Software Qualität

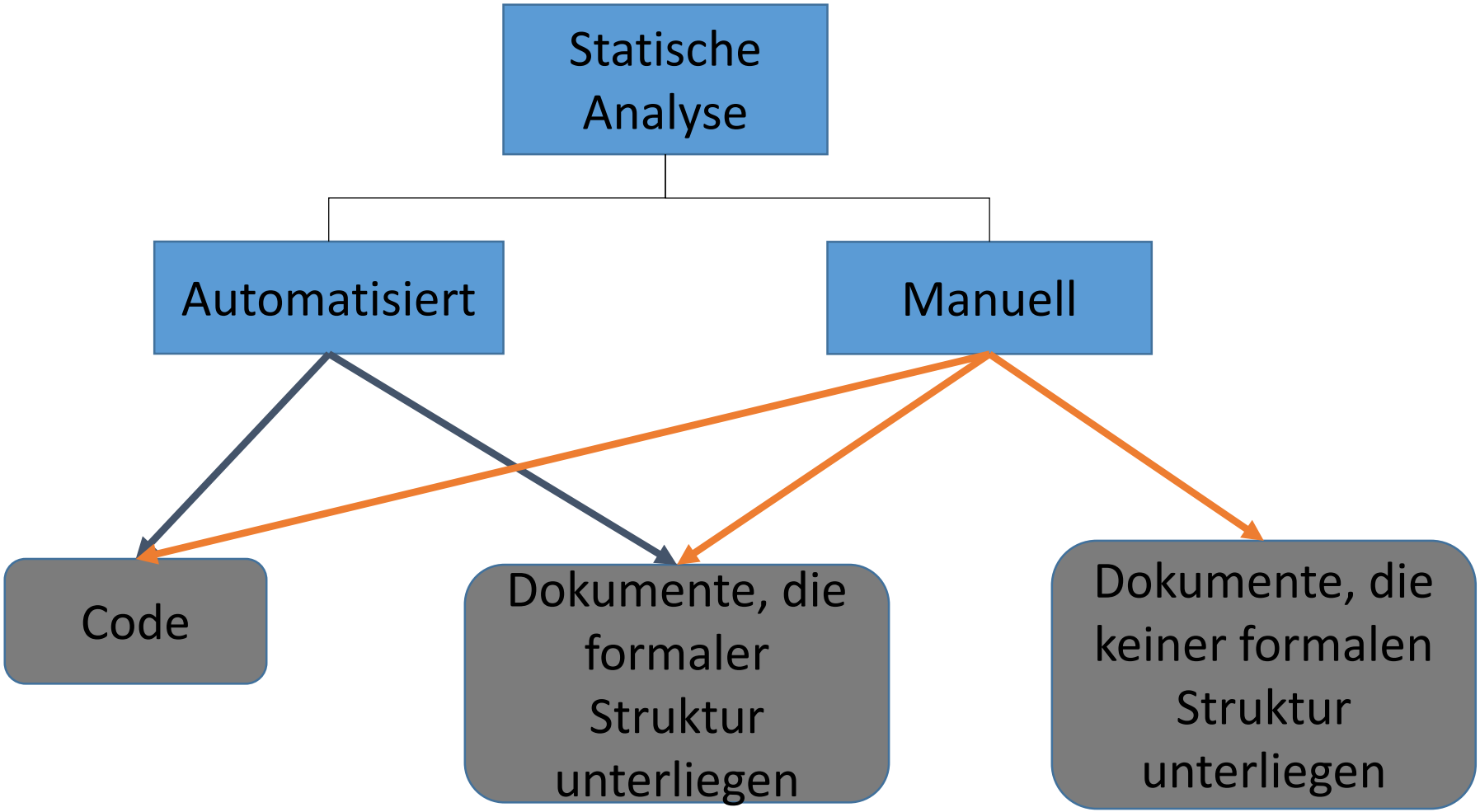
- Einführung
- Software Fehler
- Konstruktive Qualitätssicherung
- Software Test
- Statische Analyse

Statische Analyse

Letztes Kapitel: Tests, d.h. dynamische Tests, Analyse mithilfe des ausgeführten Programms

Jetzt: Statische Methoden: Sichtung der Quelltexte, kann automatisiert oder manuell erfolgen.

Statische Analyse



Vorteile von Software Inspektionen

- Beim Testen können Fehler andere Fehler überdecken.
- Sie können unvollständige Versionen inspizieren aber nicht ohne weiteres testen.
- Sie können über die Fehlersuche hinaus Qualitätsmerkmale prüfen.

Nachteile von SW Inspektionen

- Inspektionen können prüfen, ob Spezifikationen eingehalten werden, aber nicht, ob die wirklichen Benutzeranforderungen erfüllt sind.
- Inspektionen können nicht oder nur schwer die nicht-funktionalen Charakteristiken überprüfen (Performance, Usability etc.)
- ➔ Inspektionen und Tests ergänzen sich.

Statische Code Analyse

- Manuelle Prüfung
- Software Metriken
- Konformitätsanalyse
- Exploit Analyse
- Anomalienanalyse

Reviews: Vorgehensweise 1/3

1. **Planung**
   - Definition der Reviewobjekte
   - Definition der Reviewer
   - Definition der Eingangs- und Ausgangskriterien
2. **Einführung**
   - Alle am Review beteiligten Personen erhalten die nötigen Informationen.
   - Klarstellung von Bedeutung, Sinn, Zweck und Ziele des durchzuführenden Reviews.

Reviews: Vorgehensweise 2/3

3. **Vorbereitung**
   - Die Reviewer bereiten sich auf die Reviewsitzung individuell vor. Mängel, Fragen, Kommentare werden notiert.
4. **Reviewsitzung**
   - Durchführung durch einen Moderator.
   - Ziel: Beurteilung des Prüfobjekts in Bezug auf die Einhaltung und Umsetzung der Vorgaben und Richtlinien sowie das Aufzeigen von Fehlern, Abweichungen und Unstimmigkeiten
   - Ergebnis: Objekt wird akzeptiert, mit noch zu erbringenden Änderungen akzeptiert, nicht akzeptiert
   - Ergebnis muss von allen Gutachtern mitgetragen werden.

Reviews: Vorgehensweise 3/3

5. Überarbeitung

- Der Autor arbeitet die gewünschten Änderungen ein.

6. Nachbereitung

- Kontrolle der eingearbeiteten Änderungen.

Reviewarten

- Walkthrough
- Inspektion
- Technisches Review
- Informelles Review

Details: Spillner, Linz: Basiswissen Software Test, 5. Auflage, dpunkt.verlag

Statische Code Analyse

- Manuelle Prüfung
- Software Metriken
- Konformitätsanalyse
- Exploit Analyse
- Anomalienanalyse

Software Metriken

You can‘t manage what you can‘t control, and you can‘t control what you don‘t measure. To be effective software engineers or software managers, we must be able to control software development practice. If we don‘t measure it, however, we will never have that control.

Tom DeMarco

Software Metriken

- Erinnerung: Qualitätsmerkmale von Software, Bsp. Transparenz.

- Was bedeutet z.B. „hohe Transparenz“?
- Wie kann man das messen?

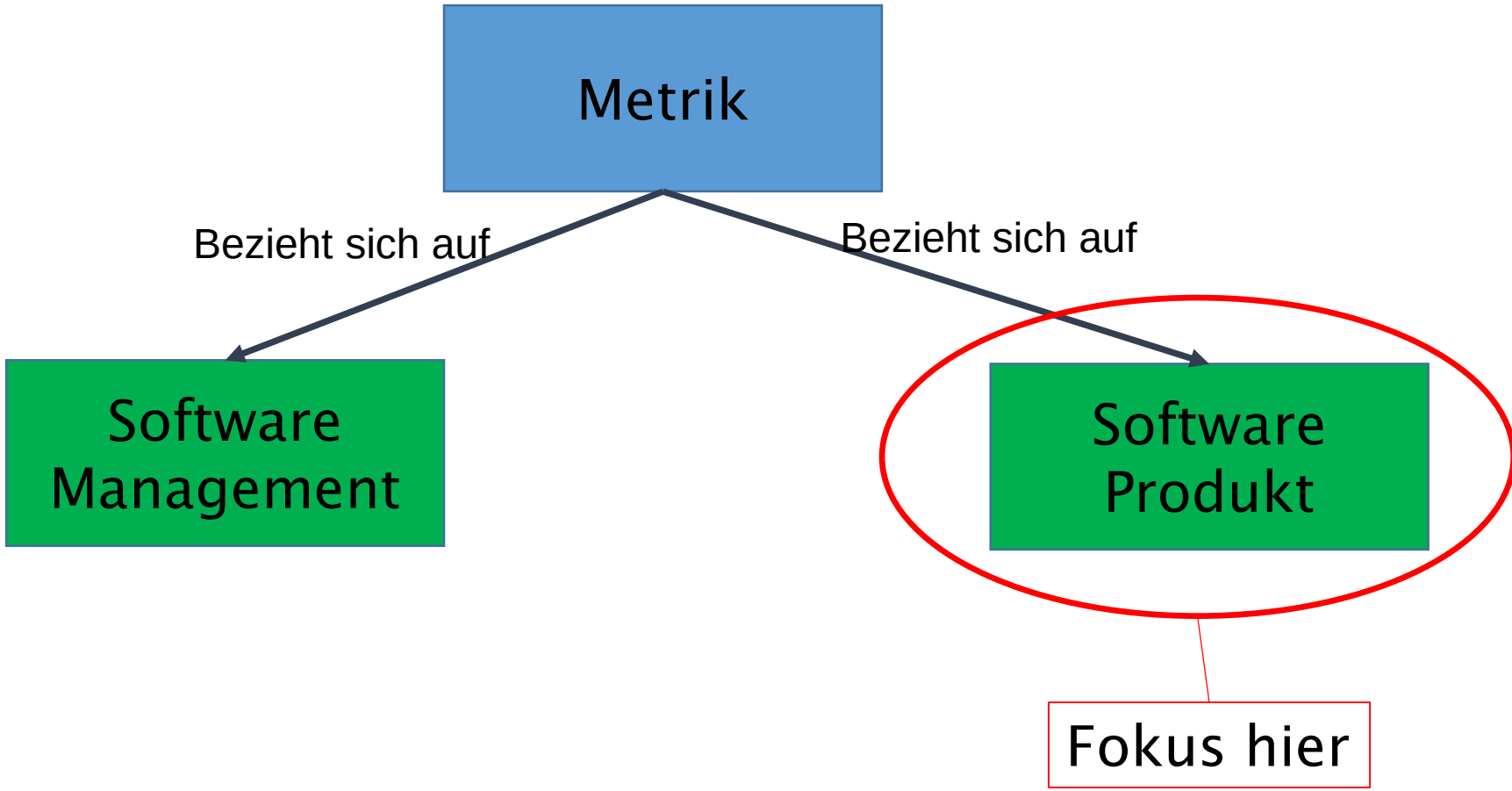
- ➔ Software Metriken

Definition

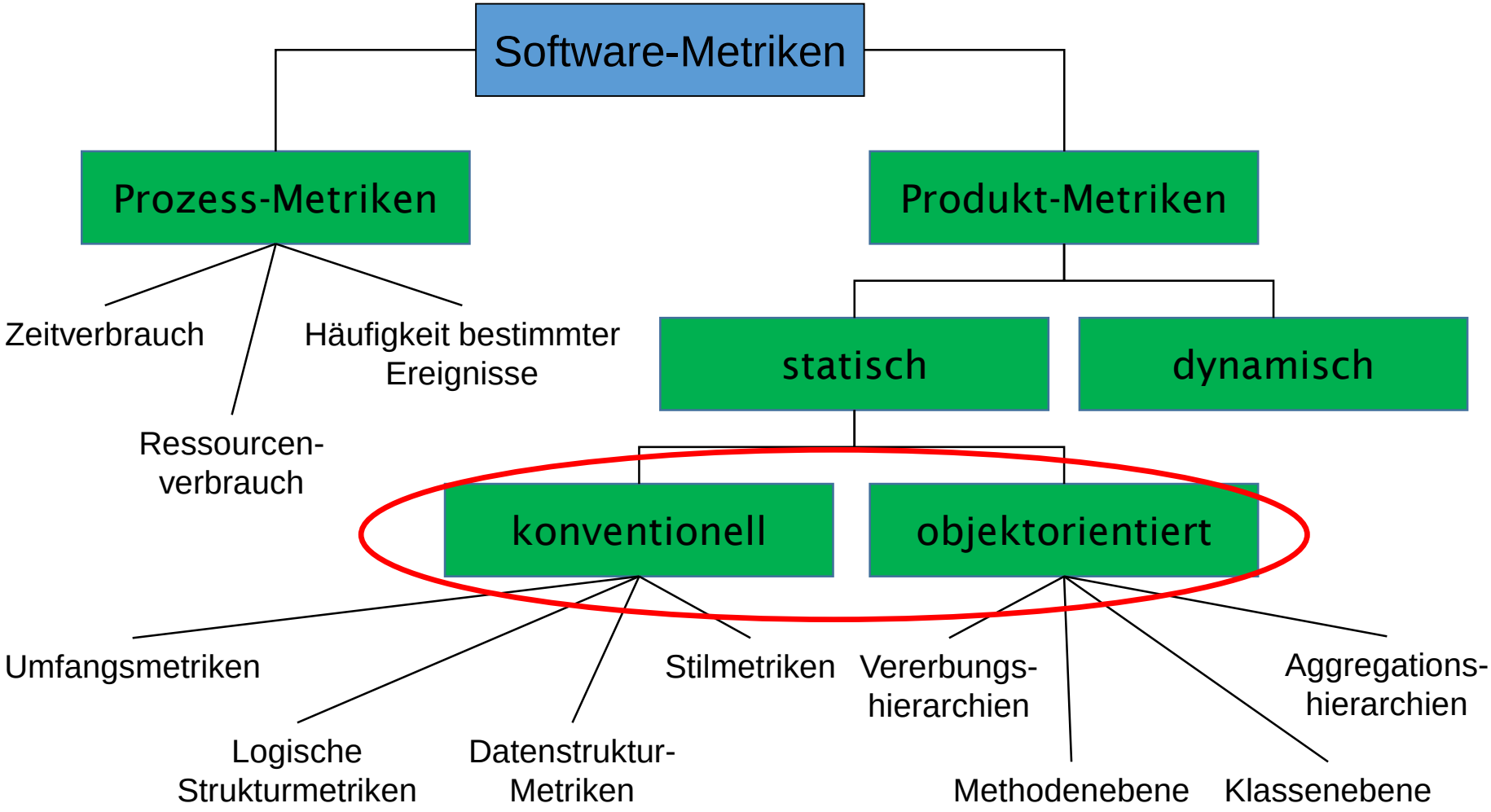
Die Definition IEEE 1061, 1992 besagt:

Eine Softwarequalitätsmetrik ist eine Funktion, die eine Software-Einheit in einen Zahlenwert abbildet. Dieser berechnete Wert ist interpretierbar als der Erfüllungsgrad einer Qualitätseigenschaft der Software-Einheit.

Software Metriken



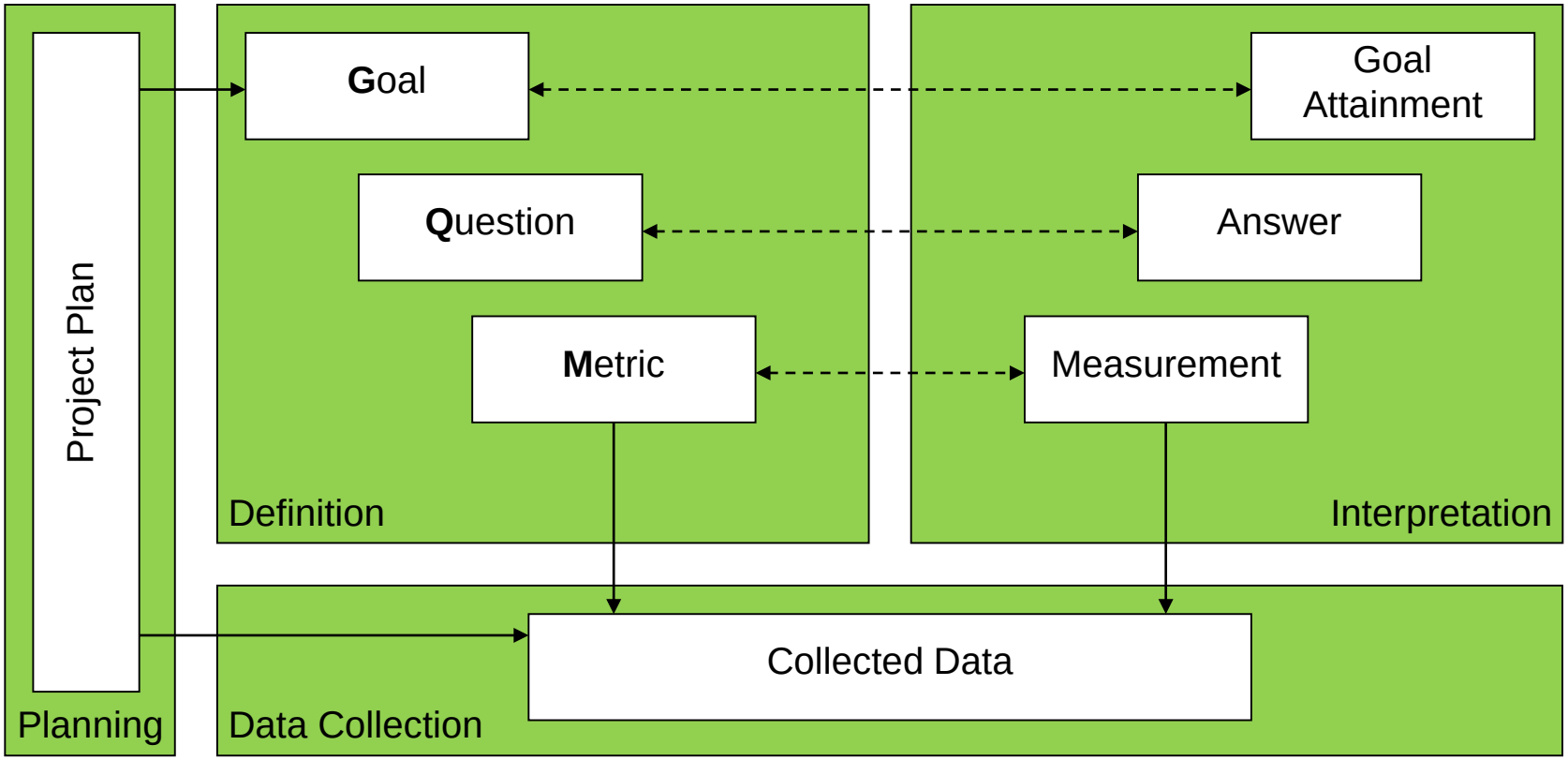
Klassifikation



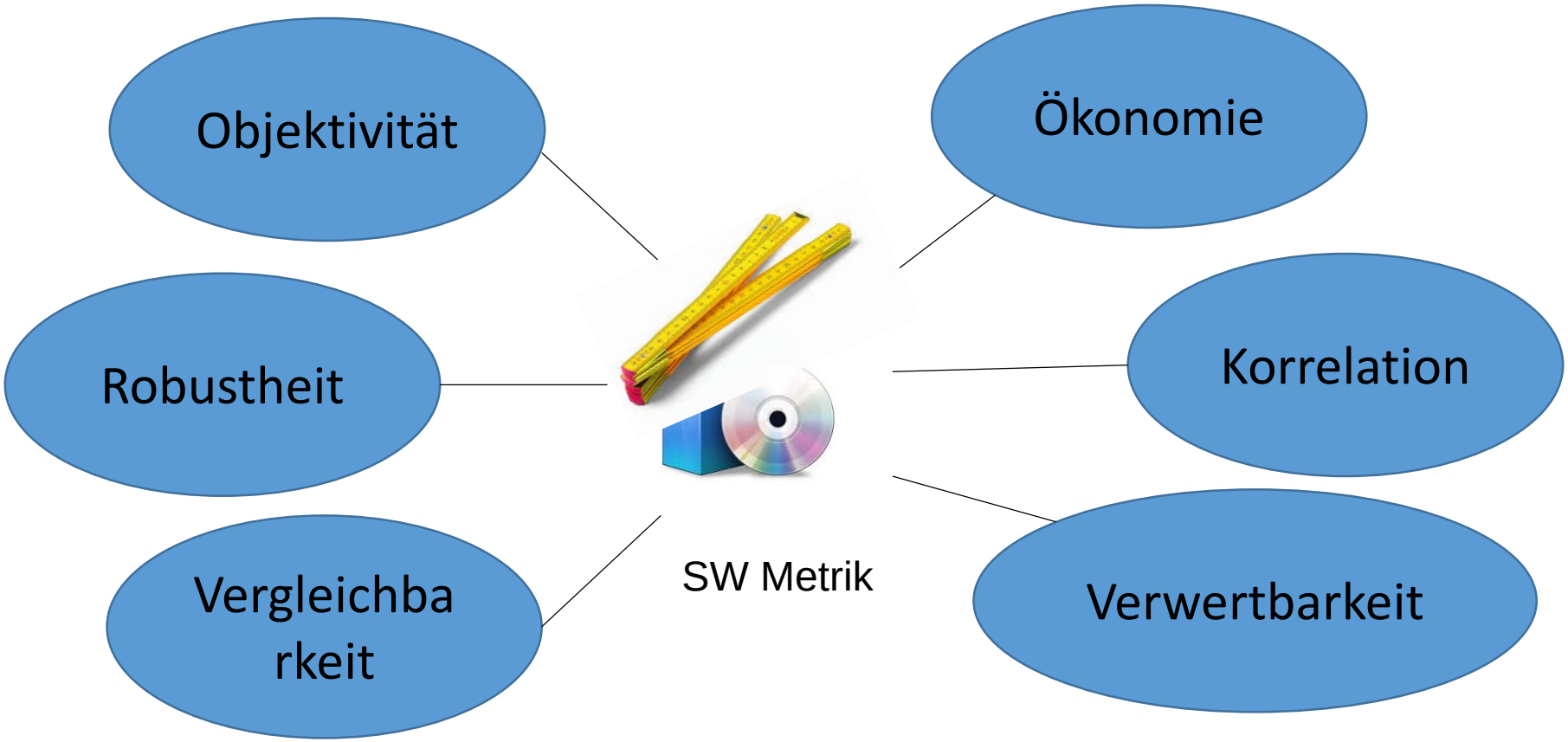
Metriken in der Realität

- **Probleme in der Praxis**
  - Nutzen von Metriken oft unklar
  - Fehlen von Standards
  - Programmierer wehren sich dagegen
- **Durchführung von Messungen**
  - Messgrößen werden definiert und Messwerte gesammelt
    - Welche Ziele verfolgt man?
  - Messwerte werden analysiert, interpretiert und beurteilt
    - Gibt es eine Bewertungsskala?
  - Gefahr von schwer interpretierbaren Zahlenfriedhöfen
    - ➔Zielorientiertes Messen!

GQM (Goal-Question-Metric)- Ansatz



Gütekriterien von Software Metriken



Gütekriterien - Detail

1. **Objektivität:** frei von subjektiven Einflüssen
2. **Robustheit:** Bei Wiederholung immer das gleiche Ergebnis
3. **Vergleichbar:** Verschiedene Messungen der gleichen Komponente müssen in Relation gesetzt werden können und dadurch für die Steuerung geeignet sein.
4. **Ökonomisch:** billig, sonst macht‘s keiner
5. **Korrelation:** Aussage der Metrik in Bezug auf die relevante Kenngröße
6. **Verwertbarkeit:** Unterschiedliche Messergebnisse führen zu unterschiedlichem Handeln.

Verwendung von Metriken

- Beurteilung von selbst entwickelter Software
- Beurteilung fremder Software/neuer Technologien
- Kostenabschätzungen
- Beurteilung des Grads, in dem ein Programmierparadigma umgesetzt ist.
- Finden von kritischen Stellen im Code

Metriken - Beispiele

- LoC/NCSS
- Halstead Metriken
- McCabe Metrik
- Objektorientierte Metriken

Metriken - Beispiele

- LoC/NCSS
- Halstead Metriken
- McCabe Metrik
- Objektorientierte Metriken

Einfache Metriken: LoC, NCSS

- **LoC**: Lines of Code
  Maßzahl für Programmkomplexität
- **NCSS**: Non Commented Source Statements
  Wie LoC, aber ohne Kommentare mitzuzählen

+: Einfach, schnell automatisiert zu erheben

- : Mangelnde Vergleichbarkeit für Module unterschiedlicher Sprachen

Dennoch Bedeutung als Basisparameter und Abschätzung der Verantwortung eines Programmierers (für die Projektplanung).

Metriken

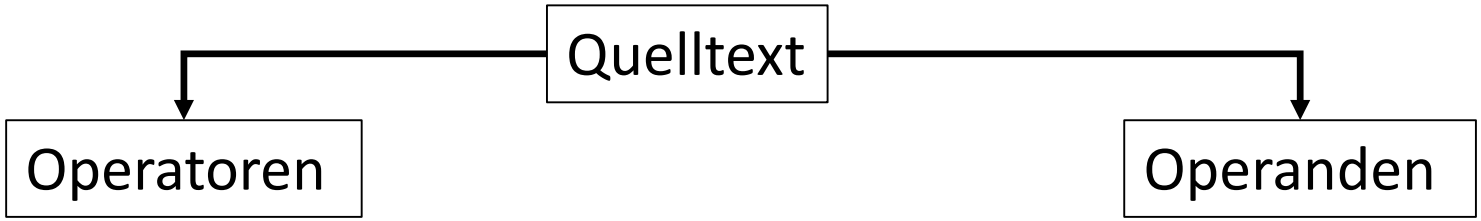
- LoC/NCSS
- Halstead Metriken
- McCabe Metrik
- Objektorientierte Metriken

Halstead Metriken

- Metriken, die auf der lexikalischen Struktur eines Programms aufbauen.
- Berechnung und Interpretation beruhen auf empirischen Zusammenhängen.

Halstead Metriken

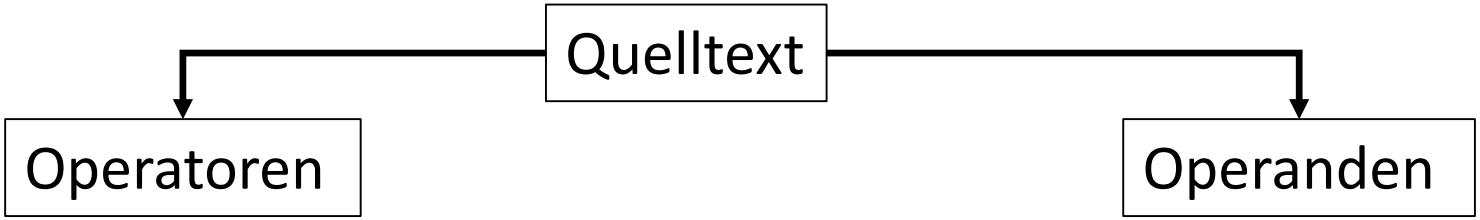
Grundlage der Halstead Metriken: Aufteilung des Source Codes in Operatoren und Operanden



- Schlüsselwörter
- Operatoren
- Öffnende und schließende Klammern
- …

- Bezeichner
- Konstanten
- ….

Halstead Metriken: Basisgrößen



Basis Größen

- η_1 ▪ Anzahl unterschiedlicher Operatoren
- η_2 ▪ Anzahl unterschiedlicher Operanden
- N_1 ▪ Gesamtzahl der Vorkommen aller Operatoren
- N_2 ▪ Gesamtzahl der Vorkommen aller Operanden

Erweiterung

- η_2^* ▪ Anzahl der Ein- und Ausgabeoperanden

Übersicht der Halstead Metriken

- Unique Operators and Operands: n1, n2
- Total amount of Operators and Operands: N1, N2
- Program vocabulary: $n = n1 + n2$
- Program length: $N = N1 + N2$
- Calculated program length: $\hat{N} = n1 * \log_2(n1) + n2 * \log_2(n2)$
- Program volume: $V = N * \log_2(n)$
- Program difficulty level: $D = (\frac{N1}{2}) * (\frac{n2}{2})$
- Program level: $L = \frac{1}{D}$
- Effort to implement: $E = V * D$
- Time to implement: $T = \frac{E}{18}$ (In sec)
- Number of delivered bugs: $B = \frac{E^{\frac{2}{3}}}{3000}$ oder neu: $B = \frac{V}{3000}$

Wie LoC, aber formatierungsunabhängig

Schwierigkeitsmaß

Maß für Transparenz

Halstead Metriken

Laut Halstead besteht folgende Beziehung zwischen Aufwand E und Code Volumen V

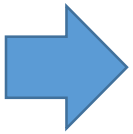
E proportional zu V^2

Halstead Metriken

Zahlenbeispiel (Quelle http://www.verifysoft.com/de_cmtpp_mscoder.pdf)

Listing 1. Beispielprogramm

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
void extract(char* zeichenkette1, char* zeichenkette2, int
                    anfang, int nb);
int eval1(char * ch)
{
   int i;
   int wert1, wert2;
   int lgval2;
   char *val1, *val2;
   char operation;
   int resultat;
   /* Suche des Operators und seiner Position */
   for( i=0 ; *(ch+i) !='+' && *(ch+i) !='-' && *(ch+i) !='*' &&
                    *(ch+i) !='/' && *(ch+i) !='\0'; i++)
   {
   }
   /* Fehlerbehandlung */
   if(i==0) /* der erste Operand fehlt */
   {
      printf("Error: kein <wert1>");
      exit(0);
   }
   else if(i==strlen(ch)-1) /* der zweite Operand fehlt */
   {
      printf("Error: kein <wert2>");
      exit(0);
   }
   else if(i==strlen(ch)) /* kein Operator vorhanden */
   {
      printf("Error: kein <operator>");
      exit(0);
   }
   /* Zeichenkette fuer den ersten Operanden */
   val1=(char*) malloc((i+1)*sizeof(char));
   extract(ch,val1,0,i);
   /* Umwandlung der Zeichenkette */
   sscanf(val1,"%d",& wert1);
   /* Erfassung des Operators */
   operation=*(ch+i);
   /* Zeichenkette fuer den zweiten Operanden*/
   lgval2=strlen(ch)-(i+1);
   val2=(char*) malloc((lgval2+1)*sizeof(char));
   extract(ch,val2,i+1,lgval2);
   /* Umwandlung der Zeichenkette */
   sscanf(val2,"%d",&wert2);
   /* Berechnung */
   switch(operation)
   {
      case '+':
         resultat=wert1+wert2;
         break;
      case '-':
         resultat=wert1-wert2;
         break;
      case '*':
         resultat=wert1*wert2;
         break;
      case '/':
         if(wert2 != 0)
         resultat=wert1/wert2;
         else
         {
          resultat=0;
          printf("Error: Division durch 0 nicht moeglich");
          exit(0);
         }
   }
   return resultat;
}
/* Funktion zum Extrahieren einer Unterzeichenkette
   von zeichenkette1 in zeichenkette2 */
void extract(char* zeichenkette1, char* zeichenkette2,
     int anfang, int nb)
{
   int i;
   zeichenkette1= zeichenkette1+anfang;
   i=0;
   while(i<nb)
   {
      * zeichenkette2=* zeichenkette1;
      zeichenkette1++;
      zeichenkette2++;
      i++;
   }
   * zeichenkette2='\0';
}
int main(int argc, char** argv)
{
   int res;
   if(argc!=2)
   {
      printf("Error, Nutzung des Programms : eval1
                    <expression>");
   }
   else
   {
      res=eval1(argv[1]);
      printf("Das Ergebnis der Berechnung ist : %d",res);
   }
}
```



Programm Volume: 1590,423
Difficulty Level: 44,733
Effort to implement: 71144,908
Implementation time: 3952,495 (≈ 1h)

Die Zahlen incl Angabe bis zur dritten Nachkommastelle stammen aus dem oben zitierten Artikel.

Halstead Metriken Zahlen

Empfehlung:

- Volumen einer Funktion zwischen 20 und 1000
- Volumen eines Files zwischen 100 und 8000

Halstead Metriken –Pro/Con

Vorteile:

- Einfach zu ermitteln
- automatisiert auswertbar
- Für alle (textuellen) Programmiersprachen geeignet
- Empirisch bestätigt als gutes Maß für Komplexität

Kritik:

- Berücksichtigung ausschließlich lexikalischer Komplexität
- Konzepte wie Sichtbarkeit oder Namensräume nicht berücksichtigt
- Aufteilung Operator/Operand sprachabhängig

Halstead Metriken

Verwendung

- zur Bewertung der Wartbarkeit eines Programmmoduls.
- Beurteilung der Entwicklung über die Zeit ein und desselben Programms.

Metriken

- LoC/NCSS
- Halstead Metriken
- McCabe Metrik
- Objektorientierte Metriken

McCabe Metrik

- McCabe Metrik = zyklomatische Komplexität
- Ziel: Komplexität einer Methode in einer Zahl auszudrücken.
- Basiert auf Graphentheorie.
- Auf alle strukturierten Sprachen anwendbar.
- Entspricht der Anzahl linear unabhängiger Pfade auf dem Kontrollflussgraphen eines Moduls.
- Entspricht der mindestens nötigen Anzahl von Testfällen für vollständige Zweigüberdeckung.

McCabe Metrik

Definition aus der Graphentheorie

$V(G) = e - n + 2 * p$

- e = Anzahl der Kanten
- n = Anzahl der Knoten
- p = unabhängige Teile des Graphs

In der weiteren Diskussion ist p=1 (d.h. der betrachtete Graph ist zusammenhängend).

McCabe Metrik

- Berechnet die strukturelle Komplexität.
- Wird i.A. pro Methode berechnet.
- Darstellung des Programms als Kontrollflussgraph.

Hier verwendete Definition (für zusammenhängende Graphen):

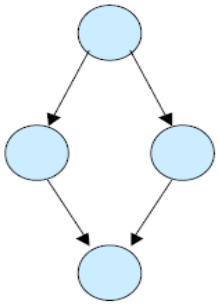
V(G) = e – n + 2

- e = Anzahl der Kanten
- n = Anzahl der Knoten

Sequenz

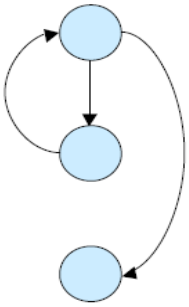
V(G) = 1 – 2 + 2 = 1

Auswahl



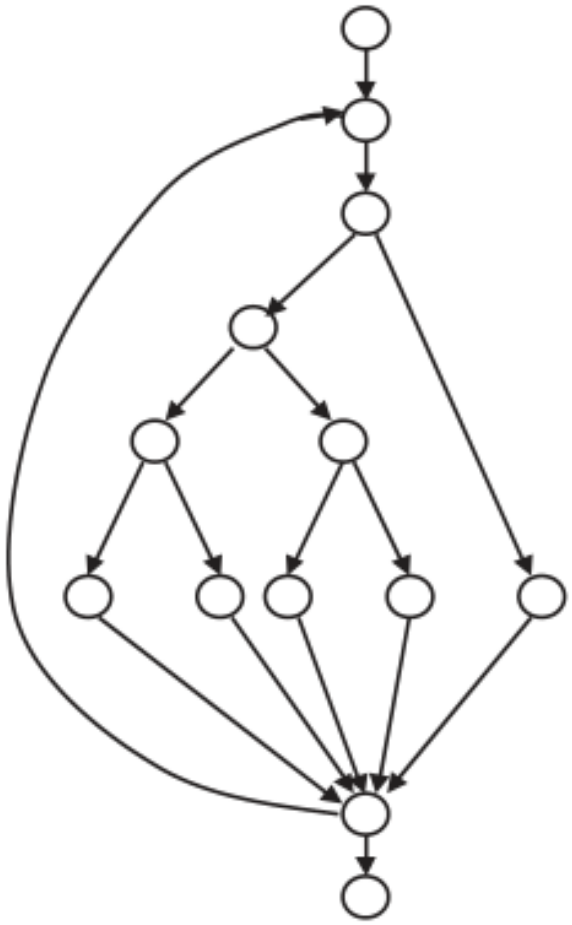
V(G) = 4 – 4 + 2 = 2

Abweisende Schleife



V(G) = 3 – 3 + 2 = 2

McCabe Metrik



McCabe Metrik in der vorgestellten Form nur für einzelne Kontrollflussgraphen anwendbar.

Bsp: Nebenstehender Graph hat die zyklomatische Komplexität von

$$V(G) = e - n + 2 = 17 - 13 + 2$$
$$= 6$$

Gilt als akzeptabler Wert.

McCabe Metrik

Nutzung für Abschätzungen in Bezug auf die Testbarkeit und die Wartbarkeit des Programmteils vorzunehmen.

Faustregeln für die zyklomatische Komplexität *V(G)*:

V(G)	**Risiko**
1 – 10	Einfaches Programm, geringes Risiko
11 – 20	komplexeres Programm, erträgliches Risiko
21 – 50	komplexes Programm, hohes Risiko
> 50	untestbares Programm, extrem hohes Risiko

➔ **Konsequenz:**

Wenn eine Umstrukturierung ansteht, dann beginne mit der Komponente, die die höchste zyklomatische Komplexität hat!

McCabe Metrik

Pro

- Einfach zu berechnen (Parser genügt)
- Im Prinzip gute Korrelation zwischen zyklomatischer Zahl und Verständlichkeit der Komponente.
- Für Berechnung des Testaufwands geeignet.

Con

- Metrik berücksichtigt nur Kontrollfluss.
- Komplexität des Datenflusses wird nicht berücksichtigt.
- Teilweise nicht übereinstimmend: Metrik vs. subjektives Empfinden
- Teilweise unterschiedlich in den Tools implementiert.

McCabe in der Objektorientierung

Methodenbasiert (Normalfall)

- Es werden die Kontrollstrukturen innerhalb von Methoden untersucht.

Prozessbasiert

- Sämtliche für einen Prozess relevanten Methoden werden als unabhängige Teilgraphen betrachtet.
- e sind die Kanten der Kontrollstrukturgraphen aller Methoden.
- n sind die Knoten der Kontrollstrukturgraphen aller Methoden.
- p ist die Anzahl der beteiligten Methoden.
- Aussagen über Gesamtkomplexität von Prozessen

MCCabe – zum Weiterlesen

Original Publikation:
http://www.literateprogramming.com/mccabe.pdf

Kritik an McCabe Metrik:

https://www.cqse.eu/en/blog/mccabe-cyclomatic-complexity/

McCabe Metrik

Sinnvoll: Verwendung gemeinsam mit anderen einfachen Komplexitätsmetriken

z.B.:

- Schachtelungstiefe
- Länge einer Methode
- ..

Aufgabe

Erstellen Sie für folgende Funktion den Kontrollflussgraphen, berechnen Sie die McCabe Metrik und bewerten Sie das Ergebnis.

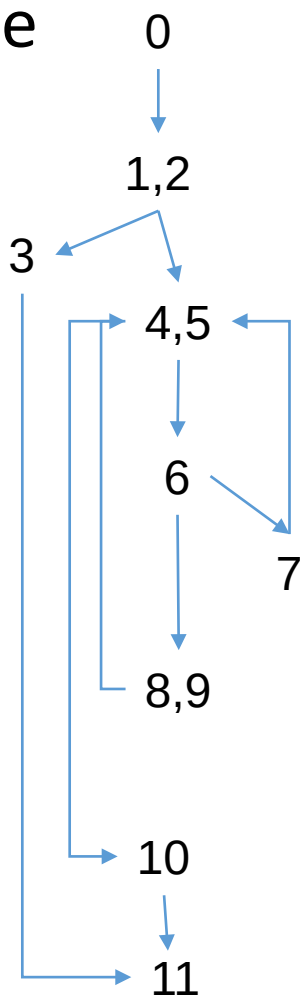
```
int berechne_ggt_euklid(int m, int n){
    int r;

    if(m==0){
        r=n;
    }else{
        while (n!=0){
            if(m>n){
                m=m-n;
            }else{
                n=n-m;
            }
        }
        r=m;
    }
    return r;
}
```

Aufgabe

Für folgende Funktion Strukturgraph erstellen, die McCabe Metrik berechnen und bewerten.

```
0  int berechne_ggt_euklid(int m, int n){
1      int r;
2
2      if(m==0){
3          r=n;
4      }else{
5          while (n!=0){
6              if(m>n){
7                  m=m-n;
8              }else{
9                  n=n-m;
               }
           }
10         r=m;
       }
11     return r;
   }
```

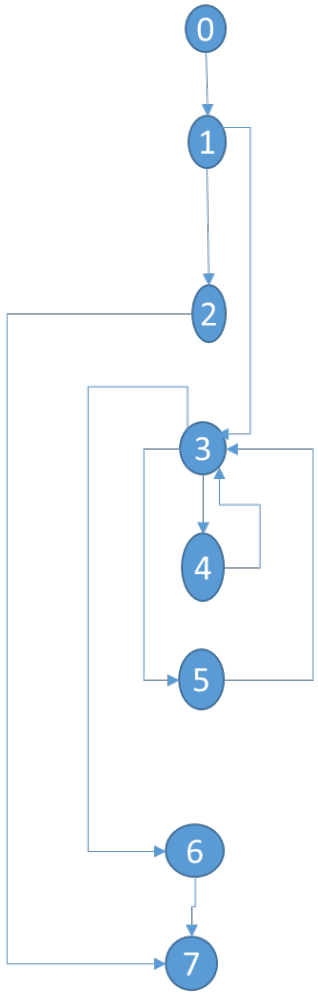
V(g)= 11 – 9 +2 = 4
➔ Wenig komplex



Andere Darstellung der Lösung

```
0  int berechne_ggt_euklid(int m, int n){
1      int r;

       if(m==0){
2          r=n;
       }else{
3          while (n!=0){
               if(m>n){
4                  m=m-n;
               }else{
5                  n=n-m;
               }
           }
6          r=m;
       }
7      return r;
   }
```

V(g)= Anzahl_Kanten – Anzahl_Knoten +2
= 9-7+2 = 4
➔ Wenig komplex



Metriken

- LoC/NCSS
- Halstead Metriken
- McCabe Metrik
- Objektorientierte Metriken

Objektorientierte Metriken

- Bisher: Metriken der imperativen Programmierung
- Auch anwendbar für objektorientierte Programme

- Aber
  - Rein imperativ ausgerichtete Metriken erfassen die Komplexität objekt-orientierter Programme nur unvollständig.
  - Klassische Metriken berücksichtigen objektorientierte Besonderheiten nicht (z.B. Vererbung).

➔objektorientierte Metriken

Objektorientierte Metriken

Komponentenmetriken

Bewertung von einzelnen Komponenten (Klasse, Paket, Bibliothek) um Komponenten miteinander zu vergleichen.

Strukturmetriken

Bewertung des Klassenverbunds als Ganzes.
Beurteilung des Zusammenspiels von Komponenten.

Komponentenmetriken - Übersicht

Abkürzung	Metrik	Typ	Signifikanz
OV	Object Variables	Umfangsmetrik	Hoch
CV	Class Variables	Umfangsmetrik	Hoch
NOA	Number of Attributes	Umfangsmetrik	Hoch
WAC	Weighted attributes per class	Umfangsmetrik	Hoch
WMC	Weighted Methods per class	Umfangsmetrik	Hoch
DOI	Depth of Inheritance	Vererbungsmetrik	Hoch
NOD	Number of Descendants	Vererbungsmetrik	Hoch
NORM	Number of redefined Methods	Vererbungsmetrik	Hoch
LCOM	Lack of Cohesion in methods	Kohäsionsmetrik	Fraglich

Komponentenmetriken - Details

OV: Anzahl der Objektvariablen

CV: Anzahl der Klassenvariablen

NOA: Summe der beiden obigen

Umfangsmetriken, die

- Hinweise auf funktional bedeutsame Klassen geben.
- Hinweise auf potentielle Monolithen geben.

Komponentenmetriken - Details

Weighted Methods per class (WMC)

- Summe über die Methoden, Gewichtung c_i ist die zyklomatische Komplexität der einzelnen Methode

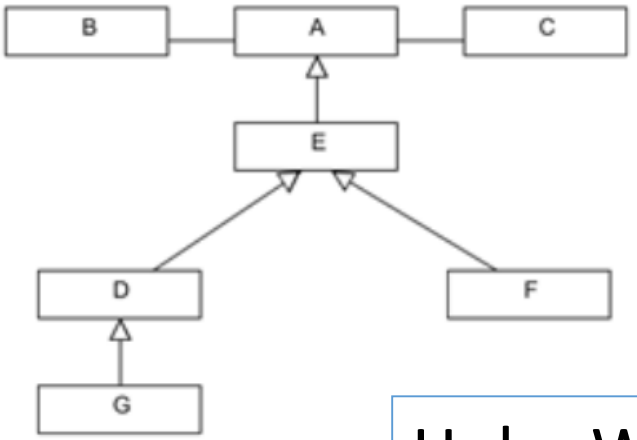
$$WMC = \sum_{i=0}^{n} c_i$$

Ein großer WMC Wert deutet auf eine schwer wartbare und schwer wiederverwendbare Klasse hin.

Komponentenmetriken - Details

Depth of Inheritence Tree (DIT)

- Größter Abstand von der Wurzel des Vererbungsbaums bis zur betrachteten Klasse



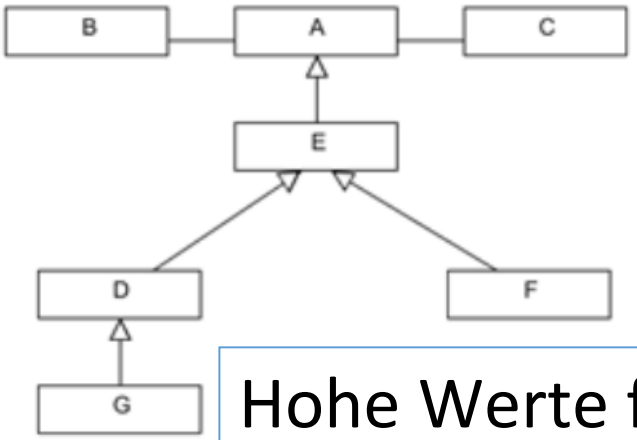
- DIT (A) = 0
- DIT(G) = 3

Hohe Werte für DIT ➔ schwer verständlich, schwer wiederverwendbar

Komponentenmetriken - Details

Number of Descendants (NOD)

Zahl der Kinder, die von der betrachteten Klasse direkt erben.



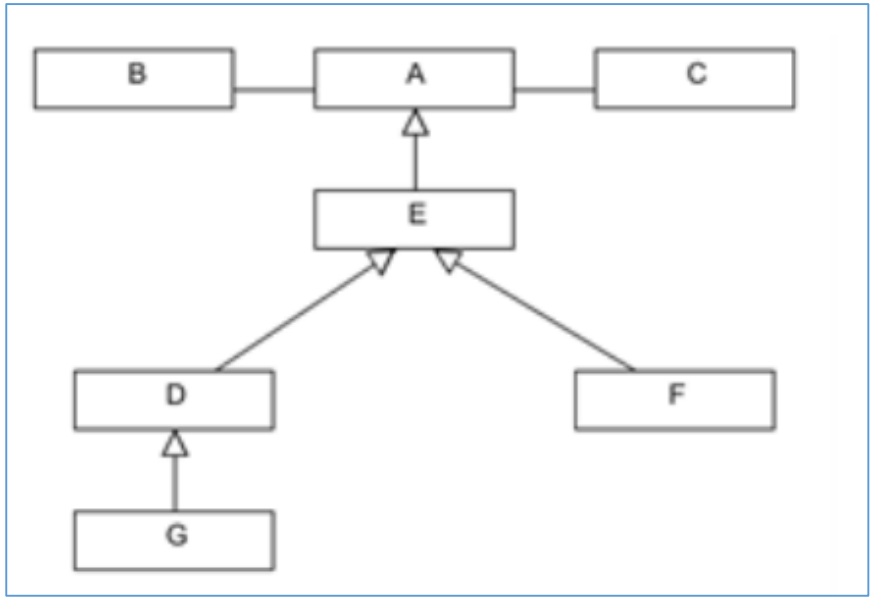
- NOD (A) = 1
- NOD (E) = 2

Hohe Werte für NOD ➔ potentiell hohe Wiederverwendung

➔ Potentiell falsche Verwendung der Abstraktion

CBO – Coupling between Object Classes

Der CBO-Wert einer Klasse C gibt die Anzahl der an diese gekoppelten Klassen wieder. Die gekoppelten Klassen sind diejenigen, die die Methoden oder Objektvariablen der Klasse C nutzen oder eine Instanz der Klasse C auf eine sonstige Weise nutzen. In dem Klassendiagramm ist CBO(A) = 2, da A von B und C verwendet wird.



Komponentenmetriken - Details

LCOM (Lack of Cohesion):

Anzahl der Methoden Paare, die über disjunkte Variablensätze verfügen abzüglich Anzahl der Methodenpaare, die gemeinsame Variablen verwenden. (definitionsgemäß >= 0)

Niedriger Wert ➔ Hohe Kohäsion

Hohe Werte für LOC ➔ schlechte Kohäsion

Empirisch ist der Nutzen der Metrik nicht gut bestätigt.

LCOM Beispiel

```
package demo;

public class Example {
    int inta;
    int intb;

    int firstMethod(){
        return inta;
    }

    int secondMethod(){
        return intb;
    }

    int thirdMethod(){
        return intb * intb;
    }

    int fourthMethod(){
        return intb*intb*intb;
    }

}
```

Folgende Paare haben ein gemeinsames Attribut:

- secondMethod, thirdMethod
- secondMethod, fourthMethod
- thirdMethod, fourthMethod

Folgende Paare haben kein gemeinsames Attribut:

- firstMethod, secondMethod
- firstMethod, thirdMethod
- firstMethod, fourthMethod

➔ **LCOM = 3 -3 = 0**

Weitere Metriken

Im Package:

- Kohäsionsmetrik für Klasse C: Anzahl der von C abhängigen Klassen geteilt durch Klassen ohne Abhängigkeit von C.

- Abstraktionsniveau: Anzahl abstrakte Klassen und Interfaces geteilt durch Anzahl aller Klassen.

Strukturmetriken

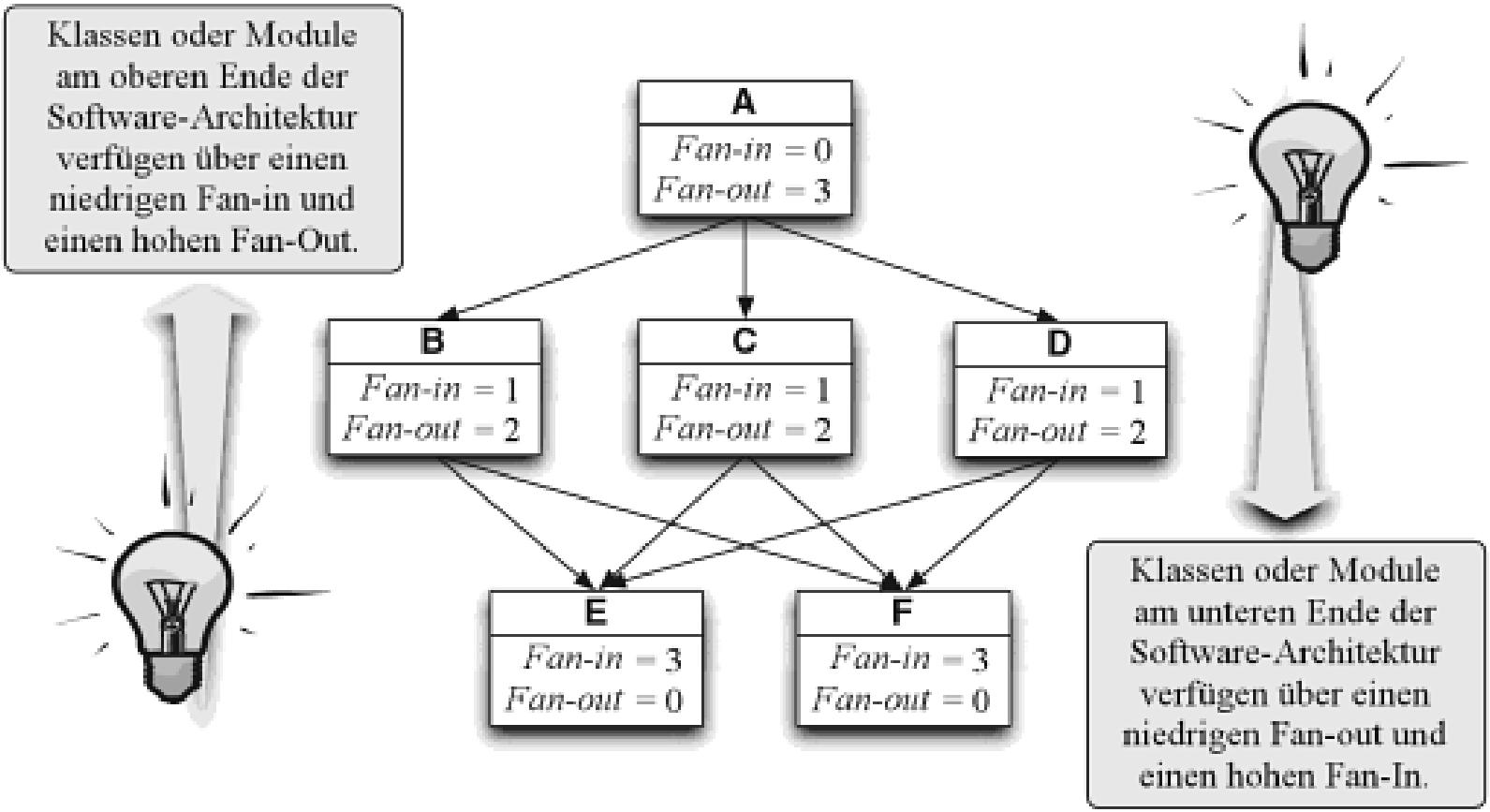
Strukturmetriken analysieren den Klassenverbund als Ganzes.

Wichtige Begriffe

- **Fan-In** eines Moduls :
  Anzahl der Module, die auf dieses Modul zugreifen.

- **Fan-out**: Anzahl der Module, auf die dieses Modul zugreift.

Fan-in / Fan-out



Strukturmetriken - Beispiele

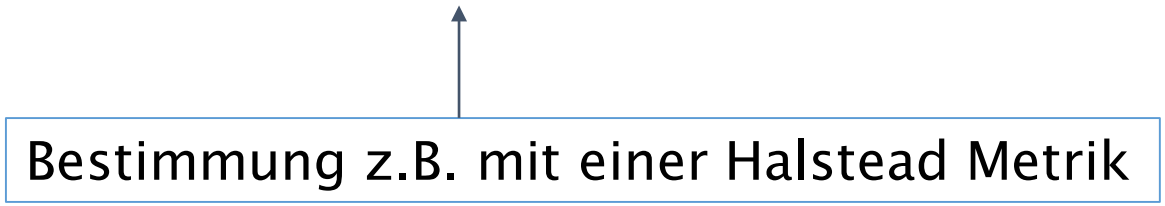
- **Henry und Kafura:**

  Komplexität eines Moduls:

  $C_M = (\text{Fan-in} * \text{Fan-out})^2$

- **Henry und Selig:**

  $C_M =$ interne Komplexität $* (\text{Fan-in} * \text{Fan-out})^2$



Strukturmetriken

- Fan-in und Fan-out der Klassen eines Systems werden verwendet, um in komplexen Formeln ein Maß für die Komplexität des Systems zu gewinnen.

- Bsp: Card und Glass definieren

$$v_{CG} = s_{CG} + d_{CG}$$

Strukturkomplexität

$$s_{CG} = \sum_{i=1}^{n} F_{out}(C_i)^2$$

Datenkomplexität

$$d_{CG} = \sum_{i=1}^{n} \frac{IO(C_i)}{F_{out}(C_i) + 1}$$

IO: Anzahl der Input und Outputparameter

Automatisierung

Open-Source-Tools:

Java:

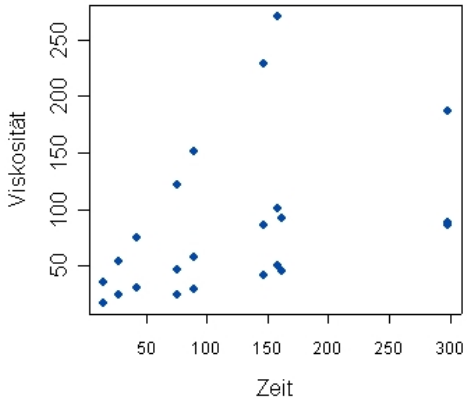
- ckjm: http://www.spinellis.gr/sw/ckjm/
- JavaNCSS: https://github.com/codehaus/javancss
- Eclipse Plugin Metrics : http://eclipse-metrics.sourceforge.net/

C und C++:

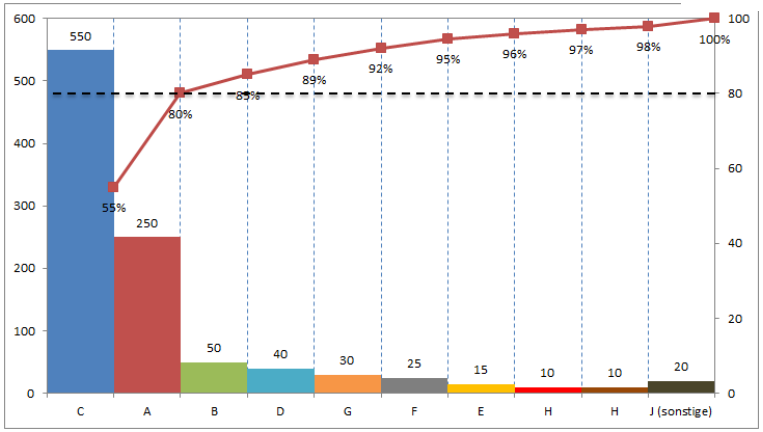
- CCCC: http://cccc.sourceforge.net/

Visualisierung von Messwerten

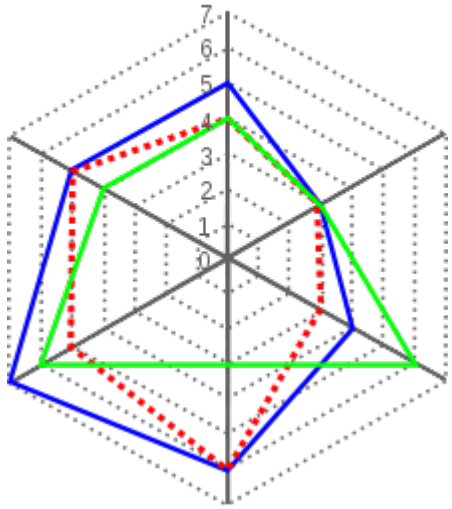
Streudiagramm



Pareto Diagramm



Netzdiagramm



Statische Code Analyse

- Manuelle Prüfung
- Software Metriken
- Konformitätsanalyse
- Exploit Analyse
- Anomalienanalyse

Konformitätsanalyse

Syntax Analyse

➔ in den Compiler integriert, Details werden hier nicht besprochen (➔ VL Compilerbau).

Semantik Analyse

Ziel: Fragwürdige und fehleranfällige, aber syntaktisch korrekte Code Stellen zu identifizieren.

- kein lauffähiger Code nötig
- Hohe Praxisbedeutung

Beispiele der semantischen Analyse 1

- GNU C-Compiler

```c
int main(int argc, char *argv[])
{
    if(argc = 1){
        /*erster Zweig*/
    }else{
    /*zweiter Zweig*/
    }
    return 0;
}
```

```
gcc -Wall comparison.c
```

```
comparison.c: In function 'main':
comparison.c:3:5: warning: suggest parentheses around assignment used as truth v
alue [-Wparentheses]
    if(argc = 1){
    ^
```

Beispiele der semantischen Analyse 2

- GNU C-Compiler

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    long value=42L;
    printf("%d",value);
    return 0;
}
```

```
D:\OTH\Vorlesungen\MST-SS2015\C-Beispiele>gcc -Wall printf.c
printf.c: In function 'main':
printf.c:6:5: warning: format '%d' expects argument of type 'int', but argument 2 has type 'long int' [-Wformat=]
    printf("%d",value);
    ^
```

Beispiele der semantischen Analyse 3

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int i=0;
    int p[4]={1,2,3,4};
    int q[4]={5,6,7,8};

    while(i<4)
    {
        p[i++] = q[i];
    }

    return 0;
}
```

```
D:\OTH\Vorlesungen\MST-SS2015\C-Beispiele>gcc -Wall arrayCopy.c
arrayCopy.c: In function 'main':
arrayCopy.c:11:12: warning: operation on 'i' may be undefined [-Wsequence-point]
         p[i++] = q[i];
            ^

arrayCopy.c:6:9: warning: variable 'p' set but not used [-Wunused-but-set-variable]
     int p[4]={1,2,3,4};
         ^
```

Externe Code Analysatoren - Bsp

- C: Bsp: Splint (Secure Programming Lint) http://www.splint.org/

- Java: Bsp:
  - http://clarkware.com/software/JDepend.html ➔ Design Qualitäts Metriken für jedes Java Paket
  - http://checkstyle.sourceforge.net/ ➔ analysiert Einhaltung von Coding Conventions

Splint

Aus dem Splint manual:

Problems detected by Splint include:

- Dereferencing a possibly null pointer (Section 2);
- Using possibly undefined storage or returning storage that is not properly defined (Section 3);
- Type mismatches, with greater precision and flexibility than provided by C compilers (Section 4.1–4.2);
- Violations of information hiding (Section 4.3);
- Memory management errors including uses of dangling references and memory leaks (Section 5);
- Dangerous aliasing (Section 6);
- Modifications and global variable uses that are inconsistent with specified interfaces (Section 7);
- Problematic control flow such as likely infinite loops (Section 8.3.1), fall through cases or incomplete switches (Section 8.3.2), and suspicious statements (Section 8.4);
- Buffer overflow vulnerabilities (Section 9);
- Dangerous macro implementations or invocations (Section 11); and
- Violations of customized naming conventions. (Section 12).

Splint

Aus dem Splint manual:

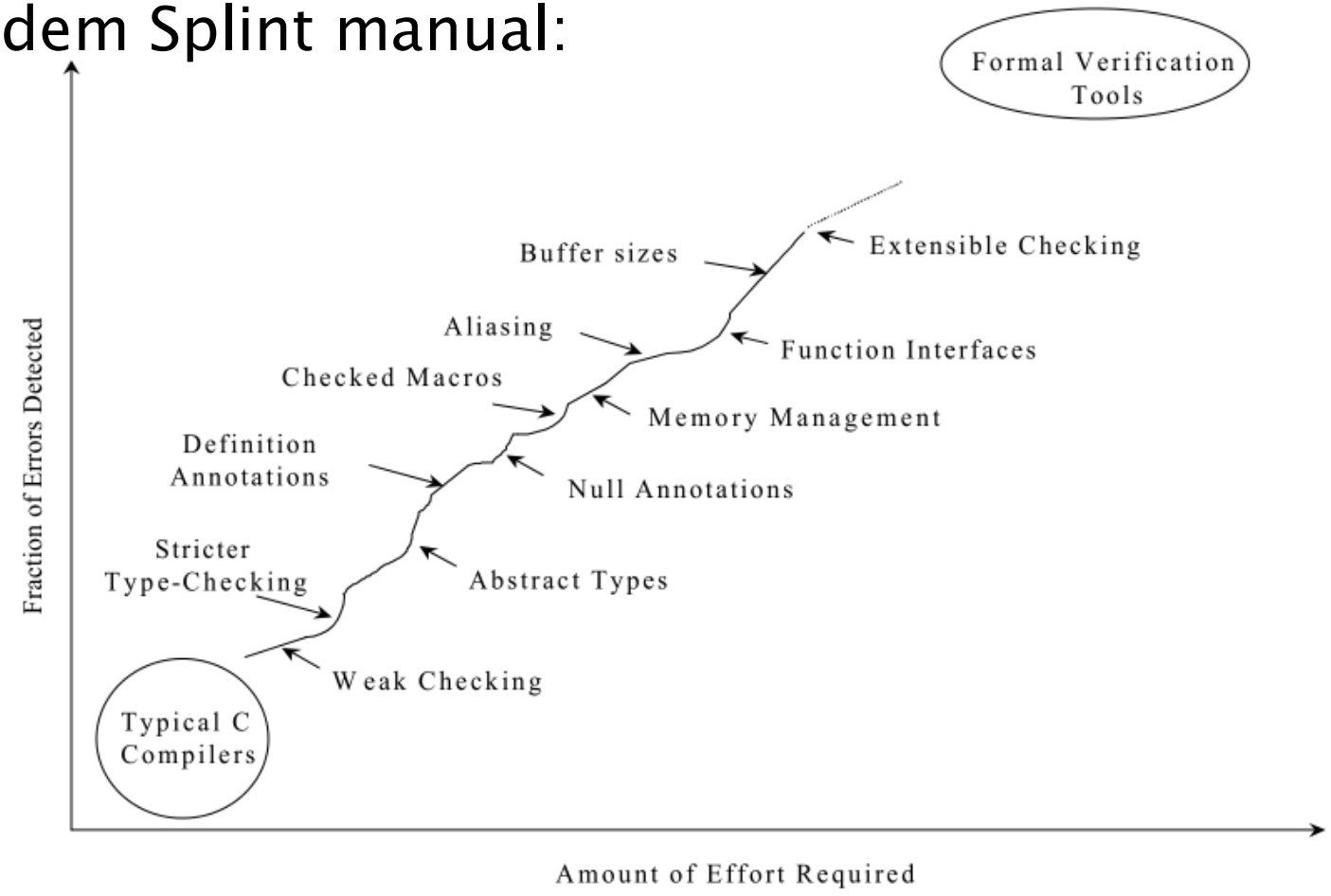


Figure 1. Typical Effort-Benefit Curve

Splint Bsp

```c
#include <stdio.h>
#include <string.h>

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

    size_t i;
    char *s  = "Hello world\n";
    for (i=strlen(s); i>=0;i--){
        printf("%c\n", s[i]);
    }
    return 0;
}
```

```
charprint.c(8,23): Comparison of unsigned value involving zero: i >= 0
  An unsigned value is used in a comparison with zero in a way that is either a
  bug or confusing. (Use -unsignedcompare to inhibit warning)
```

Splint Bsp

```c
#include <stdio.h>
#include <string.h>
int *allocate();

int main(int argc, char *argv[]){
    int wert;
    int *ptr = allocate();
    wert = *ptr;
    printf("Wert ist %i",wert);
    return 0;
}


int *allocate(){

    int ret = 15;
    int *ptr= &ret;
    return ptr;

}
```

```
false_allocate.c(18,12): Stack-allocated storage ptr reachable from return
                         value: ptr
  A stack reference is pointed to by an external reference when the function
  returns. The stack-allocated storage is destroyed after the call, leaving a
  dangling reference. (Use -stackref to inhibit warning)
   false_allocate.c(17,20): Storage ptr becomes stack-allocated storage
```

Hinweis zu false negatives

Oftmals melden die Tools Probleme, die aber keine sind, sogenannte False Negatives

Umgang damit:

1. Verstehen
2. Entweder durch einfache Änderungen im Programm vermeiden (normalerweise wird die Änderung vom Tool vorgeschlagen).
3. Oder: Die Meldung ausblenden (dafür bieten die Tools Möglichkeiten, z.B. durch geeignete Kennzeichnung im Code).

Statische Code Analyse

- Manuelle Prüfung
- Software Metriken
- Konformitätsanalyse
- Exploit Analyse
- Anomalienanalyse

Exploit Analyse

- Analyse von sicherheitstechnischen Programmschwachstellen
- Mittlerweile ähnlicher Stellenwert wie die Elimination klassischer SW Fehler.
- ➔ Verweis auf die Sec VL
- Hier nicht weiter behandelt

Statische Code Analyse

- Manuelle Prüfung
- Software Metriken
- Konformitätsanalyse
- Exploit Analyse
- Anomalienanalyse

Anomalienanalyse

Suche nach ungewöhnlichen oder auffälligen Code Sequenzen

Unterscheidung

- **Kontrollflussanomalien**
  - Unstimmigkeiten im Programmablauf
  - schwer automatisiert zu finden
- **Datenflussanomalien**
  - Anweisungssequenzen, die zweifelhafte Variablenzugriffe enthalten.

Anomalien – Bsp Kontrollfluss

Von Splint und manchem Compiler erkannt.

```
int sign(int x)
{
    if(x>=0)
    {
        return 1;
    }
    else
    {
        return -1;
    }
    return 0;
}
```

Weder vom Compiler noch von Splint Erkannt.

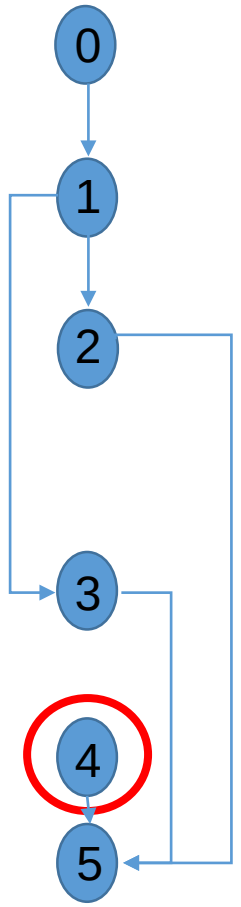
```
int even(unsigned int x){
    if(x%2 == 0){
        return 1;
    }
    if(x%2 ==1){
        return 0;
    }
    return 0;
}
```

Anomalien – Bsp Kontrollfluss

```
int sign(int x)
{
    if(x>=0)
    {
        return 1;
    }
    else
    {
        return -1;
    }
    return 0;
}
```

0 1 2 3 4 5

Kontrollflussgraph

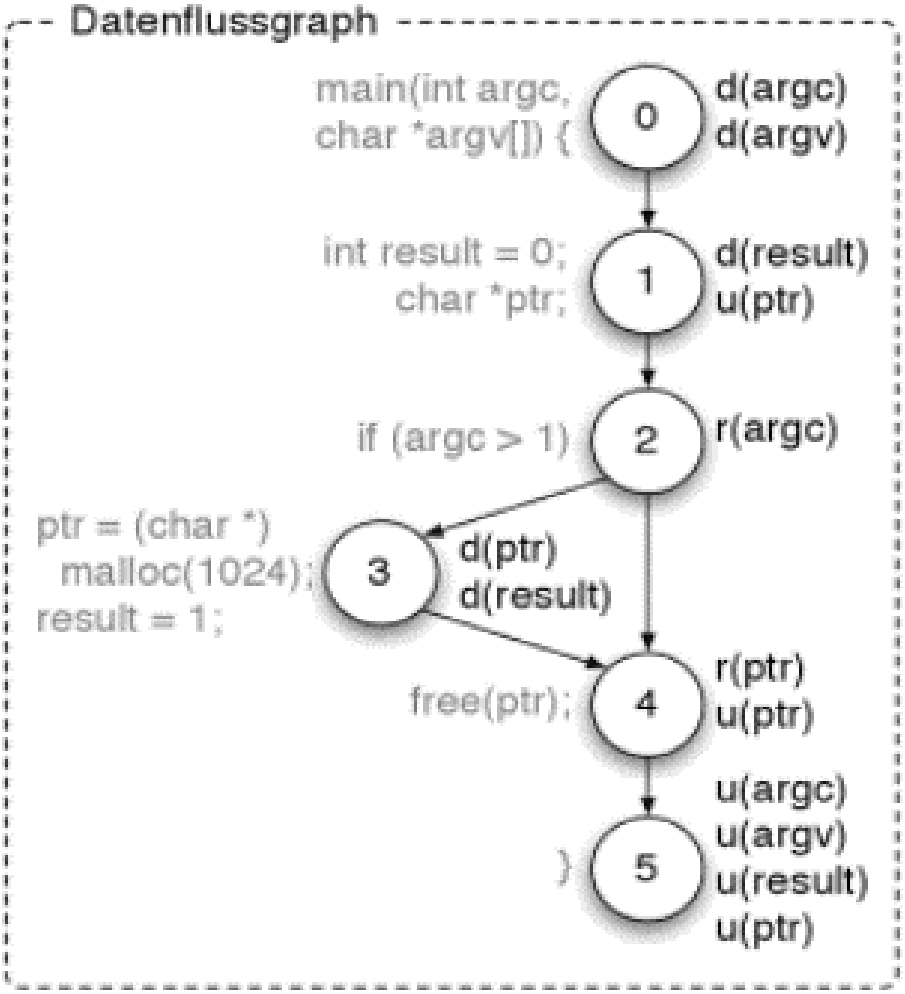


Anomalien – Bsp Datenfluss

```c
#include <stdio.h>

int main(int argc, char *argv[]){
    int result=0;
    char *ptr;

    if(argc>1){
        ptr= (char *)malloc(1024);
        /*irgendwas*/
        result =1;
    }
    free(ptr);

}
```

Analyse mit der Notation:
d(x): x wird definiert
r(x): x wird referenziert
u(x): x ist undefiniert

Anomalien – Bsp Datenfluss



- Pfad 1: (0, 1, 2, 4, 5)

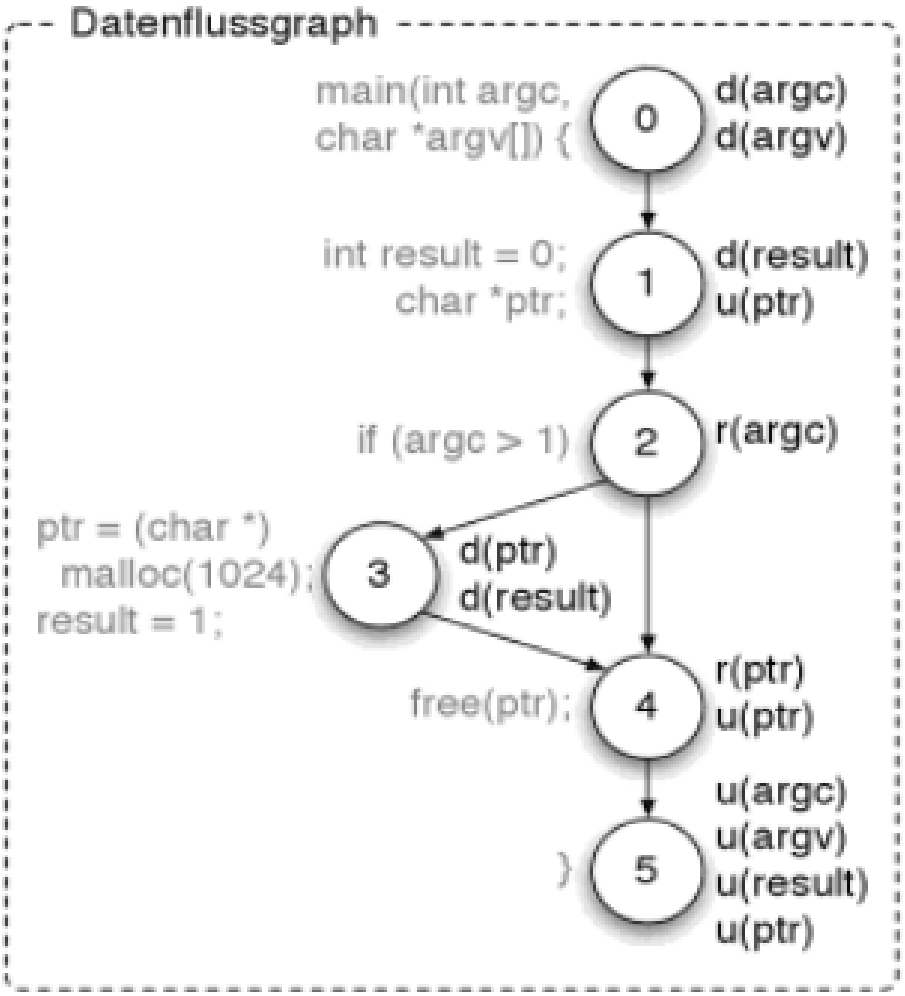
	0	1	2	4	5
argc	d		r		u
argv	d				u
result		d			u
ptr		u		ru	u

- Pfad 2: (0, 1, 2, 3, 4, 5)

	0	1	2	3	4	5
argc	d		r			u
argv	d					u
result		d		d		u
ptr		u		d	ru	u

Muster	Beschreibung	Anomalie
dd	Variable wird zweimal hintereinander überschrieben	Ja
dr	Variable wird überschrieben und dann verwendet	nein
du	Variable wird geschrieben und dann gelöscht	Ja
rd	Variable wird gelesen und dann überschrieben	nein
rr	Variable wird zweimal hintereinander gelesen	nein
ru	Variable wird gelesen und dann gelöscht	nein
ud	Undefinierte Variable wird geschrieben	nein
ur	Undefinierte Variable wird verwendet	ja
uu	Undefinierte Variable wird gelöscht	nein

Anomalien – Bsp Datenfluss



- Pfad 1: (0, 1, 2, 4, 5)

	0	1	2	4	5
argc	d		r		u
argv	d				u
result		d			u
ptr		u		ru	u

- Pfad 2: (0, 1, 2, 3, 4, 5)

	0	1	2	3	4	5
argc	d		r			u
argv	d					u
result		d		d		u
ptr		u		d	ru	u

Anomalien im Bsp beseitigt

```c
#include <stdio.h>

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

    if(argc>1){
        ptr= (char *)malloc(1024);
        /*irgendwas*/
        free(ptr)
        result =1;
    }else{
        result = 0;
    }
    return result;
}
```

free() im If Zweig➔
Beseitigung der ur Anomalie

Zusätzlicher Else Zweig➔
Beseitigung der dd Anomalie

Return Anweisung➔
Beseitigung der du Anomalie

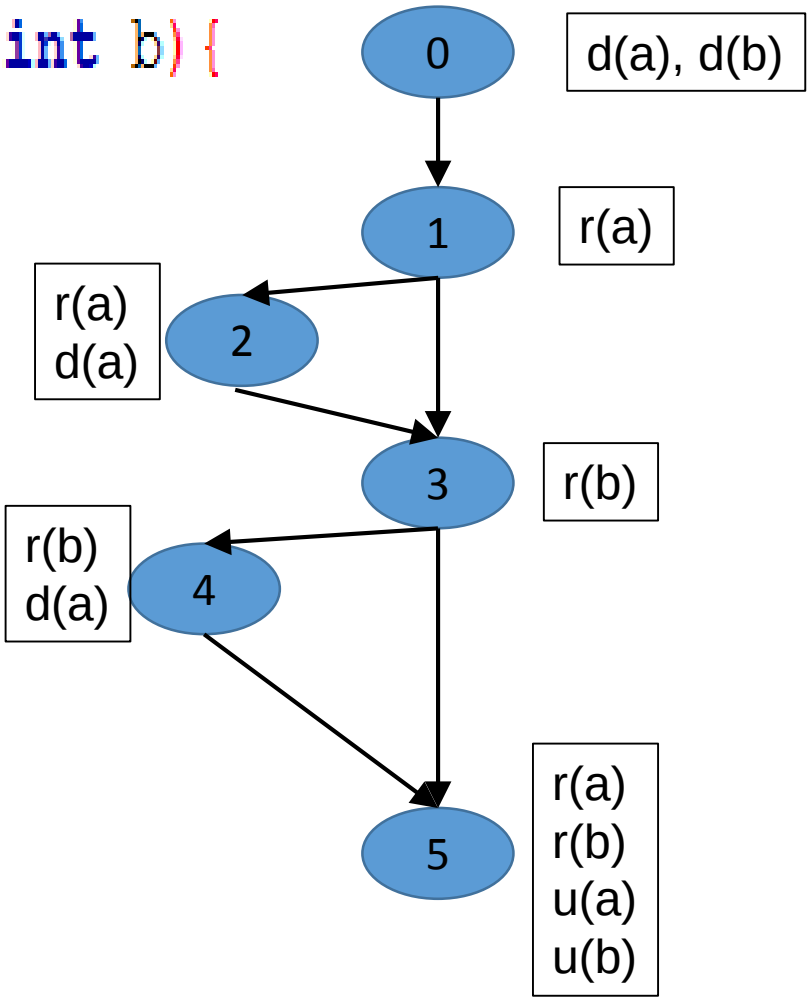
Aufgabe:

Erstellen Sie eine Datenflussanalyse des folgenden Programms und finden Sie damit den Implementierungsfehler

```
int manhattan(int a, int b){

    if(a<0){
        a=-a;
    }
    if(b<0){
        a=-b;
    }

    return a+b;
}
```

Aufgabe: manhattan

```
int manhattan(int a, int b){

    if(a<0){
        a=-a;
    }
    if(b<0){
        a=-b;
    }

    return a+b;
}
```



Datenflussanomalienanalyse

Pfad (0,1,3,5)

	0	1	3	5
a	d	r		ru
b	d		r	ru

Pfad (0,1,2,3,5)

	0	1	2	3	5
a	d	r	rd		ru
b	d			r	ru

Datenflussanomalienanalyse

Pfad (0,1,34,,5)

	0	1	3	4	5
a	d	r		d	ru
b	d		r	r	ru

Pfad (0,1,2,3,4,5)

	0	1	2	3	4	5
a	d	r	rd		d	ru
b	d			r	r	ru

Datenflussanomalie - Aufgabe

Erstellen Sie eine Datenflussanalyse des folgenden Programms und finden Sie damit den Implementierungsfehler

```
int manhattan(int a, int b){

    if(a<0){
        b=-b;
    }
    if(b<0){
        a=-a;
    }

    return a+b;
}
```

Manhattan korrekt

```
int manhattan(int a, int b){

    if(a<0){
        a=-a;
    }
    if(b<0){
        b=-b;
    }

    return a+b;
}
```

Statische Code Analyse

- Manuelle Prüfung
- Software Metriken
- Konformitätsanalyse
- Exploit Analyse
- Anomalienanalyse
- Tools zur statischen Code Analyse

Tools zur statischen Code Analyse unterstützen bei:

- Einhaltung von Konventionen
- Erfassung von Metriken
- Lokalisierung von potentiellen Bugs im Code

Tools zur statischen Code Analyse

Umfassende Liste unter
https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Werkzeugen_zur_statischen_Codeanalyse

Beispiele:

- **Findbugs** („a program which uses static analysis to look for bugs in Java code.")
  - http://findbugs.sourceforge.net/
- **CheckStyle**(„a development tool to help programmers write Java code that adheres to a coding standard.")
  - http://checkstyle.sourceforge.net/
- **JDepend („**JDepend traverses Java class file directories and generates design quality metrics for each Java package.")
  - http://clarkware.com/software/JDepend.html

Findbugs

FindBugs Bug Descriptions

This document lists the standard bug patterns reported by FindBugs version 3.0.1.

Summary

Description	Category
BC: Equals method should not assume anything about the type of its argument	Bad practice
BIT: Check for sign of bitwise operation	Bad practice
CN: Class implements Cloneable but does not define or use clone method	Bad practice
CN: clone method does not call super.clone()	Bad practice
CN: Class defines clone() but doesn't implement Cloneable	Bad practice
CNT: Rough value of known constant found	Bad practice
Co: Abstract class defines covariant compareTo() method	Bad practice
Co: compareTo()/compare() incorrectly handles float or double value	Bad practice
Co: compareTo()/compare() returns Integer.MIN_VALUE	
Co: Covariant compareTo() method defined	
DE: Method might drop exception	
DE: Method might ignore exception	
DMI: Adding elements of an entry set may fail due to reuse of Entry objects	
DMI: Random object created and used only once	
DMI: Don't use removeAll to clear a collection	
Dm: Method invokes System.exit(...)	
Dm: Method invokes dangerous method runFinalizersOnExit	
ES: Comparison of String parameter using == or !=	
ES: Comparison of String objects using == or !=	
Eq: Abstract class defines covariant equals() method	
Eq: Equals checks for incompatible operand	
Eq: Class defines compareTo(...) and uses Object.equals()	

FindBugs (1.2.1-dev-20070506) Analysis for glassfish-v2-b43

Bug Summary | Analysis Information | List bugs by bug category | List bugs by package

FindBugs Analysis generated at: Thu, 19 Apr 2007 17:14:56 -0400

Package	Code Size	Bugs	Bugs p1	Bugs p2	Bugs p3	Bugs Exp.	Ratio
Overall (2365 packages), (34039 classes)	2176122	4967	271	4696			
	301	5		5			
com.sun.activation.registries	562	5		5			
com.sun.activation.viewers	193	8	1	7			
com.sun.appserv	113	1		1			
com.sun.appserv.management.alert	192	2		2			
com.sun.appserv.management.base	956	4		4			
com.sun.appserv.management.client	697	5		5			
com.sun.appserv.management.client.handler	517	9		9			
com.sun.appserv.management.client.prefs	262	2		2			
com.sun.appserv.management.deploy	297	4		4			
com.sun.appserv.management.event	177	1		1			
com.sun.appserv.management.ext.wsmgmt	331	8		8			
com.sun.appserv.management.helper	1018	10		10			
com.sun.appserv.management.j2ee.statistics	693	6		6			
com.sun.appserv.management.util.j2ee	103	2		2			
com.sun.appserv.management.util.j2ee.stringifier	56	1		1			
com.sun.appserv.management.util.jmx	2595	26		26			