

Grundlagen der Programmierung II

SS 2005

Dr. Michael Thies

Ziele der Vorlesung

Ziele der Vorlesung Grundlagen der Programmierung II

Die Studierenden sollen

- **graphische Bedienungsoberflächen** mit objektorientierten Techniken entwickeln können,
- die Grundlagen **paralleler Prozesse und deren Synchronisation** verstehen und parallele Prozesse in Java programmieren lernen.
- ihre Kenntnisse in der objektorientierten Programmierung in Java festigen und verbreitern.

Voraussetzungen aus Grundlagen der Programmierung I:

Die Studierenden sollen

- die **Programmentwicklung in Java von Grund auf** erlernen.
- lernen, Sprachkonstrukte sinnvoll und mit **Verständnis** anzuwenden.
- grundlegende **Konzepte der objektorientierten Programmierung** verstehen und anzuwenden lernen. Objektorientierte Methoden haben zentrale Bedeutung im **Software-Entwurf** und in der **Software-Entwicklung**.
- lernen, **Software aus objektorientierten Bibliotheken wiederzuverwenden**.
- **eigene praktische Erfahrungen** in der Entwicklung von **Java-Programmen** erwerben. Darauf bauen größere praktische Entwicklungen in Java oder anderen Programmiersprachen während des Studiums und danach auf.

Inhalt

Nr. d. Vorl.	Inhalt	Abschnitte in „Java lernen, 2. Auflage“
1	1. Einführung, GUI, Swing (AWT)	10.1
2	2. Zeichenflächen	10.2
3	3. Komponenten erzeugen und platzieren	10.3
4	4. Hierarchisch strukturierte Fensterinhalte	
	5. Ereignisse an graphischen Benutzungsoberflächen	10.3, 11.1
5	Eingabeverarbeitung	11.1
6	6. Beispiel: Ampelsimulation	10.5
7	7. Entwurf von Ereignisfolgen	11.4
8	8. Model/View-Paradigma für Komponenten	—
9	9. Java-Programme in Applets umsetzen	12.1, 12.2
10	10. Parallele Prozesse, Grundbegriffe, Threads	13.1, 13.2
11	11. Unabhängige parallele Prozesse,	13.1, 13.2
12	12. Monitore, Synchronisation gegenseitiger Ausschluss	13.3
13	13. Bedingungssynchronisation im Monitor	
14	14. Verklemmungen, Beispiel: Dining Philosophers	
15	15. Zusammenfassung	

Literaturhinweise

Elektronisches Skript zur Vorlesung:

- **M. Thies: Vorlesung GP II, 2005**, <http://ag-kastens.upb.de/lehre/material/gpii>
- **U. Kastens: Vorlesung SWE II, 2004**, <http://ag-kastens.upb.de/lehre/material/sweii>
- **U. Kastens: Vorlesung SWE, 1998/99 (aktualisiert)**, <http://.../swei>

fast ein Textbuch zur Vorlesung, mit dem Vorlesungsmaterial (in älterer Version) auf CD:

- **J. M. Bishop: Java lernen, Addison-Wesley, 2. Auflage, 2001**
- **J. M. Bishop: Java Gently - Programming Principles Explained, Addison-Wesley, 1997 3rd Edition (Java 2)**

zu allgemeinen Grundlagen der Programmiersprachen in der Vorlesung:

- **U. Kastens: Vorlesung Grundlagen der Programmiersprachen, Skript, 2003** <http://ag-kastens.upb.de/lehre/material/gdp>
- **D. A. Watt: Programmiersprachen - Konzepte und Paradigmen, Hanser, 1996**

eine Einführung in Java von den Autoren der Sprache:

- **Arnold, Ken / Gosling, James: The Java programming language, Addison-Wesley, 1996.**
- **Arnold, Ken / Gosling, James: Die Programmiersprache Java™, 2. Aufl. Addison-Wesley, 1996**

Elektronisches Skript: Startseite

GP-4

The screenshot shows a web browser displaying the course homepage. The page features a navigation menu on the left with links for 'Folien', 'Aufgaben', 'Organisation', 'Hinweise', and 'Mein Konto'. The main content area is titled 'Vorlesung Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005' and contains two columns of links. The first column lists 'Vorlesungsfolien' (Kapitelübersicht, Folienverzeichnis, Drucken) and 'Organisation' (Allgemeines, Aktuelle Hinweise). The second column lists 'Übungsaufgaben' (Aufgabenblätter, Drucken) and 'Wissenswertes' (Ziele, Literatur, Java 1.4 Dokumentation, etc.). A search bar is located at the top left of the content area.

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Elektronisches Skript: Folien im Skript

GP-5

The screenshot shows a presentation slide titled 'Graphische Darstellung von Swing-Komponenten'. The slide displays various Java Swing components such as JLabel, JButton, JCheckBox, JRadioButton, JComboBox, JList, JTextArea, JTextField, JSlider, JPanel, JFrame, JOptionPane, and JFileChooser. The slide also includes a navigation menu on the left and a search bar. The main content area contains a grid of these components with their respective visual representations. The slide is part of a presentation titled 'Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 - Folie 87'.

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Elektronisches Skript: Organisation der Vorlesung

GP-6

The screenshot shows a web browser displaying the course organization page. The page is titled 'Grundlagen der Programmierung 2 SS 2005 - Organisation' and contains sections for 'Personen', 'Termine', and 'Übungen'. The 'Personen' section lists the speaker 'Michael Thies' and the exercise supervisor 'Frank Götz'. The 'Termine' section lists the course dates and times. The 'Übungen' section lists the exercise groups and their respective leaders. A red arrow points from the 'Übungen' section to a smaller screenshot of the 'StudInfo' page, which shows the course details and a search bar.

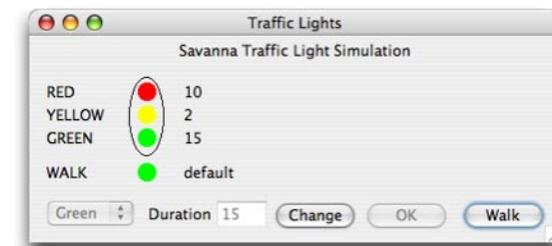
© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

1. Einführung in graphische Benutzungsoberflächen

GP-86

Graphische Benutzungsoberflächen (graphical user interfaces, GUI) dienen zur

- interaktiven Bedienung von Programmen,
- Ein- und Ausgabe mit graphischen Techniken und visuellen Komponenten



Java's Standardbibliothek `javax.swing`

(Java foundation classes, JFC) enthält wiederverwendbare Klassen zur Implementierung und Benutzung der wichtigsten GUI-Komponenten:

- Graphik
- GUI-Komponenten (siehe GP-87)
- Platzierung, Layoutmanager
- Ereignisbehandlung (`java.awt.event`)
- baut auf dem älteren AWT (abstract windowing toolkit) auf

Graphische Darstellung von Swing-Komponenten

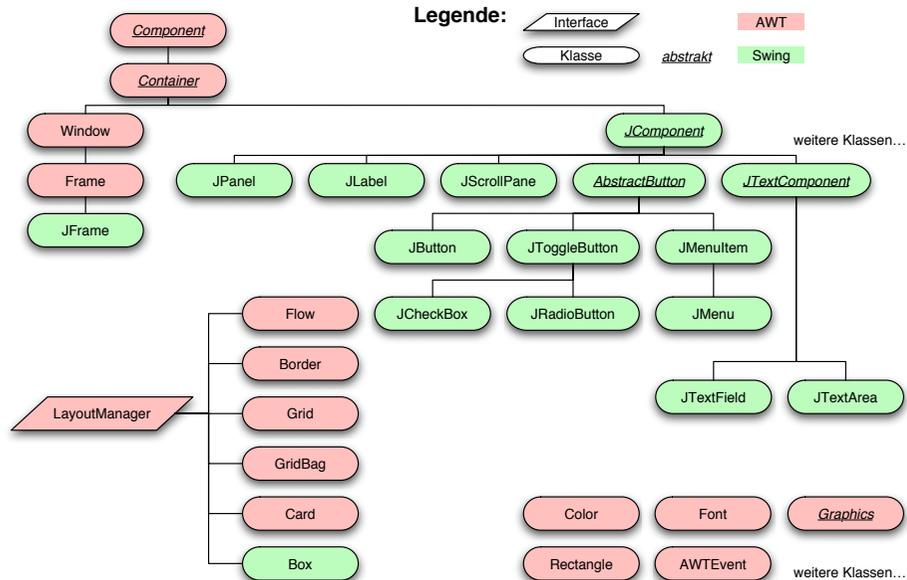


Klassenhierarchie für Komponenten von Benutzungsoberflächen

Teil der erweiterten Standardbibliothek `javax.swing` (Java foundation classes, JFC)

Klasse in der Hierarchie	Kurzbeschreibung
Component (abstrakt, AWT)	darstellbare Komponenten von Benutzungsoberflächen
Container (abstrakt, AWT)	Behälter für Komponenten
Window (AWT)	Fenster (ohne Rand, Titel, usw.); Wurzel der Objektbäume
Frame (AWT)	Fenster mit Rand, Titel, usw.
JFrame	Swing-Fenster mit Rand, Titel, usw.
JComponent (abstrakt)	darstellbare Swing-Komponenten
JPanel	konkrete Klasse zu Container, Behälter für Komponenten
JScrollPane	Sicht auf große Komponente, 2 Rollbalken
JFileChooser	Fenster zur interaktiven Dateiauswahl
AbstractButton (abstr.)	Komponenten, die auf einfachen Klick reagieren
JButton	Schaltfläche ("Knopf")
JToggleButton	Komponenten mit Umschaltverhalten bei Klick
JCheckBox	An/Aus-Schalter ("Ankreuzfeld"), frei einstellbar
JRadioButton	An/Aus-Schalter, symbolisiert gegenseitigen Ausschluss
JComboBox	Auswahl aus einem Aufklappenmenü von Texten
JList	Auswahl aus einer mehrzeiligen Liste von Texten
JSlider	Schieberegler zur Einstellung eines ganzzahligen Wertes
JLabel	Textzeile zur Beschriftung, nicht editierbar
JTextComponent (abstr.)	editierbarer Text
JTextField	einzelne Textzeile
JTextArea	mehrzeiliger Textbereich

Klassenhierarchie der Swing-Bibliothek



analog zu Fig. 10.1 aus Java Gently, 3rd ed, p. 385

Wiederverwendung von Klassen aus Bibliotheken

Die Klasse `javax.swing.JFrame` implementiert **gerahmte Fenster** in graphischen Benutzungsoberflächen (GUI). Sie ist eine Blattklasse in der Hierarchie der GUI-Komponenten:

```

java.lang.Object
  java.awt.Component      GUI-Komponenten
    java.awt.Container    solche, die wieder Komponenten enthalten können
      java.awt.Window     Fenster ohne Rahmen
        java.awt.Frame    Fenster mit Rahmen (AWT)
          javax.swing.JFrame Fenster mit Rahmen (Swing)
    
```

Methoden zum Zeichnen, Platzieren, Bedien-Ereignisse Behandeln, etc. sind auf den jeweils passenden Hierarchieebenen implementiert.

In der **abstract class Component** ist die Methode `public void paint (Graphics g)` definiert, aber nicht ausgefüllt. Mit ihr wird auf der Fläche des Fensters gezeichnet.

Benutzer definieren Unterklassen von JFrame, die die Funktionalität der Oberklassen erben. Die Methode **paint** wird überschrieben mit einer Methode, die das Gewünschte zeichnet:

```

public class Rings extends JFrame
{
    public Rings () { super("Olympic Rings"); setSize(300, 150); }
    public void paint (Graphics g) { /* draw olympic rings ... */ }
    public static void main (String[] args)
    {
        JFrame f = new Rings(); ... }
    }
}
    
```

Einige Eigenschaften auf den Ebenen der JFrame-Hierarchie

Klasse	Datenelemente	Ereignisse	Methoden
Component	Location, Size, Bounds, Visible	Key, Mouse, Focus, Component	paint
Container	Layout	Container	add, getComponents, paint
Window	Locale	Window	setVisible, pack, toBack, toFront
Frame	Title, MenuBar, Resizable, IconImage		
JFrame	ContentPane, RootPane, DefaultCloseOperation		

Namenskonventionen:

zum Datenelement *XXX*
gibt es die Methoden
`getXXX` und ggf. `setXXX`

Ereignisse sind Objekte
der Klassen *YYYEvent*

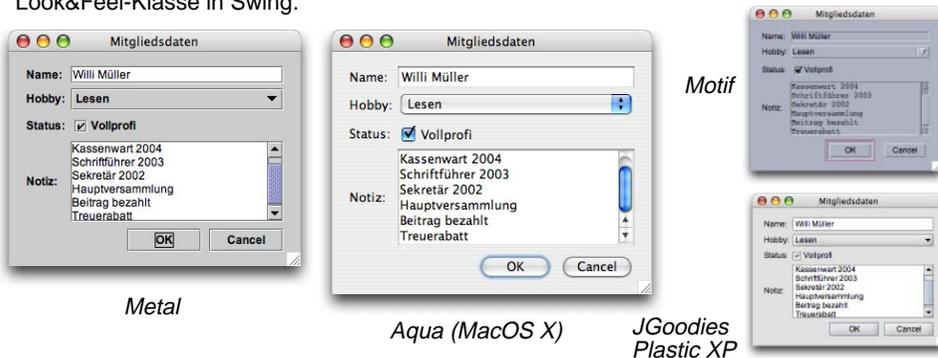
Vergleich: Swing und AWT

	Swing	AWT
zu finden im Java-Paket	<code>javax.swing.*</code> optionale, aber standardisierte <u>Java Extension</u> seit Java 1.2 bzw. 1.1	<code>java.awt.*</code> Teil der Java Standard Edition seit Java 1.0
Zeichnen der GUI-Komponenten	in Java implementiert (leichtgewichtige Komp.), nur Fenster vom Betriebssystem verwaltet	durch das Betriebssystem, in <i>Peer</i> -Objekten gekapselt (schwergewichtige Komp.)
(visuelle) Rückmeldungen für Benutzeraktionen	in Java implementiert, außer Manipulation ganzer Fenster	durch das Betriebssystem realisiert
Reaktion auf Benutzeraktionen im Programm	in Java implementiert durch sog. <i>Listener</i> -Objekte	in Java implementiert durch sog. <i>Listener</i> -Objekte
angebotene GUI-Komponenten	einfach bis sehr komplex: z.B. Schaltflächen, Tabellen, Baumstrukturen zum Aufklappen	einfach bis mittel: Schnittmenge über verschiedene Betriebssysteme, z.B. Listen, aber keine Tabellen

Look&Feel-Module in Swing

Es gibt mehrere Sätze von Java-Klassen, die die Swing-Komponenten unterschiedlich grafisch darstellen. Ein vollständiger Satz von Klassen für alle Komponenten bildet ein Look&Feel-Modul:

- Look&Feel eines Programms ist beim Start des Programms frei wählbar oder sogar während der Laufzeit unmittelbar umschaltbar.
- Das generische Java-Look&Feel-Modul *Metal* ist auf jedem System verfügbar.
- Hinzu kommen unterschiedlich genaue Imitationen verschiedener Betriebssysteme.
- **Realisierung:** Look&Feel-Modul enthält eine konkrete Unterklasse für jede abstrakte Look&Feel-Klasse in Swing.



2. Zeichenflächen benutzen, Programmschema

```
import javax.swing.JFrame; import java.awt.*;
// Hauptklasse als Unterklasse von JFrame:
public class GraphicWarning extends JFrame
{ GraphicWarning (String title) // Konstruktor
{ super (title); // Aufruf des Konstruktors von JFrame

}

public void paint (Graphics g) // überschreibt paint in einer Oberklasse
{ super.paint(g); // Hintergrund der Fensterfläche zeichnen

}

public static void main (String[] args)
{ JFrame f = new GraphicWarning ("Draw Warning"); // Objekt erzeugen
}
}
```



Programmschema: Eigenschaften und Ereignisbehandlung

```
import javax.swing.JFrame; import java.awt.*;
// Hauptklasse als Unterklasse von JFrame:
public class GraphicWarning extends JFrame
{ GraphicWarning (String title) // Konstruktor
{ super (title); // Aufruf des Konstruktors von JFrame
  Container content = getContentPane(); // innere Fensterfläche
  content.setBackground (Color.cyan); // Farbe dafür festlegen
  setSize (35*letter, 6*line); // Größe festlegen
  setDefaultCloseOperation (EXIT_ON_CLOSE);
  // Verhalten des Fensters: Beim Drücken des Schließknopfes Programm beenden.
  setVisible (true); // führt zu erstem Aufruf von paint
}
private static final int line = 15, letter = 5; // zur Positionierung
public void paint (Graphics g) // überschreibt paint in einer Oberklasse
{ super.paint(g); // Hintergrund der Fensterfläche zeichnen

}

public static void main (String[] args)
{ JFrame f = new GraphicWarning ("Draw Warning"); // Objekt erzeugen
}
}
```



Programmschema: paint-Methode ausfüllen

```
import javax.swing.JFrame; import java.awt.*;
// Hauptklasse als Unterklasse von JFrame:
public class GraphicWarning extends JFrame
{ GraphicWarning (String title) // Konstruktor
{ super (title); // Aufruf des Konstruktors von JFrame
  Container content = getContentPane(); // innere Fensterfläche
  content.setBackground (Color.cyan); // Farbe dafür festlegen
  setSize (35*letter, 6*line); // Größe festlegen
  setDefaultCloseOperation (EXIT_ON_CLOSE);
  // Verhalten des Fensters: Beim Drücken des Schließknopfes Programm beenden.
  setVisible (true); // führt zu erstem Aufruf von paint
}
private static final int line = 15, letter = 5; // zur Positionierung
public void paint (Graphics g) // überschreibt paint in einer Oberklasse
{ super.paint(g); // Rest der Fensterfläche zeichnen (Hintergrund)
  g.drawRect (2*letter, 2*line, 30*letter, 3*line); // auf der Fläche of
  g.drawString ("W A R N I N G", 9*letter, 4*line); // zeichnen und
  // schreiben
}

public static void main (String[] args)
{ JFrame f = new GraphicWarning ("Draw Warning"); // Objekt erzeugen
}
}
```



Ablauf des Zeichen-Programms

1. main aufrufen:

- 1.1. GraphicWarning-Objekt erzeugen, Konstruktor aufrufen:
 - 1.1.1 JFrame-Konstruktor aufrufen
 - 1.1.2 Container-Objekt für innere Fensterfläche abfragen,
 - 1.1.3 Eigenschaften setzen, z. B. Farben,
 - 1.1.4 ggf. weitere Initialisierungen des Fensters
 - 1.1.5 Größe festlegen, setSize(..., ...),
 - 1.1.6 Verhalten des Schließknopfes festlegen, setDefaultCloseOperation,
 - 1.1.7 Fenster sichtbar machen, setVisible(true)
- parallele Ausführung von (2) initiieren
- 1.2 Objekt an f zuweisen
- 1.3 ggf. weitere Anweisungen zur Programmausführung



in Methoden der Oberklassen:

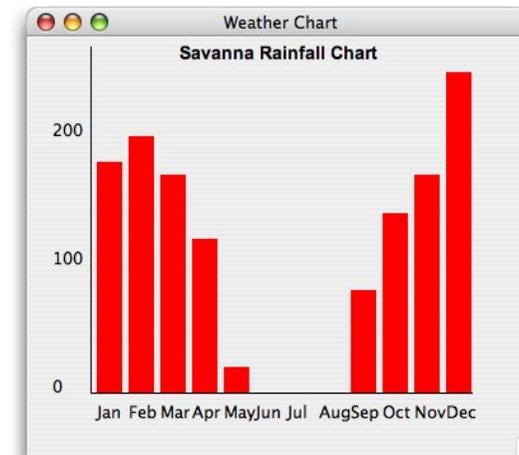
2. Graphics Objekt erzeugen

- 2.1 damit erstmals paint aufrufen (immer wieder, wenn nötig):
 - weiter in paint von GraphicWarning
 - 2.1.1 Methode aus Oberklasse den Hintergrund der Fensterfläche zeichnen lassen
 - 2.1.2 auf der Zeichenfläche des Parameters g schreiben und zeichnen

3. Schließknopf Drücken

- 3.1 Programm beenden, System.exit(0)
- in Methoden der Oberklassen:

Beispiel: Balkendiagramm zeichnen



Beispiel: Balkendiagramm zeichnen

```
public void paint (Graphics g)
{
    super.paint(g); // Hintergrund zeichnen
    int x = 50, y = 300; // Schnittpunkt der Achsen
    int width = 20, gap = 5; // Balken und Zwischenraum

    g.drawLine (x, y, x+12*(width+gap), y); // x-Achse
    g.drawLine (x, y, x, 300); // y-Achse

    for (int m = 0; m < 12; m++) // Monate an der x-Achse
        g.drawString(months[m], m*(width+gap)+gap+x, y+20);

    for (int i = 0; i < y; i+=100) // Werte an der y-Achse
        g.drawString(String.valueOf(i), 20, y-i);

    g.setFont(new Font("SansSerif", Font.BOLD, 14)); // Überschrift
    g.drawString("Savanna Rainfall Chart", 120, 40);

    g.setColor(Color.red); // die Balken
    for (int month = 0; month < 12; month++)
    {
        int a = (int) rainTable[month]*10;
        g.fillRect(month*(width+gap)+gap+x, y-a, width, a);
    }
}

private double[] rainTable = new double[12];
private static String months [] = {"Jan", "Feb", "Mar", ..., "Oct", "Nov", "Dec"};
```

3. Swing-Komponenten erzeugen und platzieren

Ein einfaches Beispiel für Text und Schaltknöpfe:



Aufgaben zur Herstellung:

Aussehen:

- JLabel- und JButton-Objekte generieren
- Anordnung der Komponenten festlegen

Ereignisse:

- ein *Listener*-Objekt mit den Buttons verbinden
- *call-back*-Methode für Buttons implementieren

Komponenten platzieren

Jedes Fenster (JFrame-Objekt) besitzt ein Container-Objekt, das den Inhalt des Fenster aufnimmt, die sogenannte *content pane*.

Die Klasse `Container` sorgt für die Platzierung der Komponenten, die ein `Container`-Objekt enthält.

Dazu wird für den `Container` ein `LayoutManager` installiert; z. B. mit folgender Anweisung im Konstruktor der Unterklasse von `JFrame`:

```
Container content = getContentPane();
content.setLayout (new FlowLayout (FlowLayout.CENTER));
```

Ein `LayoutManager` bestimmt die Anordnung der Komponenten nach einer speziellen Strategie; z. B. `FlowLayout` ordnet zeilenweise an.

Komponenten werden generiert und mit der Methode `add` dem `Container` zugefügt, z. B.

```
content.add (new JLabel ("W A R N I N G")); ...

JButton waitButton = new JButton ("Wait");
content.add (waitButton); ...
```

Die Reihenfolge der `add`-Aufrufe ist bei manchen `LayoutManager` relevant.

Wird die Gestalt des `Containers` verändert, so ordnet der `LayoutManager` die Komponenten ggf. neu an.

Programmschema zum Platzieren von Komponenten

```
import javax.swing.*; import java.awt.*;

class FlowTest extends JFrame // Definition der Fenster-Klasse
{
    FlowTest () // Konstruktor
    {
        super ("Flow Layout (Centered)"); // Aufruf des Konstruktors von JFrame
        Container content = getContentPane(); // innere Fensterfläche
        content.setBackground (Color.cyan); // Eigenschaften festlegen

        content.setLayout(new FlowLayout(FlowLayout.CENTER));
        // LayoutManager-Objekt erzeugen und der Fensterfläche zuordnen

        content.add(new JButton("Diese")); ... // Komponenten zufügen

        setSize(350,100);
        setDefaultCloseOperation (EXIT_ON_CLOSE);
        // Verhalten des Fensters: Beim Drücken des Schließknopfes Programm beenden.
        setVisible(true);
    }
}

public class LayoutTry
{
    public static void main(String[] args)
    {
        JFrame f = new FlowTest(); // Ein FlowTest-Objekt erzeugen
    }
}
```

LayoutManager FlowLayout

GP-93a

```
class FlowTest extends JFrame
{
    FlowTest ()
    {
        super("Flow Layout (Centered)");
        Container c = getContentPane(); c.setBackground(Color.cyan);

        c.setLayout(new FlowLayout(FlowLayout.CENTER));

        c.add(new JButton("Diese")); c.add(new JButton("Knöpfe"));
        c.add(new JButton("werden")); c.add(new JButton("wie"));
        c.add(new JButton("ein")); c.add(new JButton("Text"));
        c.add(new JButton("angeordnet."));

        setSize(350,100); setDefaultCloseOperation(EXIT_ON_CLOSE);
        setVisible(true);
    }
}
```



nach
Ändern
der Gestalt:



LayoutManager BorderLayout

GP-93b

```
class BorderTest extends JFrame
{
    BorderTest ()
    {
        super("Border Layout");
        Container c = getContentPane(); c.setBackground(Color.cyan);

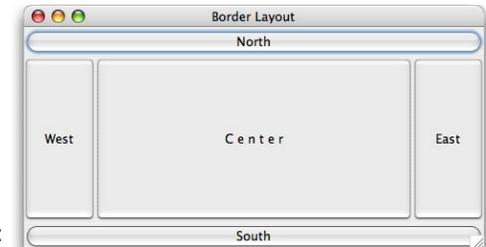
        c.setLayout(new BorderLayout());

        c.add(new JButton("North"), BorderLayout.NORTH);
        c.add(new JButton("East"), BorderLayout.EAST);
        c.add(new JButton("South"), BorderLayout.SOUTH);
        c.add(new JButton("West"), BorderLayout.WEST);
        c.add(new JButton("C e n t e r"), BorderLayout.CENTER);

        setSize(250,100); setDefaultCloseOperation(EXIT_ON_CLOSE);
        setVisible(true);
    }
}
```



nach
Ändern
der Gestalt:



LayoutManager GridLayout

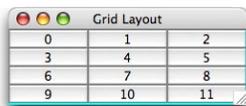
GP-93c

```
class GridTest extends JFrame
{
    GridTest ()
    {
        super("Grid Layout");
        Container c = getContentPane(); c.setBackground(Color.cyan);

        c.setLayout(new GridLayout(4, 3));

        for (int i = 0; i < 12; i++)
            c.add(new JButton(String.valueOf(i)));

        setSize(250,100); setDefaultCloseOperation(EXIT_ON_CLOSE);
        setVisible(true);
    }
}
```



nach
Ändern
der Gestalt:

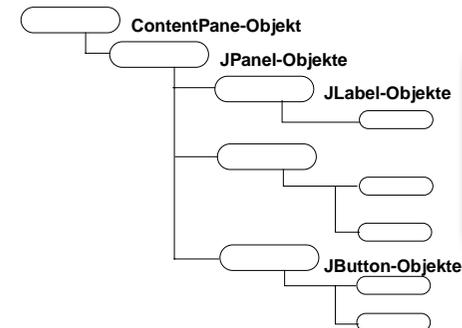


4. Hierarchisch strukturierte Fensterinhalte

GP-94

- **Zusammengehörige Komponenten** in einem Objekt einer Container-Unterklasse unterbringen (JPanel, content pane eines JFrame's oder selbstdefinierte Unterklasse).
- Anordnung der im Container gruppierten Objekte wird dann gemeinsam bestimmt, indem man dem Container einen geeigneten LayoutManager zuordnet.
- Mit Container-Objekten werden beliebig tiefe **Baumstrukturen** von Swing-Komponenten erzeugt. In der visuellen Darstellung sind sie **ineinander geschachtelt**.

JFrame-Objekt



Programm zu hierarchisch strukturiertem Fenster

```
import javax.swing.*; import java.awt.*;

class LabelContainer extends JPanel // Klasse zur Herstellung von
{ LabelContainer (String[] words) // Fließtext aus string-Array
{ super(new FlowLayout(FlowLayout.CENTER)); // Konstr. der Oberklasse
for (int i = 0; i < words.length; i++) // legt LayoutManager fest
add (new JLabel (words[i]));
}
}

class LayoutComp extends JFrame // Fensterkonstr. erzeugt Komponentenbaum
{ LayoutComp (String title)
{ super(title);
String[] message = {"Possible", "virus", "detected.", "Reboot",
"and", "run", "virus", "remover", "software"};
JPanel warningText = new LabelContainer (message);

... Erzeugung des Komponentenbaumes einfügen ...

setSize (180, 200); setDefaultCloseOperation(EXIT_ON_CLOSE);
setVisible(true);
}

public static void main (String[] args)
{ JFrame f = new LayoutComp("Virus Warning"); }
}
```

Komponentenbaum erzeugen

```
// Text der Warnung im Array message zusammengefasst auf LabelContainer:
JPanel warningText = new LabelContainer (message);

// Überschrift als JPanel mit einem zentrierten JLabel:
JPanel header = new JPanel (new FlowLayout(FlowLayout.CENTER));
header.setBackground(Color.yellow);
header.add (new JLabel ("W a r n i n g"));

// Knöpfe im JPanel mit GridLayout:
JPanel twoButtons = new JPanel (new GridLayout(1, 2));
twoButtons.add (new JButton ("Wait"));
twoButtons.add (new JButton ("Reboot"));

// in der Fensterfläche mit BorderLayout zusammenfassen:
Container content = getContentPane();
content.setBackground(Color.cyan);
content.setLayout(new BorderLayout());
content.add(header, BorderLayout.NORTH);
content.add(warningText, BorderLayout.CENTER);
content.add(twoButtons, BorderLayout.SOUTH);
```

5. Ereignisse an graphischen Benutzungsoberflächen

Interaktion zwischen Bediener und Programmausführung über **Ereignisse (events)**:

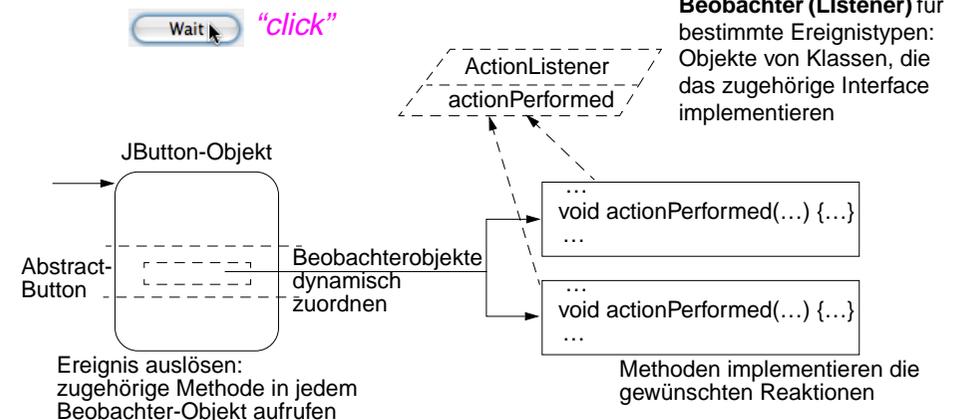
- **Bedien-Operationen lösen Ereignisse aus**, z. B. Knopf drücken, Menüpunkt auswählen, Mauszeiger auf ein graphisches Element bewegen.
- **Programmausführung reagiert auf solche Ereignisse** durch Aufruf bestimmter Methoden

Aufgaben:

- **Folgen von Ereignissen** und Reaktionen darauf **planen und entwerfen**
Modellierung z. B. mit endlichen Automaten oder StateCharts
- **Reaktionen auf Ereignisse** systematisch implementieren
Swing: Listener-Konzept; Entwurfsmuster „Observer“ (aus AWT übernommen)

„Observer“-Prinzip in der Ereignisbehandlung

An Swing-Komponenten werden Ereignisse ausgelöst, z. B. ein ActionEvent an einem JButton-Objekt:



Entwurfsmuster „Observer“: Unabhängigkeit zwischen den Beobachtern und dem Gegenstand wegen Interface und dynamischem Zufügen von Beobachtern.

Ereignisbehandlung für eine Schaltfläche

Im `java.awt.event` Package gibt es zum Ereignistyp `ActionEvent` ein Interface `ActionListener`:

```
public interface ActionListener extends EventListener
{ void actionPerformed (ActionEvent e);
}
```

Um auf das Anklicken der Schaltfläche zu reagieren, wird im Programm eine Klasse deklariert, die das **Interface implementiert**. Die **Methode** aus dem Interface wird mit der gewünschten Reaktion **überschrieben**:

```
class ProgramTerminator implements ActionListener
{ public void actionPerformed (ActionEvent e)
  { System.exit (0); }
}
```

Von dieser Klasse wird ein Objekt erzeugt und als Beobachter dem Schaltflächen-Objekt zugefügt:

```
JButton quitButton = new JButton("Quit");
quitButton.addActionListener (new ProgramTerminator());
```

Programmiertechnik für Listener

Im `java.awt.event` Package gibt es zu jedem Ereignistyp `XXXEvent` ein Interface `XXXListener`:

```
public interface WindowListener extends EventListener
{ void windowActivated (WindowEvent); void windowClosed (WindowEvent);
  void windowClosing (WindowEvent); ... void windowOpened (WindowEvent);
}
```

Eine **abstrakte Klasse XXXAdapter** mit leeren Methodenimplementierungen:

```
public abstract class WindowAdapter implements WindowListener
{ public void windowActivated (WindowEvent) { } ...
  public void windowOpened (WindowEvent) { }
}
```

Anwendungen, die nicht auf alle Sorten von Methodenaufrufen des Interface reagieren, deklarieren eine Unterklasse und **überschreiben die benötigten Methoden des Adapters**, meist als innere Klasse, um den Zustand eines Objektes zu verändern:

```
class WindowCloser extends WindowAdapter
{ public void windowClosing (WindowEvent e)
  { System.exit (0); }
}
```

Zufügen eines Listener-Objektes zu einer Swing-Komponente:

```
f.addWindowListener (new WindowCloser());
```

Innere Klassen

Innere Klassen können z. B. als Hilfsklassen zur Implementierung der umgebenden Klasse verwendet werden:

```
class List { ... static class Node { ... } ...}
```

Die `List`-Objekte und `Node`-Objekte sind dann **unabhängig voneinander**.

Es wird nur die Gültigkeit des Namens `Node` auf die Klasse `List` eingeschränkt.

In **inneren Klassen, die nicht static** sind, können Methoden der inneren Klasse auf Objektvariable der äusseren Klasse zugreifen. Ein Objekt der inneren Klasse ist dann immer in ein Objekt der äusseren Klasse eingebettet; z. B. die inneren `Listener` Klassen, oder auch:

```
interface Einnehmer { void bezahle (int n); }

class Kasse // Jedes Kassierer-Objekt eines Kassen-Objekts
{ private int geldSack = 0; // zählt in denselben Geldsack

  class Kassierer implements Einnehmer
  { public void bezahle (int n)
    { geldSack += n; }
  }

  Einnehmer neuerEinnehmer ()
  { return new Kassierer (); }
}
```

Anonyme Klasse

Meist wird zu der Klasse, mit der Implementierung der Reaktion auf einen Ereignistyp **nur ein einziges Objekt** benötigt:

```
class WindowCloser extends WindowAdapter
{ public void windowClosing (WindowEvent e)
  { System.exit (0); }
}
```

Zufügen eines `Listener`-Objektes zu einer Swing-Komponente:

```
f.addWindowListener (new WindowCloser());
```

Das lässt sich kompakter formulieren mit einer **anonymen Klasse**:

Die Klassendeklaration wird mit der `new`-Operation (für das eine Objekt) kombiniert:

```
f.addWindowListener
( new WindowAdapter ()
  { public void windowClosing (WindowEvent e)
    { System.exit (0); }
  }
);
```

In der `new`-Operation wird der **Name der Oberklasse** der deklarierten anonymen Klasse (hier: `WindowAdapter`) **oder** der **Name des Interface**, das sie implementiert, angegeben!

Reaktionen auf Buttons

Swing-Komponenten JButton, JTextField, JMenuItem, JComboBox,... lösen ActionEvents aus.

Sie werden von ActionListener-Objekten beobachtet, mit einer einzigen Methode:

```
public void actionPerformed (ActionEvent e) {...}
```

Beispiel der Virus-Warnung (Abweichung vom Stil im Buch Java Gently!):

```
import javax.swing.*; import java.awt.*; import java.awt.event.*;
class LayoutComp extends JFrame
{ private JButton waitButton, rebootButton; int state = 0;
  LayoutComp (String title)
  { ...
    waitButton.addActionListener // Listener für den waitButton
    ( new ActionListener () // anonyme Klasse direkt vom Interface
      { public void actionPerformed(ActionEvent e)
        { state = 1; setBackground(Color.red); } });
    rebootButton.addActionListener // Listener für den rebootButton
    ( new ActionListener ()
      { public void actionPerformed(ActionEvent e)
        { state = 2; setVisible(false); System.exit(0); } });
  } }
```

Die Aufrufe von setBackground und setVisible beziehen sich auf das umgebende LayoutComp-Objekt — nicht auf das unmittelbar umgebende ActionListener-Objekt.

Eingabe von Texten



Komponente JTextField: einzeiliger, edierbarer Text

Ereignisse: ActionEvent (wie bei JButton) ausgelöst bei der Eingabe von <Return>

einige Methoden (aus der Oberklasse JTextComponent):

```
String getText ()           Textinhalt liefern
void setText (String v)    Textinhalt setzen
void setEditable (boolean e) Edierbarkeit festlegen
boolean isEditable ()      Edierbarkeit abfragen
void setCaretPosition (int pos) Textcursor positionieren
```

Typischer ActionListener:

```
addActionListener
( new ActionListener ()
  { public void actionPerformed (ActionEvent e)
    { String str = ((JTextField) e.getSource()).getText(); ...
    } });
```

Eingabe von Zahlen: Text in eine Zahl konvertieren, Ausnahme abfangen:

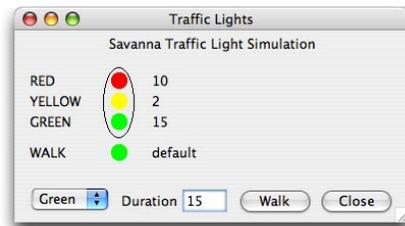
```
int age;
try { age = Integer.parseInt (str); }
catch (NumberFormatException e) { ... } ...
```

6. Beispiel: Ampel-Simulation

Aufgabe: Graphische Benutzeroberfläche für eine Ampel-Simulation entwerfen

Eigenschaften:

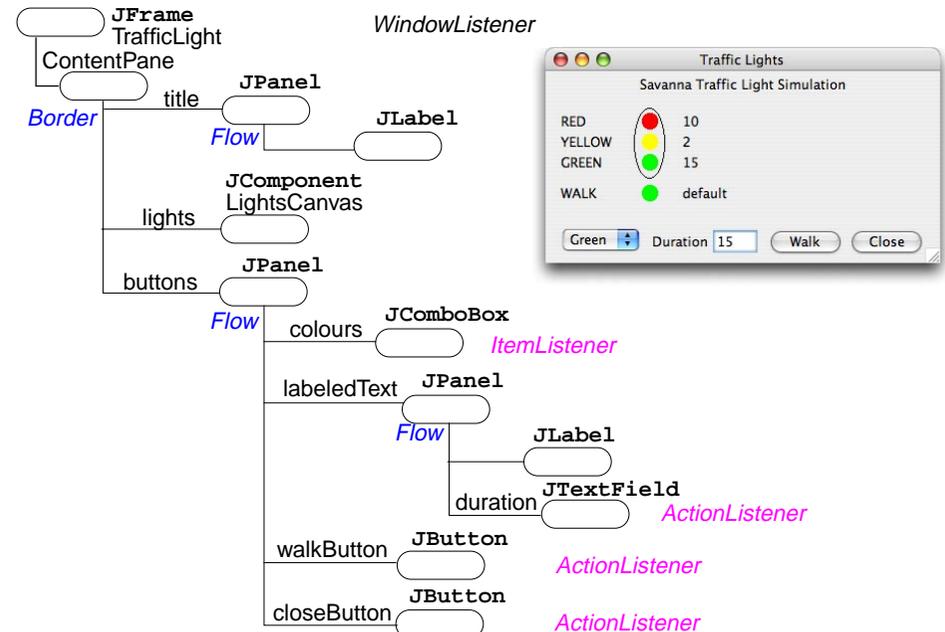
- Ampel visualisieren mit Knopf und Licht für Fußgänger (später auch animieren)
- Phasenlängen der Lichter einzeln einstellbar
- Einstellungen werden angezeigt



Entwicklungsschritte:

- Komponenten strukturieren
- zeichnen der Ampel (paint in eigener Unterklasse von JComponent)
- Komponenten generieren und anordnen
- Ereignisbehandlung entwerfen und implementieren

Objektbaum zur Ampel-Simulation



Programm zur Ampel-Simulation

GP-104

Im Konstruktor der zentralen Klasse wird der **Objektbaum** hergestellt:

```
class TrafficLight extends JFrame
{
    // basiert auf: The Traffic Light program by J M Bishop Oct 1997

    // Objektvariable, auf die Listener zugreifen:
    private String[] message = // Phasendauer für jede Lampe als Text:
    { "default", "default", "default", "default" };
    private int light = 0; // die ausgewählte Lampe
    private LightsCanvas lights; // Enthält die gezeichnete Ampel

    public TrafficLight (String wt) // Konstruktor der zentralen Klasse
    { super (wt); // Aufbau des Objektbaumes:
      Container cont = getContentPane(); // innere Fensterfläche
      cont.setLayout (new BorderLayout ()); // Layout des Wurzelobjektes

      // Zentrierter Titel:
      JPanel title = new JPanel (new FlowLayout (FlowLayout.CENTER));
      title.add (new JLabel("Savanna Traffic Light Simulation"));
      cont.add (title, BorderLayout.NORTH);

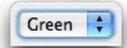
      // Die Ampel wird in einer getrennt definierten Klasse gezeichnet:
      lights = new LightsCanvas (message);
      cont.add (lights, BorderLayout.CENTER);
    }
}
```

Auswahl-Komponente

GP-105

Auswahl-Komponenten (JComboBox) lösen **ItemEvents** aus, wenn ein Element ausgewählt wird. Mit der Methode `itemStateChanged` kann ein **ItemListener** darauf reagieren:

```
String[] lightNames = { "Red", "Yellow", "Green", "Walk" };
JComboBox colours = new JComboBox (lightNames);
```



```
colours.addItemListener
( new ItemListener ()
{ public void itemStateChanged (ItemEvent e)
{ if (e.getStateChange() == ItemEvent.SELECTED)
{ String s = e.getItem().toString();

if (s.equals("Red")) light = 0;
else if (s.equals("Yellow")) light = 1;
else if (s.equals("Green")) light = 2;
else if (s.equals("Walk")) light = 3;
}
}
});
```



Über den **ItemEvent**-Parameter kann man auf das gewählte Element zugreifen.

Eingabe der Phasenlänge

GP-106

Eingabe mit einem **JTextField**. **Reaktion** auf ein **ActionEvent**:

```
JPanel labeledText = new JPanel (new FlowLayout (FlowLayout.LEFT));
// fasst TextField und Beschriftung zusammen
labeledText.add(new JLabel("Duration"));

// Eingabeelement für die Phasendauer einer Lampe:
JTextField duration = new JTextField (3);
duration.setEditable (true);

duration.addActionListener
( new ActionListener ()
{ public void actionPerformed (ActionEvent e)
{ // Zugriff auf den eingegebenen Text:
// message[light] = ((JTextField) e.getSource()).getText();
// oder einfacher:
message[light] = e.getActionCommand ();
lights.repaint(); // Die Zeichenmethode der gezeichneten Ampel
// wird erneut ausgeführt,
// damit der geänderte Text sichtbar wird.
} });
labeledText.add (duration);
```



Button-Zeile

GP-107

Einfügen der **Button-Zeile** in den Objektbaum:

```
JButton walkButton = new JButton ("Walk");
// noch keine Reaktion zugeordnet

JButton closeButton = new JButton ("Close");
closeButton.addActionListener
( new ActionListener () // Programm beenden:
{ public void actionPerformed (ActionEvent e)
{ setVisible (false); System.exit (0); }
});

// Zusammensetzen der Button-Zeile:
JPanel buttons = new JPanel (new FlowLayout (FlowLayout.CENTER));
buttons.add (colours);
buttons.add (labeledText);
buttons.add (walkButton);
buttons.add (closeButton);

cont.add (buttons, BorderLayout.SOUTH);
} // TrafficLight Konstruktor

public static void main (String[] args) { JFrame f = ... }
} // TrafficLight Klasse
```



Ampel zeichnen und beschriften

Eine Unterklasse der allgemeinen Oberklasse `JComponent` für Swing-Komponenten stellt die **Zeichenfläche** bereit. Die Methode `paint` wird zum Zeichnen und Beschriften überschrieben:

```
class LightsCanvas extends JComponent
{ private String[] msg;
  LightsCanvas (String[] m) // Die Array-Elemente enthalten die
  { msg = m; } // Phasendauern der Lampen als Text. Sie
 // können durch Eingaben verändert werden.

  public void paint (Graphics g)
  { super.paint(g); // Hintergrund der Komponente zeichnen
    g.drawOval (87, 10, 30, 68); // darauf: Ampel zeichnen und beschriften
    g.setColor (Color.red); g.fillOval (95, 15, 15, 15);
    g.setColor (Color.yellow); g.fillOval (95, 35, 15, 15);
    g.setColor (Color.green); g.fillOval (95, 55, 15, 15);
    g.fillOval (95, 85, 15, 15); // walk Lampe ist auch grün

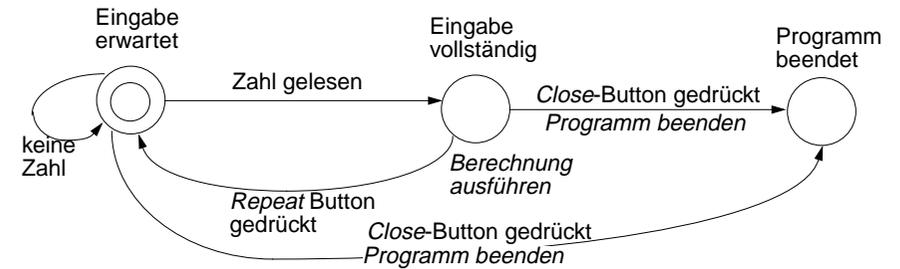
    g.setColor(Color.black);
    g.drawString ("RED", 15, 28); g.drawString ("YELLOW", 15, 48);
    g.drawString ("GREEN", 15, 68); g.drawString ("WALK", 15, 98);
    // eingegebene Phasendauern der Lampen:
    g.drawString (msg[0], 135, 28); g.drawString (msg[1], 135, 48);
    g.drawString (msg[2], 135, 68); g.drawString (msg[3], 135, 98);
  } }
```

7. Entwurf von Ereignisfolgen

Die zulässigen **Folgen von Bedienevents und Reaktionen** darauf müssen für komplexere Benutzungsoberflächen geplant und entworfen werden.

Modellierung durch endliche Automaten (auch durch *StateCharts*)

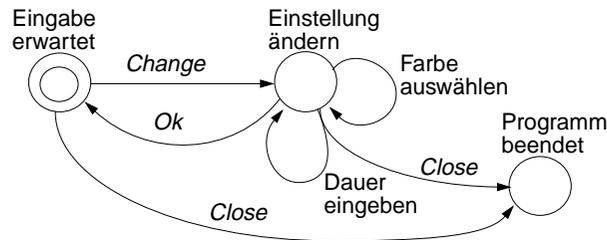
- **Zustände** unterscheiden Bediensituationen (z. B. „Eingabe erwartet“, „Eingabe vollständig“)
- **Übergänge** werden durch Ereignisse ausgelöst.
- **Aktionen** können mit Übergängen verknüpft werden; Reaktion auf ein Ereignis z. B. bei Eingabe einer Phasendauer Ampel neu zeichnen, und
- **Aktionen** können mit dem Erreichen eines Zustandes verknüpft werden, z. B. wenn die Eingabe vollständig ist, Berechnung beginnen.



Unzulässige Übergänge

In manchen Zuständen sind **einige Ereignisse nicht als Übergang definiert**. Sie sind in dem Zustand **unzulässig**, z. B. „Farbe auswählen“ im Zustand „Eingabe erwartet“.

Beispiel: Ampel-Simulation erweitert um zwei Buttons `Change` und `Ok`:

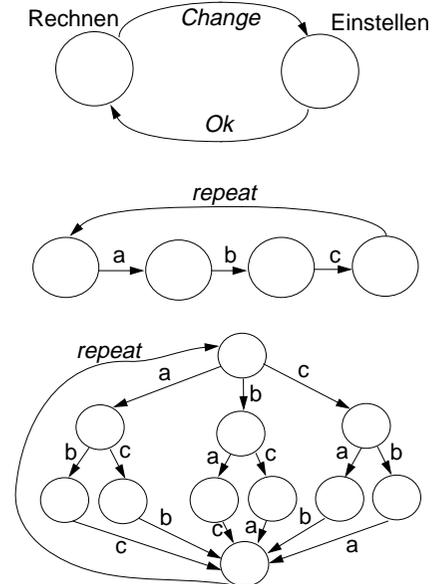


Robuste Programme dürfen auch an unzulässigen Ereignisfolgen nicht scheitern. Verschiedene Möglichkeiten für **nicht definierte Übergänge**:

- Sie bleiben **ohne Wirkung**
- Sie bleiben ohne Wirkung und es wird eine **Erklärung** gegeben (Warnungsfenster).
- **Komponenten** werden so **deaktiviert**, dass unzulässige Ereignisse nicht ausgelöst werden können.

Muster für Ereignisfolgen

- Verschiedene **Bedienungsarten** (mode):
Vorsicht: Nicht unnötig viele Zustände entwerfen. "Don't mode me in!"
- Festgelegte **sequentielle Reihenfolge**:
Vorsicht: Nicht unnötig streng vorschreiben. Bediener nicht gängeln.
- **Beliebige Reihenfolge** von Ereignissen:
Modellierung mit endlichem Automaten ist umständlich (Kombinationen der Ereignisse); einfacher mit *StateCharts*.
- **Voreinstellungen** (*defaults*) können Zustände sparen und Reihenfolgen flexibler machen.
Vorsicht: Nur sinnvolle Voreinstellungen.



Implementierung des Ereignis-Automaten

Zustände ganzzahlig **codieren**; **Objektvariable** speichert den **augenblicklichen Zustand**:

```
private int currentState = initialState;
private static final int initialState = 0, settingState = 1, ...;
```

Einfache **Aktionen der Übergänge** bleiben in den Reaktionsmethoden der **Listener**; Methodenaufruf für den Übergang in einen neuen Zustand zufügen:

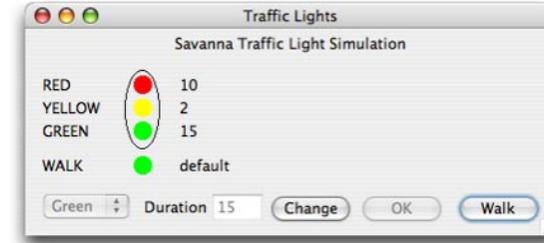
```
okButton.addActionListener
( new ActionListener ()
{ public void actionPerformed(ActionEvent e)
{ message[light] = duration.getText();
toState (initialState); } });
```

Aktionen der Zustände in **Übergangsmethode** platzieren, z. B. Komponenten (de)aktivieren:

```
private void toState (int nextState)
{ currentState = nextState;
switch (nextState)
{ case initialState:
lights.repaint();
okButton.setEnabled(false); changeButton.setEnabled (true);
colours.setEnabled (false); duration.setEnabled (false);
break;
case settingState:
okButton.setEnabled(true); changeButton.setEnabled (false); ...
break; } }
```

Ampel-Simulation mit kontrollierten Zustandsübergängen

Zwei Knöpfe wurden zugefügt:
Der **Change-Button** aktiviert die Eingabe, der **Ok-Button** schliesst sie ab.



Die Komponenten zur Farbauswahl, Texteingabe und der Ok-Knopf sind im gezeigten Zustand deaktiviert.

8. Model/View-Paradigma für Komponenten

```
class Mitglied
{ String name;
  Leisure hobby;
  boolean profi;
  String notiz;
  ...
}
```



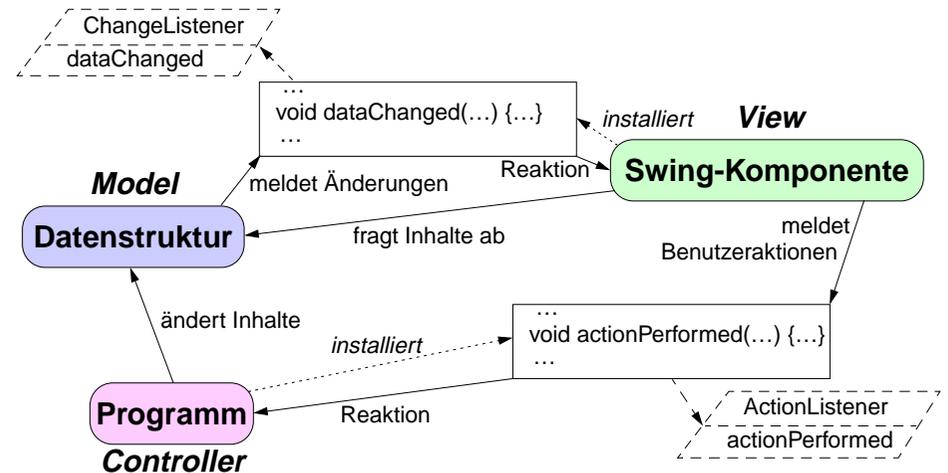
Model

View

Wechselwirkung:

- Komponenten der Benutzeroberfläche (*view*) stellen Inhalte von Datenstrukturen (*model*) des Programms dar
- **Ziel:** Übereinstimmung zwischen Daten und ihrer Darstellung am Bildschirm **automatisch** sicherstellen

Zusammenarbeit von Model, View und Programm



- Anwendung des "Observer"-Prinzips (wie bei der Ereignisbehandlung): eine (oder mehrere) Komponenten beobachten die Datenstruktur
- Datenstruktur ruft bei jeder Änderung zugehörige Methode in jedem Beobachter-Objekt auf

Schematischer Aufbau von Model und View

```

class Model
{ // Datenstruktur mit Zugriffsmethoden
  private String data;
  String getData ()
  { return data; }
  void setData (String s)
  { data = s;
    fireChangeEvent();
  }
  // Verwaltung der Listener
  ChangeListener[] listener;
  int count = 0;
  void addChangeListener
    (ChangeListener cl)
  { listener[count++] = cl; }
  void fireChangeEvent ()
  { for (int i=0; i<count; i++)
    listener[i].dataChanged();
  }
}

class View extends JComponent
{ private Model model;
  View (Model m)
  { model = m;
    model.addChangeListener(
      new RedrawListener());
  }
  ...
  class RedrawListener
    implements ChangeListener
  { public void dataChanged()
    { String s =
      model.getData();
      ...
      repaint();
    }
  }
  interface ChangeListener
  { public void dataChanged(); }
}

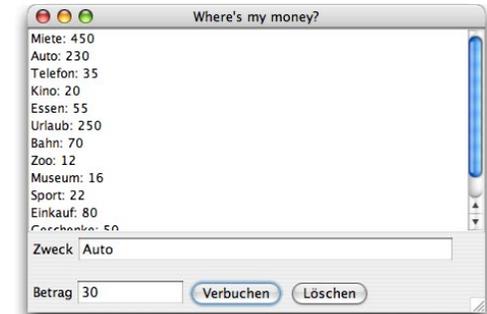
```

Beispiel: Haushaltsbuch

Aufgabe: Programm zur Überwachung von Ausgaben im Haushalt entwerfen

Eigenschaften:

- speichert Geldbetrag (Summe der Ausgaben) für jede Kategorie
- Eingabe von Einzelbuchungen (+/-) und Löschen ganzer Kategorien
- Liste aller Kategorien mit Beträgen wird angezeigt



Entwicklungsschritte:

- Datenstruktur entwerfen
- Datenstruktur zum Datenmodell (*Model*) für eine Liste (*JList*) erweitern
- Komponenten strukturieren
- Komponenten generieren und anordnen
- Ereignisbehandlung entwerfen und implementieren

Datenstruktur für Haushaltsbuch

Speicherung der Kategorien und Beträge in zwei parallel belegten Arrays; zentrale Operation "Buchung vornehmen" und Abfragemethoden:

```

class ChequeBook
{ private String[] purposes = new String[20]; // Namen der Kategorien
  private int[] amounts = new int[20]; // Geldbeträge dazu
  private int entries = 0; // Anzahl Einträge

  void addTransaction (String p, int a)
  { if (p.length() == 0 || a == 0) return; // keine sinnvolle Buchung
    for (int i = 0; i < entries; i++)
    { if (purposes[i].equals(p) // Kategorie bereits vorhanden
      { amounts[i] += a; return; } // Geldbetrag anpassen
    }
    int index = entries; entries += 1; // neue Kategorie anfügen
    purposes[index] = p; amounts[index] = a;
  }

  int getEntries () // Abfragemethoden: Anzahl Einträge
  { return entries; }

  int getAmount (int index) // Geldbetrag eines Eintrags
  { return amounts[index]; }

  String getPurpose (int index) // Kategorienname eines Eintrags
  { return purposes[index]; }
}

```

Model für JList-Komponenten

Das [Interface ListModel](#) im Package `javax.swing` beschreibt die Anforderungen an das Datenmodell für eine graphisch dargestellte Liste (*JList*-Objekt):

```

public interface ListModel
{ // Verwaltung von Swing-Komponenten, die das Model beobachten:
  void addListDataListener (ListDataListener ldl);
  void removeListDataListener (ListDataListener ldl);
  int getSize (); // Abfrage der Daten durch das JList-Objekt
  Object getElementAt (int index); // Abfrage eines Eintrags
}

```

Die [abstrakte Klasse AbstractListModel](#) implementiert das An- und Abmelden von [ListDataListener](#)-Objekten und ergänzt Methoden, um diese zu benachrichtigen:

```

public abstract class AbstractListModel implements ListModel
{ public void addListDataListener (ListDataListener ldl) { ... }
  public void removeListDataListener (ListDataListener ldl) { ... }
  protected void fireContentsChanged (Object src, int from, int to)
  { ... } // ruft Methode contentsChanged() in allen Listenern auf
  protected void fireIntervalAdded (...) { ... }
  protected void fireIntervalRemoved (...) { ... }
}

```

Die `firexxx`-Methoden korrespondieren mit den Methoden im [Interface ListDataListener](#): `contentsChanged(ListDataEvent e)`, `intervalAdded(...)`, `intervalRemoved(...)`.

Model für Haushaltsbuch

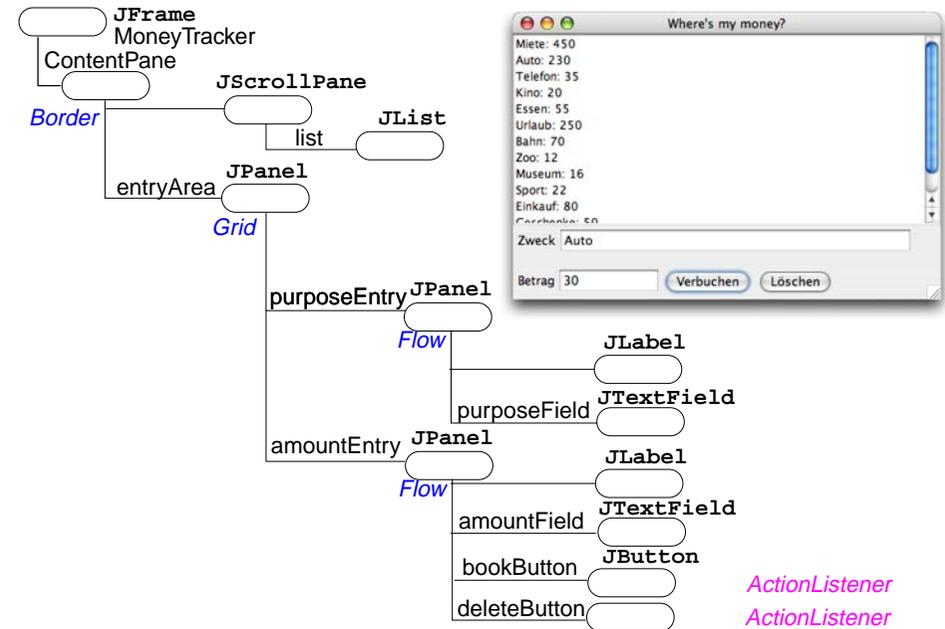
Erweitern die Datenstruktur zum Datenmodell für eine Liste:

- **Abfragemethoden** für JList-Objekt hinzufügen.
- **Benachrichtigung** der Listener in den Operationen ergänzen, die die Datenstruktur verändern.

```
class ChequeBook extends AbstractListModel // neue Oberklasse
{ private ...; // Objektvariablen bleiben unverändert
  public int getSize ()
  { return entries; }
  public Object getElementAt (int index)
  { return purposes[index] + ": " + String.valueOf(amounts[index]); }
  void addTransaction (String p, int a)
  { if (p.length() == 0 || a == 0) return; // keine sinnvolle Buchung
    for (int i = 0; i < entries; i++)
    { if (purposes[i].equals(p)) // Kategorie bereits vorhanden
      { amounts[i] += a; // Geldbetrag anpassen
        fireContentsChanged(this, i, i); // Beobachter informieren
        return;
      }
    }
    int index = entries; entries += 1; // neue Kategorie anfügen
    purposes[index] = p; amounts[index] = a;
    fireIntervalAdded(this, index, index); // Beobachter informieren
  } ... } // restliche Abfragemethoden bleiben unverändert
```

```
Auto: 230
Telefon: 35
Kino: 20
Essen: 55
```

Objektbaum zum Haushaltsbuch



Programm zum Haushaltsbuch

```
class MoneyTracker extends JFrame
{ private ChequeBook listData; private JList list;
  private JTextField purposeField, amountField;

  MoneyTracker (String title, ChequeBook data)
  { super(title); listData = data;
    list = new JList(listData); // Liste erzeugen und mit Model verbinden
    list.setSelectionMode(ListSelectionModel.SINGLE_SELECTION);

    JPanel purposeEntry = new JPanel(new FlowLayout(...));
    purposeEntry.add(new JLabel("Zweck"));
    purposeField = new JTextField(30);
    purposeEntry.add(purposeField);
    JPanel amountEntry = new JPanel(...); // Komponenten einfügen
    JPanel entryArea = new JPanel(new GridLayout(2, 1));
    entryArea.add(purposeEntry); entryArea.add(amountEntry);
    Container content = getContentPane();
    content.setLayout(new BorderLayout());
    content.add(new JScrollPane(list), BorderLayout.CENTER);
    content.add(entryArea, BorderLayout.SOUTH);
    ... setVisible(true); // Eigenschaften des Fensters einstellen
  }

  public static void main (String[] args)
  { ChequeBook myMoney = new ChequeBook();
    JFrame f = new MoneyTrackerB("Where's my money?", myMoney);
  } }
```



Implementierung der Ereignisbehandlung

Methoden aufrufen, die Änderungen am Datenmodell vornehmen:

```
class MoneyTracker extends JFrame
{ private ChequeBook listData; private JList list;
  private JTextField purposeField, amountField;

  MoneyTracker (String title, ChequeBook data)
  { super(title); listData = data;
    list = new JList(listData); // Liste erzeugen und mit Model verbinden
    ...
    JPanel amountEntry = new JPanel(...); // Komponenten einfügen
    JButton bookButton = new JButton("Verbuchen");
    amountEntry.add(bookButton); ...
    bookButton.addActionListener(new ActionListener()
    { public void actionPerformed (ActionEvent e) // Reaktion auf Klick
      { String purpose = purposeField.getText(); // Werte auslesen
        String amount = amountField.getText();
        int money;
        try
        { money = Integer.parseInt(amount); } // Geldbetrag in Zahl wandeln
        catch (NumberFormatException nfe)
        { money = 0; } // keine Zahl: 0 annehmen
        listData.addTransaction(purpose, money); // Modell verändern
      }
    });
    ... setVisible(true); // Rest des Fensters aufbauen
  } ... }
```



Anpassung der Darstellung durch Renderer-Objekte

```
class MoneyTracker extends JFrame
{
    ...
    MoneyTracker (String title, ChequeBook data, ListCellRenderer render)
    {
        super(title); listData = data;
        list = new JList(listData); // Liste erzeugen und mit Model verbinden
        list.setSelectionMode(ListSelectionModel.SINGLE_SELECTION);
        list.setCellRenderer(render); ... // eigenes Renderer-Objekt anschliessen
    }

    public static void main (String[] args)
    {
        ChequeBook myMoney = new ChequeBook();
        JFrame f = new MoneyTracker("Where's my money?", myMoney,
            new BalanceRenderer(myMoney));
    }
}

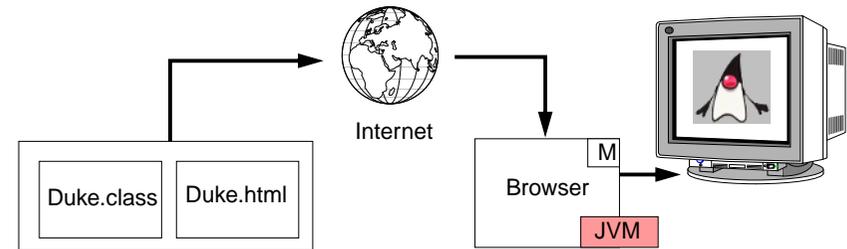
class BalanceRenderer implements ListCellRenderer
{
    private ChequeBook entries;
    BalanceRenderer (ChequeBook data) { entries = data; }
    public Component getListCellRendererComponent (JList list, Object value,
        int index, boolean isSelected, boolean cellHasFocus)
    {
        JLabel lab = new JLabel("*** " + value.toString());
        if (isSelected) { ... } else { ... }
        int amount = entries.getAmount(index);
        if (amount < 0) lab.setForeground(Color.green);
        else if (amount > 500) lab.setForeground(Color.red);
        ... lab.setOpaque(true); return lab;
    }
}
```



9. Applets

Applet (small application):

- kleines Anwendungsprogramm in Java für eine spezielle Aufgabe,
- an eine WWW-Seite (world wide web) gekoppelt;
- das Applet wird mit der WWW-Seite über das Internet übertragen;
- der Internet Browser (Werkzeug zum Navigieren und Anzeigen von Informationen) arbeitet mit einer Java Virtual Machine (JVM) zusammen; sie führt eintreffende Applets aus.



Programm (Java-Applet) wird übertragen, läuft beim Empfänger, bewirkt dort Effekte.

Applets benutzen JVM und Java-Bibliotheken des Empfängers.

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Programmierung von Applets

Applets werden wie Programme mit Swing-Benutzeroberfläche geschrieben, aber:

- Die Hauptklasse ist Unterklasse von `JApplet` statt von `JFrame`.
- Es gibt die Methode `main` nicht.
- `System.exit` darf nicht aufgerufen werden.
- Die Methode `public void init ()` tritt an die Stelle des Konstruktors.
- Ein- und Ausgabe mit Swing-Komponenten statt mit Dateien.

Programmschema: Fenster mit Zeichenfläche (GP-88):

```
class WarningApplet extends JApplet
{
    ...
    public void paint (Graphics g)
    { ... auf g schreiben und zeichnen ... }
}
```

Programmschema: Bedienung mit Swing-Komponenten (GP-103):

```
class TrafficLight extends JApplet
{
    public void init ()
    { ... Objektbaum mit Swing-Komponenten aufbauen ... }
    ...
}
```

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Applet-Methoden

Die Klasse `JApplet` liegt in der Hierarchie der graphischen Komponenten:

```
java.awt.Component
  java.awt.Container
    java.awt.Panel
      java.awt.Applet
        javax.swing.JApplet
```

`JApplet` definiert Methoden ohne Effekt zum Überschreiben in Unterklassen:

<code>void init ()</code>	wird aufgerufen, wenn das Applet ...
<code>void start ()</code>	geladen wird
<code>void stop ()</code>	seine Ausführung (wieder-)beginnen soll
<code>void destroy ()</code>	seine Ausführung unterbrechen soll
	das Applet beendet wird

Methoden zum Aufruf in Unterklassen von `JApplet`, z. B.

<code>void showStatus (String)</code>	Text in der Statuszeile des Browsers anzeigen
<code>String getParameter (String)</code>	Wert aus HTML-Seite lesen

Weitere Methoden aus Oberklassen, z. B.

<code>void paint (Graphics g)</code>	auf <code>g</code> schreiben und zeichnen (aus <code>Container</code>)
--------------------------------------	---

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Applets zu HTML-Seiten

GP-127

HTML (Hypertext Markup Language):

- Sprache zur Beschreibung formatierter, strukturierter Texte und deren Gestaltung
- Standardsprache zur Beschreibung von Internet-Seiten
- Einfache Sprachstruktur: Marken `<hr>` und Klammern ` ... `, ` ... ` mit bestimmter Bedeutung, z. B.

<pre>Wir unterscheiden diesen Fall, jenen Fall und viele andere Fälle. <hr></pre>	<pre>Wir unterscheiden • diesen Fall, • jenen Fall und viele andere Fälle.</pre>
--	--

Ein Applet wird auf einer HTML-Seite aufgerufen, z. B.

```
<title>Catch the Duke!</title>
<hr>
<applet code="CatchM.class" width="300" height="300">
</applet>
```

Beim Anzeigen der HTML-Seite im Browser oder Appletviewer wird das Applet auf einer Fläche der angegebenen Größe ausgeführt.

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Java-Programm in Applet umsetzen

GP-128

Ein Java-Programm kann man in folgenden Schritten in ein Applet transformieren:

1. Alle Datei-E/A in Benutzung von Swing-Komponenten umsetzen, z. B. `System.out.println(...)` in `g.drawString(...)` in der Methode `paint`.
 2. Programm nicht anhalten, `System.exit`-Aufrufe und `close`-Button bzw. Aufrufe von `setDefaultCloseOperation` entfernen.
 3. Layoutmanager ggf. explizit wählen, Vorgabe ist `BorderLayout` (wie bei `JFrame`).
 4. `javax.swing.JApplet` importieren, Hauptklasse als Unterklasse von `JApplet` definieren
 5. Konstruktor durch `init`-Methode ersetzen; darin wird der Objektbaum der Komponenten aufgebaut.
 6. `main`-Methode entfernen; die Hauptklasse des Java-Programms entfällt einfach, wenn sie nur die `main`-Methode enthält und darin nur das `JFrame`-Objekt erzeugt und platziert wird.
 7. HTML-Datei herstellen mit `<applet>`-Element zur Einbindung der `.class`-Datei.
 8. Testen des Applets; erst mit dem `appletviewer` dann mit dem Browser.
- siehe Beispiel Ampel-Simulation GP-104 bis 108.

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Parameter zum Start des Applet

GP-129

Dem Applet können zum Aufruf von der HTML-Seite Daten mitgegeben werden.

Notation: Paare von Zeichenreihen für Parametername und Parameterwert

```
<param name="Parametername" value="Parameterwert">
```

eingesetzt im Applet-Aufruf:

```
<applet code="CoffeeShop.class" width="600" height="200">
<param name="Columbian" value="12">
<param name="Java" value="15">
<param name="Kenyan" value="9">
</applet>
```

Im Applet auf die Parameterwerte zugreifen:

```
preis = Integer.parseInt (getParameter ("Java"));
```

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Sicherheit und Applets

GP-130

Beim Internet-Surfen kann man nicht verhindern, dass fremde Applets auf dem eigenen Rechner ausgeführt werden. Deshalb sind ihre **Rechte i. a. stark eingeschränkt**:

Operation	Java Programm	Applet im appletviewer	lokales Applet im Browser	fremdes Applet im Browser
lokale Datei zugreifen	X	X		
lokale Datei löschen	X			
anderes Programm starten	X	X		
Benutzernamen ermitteln	X	X	X	
zum Sender des Applet verbinden	X	X	X	X
zu anderem Rechner verbinden	X	X	X	
Java-Bibliothek laden	X	X	X	
<code>System.exit</code> aufrufen	X	X		
Pop-up Fenster erzeugen	X	X	X	X

Diese Einstellungen der Rechte können im Browser geändert werden.

Man kann auch **signierten Applets** bestimmter Autoren weitergehende Rechte geben.

Außerdem wird der **Bytecode** jeder Klasse auf Konsistenz **geprüft**, wenn er in die JVM geladen wird.

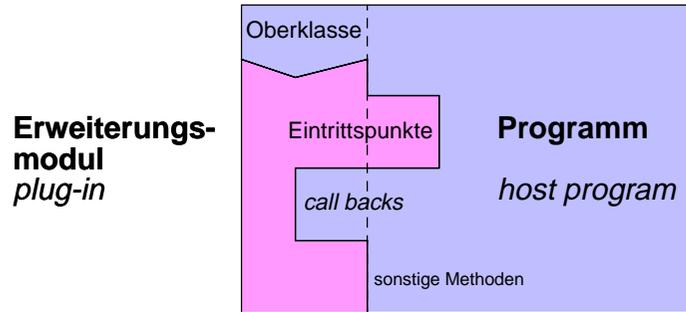
© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Applets als Beispiel für Erweiterungsmodule (*plug-ins*)

Erweiterungsmodule (*plug-ins*) sind keine selbständigen Programme, sondern werden in ein anderes Programm (*host program*) eingebettet, um dessen Funktionalität zu erweitern.

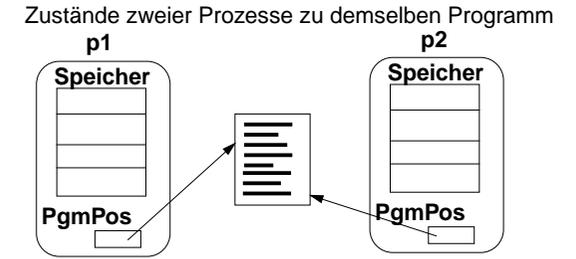
Zusammenarbeit zwischen Erweiterungsmodul und Programm basiert (in der Regel) auf:

- fest vorgegebener (abstrakter) Oberklasse für das Erweiterungsmodul
- Methoden, die das Modul unbedingt anbieten muss (Eintrittspunkte)
- Methoden, die das Programm speziell für solche Module bereitstellt (*call backs, services*)
- sonstigen Methoden des Programms, die auch zur Verwendung in Erweiterungsmodulen geeignet sind



10. Parallele Prozesse Grundbegriffe (1)

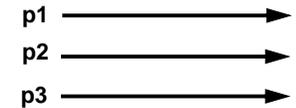
Prozess:
Ausführung eines sequentiellen Programmstückes in dem zugeordneten Speicher (Adressraum).
Zustand des Prozesses: Speicherinhalt und Programmposition



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



Grundbegriffe (2)

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

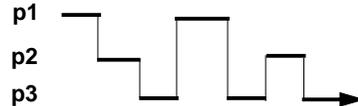
Prozessumschaltung durch den Scheduler des Betriebssystems, der JVM oder durch die Prozesse selbst.

Ziele:

- Prozessor auslasten, blockierte Prozesse nicht bearbeiten
- Gleichzeitigkeit simulieren

nebenläufige Prozesse:

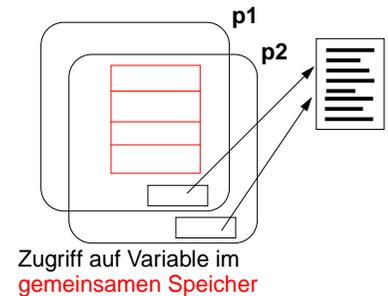
Prozesse, die parallel oder verzahnt ausgeführt werden können



Grundbegriffe (3)

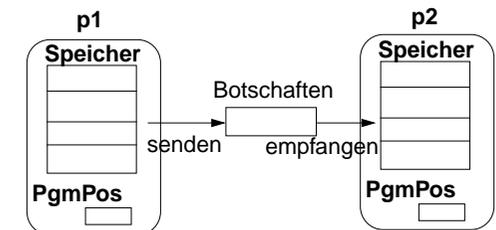
Threads ("Fäden" oder auch "Ausführungsstränge" der Programmausführung): Prozesse, die parallel oder verzahnt in **gemeinsamem Speicher** ablaufen.

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



Im Gegensatz zu **Prozessen im verteilten Speicher** auf verschiedenen Rechnern,

kommunizieren über Botschaften, statt über Variable im Speicher



Anwendungen Paralleler Prozesse

GP-132

- **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.

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Java Threads erzeugen (1)

GP-133

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.

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Java Threads erzeugen (2)

GP-134

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.

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

11. Unabhängige parallele Prozesse

GP-135

Beispiel: Digitale Uhr als Prozess im Applet (1)

Digital Clock Applet

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



```
class DigiClock extends Thread
{
    public void run ()                iterieren bis von außen terminiert wird
    {
        while (running)              Datum schreiben
        {
            line.setText(timeFormat.format(new Date()));
            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.

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Beispiel: Digitale Uhr als Prozess im Applet (2)

GP-136

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);           Prozess erzeugen
        clock.start();                               Prozess starten
    }

    public void start () { clock.resume(); }         Prozess fortsetzen
    public void stop ()  { clock.suspend(); }        Prozess anhalten
    public void destroy () { clock.stopIt(); }       Prozess terminieren

    private DigiClock clock;
}
```

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.

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Wichtige Methoden der Klasse Thread

GP-137

```
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
```

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Beispiel: Ampelsimulation (1)

GP-138

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).

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Prozessklasse der Ampelsimulation

GP-139

```
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

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);
    }
}
```

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(); }
}
```

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.

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.

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();
  } }

```

13. Bedingungsynchronisation im Monitor

Bedingungsynchronisation:

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.

Bedingungsynchronisation 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.

Bedingungsynchronisation in Java:

Vordefinierte Methoden der Klasse `Object` zur Bedingungsynchronisation: (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) {}
```

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
  }
}

```

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();
  } }

```

Schema: Gleichartige Ressourcen vergeben

GP-148

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

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Schema: Beschränkter Puffer

GP-149

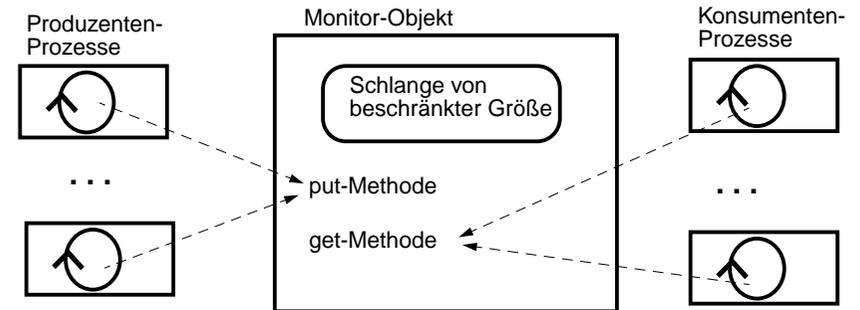
Ein Monitor speichert Elemente in einem **Puffer von beschränkter Größe**.

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.



© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Monitor-Klasse für "Beschränkter Puffer"

GP-150

```
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;
  }
}
```

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

14. Verklemmungen

GP-151

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)

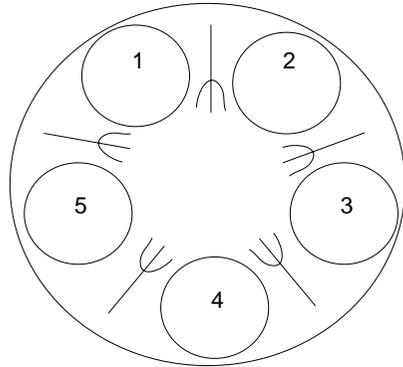
© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Synchronisationsaufgabe: Dining Philosophers

GP-152

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.

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Dining Philosophers, Lösung (1)

GP-153

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.

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Dining Philosophers, Lösung (2)

GP-154

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.

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Zusammenfassung von GP II

GP-155

allgemeine Begriffe und Konzepte

Java Programmierung

Graphische Bedienungsflächen

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
Bedingungsynchronisation im Monitor

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

Verklemmung

© 2005 bei Prof. Dr. Uwe Kastens