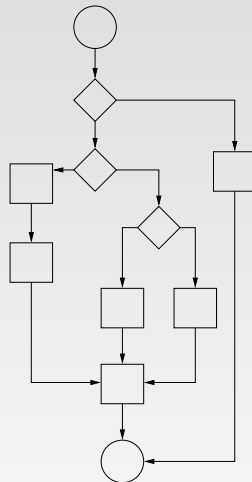


- Eigenschaften des Kontrollflussgraphen
- Eigenschaften des Aufrufgraphen (Größe, Tiefe, Breite)
- Modulkohäsion, Modulkopplung (Abhängigkeiten)
- OO-Metriken
- Daten, Datenstrukturen

Eigenschaften des Kontrollflussgraphen

- Anzahl Knoten
- Anzahl Kanten
- maximale Tiefe
- abgeleitete Maße



Komplexitätsmetriken – McCabe

Zyklomatische Komplexität (McCabe, 1976):
maximale Anzahl unabhängiger zyklischer Pfade
in stark verbundenen Graphen.

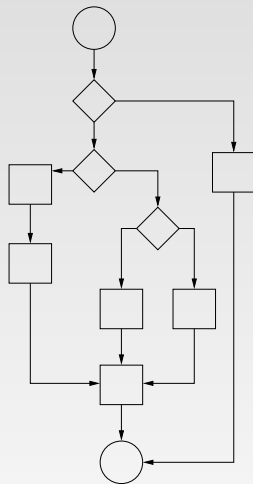
$$V(G) = \#Kanten - \#Knoten + 1^a$$

oder einfacher:

$$V(g) = \#Binärverzweigungen + 1$$

- + einfach zu berechnen
- Komplexität von Anweisungen unberücksichtigt

^aKontrollflussgraphen werden erst zu stark verbundenen Graphen durch künstliche Kante von Exit zu Entry $\rightarrow \#Kanten = \text{tatsächliche Kanten} + 1$



Komplexitätsmetriken – McCabe

```
int i, j, t;
if ( n < 2 ) return;
for ( i = 0; i < n-1; i ++ ) {
    for ( j = i + 1; j < n; j ++ ) {
        if ( a[i] > a[j] ) {
            t = a[i];
            a[i] = a[j];
            a[j] = t;
        }
    }
}
```

Empirische Untersuchungen über Zusammenhang zyklomatische Komplexität und Wartungsaufwand:

- (Fenton und Ohlsson 2000): Korrelation von Fehlern und ZK vor Release (nicht jedoch nach Release)
- (Grady 1994): Korrelation von Änderungshäufigkeit und ZK; schlägt $ZK \leq 15$ als Qualitätsziel vor

Cyclomatic Complexity	Risk Evaluation
1-10	a simple program, without much risk
11-20	more complex, moderate risk
21-50	complex, high risk program
> 50	untestable program (very high risk)

http://www.sei.cmu.edu/str/descriptions/cyclomatic_body.html

Einsatz z.B. bei Qualitätssicherung für Software des Zuggunnels
England-Frankreich schreibt für Prozeduren $ZK \leq 20$ und $LOC \leq 50$ vor
(Bennett 1994).

McCabe-Beispiel

```
case A is
  when "A" => i := 1;
  when "B" => i := 2;
  when "C" => i := 3;
  when "D" => i := 4;
  when "E" => i := 5;
end case;
```

```
S : array (1..5) of String := ("A", "B", "C", "D", "E");
i := 1;
loop
  exit when S(i) = A;
  i := i + 1;
end loop;
}
```

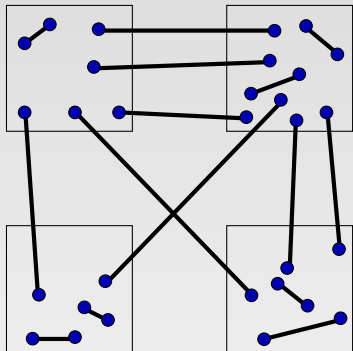
McCabe-Beispiel

```
case A is
  when "A" => i := 1;
  when "B" => i := 2;
  when "C" => i := 3;
  when "D" => i := 4;
  when "E" => i := 5;
end case;
```

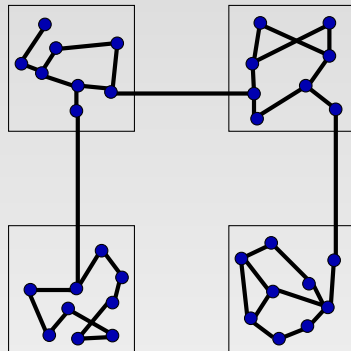
```
S : array (1..5) of String := ("A", "B", "C", "D", "E");
i := 1;
loop
  exit when S(i) = A;
  i := i + 1;
end loop;
}
```

```
o = new ...;
...
o.mymethod ();
```


Strukturmetriken – Kopplung und Kohäsion



starke Kopplung
schwache Kohäsion



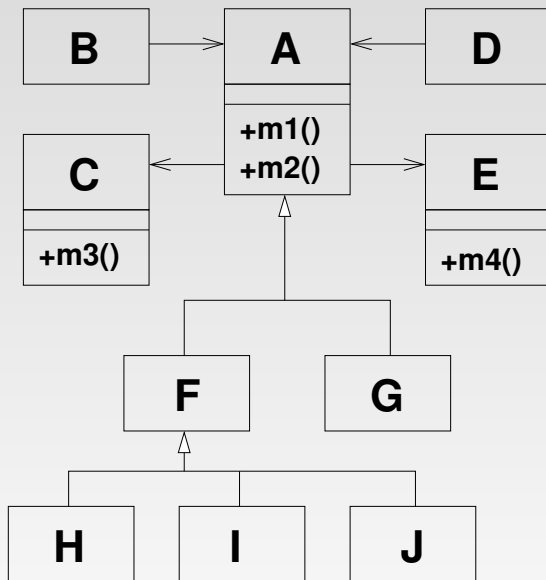
schwache Kopplung
starke Kohäsion

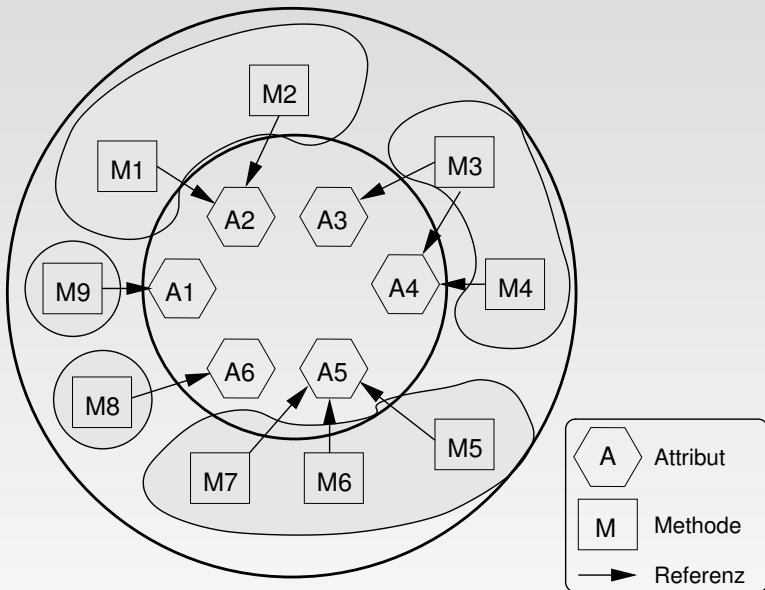
OO-Metriken (Chidamber 1994; Chidamber und Kemerer 1994):

- WMC - weighted methods per class
- DIT - depth of inheritance tree
- NOC - number of children
- CBO - coupling between objects (uses, used-by)
- RFC - response for a class ($\#own + \#called$ methods)
- LCOM - lack of cohesion in methods

Metriken pro Klasse

Strukturmetriken – OO





Wie kann Qualität (Wartbarkeit, Testbarkeit, ...) gemessen werden?

- Bewertung der Qualität durch Entwickler
- Anwendung verschiedener Metriken
- Bestimmung der Korrelation
- Kombination der Metriken (orthogonal)