Softwaretechnik und Programmierparadigmen

VL10: Metriken

Prof. Dr. Sabine Glesner
FG Programmierung eingebetteter Systeme
Technische Universität Berlin

Software-Metriken: Motivation

- **Metrik**
  - misst die Komplexität von Software
  - weist Programmen Zahlen zu, mit dem Ziel, sie vergleichbar zu machen (Kenngröße)

Misst auch die Qualität von Software

- **zur Bewertung von Software**
  - Hoffnung: gemessene Größe in Relation zur Qualität

- **zur Steuerung des Software-Entwicklungsprozesses**
  - zur Qualitätsverbesserung
  - zur Abschätzung des Aufwands und der Kosten

Warum Messen helfen kann

- **Historisch:** Galileo Galilei (1564-1642):
  Miß alles, was sich messen läßt, und mach alles meßbar, was sich nicht messen läßt.

- **In der Management-Theorie:** Peter Drucker (1909-2005), Ökonom:
  Was man nicht messen kann, kann man nicht lenken.

- **Im Software-Engineering:** Tom DeMarco (*1940):
  Erster Satz aus seinem Buch „Controlling Software Projects: Management, Measurement, and Estimation“, Prentice Hall 1982.
  You can‘t control what you can‘t measure.

Überblick

- Definition von Software-Metriken
- Anforderungen an Software-Metriken
- Überblick über Metriken
- Software-Metriken im Detail
  - Zeilenmetriken
  - Halstead-Metriken
  - Zyklomatische Komplexität
  - Objektorientierte Metriken
- Metriken: Maß aller Dinge?

Software-Metriken: Definitionen

Eine Softwaremetrik ist jede Art von Messung, die sich auf ein Softwaresystem, einen Prozess oder die dazugehörige Dokumentation bezieht.

(aus: Ian Sommerville, Software Engineering)

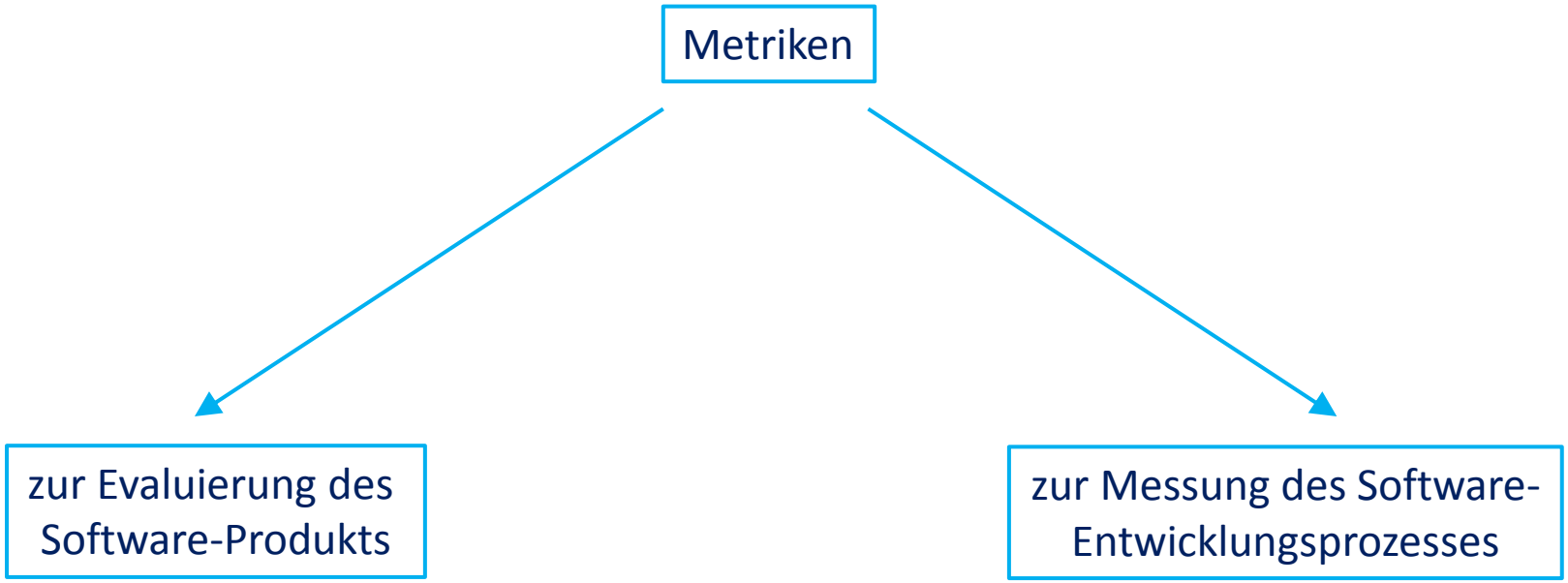
Definition des IEEE Standard 1061 (1992):

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

Anforderungen an Software-Metriken

- **Validität**: sinnvoll, misst das Richtige
- **Objektivität**: kein Einfluss durch den Messenden
- **Zuverlässigkeit**: Ergebnis für dieselbe Messung immer gleich
- **Normierung**: Skala existiert, die Messergebnisse einordnet
- **Vergleichbarkeit**: mit anderen Maßen in Relation
- **Ökonomie**: Messung nicht zu teuer
- **Nützlichkeit**: hilft in der Praxis

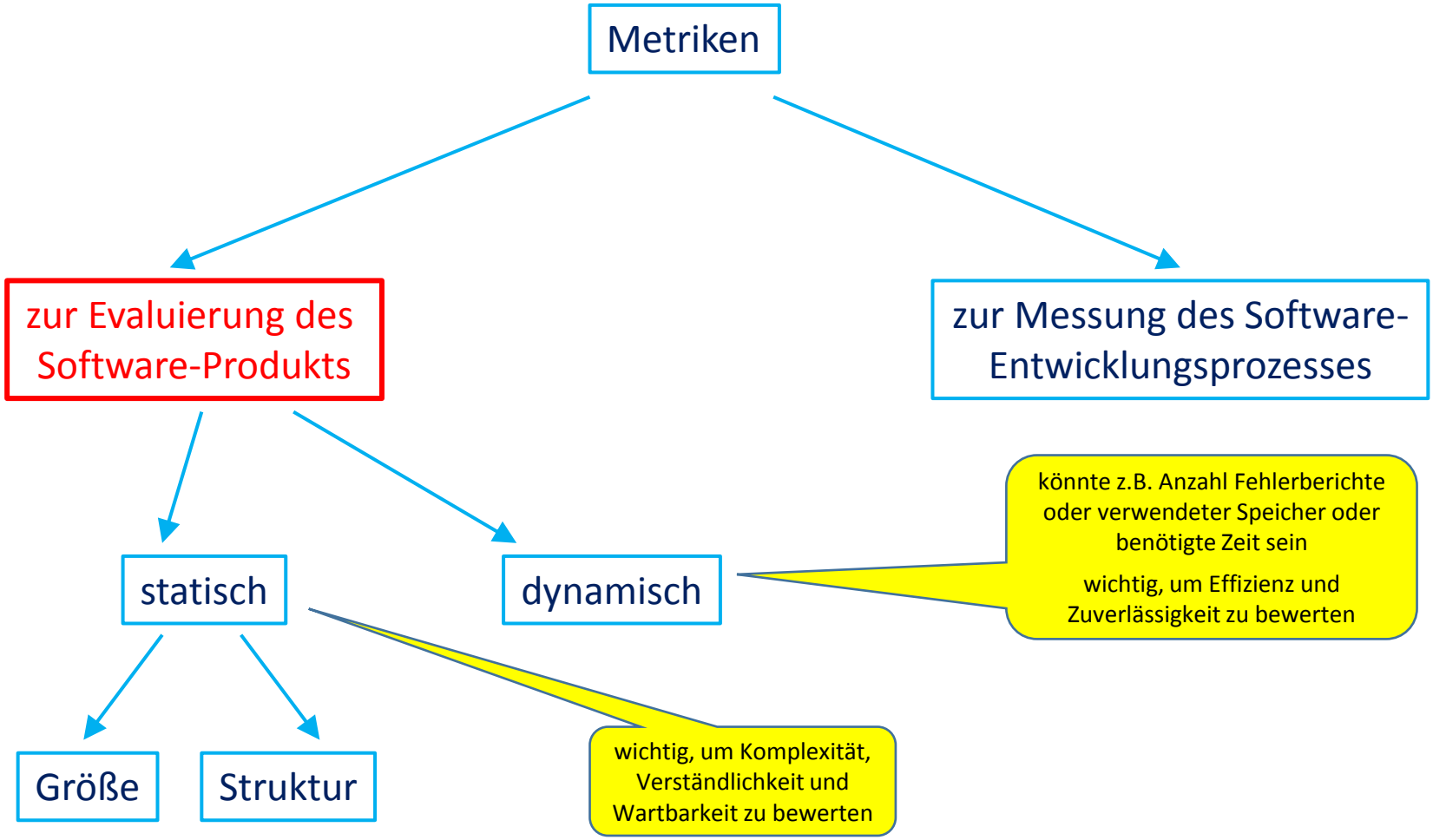
Zwei Arten von Software-Metriken



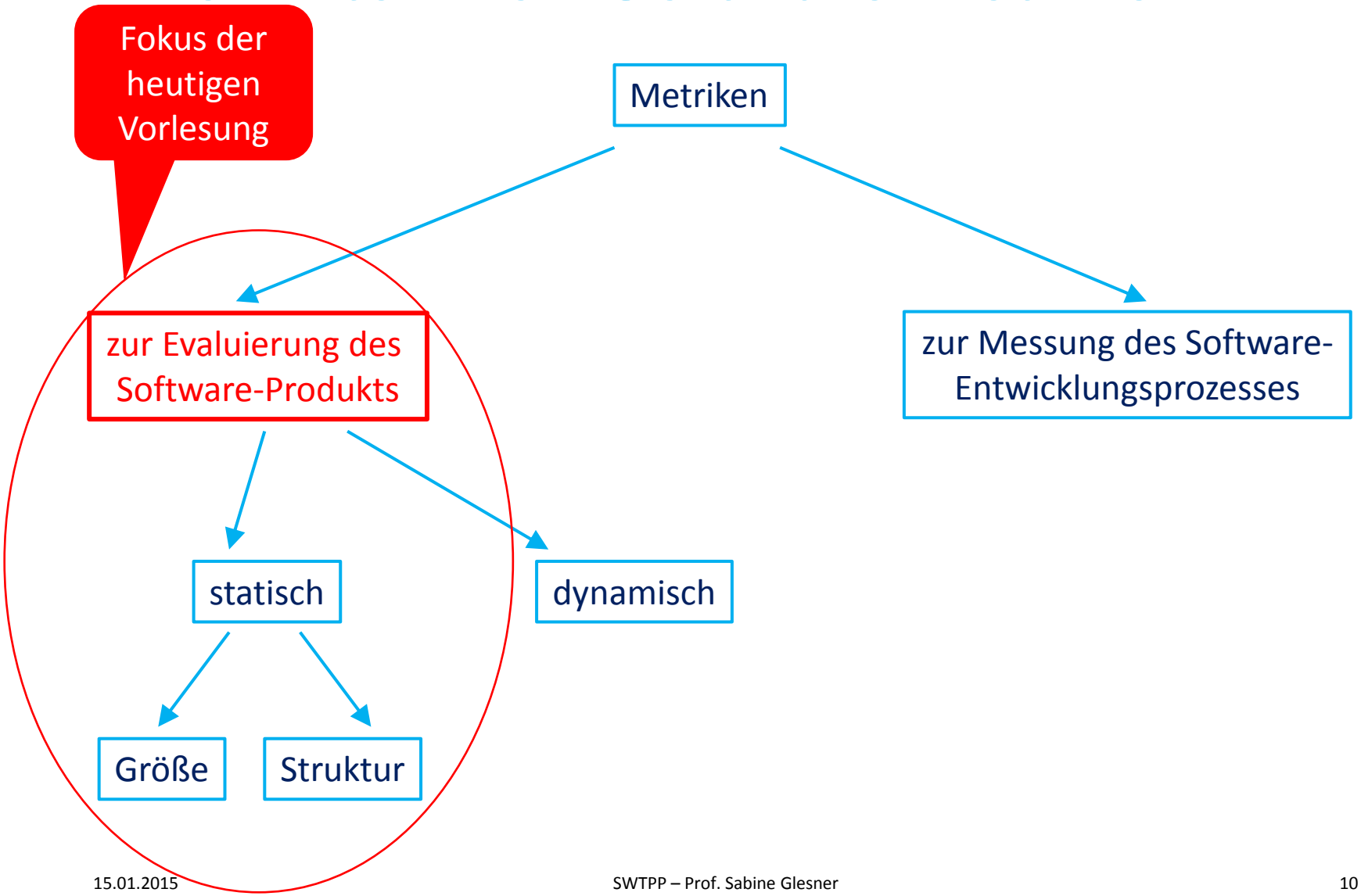
Metriken für Softwareentwicklungsprozesse

- zur Messung nicht der Software selbst, sondern ihrer Entwicklung
  - z.B. dafür benötigte Ressourcen (Personentage, Reisekosten, Computerressourcen etc.)
  - oder Häufigkeit bestimmter Ereignisse (Anzahl gefundener Fehler bei Progamminspektionen, Anzahl Anforderungsänderungen und daraus resultierender Programmänderungen etc.)
- Maß für Produktivität
  - kann auch eingesetzt werden, um Leistungsfähigkeit von Teams oder einzelnen Programmierern zu bewerten
- nicht im Fokus dieser Vorlesung

Zwei Arten von Software-Metriken



Zwei Arten von Software-Metriken



Statische Produktmetriken

- Unterscheidung zwischen
  - traditionellen Metriken, unterteilt in
    - Metriken zur Messung der Programmgröße und dessen Komplexität
      - Zeilenmetriken (loc) und Halstead-Metriken
    - Metriken zur Messung der Programmstruktur
      - McCabe Cyclomatic Number
  - objektorientierten Metriken
    - Verhältnisse der einzelnen Elemente (Klassen, Methoden) untereinander

Zeilenmetriken

- **lines of code (loc)**
  - zähle Zeilen Code im Programm

```
#include <stdio.h>
int main(void)
{
   printf("Hello, World\n");
   return 0;
}
```

- Verfeinerungen von loc: **non commenting lines of code (NCSS)**
  - ignoriere Leerzeilen und reine Kommentarzeilen
  - Anteil an Kommentarzeilen:
    - sollte zwischen 30% und 75% liegen
- Typische Werte für loc:
  - Länge einer Funktion zwischen 4 und 40 Zeilen
  - Länge einer Datei zwischen 40 und 400 Zeilen (10-100 Funktionen)

Zeilenmetriken: Vor- und Nachteile

- Vorteil:
  - leicht zu berechnen
  - leicht nachzuvollziehen

- Nachteil:
  - wenig aussagekräftig
  - abhängig vom Programmierstil
  - bessere Programmstruktur kann auch weniger Zeilen bedeuten

Halstead-Metriken

- 1977 durch Maurice Halstead eingeführt
- textuelle bzw. lexikalische Komplexität
- Programmcode als Sequenz von
  - Operatoren und
  - Operanden

Halstead Metriken: Definition

- Anzahl unterschiedlicher Operatoren: n_1
- Anzahl unterschiedlicher Operanden: n_2
- Anzahl Operatoren im Programm: N_1
- Anzahl Operanden im Programm: N_2

- **Größe des Vokabulars**: $n = n_1 + n_2$
- **Länge** des Programms: $N = N_1 + N_2$

- **Volumen** des Programms: $V = N * \log_2(n)$
  (Anzahl Bits, um Programm darzustellen)
- **Schwierigkeit (difficulty)**, um Programm zu verstehen: $D = (n_1/2) * (N_2/n_2)$
  (N_2 / n_2: durchschnittliches Auftreten der Operanden)
- **Aufwand (effort)**, um Programm zu verstehen: $E = D * V$

Halstead Metriken: Definition

```
main()
{
    int a, b, c, avg;
    scanf("%d %d %d", &a, &b, &c);
    avg = (a + b + c) / 3;
    printf("avg = %d", avg);
}
```

- Anzahl unterschiedlicher Operatoren: n_1
- Anzahl unterschiedlicher Operanden: n_2
- Anzahl Operatoren im Programm: N_1
- Anzahl Operanden im Programm: N_2

- **Größe des Vokabulars**: $n = n_1 + n_2$
- **Länge** des Programms: $N = N_1 + N_2$

- **Volumen** des Programms: $V = N * \log_2(n)$
  (Anzahl Bits, um Programm darzustellen)
- **Schwierigkeit (difficulty)**, um Programm zu verstehen:
  $D = (n_1/2) * (N_2/n_2)$
  (N_2 / n_2: durchschnittliches Auftreten der Operanden)
- **Aufwand (effort)**, um Programm zu verstehen: $E = D * V$

Achtung:
Unterscheidung Operand / Operator nicht immer eindeutig.
Am besten für eigenes Projekt und verwendete Programmiersprache definieren.

Operatoren sind main(), {}, int, scanf, &, =, +, /, printf

Operanden sind a, b, c, avg, "%d, %d, %d", 3, "avg = %d"

$n_1 = 10$
$n_2 = 7$
$n = 17$
$N_1 = 16$
$N_2 = 15$
$N = 31$
$V = 31 * \log 17 = 126,7$
$D = 10/2 * 15/7 = 10,7$
$E = 10,7 * 126,7 = 1.355,7$

(Beispiel siehe Wikipedia)

Halstead Metriken: Vor- und Nachteile

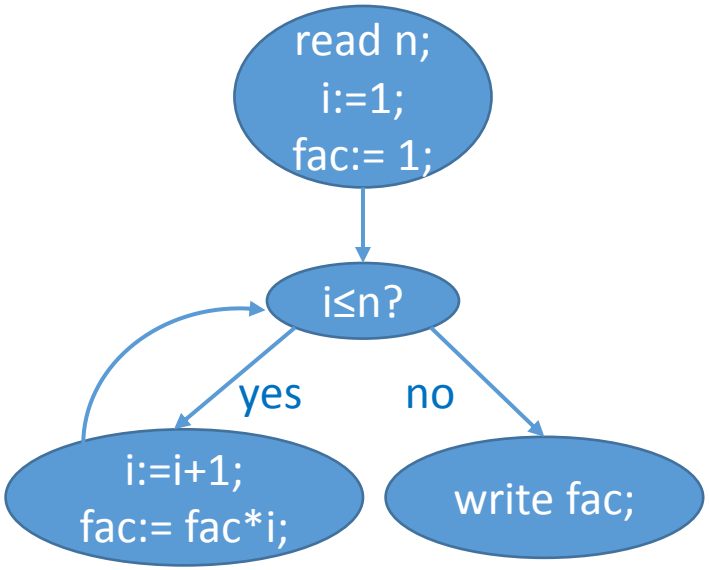
- Vorteile:
  - leicht zu berechnen
  - in Studien nachgewiesen:
    korrespondiert mit echter Komplexität

- Nachteile
  - Struktur und Anzahl Programmpfade unberücksichtigt
  - Konzepte moderner Programmiersprachen unberücksichtigt
    (Namensräume, Sichtbarkeiten, Vererbungen, …)
  - Aufteilung in Operatoren vs. Operanden nicht immer möglich

Strukturmetriken: Zyklomatische Komplexität von McCabe

- eingeführt 1976 von Thomas McCabe
- abgekürzt als v(G)
- definiert als
  - Anzahl binärer Verzweigungen + 1
  - Anzahl konditioneller Zweige im Steuerflussgraphen des Programms
- je höher, desto komplexer das Programm, desto mehr Testfälle nötig
- zyklomatische Zahl > 10: Fehler nehmen stark zu

Zyklomatische Komplexität



- Definition:
  - e: Anzahl Kanten im Graphen
  - n: Anzahl Knoten im Graphen
  - p: Anzahl Komponenten
  - v(G) = e-n+2*p
- für die Fakultätsfunktion:
  - e = 4
  - n = 4
  - p = 1
  - v(G) = 4 – 4 + 2*1 = 2

v(G) ≤ 10: einfache Programme
v(G) ≥ 50: sehr bzw. zu komplexe Programme, kaum noch zu testen

Wie berechnet man die Anzahl an Verzweigungen?

- Definition:
  - e: Anzahl Kanten im Graphen
  - n: Anzahl Knoten im Graphen
  - p: Anzahl Komponenten
  - v(G) = e-n+2*p
- keine Verzweigung: n und e-1 gleich
  - der Knoten ohne ausgehende Kante ist der, in dem Komponentenberechnung terminiert
- e-n ist gleich „Anzahl Entscheidungen – 1“
- wenn p=1, dann e-n+2*p = Anzahl Entscheidungen -1 + 2

Zyklomatische Komplexität: Vor- und Nachteile

- Vorteile:
  - leicht zu berechnen
  - in Fallstudien: gute Korrelation zwischen zyklomatischer Komplexität und Programmverständlichkeit
  - zur Testplanung: alle Bedingungen überdecken

- Nachteile:
  - berücksichtigt Steuer-, aber nicht Datenfluss
  - schwierig für objektorientierte Software mit vielen einfachen Zugriffsmethoden (z.B. Attribute)

Weitere Metriken

- NBD: Verschachtelungstiefe (nested block depth)
- NST: Number of Statements (sollte <50 sein)
  (entspricht ungefähr der Anzahl Semikolons in Java-Programmen)
- NFC: Number of Function Calls (sollte pro Funktion <5 sein)
- NOM: Number of Methods

Überblick

- Definition von Software-Metriken
- Anforderungen an Software-Metriken
- Überblick über Metriken
- Software-Metriken im Detail
  - Zeilenmetriken
  - Halstead-Metriken
  - Zyklomatische Komplexität
  - Objektorientierte Metriken
- Metriken: Maß aller Dinge?

Warum braucht man spezielle OO-Metriken?

- Eigentlich könnte man klassische Metriken auch anwenden, aber:
  - objektorientierte Aspekte (Vererbung, Polymophie, Klassen) dann nicht erfasst

- Trotzdem: klassische Metriken können auf einzelne Methoden angewendet werden.

Objektorientierte Metriken I

- Depth of Inheritance Tree (DIT)
  - maximaler Abstand von der Wurzel der Klassenhierarchie zur Klasse
  - Wahrscheinlichkeit für Fehler größer, wenn DIT größer, weil
    - Komplexität größer, Code schwerer verständlich
    - Testaufwand größer
    - aktuelle Klasse selbst schwerer wiederverwendbar
- Number of Children (NOC):
  - Anzahl direkter Subklassen
  - nicht immer eindeutig interpretierbar
    - interpretierbar als Fortpflanzungswahrscheinlichkeit für Fehler
    - Fehlerwahrscheinlichkeit geringer, wenn NOC größer (inverses Maß)

Objektorientierte Metriken II

- Response for a Class (RFC):
  - Anzahl der Methoden, die evtl. direkt aufgerufen werden, wenn ein Objekt der Klasse eine eingehende Methode ausführt
  - Fehlerwahrscheinlichkeit steigt mit RFC-Wert

- Weighted Methods per Class (WMC):
  - Anzahl der Methoden einer Klasse, kann gewichtet werden nach Größe oder Komplexität
  - je größer WMC, umso größer die Fehlerwahrscheinlichkeit

Objektorientierte Metriken III

- Coupling Between Objects (CBO):
  - Anzahl Klassen, mit denen eine Klasse gekoppelt ist
  - hoher Kopplungsgrad erhöht Fehlerwahrscheinlichkeit
  - niedriger Kopplungsgrad zeigt bessere Wiederverwendbarkeit an

- Lack of Cohesion in Methods (LCOM):
  - Anzahl Methodenpaare in einer Klasse ohne gemeinsame Instanzvariablen
  - hohe Kohäsion zeigt gute Kapselung innerhalb einer Klasse an, reduziert Programmkomplexität
  - niedrige Kohäsion: Programmstruktur kann verbessert werden, z.B. durch Aufteilung in mehrere Klassen

Objektorientierte Metriken IV

- Metriken zur Beurteilung von Paketen in Java
  - Anzahl an Klassen und Interfaces
  - Afferent Coupling (Ca): eingehende Abhängigkeiten; Anzahl Klassen in anderen Packages, die von Klassen im vorliegenden Package abhängen
  - Efferent Coupling (Ce): ausgehende Abhängigkeiten; Anzahl Klassen in anderen Packages, von denen Klassen im vorliegenden Package abhängen
  - Abstractness (A): Anteil der Klassen und Interfaces, die abstrakt sind
  - …

Überblick

- Definition von Software-Metriken
- Anforderungen an Software-Metriken
- Überblick über Metriken
- Software-Metriken im Detail
  - Zeilenmetriken
  - Halstead-Metriken
  - Zyklomatische Komplexität
  - Objektorientierte Metriken
- Metriken: Maß aller Dinge?

Sind Metriken wirklich das Maß aller Dinge?

- **Alternativen: z.B. maschinelles Lernen**, um aus statischen Merkmalen auf dynamisches Verhalten zu schließen

- **Erfolgreiche Software-Projekte ohne Steuerung bzw. Kontrolle:**
  - Open Source Projekte, Wikipedia, GoogleEarth, Leo, Guttenplag …

- Tom DeMarco: „You can‘t control what you can‘t measure.“ (1982)

- Tom DeMarco: „Software Engineering: An idea whose time has come and gone?“, IEEE Software 2009.
  - besser: Kosten von Software im Verhältnis zu ihrem Nutzen betrachten
  - bezweifelt, dass Metriken für jede Software-Entwicklung notwendig sind
  - Software Engineering oft experimentell, vor allem, wenn durch Software Dinge verändert werden
    - z.B. die Firma, die Art der Geschäftsabwicklung, die Welt

Literatur

- Ian Sommerville: Software Engineering, Pearson, 2007.
- Helmut Balzert: Lehrbuch der Softwaretechnik: Softwaremanagement, Spektrum Akademischer Verlag, 2008.
- Tom DeMarco: Software Engineering: An idea whose time has come and gone?, IEEE Software, 2009.