Vorlesung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Programmieren I und II
(Unit zum Selbststudium)

Unit 7

Konzepte objektorientierter Programmiersprachen

Klassen und Objekte sowie Pakete und Exceptions

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Prof. Dr. rer. nat.
Nane Kratzke
Praktische Informatik und
betriebliche Informationssysteme

- **Raum: 17-0.10**
- **Tel.:** 0451 300 5549
- **Email: kratzke@fh-luebeck.de**

@NaneKratzke
Updates der Handouts auch über Twitter #prog_inf und #prog_itd

Units

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Unit 1 Einleitung und Grundbegriffe	**Unit 2** Grundelemente imperativer Programme	**Unit 3** Selbstdefinierbare Datentypen und Collections	**Unit 4** Einfache I/O Programmierung
Unit 5 Rekursive Programmierung und rekursive Datenstrukturen	**Unit 6** Einführung in die objektorientierte Programmierung und UML	**Unit 7** Konzepte objektorientierter Programmiersprachen	**Unit 8** Testen (objektorientierter) Programme
Unit 9 Generische Datentypen	**Unit 10** Objektorientierter Entwurf und objektorientierte Designprinzipien	**Unit 11** Graphical User Interfaces	**Unit 12** Multithread Programmierung
		Unit 13 Einführung in die Funktionale Programmierung	

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
3

Abgedeckte Ziele dieser UNIT

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Kennen existierender Programmierparadigmen und Laufzeitmodelle	Sicheres Anwenden grundlegender programmiersprachlicher Konzepte (Datentypen, Variable, Operatoren, Ausdrücke, Kontrollstrukturen)	Fähigkeit zur problemorientierten Definition und Nutzung von Routinen und Referenztypen (insbesondere Liste, Stack, Mapping)	Verstehen des Unterschieds zwischen Werte- und Referenzsemantik
Kennen und Anwenden des Prinzips der rekursiven Programmierung und rekursiver Datenstrukturen	Kennen des Algorithmus-begriffs, Implementieren einfacher Algorithmen	Kennen objektorientierter Konzepte Datenkapselung, Polymorphie und Vererbung	Sicheres Anwenden programmiersprachlicher Konzepte der Objektorientierung (Klassen und Objekte, Schnittstellen und Generics, Streams, GUI und MVC)
Kennen von UML Klassendiagrammen, sicheres Übersetzen von UML Klassendiagrammen in Java (und von Java in UML)	Kennen der Grenzen des Testens von Software und erste Erfahrungen im Testen (objektorientierter) Software	Sammeln erster Erfahrungen in der Anwendung objektorientierter Entwurfsprinzipien	Sammeln von Erfahrungen mit weiteren Programmiermodellen und -paradigmen, insbesondere Mulithread Programmierung sowie funktionale Programmierung

Am Beispiel der Sprache JAVA

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
4

Themen dieser Unit

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Objekte
- Zugriffsmodifikatoren
- Initialisierung
- Instantiierung
- `this` Referenz
- Klasse `Object`

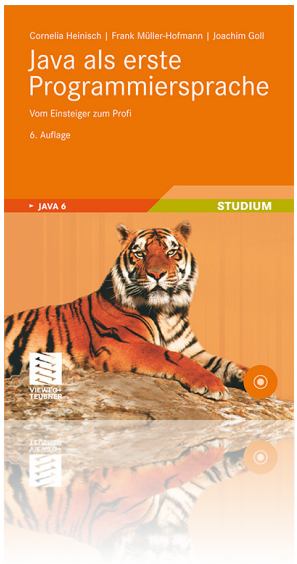
Klassen
- Klassen (Gruppen gleichartiger Objekte)
- Klassenhierarchien
- Schnittstellen

Pakete
- Programming in the small/large
- Zugriffsmodifikatoren
- Benennung

Exceptions
- Checked und Unchecked
- Fangen und Behandeln
- Ausnahmen werfen/ propagieren

Zum Nachlesen ...

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Kapitel 10

Klassen und Objekte

10.1 Information Hiding

10.3 Die this-Referenz

10.4 Initialisierung von Datenfelder

10.5 Instantiierung von Klassen

10.7 Die Klasse Object

Information Hiding

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Ein Ziel der Objektorientierung ist es,
- die Repräsentation der Daten und
- die Implementierung der Daten zu verbergen.
- Es soll kein Unbefugter die Daten verändern können.

- Nur Methoden des Objekts sollten auf die Daten des Objekts Zugriff haben.

Folgende Klasse ist zwar korrektes JAVA, befolgt aber nicht das Prinzip des Information Hiding.

```
class Person {
  public String name;
  public String nachname;
  public int alter;

  public void print() { ...
    System.out.println(name);
    System.out.println(nachname);
    System.out.println(alter);
  }
}
```

Datenfelder des Objekts, sind von „außen“ zugreifbar und veränderbar.

```
Person p = new Person();
p.name = „Max“;
p.nachname = „Mustermann“;
p.alter = „35“;
p.print();
```

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
7

Information Hiding (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

„Objektorientierter“ wäre eine Realisierung, wie die folgende:

```
class Person {
  private String name;
  private String nachname;

  public Person(String n, String nn) {
    name = n; nachname = nn;
  }

  public void print() { ...
    System.out.println(name);
    System.out.println(nachname);
  }

  public String getName() {
    return name;
  }

  public String getNachname() {
    return nachname;
  }
}
```

- Somit kein direkter Zugriff mehr auf Datenfelder von Personenobjekten
- private ist ein sogenannter Zugriffsmodifikator

Da `name` und `nachname` als private deklariert wurden, können Sie nur innerhalb durch Objekte der Klasse `Person` geändert werden, nicht von außen.

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
8

Information Hiding (III)
Zugriffsschutz für Methoden und Datenfelder

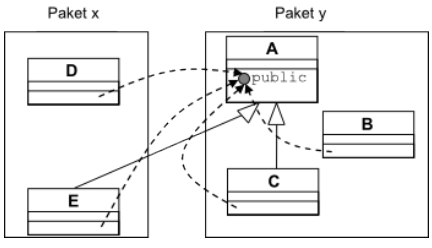
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Zusätzlich gibt es noch den impliziten Zugriffsmodifikator default, der gilt, wenn keiner der drei oberen gesetzt wird. Darüberhinaus gibt es noch ein paar mehr Feinheiten im Zusammenhang mit Packages, diese werden aber erst in der Unit 9 behandelt.

Zugriffsschutz public

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

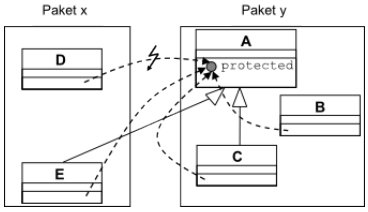
- Datenfelder und Methoden haben
- keinen Zugriffsschutz mehr
- Auf Datenfelder und Methoden kann aus allen Klassen zugegriffen werden



Zugriffsschutz protected

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Auf Datenfelder und Methoden kann
- aus derselben oder abgeleiteten Klassen zugegriffen werden
- (sowie von Klassen aus demselben Paket)

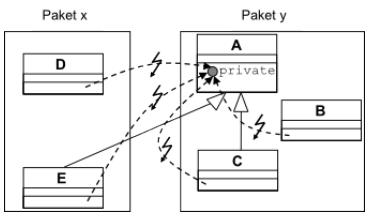


Auf Besonderheiten im Zusammenhang mit Paketen wird erst in Unit 9 eingegangen.

Zugriffsschutz private

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

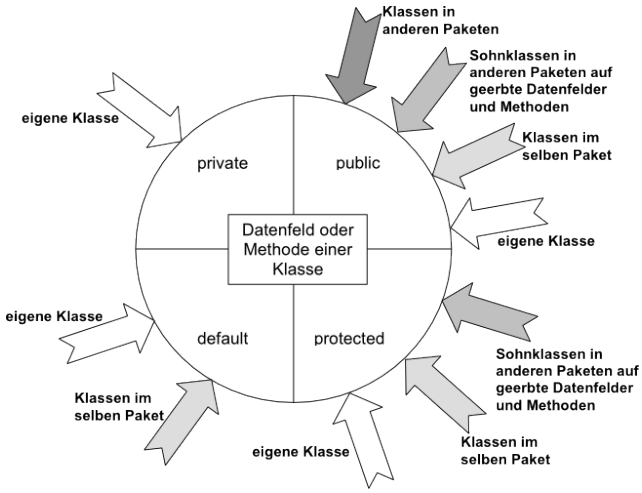
- Auf Datenfelder und Methoden kann
- nur aus derselben Klasse zugegriffen werden



Auf Besonderheiten im Zusammenhang mit Paketen wird erst in Unit 9 eingegangen.

Zugriffsschutz im Überblick

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Auf Besonderheiten im Zusammenhang mit Paketen und dem Zugriffsmodifikator default wird erst in Unit 9 eingegangen.

Zugriffsmodifikatoren UML

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Um die Zugriffsmodifikatoren

- `public`,
- `protected`,
- `private` und
- `package/default`

nicht immer in UML Diagrammen ausschreiben zu müssen, werden auch die folgenden abkürzenden Symbole +, #, -, ~ genutzt.

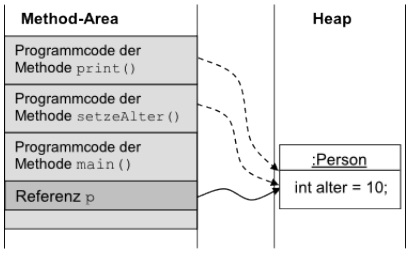
Example
+ public_datenfeld : Type # protected_datenfeld : Type - private_datenfeld : Type ~ package_datenfeld : Type
+ public_methode() : Type # protected_methode() : Type - private_methode() : Type ~ package_methode() : Type

Die this-Referenz (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Jedes Objekt einer Klasse hat seine individuellen Instanzvariablen aber **dieselben** Methoden
- Aus Gründen der Speichereffizienz werden daher **Methoden** an **zentraler Stelle** im Speicher abgelegt
- **Datenfelder** jedoch **pro angelegtem Objekt** einer Klasse

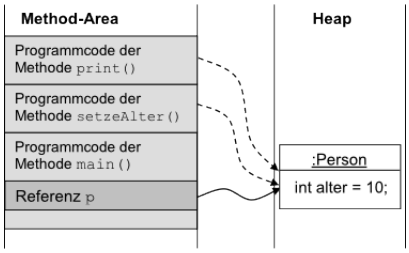
Bei Ausführung eines Programms liegen die **Methoden** in der sogenannten **Method-Area** und die **Objekte** auf dem sogenannten **Heap** Speicher



Die this-Referenz (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Bei Ausführung eines Programms liegen die **Methoden** in der sogenannten **Method-Area** und die **Objekte** auf dem sogenannten **Heap** Speicher



- Daraus resultieren zwei Probleme:
  - **Problem 1:** Ein Objekt muss seine Klasse (und damit seine Methoden finden)
  - **Problem 2:** Methoden müssen das Objekt finden, für das sie aufgerufen werden.
- Problem 1 wird in Unit 7 (Stichwort: Polymorphie) behandelt werden.
- Problem 2 nun ...

Die this-Referenz (III)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Jede Instanzmethode muss letztlich das Objekt kennen, für das es aufgerufen wird (um auf die Daten zugreifen zu können, die für dieses Objekt hinterlegt sind)

Ein Methode benötigt also zum Zeitpunkt der Abarbeitung eine Referenz auf das Objekt für das es aufgerufen wurde

Hierfür bräuchte die Methode eigentlich einen eigenen Parameter (JAVA realisiert dies – anders als bspw. Python – allerdings transparent für den Programmierer)

Dieser Parameter heißt **this** und ist in einer Instanzmethode immer eine Referenz auf das eigene Objekt

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
17

This-Referenz (IV)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

In folgenden Fällen ist die Nutzung der this Referenz erforderlich (Fall B, C oder D) oder üblich (nur Fall A).

Benennung	• **Fall A:** Es soll deutlich gemacht werden, dass auf eine Instanzvariable oder -methode zugegriffen wird (dies ist nur Programmierstil und kein Erfordernis) • **Fall B:** Ein Datenfeld des Objekts hat den gleichen Namen wie eine Methodenparameter (Parameter überdeckt Datenfeld)
Objekt als Parameter oder Rückgabewert	• **Fall C:** Eine Referenz auf das aktuelle Objekt soll als Rückgabewert einer Methode zurückgegeben werden • **Fall D:** Eine Referenz auf das aktuelle Objekt soll als Parameter an eine Methode übergeben werden

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
18

This-Anwendungsfall A

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Benennung

- **Fall A:** Es soll deutlich gemacht werden, dass auf eine Instanzvariable oder -methode zugegriffen wird (dies ist nur Programmierstil und kein Erfordernis)
- **Fall B:** Ein Datenfeld des Objekts hat den gleichen Namen wie eine Methodenparameter (Parameter überdeckt Datenfeld)

```
class Person {
  private String name;
  private String nachname;
  private int alter;

  public void setName(String n) {
    this.name = n;
  }
}
```

Hier ist die Nutzung von `this` eigentlich nur eine Frage des Stils und kein Erfordernis.

Man hätte auch `name = n` schreiben können.

This-Anwendungsfall B

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Benennung

- **Fall A:** Es soll deutlich gemacht werden, dass auf eine Instanzvariable oder -methode zugegriffen wird (dies ist nur Programmierstil und kein Erfordernis)
- **Fall B:** Ein Datenfeld des Objekts hat den gleichen Namen wie eine Methodenparameter (Parameter überdeckt Datenfeld)

```
class Person {
  private String name;
  private String nachname;
  private int alter;

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

Hier ist die Nutzung von `this` erforderlich, da der Parameter `name` das Datenfeld `name` in der Methode `setName()` überdeckt.

Um deutlich zu machen, dass man den Wert des Parameters `name` dem Datenfeld `name` des Objekts zuweisen will, muss man `this` nutzen.

This-Anwendungsfall C

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Objekt als Parameter oder Rückgabewert

- **Fall C:** Eine Referenz auf das aktuelle Objekt soll als Rückgabewert einer Methode zurückgegeben werden
- **Fall D:** Eine Referenz auf das aktuelle Objekt soll als Parameter an eine Methode übergeben werden

```
class Person {
  private String name;
  private String nachname;
  private int alter;

  public Person setName(String n) {
    name = n;
    return this;
  }
}
```

Hier soll die Methode `setName()`, nach einer Änderung an internen Daten des Objekts eine Referenz auf das Objekt zurückgeben.

Dieser Stil wird manchmal genutzt, um mehrere Methodenaufrufe hintereinander auszuführen (method chaining).

This-Anwendungsfall D

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Objekt als Parameter oder Rückgabewert

- **Fall C:** Eine Referenz auf das aktuelle Objekt soll als Rückgabewert einer Methode zurückgegeben werden
- **Fall D:** Eine Referenz auf das aktuelle Objekt soll als Parameter an eine Methode übergeben werden

```
class Person {
  private String name;
  private String nachname;
  private int alter;

  public void print() {
    System.out.println(this);
  }
}
```

Hier soll die Methode print, das eigene Objekt mittels `System.out.println()` ausgeben.

Hierzu muss der `println` Methode eine Referenz auf das eigene Objekt übergeben werden.

Initialisierung von Datenfeldern

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Datenfelder von Klassen und Objekten müssen mit Werten belegt werden. Die erste Zuweisung von Werten an Datenfelder wird Initialisierung genannt. JAVA kennt die folgenden Formen von Initialisierungen bei Datenfeldern:

- **Default-Initialisierungen von Datenfeldern**
- Manuelle Initialisierung
- Initialisierungen mit einem Initialisierungsblock
- Konstruktoren zur Initialisierung

Die einfachste Form der Initialisierung ist einfach keine Initialisierung von Datenfelder explizit vorzunehmen (anders als bei lokalen Variablen innerhalb einer Methode). Abhängig vom Typ des Datenfelds, erledigt dies JAVA dann automatisch.

Es wird jeweils das Datentyppendant zu „null“ dem Datenfeld zugewiesen.

Referenzdatentypen erhalten initial den Wert null, d.h. den Verweis auf **KEIN** Objekt.

Typ	Default-Wert
boolean	false
char	'\u0000'
byte	0
short	0
int	0
long	0
float	0.0f
double	0.0d
Referenztyp	null

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
23

Initialisierung von Datenfeldern

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Default-Initialisierungen von Datenfeldern
- **Manuelle Initialisierung**
- Initialisierungen mit einem Initialisierungsblock
- Konstruktoren zur Initialisierung

Sollen Datenfelder mit anderen Werten als den Default Werten initialisiert werden, kann dies explizit bei der Deklaration des Datenfelds angegeben werden:

```
class Person {
  private String name = „Max“;
  private String nachname = „Mustermann“;
  private int alter;   // Default Wert 0

  private static anzPersonen = 1;
  ...
}
```

Wichtig:

- **Klassenvariablen** werden **beim Laden der Klasse** einmalig initialisiert.
- **Instanzvariablen** werden **beim Erzeugen eines Objekts** pro Objekt initialisiert.

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
24

Initialisierung von Datenfeldern

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Default-Initialisierungen von Datenfeldern | Manuelle Initialisierung | **Initialisierungen mit einem Initialisierungsblock** | Konstruktoren zur Initialisierung

Datenfelder können auch in sogenannten **Initialisierungsblöcken** initialisiert werden. Solche Blöcke können beliebige Anweisungen beinhalten und sich auf **Klassen (static)** oder Objekte beziehen.

```
class Person {
  private String name;
  private String nachname;
  private static int aufruf_initblock;

  static { // Init für Klasse (static)
    aufruf_initblock++;
    System.out.println(„# Klasseninits:“ +
      aufruf_initblock;
  }
}
```

Wichtig:

- **Statische Initialisierungsblöcke** werden **beim Laden der Klasse** einmalig ausgeführt.
- Nichtstatische **Initialisierungsblöcke** werden **beim Erzeugen eines Objekts** ausgeführt.

Initialisierung von Datenfeldern

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Default-Initialisierungen von Datenfeldern | Manuelle Initialisierung | **Initialisierungen mit einem Initialisierungsblock** | Konstruktoren zur Initialisierung

Datenfelder können auch in sogenannten **Initialisierungsblöcken** initialisiert werden. Solche Blöcke können beliebige Anweisungen beinhalten und sich auf Klassen (static) oder **Objekte** beziehen.

```
class Person {
  private String name;
  private String nachname;
  private static anzahl;

  { // Init für Objekte (kein static)
    name = „Max“;
    nachname = „Mustermann“;
    System.out.println(„Insgesamt “ +
      anzahl++ + „ Personen erzeugt“);
  }
}
```

Wichtig:

- **Statische Initialisierungsblöcke** werden **beim Laden der Klasse** einmalig ausgeführt.
- Nichtstatische **Initialisierungsblöcke** werden **beim Erzeugen eines Objekts** ausgeführt.

Initialisierung von Datenfeldern

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Default-Initialisierungen von Datenfeldern | Manuelle Initialisierung | Initialisierungen mit einem Initialisierungsblock | **Konstruktoren zur Initialisierung**

Ein Konstruktor

- dient zum Initialisieren eines Objekts
- wird ohne Rückgabewert deklariert (auch kein void)
- wird nicht an eine abgeleitete Klasse vererbt
- hat gleichen Namen wie Klasse
- gibt es ohne Parameter (default Konstruktor)
- Gibt es mit Parametern

```
class Person {
  private String name;
  private String nachname;

  public Person() { // Default
    name = „Max“;
    nachname = „Mustermann“;
  }

  public Person(String vn, String nn) {
    name = vn;
    nachname = nn;
  }
}
```

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
27

Konstruktoren

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Der **Default-Konstruktor** ist ein Konstruktor ohne Parameter
- Der **voreingestellte Konstruktor** ist der vom Compiler zur Verfügung gestellte Konstruktor
- Der **selbst geschriebene Default-Konstruktor** ist ein Konstruktor ohne Parameter, der jedoch selbst geschrieben wurde
- **Konstruktoren mit Parametern** sind immer selbstgeschrieben und erlauben eine frei vorgebbare Initialisierung von Objekten

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
28

Aufruf von Konstruktoren aus Konstruktoren (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Konstruktoren können

- andere Konstruktoren innerhalb derselben Klasse mittels **this()** aufrufen
- Konstruktoren der Basisklasse mittels **super()** aufrufen
- Diese Aufrufe müssen in JAVA als **erste Anweisung** im Konstruktor stehen

Beispiel eines Konstruktoraufrufs innerhalb derselben Klasse mittels this()

```
class Person {
  private String name;
  private String nachname;

  public Person() {
    this(„Max“, „Mustermann“);
  }

  public Person(String vn, String nn) {
    name = vn;
    nachname = nn;
  }
}
```

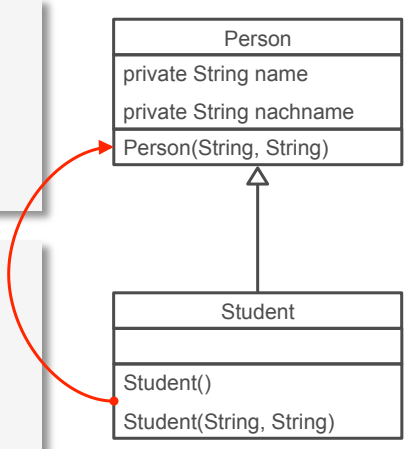

Aufruf von Konstruktoren aus Konstruktoren (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Beispiel eines Konstruktoraufrufs in der Basisklasse mittels super

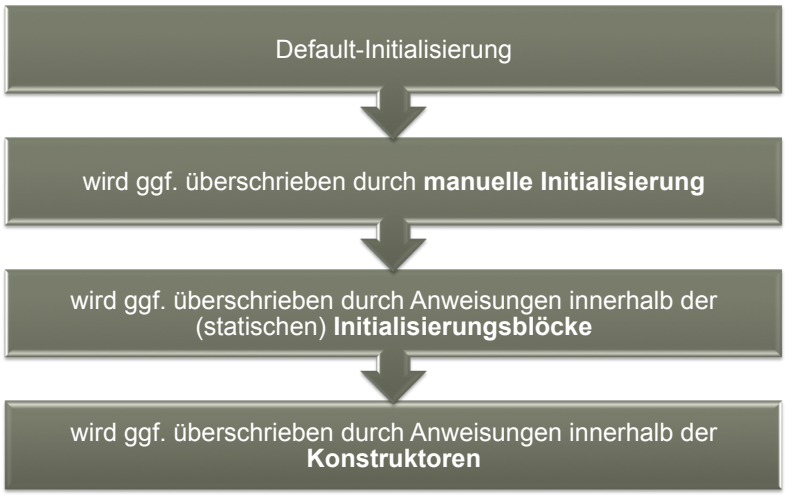
```
class Person {
  private String name;
  private String nachname;

  public Person(String vn, String nn) {
    name = vn;
    nachname = nn;
  }
}
```

```
class Student extends Person {

  public Student() {
    super(„Max“, „Mustermann“);
  }

  public Student(String vn, String nn) {
    super(vn, nn);
  }
}
```



Initialisierungsreihenfolge

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

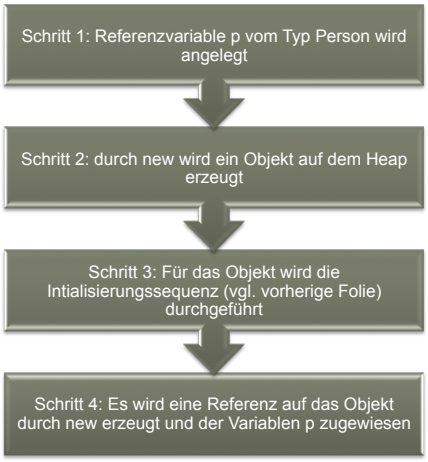


Instantiierung von Klassen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Erzeugen eines Objekts aus einer Klasse wird auch **Instantiierung** genannt.
- Es wird eine neue **Instanz** (Objekt) dieser Klasse geschaffen.
- Mittels des **new** Operators wird **Speicher** für das Objekt **allokiert**
- Durch Aufruf des Konstruktors wird dieser **Speicher initialisiert**

```
Person p = new Person();
```



Freigabe von Speicher
erfolgt automatisch

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Speichermanagement

- nicht mehr referenzierte Objekte
- werden durch einen Garbage Collector automatisch freigegeben

```
Person p = new Person(); // Speicher
                         // wird allokiert
...
p = null;  // p wird nicht mehr referenziert
           // und kann damit durch den GC
           // freigegeben werden
```


Die Klasse Object

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Jede Klasse wird implizit von der Klasse Object abgeleitet
- Damit beinhaltet jede Klasse automatische alle Methoden der Klasse Object

Die wesentlichen Methoden, die in Object definiert sind:

```
public String toStr
public
prote
```

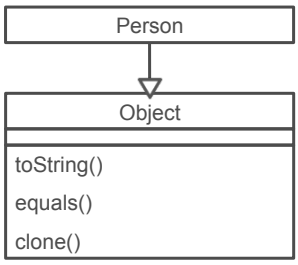
Schon behandelt

D.h. jede Klassendefinition, wie z.B.

```
class Person {
  ...
}
```

ist eigentlich die Kurzform für ...

```
class Person extends Object {
  ...
}
```



Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben ist folgende Klassendefinition.

```
class Time{
  private int hh = 23;
  private int mm;
  private int ss = 59;
  private String tz = "UTC";

  { this.tz = "MEZ"; }

  public Time() { hh = 0; }

  public Time(int h, int m) {
    hh = h; this.mm = m;
  }

  public Time(int h, int m, int s) {
    hh = h; mm = m; ss = s;
  }

  public Time(int h, int m, String z) {
    hh = h; mm = m; tz = z;
  }
}
```

Geben Sie den Mikrozustand des erzeugten Objekts nach der Initialisierung an.

```
Time t = new Time(11, 23);
```

```
Time s = new Time(7, 59, 13);
```

```
Time r = new Time(0, 0, "ABC");
```

```
Time q = new Time();
```


Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben ist folgende Klassendefinition.

```
class Auto {
  private double fuel = 0.0;
  private double kmstand = 0.0;

  public Auto() {
    this.fuel = 5.0;
  }

  public void tanke(double l) {
    this.fuel += l;
  }

  public void fahre(double km) {
    this.kmstand += km;
    this.fuel -= 7.0 * km / 100;
  }
}
```

Geben Sie nun sinnvolle `getter` und `setter` Methoden an, um den Kilometerstand und den Tankstand auslesen und setzen zu können. Achten Sie auf sinnvolle Zugriffsmodifikatoren!

Tankstand

Kilometerstand

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben ist folgende Klassendefinition plus gerade vorgenommener Ergänzungen.

```
class Auto {
  private double fuel = 0.0;
  private double kmstand = 0.0;

  public Auto() {
    this.fuel = 5.0;
  }

  public void tanke(double l) {
    this.fuel += l;
  }

  public void fahre(double km) {
    this.kmstand += km;
    this.fuel -= 7.0 * km / 100;
  }
}
```

Geben Sie nun eine sinnvolle Implementierung an, den Makrozustand hinsichtlich des Tankzustands (kaum noch Benzin) eines Autoobjekts zu bestimmen.

Kaum noch Benzin

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben ist folgende Klassendefinition plus gerade vorgenommener Ergänzungen.

```
class Auto {
  private double fuel = 0.0;
  private double kmstand = 0.0;

  public Auto() {
    this.fuel = 5.0;
  }

  public void tanke(double l) {
    this.fuel += l;
  }

  public void fahre(double km) {
    this.kmstand += km;
    this.fuel -= 7.0 * km / 100;
  }
}
```

Geben Sie nun eine sinnvolle Implementierung an, den Makrozustand hinsichtlich des Wartungsstands zu bestimmen (alle 20.000km zur Inspektion).

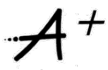
Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Geben Sie nun bitte die UML Notation der gerade definierten Klassen `Auto` und `InspAuto` an.

Zusammenfassung



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- **Zugriffsmodifikatoren und Information Hiding**
  - `public`
  - `protected`
  - `private`
  - `getter` und `setter` Methoden
- **`this` Referenz**
  - Referenz auf das eigene Objekt
  - Parameterüberdeckung umgehen
- **Initialisierung von Datenfelder**
  - Default Initialisierung
  - Manuelle Initialisierung
  - Initialisierungsblöcke
  - Konstruktoren
- **Instantiierung von Klassen**
- **Die „Mutter aller Klassen“ (`Object`)**

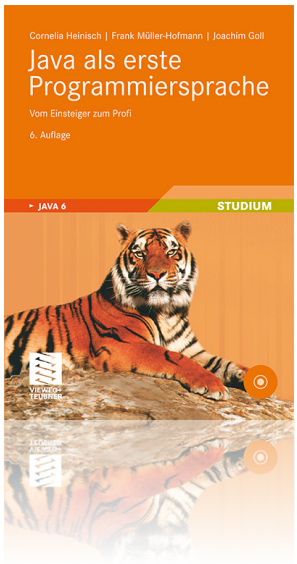
Themen dieser Unit

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Objekte	Klassen	Pakete	Exceptions
• Zugriffsmodifikatoren • Initialisierung • Instantiierung • `this` Referenz • Klasse `Object`	• Klassen (Gruppen gleichartiger Objekte) • Klassenhierarchien • Schnittstellen	• Programming in the small/large • Zugriffsmodifikatoren • Benennung	• Checked und Unchecked • Fangen und Behandeln • Ausnahmen werfen/ propagieren

Zum Nachlesen ...

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Kapitel 11

Vererbung

Das Konzept der Vererbung, Erweitern und Überschreiben, Besonderheiten bei der Vererbung

Kapitel 14

Schnittstellen

Trennung von Spezifikation und Implementierung, Aufbau und Verwenden von Schnittstellen

Wiederverwendung von Quellcode

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Neben der Aggregation ist die Vererbung ein wesentliches Sprachmittel von OO-Sprachen, um Programmcode wiederzuverwenden.

Bei der Vererbung wird der Quellcode einer Superklasse in einer abgeleiteten Klasse wiederverwendet

Bei der Aggregation werden vorhandene Klassen von den aggregierenden Klassen genutzt und damit wiederverwendet.

OO ist sozusagen intelligentes Copy-Paste

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
43

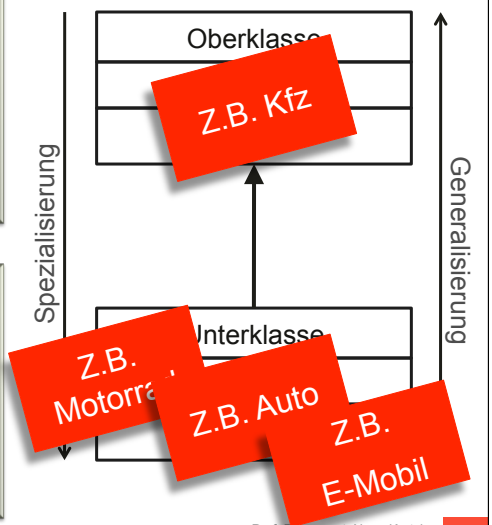
Der Klassenbegriff

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Klassen sind einerseits „Gruppierungen“ von gleichartigen Objekten

Zwischen Klassen können Vererbungsbeziehungen bestehen

- Unterklassen
- Oberklassen
- Unterklassen erben von Oberklassen



Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
44

Konformität und Ersetzbarkeit von Klassen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Konformität

- Jedes Exemplar einer Unterklasse ist auch ein Exemplar der Oberklasse
- Vererbung der Spezifikation
- Eine Unterklasse geht also alle Verpflichtungen (Kontrakte) der Oberklasse ein

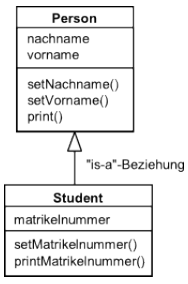
Ersetzbarkeit

- Jedes Exemplar einer Klasse muss deren Spezifikationen (Kontrakte) erfüllen
- Das gilt auch dann wenn das Objekt ein Exemplar einer Unterklasse ist.
- Unterklassen erben also alle Eigenschaften, Funktionalitäten, Beziehungen und Verantwortlichkeiten
- **Prinzip: Objekte der Unterklassen können Objekte der Oberklassen ersetzen.**

Das Konzept der Vererbung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Darstellung einer Vererbung in **UML**. Der Ableitungspfeil zeigt von der Subklasse zu der Superklasse (kontraintuitiv)



Superklasse (auch Basis-, Ober- oder Vaterklasse genannt)

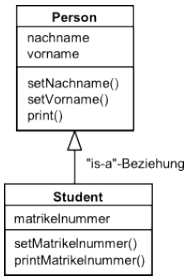
Subklasse (auch abgeleitete, Unter- oder Sohnklasse genannt)

- Eine Subklasse erbt alle Eigenschaften (Datenfelder und Methoden) der Superklasse
- Und fügt eigene Eigenschaften hinzu ohne die Eigenschaften der Superklasse wiederholen zu müssen (copy)

- **Beispiel:** Es gibt Personen und Studenten. Jeder Student ist auch immer eine Person.
- Was in Person bereits definiert wurde, muss für Studenten nicht wiederholt werden.

Vererbung
UML und JAVA

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



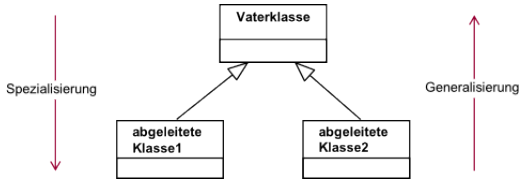

```
class Person {
  private String vorname;
  private String nachname;

  public void setNachname(String nn) { nachname = nn; }

  public void setVorname(String vn) { vorname = vn; }

  public void print() {
    System.out.print(„Name: “);
    System.out.println(vorname + „ “ + nachname);
  }
}
```

```
class Student extends Person {
  private int matrikelnummer;

  public void setMatrikelnummer(int mn) {
    matrikelnummer = mn;
  }

  public void printMatrikelnummer() {
    System.out.print(„Matrikelnummer: “);
    System.out.println(matrikelnummer);
  }
}
```


Spezialisierung und Generalisierung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

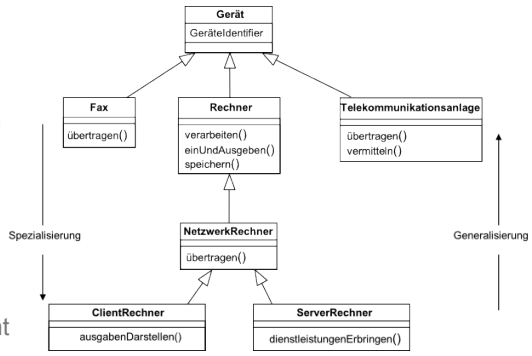
- Vererbung erlaubt es automatisch alle Eigenschaften (Datenfelder und Methoden) einer Superklasse einer abgeleiteten Klasse bereitzustellen
- Die abgeleitete Klasse stellt eine **Spezialisierung** ihrer Vaterklasse dar (sie kann mehr und damit meist speziellere Dinge – Student ist ein spezieller Typ von Person)
- In der abgeleiteten Klasse sind nur die neuen spezifischen und zusätzlichen Eigenschaften festzulegen
- Umgekehrt stellt eine Vaterklasse eine **Generalisierung** ihrer abgeleiteten Klassen dar (das Konzept Person ist genereller als das Konzept Student)



Wiederholungen vermeiden

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

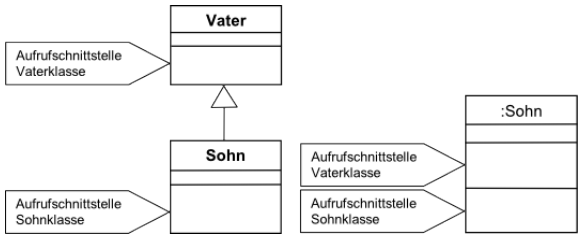
- Mit dem Konzept der Vererbung können Wiederholungen im Entwurf vermieden werden
- Gemeinsame Eigenschaften mehrerer Klassen werden in gemeinsame Oberklassen ausgelagert
- In der imperativen Programmierung geht das mittels Routinen/Methoden zwar auch für Quelltext, nicht aber so ohne weiteres für Daten.



Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
49

Erweitern von Methoden (und Datenfeldern) in einer Subklasse

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

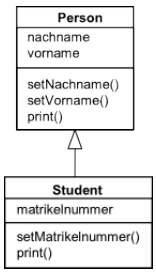


- Die **Methoden der Vaterklasse** werden im Rahmen der Vererbung von der Sohnklasse **unverändert übernommen**.
- Diese werden durch spezifische in der Sohnklasse definierte Methoden ergänzt.
- Ein Objekt der Sohnklasse besitzt also sowohl die **Aufrufschnittstelle der Vaterklasse** als auch die **Aufrufschnittstelle der Sohnklasse**.
- Zusätzlich werden Instanz- und Klassenvariablen vererbt.
- Eine Sohnklasse erbt also **alle Eigenschaften der Vaterklasse**.
- Nicht alle dieser Eigenschaften sind aber der Sohnklasse direkt zugänglich (vgl. Zugriffsmodifikatoren in Unit 3, insbesondere **private** Modifikator).

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
50

Überschreiben von Methoden in einer Subklasse

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

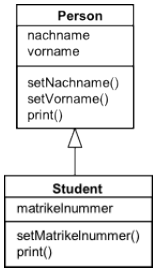


UML: Die Methode print() der Subklasse Student **überschreibt** die Methode print() der Superklasse Person.

- Methoden die in einer Vaterklasse definiert wurden, können in einer Sohnklasse überschrieben werden.
- D.h. der Code der Vaterklasse in der Methode wird sozusagen durch den Code der Sohnklasse ersetzt.
- Dabei müssen die formalen Parameter beider Methoden (der Methodenkopf oder die Methodensignatur) dieselbe Anzahl, denselben Typ und dieselbe Reihenfolge der Parameter sowie des Rückgabetyps haben.

Gründe für das Überschreiben von Methoden in einer Subklasse

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



UML: Die Methode print() der Subklasse Student **überschreibt** die Methode print() der Superklasse Person, um auch das zusätzliche Datenfeld matrikelnummer bei Studenten ausgeben zu können.

Überschreiben zur Verfeinerung

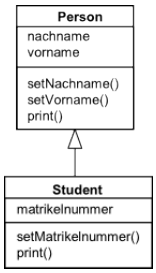
- Z.B. weil zusätzliche Datenfelder in der Sohnklasse ausgewertet werden müssen, die in der Vaterklasse noch nicht bekannt waren.
- Weil Platzhalter in der Vaterklasse vorgesehen wurden, um spezifischere Funktionalität einzubetten (sogenannte abstrakte Klassen – Erläuterung folgt noch)

Überschreiben zur Optimierung

- In einer Sohnklasse müssen interne Datenstrukturen angepasst werden oder Algorithmen optimiert werden
- Bsp. Ersetzung des ineffizienten Suchalgorithmus Bubblesort durch Quicksort
- Außenverhalten der Schnittstelle darf sich aber nicht ändern!

Überschreiben von Methoden
UML und JAVA

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences




```
class Person {
  private String vorname;
  private String nachname;

  public void setNachname(String nn) { nachname = nn; }

  public void setVorname(String vn) { vorname = vn; }

  public void print() {
    System.out.print(„Name: “);
    System.out.println(vorname + „ “ + nachname);
  }
}
```

```
class Student extends Person {
  private int matrikelnummer;

  public void setMatrikelnummer(int mn) {
    matrikelnummer = mn;
  }

  public void print() {
    System.out.print(„Name: “);
    System.out.println(vorname + „ “ + nachname);
    System.out.print(„Matrikelnummer: “);
    System.out.println(matrikelnummer);
  }
}
```

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
53

Überschreiben von Methoden unter Rückgriff auf die ursprüngliche Funktionalität (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

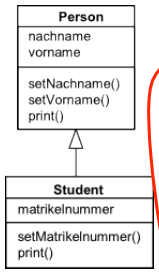
- Im gerade gezeigten Beispiel wurde print() überschrieben, um zusätzliche Datenfelder ausgeben zu können.
- Die ursprüngliche Logik musste dazu kopiert werden.
- Solche Fälle sollte man vermeiden – zudem kann aufgrund der gewählten Modifikatoren (private) nicht auf die auszugebenden Datenfelder in der Sohnklasse zugegriffen werden.
- Idealerweise muss also aus überschriebenen Methoden auf die Logik der Methoden der Superklassen zugegriffen werden können.

Überschriebene Instanzmethoden	Überschriebene Klassenmethoden
• Einer Basisklasse • können mit `super.methode()` • in der überschreibenden Instanzmethode aufgerufen werden	• einer bekannten Basisklasse • werden einfach durch Angabe des Klassennamens • mit `Klassenname.methode()` aufgerufen.

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
54

Überschreiben von Methoden unter Rückgriff auf die ursprüngliche Funktionalität (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



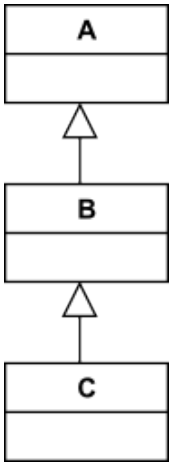

```
class Person {
  private String vorname;
  private String nachname;

  public void setNachname(String nn) { nachname = nn; }

  public void setVorname(String vn) { vorname = vn; }

  public void print() {
    System.out.print(„Name: “);
    System.out.println(vorname + „ “ + nachname);
  }
}
```

```
class Student extends Person {
  private int matrikelnummer;

  public void setMatrikelnummer(int mn) {
    matrikelnummer = mn;
  }

  public void print() {
    super.print();
    System.out.print(„Matrikelnummer: “);
    System.out.println(matrikelnummer);
  }
}
```


Besonderheiten bei der Vererbung

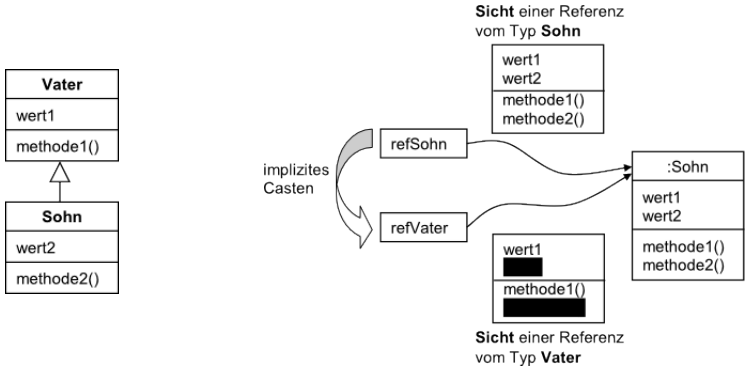
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Für den Einsatz der Vererbung muss man Kenntnisse über die Typkonvertierungen haben
- Wichtig: Ein Sohnobjekt ist immer vom Typ der eigenen Klasse, als auch vom Typ der Vaterklasse, der Vatervaterklasse, etc.
- Somit kann ein Objekt durchaus mehrere Typen haben.



Implizites „Upcasten“

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences




```
Sohn s = new Sohn();
Vater v = s;
```

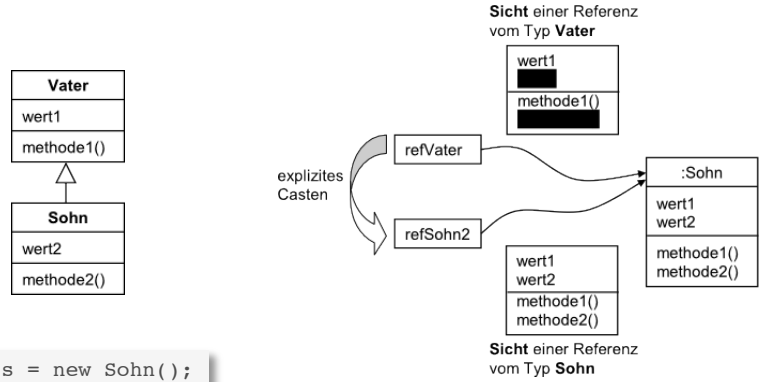
```
s.wert1
s.wert2
s.methode1()
s.methode2()
```

```
v.wert1
v.wert2
v.methode1()
v.methode2()
```

Die Referenz vom Typ Sohn sieht das gesamte Objekt, die vom Typ Vater sieht nur die Vateranteile

Explizites „Downcasten“

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



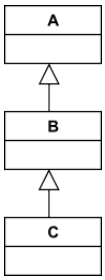

```
Sohn s = new Sohn();
Vater v = s;
Sohn s2 = (Sohn)v;
```

Eine explizite Typkonvertierung (cast) von Referenzen muss immer dann erfolgen, wenn bei einer Zuweisung eine Referenzvariable vom Typ Vater auf ein Objekt der Klasse Sohn zeigt und einer Referenzvariablen vom Typ Sohn zugewiesen wird.

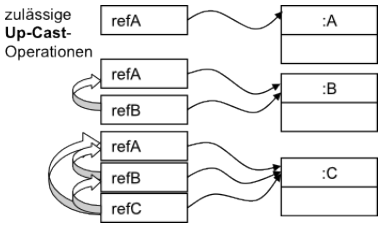
Casting im Überblick

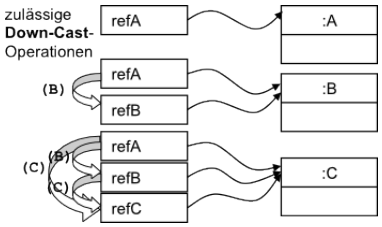
Zulässige implizite und explizite Type Casts

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Wenn oben stehende Klassenhierarchie gilt, dann sind die neben stehenden Cast Operationen zulässig

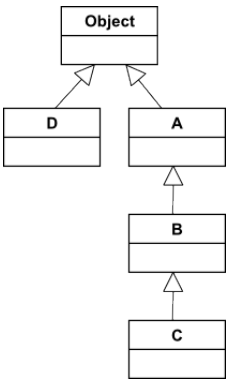




Funktioniert eine explizite Cast Operation zur Laufzeit nicht, wird eine Exception vom Typ ClassCastException geworfen. Implizite Casts können bereits zur Kompilierzeit geprüft werden.

Mini-Übung: Casting

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

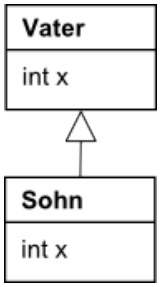


`B b = new C();`	Ja, impliziter Upcast
`A a = b;`	Ja, impliziter Upcast
`Object o = b;`	Ja, impliziter Upcast
`B b2 = new B();` `C c = (C)b2;`	Nein, expliziter Downcast aber b2 vom Typ B nicht C
`C c = (C)b;`	Ja, expliziter Downcast und b vom Typ C
`D d = (D)b;`	Nein, expliziter Cast aber b vom Typ C nicht D

Verdecken von Datenfeldern (I)
Nicht Überschreiben von Datenfeldern!!!

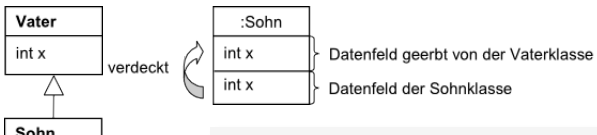
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Vom Verdecken von Datenfeldern spricht man, wenn in der Sohnklasse ein Datenfeld angelegt wird, das den gleichen Namen trägt wie ein von der Vaterklasse geerbtes Datenfeld
- Das Verdecken von Datenfeldern erfolgt grundsätzlich bei Namensgleichheit, der Typ eines Datenfeldes ist hier nicht relevant!
- Zugriff auf solche Felder erhält man (wie auch bei Methoden) mit der super-Referenz



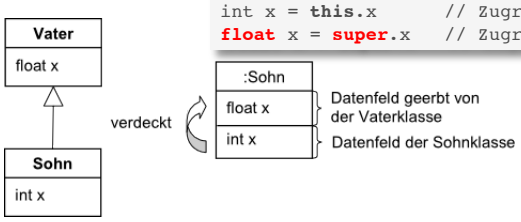
Verdecken von Datenfeldern (II)
Nicht Überschreiben von Datenfeldern!!!

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences




```
Sohn s = new Sohn();
// dann irgendwo innerhalb von s
int x = this.x      // Zugriff auf Datenfeld (Sohn)
int x = super.x     // Zugriff auf Datenfeld (Vater)
```

```
Sohn s = new Sohn();
// dann irgendwo innerhalb von s
int x = this.x      // Zugriff auf Datenfeld (Sohn)
float x = super.x   // Zugriff auf Datenfeld (Vater)
```



Finale Methoden und finale Klassen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Finale Methoden können in einer Subklasse nicht überschrieben werden
- Finale Klassen sind Klassen, von denen man zwar Objekte instantiieren kann, aber keine weiteren Klassen ableiten kann
- Hierzu nutzt man in JAVA das Schlüsselwort final

Deklaration finaler Methoden

```
class C {

  public void aenderbareMethode() { … }

  public final void finaleMethode() { … }
}
```

Deklaration finaler Klassen

```
final class C {

  …


}
```

Meist sind es konzeptionelle Gründe des Designs um finale Methoden und Klassen zu nutzen, häufig Sicherheitsgründe um z.B. zu verhindern das Trojanische Pferde von Hackern eingeschleust werden können (ein abgeleitetes Objekt kann überall dort stehen, wo auch ein (vertrauenswürdiges) Vaterobjekt stehen kann).

Abstrakte Klassen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- In Basisklassen kann nur die Schnittstelle (Signatur/ Methodenrumpf) einer Methode festgelegt werden, aber nicht die Implementierung
- Solche Methoden nennt man abstrakte Methoden
- Eine Klasse mit mindestens einer abstrakten Methode nennt man abstrakte Klasse
- Abstrakte Klassen und Methoden sind mit dem Schlüsselwort **`abstract`** zu versehen
- Von abstrakten Klassen können keine Objekte instantiiert werden
- Abstrakte Methoden werden üblicherweise dazu genutzt, um Logik zwar vorzusehen, ansprechbar zu machen, aber noch nicht implementieren zu müssen.
- Sie stellen eine Art Pluginmöglichkeit für nachträglich zu ergänzenden Code dar.

Beispiel einer abstrakten Klasse (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Definition der abstrakten Klasse Person, die Ausgabefunktionalität print ist zwar vorgesehen, aber noch nicht implementiert

```
abstract class Person {
  protected String vorname;
  protected String nachname;

  public void setNachname(String nn) { nachname = nn; }

  public void setVorname(String vn) { vorname = vn; }

  public abstract void print();
}
```

Ableitung der Klasse Student aus Person, nun muss auch die abstrakte Methode implementiert werden, damit Objekte instantiierbar sind.

```
class Student extends Person {
  private int matrikelnummer;

  public void setMatrikelnummer(int mn) {
    matrikelnummer = mn;
  }

  public void print() {
    System.out.print(„Name: “);
    System.out.println(vorname + „ “ + nachname);
    System.out.print(„Matrikelnummer: “);
    System.out.println(matrikelnummer);
  }
}
```


Beispiel einer abstrakten Klasse (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
Person s = new Student();
s.setNachname(„Mustermann“);
s.setVorname(„Max“);
s.print();
```

Erzeugt folgende Ausgabe:

```
Name: Max Mustermann
Matrikelnummer: 0
```

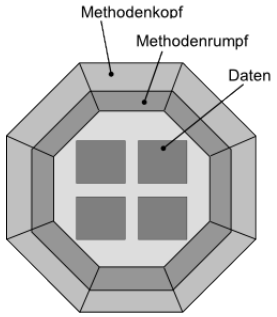
Obwohl die Implementierung von print() in der Klasse Person nicht vorgenommen wurde, sondern erst in Student!

Mittels abstrakten Methoden, kann man also Codebereiche vorsehen, die erst im Nachhinein hinzugefügt werden. Solche Arten von „Hooks“ werden gerne in der Frameworkprogrammierung genutzt, um Entwicklern im Nachhinein zu ermöglichen, problemspezifischen Code einzufügen.

Schnittstellen

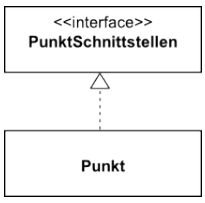
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Sie haben gesehen, dass mittels abstrakter Methoden einige Methoden zwar vorgesehen sind, aber noch nicht implementiert werden müssen.
- Zu diesen Methoden wird also eine Aufrufschnittstelle vorgesehen, aber noch nicht die Implementierung.
- Was ist eigentlich eine abstrakte Klasse, ausschließlich mit abstrakten Methoden?
- Die Beantwortung dieser Frage führt uns zu dem Konzept der Schnittstelle



Trennung von Spezifikation und Implementierung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



In der Schnittstellenspezifikation stehen nur die zu implementierenden Methodensignaturen

```
interface PunktSchnittstellen {
  public int getX();
  public int getY();
  public int setXY(int, int);
}
```

```
class Punkt implements PunktSchnittstellen {
  int x; int y;

  public int getX() { return x; }
  public int getY(); { return y; }
  public int setXY(int x, int y) {
    this.x = x;
    this.y = y;
  }
}
```

In der Klasse werden die zu implementierenden Methodensignaturen realisiert

Schnittstellen als Datentyp

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Eine Schnittstelle ist ein Referenztyp. Von ihm können Referenzvariablen gebildet werden, die auf Objekte zeigen, deren Klassen diese Schnittstellen implementieren.
- Schnittstellen können daher als Datentyp für Referenzvariablen oder Aufrufparameter in Methoden angegeben werden
- Dies bedeutet dann: Ein entsprechendes Objekt muss die Schnittstelle implementiert haben, d.h. von einer Klasse instantiiert, die eine Schnittstelle implementiert

Beispiel der Nutzung einer Schnittstelle als Referenzvariablentyp

```
Punktschnittstellen ps = new Punkt();
```

Beispiel der Nutzung einer Schnittstelle als Aufrufparametertyp

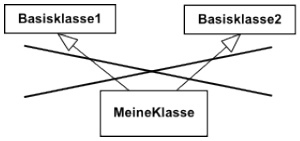
```
public void verschiebe(Punktschnittstellen ps, int x, int y) {
  ps.setXY(ps.getX() + x, ps.getY() + y));
}
```

!!! Wichtig !!! Ein Objekt von einer Klasse hat also nicht nur den Typ dieser Klasse (und aller Superklassen), sondern auch den Typ aller Schnittstellen, den diese Klasse implementiert (und aller Schnittstellen, die Superklassen implementieren).

Implementieren mehrerer Schnittstellen

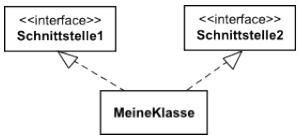
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Eine Klasse kann nur von einer (abstrakten) Klassen abgeleitet werden



Nicht möglich

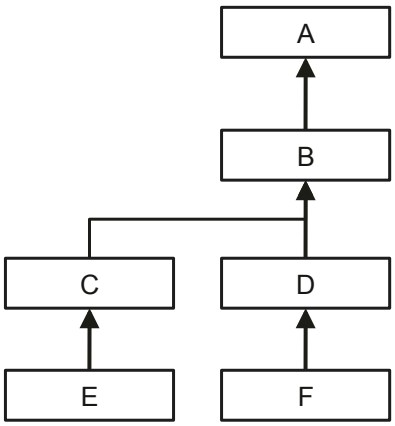
- Im Gegensatz dazu kann eine Klasse beliebig viele Schnittstellen implementieren



möglich

Miniübung: Typen bei Vererbungshierarchien

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences




```
B var = new B();
```

`var` hat die Typen: B, A

```
D var = new D();
```

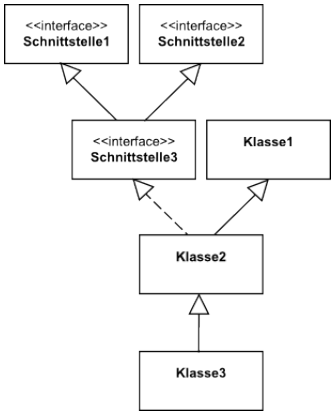
`var` hat die Typen: D, B, A

```
E var = new E();
```

`var` hat die Typen: E, C, B, A

Miniübung: Resultierende Typen bei Schnittstellen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Typen eines Objekts der Klasse1?

Klasse1

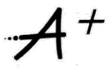
Typen eines Objekts der Klasse2?

Klasse2, Klasse1, Schnittstelle3, Schnittstelle1, Schnittstelle2

Typen eines Objekts der Klasse3?

Klasse3, Klasse2, Klasse1, Schnittstelle3, Schnittstelle1, Schnittstelle2

Zusammenfassung



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- **Klassen (Gruppierung von gleichartigen Objekten)**
  - Konformität
  - Ersetzbarkeit
- **Klassenhierarchien**
  - Superklassen
  - Subklassen
  - Überschreiben von Methoden
  - Ergänzen von Methoden und Datenfeldern
  - Finale und Abstrakte Klassen
- **Schnittstellen**
  - Trennung von Spezifikation und
  - Implementierung
- **Figurenbeispiel und Flächenberechnung**

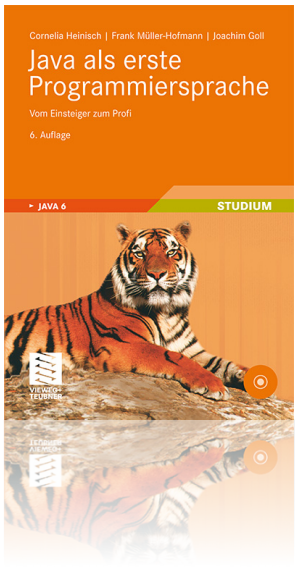
Themen dieser Unit

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Objekte	Klassen	Pakete	Exceptions
• Zugriffsmodifikatoren • Initialisierung • Instantiierung • `this` Referenz • Klasse `Object`	• Klassen (Gruppen gleichartiger Objekte) • Klassenhierarchien • Schnittstellen	• Programming in the small/large • Zugriffsmodifikatoren • Benennung	• Checked und Unchecked • Fangen und Behandeln • Ausnahmen werfen/ propagieren

Zum Nachlesen ...

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Kapitel 12

Pakete

12.1 Programmierung im Großen

12.2 Pakete als Entwurfseinheiten

12.3 Erstellung von Paketen

12.4 Benutzung von Paketen

12.5 Paketnamen

12.6 Gültigkeitsbereich von Klassennamen

12.7 Zugriffsmodifikatoren

Pakete

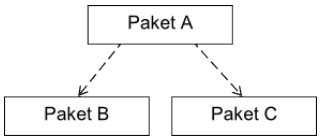
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Eine moderne Programmiersprache soll das Design eines Programms unterstützen
- Wichtig hierbei ist es, Programme in Programmeinheiten zu unterteilen
- Dies dient der Strukturierung von Programmen oder der sogenannten „Programmieren im Großen“
- Programmeinheiten sind grobkörnige Teile eines Programms die einen Namen tragen
- In JAVA sind dies Pakete
- Pakete tragen einen Namen und können Klassen, Schnittstellen und Unterpakete umfassen

Pakete als Entwurfseinheiten

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Pakete stellen die gröbsten Strukturierungseinheiten der OO-Technik dar
- Pakete werden im Rahmen des Entwurfs der Software konzipiert



Schichtenmodell für Pakete. Der Pfeil bedeutet hier benutzt.

Pakete bilden eigene Bereiche für den Zugriffsschutz (Information Hiding)

Pakete bilden Namensräume um Namenskonflikte bei identischen Namen für Klassen oder Schnittstellen zu vermeiden

Pakete sind größere Einheiten für die Strukturierung von objektorientierten Systemen als Klassen

Erstellung von Paketen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Ein Paket wird definiert, indem alle Dateien des Pakets mit der Deklaration des Paketnamens versehen werden
- Die Deklaration des Paketnamens erfolgt mittels des Schlüsselworts package

Datei: Artikel.java

```
package lagerverwaltung;

public class Artikel {
  private String name;
  private float preis;

  public Artikel(String n, float p) {
    name = n;
    preis = p;
  }

  // weitere Methoden der Klasse
}
```

Datei: Regal.java

```
package lagerverwaltung;

public class Regal {

  ...

}
```

Regeln bei der Erstellung von Paketen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Paketbezeichner werden konventionsgemäß kleingeschrieben
- Für eine Datei kann nur eine Paketdeklaration angegeben werden
- Enthält eine Datei eine public Klasse, so muss der Dateiname gleich sein, wie der Klassenname der public Klasse
- Enthält eine Datei keine public Klasse, so kann der Dateiname beliebig sein (syntaktische Zulässigkeit vorausgesetzt)
- Maximal eine Klasse einer Quellcode-Datei kann public sein
- Soll eine Klasse aus einem anderen Paket heraus nutzbar sein, so muss sie public sein, ansonsten ist sie nur innerhalb des Pakets als Serviceklasse (Hilfsklasse) nutzbar
- Ein Paket kann Unterpakete enthalten. Diese werden durch . voneinander getrennt. Bsp. Das Paket `teilpaket` ist Unterpaket des Pakets `hauptpaket`, so würde man schreiben
- `package hauptpaket.teilpaket;`

Paketnamen Konvention
Umgekehrte Domain-Namen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Um bei großen Projekten Namenskollisionen zu vermeiden
- und um unkompliziert Klassenbibliotheken unterschiedlicher Hersteller verwenden zu können
- Gilt folgende Konvention für Anbieter von JAVA-Paketen
  - Gliederung der eigenen Pakete unter dem Internet-Domain-Namen des Herstellers in umgekehrter Reihenfolge
  - z.B. alle Pakete des Herstellers SUN (http://www.sun.com) werden unter
  - com.sun eingegliedert
- Für die Fachhochschule Lübeck gelte demnach?

Paketnamen Konvention
Beispiel: Softwarepakete der FH-Lübeck

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Für Pakete die im Rahmen dieser Vorlesung entstehen, könnte z.B. gelten?

`http://www.fh-luebeck.de`

↓

`de.fhl.prog`

Hinweis: *Bindestriche dürfen in Paketnamen nicht auftauchen. In URLs sehr wohl.*

Paketnamen und Verzeichnisstruktur

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Die Paketstruktur in JAVA wird in die Verzeichnisstruktur des Rechners umgesetzt
- Nach Paketen wird auf einem Rechner unterhalb eines sogenannten CLASSPATH gesucht
- Der CLASSPATH zeigt auf ein oder mehrere Verzeichnisse auf dem Rechner, in dem/denen nach JAVA Paketen gesucht wird
- Steht der CLASSPATH bspw. auf
  - `C:\projekte\projekt1`
- Und soll auf die Klasse `Beispiel` im Paket `prinzip` zugegriffen werden, so wird die Klasse Beispiel im Verzeichnis
  - `C:\projekte\projekt1\prinzip`

CLASSPATH | package

- gesucht

Bedeutung der Paketnamen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Paketnamen bestehen aus Komponenten, die durch Punkte voneinander getrennt sind
- Einerseits bietet dies eine visuelle Strukturierung
- Andererseits existiert eine Entsprechung im Dateisystem, die dem Compiler sagen, wo welche Klassendateien zu finden sind

- Beispiel:
  - Klassen aus dem Paket **`com.sun.image.codec.jpeg`**
  - Werden im relativ zum **`CLASSPATH`** im Verzeichnis
  - **`com/sun/image/codec/jpeg`** gesucht.

!!! Wichtig zu wissen !!!
- Verzeichnisnamen entsprechen Paketnamen
- Paketnamen werden stets vollständig klein geschrieben
- Jedes Unterpaket stellt ein Unterverzeichnis dar

Benutzung von Paketen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Genauso wie die Komponenten einer Klasse (Datenfelder und Methoden) mit Hilfe des Punktoperators angesprochen werden können, so können auch die Komponenten von Paketen (Klassen, Schnittstellen und Unterpakete) mit Hilfe des Punktoperators angesprochen werden.

Beispielsweise ist die Klasse **`Vector`** im Unterpaket **`util`**, welches sich wiederum im Paket **`java`** befindet. Es kann also wie folgt angesprochen werden:

```
java.util.Vector
```

!!! Wichtig zu wissen !!!
- Mittels public deklarierte Klassen können mittels der import Vereinbarung in anderen Paketen sichtbar gemacht werden
- Eine (oder mehrere) import Anweisung steht immer hinter einer package Anweisung, aber vor dem Rest des Programms.

Zwei Varianten des Importierens

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Import-Variante 1

```
{ggf. package Anweisung}
import java.util.Date;

Date d = new Date();
java.util.Vector v = new java.util.Vector();
```

Importieren genau einer Klasse aus einem Paket

Import-Variante 2

```
{ ggf. package Anweisung }
import java.util.*;

Date d = new Date();
Vector v = new Vector();
```

Importieren aller Klassen aus einem Paket

Hinweis: *Import-Variante 2 kann zu Namenskollisionen führen, wenn in zwei importierten Paketen dieselben Klassennamen genutzt werden. Dann muss auf die häufig schreibaufwändigere Import-Variante 1 zurückgegriffen werden.*

Gültigkeitsbereich von Klassennamen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Unter einem Gültigkeitsbereich eines Namens in einer Programmiersprache versteht man den Quelltextbereich, in dem ein vergebener Name bekannt ist.

Der **Gültigkeitsbereich eines Klassennamens** in JAVA erstreckt sich **über alle Dateien in einem Paket**. Der Compiler geht in JAVA mehrfach über den Quellcode, bis er alle Klassendeklarationen gefunden hat.

!!! Wichtig zu wissen !!!

- Innerhalb eines Pakets definierte Klassen müssen also nicht mittels import bekannt gemacht werden, auch wenn sie in unterschiedlichen Dateien definiert werden
- Dies gilt auch wenn Quelltextdateien nicht explizit einem Paket zugewiesen werden (dies entspricht dem Paket default)
- **Imports werden erst sinnvoll wenn paketübergreifend gearbeitet wird.**

Zugriffsmodifikatoren

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Zur Regelung des Zugriffsschutzes in JAVA gibt es die Zugriffsmodifikatoren **public, protected und private**.

Ohne Zugriffsmodifikator ist der Zugriffsschutz default. Beachten Sie das default kein Schlüsselwort in JAVA ist, aber einen gültigen Zugriffsschutz bildet. Default wird immer angenommen, wenn weder public, protected oder private angegeben wurden.

Klassen und Schnittstellen	Methoden und Datenfelder
• Default (friendly) • `public`	• Default (friendly) • `public` • `protected` • `private`

Der Zugriffsschutz in JAVA ist klassenbezogen, nicht objektbezogen definiert !!! (Beispiel folgt bei Erläuterung von private!)

Zugriffsschutz für
Klassen, Schnittstellen und Datenfelder, Methoden

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

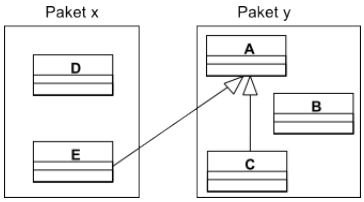
Unten stehendes Diagramm veranschaulicht mögliche Zugriffsfälle bezogen auf die Klasse **A**. Die Zugriffe erfolgen auf **A** von Klassen **B, C, D** und **E**.

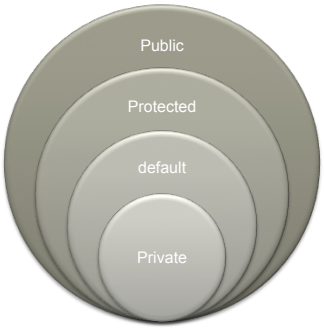
B ist eine Klasse **in demselben Paket** wie A.

C ist eine von A **abgeleitete Klasse in demselben Paket** wie A.

D ist eine Klasse **außerhalb des Pakets** der Klasse A.

E ist eine **von A abgeleitete Klasse außerhalb des Pakets** von A.



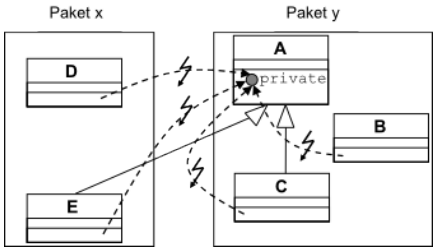


Veranschaulichung der Erweiterung des Zugriffs-umfangs bei den gezeigten Zugriffsmodifikatoren

Zugriffsmodifikator private (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Datenfelder/Methoden	Klassen/Schnittstellen
• Auf Datenfelder und Methoden kann nur innerhalb der Klassendefiniton zugegriffen werden. • Auch aus abgeleiteten Klassen oder Klassen desselben Pakets kann nicht zugegriffen werden • Aus fremden Paketen **(auch keinen Unterpaketen)** kann nicht auf private Datenfelder und Methoden zugegriffen werden.	• Es gibt keine private Klassen/Schnittstellen



Zugriffsmodifikator private (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Auch folgender Zugriff ist dann erlaubt, da der **Zugriffsschutz in JAVA klassenbezogen** definiert ist.

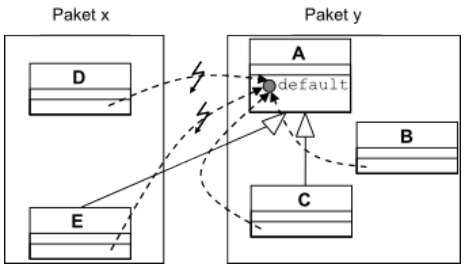
```
public class Punkt {
  private int x;

  public void func(Punkt p) {
    int help = p.x;
    p.x = help;
    x = help;
  }
}
```

Hinweis: Es gibt auch OO-Sprachen (z.B. Ruby), bei denen der Zugriffsschutz objektbezogen ist. Dann würde das obige Bsp. nicht funktionieren, da dann jedes einzelne Objekt nur auf seine private Datenfelder/Methoden mittels der this-Referenz zugreifen kann.

Zugriffsschutz default

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

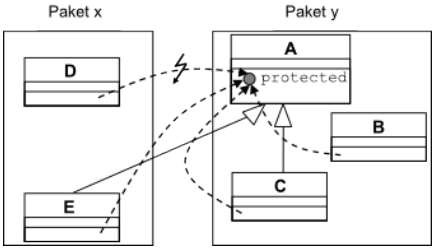
Datenfelder/Methoden	Klassen/Schnittstellen
• Auf Datenfelder und Methoden kann aus im gleichen Paket befindlichen Klassen zugegriffen werden. • Aus fremden Paketen **(auch keinen Unterpaketen)** kann nicht auf default Datenfelder und Methoden zugegriffen werden.	• Default Klassen sind nur für Klassen/ Schnittstellen desselben Pakets sichtbar • Default Klassen können nicht importiert werden • Schnittstellen können nicht default sein • Auch in Unterpaketen ist eine default Klasse/Schnittstelle nicht sichtbar



Zugriffsmodifikator protected (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

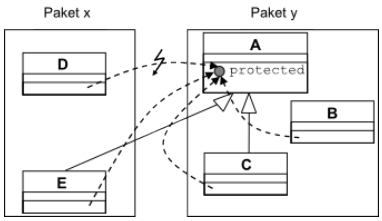
Datenfelder/Methoden	Klassen/Schnittstellen
• Zugriff auf Datenfelder und Methoden • aus allen Klassen desselben Pakets • aus allen Unterklassen des definierenden Pakets (auch aus fremden Paketen/Unterpaketen) • **sofern der Zugriff auf die geerbten Datenfelder und Methoden erfolgt**	• Es gibt keine protected Klassen/ Schnittstellen



Zugriffsmodifikator protected (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Zugriff auf Datenfelder und Methoden aus allen Unterklassen **sofern** der **Zugriff** auf die **geerbten** Datenfelder und Methoden erfolgt.




```
package y;

public class A
  protected Object data;
  protected void m() { ... }
}
```

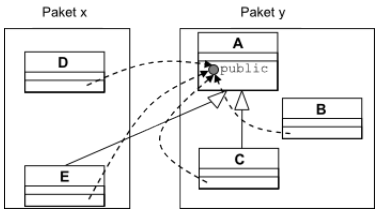
```
package x;

public class E extends y.A
  protected void m() {
    data = null;
    // Zugriff auf geerbtes Datenfeld
    // funktioniert
  }
}
```

```
package x;

public class E extends y.A
  protected void m() {
    A refA = new A();
    refA.data = null;
    // Zugriff über Referenz auf Datenfeld
    // funktioniert nicht (da in anderem
    // package definiert)
  }
}
```


Zugriffsmodifikator public

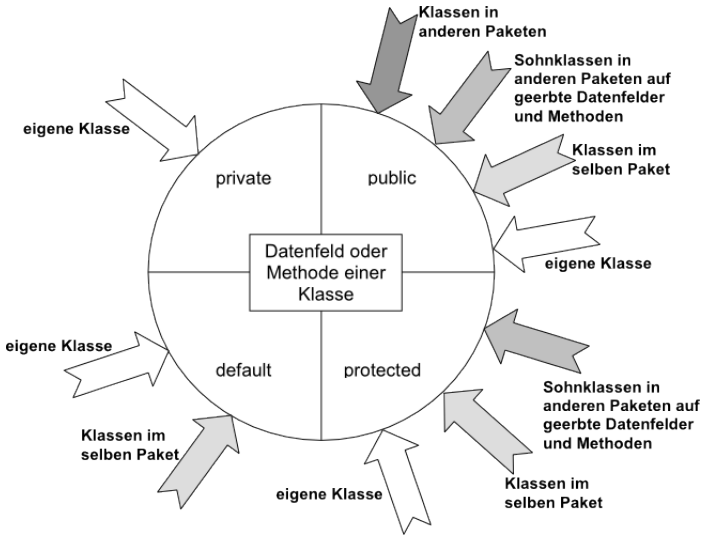
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Datenfelder/Methoden	Klassen/Schnittstellen
• Auf Datenfelder und Methoden kann von allen Klassen und aus allen Paketen zugegriffen werden	• Public Klassen und Schnittstellen sind für Klassen/Schnittstellen alle Pakete sichtbar



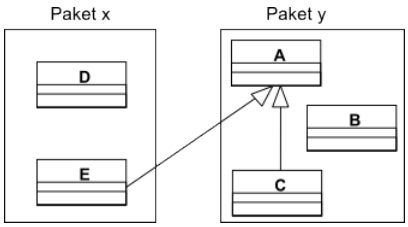
Übersicht aller Zugriffsmodifikatoren

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Tabellarische Übersicht aller Zugriffskombinationen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Bis auf **`protected`** ist der Zugriffsschutz gleich, egal ob auf geerbte Datenfelder und Methoden zugegriffen wird, oder ob in der entsprechenden Klasse ein neues Objekt der Klasse `A` angelegt wird und auf dessen Datenfeldern und Methoden zugegriffen wird (vgl. auch Zugrifsmodifikator `protected` in diesem Handout).

hat Zugriff auf	`private` Datenfelder und Methoden	default Datenfelder und Methoden	`protected` Datenfelder und Methoden	`public` Datenfelder und Methoden
Klasse `A` selbst	Ja	Ja	Ja	Ja
Klasse `B` gleiches Paket	Nein	Ja	Ja	Ja
Subklasse `C` gleiches Paket	Nein	Ja	Ja	Ja
Subklasse `E` anderes Paket	Nein	Nein	Ja/Nein	Ja
Klasse `D` anderes Paket	Nein	Nein	Nein	Ja

Auswirkungen des Zugriffschutzes auf Konstruktoren

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

`private` Konstruktoren

- Objekte dieser Klassen können nur aus der Klasse selber heraus instantiiert werden

Konstruktoren mit Zugriffsschutz default

- Nur Klassen innerhalb des eigenen Pakets können den Konstruktor aufrufen und Objekte instantiieren

`protected` Konstruktoren

- Nur Klassen innerhalb des eigenen Pakets können den Konstruktor aufrufen und Objekte instantiieren
- Abgeleitete Klassen außerhalb des Pakets können keinen Objekte instantiieren, nur im Rahmen der eigenen Instantiierung den Konstruktor der Vaterklasse mittels `super()` aufrufen

Klassen ohne Konstruktoren

- Greifen auf den vom Compiler bereitgestellten default Konstruktor zurück
- Dieser hat den Zugriffsschutz der Klasse (`public` oder default)

Zugriffsmodifikatoren beim Überschreiben

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

!!! Wichtig !!! Man darf die Zugriffsmodifikatoren einer überschriebenen Methode zwar ändern, aber niemals einschränken.

Zugriffsmodifikatoren in der Superklasse	Zugriffsmodifikatoren in der Subklasse
`private`	Kein Überschreiben möglich, aber neue Definition im Sohn.

default	default
	`protected`
	`public`

`protected`	`protected` `public`
`public`	`public`

Dies hat mit dem Liskovschen Substitutionsprinzip zu tun. Würde man die Zugriffsrechte beim Überschreiben einer Methode einschränken, so könnte nicht an jeder Stelle, an der ein Vater verlangt wird, ein Sohn stehen – der Vertrag der Vaterklasse wäre verletzt, da die Vorbedingung verschärft wurde.

Zusammenfassung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Pakete als Entwurfseinheiten
  - Strukturierung
  - Information Hiding
- Erstellung von Paketen und Benennungskonventionen
- Importieren von Paketen
- Zugriffsmodifikatoren bei Paketen
- Liskovsches Prinzip beim Ändern der Zugriffsmodifikatoren überschriebener Methoden (und Klassen)

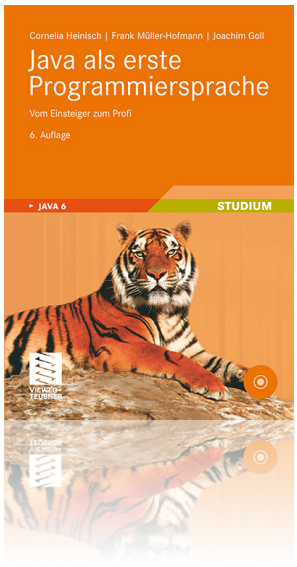
Themen dieser Unit

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Objekte	Klassen	Pakete	Exceptions
• Zugriffsmodifikatoren • Initialisierung • Instantiierung • `this` Referenz • Klasse `Object`	• Klassen (Gruppen gleichartiger Objekte) • Klassenhierarchien • Schnittstellen	• Programming in the small/large • Zugriffsmodifikatoren • Benennung	• Checked und Unchecked • Fangen und Behandeln • Ausnahmen werfen/ propagieren

Zum Nachlesen ...

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Kapitel 13

Ausnahmebehandlung

13.1 Das Konzept des Exception Handling

13.2 Implementierung von Exception-Handlern

13.3 Ausnahmen vereinbaren und auswerfen

13.4 Exception-Hierarchie

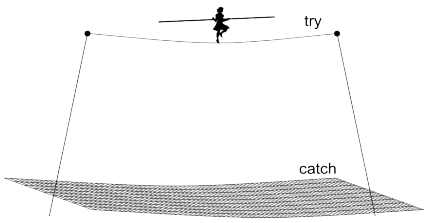
13.5 Ausnahmen behandeln

13.6 Vorteile des Exception-Konzeptes

Das Konzept des Exception Handling

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

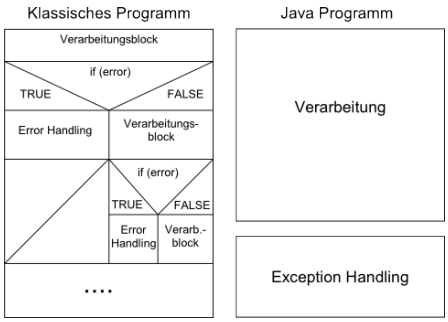
- Eine Exception stellt ein Laufzeitereignis dar, das zum Versagen eines Programms führen kann, bspw.
  - Arithmetischer Überlauf
  - Mangel an Speicherplatz
  - Verletzung von Array-Grenzen, etc.
- Formal betrachtet, tritt in einer Methode eine Exception auf, wenn trotz erfüllter Vorbedingung die Nachbedingung der Methode verletzt wird.



Ziel des Exception Handling Konzepts

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Trennung des normalen Code (Logik)
- vom Fehler behandelndem Code



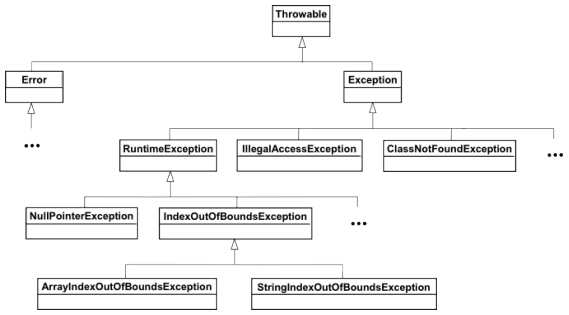
Ideale Darstellung

Exception Handling soll die eigentliche Programmlogik von der Fehlerbehandlung befreien.

Exceptions ermöglichen einer Bibliothek, Ausnahmezustände an das aufrufende Programm zu melden und Daten über die Ursachen bereitzustellen.

Die Exception Hierarchie (JAVA)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



- Alle Exceptions haben in JAVA eine gemeinsame Basisklasse, die Klasse Throwable.
- Es lassen sich drei Kategorien von Exceptions unterscheiden.
  - Errors (unchecked)
  - Runtime Exceptions (unchecked)
  - Normale Exception (checked)

Checked und unchecked Exceptions

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Nicht alle Exceptions müssen vom Programmierer abgefangen und bearbeitet werden. Man unterscheidet die folgenden Exceptionarten:

Checked Exceptions

- Müssen abgefangen werden
- Bzw. muss in throws Klausel angegeben werden
- Compiler prüft (check – daher der Name) die Behandlung dieser Ausnahmen zur Compilezeit

Alle anderen Exceptions

Unchecked Exceptions

- Müssen nicht abgefangen werden
- Müssen nicht in throws Klauseln angegeben werden
- Compiler prüft nicht gegen diese Exceptions, da sie nur zur Laufzeit entstehen können und durch statische Codeanalysen nur schwer vorhersagbar sind

`Error`

`RuntimeException`

Die drei Exception Arten (Klassen)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Error

- Schwerwiegender Fehler in der virtuellen Maschine
- Solche Fehler sollten zur Laufzeit nicht auftreten und sind durch Programme schwer zu heilen, wenn sie auftreten
- Bspw.: OutOfMemory-Exception
- **Error können, müssen aber nicht dem Exception Handling unterworfen werden**

RuntimeException

- Laufzeit Fehler in der virtuellen Maschine
- Keine „harten“ Fehler der virtuellen Maschine, sondern durch die Programmierung begründet
- Bspw.: NullPointer-Exception, ArrayIndex-OutOfBoundException
- Solche Fehler können prinzipiell bei jedem Zugriff auf Datenfeld entstehen und es ist kaum praktikabel diese alle zu fangen
- **RuntimeExcpetions können daher, müssen aber nicht dem Exception Handling unterworfen werden**

Alles andere von Exception abgeleitete

- Exceptions die nicht in erster Linie auf Programmierfehler zurückzuführen sind, sondern bewusst von Bibliotheken ausgelöst werden, um auf Ausnahme-zustände von Bedeutung hinzuweisen
- **Diese Exceptions müssen dem Exception Handling unterworfen werden.**

Beispiele für Exceptions

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Error (checked)

Exception	Erklärung
`AbstractMethodError`	Versuch, eine abstrakte Methode aufzurufen
`InstantiationError`	Versuchtes Anlegen einer Instanz einer abstrakten Klasse oder einer Schnittstelle
`OutOfMemoryError`	Es konnte kein Speicher allokiert werden
`StackOverflowError`	Der Stack ist übergelaufen

RuntimeException (unchecked)

Exception	Erklärung
`ArithmeticException`	Ein Integerwert wurde durch Null dividiert
`ArrayIndexOutOfBoundsException`	Auf ein Feld mit ungültigem Index wurde zugegriffen
`ClassCastException`	Cast wegen fehlender Typverträglichkeit nicht möglich
`NullPointerException`	Versuchter Zugriff auf ein Datenfeld oder eine Methode über die `null`-Referenz

Checked Exceptions

Exception	Erklärung
`ClassNotFoundException`	Eine Klasse wurde weder im aktuellen Verzeichnis noch in dem Verzeichnis, welches in der Umgebungsvariable `CLASSPATH` angegeben ist, gefunden
`CloneNotSupportedException`	Ein Objekt sollte kopiert werden, welches das Cloning aber nicht unterstützt
`IllegalAccessException`	Ein Objekt hat eine Methode aufgerufen, auf die es keinen Zugriff hat

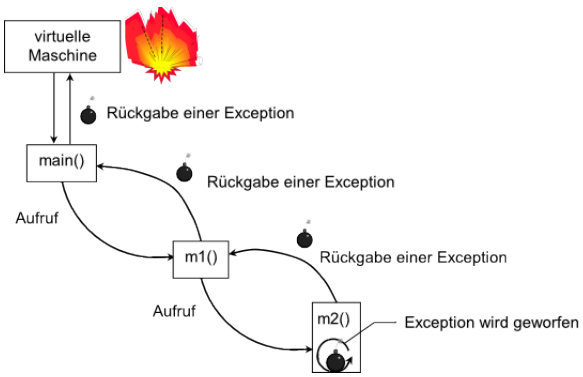
Grundprinzip des Exception Mechanismus

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Laufzeitfehler oder vom Entwickler gewollte Bedingung löst Exception aus
- Behandlung in ein einem Programmteil oder Weitergabe
- Bei Weitergabe hat der Empfänger erneut die Möglichkeit die Exception zu behandeln oder weiterzugeben
- Wird die Ausnahme von keinem Programmteil behandelt, führt sie zum Abbruch der Applikation

Propagieren von Exceptions

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Eine Methode muss Exceptions, die sie auslöst, nicht selber abfangen. Dies kann auch in einer sie aufrufenden Methode erfolgen. Man sagt, Exceptions werden **propagiert**. Nicht in einer Methode behandelte Exceptions werden also an den jeweiligen Aufrufer der Methode weitergereicht.

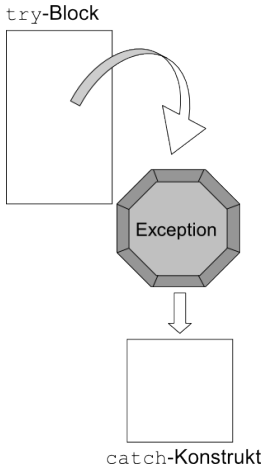
Behandlung von Exceptions `try-catch` Anweisung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Syntax:

```
try {
  anweisung;
} catch (Ausnahmetyp ex) {
  anweisung;
}
```

- Der **`try`-Block** enthält eine oder mehrere Anweisungen, bei deren Ausführung Exceptions entstehen können.
- In diesem Fall wird die normale Programmausführung unterbrochen und die Anweisungen im **`catch`-Block** zur Behandlung der Exception ausgeführt.



Behandlung von Exceptions Beispiel (leere Liste)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
try {
  List v = new LinkedList();
  int i = (Integer)v.elementAt(1);
  System.out.println(„Dies wird nicht mehr ausgegeben.“);
} catch (Exception e) {
  System.out.println(„Exception: " + e.getClass());
  System.out.println(“Message: " + e.getMessage());
}
System.out.println(“Weiter - als wäre nichts gewesen.");
```

In diesem Beispiel löst die Methode `elementAt` eine `IndexOutOfBoundException` aus, die in der `catch` Klausel gefangen und behandelt wird.

!!! Wichtig !!! Falls ein Handler gefunden wird, werden die Anweisungen des Handlers als nächstes ausgeführt und das Programm nach den Handlern fortgesetzt.

Exception-spezifische `catch` Klauseln

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Ausnahmen werden durch die `Exception` Klasse oder davon abgeleitete Unterklassen repräsentiert.
- Hierdurch ist es möglich mehrere Exceptionklassen durch mehrere `catch` Blöcke abzufangen und spezifisch zu behandeln.
- Z.B. Division by Zero anders als IO Exceptions bei Dateioperationen

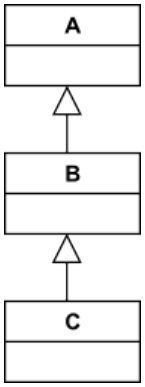
```
try {
  ...
}
catch (ArrayOutOfBoundException e) { ... }
catch (NumberFormatException e) { ... }
catch (IndexOutOfBoundException e) { ... }
```

Hinweis: Existieren mehrere Handler, so müssen diese unmittelbar hintereinander folgen. Normaler Code zwischen den Handlern ist nicht erlaubt.

Reihenfolge der Handler beachten

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Die Suche nach dem Handler erfolgt von oben nach unten
- Ein Handler für Exceptions der Klasse A passt infolge des Polymorphie-Konzepts der Objektorientierung auch auf Exceptions aller von A abgeleiteten Klassen
- Zuerst müssen die Handler für die spezialisierten Klassen der Exception-Hierarchie aufgelistet werden
- Je spezialisierter eine Exceptionklasse ist, desto früher muss Ihr Handler formuliert werden, andernfalls wird dieser Handler niemals aufgerufen, sondern der Handler für die generellere Exception.



Miniübung: Handlerreihenfolge (I)

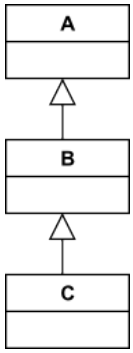
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Es können in einem Stück Programm die drei gezeigten Exceptions A, B und C auftreten. Alle sollen so spezifisch wie möglich behandelt werden.

Wie müssen Sie die Handler schreiben?

```
try { ... }
catch (A e) { ... }    // wird bei A, B oder C betreten
catch (B e) { ... }    // wird nie betreten
catch (C e) { ... }    // wird nie betreten
```

```
try { ... }
catch (C e) { ... }    // wird nur bei C betreten
catch (B e) { ... }    // wird nur bei B betreten
catch (A e) { ... }    // wird nur bei A betreten
```



Miniübung: Handlerreihenfolge (II)

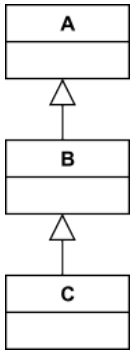
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Bei welcher Exception werden die entsprechenden Handler aufgerufen?

```
try { ... }
catch (C e) { ... }
catch (A e) { ... }
catch (B e) { ... }
```
```
// wird nur bei C betreten
// wird bei A und B betreten
// wird nie betreten
```

```
try { ... }
catch (B e) { ... }
catch (C e) { ... }
catch (A e) { ... }
```
```
// wird nur bei B und C betreten
// wird nie betreten
// wird nur bei Ex. A betreten
```

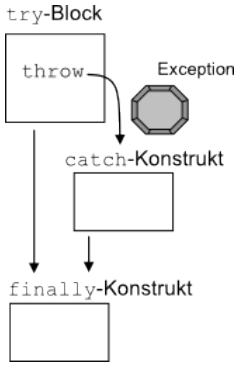
```
try { ... }
catch (B e) { ... }
catch (A e) { ... }
catch (C e) { ... }
```
```
// wird nur bei B und C betreten
// wird nur bei A betreten
// wird nie betreten
```



Die `finally` Klausel

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Mit der optionalen `finally` Klausel kann ein Block definiert werden, der immer aufgerufen wird, wenn der zugehörige `try` Block betreten wurde.
- Der `finally` Block wird aufgerufen, wenn
  - Das normale Ende des `try`-Blocks erreicht wurde
  - Eine Ausnahme aufgetreten ist, die durch eine catch Klausel gefangen wurde
  - Wenn eine Ausnahme aufgetreten ist, die nicht durch eine `catch` Klausel gefangen wurde
  - Der `try`-Block durch ein `break` oder `return` Sprunganweisung verlassen werden soll.




```
try { ... }
catch (Exception e) { ... }
finally { ... }
```

Hinweis: Es ist nicht zwingend erforderlich, das Exceptions in einem catch Block gefangen werden. Werden keine catch Blöcke angegeben, ist jedoch ein finally Block anzugeben.

Ausnahmen werfen
throw Klausel

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Mit Hilfe der `throw`-Anweisung können Exceptions erzeugt werden.
- Methoden in denen dies erfolgen kann, müssen dies in ihrer Signatur mittels `throws` deutlich machen.
- Die Behandlung solcher Ausnahmen folgt den gezeigten Regeln.

```
public boolean isPrim(int n) throws ArithmeticException {
  if (n <= 0) throw new ArithmeticException(„n < 0“);
  if (n == 1) return false;
  for (int i = 2; i <= n/2; i++)
    if (n % i == 0)
      return false;
  return true;
}
```


Ausnahmen ankündigen
throws Klausel

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- **Wichtig zu wissen:**
  - **Kann eine Methode eine Checked Exception auslösen, so muss Sie dies mittels einer throws Klausel angeben**
  - **Unchecked Exceptions können auch OHNE throws Klausel geworfen werden**
- Durch die throws Klausel informiert eine Methode den Aufrufer (und den Compiler) über eine mögliche abnormale Rückkehr aus der Methode
- Guter Programmierstil ist es daher, jede mit einer throw Anweisung geworfene Exception auch in der throws Klausel des Methodenkopfes anzugeben (egal ob checked oder unchecked Exception).

Eigene Ausnahmen definieren

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Haben Ausnahmen ganz bestimmte spezifische Eigenschaften, die im Klassenbaum der Exceptions noch nicht vertreten sind,
- so vereinbart man üblicherweise eine spezielle neue Ausnahmeklasse.
- Eine Ausnahmeklasse unterscheidet sich nicht von einer „normalen“ Klasse, außer dass sie von Throwable abgeleitet ist (zumeist von Exception).
- Die besondere Bedeutung erhält sie durch die Verwendung in throw Anweisungen und in catch Konstrukten.

Eigene Ausnahmen
definieren, werfen, fangen und behandeln

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
class MyException extends Exception {
  public MyException() {
    // Aufruf des Konstruktors der Klasse Exception.
    // Ihm wird ein Fehlertext übergeben und im Objekt
    // gespeichert (Logik geerbt von der Klasse Throwable).
    super(„Fehler ist aufgetreten“);
  }
}
```

definieren

```
try {
  MyException ex = new MyException();
  throw ex;
  // Na[...]weisungen würden nie
  // ausgeführt werden
}
catch (MyException ex) {
  System.out.println(ex.getMessage());
}
```

werfen

fangen

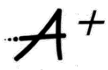
behandeln

Vorteile des Exception Handlings

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Eine saubere Trennung des Codes in „normalen“ Code und in Fehlerbehandlungscode
- Nachlässigkeiten beim Programmieren werden bei checked Exceptions bereits zur Kompilierzeit und nicht erst zur Laufzeit entdeckt.
- Propagieren einer Exception erlaubt, diese auch in einem umfassenden Block oder in einer aufrufenden Methode zu behandeln
- Da Exception-Klassen in einem Klassenbaum angeordnet sind, können spezialisierte Handler oder generalisierte Handler geschrieben werden.
- Durch die Möglichkeit der Definition eigener Exceptions, ist es einfacher möglich spezielle Fehlerbehandlungskonzepte für Frameworks, Bibliotheken und Applikationen zu entwickeln.

Zusammenfassung



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Konzept und Ziele des Exception Handling
- Checked und Unchecked Exceptions
- Der Exception Mechanismus
- Propagieren von Exceptions
- Fangen und Behandeln von Exceptions
  - Try Klausel
  - Catch Klausel (und Handlerreihenfolge)
  - Finally Klausel
- Ausnahmen werfen (throw) und ankündigen (throws)
- Eigene Ausnahmen definieren, werfen, fangen und behandeln
- Vorteile des Exception Konzepts