Kapitel 14

Systemarchitektur

Ziele

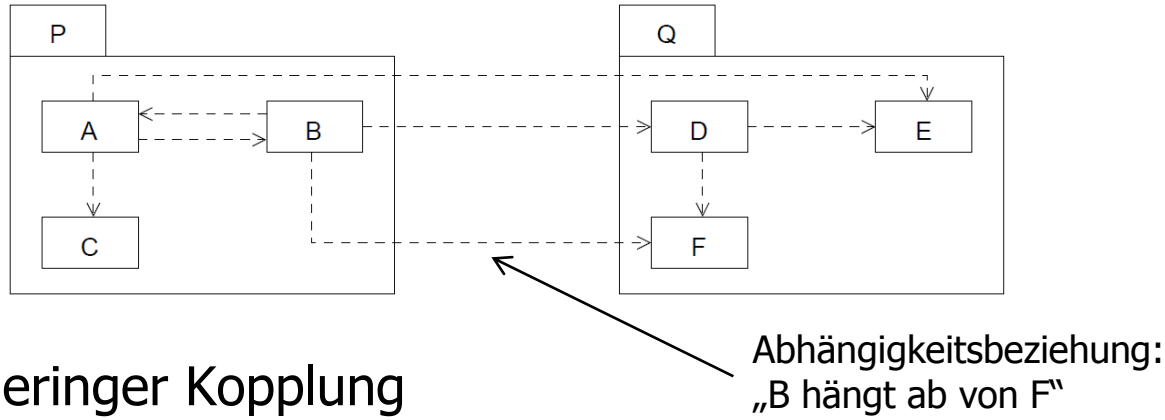
- Grundprinzipien der Systemarchitektur verstehen
- Schichtenarchitekturen kennenlernen
- Modelle und Programme mit Paketen strukturieren
- Eine Architektur für eine einfache Bankanwendung konstruieren

Grundprinzipien der Systemarchitektur

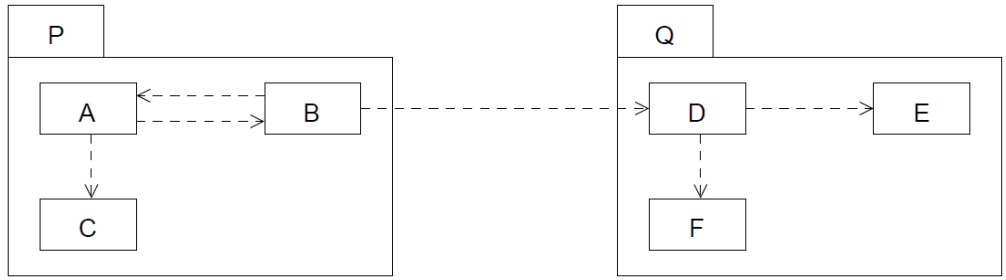
- Große Softwaresysteme bestehen aus mehr als 50.000 Lines of Code (LoC), (mehr als 10 Personenjahre (PJ) für die Entwicklung).
- Bei mehr als 1 Million LoC spricht man von sehr großen Softwaresystemen, z.B.
  - Windows 95: 10 Mio LoC; Windows XP: 40 Mio LoC; Mac OS X, 2004: 86 Mio LoC
  - SAP NetWeaver (2007): 238 Mio LoC
    (Plattform für Geschäftsanwendungen mit zahlreichen Komponenten)
- Große Softwaresysteme bestehen aus vielen Teilsystemen, Modulen, Komponenten.
- Die Systemarchitektur beschreibt die Struktur eines Softwaresystems durch Angabe seiner Teile und deren Verbindungen (häufig über Schnittstellen).
- Grundregeln bei der Erstellung von Systemarchitekturen sind:
  - *Hohe Kohärenz* (high cohesion):
    Zusammenfassung logisch zusammengehörender Elemente in einem Teilsystem.
  - *Geringe Kopplung* (low coupling):
    Möglichst wenige Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Teilsystemen.
  - Vorteil: leichtere Änderbarkeit und Austauschbarkeit von einzelnen Teilen.

Hohe und geringe Kopplung

Teilsysteme mit hoher Kopplung



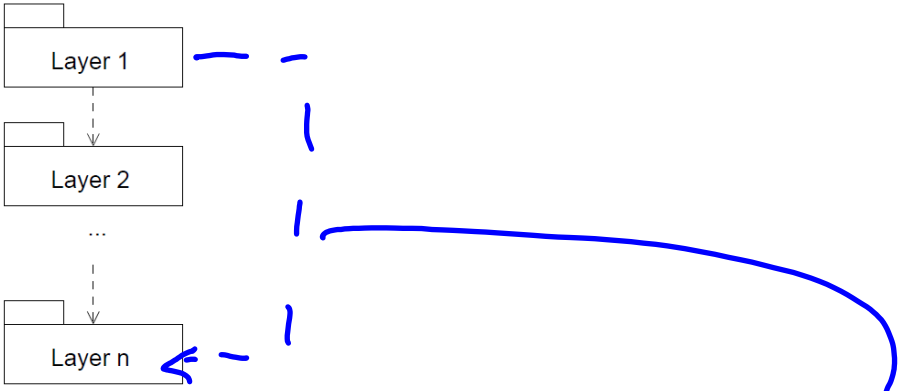
Teilsysteme mit geringer Kopplung



Wird an einem Teil T etwas geändert, so müssen alle anderen Teile, die eine Abhängigkeitsbeziehung hin zu T haben, auf etwaige nötige Änderungen überprüft werden.

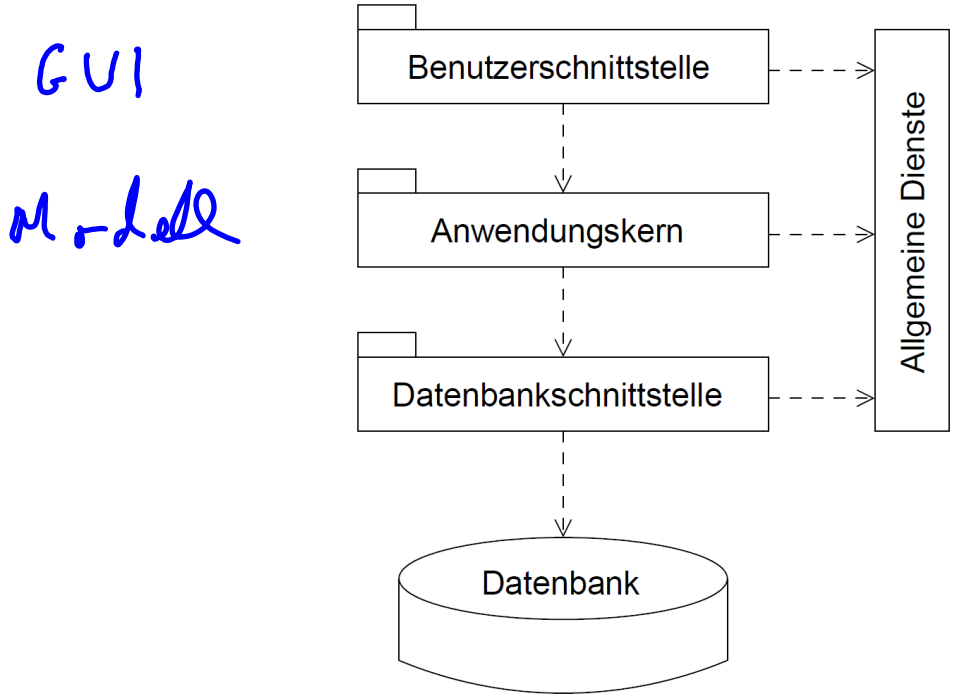
Schichtenarchitekturen

- In vielen Systemen findet man **Schichtenarchitekturen**, wobei jede untere Schicht Dienste für die darüberliegende(n) Schicht(en) bereitstellt, z.B. OSI-Schichtenmodell für Netzwerkprotokolle (7 Schichten), Betriebssystemschichten, 3-Ebenen-Datenbankarchitektur.



- Bei **geschlossenen Architekturen** darf eine Schicht nur auf die direkt darunterliegende Schicht zugreifen; ansonsten spricht man von **offenen Architekturen**.
- Sind verschiedene Schichten auf verschiedene Rechner verteilt, dann spricht man von **Client/Server-Systemen**.
- Eine Schicht kann selbst wieder aus verschiedenen Teilsystemen bestehen.

Drei-Schichten-Architektur für betriebliche Informationssysteme



Bei Client/Server-Architekturen (z.B. Web-Anwendungen) spricht man

- von einem „Thick-Client", wenn Benutzerschnittstelle und Anwendungskern auf demselben Rechner ausgeführt werden,
- von einem „Thin-Client", wenn Benutzerschnittstelle und Anwendungskern auf verschiedene Rechner verteilt sind.

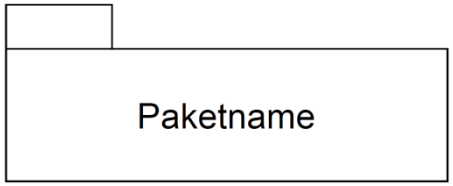
Die Schichten im Einzelnen

- Benutzerschnittstelle
  - Behandlung von Terminalereignissen (Maus-Klick, Key-Strike, ...)
  - Ein-/Ausgabe von Daten
  - Dialogkontrolle
- Anwendungskern (Fachkonzept)
  - Zuständig für die Anwendungslogik (die eigentlichen Aufgaben des Problembereichs)
- Datenbank-Schnittstelle
  - Sorgt für die Speicherung von und den Zugriff auf persistente Daten der Anwendung.
- Allgemeine Dienste
  - z.B. Kommunikationsdienste, Dateiverwaltung, Bibliotheken (APIs, GUI, math. Funktionen, ...)

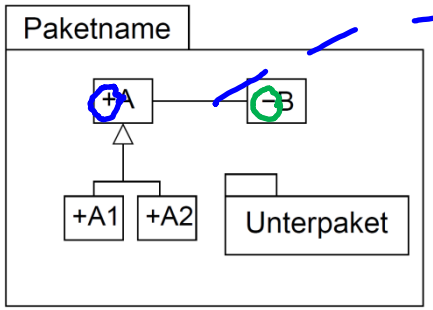
Pakete

Pakete dienen zur Gruppierung von Elementen größerer Systeme.
Sie können sowohl in der Modellierung (UML) als auch in der Programmierung (Java) verwendet werden.

- Paket ohne Anzeigen der Inhalte (UML-Notation):



- Paket mit Anzeigen der Inhalte (UML-Notation):



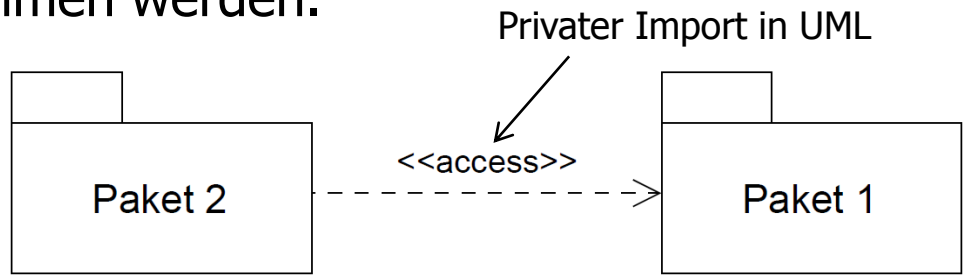
Beachte:

- Klassen in Paketen sind öffentlich oder nur im selben Paket sichtbar.
- Pakete können Unterpakete enthalten.

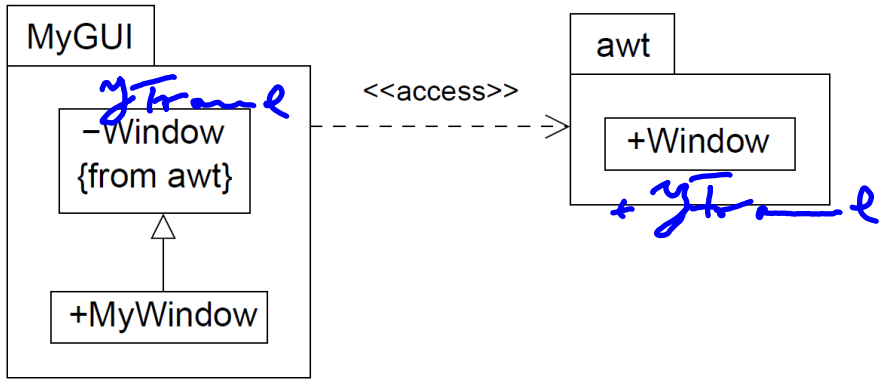
Die öffentlichen Elemente eines Pakets sind außerhalb des Pakets (immer) zugreifbar unter Verwendung ihres qualifizierten Namens,
z.B. **Paketname::A** in UML, **Paketname.A** in Java.

Importieren von Paketen

- Durch **Importieren** können die Namen von öffentlichen Elementen eines (importierten) Pakets in den Namensraum eines anderen (importierenden) Pakets übernommen werden.

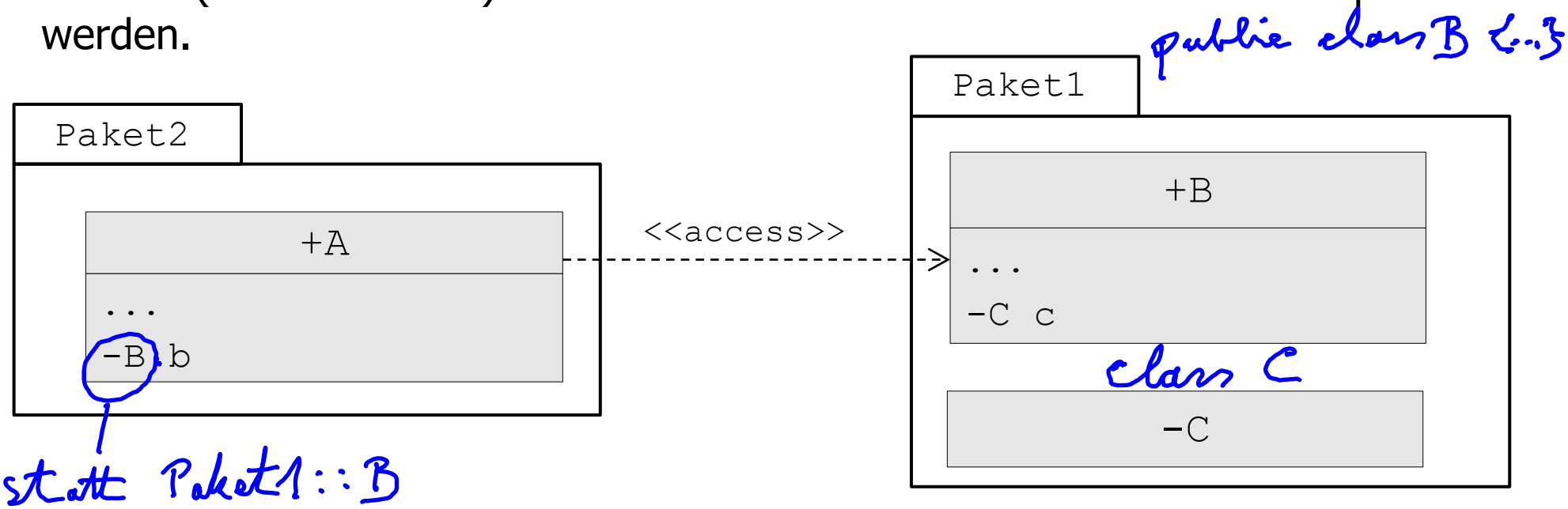


- Privater Import: Importierte Elemente können nicht weitergegeben werden. Ihre Sichtbarkeit wird im importierenden Paket auf „privat" gesetzt.



Importieren von Modellelementen

Klassen (und Interfaces) können auch einzeln aus anderen Paketen importiert werden.

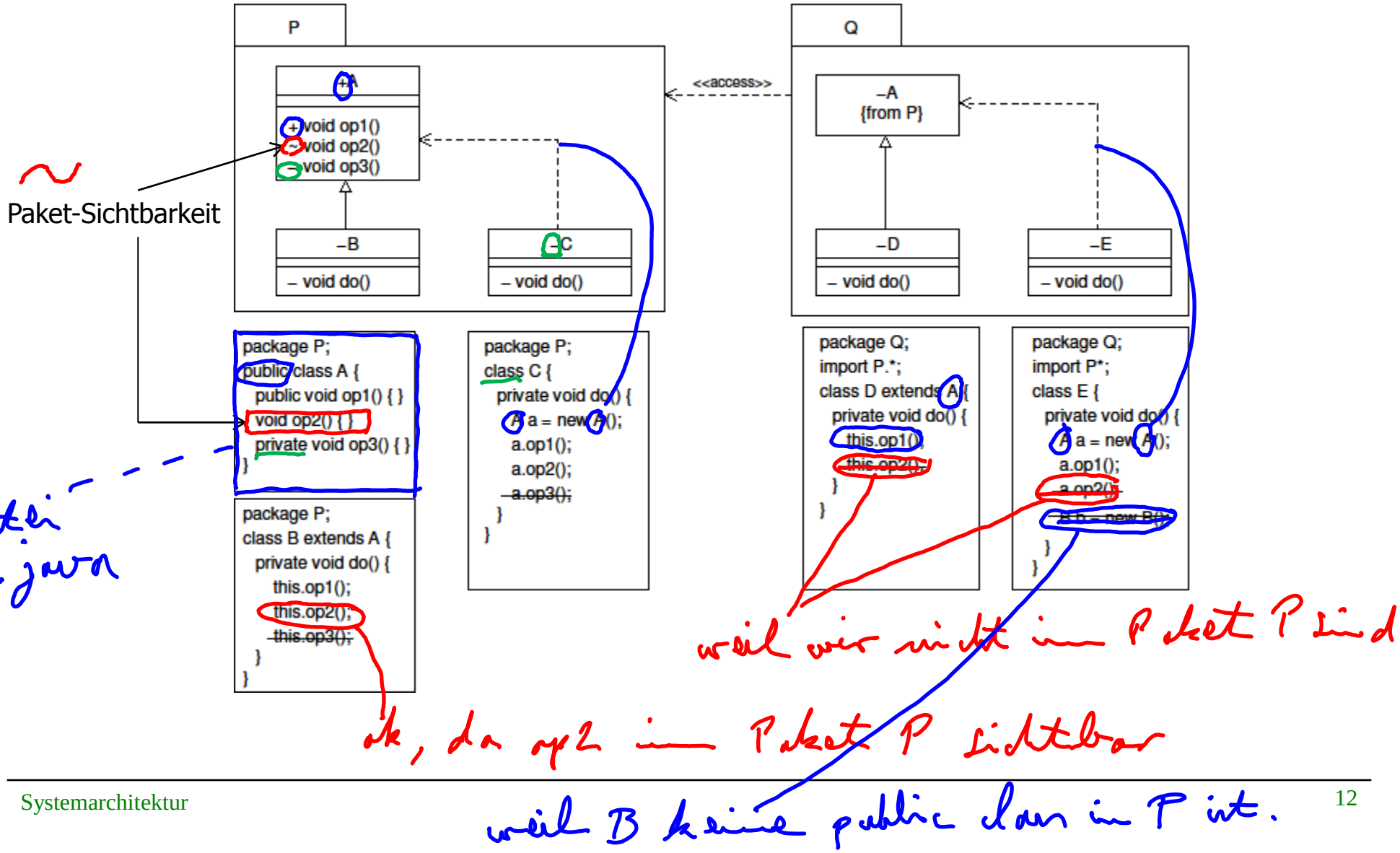


Die öffentliche Klasse `B` (und ihre öffentlichen Elemente) sind außerhalb des Pakets1 zugreifbar, und zwar direkt mit ihrem Namen (ohne Qualifizierung), wenn die Klasse importiert wird.

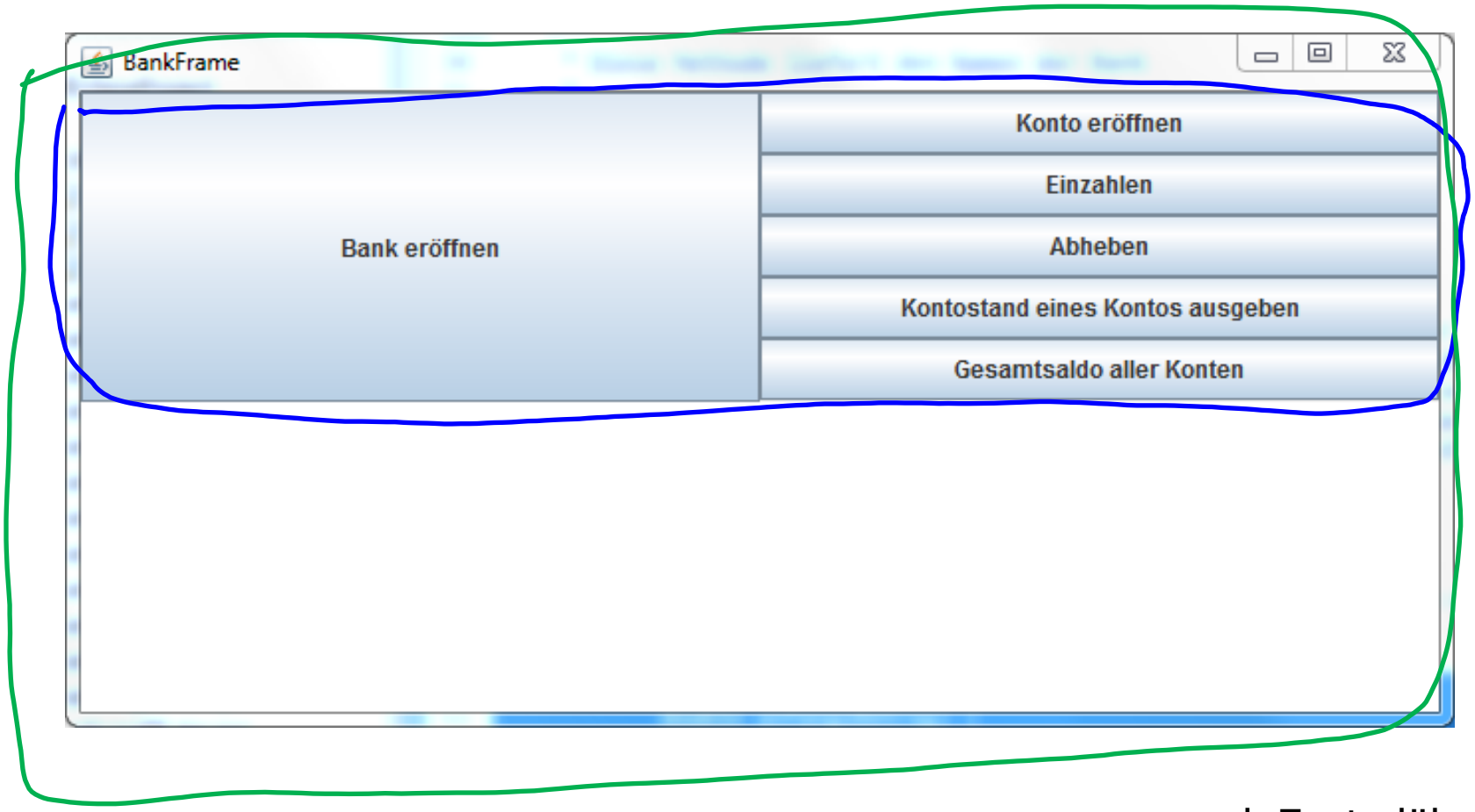
Pakete in Java

- Für jedes Paket wird ein Verzeichnis mit dem Paketnamen erstellt; für Unterpakete werden Unterverzeichnisse eingerichtet.
- Eine Klasse **K**, die zu einem Paket **P** gehört, wird in einer Datei **K.java** in dem Verzeichnis **P** implementiert und abgespeichert.
- Die Datei darf höchstens eine **public class** enthalten.
- Zu Beginn muss in der Datei **K.java** der Paketname angegeben werden, zu dem die Klasse gehört:
  package P; bzw.
  package P.U; falls die Klasse zu einem Unterverzeichnis **U** von **P** gehört.
- Pakete werden in Java importiert durch:
  import P.*; bzw. **import P.U.*;**
- Klassen (und analog Interfaces) werden in Java importiert durch:
  import P.Klassenname; bzw. **import P.U.Klassenname;**

Pakete in UML und Java: Beispiel

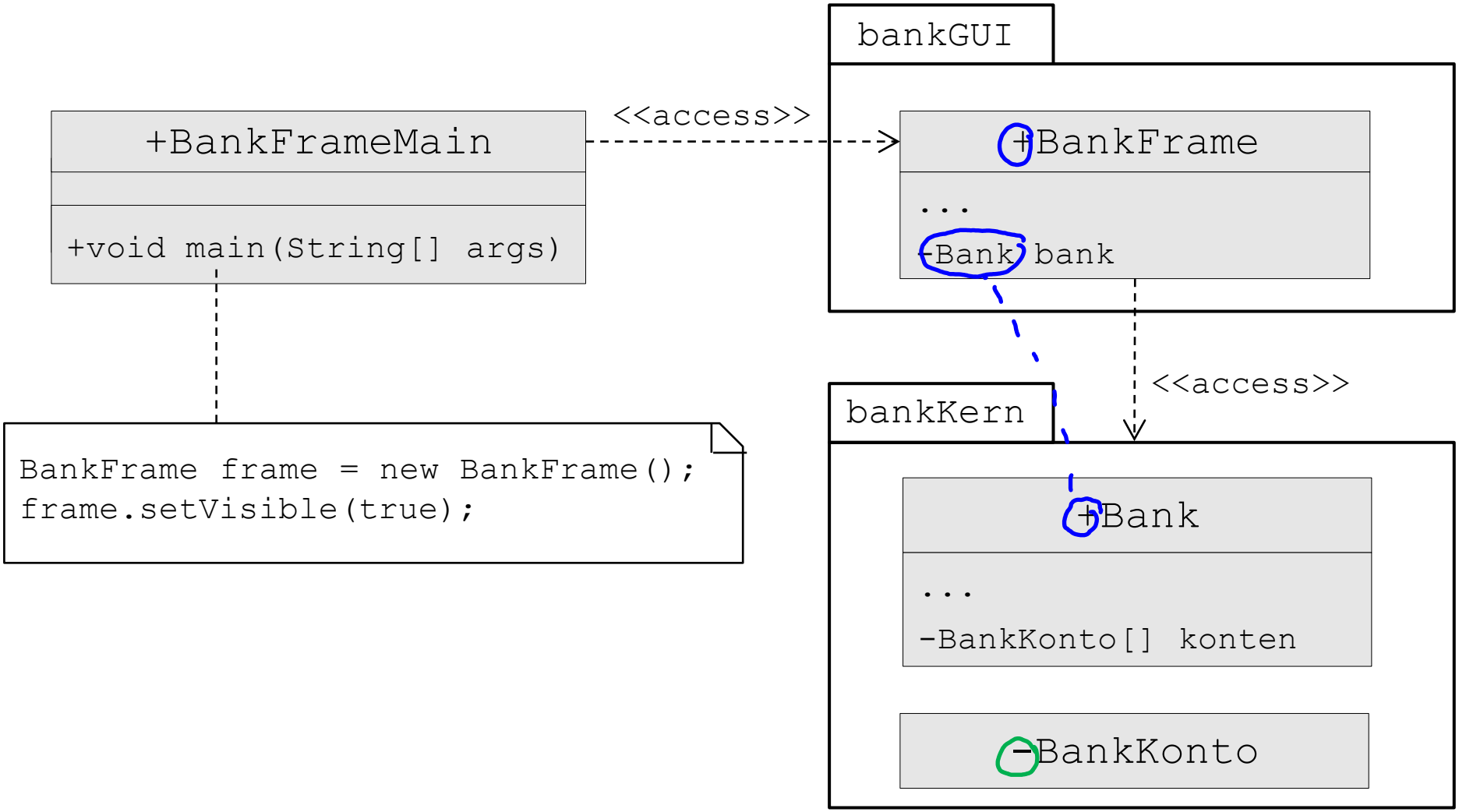


Beispiel: Einfaches Banksystem



vgl. Zentralübung 10

2-Schichtenarchitektur des Banksystems



Verzeichnisstruktur und Dateien

- Hauptverzeichnis enthält:
  - Datei BankFrameMain.java

```
import bankGUI.BankFrame;
public class BankFrameMain { … }
```

  - Unterverzeichnis bankGUI
    - Datei BankFrame.java

```
package bankGUI;
import java.awt.*;
import javax.swing.*;
import bankKern.*;

public class BankFrame
   extends JFrame
   implements ActionListener
   { … }
```

  - Unterverzeichnis bankKern
    - Datei Bank.java

```
package bankKern;
public class Bank  { … }
```

    - Datei BankKonto.java

```
package bankKern;
class BankKonto  { … }
```

Java-Klasse `BankFrameMain`

```
import bankGUI.BankFrame;

public class BankFrameMain {

        /**
         * Dieses Programmstück startet das Programm.
         *
         * @param args
         */
        public static void main(String[] args) {
            BankFrame frame = new BankFrame();
            frame.setVisible(true);
        }

}
```

Klasse BankFrame

+BankFrame
- JButton bankEroeffnenButton - JButton kontoEroeffnenButton - JButton einzahlenButton … - JTextArea ausgabeBereich - Bank bank
+ BankFrame() + void actionPerformed(ActionEvent e) - void bankEroeffnen() - void kontoEroeffnen() - void einzahlen() - void abheben() - void kontostandBerechnen() - void gesamtSaldoBerechnen()

Java-Klasse `BankFrame (1)`

Code von Zentralübung 10,
hier angepasst an Schichtenarchitektur

```
package bankGUI;
import java.awt.Container;
import java.awt.GridLayout;
import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.ActionListener;

import javax.swing.JButton;
import javax.swing.JFrame;
import javax.swing.JOptionPane;
import javax.swing.JPanel;
import javax.swing.JTextArea;

import bankKern.*;
/**
 * Eine grafische Benutzeroberfläche zur Verwaltung von Konten.
 */
public class BankFrame extends JFrame implements ActionListener {

    private JButton bankEroeffnenButton;
    private JButton kontoEroeffnenButton;
    private JButton einzahlenButton;
    private JButton abhebenButton;
    private JButton kontostandButton;
    private JButton gesamtSaldoButton;

    private JTextArea ausgabeBereich;

    private Bank bank;
```

Java-Klasse `BankFrame (2)`

```
/**
* In diesem Programmstück wird das Fenster erzeugt.
*/
public BankFrame() {
    this.setTitle("BankFrame");
    this.setSize(700, 350);

    /* Hier werden alle Buttons erzeugt. */
    this.bankEroeffnenButton =
          new JButton("Bank eröffnen");
    this.kontoEroeffnenButton =
          new JButton("Konto eröffnen");
    this.einzahlenButton = new JButton("Einzahlen");
    this.abhebenButton = new JButton("Abheben");
    this.kontostandButton = new JButton(
              "Kontostand eines Kontos ausgeben");
    this.gesamtSaldoButton = new JButton(
              "Gesamtsaldo aller Konten");

    /* Hier wird der Ausgabe-Bereich erzeugt. */
    this.ausgabeBereich = new JTextArea(10, 100);
```

```
/* Hier werden alle Buttons zusammengruppiert. */
JPanel kontenPanel = new JPanel();
kontenPanel.setLayout(new GridLayout(5, 1));
kontenPanel.add(this.kontoEroeffnenButton);
kontenPanel.add(this.einzahlenButton);
kontenPanel.add(this.abhebenButton);
kontenPanel.add(this.kontostandButton);
kontenPanel.add(this.gesamtSaldoButton);

JPanel buttonPanel = new JPanel();
buttonPanel.setLayout(new GridLayout(1, 2));
buttonPanel.add(this.bankEroeffnenButton);
buttonPanel.add(kontenPanel);

Container contentPane = this.getContentPane();
      contentPane.setLayout(new GridLayout(2, 1));
/* Hier wird die Gruppe von Buttons platziert. */
contentPane.add(buttonPanel);
/* Hier wird der Ausgabebereich platziert. */
contentPane.add(this.ausgabeBereich);
```

Java-Klasse `BankFrame (3)`

```
/**
* Hier wird der Frame als Listener für
* Knopfdruck Ereignisse bei jedem Button
* registriert.
*/
this.bankEroeffnenButton.addActionListener(this);
this.kontoEroeffnenButton.addActionListener(this);
this.einzahlenButton.addActionListener(this);
this.abhebenButton.addActionListener(this);
this.kontostandButton.addActionListener(this);
this.gesamtSaldoButton.addActionListener(this);

this.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
}
```

```
/**
* Dieses Programmstück wird immer dann ausgeführt,
* wenn ein Benutzer auf einen Button drückt.
*/
@Override
public void actionPerformed(ActionEvent e) {
  Object source = e.getSource();
  if (source == this.bankEroeffnenButton) {
     this.bankEroeffnen();
  }
  else if (source == this.kontoEroeffnenButton) {
        this.kontoEroeffnen();
  }
  else if (source == this.einzahlenButton) {
        this.einzahlen();
  }
  else if (source == this.abhebenButton) {
        this.abheben();
  }
  else if (source == this.kontostandButton) {
        this.kontostandBerechnen();
  }
  else if (source == this.gesamtSaldoButton) {
        this.gesamtSaldoBerechnen();
   }
}
```

Java-Klasse `BankFrame (4)`

```
/**
* Diese Methode erzeugt eine neue Bank, falls es
* momentan keine gibt.
*/
private void bankEroeffnen() {
   if (this.bank != null) {
      this.ausgabeBereich
           .setText("Es wurde bereits eine Bank mit
dem Namen „ + this.bank.getName() + " eröffnet.");
   }
   else {
      String einlesenName = JOptionPane
           .showInputDialog("Name der Bank: ");
      String einlesenMaxKonten = JOptionPane
           .showInputDialog("Maximale Anzahl an Konten: ");
      int maxKonten =  Integer.parseInt(einlesenMaxKonten);
      this.bank = new Bank(einlesenName, maxKonten);
      this.ausgabeBereich
           .setText("Folgende Bank wurde eröffnet: "
+ this.bank + " mit dem Namen "+ this.bank.getName());
       }
    }
```

```
/**
* Diese Methode eröffnet ein neues Konto, falls die Bank
* noch Platz  für ein neues Konto hat und es momentan
* eine Bank gibt.
*/
private void kontoEroeffnen() {
   if (this.bank == null) {
          this.ausgabeBereich
                .setText("Es wurde noch keine Bank eröffnet.");
    }
    else {
        String einlesenKontoNr = JOptionPane
                .showInputDialog("Kontonummer: ");
        int kontoNummer = Integer.parseInt(einlesenKontoNr);

        String einlesenAnfangsbetrag = JOptionPane
                .showInputDialog("Anfangsbetrag: ");
        double anfangsBetrag = Double
                .parseDouble(einlesenAnfangsbetrag);

        boolean eroeffnet = this.bank.kontoEroeffnen(kontoNummer,
                anfangsBetrag);
        if (eroeffnet) {
            this.ausgabeBereich
                 .setText("Das Konto mit der Kontonummer " + kontoNummer
+ " und dem Anfangsbetrag „ + anfangsBetrag + " wurde eröffnet.");
        }
        else {
            this.ausgabeBereich
                  .setText("Es kann kein neues Konto angelegt werden,"
                        + "da diese Bank nicht mehr Konten anbietet.");
        }
     }
}
```

Java-Klasse `BankFrame (5)`

```
/**
 * Diese Methode zahlt einen gegebenen Betrag auf ein Konto ein, falls
 * dieses existiert.
 */
private void einzahlen() {
    if (this.bank == null) {
        this.ausgabeBereich
                .setText("Es wurde noch keine Bank eröffnet.");
    }
    else {
        String einlesenKontoNr = JOptionPane
                .showInputDialog("Kontonummer: ");
        int kontoNummer = Integer.parseInt(einlesenKontoNr);

        String einlesenBetrag = JOptionPane
                .showInputDialog("Einzuzahlender Betrag: ");
        double betrag = Double.parseDouble(einlesenBetrag);

        boolean eingezahlt = this.bank.einzahlen(kontoNummer,
                betrag);

        if (eingezahlt) {
            this.ausgabeBereich.setText("Es wurden " + betrag
                    + "  auf das Konto mit der Kontonummer "
                    + kontoNummer + " eingezahlt.");
        }
        else {
            this.ausgabeBereich
                    .setText("Der Betrag konnte nicht eingezahlt werden, "
                            + "da kein Konto mit der angegebenen Kontonummer existiert.");
        }
    }
}
```

```
/**
 * Diese Methode hebt einen gegebenen Betrag von einem Konto ab, falls
 * dieses existiert.
 */
private void abheben() {
    if (this.bank == null) {
        this.ausgabeBereich
                .setText("Es wurde noch keine Bank eröffnet.");
    }
    else {
        String einlesenKontoNr = JOptionPane
                .showInputDialog("Kontonummer: ");
        int kontoNummer = Integer.parseInt(einlesenKontoNr);

        String einlesenBetrag = JOptionPane
                .showInputDialog("Auszuzahlender Betrag: ");
        double betrag = Double.parseDouble(einlesenBetrag);

        boolean abgehoben = this.bank
                .abheben(kontoNummer, betrag);

        if (abgehoben) {
            this.ausgabeBereich.setText("Es wurden " + betrag
                    + " von dem Konto mit der Kontonummer "
                    + kontoNummer + " abgehoben.");
        }
        else {
            this.ausgabeBereich
                    .setText("Der Betrag konnte nicht abgehoben werden, "
                            + "da kein Konto mit der angegebenen Kontonummer existiert.");
        }
    }
}
```

GUI → Modell

Java-Klasse `BankFrame (6)`

```
/**
 * Diese Methode gibt den Kontostand für ein Konto aus.
 */
private void kontostandBerechnen() {
    if (this.bank == null) {
        this.ausgabeBereich
                .setText("Es wurde noch keine Bank eröffnet.");
    }
    else {
        String einlesenKontoNr = JOptionPane
                .showInputDialog("Kontonummer: ");
        int kontoNummer = Integer.parseInt(einlesenKontoNr);

        double kontoStand = this.bank.kontoStand(kontoNummer);

        this.ausgabeBereich
                .setText("Der Kontostand des Kontos mit der
Kontonummer "  + kontoNummer + " ist" + kontoStand);
    }
}
```

```
/**
 * Diese Methode berechnet den Saldo aller Konten.
 */
private void gesamtSaldoBerechnen() {
    if (this.bank == null) {
        this.ausgabeBereich
                .setText("Es wurde noch keine Bank eröffnet.");
    }
    else {

        double gesamtSaldo = this.bank.gesamtSaldo();

        this.ausgabeBereich
                .setText("Das Gesamtsaldo aller Konten dieser Bank ist "
                        + gesamtSaldo);
    }
}
}
```

Klasse Bank

+Bank
-String name -BankKonto[] konten -int anzahlEroeffneterKonten
+Bank(String name, int maxAnzahlKonten) +String getName() +boolean kontoEroeffnen(int kontoNummer, double anfangsBetrag) -BankKonto sucheBankkonto(int kontoNummer) +boolean einzahlen(int kontoNummer, double betrag) +boolean abheben(int kontoNummer, double betrag) +double kontoStand(int kontoNummer) +double gesamtSaldo()

Java-Klasse `Bank(1)`

```
package bankKern;
/**
 *
 * Repräsentation einer Bank mit einem Namen und einer Liste
 * von eröffneten Konten.
*/
public class Bank {

    private String name;
    private BankKonto[] konten;
    private int anzahlEroeffneterKonten;

    /**
     * Konstruktor
     *
     * @param name
     * @param maxAnzahlKonten
     */
    public Bank(String name, int maxAnzahlKonten) {
        this.name = name;
        this.konten = new BankKonto[maxAnzahlKonten];
        this.anzahlEroeffneterKonten = 0;
    }

    /**
     * Diese Methode liefert den Namen der Bank
     *
     * @return
     */
    public String getName() {
        return this.name;
    }

    /**
     * Diese Methode eröffnet ein Konto mit der gegebenen
     * Kontonummer und dem gegebenen Anfangsbetrag. Dazu wird
     * zunächst ein neues Objekt der Klasse {@link BankKonto}
     * erzeugt, dieses der Bank hinzugefügt und true
     * zurückgegeben. Ist die Bank schon voll (d.h. wird die
     * Maximalanzahl an Konten für diese Bank überschritten),
     * wird das Konto nicht eröffnet und false zurückgegeben.
     *
     * @param kontoNummer
     * @param anfangsBetrag
     * @return false falls die Maximalanzahl an Konten
     * überschritten wurde, true sonst
     */
    public boolean kontoEroeffnen(int kontoNummer,
            double anfangsBetrag) {
        if (this.anzahlEroeffneterKonten < this.konten.length) {
            this.konten[this.anzahlEroeffneterKonten] =
                new BankKonto(kontoNummer, anfangsBetrag);
            this.anzahlEroeffneterKonten++;
            return true;
        }
        return false;
    }
```

Java-Klasse `Bank(2)`

```
/**
 * Diese Methode sucht in der Liste der Konten der Bank das Konto mit der
 * gegebenen Kontonummer. Wird ein Konto gefunden, wird dieses
 * zurückgegeben. Falls kein Konto mit dieser Kontonummer existiert, wird
 * null zurückgegeben.
 *
 * @param kontoNummer
 * @return das Objekt der Klasse {@link BankKonto} mit der gegebenen
 *         Kontonummer; null falls kein Konto mit dieser Kontonummer
 *         eröffnet wurde.
 */
private BankKonto sucheBankkonto(int kontoNummer) {
    for (int i = 0; i < this.anzahlEroeffneterKonten; i++) {
        BankKonto aktuellesKonto = this.konten[i];
        if (aktuellesKonto.getKontoNummer() == kontoNummer) {
            return aktuellesKonto;
        }
    }
    return null;
}
```

```
/**
 * Diese Methode zahlt den gegebenen Betrag auf das Konto mit der gegebenen
 * Kontonummer ein. Falls der Betrag eingezahlt werden konnte, wird true
 * zurückgegeben. Falls kein Konto mit dieser Kontonummer existiert, wird
 * false zurückgegeben.
 *
 * @param kontoNummer
 * @param betrag
 * @return false falls kein Konto mit dieser Kontonummer existiert, true
 *         sonst
 */
public boolean einzahlen(int kontoNummer, double betrag) {
    BankKonto aktuellesKonto = this.sucheBankkonto(kontoNummer);
    if (aktuellesKonto != null) {
        aktuellesKonto.einzahlen(betrag);
        return true;
    }
    else {
        return false;
    }
}
```

Java-Klasse `Bank(3)`

```
/**
 * Diese Methode hebt den gegebenen Betrag vom Konto mit der gegebenen
 * Kontonummer ab. Falls der Betrag abgehoben werden konnte, wird true
 * zurückgegeben. Falls kein Konto mit dieser Kontonummer existiert, wird
 * false zurückgegeben.
 *
 * @param kontoNummer
 * @param betrag
 * @return false falls kein Konto mit dieser Kontonummer existiert,
 * true sonst
 */
public boolean abheben(int kontoNummer, double betrag) {
    BankKonto aktuellesKonto = this.sucheBankkonto(kontoNummer);
    if (aktuellesKonto != null) {
        aktuellesKonto.abheben(betrag);
        return true;
    }
    else {
        return false;
    }
}
```

```
/**
 * Diese Methode gibt den Kontostand des Kontos mit der gegebenen
 * Kontonummer aus. Falls kein Konto mit dieser Kontonummer existiert, wird
 * {@link Integer#MIN_VALUE} zurückgegeben.
 *
 * @param kontoNummer
 * @return der Kontostand des Kontos oder {@link Integer#MIN_VALUE}, falls
 *         kein Konto mit der gegebenen Kontonummer existiert
 */
public double kontoStand(int kontoNummer) {
    BankKonto aktuellesKonto = this.sucheBankkonto(kontoNummer);
    if (aktuellesKonto != null) {
        return aktuellesKonto.getKontoStand();
    }
    else {
        return Integer.MIN_VALUE;
    }
}

/**
 * Diese Methode gibt dem Gesamtsaldo  über alle Konten zurück.
 *
 * @return der Gesamtsaldo aller Konten dieser Bank
 */
public double gesamtSaldo() {
    double gesamtSaldo = 0.0;
    for (int i = 0; i < this.anzahlEroeffneterKonten; i++) {
        BankKonto aktuellesKonto = this.konten[i];
        gesamtSaldo = gesamtSaldo
                + aktuellesKonto.getKontoStand();
    }
    return gesamtSaldo;
}
}
```

Klasse BankKonto mit Konstruktor und Methoden

-BankKonto
- int kontoNummer - double kontoStand
+ BankKonto(int kontoNummer, double anfangsBetrag) + int getKontoNummer() + double getKontoStand() + void einzahlen(double x) + void abheben(double x)

Java-Klasse `BankKonto`

```
package bankKern;
class BankKonto {

        private int kontoNummer;
        private double kontoStand;

        public BankKonto(int kontoNummer, double anfangsBetrag) {
                this.kontoNummer = kontoNummer;
                this.kontoStand = anfangsBetrag;
        }
        public int getKontoNummer() {
                return this.kontoNummer;
        }
        public double getKontoStand() {
                return this.kontoStand;
        }
        public void einzahlen(double x) {
                this.kontoStand = this.kontoStand + x;
        }
        public void abheben(double x) {
                this.kontoStand = this.kontoStand - x;
        }
}
```

Zentralübung heute:

- Inhaltsverzeichnis der Vorlesung
- Zusammenfassung des Stoffes
- Beantwortung von Fragen