

# Softwaretechnik 1 - 5. Tutorium

Tutorium 03

Felix Bachmann | 10.07.2017

KIT - INSTITUT FÜR PROGRAMMSTRUKTUREN UND DATENORGANISATION (IPD)



- 1 Orga
- 2 Überblick
- 3 Parallelität
- 4 Testen
- 5 Tipps

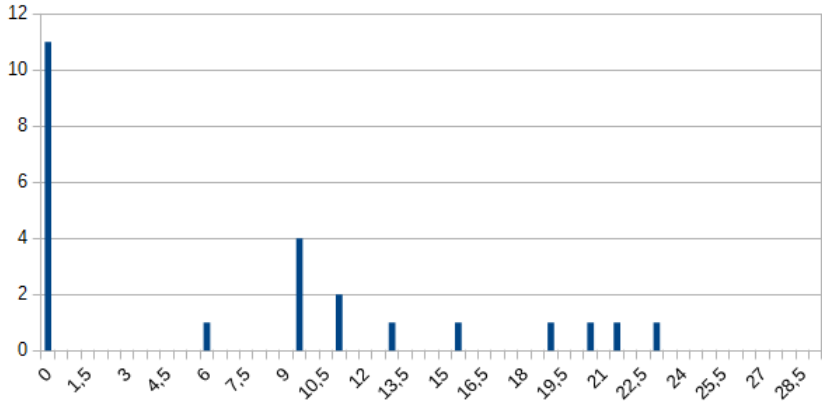
## Nächstes Mal letztes Tutorium

- irgendwelche Wünsche für das letzte Tut?
  - etwas bestimmtes wiederholen?
  - falls euch noch was einfällt, schreibt mir eine Mail  
⇒ [felix.bachmann@ewetel.net](mailto:felix.bachmann@ewetel.net)

Gut	Schlecht/Verbesserungswürdig
Erklärungen (4) schnelle Korrektur (3) Beispiele (3) Folien (3) Gruppenarbeiten (1)	Feedback genauer/lesbarer (2) Gruppenarbeit generell (1) Gruppenarbeit zu lang (1) Gruppenarbeit zu kurz (1) Gliederungsfolie (1) Evaluation zum Ankreuzen (1)

# 5. Übungsblatt Statistik

n=24



Ø 7 bzw. 14 von 27+2

## Allgemein

- (mal wieder...) CheckStyle und JavaDoc

## Aufgabe 1 (Architekturstile): Ø 1,4 bzw. 2,79 von 4

## Aufgabe 1 (Architekturstile): Ø 1,4 bzw. 2,79 von 4

- “Wenn wir unsere Functionality in der Cloud anbieten erhöhen wir die Customer-Reachability.”  
⇒ nicht Client/Server, sondern Service Oriented Architecture (SOA)



## Aufgabe 1 (Architekturstile): Ø 1,4 bzw. 2,79 von 4

- “Wenn wir unsere Functionality in der Cloud anbieten erhöhen wir die Customer-Reachability.”  
⇒ nicht Client/Server, sondern Service Oriented Architecture (SOA)  
hatte keiner so, Übungsleiter haben Client/Server aber nicht zugelassen. . .
- oft vergessen:
  - Wann findet zwischen wem Kommunikation statt?
  - Wo findet die Bildberechnung statt?

## Aufgabe 2 (Iterator für Plug-Ins): Ø 1,4 bzw. 4,19 von 6

## Aufgabe 2 (Iterator für Plug-Ins): Ø 1,4 bzw. 4,19 von 6

- Klasse PluginManager als “Klient/Kontext” im UML-Diagramm vergessen

## Aufgabe 2 (Iterator für Plug-Ins): Ø 1,4 bzw. 4,19 von 6

- Klasse PluginManager als “Klient/Kontext” im UML-Diagramm vergessen
- Sortierung der Liste sollte **im** Iterator **sichergestellt** werden

## Aufgabe 2 (Iterator für Plug-Ins): Ø 1,4 bzw. 4,19 von 6

- Klasse PluginManager als “Klient/Kontext” im UML-Diagramm vergessen
- Sortierung der Liste sollte **im** Iterator **sichergestellt** werden

## Aufgabe 3 (Umstrukturierung von Geometrifly): Ø 2,69 bzw. 5,38 von 8

- (abstrakte) Fabrik  $\neq$  Fabrikmethode

## Aufgabe 2 (Iterator für Plug-Ins): Ø 1,4 bzw. 4,19 von 6

- Klasse PluginManager als “Klient/Kontext” im UML-Diagramm vergessen
- Sortierung der Liste sollte **im** Iterator **sichergestellt** werden

## Aufgabe 3 (Umstrukturierung von Geometrifly): Ø 2,69 bzw. 5,38 von 8

- (abstrakte) Fabrik  $\neq$  Fabrikmethode
- kein Beobachter, sondern Memento

## Aufgabe 2 (Iterator für Plug-Ins): Ø 1,4 bzw. 4,19 von 6

- Klasse PluginManager als “Klient/Kontext” im UML-Diagramm vergessen
- Sortierung der Liste sollte **im** Iterator **sichergestellt** werden

## Aufgabe 3 (Umstrukturierung von Geometrfy): Ø 2,69 bzw. 5,38 von 8

- (abstrakte) Fabrik  $\neq$  Fabrikmethode
- kein Beobachter, sondern Memento
- Entwurfsmuster-Elemente im UML-Diagramm nicht richtig markiert

## Aufgabe 2 (Iterator für Plug-Ins): Ø 1,4 bzw. 4,19 von 6

- Klasse PluginManager als “Klient/Kontext” im UML-Diagramm vergessen
- Sortierung der Liste sollte **im** Iterator **sichergestellt** werden

## Aufgabe 3 (Umstrukturierung von Geometrifly): Ø 2,69 bzw. 5,38 von 8

- (abstrakte) Fabrik  $\neq$  Fabrikmethode
- kein Beobachter, sondern Memento
- Entwurfsmuster-Elemente im UML-Diagramm nicht richtig markiert
- richtige Muster verwendet, falsche Muster erklärt



## Aufgabe 2 (Iterator für Plug-Ins): Ø 1,4 bzw. 4,19 von 6

- Klasse PluginManager als “Klient/Kontext” im UML-Diagramm vergessen
- Sortierung der Liste sollte **im** Iterator **sichergestellt** werden

## Aufgabe 3 (Umstrukturierung von Geometrifly): Ø 2,69 bzw. 5,38 von 8

- (abstrakte) Fabrik  $\neq$  Fabrikmethode
- kein Beobachter, sondern Memento
- Entwurfsmuster-Elemente im UML-Diagramm nicht richtig markiert
- richtige Muster verwendet, falsche Muster erklärt
- getPrimitive() ist Einschubmethode im Schablonenmethoden-Muster **UND** Fabrikmethode im Fabrikmethoden-Muster

## Aufgabe 4 (Reimplementierung von Geomtrify): $\emptyset$ 1,92 bzw. 6,57 von 7+2

## Aufgabe 4 (Reimplementierung von Geomtrify): $\emptyset$ 1,92 bzw. 6,57 von 7+2

- Bonus (nicht achsensymmetrische Rechtecke) nicht gemacht

Aufgabe 4 (Reimplementierung von Geomtrify):  $\emptyset$  1,92 bzw. 6,57 von 7+2

- Bonus (nicht achsensymmetrische Rechtecke) nicht gemacht

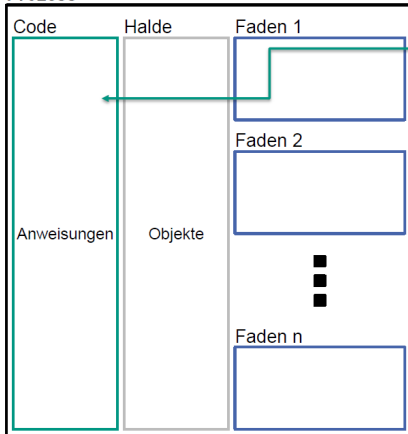
Aufgabe 5 (GUI-Erweiterung):  $\emptyset$  0,04 bzw. 1 von 2

- **EINE** Abgabe :D

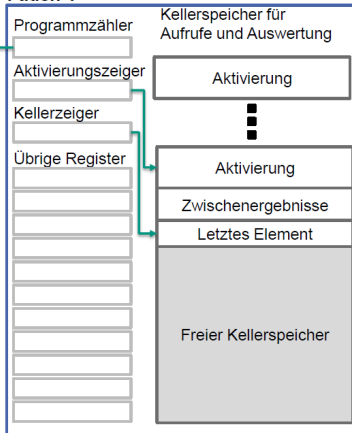
## Falls ihr noch Punkte braucht, gebt ab!

## Wo sind wir?

## Prozess



## Faden 1



- Prozess = Programm in Ausführung



- Prozess = Programm in Ausführung
- jeder Prozess hat eigenen Adressraum (= Speicherbereich im Arbeitsspeicher)

- Prozess = Programm in Ausführung
- jeder Prozess hat eigenen Adressraum (= Speicherbereich im Arbeitsspeicher)
- jeder Prozess hat mindestens einen Thread

- Prozess = Programm in Ausführung
- jeder Prozess hat eigenen Adressraum (= Speicherbereich im Arbeitsspeicher)
- jeder Prozess hat mindestens einen Thread
- Threads existieren innerhalb eines Prozesses

- Prozess = Programm in Ausführung
- jeder Prozess hat eigenen Adressraum (= Speicherbereich im Arbeitsspeicher)
- jeder Prozess hat mindestens einen Thread
- Threads existieren innerhalb eines Prozesses
  - Threads haben den gleichen Heap und Code

- Prozess = Programm in Ausführung
- jeder Prozess hat eigenen Adressraum (= Speicherbereich im Arbeitsspeicher)
- jeder Prozess hat mindestens einen Thread
- Threads existieren innerhalb eines Prozesses
  - Threads haben den gleichen Heap und Code  
⇒ alle Threads innerhalb eines Prozesses arbeiten mit denselben Objekten und demselben Code

- Prozess = Programm in Ausführung
- jeder Prozess hat eigenen Adressraum (= Speicherbereich im Arbeitsspeicher)
- jeder Prozess hat mindestens einen Thread
- Threads existieren innerhalb eines Prozesses
  - Threads haben den gleichen Heap und Code  
⇒ alle Threads innerhalb eines Prozesses arbeiten mit denselben Objekten und demselben Code
  - Threads haben eigene Stacks und Befehlszeiger (Programmzähler)

- Prozess = Programm in Ausführung
- jeder Prozess hat eigenen Adressraum (= Speicherbereich im Arbeitsspeicher)
- jeder Prozess hat mindestens einen Thread
- Threads existieren innerhalb eines Prozesses
  - Threads haben den gleichen Heap und Code  
⇒ alle Threads innerhalb eines Prozesses arbeiten mit denselben Objekten und demselben Code
  - Threads haben eigene Stacks und Befehlszeiger (Programmzähler)  
⇒ Threads haben eigene lokale Variablen und können beliebigen Code des Prozesses ausführen

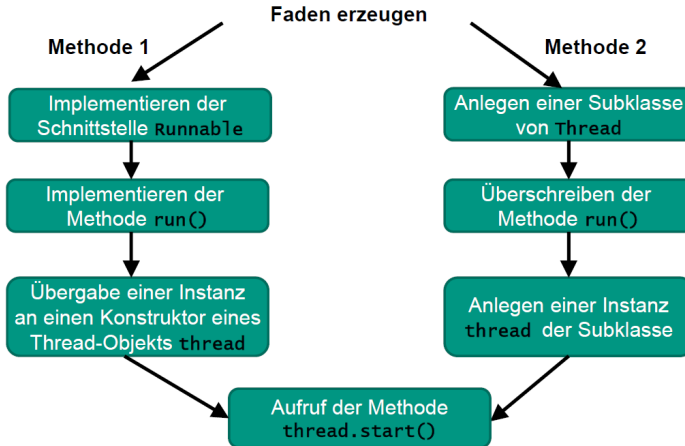
```
// will freeze the gui when the button is clicked
JButton heavy = new JButton("Freeze");
heavy.addActionListener(new ActionListener() {
    @Override
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        // heavy work
    }
});
```



```
// will freeze the gui when the button is clicked
JButton heavy = new JButton("Freeze");
heavy.addActionListener(new ActionListener() {
    @Override
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        // heavy work
    }
});
```

- “normales“ sequentielles Programm = 1 Prozess mit 1 Thread
- paralleles Programm = 1 Prozess mit mehreren Threads

- in Java zwei Möglichkeiten einen Thread zu erstellen
- bereits in Java enthalten:
  - Interface `java.lang.Runnable`
  - Klasse `java.lang.Thread`



```
// method 2
Thread method2Thread = new Thread() {
    @Override
    public void run() {
        // do stuff
    }
};
method2Thread.start();

// method 1
Thread method1Thread = new Thread(new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        // do stuff
    }
});
method1Thread.start();

method2Thread.join(); // wait until completion
method1Thread.join();
```

```
// method 2
Thread method2Thread = new Thread() {
    @Override
    public void run() {
        // do stuff
    }
};
method2Thread.start();

// method 1
Thread method1Thread = new Thread(new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        // do stuff
    }
});
method1Thread.start();

method2Thread.join(); // wait until completion
method1Thread.join();
```

## Wichtig!

- immer Thread.start() aufrufen, nicht Thread.run()

```
// method 2
Thread method2Thread = new Thread() {
    @Override
    public void run() {
        // do stuff
    }
};
method2Thread.start();

// method 1
Thread method1Thread = new Thread(new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        // do stuff
    }
});
method1Thread.start();

method2Thread.join(); // wait until completion
method1Thread.join();
```

## Wichtig!

- immer Thread.start() aufrufen, nicht Thread.run()
- Thread.run() würde run() sequenziell aufrufen, start() kehrt direkt zurück, nachdem Thread gestartet wurde

- Problem: Zugriff auf globale Variablen/ Objekte passiert nicht parallel, Unterbrechungen möglich
- Folge: ggf. falsche Ergebnisse

## Faden 1

```
                // globalVar == 1  
if (globalVar > 0) {  
  
    globalVar--;  
}
```

## Faden 2

```
if (globalVar > 0) {  
    globalVar--;  
}
```

## ■ nicht nur ein theoretisches Beispiel!

```
for (int i = 0; i < 100; i++) {  
    Thread method2Thread = new Thread() {  
        @Override  
        public void run() {  
            if (x > 0) {  
                x--;  
            }  
        }  
    };  
    Thread method1Thread = new Thread(new Runnable() {  
        @Override  
        public void run() {  
            if (x > 0) {  
                x--;  
            }  
        }  
    });  
    method2Thread.start();  
    method1Thread.start();  
    method2Thread.join(); // wait until completion  
    method1Thread.join();  
    if (x != 0) {  
        System.out.println(x);  
    }  
    x = 1;  
}
```



## ■ nicht nur ein theoretisches Beispiel!

```
for (int i = 0; i < 100; i++) {  
    Thread method2Thread = new Thread() {  
        @Override  
        public void run() {  
            if (x > 0) {  
                x--;  
            }  
        }  
    };  
    Thread method1Thread = new Thread(new Runnable() {  
        @Override  
        public void run() {  
            if (x > 0) {  
                x--;  
            }  
        }  
    });  
    method2Thread.start();  
    method1Thread.start();  
    method2Thread.join(); // wait until completion  
    method1Thread.join();  
    if (x != 0) {  
        System.out.println(x);  
    }  
    x = 1;  
}
```

<terminated> Test (2) [Java Application] C:\Program Files\Java\jdk1.8.0\_91\bin\javaw.exe (30.06.2017, 15:50:29)

-1

-1

- Ziel: Zugriff auf gemeinsam genutzte Daten synchronisieren

- Ziel: Zugriff auf gemeinsam genutzte Daten synchronisieren
  - kritische Abschnitte schützen

- Ziel: Zugriff auf gemeinsam genutzte Daten synchronisieren
  - kritische Abschnitte schützen
  - Wettlaufsituationen vermeiden

## Kritischer Abschnitt (critical section)

Codeabschnitt, wo Zugriffe auf gemeinsam genutzte Daten stattfinden

- Ziel: Zugriff auf gemeinsam genutzte Daten synchronisieren
  - kritische Abschnitte schützen
  - Wettlaufsituationen vermeiden

## Kritischer Abschnitt (critical section)

Codeabschnitt, wo Zugriffe auf gemeinsam genutzte Daten stattfinden

## Wettlaufsituation (race condition)

Verhalten des Programms hängt von der zeitlichen Abfolge der Operationen ab (Wann wird welcher Thread abgebrochen?)

- Ziel: Zugriff auf gemeinsam genutzte Daten synchronisieren
  - kritische Abschnitte schützen
  - Wettlaufsituationen vermeiden

## Kritischer Abschnitt (critical section)

Codeabschnitt, wo Zugriffe auf gemeinsam genutzte Daten stattfinden

## Wettlaufsituation (race condition)

Verhalten des Programms hängt von der zeitlichen Abfolge der Operationen ab (Wann wird welcher Thread abgebrochen?)

- Idee: Monitor einführen

- Idee: Monitor einführen

- Idee: Monitor einführen
- Bereich im Code markieren, den nur ein Thread gleichzeitig ausführen kann und dabei nicht unterbrochen werden kann



- Idee: Monitor einführen
- Bereich im Code markieren, den nur ein Thread gleichzeitig ausführen kann und dabei nicht unterbrochen werden kann
- Schlüsselwort in Java `synchronized`

- Idee: Monitor einführen
- Bereich im Code markieren, den nur ein Thread gleichzeitig ausführen kann und dabei nicht unterbrochen werden kann
- Schlüsselwort in Java `synchronized`
- es wird immer an einem Objekt synchronisiert, als Argument bei `synchronized`

- Idee: Monitor einführen
- Bereich im Code markieren, den nur ein Thread gleichzeitig ausführen kann und dabei nicht unterbrochen werden kann
- Schlüsselwort in Java `synchronized`
- es wird immer an einem Objekt synchronisiert, als Argument bei `synchronized`
- Thread `t` kommt an eine mit `synchronized(Objekt){...}` markierte Stelle

- Idee: Monitor einführen
- Bereich im Code markieren, den nur ein Thread gleichzeitig ausführen kann und dabei nicht unterbrochen werden kann
- Schlüsselwort in Java `synchronized`
- es wird immer an einem Objekt synchronisiert, als Argument bei `synchronized`
- Thread `t` kommt an eine mit `synchronized(Objekt){...}` markierte Stelle
  - es wird geprüft, ob der Monitor Objekt gerade frei ist

- Idee: Monitor einführen
- Bereich im Code markieren, den nur ein Thread gleichzeitig ausführen kann und dabei nicht unterbrochen werden kann
- Schlüsselwort in Java `synchronized`
- es wird immer an einem Objekt synchronisiert, als Argument bei `synchronized`
- Thread `t` kommt an eine mit `synchronized(Objekt){...}` markierte Stelle
  - es wird geprüft, ob der Monitor Objekt gerade frei ist
  - ist der Monitor frei, kommt `t` in den kritischen Abschnitt und der Monitor ist besetzt, bis `t` den Abschnitt wieder verlässt

- Idee: Monitor einführen
- Bereich im Code markieren, den nur ein Thread gleichzeitig ausführen kann und dabei nicht unterbrochen werden kann
- Schlüsselwort in Java `synchronized`
- es wird immer an einem Objekt synchronisiert, als Argument bei `synchronized`
- Thread `t` kommt an eine mit `synchronized(Objekt){...}` markierte Stelle
  - es wird geprüft, ob der Monitor Objekt gerade frei ist
  - ist der Monitor frei, kommt `t` in den kritischen Abschnitt und der Monitor ist besetzt, bis `t` den Abschnitt wieder verlässt
  - ist der Monitor besetzt, wird `t` blockiert, bis der kritische Abschnitt frei ist

```
private Object o = new Object();
9      for (int i = 0; i < 100000; i++) {
10         Thread method2Thread = new Thread() {
11             @Override
12             public void run() {
13                 synchronized (o) {
14                     if (x > 0) {
15                         x--;
16                     }
17                 }
18             }
19         };
20         Thread method1Thread = new Thread(new Runnable() {
21             @Override
22             public void run() {
23                 synchronized (o) {
24                     if (x > 0) {
25                         x--;
26                     }
27                 }
28             }
29         });
30         method2Thread.start();
31         method1Thread.start();
32         method2Thread.join(); // wait until completion
33         method1Thread.join();
34         if (x != 0) {
35             System.out.println(x);
36         }
37         x = 1;
38     }
```

```
private Object o = new Object();
9      for (int i = 0; i < 100000; i++) {
10         Thread method2Thread = new Thread() {
11             @Override
12             public void run() {
13                 synchronized (o) {
14                     if (x > 0) {
15                         x--;
16                     }
17                 }
18             }
19         };
20         Thread method1Thread = new Thread(new Runnable() {
21             @Override
22             public void run() {
23                 synchronized (o) {
24                     if (x > 0) {
25                         x--;
26                     }
27                 }
28             }
29         });
30         method2Thread.start();
31         method1Thread.start();
32         method2Thread.join(); // wait until completion
33         method1Thread.join();
34         if (x != 0) {
35             System.out.println(x);
36         }
37         x = 1;
38     }
```

terminated> Test (2) [Java Application] C:\Program Files\Java\jdk1.8.0\_91\bin\javaw.exe (30.06.2017, 16:40:24)



# Parallelität - wait() und notify()

`synchronized` an Methoden = `synchronized(this){Methoden-Rumpf}`

# Parallelität - wait() und notify()

**synchronized** an Methoden = synchronized(this){Methoden-Rumpf}

```
synchronized void produce(Product p) {  
    while(buffer.isFull()) {  
        //Tue nichts  
    }  
    buffer.add(p);  
}
```

**Thread 1**

```
synchronized void consume() {  
    while(buffer.isEmpty()) {  
        //Tue nichts  
    }  
    buffer.remove();  
}
```

**Thread 2**

## Probleme

# Parallelität - wait() und notify()

**synchronized** an Methoden = synchronized(this){Methoden-Rumpf}

```
synchronized void produce(Product p) {  
    while(buffer.isFull()) {  
        //Tue nichts  
    }  
    buffer.add(p);  
}
```

**Thread 1**

```
synchronized void consume() {  
    while(buffer.isEmpty()) {  
        //Tue nichts  
    }  
    buffer.remove();  
}
```

**Thread 2**

## Probleme

- “busy waiting“ verschwendet Rechenzeit

# Parallelität - wait() und notify()

**synchronized** an Methoden = synchronized(this){Methoden-Rumpf}

```
synchronized void produce(Product p) {  
    while(buffer.isFull()) {  
        //Tue nichts  
    }  
    buffer.add(p);  
}
```

**Thread 1**

```
synchronized void consume() {  
    while(buffer.isEmpty()) {  
        //Tue nichts  
    }  
    buffer.remove();  
}
```

**Thread 2**

## Probleme

- “busy waiting“ verschwendet Rechenzeit
- wartender Produzent blockiert Konsument, der dann nichts konsumieren kann

# Parallelität - wait() und notify()

- Idee: brauchen Mechanismus, der es erlaubt den Monitor freizugeben, während man auf etwas wartet

# Parallelität - wait() und notify()

- Idee: brauchen Mechanismus, der es erlaubt den Monitor freizugeben, während man auf etwas wartet
- dazu braucht man natürlich auch einen Mechanismus, der es erlaubt wartende Threads aufzuwecken

# Parallelität - wait() und notify()

- Idee: brauchen Mechanismus, der es erlaubt den Monitor freizugeben, während man auf etwas wartet
- dazu braucht man natürlich auch einen Mechanismus, der es erlaubt wartende Threads aufzuwecken
- in Java: wait() und notify() bzw. notifyAll()

# Parallelität - wait() und notify()

- Idee: brauchen Mechanismus, der es erlaubt den Monitor freizugeben, während man auf etwas wartet
- dazu braucht man natürlich auch einen Mechanismus, der es erlaubt wartende Threads aufzuwecken
- in Java: wait() und notify() bzw. notifyAll()

```
synchronized void produce(Product p) {  
    while(buffer.isFull()) {  
        this.wait();  
    }  
    buffer.add(p);  
    this.notifyAll();  
}
```

**Thread 1**

```
synchronized void consume() {  
    while(buffer.isEmpty()) {  
        this.wait();  
    }  
    buffer.remove();  
    this.notifyAll();  
}
```

**Thread 2**



# Parallelität - wait() und notify()

```
synchronized void produce(Product p) {  
    while(buffer.isFull()) {  
        this.wait();  
    }  
    buffer.add(p);  
    this.notifyAll();  
}
```

Thread 1

```
synchronized void consume() {  
    while(buffer.isEmpty()) {  
        this.wait();  
    }  
    buffer.remove();  
    this.notifyAll();  
}
```

Thread 2

- Kann man die while-Schleifen jetzt nicht durch eine if-Abfrage ersetzen?

# Parallelität - wait() und notify()

```
synchronized void produce(Product p) {  
    while(buffer.isFull()) {  
        this.wait();  
    }  
    buffer.add(p);  
    this.notifyAll();  
}
```

Thread 1

```
synchronized void consume() {  
    while(buffer.isEmpty()) {  
        this.wait();  
    }  
    buffer.remove();  
    this.notifyAll();  
}
```

Thread 2

- Kann man die while-Schleifen jetzt nicht durch eine if-Abfrage ersetzen?
  - Nein, dann würde nach dem Aufwecken nicht nochmal geprüft werden, ob die Bedingung mittlerweile falsch ist.

# Parallelität - Verklemmung (deadlock)



# Parallelität - Verklemmung (deadlock)



- Thread A hält Monitor X und benötigt Monitor Y
- Thread B hält Monitor Y und benötigt Monitor X

## Thread 1:

```
synchronized(Papier) {  
    synchronized(Stift) {  
        maleMandala();  
    }  
}
```

## Thread 2:

```
synchronized(Stift) {  
    synchronized(Papier) {  
        maleMandala();  
    }  
}
```

klassischer Deadlock!

# Parallelität - Verklemmung (deadlock)

Lösungsansatz: Monitore immer in gleicher Reihenfolge anfordern

## Thread 1:

```
synchronized(Papier) {  
    synchronized(Stift) {  
        maleMandala();  
    }  
}
```

## Thread 2:

```
synchronized(Papier) {  
    synchronized(Stift) {  
        maleMandala();  
    }  
}
```

# Klausuraufgabe SS14

# 4. Übungsblatt - A3 mit Threads

## Aufgabe 3 (GUI für Geometrify): 6,56 bzw. 11,25 von 10+7

```
public Test() {  
    // calling Swing methods from arbitrary threads may result in unexpected behaviour  
    // because most Swing Components are not thread safe!  
    new JFrame("HelloWorld").setVisible(true);  
  
    // instead use the swing event dispatch thread every time you paint, build,... Swing components  
    SwingUtilities.invokeLater(new Runnable() {  
        @Override  
        public void run() {  
            new JFrame("HelloWorld").setVisible(true);  
        }  
    });  
}
```

siehe auch: <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/uiswing/concurrency/dispatch.html>



## 4. Übungsblatt - A3 mit Threads

### Aufgabe 3 (GUI für Geometrify): 6,56 bzw. 11,25 von 10+7

```
// will freeze the gui when the button is clicked
JButton heavy = new JButton("Freeze");
heavy.addActionListener(new ActionListener() {
    @Override
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        // heavy work
    }
});

// will not freeze the gui
JButton light = new JButton("Don't freeze");
light.addActionListener(new ActionListener() {
    @Override
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        // use a new thread to handle heavy work
        Thread t = new Thread(new Runnable() {
            @Override
            public void run() {
                // heavy work
            }
        });
        // starts the thread, "main thread" will return immediately
        t.start();
    }
});
```

- Was verursacht was?
- Defekt, Irrtum, Versagen

- Was verursacht was?
- Defekt, Irrtum, Versagen
- “Testing shows the presence of bugs, not their absence.” (Edsger W. Dijkstra)

## Dynamische Verfahren

- Testfälle schreiben und ausführen (z.B. mit JUnit)

## Dynamische Verfahren

- Testfälle schreiben und ausführen (z.B. mit JUnit)
- white box testing

## Dynamische Verfahren

- Testfälle schreiben und ausführen (z.B. mit JUnit)
- white box testing
  - kontrollflussorientiert
  - datenflussorientiert
- black box testings

## Dynamische Verfahren

- Testfälle schreiben und ausführen (z.B. mit JUnit)
- white box testing
  - kontrollflussorientiert
  - datenflussorientiert
- black box testings
  - funktionale Tests

## Dynamische Verfahren

- Testfälle schreiben und ausführen (z.B. mit JUnit)
- white box testing
  - kontrollflussorientiert
  - datenflussorientiert
- black box testings
  - funktionale Tests
  - Leistungstests



## Dynamische Verfahren

- Testfälle schreiben und ausführen (z.B. mit JUnit)
- white box testing
  - kontrollflussorientiert
  - datenflussorientiert
- black box testings
  - funktionale Tests
  - Leistungstests

## Statische Verfahren

- Inspektion

## Dynamische Verfahren

- Testfälle schreiben und ausführen (z.B. mit JUnit)
- white box testing
  - kontrollflussorientiert
  - datenflussorientiert
- black box testings
  - funktionale Tests
  - Leistungstests

## Statische Verfahren

- Inspektion
- statische Analyse mit Tools

## Dynamische Verfahren

- Testfälle schreiben und ausführen (z.B. mit JUnit)
- white box testing
  - kontrollflussorientiert
  - datenflussorientiert
- black box testings
  - funktionale Tests
  - Leistungstests

## Statische Verfahren

- Inspektion
- statische Analyse mit Tools
- Programm wird nicht ausgeführt!

# Kontrollflussorientiertes Testverfahren (KFO)

- Ziel: “sinnvolle“ Testfälle finden

Vorgehen:

- ① gegeben: zu testender Code

# Kontrollflussorientiertes Testverfahren (KFO)

- Ziel: “sinnvolle“ Testfälle finden

Vorgehen:

- 1 gegeben: zu testender Code
- 2 Code  $\implies$  Zwischensprache
  - Sprünge umwandeln
  - Grundblöcke finden
  - Grundblöcke prüfen

# Kontrollflussorientiertes Testverfahren (KFO)

- Ziel: “sinnvolle“ Testfälle finden

Vorgehen:

- ① gegeben: zu testender Code
- ② Code  $\implies$  Zwischensprache
  - Sprünge umwandeln
  - Grundblöcke finden
  - Grundblöcke prüfen
- ③ Zwischensprache  $\implies$  Kontrollflussgraph

# Kontrollflussorientiertes Testverfahren (KFO)

- Ziel: “sinnvolle“ Testfälle finden

Vorgehen:

- ① gegeben: zu testender Code
- ② Code  $\implies$  Zwischensprache
  - Sprünge umwandeln
  - Grundblöcke finden
  - Grundblöcke prüfen
- ③ Zwischensprache  $\implies$  Kontrollflussgraph
- ④ am Kontrollflussgraphen Testfälle finden:

# Kontrollflussorientiertes Testverfahren (KFO)

- Ziel: “sinnvolle“ Testfälle finden

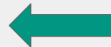
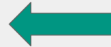
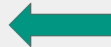
Vorgehen:

- 1 gegeben: zu testender Code
- 2 Code  $\implies$  Zwischensprache
  - Sprünge umwandeln
  - Grundblöcke finden
  - Grundblöcke prüfen
- 3 Zwischensprache  $\implies$  Kontrollflussgraph
- 4 am Kontrollflussgraphen Testfälle finden:
  - Anweisungsüberdeckung
  - Zweigüberdeckung
  - Pfadüberdeckung



## ■ Sprünge umwandeln

```
1  int a = 9;
2  System.out.println("Blahblah");
3  while(a == 9) {
4      int z = 0;
5      for(int i = 0; i <= 8; i++) {
6          z++;
7      }
8      int k = 0;
9      if(a == z + k) {
10         a = 8;
11     }
12 }
```



## ■ Sprünge umwandeln

```
1  int a = 9;
2  System.out.println("Blahblah");
3  if not (a == 9) goto 14;
4      int z = 0;
5      int i = 0;
6      if not (i <= 8) goto 10;
7          z++;
8          i++;
9      goto 6;
10     int k = 0;
11     if not (a == z + k) goto 13;
12         a = 8;
13 goto 3;
14
```

- Grundblöcke finden (Code bis goto ist ein Grundblock)

```
1  int a = 9;  
2  System.out.println("Blahblah");  
3  if not (a == 9) goto 14;  
4      int z = 0;  
5      int i = 0;  
6      if not (i <= 8) goto 10;  
7          z++;  
8          i++;  
9      goto 6;  
10     int k = 0;  
11     if not (a == z + k) goto 13;  
12         a = 8;  
13 goto 3;  
14
```

Grundblöcke dürfen  
nur am Ende einen  
Sprung (goto)  
haben (müssen  
aber nicht)

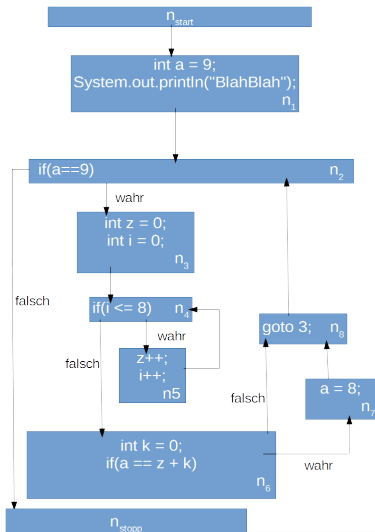
- Grundblöcke prüfen (goto dürfen nur an Anfang eines Grundblocks verweisen)

```
1  int a = 9;
2  System.out.println("Blahblah");
3  if not (a == 9) goto 14;
4      int z = 0;
5      int i = 0;
6      if not (i <= 8) goto 10;
7          z++;
8          i++;
9      goto 6;
10     int k = 0;
11     if not (a == z + k) goto 13;
12         a = 8;
13     goto 3;
14
```

# KFO: Zwischensprache nach Kontrollflussgraph

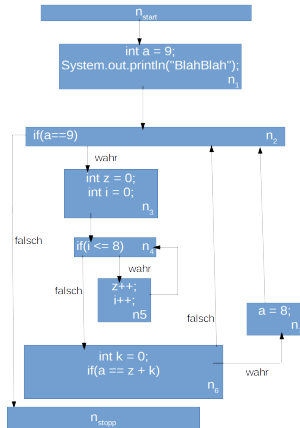
- Grundblöcke benennen
- Grundblöcke und Verzweigungen hinzeichnen
- Start- und Endzustand hinzufügen

# KFO: Zwischensprache nach Kontrollflussgraph



# KFO: Zwischensprache nach Kontrollflussgraph

- goto-Knoten kann man auch weglassen

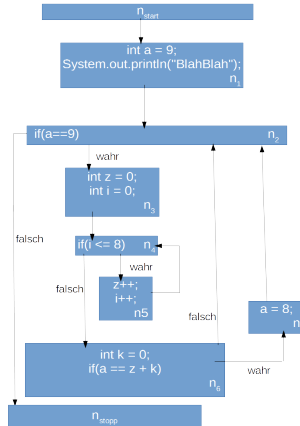


- Pfade finden, sodass jeder Grundblock traversiert wird

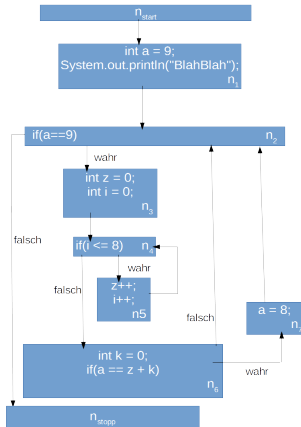


- Pfade finden, sodass jeder Grundblock traversiert wird  
⇒ Entdeckung nicht erreichbarer Code-Abschnitte

- Pfade finden, sodass jeder Grundblock traversiert wird  
⇒ Entdeckung nicht erreichbarer Code-Abschnitte
- aber: kein ausreichendes Testkriterium



## ■ Pfad für Anweisungsüberdeckung?

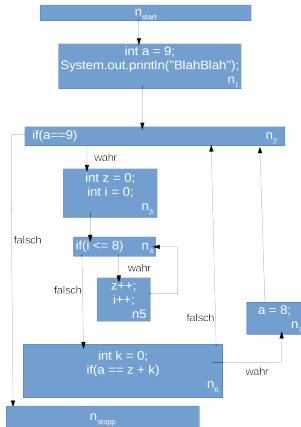


- Pfad für Anweisungsüberdeckung?  
 $(n_{start}, n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_4, n_6, n_7, n_2, n_{stopp})$

- Pfade finden, sodass jeder Zweig (=Kante) traversiert wird

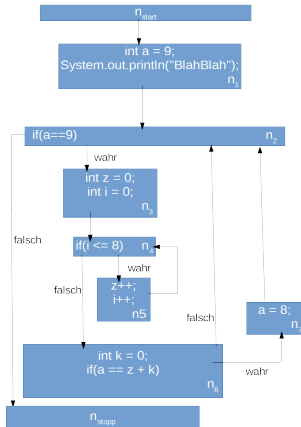
- Pfade finden, sodass jeder Zweig (=Kante) traversiert wird  
⇒ Entdeckung nicht erreichbarer Kanten

- Pfade finden, sodass jeder Zweig (=Kante) traversiert wird  
⇒ Entdeckung nicht erreichbarer Kanten
- aber: Schleifen werden nicht ausreichend getestet



## ■ Pfad für Zweigüberdeckung?





## ■ Pfad für Zweigüberdeckung?

$(n_{start}, n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_4, n_6, n_2, n_3, n_4, n_5, n_4, n_6, n_7, n_2, n_{stopp})$

- Finde **alle** vollständige, unterschiedlichen Pfade

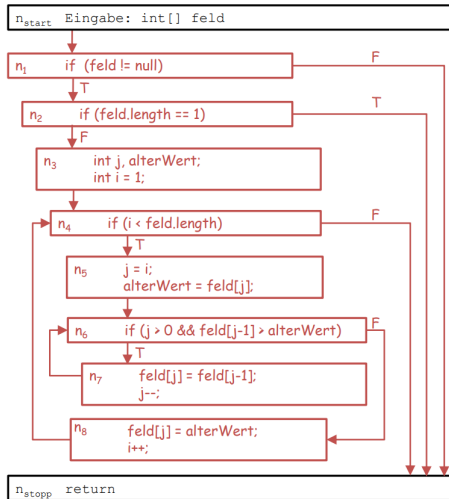
- Finde **alle** vollständige, unterschiedlichen Pfade
- vollständiger Pfad = Anfang bei  $n_{start}$ , Ende bei  $n_{stopp}$

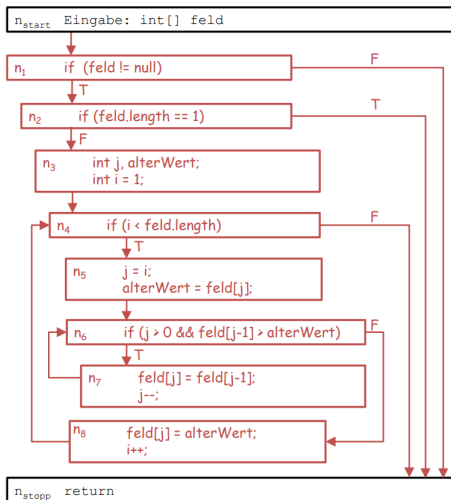
- Finde **alle** vollständige, unterschiedlichen Pfade
- vollständiger Pfad = Anfang bei  $n_{start}$ , Ende bei  $n_{stopp}$
- nicht praktikabel, da
  - Schleifen die Anzahl der möglichen Pfade stark erhöhen

- Finde **alle** vollständige, unterschiedlichen Pfade
- vollständiger Pfad = Anfang bei  $n_{start}$ , Ende bei  $n_{stop}$
- nicht praktikabel, da
  - Schleifen die Anzahl der möglichen Pfade stark erhöhen
  - manche Pfade nicht ausführbar sind (sich gegenseitig ausschließende Bedingungen)

```
01 public void sortiere(int[] feld) {  
02     if (feld != null) {  
03         if (feld.length == 1) {  
04             return;  
05         } else {  
06             int j, alterWert;  
07             for (int i = 1; i < feld.length; i++) {  
08                 j = i;  
09                 alterWert = feld[i];  
10                 while (j > 0 && feld[j - 1] > alterWert) {  
11                     feld[j] = feld[j - 1];  
12                     j--;  
13                 }  
14                 feld[j] = alterWert;  
15             }  
16         }  
17     }  
18 }
```

Erstellen Sie den Kontrollflussgraphen und geben Sie einen Pfad an, der Anweisungsüberdeckung erzielt.





Pfad:  $(n_{start}, n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7, n_6, n_8, n_4, n_{stopp})$



## Aufgabe 1: Kontrollfluss-orientiertes Testen

- Zwischensprache benutzen
- Definitionen der verschiedenen Abdeckungen anschauen

## Aufgabe 1: Kontrollfluss-orientiertes Testen

- Zwischensprache benutzen
- Definitionen der verschiedenen Abdeckungen anschauen

## Aufgabe 2: Codeinspektion

- an das Format halten

## Aufgabe 3: Parallelisierung von Geomtrify

- Berechnung der Samples parallelisieren
- Zahl der benutzten Threads abhängig machen von der Anzahl der Prozessor-Kerne

## Aufgabe 3: Parallelisierung von Geomtrify

- Berechnung der Samples parallelisieren
- Zahl der benutzten Threads abhängig machen von der Anzahl der Prozessor-Kerne

## Aufgabe 4: Alternative Parallelisierungsverfahren

- theoretische Überlegungen, was man sonst noch so parallelisieren könnte
- Sinnhaftigkeit, Aufwand, etc. prüfen

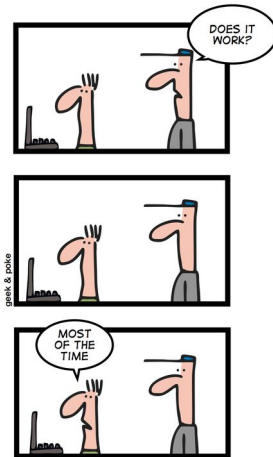
## Aufgabe 5: Parallelisierungswettbewerb

- Aufgabe 3 verbessern und Laufzeit messen

## Abgabe

- Deadline am 19.7. um 12:00
- Aufgabe 1,2,4 und Beschreibung, Laufzeitprofil von Aufgabe 5 handschriftlich
- auf jeden Fall abgeben, wenn ihr noch Punkte braucht

## SIMPLY EXPLAINED



CONCURRENCY