ...
};
...
template <class KEY, class VALUE>
bool mydictionary<KEY, VALUE>::invariant() const{
  ...
};
...
template<class KEY, class VALUE>
mydictionary<KEY, VALUE>::mydictionary(){
  ...
  ENSURE(invariant());
};
...
template<class KEY, class VALUE>
mydictionary<KEY, VALUE>::~mydictionary(){
  REQUIRE(/* keys exist */      keys != 0);
  REQUIRE(/* values exist */    values != 0);
  ...
};
```

```
...
template<class KEY, class VALUE>
void mydictionary<KEY, VALUE>::put(const KEY *const k, const VALUE *const v)
DO
  ID(unsigned int count_old=get_count());
  REQUIRE(/* key exists */         k != 0);
  REQUIRE(/* key not in dict. */   ! has(k));
  ...
  ENSURE(/* count incremented */   get_count() == count_old + 1);
  ENSURE(/* key in dict. */        has(k) );
  ENSURE(/* correct value */       value_for(k) == *v);
END;
...
template<class KEY, class VALUE>
void mydictionary<KEY, VALUE>::remove(const KEY *const k)
DO
  ID(unsigned int count_old = get_count());
  REQUIRE(/* key exists */      k != 0);
  REQUIRE(/* key in dict. */    has(k));
  ...
  ENSURE(/* count decremented */ get_count() == count_old - 1);
  ENSURE(/* key not in dict. */ ! has(k));
  ...
END;
...
int main(){
  ...
}
```

A.3.2. Implementierung und Tests

Visual Paradigm for UML Standard Edition(University of Wuppertal)




```
// dictionary2.cc
//
// g++ -g -o dictionary2 dictionary2.cc -I$HOME/include -L$HOME/lib -lnana
//
//
// eventuell mit
//                   -DWITHOUT_NANA
// und/oder
//                   -DNDEBUG
//
// und/oder
//                   -DEIFFEL_CHECK=CHECK_....
//
// ------------------------------------------------------------------------
// evtl. myexcept.o mit angeben
// ------------------------------------------------------------------------
//
// oder: nana-c++lg simple_stack4.cc
//


#define EIFFEL_DOEND
```

```
#ifndef EIFFEL_CHECK
#define EIFFEL_CHECK  CHECK_ALL
//                                          Makros CHECK() und folgende
//                    CHECK_LOOP            Makros INVARIANT() und folgende
//                     CHECK_INVARIANT      Methode invariant() und folgende
//                      CHECK_ENSURE        Nachbedingungen und folgende
//                       CHECK_REQUIRE      Vorgedingungen
//                        CHECK_NO
#endif

#include <iostream>
#include <vector>

#include <eiffel.h>
#include <nana.h>


using namespace std;

///////////////// class declaration ////////////////////////

template<class KEY, class VALUE>
class mydictionary{

  vector<KEY>* keys;
  vector<VALUE>* values;
  unsigned int count;

public:
  ///////////////// basic queries:

  unsigned int get_count() const;     // number of key/value-pairs in dict.

  bool has(const KEY *const k) const;              // key in dictionary?

  VALUE value_for(const KEY *const k) const;      // lookup value for key

  /////////////// class invariant:
private:
  virtual bool invariant() const;
public:
  /////////////// derived queries:

  // not yet necessary
```

```
  /////////////// constructors and destructors:

  mydictionary();

  ~mydictionary();

  /////////////// deactivate default copy constructor and operator=

private:
  mydictionary(const mydictionary<KEY, VALUE>& s);
  mydictionary& operator=(const mydictionary<KEY, VALUE>& s);
public:

  /////////////// (pure) modificators

  void put(const KEY *const k, const VALUE *const v);
                                          // put key/value-pair in dict.

  void remove(const KEY *const k);        // remove key/value-pair

};

///////////////// class definition ////////////////////////

///////////////// basic queries:

template<class KEY, class VALUE>
unsigned int mydictionary<KEY, VALUE>::get_count() const{
  return count;
};

template<class KEY, class VALUE>
bool mydictionary<KEY, VALUE>::has(const KEY *const k) const {

  REQUIRE( /* key exists */      k != 0);

  unsigned int i = 0;
  do {
    i++;
  }while((i <= count) && (keys->at(i-1) != *k) );

  bool result = (i <= count) && (keys->at(i-1) == *k);
  ENSURE( /* consistent with count */  (get_count() != 0) || ! result);
```

```
  return result;
};

template<class KEY, class VALUE>
VALUE mydictionary<KEY, VALUE>::value_for(const KEY *const k) const{
  REQUIRE(/* key exists */       k != 0);
  REQUIRE(/* key in dict. */     has(k));

  unsigned int i = 0;
  do {
    i++;
  }while(keys->at(i-1) != *k);
  return values->at(i-1);

};

////////////// class invariant:

template <class KEY, class VALUE>
bool mydictionary<KEY, VALUE>::invariant() const{

  return  (get_count() >= 0) && (keys != 0) && (values != 0);

};

/////////////// constructors and destructors:

template<class KEY, class VALUE>
mydictionary<KEY, VALUE>::mydictionary(){

  count = 0;
  keys = new vector<KEY>(100);
  values = new vector<VALUE>(100);
  ENSURE(invariant());
};

template<class KEY, class VALUE>
mydictionary<KEY, VALUE>::~mydictionary(){

  REQUIRE(/* keys exist */      keys != 0);
  REQUIRE(/* values exist */    values != 0);
  delete keys;
  delete values;
};
```

```
/////////////// (pure) modificators

template<class KEY, class VALUE>
void mydictionary<KEY, VALUE>::put(const KEY *const k, const VALUE *const v)
DO
  ID( unsigned int count_old=get_count());
  REQUIRE(/* key exists */         k != 0);
  REQUIRE(/* key not in dict. */   ! has(k));

  count++;
  keys->at(count-1) = *k;
  values->at(count-1) = *v;

  ENSURE(/* count incremented */   get_count() == count_old + 1);
  ENSURE(/* key in dict. */        has(k) );
  ENSURE(/* correct value */       value_for(k) == *v);
END;

template<class KEY, class VALUE>
void mydictionary<KEY, VALUE>::remove(const KEY *const k)
DO
  ID(unsigned int count_old = get_count());
  REQUIRE(/* key exists */      k != 0);
  REQUIRE(/* key in dict. */    has(k));

  unsigned int i = 0;
  do {
    i++;
  }while(keys->at(i-1) != *k);
  CHECK(i <= count);
  if (i < count){
    keys->at(i-1) = keys->at(count-1);
    values->at(i-1) = keys->at(count-1);
  };
  count--;

  ENSURE(/* count decremented */  get_count() == count_old - 1);
  ENSURE(/* key not in dict. */ ! has(k));
  // REQUIRE precondition for value_for() is false for k
END;

/////////////// class test main() program ///////////////
```

```
int main(){

  cout << "Test der Klasse dictionary: ----------------" << endl;

  mydictionary<string, string> d;

  string k("Denver"); string v("Colorado");
  d.put(&k, &v);
  k = "London"; v = "Ontario";
  d.put(&k, &v);
  k = "Austin"; v = "Texas";
  d.put(&k, &v);
  k = "Boston"; v = "Massachusetts";
  d.put(&k, &v);
  k = "Mobile"; v = "Alabama";
  d.put(&k, &v);

  cout << endl << "List of 5 pairs:" << endl;
  {
   string k1("Denver");
   if (d.has(&k1)) cout << k1 << " " << d.value_for(&k1) << endl;
   string k2("London");
   if (d.has(&k2)) cout << k2 << " " << d.value_for(&k2) << endl;
   string k3("Austin");
   if (d.has(&k3)) cout << k3 << " " << d.value_for(&k3) << endl;
   string k4("Boston");
   if (d.has(&k4)) cout << k4 << " " << d.value_for(&k4) << endl;
   string k5("Mobile");
   if (d.has(&k5)) cout << k5 << " " << d.value_for(&k5) << endl;
  };

  string l2("Mobile");
  d.remove(&l2);
  cout << endl << "List of " << d.get_count() << " pairs, last removed:" << endl;
   {
   string k1("Denver");
   if (d.has(&k1)) cout << k1 << " " << d.value_for(&k1) << endl;
   string k2("London");
   if (d.has(&k2)) cout << k2 << " " << d.value_for(&k2) << endl;
   string k3("Austin");
   if (d.has(&k3)) cout << k3 << " " << d.value_for(&k3) << endl;
   string k4("Boston");
   if (d.has(&k4)) cout << k4 << " " << d.value_for(&k4) << endl;
   string k5("Mobile");
```

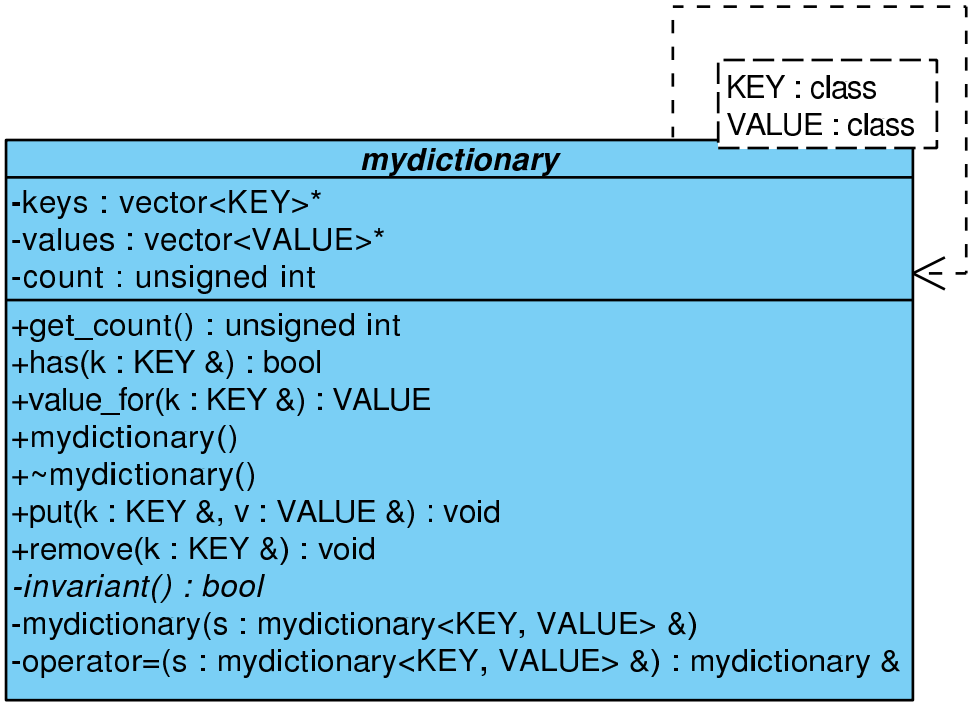
```
 if (d.has(&k5)) cout << k5 << " " << d.value_for(&k5) << endl;
};

string l1("Denver");
d.remove(&l1);
cout << endl << "List of " << d.get_count() << " pairs, 1st removed:" << endl;
 {
 string k1("Denver");
 if (d.has(&k1)) cout << k1 << " " << d.value_for(&k1) << endl;
 string k2("London");
 if (d.has(&k2)) cout << k2 << " " << d.value_for(&k2) << endl;
 string k3("Austin");
 if (d.has(&k3)) cout << k3 << " " << d.value_for(&k3) << endl;
 string k4("Boston");
 if (d.has(&k4)) cout << k4 << " " << d.value_for(&k4) << endl;
 string k5("Mobile");
 if (d.has(&k5)) cout << k5 << " " << d.value_for(&k5) << endl;
};

string l3("Austin");
d.remove(&l3);
cout << endl << "List of " << d.get_count() << " pairs, middle removed:" << endl;
{
 string k1("Denver");
 if (d.has(&k1)) cout << k1 << " " << d.value_for(&k1) << endl;
 string k2("London");
 if (d.has(&k2)) cout << k2 << " " << d.value_for(&k2) << endl;
 string k3("Austin");
 if (d.has(&k3)) cout << k3 << " " << d.value_for(&k3) << endl;
 string k4("Boston");
 if (d.has(&k4)) cout << k4 << " " << d.value_for(&k4) << endl;
 string k5("Mobile");
 if (d.has(&k5)) cout << k5 << " " << d.value_for(&k5) << endl;
};

// d.remove(&string("Austin"));

d.put(&k, &v);
cout << endl << "List of " << d.get_count() << " pairs after put:" << endl;
{
 string k1("Denver");
 if (d.has(&k1)) cout << k1 << " " << d.value_for(&k1) << endl;
 string k2("London");
 if (d.has(&k2)) cout << k2 << " " << d.value_for(&k2) << endl;
```

```
   string k3("Austin");
   if (d.has(&k3)) cout << k3 << " " << d.value_for(&k3) << endl;
   string k4("Boston");
   if (d.has(&k4)) cout << k4 << " " << d.value_for(&k4) << endl;
   string k5("Mobile");
   if (d.has(&k5)) cout << k5 << " " << d.value_for(&k5) << endl;
  };

  //  d.put(&k, &v);

  cout << "------------------ Testende ------------------" << endl;

}
```

Zum Download: dictionary2.cc

A.3.3. old-Wert durch Kopie in Form eines geeigneten STL-Container-Exemplars

Visual Paradigm for UML Standard Edition(University of Wuppertal)




```
...
#define EIFFEL_DOEND
#define EIFFEL_CHECK  CHECK_ALL
...
#include <iostream>
```

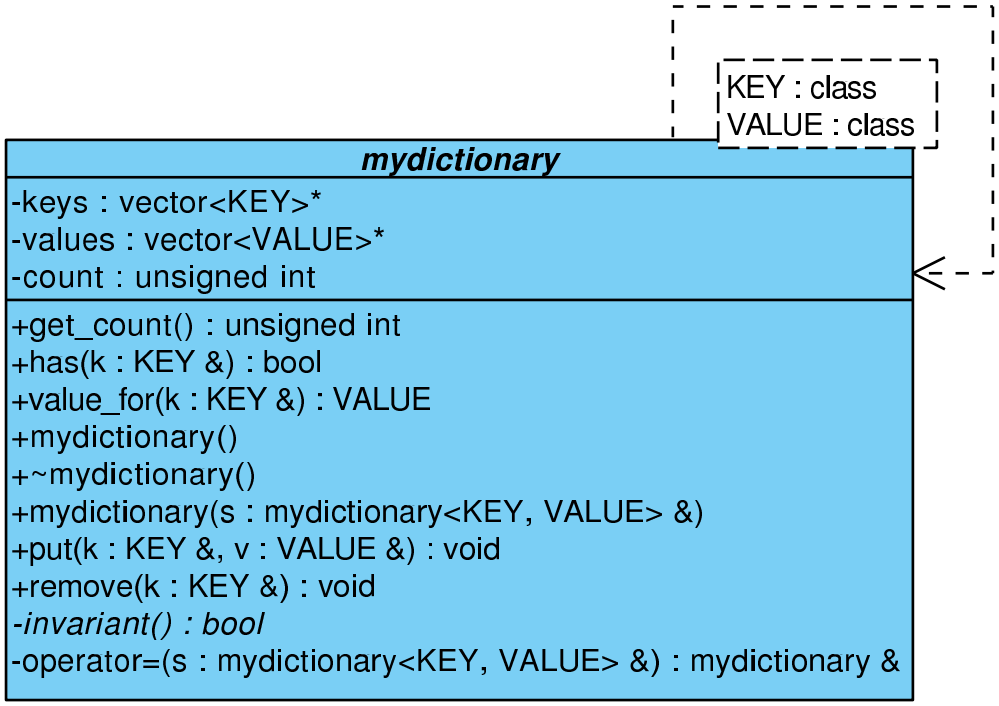
```
#include <vector>
#include <set>
#include <eiffel.h>
#include <nana.h>
...
// private Spezifikations-Hilfsmethoden: fuer STL-Container
template <class T>
set<T> operator+(const set<T>& s, const T& e){
    ...
};
...
template <class T>
set<T> operator-(const set<T>& s, const T& e){
    ...
};
...
class mydictionary{

  vector<KEY>* keys;
  vector<VALUE>* values;
  unsigned int count;

public:
  ///////////////// basic queries:

  unsigned int get_count() const;     // number of key/value-pairs in dict.

  bool has(const KEY& k) const;              // key in dictionary?

  VALUE value_for(const KEY& k) const;      // lookup value for key

  /////////////// class invariant:
private:
  virtual bool invariant() const;
public:

  /////////////// derived queries:
  // not yet necessary

  /////////////// constructors and destructors:

  mydictionary();

  ~mydictionary();
```

```
  /////////////// deactivate default copy constructor and operator=

private:
  mydictionary(const mydictionary<KEY, VALUE>& s);
  mydictionary& operator=(const mydictionary<KEY, VALUE>& s);
public:

  /////////////// (pure) modificators

  void put(const KEY& k, const VALUE& v);
                                          // put key/value-pair in dict.

  void remove(const KEY& k);              // remove key/value-pair

};
...

/// basic queries:

template<class KEY, class VALUE>
unsigned int mydictionary<KEY, VALUE>::get_count() const{
  ...
};
...
template<class KEY, class VALUE>
bool mydictionary<KEY, VALUE>::has(const KEY& k) const {
  ...
  ENSURE( /* consistent with count */  (get_count() != 0) || ! result);
  ...
};
...
template<class KEY, class VALUE>
VALUE mydictionary<KEY, VALUE>::value_for(const KEY& k) const{
  REQUIRE(/* key in dict. */     has(k));
  ...
};
...

/// Invariante:

template <class KEY, class VALUE>
bool mydictionary<KEY, VALUE>::invariant() const{
  ...
```

```
};
...
/// Konstruktor/Destruktor:

template<class KEY, class VALUE>
mydictionary<KEY, VALUE>::mydictionary(){
  ...
  ENSURE(invariant());
  ENSURE(count == 0);
};
...
template<class KEY, class VALUE>
mydictionary<KEY, VALUE>::~mydictionary(){
  REQUIRE(/* keys exist */      keys != 0);
  REQUIRE(/* values exist */    values != 0);
  ...
};
...
/// Modifikatoren:

template<class KEY, class VALUE>
void mydictionary<KEY, VALUE>::put(const KEY& k, const VALUE& v)
DO
  REQUIRE(/* key not in dict. */   ! has(k));
  ID(unsigned int count_old=get_count());
  ID(set<KEY> old_keys(keys->begin(), keys->begin()+count_old));
  ...
  ENSURE(/* count incremented */    get_count() == count_old + 1);
  ENSURE(/* key in dict. */         has(k) );
  ENSURE(/* correct value */        value_for(k) == v);
  ID(set<KEY> new_keys(keys->begin(),keys->begin()+count));
  ENSURE(old_keys + k == new_keys);
  ...
END;
...
template<class KEY, class VALUE>
void mydictionary<KEY, VALUE>::remove(const KEY& k)
DO
  REQUIRE(/* key in dict. */    has(k));
  ID(unsigned int count_old = get_count());
  ID(set<KEY> old_keys(keys->begin(), keys->begin()+count_old));
  ...
  ENSURE(/* count decremented */  get_count() == count_old - 1);
  ENSURE(/* key not in dict. */   ! has(k));
```

```
  ...
  ID(set<KEY> new_keys(keys->begin(),keys->begin()+count));
  ENSURE(old_keys - k == new_keys);
  ...
END;
...
int main(){
  ...
}
```

A.3.4. old-Wert durch den Kopierkonstruktor



Mit Hilfe des Kopierkonstruktors

```
...
template<class KEY, class VALUE>
mydictionary<KEY, VALUE>::mydictionary(const mydictionary<KEY, VALUE>& s){
    count = s.count;
    keys = new vector<KEY>(100);
    values = new vector<VALUE>(100);
    for (int i=1; i<=count; i++){
        keys->at(i-1) = s.keys->at(i-1);
        values->at(i-1) = s.values->at(i-1);
    };
    ENSURE(count == s.count);
```

```
    ENSURE(A(int i=1, i<=count, i++, keys->at(i-1) == s.keys->at(i-1)));
    ENSURE(A(int i=1, i<=count, i++, values->at(i-1) == s.values->at(i-1)));
    ENSURE(invariant());
};
...
```

können Sie den alten Exemplarwert vollständig in einem Stück als konstante Variable memorieren und in den Nachbedingungen aller Modifikatoren benutzen.

AUFGABE: Ändern Sie dictionary4.cc so ab, dass put() und remove() so spezifiziert wird!

Es ist noch unschön, dass die Nachbedingungen des Kopierkonstruktors auf die Implemantierungsdetails Bezug nehmen. Deshalb:

A.3.5. Redesign

Ein nächster Schritt sollte die Einführung eines neuen grundlegenden Observators `set<KEY> keys()` sein. Führen Sie die notwendigen Änderungen durch!

Alternativ könnte man einen Iterator in der neuen Containerklasse mydictionary implementieren (siehe folgender Abschnitt).

A.4. Immutable Lists

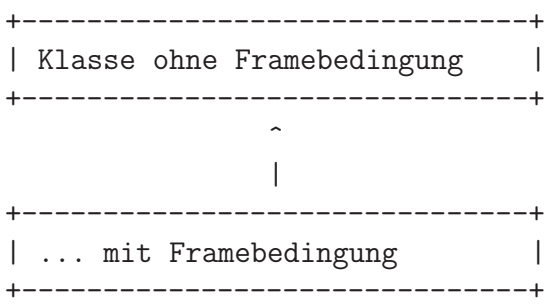
... entfällt in C++ wegen der Existenz der STL

A.5. Using Immutable Lists

... entfällt in C++ wegen der Existenz der STL

Leitlinien:

- Nutze technische Einschränkungen, wo immer erforderlich: z.B. Zeiger != 0, nichtleere Container, nichtidentische Exemplare, ...
- In Vorbedingungen genutzte Observatoren sollten effizient berechnet werden. Notfalls führe neue effiziente abgeleitete Observatoren ein und benutze sie in den Vorbedingungen. Die neuen effizienten Observatoren benötigen Nachbedingungen, die ihre Konsistenz zu den grundlegenden Observatoren sicherstellen.
- Attribute haben keine Nachbedingungen. Benutze deshalb die Klasseninvariante für Contracts (oder Nachbedingungen von get-Methoden).
- Nachbedingungen von virtuellen Methoden sollten die Form
  `ENSURE (!Vorbedingung || Nachbedingung)` haben;
  Invarianten sollten `protected` als `virtual bool invariant() const` deklariert werden.
- Nutze die Vererbung:



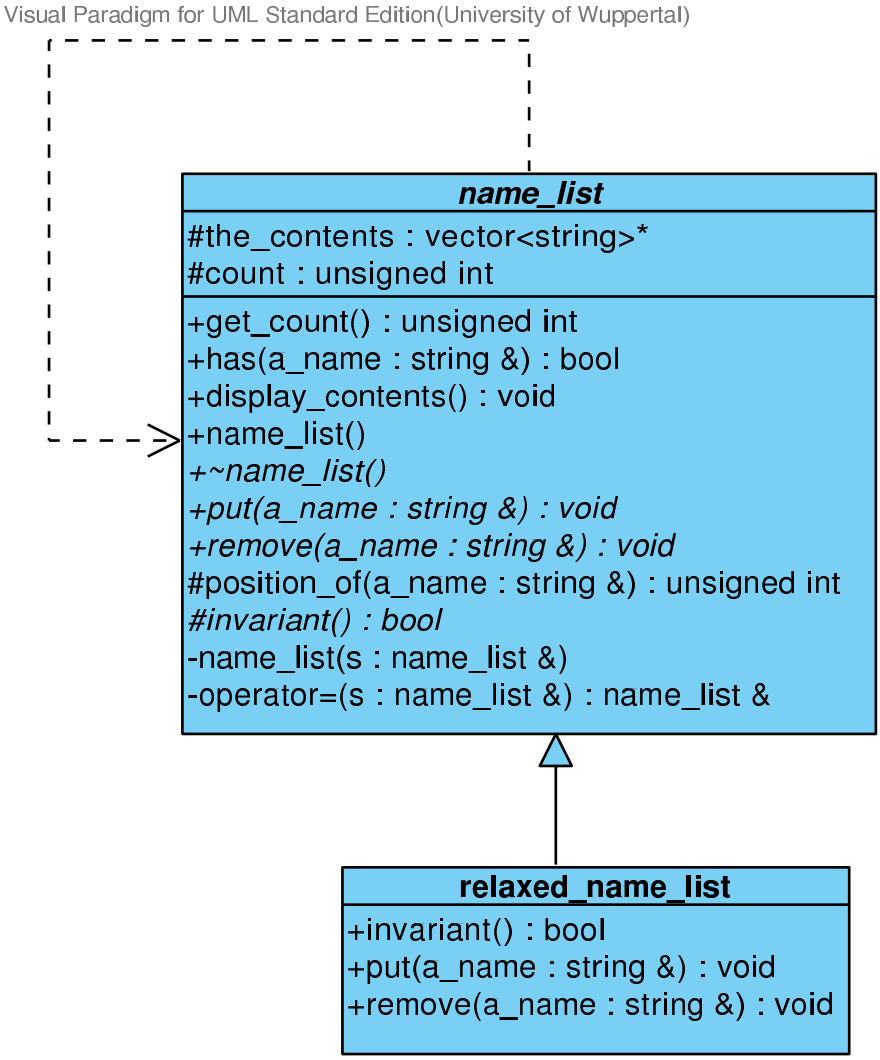
  um dem wiederverwendenden Nutzer die Wahl zwischen der Verwendung der effizienten oberen oder sicheren unteren Klasse zu überlassen.
- Nutze die Vererbung analog z.B. für:

```
Klasse ohne Framebedingungen

Klasse mit Framebedingungen

... mit unzugänglichen (private) Observatoren,
    die weiter oben lediglich für die Contracts
    genutzt werden
```

```
... mit benutzerfreundlichen Methodenvarianten
    ohne Vorbedingungen

...
```

A.6. Subcontracting in Design by Contract in Nana

A.6.1. name_list-Design (Subcontracting)




```
...
#define EIFFEL_DOEND
#define EIFFEL_CHECK  CHECK_ALL
...
#include <iostream>
#include <vector>
```

```
#include <eiffel.h>
#include <nana.h>
...
class name_list{

protected:

  vector<string>* the_contents;
  unsigned int count;

  // private support function

  unsigned int position_of(const string& a_name) const;

public:

  /////////// basic queries:

  unsigned int get_count() const;        // number of items in stack

  bool has(const string& a_name) const;

  /////////// class invariant:

protected:
  virtual bool invariant() const;
public:

  /////////// derived queries:

  void display_contents() const;         // print contents of list to cout

  /////////// constructors:

  name_list();

  virtual ~name_list();              // notwendig wegen new in Konstruktor

private:                             // diable default methods

  name_list(const name_list& s);
  name_list& operator=(const name_list& s);

public:
```

```
////////////// (pure) modificators:

  virtual void put(const string& a_name);       // Push a_name into list

  virtual void remove(const string& a_name);    // delete a_name in list

};
...
unsigned int name_list::position_of(const string& a_name) const{
    ...
    ENSURE(/* a_name in list */
                                ((1<=result)&&(result<=get_count())&&
                                 (the_contents->at(result-1)==a_name)) ||
           /* otherwise: */
                                (0 == result)                          );
    ...
};
...
unsigned int name_list::get_count() const{    // number of items in stack
    ...
    ENSURE(result == count);
    ...
};
bool name_list::has(const string& a_name) const{
    ...
    ENSURE((get_count()>0) || !result);
    ...
};
...
bool name_list::invariant() const{
    ...
};
...
void name_list::display_contents() const{     // print contents of list to cout
    ...
};
...
name_list::name_list(): count(0), the_contents(new vector<string>(100)){
    ENSURE(invariant());
};
name_list::~name_list(){                  // notwendig wegen new in Konstruktor
    ...
};
```

```
...
void name_list::put(const string& a_name)    // Push a_name into list
DO
   ID(bool pre = !has(a_name));
   ID( unsigned int count_old = get_count());
   REQUIRE(/* name not in list */    pre );
   ...
   ENSURE(has(a_name));
   ENSURE((!pre) || (get_count() == count_old + 1));
   ...
END;
void name_list::remove(const string& a_name) // delete a_name in list
DO
   ID(bool pre(has(a_name)));
   ID( unsigned int count_old = get_count());
   REQUIRE(/* name in list */     has(a_name));
   ...
   ENSURE(! has(a_name));
   ENSURE((!pre) || (get_count() == count_old -1));
   ...
END;
...
class relaxed_name_list : public name_list{

public:

    ///////// invariant:

    virtual bool invariant() const;

    ///////// (pure) modificators: (redefined)

    virtual void put(const string& a_name);       // Push a_name into list

    virtual void remove(const string& a_name);    // delete a_name in list

};
...
bool relaxed_name_list::invariant() const{
    ...
};
...
void relaxed_name_list::put(const string& a_name)    // Push a_name into list
DO
```

```
   ID(bool pre_parent(!has(a_name)));
   ID(unsigned int count_old = get_count());
   REQUIRE(/* nothing */  true);       // pre_parent || has(a_name)
   ...
   ENSURE(has(a_name));
   ENSURE((!pre_parent) || (get_count() == count_old + 1));  // &&
   ENSURE(  pre_parent  || (get_count() == count_old));
   ...
END;
void relaxed_name_list::remove(const string& a_name) // delete a_name in list
DO
   ID(bool pre_parent(has(a_name)));
   ID(unsigned int count_old = get_count());
   REQUIRE(/* nothing */ true);        // pre_parent || !has(a_name)
   ...
   ENSURE(! has(a_name));
   ENSURE((!pre_parent) || (get_count() == count_old -1));  // &&
   ENSURE(  pre_parent  || (get_count() == count_old));
   ...
END;
...
int main(){
    ...
}
```

Zum Download: name_list.cc

A.6.2. Implementierung und Tests

... der Contracts und der Prototypinstallation:

```
...
unsigned int name_list::position_of(const string& a_name) const{

    unsigned int index(1);
    unsigned int result;
    for(; (index<=count) && (the_contents->at(index-1)!=a_name); index++);
    if (index <= count)
        result = index;
    else
        result = 0;

    ENSURE(/* a_name in list */
```

```
                                ((1<=result)&&(result<=get_count())&&
                                 (the_contents->at(result-1)==a_name)) ||
          /* otherwise: */
                                (0 == result)                          );
    return result;
};
...
////////////// basic queries:

unsigned int name_list::get_count() const{    // number of items in stack

    unsigned int result = count;
    return result;
};

bool name_list::has(const string& a_name) const{

    bool result = (position_of(a_name) > 0);
    ENSURE((get_count()>0) || !result);   // consistency
    return result;
};
...

////////////// class invariant:

bool name_list::invariant() const{
    return (count >= 0) && (the_contents != 0);
};


...
////////////// derived queries:

void name_list::display_contents() const{     // print contents of list to cout

    cout << endl << "Anzahl der Listenelemente: " << count << endl;
    for (unsigned int i=1; i<=count; i++)
        cout << "  " << the_contents->at(i-1);
    cout << endl << endl;
    // ENSURE('Drucke alle Namen in Name_list');
};

////////////// constructors:

name_list::name_list(): count(0), the_contents(new vector<string>(100)){
```

```
    ENSURE(invariant());
};

name_list::~name_list(){                    // notwendig wegen new in Konstruktor
    delete the_contents;
};

////////////// (pure) modificators:

void name_list::put(const string& a_name)    // Push a_name into list
DO
   ID(bool pre(!has(a_name)));
   ID(unsigned int count_old = get_count());

   REQUIRE(/* name not in list */    pre);


   count++;
   the_contents->at(count-1) = a_name;

   ENSURE(has(a_name));
   ENSURE( (!pre) || (get_count() == count_old + 1));
   // ENSURE: Fuer alle s in list_old: has(s)
   // ENSURE: Fuer alle s in list:     (s == a_name) || s in list_old
END;
...
///////////////// class test main() program ///////////////

int main(){

    cout << "\nTest der Klasse name_list: ----------------" << endl;

    { name_list s;
    s.display_contents();

    s.put("Richard"); s.display_contents();
    //s.put("Richard"); s.display_contents(); // Test fuer pre-Verletzung
    s.put("Helen"); s.display_contents();
    s.put("Yu"); s.display_contents();
    s.put("Jim"); s.display_contents();
    s.put("Chen"); s.display_contents();
...
```

Zum Download: name_list2.cc

A.6.3. Mit Frameregel

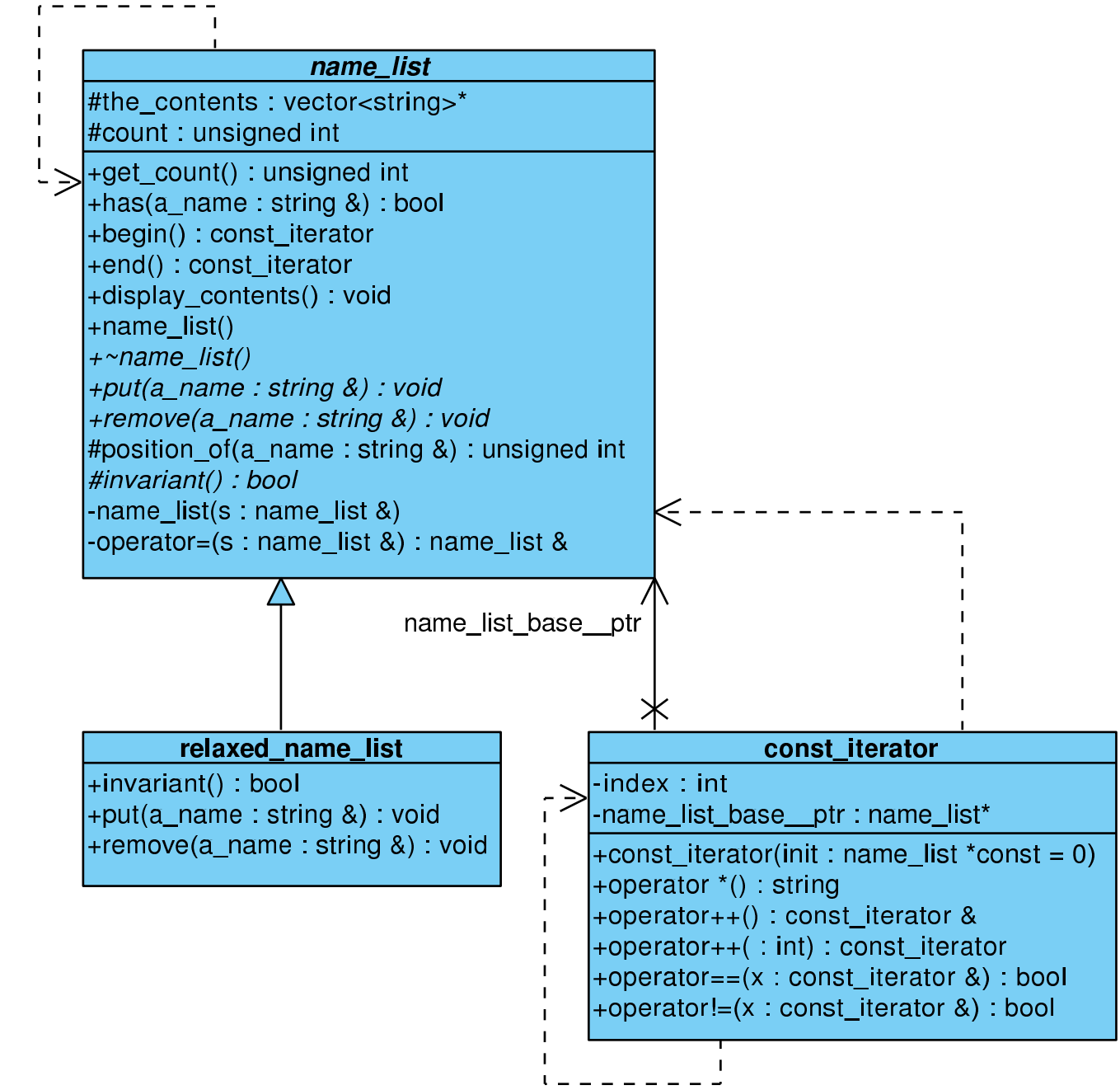
```
unsigned int name_list::position_of(const string& a_name) const{

    unsigned int index(1);
    unsigned int result;
    for(; (index<=count) && (the_contents->at(index-1)!=a_name); index++);
    if (index <= count)
        result = index;
    else
        result = 0;
    ENSURE(!(result < 0));
    ENSURE(!(result >get_count()));
    ID(set<string> values(the_contents->begin(),the_contents->begin()+get_count()));
    ENSURE(/* a_name in list */
                                ((1<=result)&&(result<=get_count())&&
                                 (the_contents->at(result-1)==a_name)) ||
           /* otherwise: */
               ( ((0 == result) && (values.find(a_name) == values.end())))
         );
    return result;
};
...
unsigned int name_list::get_count() const{    // number of items in stack

    unsigned int result = count;
    CHECK(result == count);
    return result;
};

bool name_list::has(const string& a_name) const{

    bool result = (position_of(a_name) > 0);
    ENSURE((get_count()>0) || !result);
    ID(set<string> values(the_contents->begin(),
                  the_contents->begin()+get_count()));
    CHECK(result == (values.find(a_name) != values.end( )));
    return result;
};
...
void name_list::put(const string& a_name)    // Push a_name into list
DO
   ID(bool pre);
   IS(pre = !has(a_name));
```

```
   // DS($pre_false = has(a_name));    // funktioniert nicht
   ID(set<string> values_old(the_contents->begin(),
                             the_contents->begin()+get_count()));
   REQUIRE(/* name not in list */    pre);
   DS($count_old = get_count());

   count++;
   the_contents->at(count-1) = a_name;

   ENSURE(has(a_name));
   DI( (!pre) || (this->get_count() == $count_old + 1));
   ID(set<string> values(the_contents->begin(),
                         the_contents->begin()+get_count()));
   IS(values_old.insert(a_name));    // stilistisch unschoen!
   ENSURE(values_old == values);
END;
...
```

Zum Download: name_list3.cc

A.6.4. Mit Iterator-Methode (Design)

Visual Paradigm for UML Standard Edition(University of Wuppertal)




```
...
class name_list{
...
  /////////// Iteratoren:

  class const_iterator;
```

```
  friend class const_iterator;

  const_iterator begin() const;
  const_iterator end() const;
...
}
...
///////////////// class name_list::const_iterator /////////

class name_list::const_iterator{

    int index;
    const name_list* name_list_base__ptr;

public:

    const_iterator(const name_list* const init = 0);

    string operator*() const;        // Zugriff auf Elemet am Iterator-Ort
    const_iterator& operator++();    // Praefix-Inkrement
    const_iterator  operator++(int); // Postfix-Inkrement

    bool operator==(const const_iterator& x) const; // Vergleich von Iteratoren
    bool operator!=(const const_iterator& x) const;
};

/// contract for Iterator:  (as a basic query)

name_list::const_iterator::const_iterator(const name_list* const init){

    // ...
    // (*this)=="first" element of name_list (*init) if (init != 0),
    // this is an iterator not in any name_list if (init == 0)
};

name_list::const_iterator name_list::begin() const {
    // return ...
    // returns const_iterator pointing to "first" element of name_list
};

name_list::const_iterator name_list::end() const {
    // return ...
    // returns const_iterator denoting to be not any more in name_list
};
```

```
string name_list::const_iterator::operator*() const {
    // return ...
    // return element const_iterator is pointing to
};

name_list::const_iterator& name_list::const_iterator::operator++(){ // Praefix
   // return ...
   // increment position of const_iterator and return reference to this
   //       incremented const_iterator afterwards
};

name_list::const_iterator  name_list::const_iterator::operator++(int){//Postfix
    // return ...
    // return copy of const_iterator and as a side effect increment position
    // of the actual const_iterator
};

bool name_list::const_iterator::operator==(const name_list::const_iterator& x) const{
   // return ...
   // return if const_itrator and x point to the same element in the
   // same name_list
};

bool name_list::const_iterator::operator!=(const name_list::const_iterator& x) const{
    bool result; // = ...
    ENSURE(!((*this)==x));          // Konsistenzbedingung
};
...
```

Zum Download: name_list4.cc

A.6.5. Implementierung der Iterator-Methode

```
...
/// contract for Iterator:  (as a basic query)

name_list::const_iterator::const_iterator(const name_list* const init){

    name_list_base_ptr = init;
    if ((name_list_base_ptr != 0)&&(name_list_base_ptr->count > 0)){
        index = 0;
    } else
        index = -1;
```

```
    if (index == -1) name_list_base_ptr = 0;
    // (*this)=="first" element of name_list (*init) if (init != 0),
    // this is an unique iterator not in any name_list if (init == 0)
};

name_list::const_iterator name_list::begin() const{
    return const_iterator(this);
    // returns const_iterator pointing to "first" element of name_list
};


name_list::const_iterator name_list::end() const{
    return const_iterator();
    // returns const_iterator denoting to be not any more in name_list
};

string name_list::const_iterator::operator*() const {
    REQUIRE(index != -1);
    return name_list_base_ptr->the_contents->at(index);
    // return element const_iterator is pointing to
    // name_list of const_iterators not changed
};

...
```

Zum Download: name_list5.cc

A.6.6. Test des Iterators in display_contents() und main()

```
...
////////////// derived queries:

void name_list::display_contents() const{     // print contents of list to cout

    cout << endl << "Anzahl der Listenelemente: " << count << endl;
    for (name_list::const_iterator i = begin(); i != end(); i++)
        cout << "  " << *i;
    cout << endl << endl;
    // ENSURE('Drucke alle Namen in Name_list');
};
...
///////////////// class test main() program ///////////////

int main(){
```

```
    cout << "\nTest der Klasse name_list: ----------------" << endl;

    { name_list s;
    s.display_contents();

    s.put("Richard"); s.display_contents();
    // s.put("Richard"); s.display_contents(); // Test fuer pre-Verletzung
    s.put("Helen"); s.display_contents();
    s.put("Yu"); s.display_contents();
    s.put("Jim"); s.display_contents();
    s.put("Chen"); s.display_contents();
    s.put("Moira"); s.display_contents();
...
```

Zum Download: name_list6.cc

A.6.7. Qstl.h: Framebedingungen mit Hilfe eines Iterators

```
...

#include <eiffel.h>
#include <nana.h>
#include <Qstl.h>     //<<<////////////////////////////////////// NEU!

using namespace std;
...
unsigned int name_list::position_of(const string& a_name) const{

    unsigned int index(1);
    unsigned int result;
    for(; (index<=count) && (the_contents->at(index-1)!=a_name); index++);
    if (index <= count)
        result = index;
    else
        result = 0;

    ENSURE(/* a_name in list */
                                ((1<=result)&&(result<=get_count())&&
                                 (the_contents->at(result-1)==a_name)) ||
           /* otherwise: */
                               ((0 == result)&&(!EO(i,(*this),(*i)==a_name))));
    return result;
};
```

```
...
bool name_list::has(const string& a_name) const{

    bool result = (position_of(a_name) > 0);
    ENSURE((get_count()>0) || !result);              // Konsistenz
    ENSURE(result == EO(i, (*this), (*i)==a_name));  // Konsistenz
    return result;
};
...
////////////// (pure) modificators:

void name_list::put(const string& a_name)    // Push a_name into list
DO
   REQUIRE(/* name not in list */    !has(a_name));
   ID(set<string> contents_old(begin(),end()));
   ID(int count_old = get_count());
   ID(bool not_in_list = !has(a_name));

   count++;
   the_contents->at(count-1) = a_name;

   ENSURE(has(a_name));
   ENSURE( (!not_in_list) || (get_count() == count_old + 1));
   ID(set<string> contents(begin(),end()));
   IS(contents_old.insert(a_name));
   ENSURE(contents == contents_old);
END;
...
```

Zum Download: name_list7.cc

A.6.8. Hilfsoperatoren für die STL

```
...
///////////////// Hilfsfunktionen //////////////////////////

template <class T>
set<T> operator+(const set<T>& s, const T& e){
    set<T> result(s);
    result.insert(e);
    return result;
};

template <class T>
set<T> operator-(const set<T>& s, const T& e){
    set<T> result(s);
    result.erase(e);
    return result;
};
...
void relaxed_name_list::remove(const string& a_name) // delete a_name in list
DO
   REQUIRE(/* nothing */ true);        // pre_parent || !has(a_name)
   ID(set<string> contents_old(begin(),end()));
   ID(int count_old = get_count());
   ID(bool pre_parent = has(a_name));

   if (has(a_name)){
      the_contents->at(position_of(a_name)-1) = the_contents->at(count-1);
      count--;
   };

   ENSURE(!has(a_name));
   ENSURE((!pre_parent) || (get_count() == count_old -1));  // &&
   ENSURE(  pre_parent  || (get_count() == count_old));
   // Menge der Eintraege in list == Menge der Eintraege in list_old ohne a_name
   ID(set<string> contents(begin(),end()));
   ENSURE(  pre_parent  || (contents == contents_old));;
   ENSURE((!pre_parent) || (contents == contents_old - a_name));
END;
...
```

Zum Download: name_list9.cc

A.7. Neuformulierung: Regeln und Leitlinien für PbC in C++

1. Formuliere *grundlegende Observatoren*, die den Zustand eines Exemplars vollständig beschreiben können und eine *Klasseninvariante*, die gültige von ungültigen Exemplaren trennt. Falls grundlegende Observatoren mit Parametern existieren, so gib den zur vollständigen Exemplarbeschreibung nötigen Parameter-Wertebereich an. Im Contract sollte kein Bezug auf Implementierungsdetails sondern lediglich auf die grundlegenden Observatoren genommen werden! Nachbedingungen von grundlegenden Observatoren spezifizieren deshalb lediglich Konsistenzbedingungen zwischen den Methoden. Observatoren sind const-Methoden.
2. *Abgeleitete Observatoren* sind i.a. besser lesbar als eine (komplizierte) Kombination grundlegender Observatoren, können evtl. effizienter implementiert sein und sollten dann in Vorbedingungen unbedingt statt der grundlegenden Observatoren benutzt werden. Sie sind const-Methoden. Ihre Nachbedingungen sollten die Return-Werte mit Hilfe der grundlegenden Observatoren vollständig spezifizieren.

3. Konstruktoren (default, Kopier-): ...
4. Zuweisungsoperator: ...
5. `operator==`, `operator!=`: ...
6. Destruktor: ...
7: Modifikatoren: ...
8. `friend`-Methoden und Operatoren: ...
9. Iteratoren: ...