

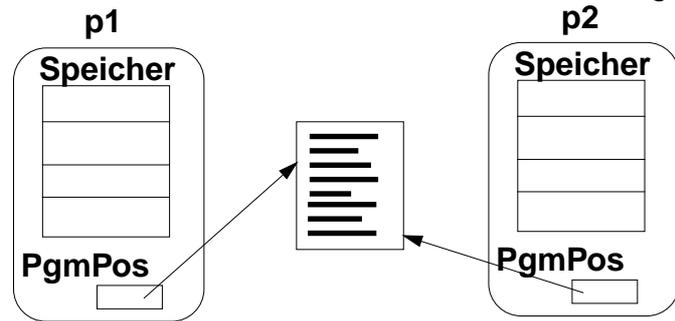
## 10. Parallele Prozesse Grundbegriffe (1)

### Prozess:

**Ausführung** eines sequentiellen Programmstückes in dem zugeordneten Speicher (Adressraum).

**Zustand** des Prozesses: Speicherinhalt und Programmposition

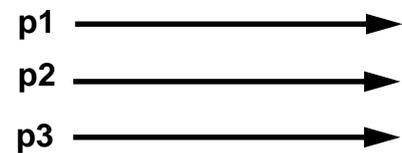
Zustände zweier Prozesse zu demselben Programm



**sequentieller Prozess:** Die Operationen werden eine nach der anderen ausgeführt.

**Parallele Prozesse:** mehrere Prozesse, die **gleichzeitig auf mehreren Prozessoren** ausgeführt werden;

- keine Annahme über relative Geschwindigkeit
- **unabhängige** Prozesse oder
- **kommunizierende** Prozesse:  
p1 liefert Daten für p2 oder  
p1 wartet bis eine Bedingung erfüllt ist



### Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 131

#### Ziele:

Grundbegriffe Paralleler Prozesse verstehen

#### in der Vorlesung:

- Ampel-Beispiel zeigen,
- Begriffe erklären: Prozess, Adressraum, sequentiell, parallel

#### nachlesen:

Judy Bishop: Java lernen, 2.Aufl., Abschnitt 13.1

#### Verständnisfragen:

Geben Sie Beispiele für

- sequentielle Abläufe,
  - parallele Prozesse
- aus dem Alltag und in Rechnern.

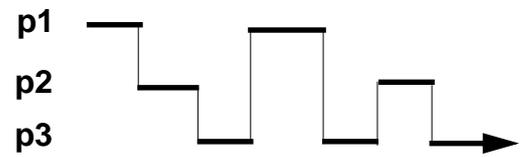
## Grundbegriffe (2)

**verzahnte Prozesse:** mehrere Prozesse, die stückweise **abwechselnd auf einem Prozessor** ausgeführt werden

**Prozessumschaltung** durch den Scheduler des Betriebssystems, der JVM oder durch die Prozesse selbst.

**Ziele:**

- Prozessor auslasten, blockierte Prozesse nicht bearbeiten
- Gleichzeitigkeit simulieren



**nebenläufige Prozesse:**

Prozesse, die parallel oder verzahnt ausgeführt werden können

### Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 131a

**Ziele:**

Grundbegriffe Paralleler Prozesse verstehen

**in der Vorlesung:**

- Verzahnung als Vortäuschung von Gleichzeitigkeit
- Umschaltung von Prozessen auf verschiedenen Ebenen

**nachlesen:**

Judy Bishop: Java lernen, 2.Aufl., Abschnitt 13.1

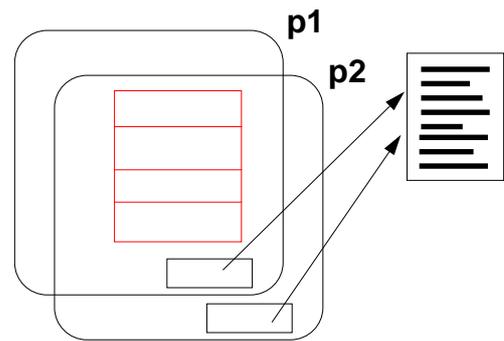
**Verständnisfragen:**

Geben Sie Situationen an in denen die verzahnte Ausführung Vorteile oder Nachteile gegenüber der sequentiellen Ausführung mehrerer Prozesse bietet.

## Grundbegriffe (3)

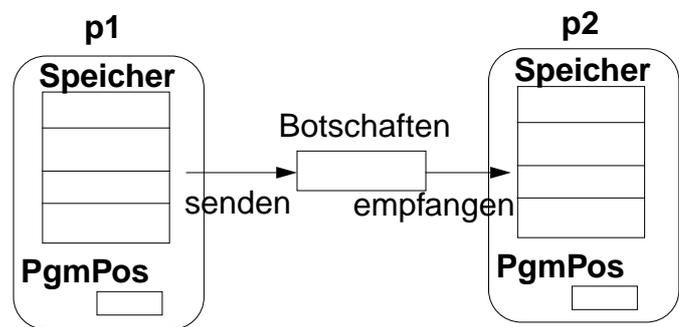
**Threads** ("Fäden" oder auch "Ausführungsstränge" der Programmausführung):  
 Prozesse, die parallel oder verzahnt in **gemeinsamem Speicher** ablaufen.

Die **Prozessumschaltung** ist besonders einfach und **schnell**,  
 daher auch **leichtgewichtige Prozesse**



Zugriff auf Variable im  
**gemeinsamen Speicher**

Im Gegensatz zu  
**Prozessen im verteilten Speicher** auf  
 verschiedenen Rechnern,  
**kommunizieren über Botschaften**, statt  
 über Variable im Speicher



## Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 131b

### Ziele:

Grundbegriffe Paralleler Prozesse verstehen

### in der Vorlesung:

- Abwägung zwischen Bequemlichkeit für Programmierer und technischen Problemen bei der Realisierung des Parallelrechners
- Vergleich: Zugriff auf gemeinsamen Speicher und Lesen/Schreiben von Daten über Botschaften

### nachlesen:

Judy Bishop: Java lernen, 2.Aufl., Abschnitt 13.1

### Verständnisfragen:

Wie können die Zeitnachteile bei der Kommunikation über Botschaften gemildert werden?

## Anwendungen Paralleler Prozesse

- **Benutzungsoberflächen:**  
Die Ereignisse werden von einem speziellen Systemprozess weitergegeben.  
Aufwändige Berechnungen sollten nebenläufig programmiert werden, damit die Bedienung der Oberfläche nicht blockiert wird.
- **Simulation** realer Abläufe:  
z. B. Produktion in einer Fabrik
- **Animation:**  
Veranschaulichung von Abläufen, Algorithmen; Spiele
- **Steuerung** von Geräten:  
Prozesse im Rechner überwachen und steuern externe Geräte, z. B. Montage-Roboter
- **Leistungssteigerung** durch Parallelrechner:  
mehrere Prozesse bearbeiten gemeinsam die gleiche Aufgabe,  
z. B. paralleles Sortieren großer Datenmengen.

### Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 132

**Ziele:**

Vielfalt der Parallelverarbeitung erkennen

**in der Vorlesung:**

Es werden Beispiele zu den Anwendungsarten erläutert und einige Prozesse in Java-Programmen bzw. Applets vorgeführt.

**nachlesen:**

Judy Bishop: Java lernen, 2.Aufl., Abschnitt 13.1

**Verständnisfragen:**

- Geben Sie weitere Beispiele von parallelen Prozessen in Anwendungen.

## Java Threads erzeugen (1)

Prozesse, die nebenläufig, gemeinsam im Speicher des Programms bzw. Applets ablaufen.

Es gibt 2 Techniken Threads zu erzeugen. Erste Technik:

Eine Benutzerklasse implementiert das Interface `Runnable`:

```
class Aufgabe implements Runnable
{
    ...
    public void run ()                vom Interface geforderte Methode run
    {...}                            das als Prozess auszuführende Programmstück
    Aufgabe (...) {...}              Konstruktor
}
```

Der Prozess wird als Objekt der vordefinierten Klasse `Thread` erzeugt:

```
Thread auftrag = new Thread (new Aufgabe (...));
```

Erst folgender Aufruf startet dann den Prozess:

```
auftrag.start();    Der neue Prozess beginnt, neben dem hier aktiven zu laufen.
```

Diese Technik (das Interface `Runnable` implementieren) sollte man anwenden, wenn der **abgespaltene Prozess nicht weiter beeinflusst** werden muss; also einen Auftrag erledigt (Methode `run`) und dann terminiert.

## Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 133

### Ziele:

Deklaration von Prozessklassen verstehen.

### in der Vorlesung:

3 Programmierschritte:

- Klasse mit der Methode `run` deklarieren
- Prozessobjekte erzeugen
- Ausführung der Prozessobjekte starten

Falls in der Benutzerklasse weitere Objektmethoden benötigt würden, wären sie schlecht zugänglich. Dann sollte man die andere Variante verwenden.

### nachlesen:

Judy Bishop: Java lernen, 2.Aufl., Abschnitt 13.2

### Verständnisfragen:

- Die Klasse `Thread` hat Klassen- und Objektmethoden. Welche können in der `run`-Methode auf welche Weise aufgerufen werden?

## Java Threads erzeugen (2)

Zweite Technik:

Die Benutzerklasse wird als Unterklasse der vordefinierten Klasse `Thread` definiert:

```
class DigiClock extends Thread
{ ...
  public void run ()           überschreibt die Thread-Methode run
  {...}                       das als Prozess auszuführende Programmstück
  DigiClock (...) {...}       Konstruktor
}
```

Der Prozess wird als Objekt der Benutzerklasse erzeugt (es ist auch ein `Thread`-Objekt):

```
Thread clock = new DigiClock (...);
```

Erst folgender Aufruf startet dann den Prozess:

```
clock.start();           der neue Prozess beginnt neben dem hier aktiven zu laufen
```

Diese Technik (Unterklasse von `Thread`) sollte man anwenden, wenn der abgespaltene Prozess weiter beeinflusst werden soll; also weitere Methoden der Benutzerklasse definiert und von aussen aufgerufen werden, z. B. zum vorübergehenden Anhalten oder endgültigem Terminieren.

### Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 134

**Ziele:**

Deklaration von Prozessklassen verstehen.

**in der Vorlesung:**

3 Programmierschritte:

- Klasse mit der Methode `run` deklarieren
- Prozessobjekte erzeugen
- Ausführung der Prozessobjekte starten

Gegenüberstellung zur Variante mit Interface `Runnable`.

**nachlesen:**

Judy Bishop: Java lernen, 2.Aufl., Abschnitt 13.2

**Verständnisfragen:**

- Die Klasse `Thread` hat Klassen- und Objektmethoden. Welche können in der `run`-Methode auf welche Weise aufgerufen werden?
- Was ist der Unterschied zwischen dem Aufruf `clock.start()` und dem Aufruf `clock.run()`?

## 11. Unabhängige parallele Prozesse

### Beispiel: Digitale Uhr als Prozess im Applet (1)

Der Prozess soll in jeder Sekunde Datum und Uhrzeit als Text aktualisiert anzeigen.

### Digital Clock Applet



16:36:32

```
class DigiClock extends Thread
{
    public void run ()
    {
        while (running)
        {
            line.setText(timeFormat.format(new Date()));    Datum schreiben
            try { sleep (1000); } catch (InterruptedException e) {}    Pause
        }
    }
}
// Methode, die den Prozeß von außen terminiert:
public void stopIt () { running = false; }
private boolean running = true; // Zustandsvariable
public DigiClock (JLabel t) {line = t;} // Label zum Beschreiben übergeben
private JLabel line;
private DateFormat timeFormat = DateFormat.getTimeInstance(
    DateFormat.MEDIUM, Locale.GERMANY);
}
```

Prozess als Unterklasse von Thread, weil er

- durch Aufruf von `stopIt` terminiert und
- durch weitere Thread-Methoden unterbrochen werden soll.

## Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 135

### Ziele:

Erstes vollständiges Prozessbeispiel

### in der Vorlesung:

Erläuterungen zur

- Ausführung bis zur Terminierung von außen,
- `stopIt`-Methode,
- Begründung der Variante "Unterklasse von Thread".

Applet vorführen [Digital Clock Applet](#)

## Beispiel: Digitale Uhr als Prozess im Applet (2)

Der Prozess wird in der `init`-Methode der `JApplet`-Unterklasse erzeugt:

```
public class DigiApp extends JApplet
{
    public void init ()
    {
        JLabel clockText = new JLabel ("--:--:--");
        getContentPane().add(clockText);

        clock = new DigiClock(clockText);
        clock.start();
    }

    public void start () { clock.resume(); }
    public void stop () { clock.suspend(); }
    public void destroy () { clock.stopIt(); }

    private DigiClock clock;
}
```

Prozess erzeugen  
Prozess starten

Prozess fortsetzen  
Prozess anhalten  
Prozess terminieren

Prozesse, die in einem Applet gestartet werden,

- sollen angehalten werden (`suspend`, `resume`),  
solange das Applet nicht sichtbar ist (`stop`, `start`),
- müssen terminiert werden (`stopIt`), wenn das Applet entladen wird (`destroy`).

Andernfalls belasten Sie den Rechner, obwohl sie nicht mehr sichtbar sind.

## Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 136

### Ziele:

Prozess aus Applet starten

### in der Vorlesung:

Erläuterungen zum Starten, Anhalten, Fortsetzen und Terminieren von Prozessen aus Applets.

### nachlesen:

Judy Bishop: Java lernen, 2.Aufl., Abschnitt 13.2

### Übungsaufgaben:

Ändern Sie die Klassen dieses Beispiels, so daß `DigiClock` nicht Unterklasse von `Thread` ist sondern `Runnable` implementiert.

### Verständnisfragen:

- Begründen Sie, weshalb die gezeigte Lösung besser ist als eine in der `DigiClock` `Runnable` implementiert.

## Wichtige Methoden der Klasse Thread

**public void run ();**

wird überschrieben mit der Methode, die die auszuführenden Anweisungen enthält

**public void start ();**

startet die Ausführung des Prozesses

**public void join () throws InterruptedException;**

der aufrufende Prozess wartet bis der angegebene Prozess terminiert ist:

```
try { auftrag.join(); } catch (InterruptedException e) {}
```

**public static void sleep (long millisec) throws InterruptedException;**

der aufrufende Prozess wartet mindestens die in Millisekunden angegebene Zeit:

```
try { Thread.sleep (1000); } catch (InterruptedException e) {}
```

**public void suspend ();**

**public void resume ();**

hält den angegebenen Prozess an bzw. setzt ihn fort:

```
clock.suspend(); clock.resume();
```

unterbricht den Prozess u. U. in einem kritischen Abschnitt, nur für **start/stop** im Applet

**public final void stop () throws SecurityException;**

nicht benutzen! Terminiert den Prozess u. U. in einem inkonsistenten Zustand

## Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 137

### Ziele:

Übersicht zu Thread-Methoden

### in der Vorlesung:

- Erläuterungen zu den Methoden
- Veranschaulichung durch graphische Darstellung der Abläufe der beteiligten Prozesse
- Verweise auf Beispiele
- `sleep` ist keine Objektmethode!
- Ausblick auf die Probleme mit `stop`, sowie `suspend` und `resume` außerhalb von Applets

### nachlesen:

Judy Bishop: Java lernen, 2.Aufl., Abschnitt 13.2

### Übungsaufgaben:

Veranschaulichen Sie die Wirkung der Methoden durch graphische Darstellung der Abläufe der beteiligten Prozesse.

### Verständnisfragen:

- An welchen Methodenaufrufen sind zwei, an welchen ist nur ein Prozess beteiligt?

## Beispiel: Ampelsimulation (1)

### Aufgabe:

- Auf einer Zeichenfläche mehrere Ampeln darstellen.
- Der Prozess jeder Ampel durchläuft die Ampelphasen und zeichnet die Lichter entsprechend.
- Vereinfachungen:
  - 1 Ampel; keine Einstellung der Phasendauer; keine Grünanforderung für Fußgänger.

### Lösung:

- Ampel-Objekte aus einer Unterklasse (`SetOfLights`) von `Thread` erzeugen (Methode 2).
- Ampel-Objekte zeichnen auf gemeinsamer Zeichenfläche (`JComponent`-Objekt).
- `run`-Methode wechselt die Ampelphasen und ruft eine Methode zum Zeichnen der Lichter auf (`drawLights`).
- Eine weitere Methode (`draw`) zeichnet die unveränderlichen Teile des Ampel-Bildes.
- Die `paint`-Methode der Zeichenfläche ruft beide Zeichenmethoden der Ampel-Objekte auf (Delegation der Zeichenaufgabe).

## Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 138

### Ziele:

Techniken für unabhängige Prozesse an nicht-trivialer Aufgabe zeigen

### in der Vorlesung:

- Aufgabe erläutern
- Vereinfachung und Erweiterbarkeit begründen
- mit dem statischen Ampel-Programm Änderungen erläutern
- 2 Zeichenmethoden begründen

### nachlesen:

Judy Bishop: Java lernen, 2.Aufl., Abschnitt 13.2, Ex.13.2

### Übungsaufgaben:

Vergleichen Sie diese Version des Programms mit der des statischen Ampel-Applets.

## Prozessklasse der Ampelsimulation

```

class SetOfLights extends Thread
{ /* Jedes Objekt dieser Klasse zeichnet eine Ampel an vorgegebener
   Position x auf ein gemeinsames JComponent-Objekt area. */

   private JComponent area;           // gemeinsame Zeichenfläche
   private int x;                     // x-Koordinate dieser Ampel
   private int light = 0;              // aktuelle Ampelphase

   public SetOfLights (JComponent area, int x)
   { this.area = area; this.x = x;}

   public void run ()
   { while (running)                  // drei Ampelphasen wiederholen
     { for (light = 0; light < 3; light++)
       { Graphics g = area.getGraphics(); // Kontext für Zeichenfläche
         drawLights (g);                 // neuen Zustand zeichnen
         g.dispose();                    // Systemressourcen freigeben
         try { sleep(500); }              // nach fester Dauer Zustand wechseln
         catch (InterruptedException e) { }
       }
     }

   public void stopIt () { running = false; } // Prozess von außen anhalten
   private boolean running = true;
   public void draw (Graphics g) {...}      // unveränderliche Bildteile zeichnen
   public void drawLights (Graphics g) {...} // veränderliche Bildteile zeichnen
}

```

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

### Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 139

#### Ziele:

Muster für Prozesse, die auf gemeinsamer Zeichenfläche zeichnen

#### in der Vorlesung:

- JComponent-Objekt übergeben statt Unterklasse von JComponent!
- Objektvariable begründen
- Methoden run und stopIt erläutern
- Der Prozess zeichnet nur die veränderlichen Bildteile.

#### nachlesen:

Judy Bishop: Java lernen, 2.Aufl., Abschnitt 13.2, Ex.13.2

#### Übungsaufgaben:

Vergleichen Sie diese Klasse mit der Klasse LightsCanvas der statischen Applet-Version

#### Verständnisfragen:

- Wie implementieren Sie einstellbare Phasendauern?
- Wie erweitern Sie die run-Methode um die Grünanforderung für Fußgänger?

## Zeichenmethoden der Ampelsimulation

```
class SetOfLights extends Thread
{
    ...
    public void draw (Graphics g)
    {
        // unveränderliche Teile des Bildes relativ zu x zeichnen und schreiben:
        g.drawOval(x-8, 10, 30, 68); // der Ampelumriss
    }

    public void drawLights (Graphics g)
    {
        // veränderliche Teile des Bildes zeichnen:

        if (light == 0) g.setColor(Color.red); // die 4 Lichter
        else g.setColor(Color.lightGray);
        g.fillOval(x, 15, 15, 15);

        if (light == 1) g.setColor(Color.yellow);
        else g.setColor(Color.lightGray);
        g.fillOval(x, 35, 15, 15);

        if (light == 2) g.setColor(Color.green);
        else g.setColor(Color.lightGray);
        g.fillOval(x, 55, 15, 15);

        g.setColor(Color.green); g.fillOval(x, 85, 15, 15);
    }
}
```

### Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 140

**Ziele:**

Trennung zwischen statischen und veränderlichen Bildteilen zeigen

**in der Vorlesung:**

Erläuterungen dazu

**nachlesen:**

Judy Bishop: Java lernen, 2.Aufl., Abschnitt 13.2, Ex. 13.2

**Verständnisfragen:**

Wie implementieren Sie die Grünanforderung für Fußgänger?

## Applet-Klasse der Ampelsimulation

```

public class TrafficLight extends JApplet
{ private JComponent area;                // gemeinsame Zeichenfläche
  private int lightsPosition = 105;      // x-Koordinate der nächsten Ampel
  private SetOfLights lights;           // zunächst nur eine Ampel

  public void init ()
  { setLayout(new BorderLayout ());
    area =                                // das JComponent-Objekt zum Zeichnen der Ampeln
      new JComponent()                    // anonyme Unterklasse mit 1 Objekt:
      { public void paint (Graphics g) // Zeichnen an Ampel-Objekt delegieren
        { lights.draw(g);                // zeichne statischen Teil
          lights.drawLights(g);          // zeichne veränderlichen Teil
        }
      };
    add (area, BorderLayout.CENTER);

    lights = new SetOfLights(area, lightsPosition); // 1 Ampel-Objekt
    area.repaint();                               // erstes Zeichnen anstoßen
    lights.start();                               // Prozess starten
  }

  // Prozesse des Applets anhalten, fortsetzen, beenden:
  public void stop () { lights.suspend(); }
  public void start () { lights.resume(); }
  public void destroy () { lights.stopIt(); }
}

```

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

### Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 141

#### Ziele:

Ein Schema für die Hauptklasse bei zeichnenden Prozessen

#### in der Vorlesung:

Erläuterungen zur

- Erzeugung der gemeinsamen Zeichenfläche
- Aufteilung des Zeichnens von statischen und veränderlichen Bildteilen
- Verwendung von Swing-Komponenten in Programmen mit mehreren Threads

#### nachlesen:

Judy Bishop: Java lernen, 2.Aufl., Abschnitt 13.2, Ex. 13.2

#### Übungsaufgaben:

Vergleichen Sie diese Klasse mit der entsprechenden Klasse der statischen Applet-Version

#### Verständnisfragen:

- Wie wird das Zeichnen der verschiedenen Bildteile ausgelöst?
- Wie erweitern Sie die Implementierung auf mehrere Ampeln?
- Begründen Sie die Implementierung der Methoden `start`, `stop` und `destroy`.
- Warum kann hier eine anonyme Klasse benutzt werden?

## 12. Monitore, Synchronisation: Gegenseitiger Ausschluss

Wenn mehrere Prozesse die **Werte gemeinsamer Variablen verändern**, kann eine ungünstige Verzahnung (oder echte Parallelausführung) zu inkonsistenten Daten führen.

Z. B. zwei Prozesse benutzen lokale Variable `tmp` und eine gemeinsame Variable `konto`:

```

p  tmp = konto;                                konto = tmp+10;
q                                     tmp = konto; konto = tmp+10;

```

**Kritische Abschnitte:** zusammengesetzte Operationen, die gemeinsame Variablen lesen und/oder verändern.

Prozesse müssen kritische Abschnitte unter **gegenseitigem Ausschluss** (*mutual exclusion*) ausführen:

D. h. **zu jedem Zeitpunkt darf höchstens ein Prozess** solch einen kritischen Abschnitt für bestimmte Variablen ausführen. Andere Prozesse, die für die gleichen Variablen mit der Ausführung eines kritischen Abschnitts beginnen wollen, müssen warten.

### Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 142

#### Ziele:

Grundbegriff "Gegenseitiger Ausschluss" verstehen

#### in der Vorlesung:

- Begründung, weshalb Inkonsistenzen durch verzahnte Ausführung entstehen können.
- Inkonsistenzen auch ohne explizite Verwendung von temporären Variablen
- Inkonsistenzen bei elementaren Operationen auf `long`- oder `double`-Werten

#### Verständnisfragen:

- Geben Sie weitere Beispiele für kritische Abschnitte.
- Warum könnte auch das Ausgeben der Werte zweier Variable ein kritischer Abschnitt sein?

## Gegenseitiger Ausschluss durch Monitore

### Monitor:

Ein Modul, der Daten und Operationen darauf kapselt.

Die **kritischen Abschnitte** auf den Daten werden als **Monitor-Operationen** formuliert.

Prozesse rufen Monitor-Operationen auf, um auf die Daten zuzugreifen.

Die Monitor-Operationen werden unter gegenseitigem Ausschluss ausgeführt.

### Monitore in Java:

Methoden einer Klasse, die kritische Abschnitte auf Objektvariablen implementieren, können als **synchronized** gekennzeichnet werden:

```
class Bank
{   public synchronized void abbuchen (...)   {...}
    public synchronized void überweisen (...) {...}
    ...
    private int[] konten;
}
```

**Jedes Objekt** der Klasse wirkt dann als **Monitor** für seine Objektvariablen:

**Aufrufe von synchronized Methoden** von mehreren Prozessen für dasselbe Objekt werden unter **gegenseitigem Ausschluss** ausgeführt.

Zu jedem Zeitpunkt kann höchstens 1 Prozess mit **synchronized** Methoden auf Objektvariable zugreifen.

## Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 143

### Ziele:

Das Konzept "Monitor" verstehen

### in der Vorlesung:

Erläuterungen dazu

- Monitor als Zusammenfassung kritischer Abschnitte
- Monitor-Klassen in Java mit `synchronized` Methoden
- gegenseitiger Ausschluss immer für jedes Objekt individuell
- gegenseitiger Ausschluss nur für Aufrufe von `synchronized` Methoden untereinander
- gegenseitiger Ausschluss betrifft alle `synchronized` Methoden gemeinsam

### nachlesen:

Verhalten von Threads beim Aufruf von `synchronized`-Methoden für ein gemeinsames Objekt mit diesem Applet erproben.

### Verständnisfragen:

Geben Sie Beispiele für Monitor-Methoden, die *nicht* unter gegenseitigem Ausschluss zu laufen brauchen.

## Beispiel: gegenseitiger Ausschluss durch Monitor

```

class Bank
{
    public synchronized void abbuchen (String name) // kritischer Abschnitt
    {
        int vorher = konto;
        System.out.println (name + " Konto vor : " + vorher);
        // kritische Verwendung der Objektvariablen konto:
        konto = vorher - 10;
        System.out.println (name + " Konto nach: " + konto);
    }
    private int konto = 100;
}

class Kunde extends Thread
{
    Kunde (String n, Bank b) { name = n; meineBank = b; }
    public void run ()
    {
        for (int i = 1; i <= 2; i++) meineBank.abbuchen(name); }
    private Bank meineBank; private String name;
}

class BankProgramm
{
    public static void main (String[] args)
    {
        Bank b = new Bank(); // Objekt als Monitor für seine Objektvariable
        new Kunde("ich", b).start(); new Kunde("du ", b).start();
    }
}

```

## Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 144

### Ziele:

Ein erstes vollständiges Beispiel für einen Monitor.

### in der Vorlesung:

- beteiligte Objekte zeigen
- verschiedene Abläufe zeigen
- Abläufe zeigen, für den Fall, daß die Methode *nicht* `synchronized` definiert wird

### Übungsaufgaben:

Implementieren Sie das Programm. Entfernen Sie das `synchronized`, und fügen Sie vor der Zuweisung an die Variable `konto` einen `sleep`-Aufruf ein.

## 13. Bedingungssynchronisation im Monitor

### Bedingungssynchronisation:

Ein Prozess wartet, bis eine Bedingung erfüllt ist — verursacht durch einen anderen Prozess; z. B. erst dann in einen Puffer schreiben, wenn er nicht mehr voll ist.

### Bedingungssynchronisation im Monitor:

Ein Prozess, der in einer kritischen Monitor-Operation auf eine Bedingung wartet, muss den Monitor freigeben, damit andere Prozesse den Zustand des Monitors ändern können.

### Bedingungssynchronisation in Java:

Vordefinierte Methoden der Klasse `Object` zur Bedingungssynchronisation:  
(Sie müssen aus `synchronized` Methoden heraus aufgerufen werden.)

- `wait()`            **blockiert den aufrufenden Prozess und gibt den Monitor frei**  
– das Objekt, dessen `synchronized` Methode er gerade ausführt.
- `notifyAll()`   **weckt alle in diesem Monitor blockierten Prozesse;**  
sie können weiterlaufen, sobald der Monitor frei ist.
- `notify()`        weckt einen (beliebigen) blockierten Prozess;  
ist für unser Monitorschema nicht brauchbar

Nachdem ein blockierter Prozess geweckt wurde, muß er die **Bedingung, auf die er wartet, erneut prüfen** — sie könnte schon durch schnellere Prozesse wieder invalidiert sein:

```
while (avail < n) try { wait(); } catch (InterruptedException e) {}
```

## Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 145

### Ziele:

Das Prinzip "Bedingungssynchronisation" verstehen

### in der Vorlesung:

- Erläuterungen an Beispielen für Wartebedingungen
- Erläuterung der Methoden `wait()` und `notifyAll()`

### nachlesen:

Verhalten von Threads beim Aufruf von `wait()` und `notifyAll()` mit diesem Applet erproben.

## Beispiel: Monitor zur Vergabe von Ressourcen

**Aufgabe:** Eine Begrenzte Anzahl gleichartiger Ressourcen wird von einem Monitor verwaltet. Prozesse fordern einige Ressourcen an und geben sie später zurück.

```
class Monitor
{ private int avail;                // Anzahl verfügbarer Ressourcen
  Monitor (int a) { avail = a; }

  synchronized void getElem (int n, int who)    // n Elemente abgeben
  { System.out.println("Client"+who+" needs "+n+",available "+avail);

    while (avail < n)                          // Bedingung in Warteschleife prüfen
    { try { wait(); } catch (InterruptedException e) {}
      }                                          // try ... catch nötig wegen wait()
    avail -= n;
    System.out.println("Client"+who+" got "+n+", available "+avail);
  }

  synchronized void putElem (int n, int who) // n Elemente zurücknehmen
  { avail += n;
    System.out.println("Client"+who+" put "+n+",available "+avail);
    notifyAll();                               // alle Wartenden können die Bedingung erneut prüfen
  }
}
```

## Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 146

### Ziele:

Ein vollständiges Monitor-Beispiel verstehen

### in der Vorlesung:

- Das Vergabe-Schema (put, get) erläutern
- Zusammenspiel von wait() und notifyAll() erläutern
- Zeigen, weshalb die Schleife um den wait()-Aufruf nötig ist

### nachlesen:

Judy Bishop: Java lernen, 2.Aufl., Abschnitt 13.3

### Übungsaufgaben:

Leser/Schreiber-Problem implementieren

### Verständnisfragen:

- Warum steht der Aufruf wait() in einer Schleife?
- Warum wird notifyAll() statt notify() verwendet?

## Beispiel: Prozesse und Hauptprogramm zu GP-146

```
import java.util.Random;

class Client extends Thread
{ private Monitor mon; private Random rand;
  private int ident, rounds, max;
  Client (Monitor m, int id, int rd, int avail)
  { ident = id; rounds = rd; mon = m; max = avail;
    rand = new Random(); // Neuer Zufallszahlengenerator
  }

  public void run ()
  { while (rounds > 0)
    { int m = rand.nextInt(max) + 1;
      mon.getElem (m, ident); // m Elemente anfordern
      try { sleep (rand.nextInt(1000) + 1);}
          catch (InterruptedException e) {}
      mon.putElem (m, ident); // m Elemente zurückgeben
      rounds -= 1;
    }
  }
}

class TestMonitor
{ public static void main (String[] args)
  { int avail = 20;
    Monitor mon = new Monitor (avail);
    for (int i = 0; i < 5; i++)
      new Client(mon,i,4,avail).start();
  } }
```

## Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 147

### Ziele:

Fortsetzung von [Folie 146](#)

### in der Vorlesung:

Erläuterungen dazu

## Schema: Gleichartige Ressourcen vergeben

Ein **Monitor** verwaltet eine endliche Menge von  $k \geq 1$  **gleichartigen Ressourcen**.

**Prozesse** fordern jeweils unterschiedlich viele ( $n$ ) Ressourcen an,  $1 \leq n \leq k$  und geben sie nach Gebrauch wieder zurück.

Die **Wartebedingung** für das Anfordern ist "Sind  $n$  Ressourcen verfügbar?"

Zu jedem Zeitpunkt zwischen Aufrufen der Monitor-Methoden gilt:  
"Die Summe der freien und der vergebenen Ressourcen ist  $k$ ."

Die Monitor-Klasse auf GP-146 implementiert dieses Schema.

### Beispiele:

- Walkman-Vergabe an Besuchergruppen im Museum (siehe [Java lernen, 13.5])
- Taxi-Unternehmen;  $n = 1$

auch **abstrakte Ressourcen**, z. B.

- das Recht, eine Brücke begrenzter Kapazität (Anzahl Fahrzeuge oder Gewicht) zu befahren,

auch **gleichartige Ressourcen mit Identität**:

Der Monitor muß dann die Identitäten der Ressourcen in einer Datenstruktur verwalten.

- Nummern der vom Taxi-Unternehmen vergebenen Taxis
- Adressen der Speicherblöcke, die eine Speicherverwaltung vergibt

## Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 148

### Ziele:

Schema zur Vergabe gleichartiger Ressourcen verstehen

### in der Vorlesung:

- Aufgabe erläutern
- Monitor von [Folie 146](#) als Schema erläutern
- Varianten besprechen

### nachlesen:

Judy Bishop: Java lernen, 2.Aufl., Abschnitt 13.3, 13.5

### nachlesen:

- Vorlesung "Konzepte und Methoden der System-Software"
- G. R. Andrews: Concurrent Programming, Addison-Wesley, 1991

### Übungsaufgaben:

#### Verständnisfragen:

- Geben Sie zu den Beispielen die jeweilige Ausprägung des Schemas an: Bedeutung der Ressourcen, sind sie konkret oder abstrakt, ist ihre Identität relevant; Bedeutung der Operationen, wer führt sie aus, wieviele Ressourcen werden in einer Operation angefordert?
- Suchen Sie weitere Beispiele.

## Schema: Beschränkter Puffer

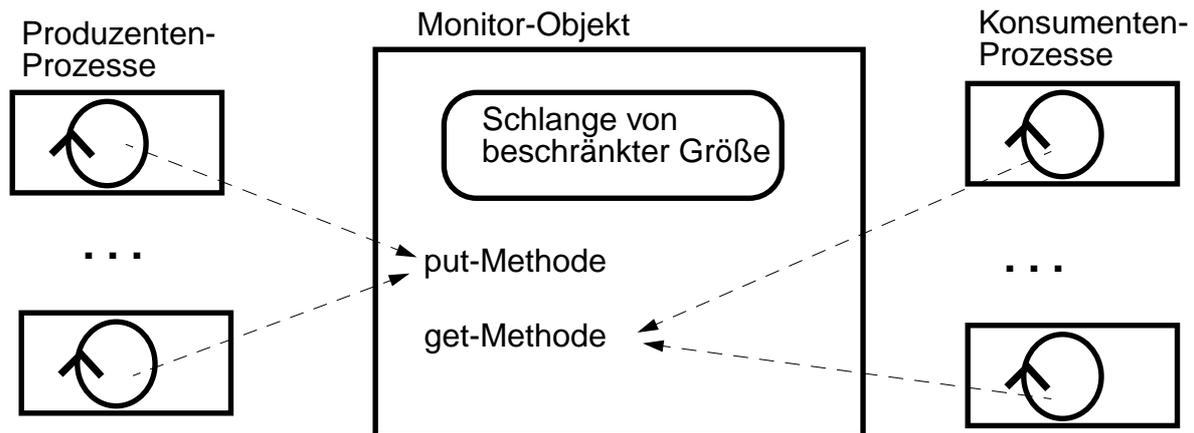
Ein Monitor speichert Elemente in einem **Puffer von beschränkter Größe**.

**Produzenten-Prozesse** liefern einzelne Elemente,  
**Konsumenten-Prozesse** entnehmen einzelne Elemente.

Der Monitor stellt sicher, dass die Elemente in der gleichen **Reihenfolge** geliefert und entnommen werden. (Datenstruktur: Schlange)

Die **Wartebedingungen** lauten:

- in den Puffer **schreiben**, nur wenn er **nicht voll** ist,
- aus dem Puffer **entnehmen**, nur wenn er **nicht leer** ist.



### Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 149

#### Ziele:

Synchronisationsschema verstehen

#### in der Vorlesung:

- Schema erläutern
- mehrere, symmetrische Wartebedingungen
- Hinweis auf Schlangen-Implementierung

#### Verständnisfragen:

- Wo wird welche Wartebedingung verändert?

## Monitor-Klasse für “Beschränkter Puffer”

```

class Buffer
{
    private Queue buf;        // Schlange der Länge n zur Aufnahme der Elemente
    public Buffer (int n) {buf = new Queue(n); }

    public synchronized void put (Object elem)
    {
        // ein Produzenten-Prozess versucht, ein Element zu liefern
        while (buf.isFull()) // warten bis der Puffer nicht voll ist
            try {wait();} catch (InterruptedException e) {}
        buf.enqueue(elem); // Wartebedingung der get-Methode hat sich verändert
        notifyAll();      // jeder blockierte Prozess prüft seine Wartebedingung
    }

    public synchronized Object get ()
    {
        // ein Konsumenten-Prozess versucht, ein Element zu entnehmen
        while (buf.isEmpty()) // warten bis der Puffer nicht leer ist
            try {wait();} catch (InterruptedException e) {}
        Object elem = buf.first();
        buf.dequeue();      // Wartebedingung der put-Methode hat sich verändert
        notifyAll();      // jeder blockierte Prozess prüft seine Wartebedingung
        return elem;
    }
}

```

### Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 150

#### Ziele:

Systematischer Umgang mit Wartebingungen

#### in der Vorlesung:

Erläuterungen dazu

- Veränderung der Wartebedingungen
- `notifyAll` begründen
- Zustandsübergänge bei `notifyAll` in der `get`-Operation am Beispiel erläutern

#### Verständnisfragen:

- Welche Zustände bezüglich der Erfüllung der Wartebedingungen sind möglich?
- Was bedeutet das für mehrere wartende Prozesse?
- Geben Sie detailliert an, wie mehrere wartende Prozesse auf den Aufruf `notifyAll()` reagieren.

## 14. Verklemmungen

Ein **einzelner Prozess ist verklemmt** (in einer *Deadlock*-Situation), wenn er auf eine **Bedingung wartet, die nicht mehr wahr werden kann**.

**Mehrere Prozesse** sind untereinander verklemmt (in einer *Deadlock*-Situation), wenn sie **zyklisch aufeinander warten**;

d. h. die Wartebedingung eines Prozesses kann nur von einem anderen, ebenfalls wartenden Prozess erfüllt werden.

**Verklemmung bei Ressourcenvergabe** kann eintreten, wenn folgende Bedingungen gelten:

1. Jeder Prozess **fordert mehrmals nacheinander Ressourcen an**.
2. Jeder Prozess benötigt bestimmte Ressourcen **exklusiv** für sich allein.
3. Die **Relation** "Prozess  $p$  benötigt eine Ressource, die Prozess  $q$  hat" ist **zyklisch**.

Beispiel: Dining Philosophers (GP-152)

### Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 151

**Ziele:**

Den Zustand "Verklemmung" verstehen

**in der Vorlesung:**

Erläuterungen dazu am Beispiel der Dining Philosophers, [Folie 152](#)

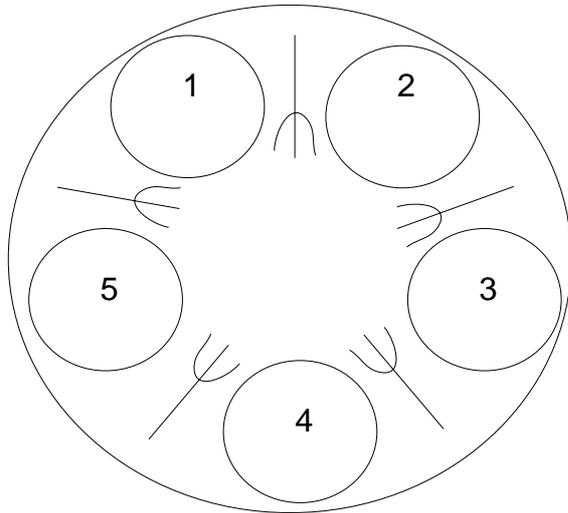
**Verständnisfragen:**

- Begründen Sie, daß für Verklemmungen bei Ressourcenvergabe jede der drei Bedingungen notwendig ist.
- Argumentieren Sie umgekehrt: Mein Prozesssystem wird nicht verklemmen, weil ...

## Synchronisationsaufgabe: Dining Philosophers

Abstraktion von Prozesssystemen, in denen die Prozesse **mehrere Ressourcen exklusiv** benötigen. (Erstmals formuliert von E. Dijkstra 1968.)

*5 Philosophen sitzen an einem gedeckten Tisch. Jeder beschäftigt sich abwechselnd mit denken und essen. Wenn ein Philosoph Hunger verspürt, versucht er die beiden Gabeln neben seinem Teller zu bekommen, um damit zu essen. Nachdem er gesättigt ist, legt er die Gabeln ab und verfällt wieder in tiefgründig philosophisches Nachdenken.*



Abstraktes Programm für die Philosophen:

```
wiederhole
  denken
  nimm rechte Gabel
  nimm linke Gabel
  essen
  gib rechte Gabel
  gib linke Gabel
```

Es gibt einen Verklemmungszustand:

Für alle Prozesse  $i$  aus  $\{1, \dots, 5\}$  gilt:  
 Prozess  $i$  hat seine rechte Gabel  
 und wartet auf seine linke Gabel.

### Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 152

#### Ziele:

Typische Verklemmungssituation verstehen

#### in der Vorlesung:

- Beispiel erläutern
- Präzise Charakterisierung der Verklemmungssituation
- Die drei Bedingungen von Folie 151 zeigen
- Beispiel als Resourcevergabeschema verallgemeinern
- Eine Animation der Philosophen

#### Verständnisfragen:

- Erläutern Sie an der Aufgabe die drei Bedingungen von Folie 151.

## Dining Philosophers, Lösung (1)

Lösungsprinzip: Ressourcen (Gabeln) **zugleich anfordern** — nicht nacheinander.

Ein **Monitor** verwaltet die Gabeln als **Ressourcen mit Identität**.

**Monitor-Operation:** Dem Prozess  $i$  die linke und rechte Gabel geben.

**Wartebedingung** dafür: Die beiden Gabeln für den  $i$ -ten Prozess sind frei.

```
class ResourcePairs
{
    // nur Paare aus "benachbarten" Ressourcen werden vergeben
    private boolean[] avail = {true, true, true, true, true};

    synchronized void getPair (int i)
    { while (!(avail[i % 5] & avail[(i+1) % 5]))
      try {wait();} catch (InterruptedException e) {}

      avail[i % 5] = false; avail[(i+1) % 5] = false;
    }

    synchronized void putPair (int i)
    { avail[i % 5] = true; avail[(i+1) % 5] = true;
      notifyAll();
    }
}
```

Der Verklemmungszustand "Jeder Prozess hat **eine** Gabel." kann nicht eintreten.

### Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 153

#### Ziele:

Verklemmung systematisch vermeiden

#### in der Vorlesung:

- Bedingung (1) von Folie 151 wird invalidiert
- Der auf Folie 152 charakterisierte Zustand kann nicht eintreten
- Monitor systematisch entwickeln

#### Verständnisfragen:

Warum kann der auf Folie 152 charakterisierte Zustand nicht eintreten?

## Dining Philosophers, Lösung (2)

**Lösungsprinzip:** Die Aussage die den Verklemmungszustand charakterisiert negieren.

*Für alle Prozesse  $i$  aus  $\{1, \dots, 5\}$  gilt: Prozess  $i$  hat seine rechte Gabel und wartet.*

Negation liefert Lösungsidee:

*Es gibt einen Prozess  $i$  aus  $\{1, \dots, 5\}$ : Prozess  $i$  hat seine rechte Gabel nicht oder er wartet nicht.*

**Lösung:** Einer der Prozesse, z. B. 1, nimmt erst die linke dann die rechte Gabel.

Der Verklemmungszustand "Jeder Prozess hat **eine** Gabel." kann nicht eintreten.

Die Bedingung (3) von GP-151 "zyklisches Warten" wird invalidiert.

Ein **Monitor** verwaltet die Gabeln als **Ressourcen mit Identität**.

**Monitor-Operation:** Dem Prozess  $i$  die  $i$ -te Gabel (**einzeln!**) geben.

**Wartebedingung** dafür: Die  $i$ -te Gabel ist frei.

### Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 154

**Ziele:**

Lösungsalternative kennenlernen

**in der Vorlesung:**

- Lösungsalternative herleiten
- kritischer Vergleich mit Lösung (1)

**Verständnisfragen:**

- Begründen Sie anhand der Rolle des Monitors, weshalb die Lösung (1) sicherer ist.

## Zusammenfassung von GP II

### allgemeine Begriffe und Konzepte

### Java Programmierung

### Graphische Bedienungsoberflächen

Komponenten-Bibliothek  
 hierarchische Objektstrukturen  
 Eingabekomponenten  
 Observer-Muster  
 Reaktion auf Ereignisse, Folgen

Swing (AWT)  
**LayoutManager**  
**JButton, JTextField, ...**  
 Model/View-Paradigma  
 Applets

### Parallele Prozesse

Grundbegriffe  
 parallel, verzahnt, nebenläufig

Java-Threads, Prozess-Objekte  
 Interface **Runnable**, Oberklasse **Thread**  
**Thread**-Methoden, Threads in Applets  
 Monitor-Objekte in Java  
**synchronized** Methoden  
 Methoden **wait**, **notifyAll**

Monitore  
 gegenseitiger Ausschluss  
 Bedingungssynchronisation im Monitor

Schema: Vergabe gleichartiger Ressourcen  
 Schema: Beschränkter Puffer  
 Schema: Ressourcenvergabe

Verklemmung

## Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 / Folie 155

### Ziele:

Die Themen aus GP II im Überblick sehen

### in der Vorlesung:

- Auf die Begriffe, Konzepte, Techniken hinweisen
- Trennen zwischen allgemeinen Konzepten und Java-spezifischen Techniken
- Auf entsprechende Zusammenfassungen von GP I verweisen.

### Übungsaufgaben:

Wiederholen Sie die angesprochenen Themen.

### Verständnisfragen:

Sammeln Sie die Verständnisfragen zu den Themen und beantworten Sie sie.