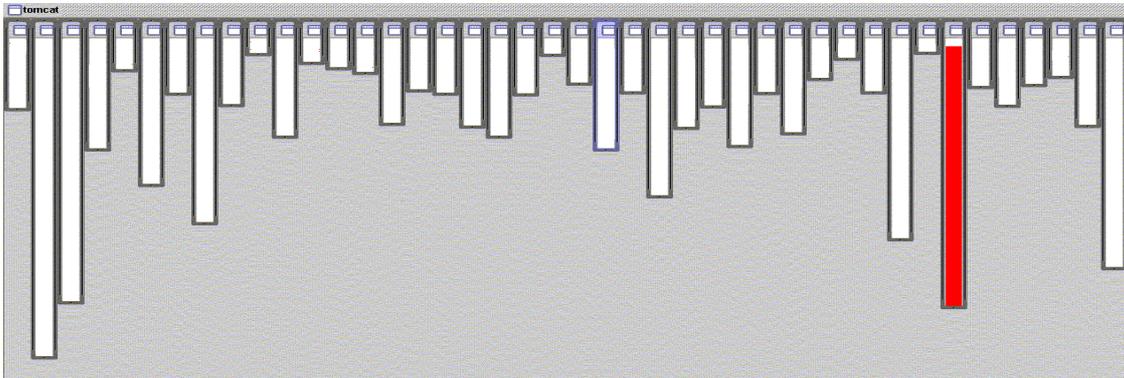


# Kapitel 13

## Aspekt Orientierte Programmierung

### 13.1 Aspekte in Apache

Wir betrachten den Quellcode des Apache-Servers:



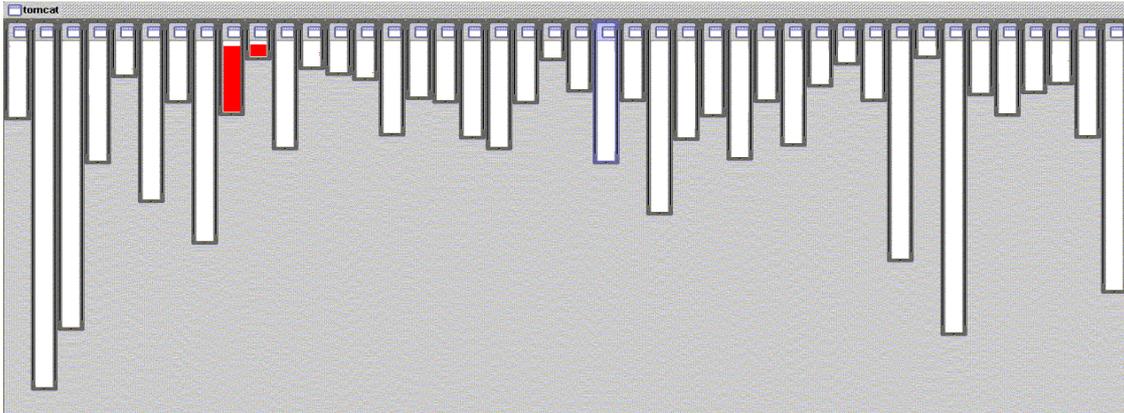
Der Code zum XML-Parsen steckt in einer eigenen Klasse (rot)

Quelle: aspectj.org

---

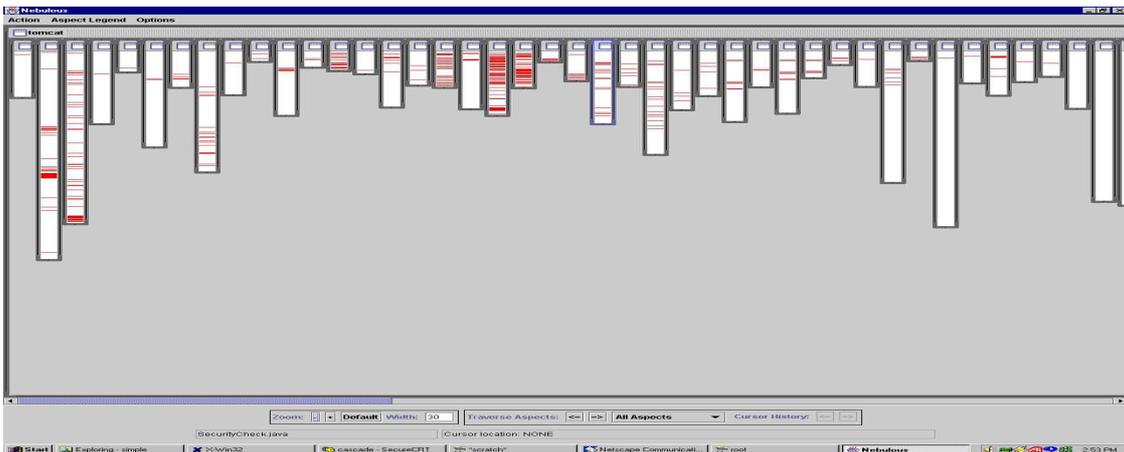
<sup>0</sup>ausgearbeitet von Andreas Zeller,  
Lehrstuhl Softwaretechnik,  
Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Auch der Code zum Matchen von URLs steckt in zwei Klassen (Ober- und Unterklasse):



Gute Separation der Interessen!

Log-Meldungen aber sind über den gesamten Code verteilt:



Frage: Kann man das Logging besser lokalisieren?

In den Apache Methoden sind mehrere Aspekte verwoben:

- die *eigentliche Funktionalität* wie XML- oder URL-Parsen (nach denen sie Klassen zugeordnet sind)
- das *Logging*, das den Programmablauf dokumentiert

In Apache sind die Methoden den Klassen gemäß der *eigentlichen Funktionalität* zugeordnet

⇒ zufriedenstellende Struktur, „dominante Dekomposition“

Würde man alternativ eine Klasse mit der Zuständigkeit „Logging“ einführen, müssten alle Methoden, die Log-Ausgaben produzieren, dieser Klasse zugeordnet werden

⇒ monolithische Struktur!

Die verwobenen Aspekte der Apache-Methoden machen jedoch Probleme.

Beispiel: Wir führen ein neues Log-Format ein.

Folge: Wir müssen alle Methoden ändern, in denen Logging praktiziert wird.

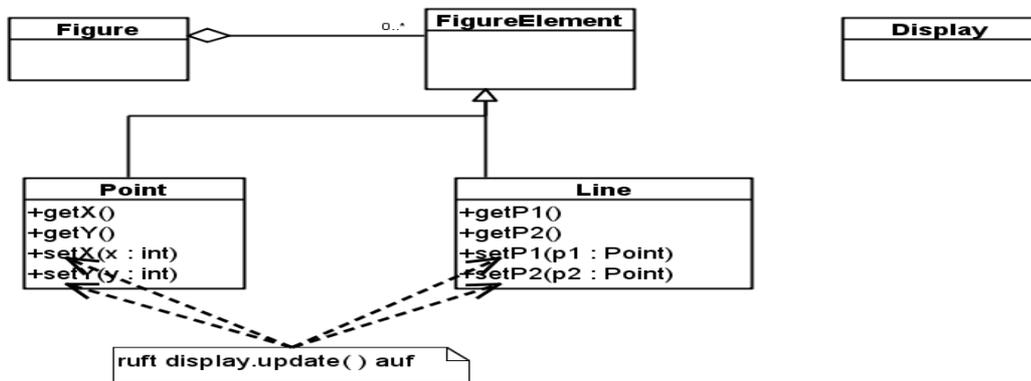
Das Logging lässt sich nicht kapseln:

Tyrannei der dominanten Dekomposition!

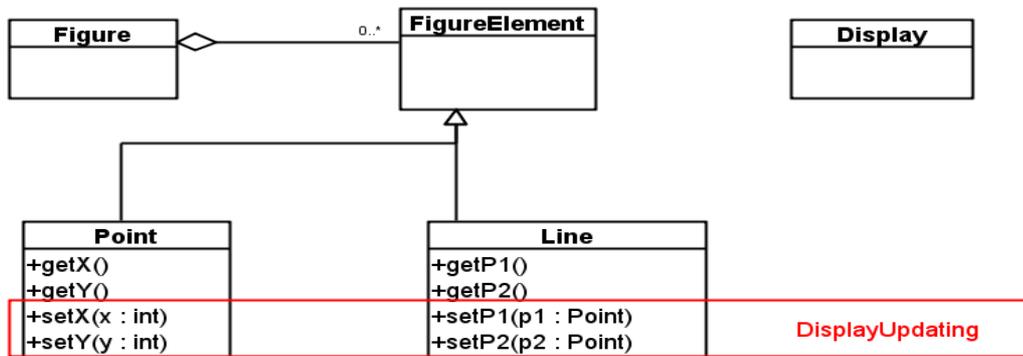
## 13.2 Beispiel: Aspekte beim Figurenzeichnen

Beispiel: Einfache Figurenbibliothek

Jede set-Methode ruft `display.update()` auf:



Auch dies ist ein verwobener Aspekt:



Die set-Methoden

- ändern die jeweiligen Attribute (1.Aspekt) und
- aktualisieren die Anzeige (2.Aspekt)

### **13.3 Aspekt-orientierte Programmierung**

Modulübergreifende Sachverhalte („Aspekte“)

- treten in komplexen Systemen ständig auf
- haben eine klare Zuständigkeit
- haben eine klare Struktur:
  - bestimmte Menge von Methoden,
  - überschreiten Modulgrenzen,
  - werden an bestimmten Stellen benutzt

Also schaffen wir entsprechende syntaktische Strukturen!

Aspekt-orientierte Programmierung (AOP)

- führt Aspekte als eigene syntaktische Strukturen ein
- erhöht die Modularität von (OO-) Programmen in Bezug auf Aspekte.

## 13.4 AspectJ

AspectJ ist eine Erweiterung von Java (von XEROX PARC)

Grundideen:

- Aspekte (aspects) fassen Code (advices) zusammen, der an bestimmten Stellen im Programm (join points, point cuts) ausgeführt wird.
- Aspekte werden mit dem restlichen Code zu einem Java-Programm verwoben

### Join Points

Ein *Join Point* ist ein wohldefinierter Punkt im Programmfluß.

AspectJ unterstützt zahlreiche Arten von Join Points. Wir betrachten zunächst nur einen, den Aufruf einer Methode (call):

Der Join Point `call(void Point.setX(int))` definiert den Aufruf der Methode `void Point.setX(int)`.

Weitere Arten: get, set, within, clflow...

## Pointcuts

Ein *Pointcut* besteht aus bestimmten *Join Points* (und ggf. Werten an diesen join points).

In Pointcuts werden mehrere Join Points durch boolesche Operationen zusammengefasst.

Beispiel - Der Pointcut setter fasst die Join Points bei setX und setY zusammen.

```
pointcut setter():  
    (call(void Point.setX(int)) ||  
     call(void Point.setY(int)));
```

Der Pointcut move fasst alle Methodenaufrufe zusammen, die die Position eines Punktes oder einer Linie ändern:

```
pointcut move():  
    call(void Point.setX(int))    ||  
    call(void Point.setY(int))    ||  
    call(void Line.setP1(Point))    ||  
    call(void Line.setP2(Point));
```

## Advices

Ein *Advice* ist Code, der ausgeführt wird, wenn ein *Pointcut* erreicht wird.

Ein After Advice (“after”) wird *nach* dem Methodenaufruf des Join Points ausgeführt.

Beispiel - nach jedem Ändern einer Position einen Text ausgeben:

```
after() : move() {  
    System.out.println(" A figure element moved.");  
}
```

Weitere Arten: before, around

Advices können auf den *Kontext* der Join Points zurückgreifen.

Der Pointcut setP merkt sich, welche Linie und welcher Punkt im Aufruf von **void** a\_line.setP\*(p) betroffen sind:

```
pointcut setP(Line a_line, Point p):  
    call(void Line.setP*(Point)) && args(a_line,p);  
after(Line a_line, Point p) : setP(a_line, p) {  
    System.out.println(a_line + " moved to " + p + "."); }  
}
```

## Aspects

Ein *Aspect* fasst Advices zu einer syntaktischen Einheit zusammen:

```
aspect DisplayUpdating {
    pointcut move():
        call(void Point.setX(int)) ||
        call(void Point.setY(int)) ||
        call(void Line.setP1(Point)) ||
        call(void Line.setP2(Point));

    after(): move() {
        Display.update(); }
}
```

Wir benutzen den *Before Advice* („before“), der *vor* dem Methodenaufruf des Join Points ausgeführt wird.

```
aspect CheckPointsRange {
    pointcut set_x(int x): call(void Point.setX(int)) &&
        args(x);

    before(): set_x(x) {
        if (x < MIN_X || x > MAX_X)
            throw new IllegalArgumentException(
                "x is out of bounds."); }
    // set_y analog
}
```

## Introduction

Mit AspectJ ist es auch möglich, bestehende Klassen zu verändern und zu erweitern (*introduction*):

```
aspect PointName {
    public String Point.name;
    public void Point.setName(String name) {
        this.name = name;
    }
}
```

fügt der Klasse Point ein neues Attribut name und eine Methode setName hinzu.

Introduction geht auch für mehrere Klassen gleichzeitig.

Beispiel - wir erlauben das Klonen von Figuren:

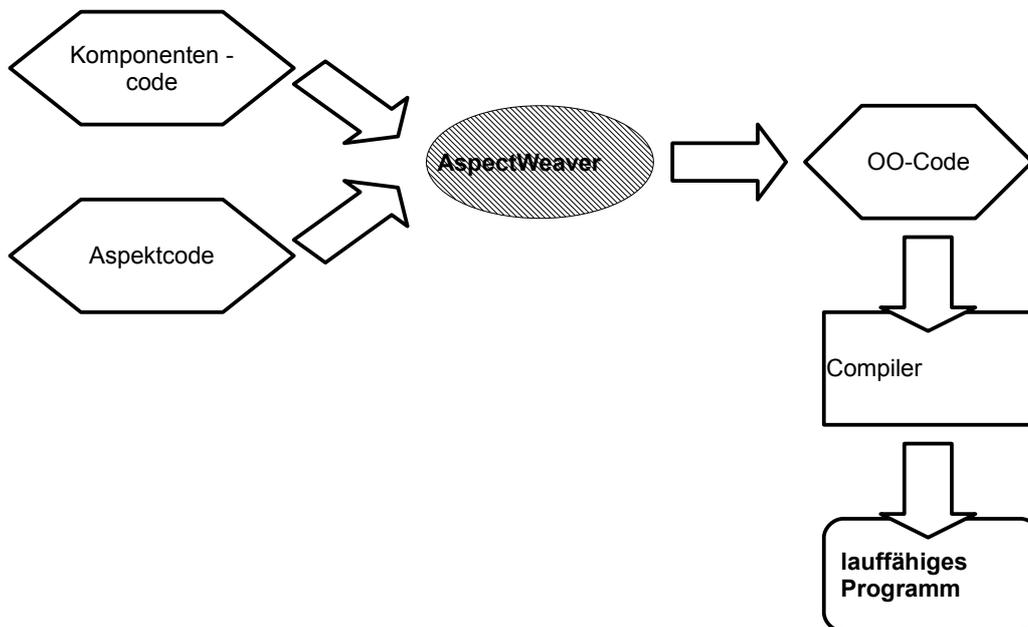
```
aspect Cloneable Figures {

    declare parents: (Point || Line || Square)
        implements Cloneable;

    public Object (Point || Line || Square).clone()
        throws CloneNotSupportedException {
        return super.clone();
    }
}
```

## 13.5 Aspect Weaver

Der *Aspect Weaver* fasst Aspekte und Code zusammen:



## 13.6 Typische Beispiele für Aspekte

Im Folgenden betrachten wir ein paar typische Beispiele für die Anwendung von Aspekten

## Logging

Wir definieren einen einfachen Aspekt zum Verfolgen von Aufrufen:

```
aspect SimpleTracing {
    pointcut tracedCall():
        call(void FigureElement.draw(GraphicsContext));
    before() : tracedCall() {
        System.out.println("Entering: " + thisJoinPoint);
    }
}
```

thisJoinPoint enthält den aktuellen Join Point

## Profiling

Wir definieren einen Aspekt zum Zählen von Aufrufen:

```
aspect SetsInRotateCounting {
    int rotateCount = 0; //aspects are singletons
    int setCount = 0;

    before() : call(void Line.rotate(double)) {
        rotateCount++;
    }

    before() : call(void Point.set*(int)) &&
        cflow(call(void Line.rotate(double))) {
        setCount++;
    }
}
```

cflow(x): Kontrollfluß des Join Points x

## Änderungen verfolgen

Move Tracking merkt sich, ob ein Objekt bewegt wurde:

```
aspect MoveTracking {  
    private static boolean dirty = false;  
  
    public static boolean testAndClear() {  
        boolean result = dirty;  
        dirty = false;  
        return result;  
    }  
  
    pointcut move(): /* wie gesehen */;  
  
    after() returning: move() { dirty = true; }  
}
```

## Konsistentes Verhalten

Wir möchten alle Fehler in Methoden `com.xerox.*` protokollieren:

```
aspect PublicErrorLogging {  
    Log log = new Log();  
  
    pointcut publicMethodCall():  
        call(public * com.xerox.*.*(..));  
  
    after() throwing (Error e):  
        publicMethodCall() { log.write(e); }  
}
```

## 13.7 Zusammenfassung

- Aspekt-Orientierte Programmierung (AOP) führt mit Aspekten einen neuen Modularisierungsbegriff ein
- Aspekte ermöglichen es, existierenden Systemen nach Belieben Code hinzuzufügen, um das System um genau definierte Funktionalitäten zu erweitern
- Aspekte brechen die „Tyrannei der dominanten Dekomposition“
- Aspekte sind leicht wiederverwendbar und wartbar
- Aspekte sind (derzeit) rein syntaktische Erweiterungen
- Es gibt noch wenig Erfahrungen mit AOP.