

Contents

Nested Classes	3
Statische Attributklasse (static nested class)	3
Innere Klasse (non-static nested class)	3
Lokale Klasse	4
Anonyme Klasse	4
Initialisierung	4
Static Initialisierung	4
Non-Static Initialisierung	5
Lazy Initialisierung	5
for-Schleifen	6
old school	6
forEach (neu)	6
Varargs	6
Variable Parameterliste	6
Aufzählung (enum)	7
Definition	7
Definition mit Konstruktor	7
Generics	8
Initialisierung	8
nicht-parametrisierte Verwendung (raw type)	9
parametrisierte Verwendung	9
Eigene Generic Klasse	10
Generics & Vererbung	10
Array von Generics	11
Bounds	11
Wildcards	11
Generische Methoden	13
Autoboxing	14
Collections & Map	14
Annotations	15
@Deprecated	15
@Override	15
@SuppressWarnings	16
Selbstdefinierte Annotations	16
Lambdas	18
Functional Interfaces	18

forEach	20
Streams	20
Erneuerungen in Java von 6 - 23	22
Java 6	22
Java 7	22
Java 9 & 10	23
Java 11	23
Java 14	23
Java 15	24
Java 16	24
Java 17	25
JUnit	25
Überprüfungsmethoden	25
Fixture	25
Hierarchische Gliederung (Suites)	26
assertThat & Matchers	26
assertAll	27
assertTimeout	27
assertThrows	28
Repeated Tests	28
Parameterized Test	28
Robustheit & Performance	30
Modifier	30
Visibility	30
Konstanten	30
Immutable Klassen	31
Gleichheit vs. Identität	32
HashCode	33
equals() vs. Comparable.compareTo()	34
Comparable vs. Comparator	35
Exceptions	35
Währungen	36
Performance	37
Objekterzeugung	37
Object Caching	37
Memory Leaks	38
Zeit messen	38
Serialisierung	38
Serializable Interface	39
Default Serialisierung	39
Modifizierte Serialisierung	39

Externalisierung 41

- trivia
- iterable bzw. interfaces allgemein
- comparator allgemein

Nested Classes

Statische Attributklasse (static nested class)

```
class Outer() {  
    // attr., methods ...  
    static attr; // Zugriff durch Inner möglich  
  
    static class Inner { // abstract, final / public, protected, private  
        // attr., methods ...  
    }  
}  
  
public static void main() {  
    Outer.Inner x = new Outer.Inner(); // aus Sicht einer dritten Klasse  
    Inner x = new Inner();  
}
```

- kann nur auf statische Elemente der Hüllklasse (Outer) zugreifen
- Innere Klasse kann ohne ein Obj. der Hüllklasse (Outer) instanziiert werden

Anwendung: - wenn eine Attributklasse nicht auf die Hüllklasse (non-static elements) zugreifen muss -> statisch machen - Lazy-Initialisierung

Innere Klasse (non-static nested class)

Typen: attribut, lokal, anonym

Attributklasse

```
class Innen() { // sollte private o. protected sein  
    // attr., methods ...  
}  
  
public static void main() {  
    Outer x = new Outer();  
    Outer.Inner xi = x.new Inner();  
}
```

- Für Instanziierung der Inneren Klasse ist Äußere Instanz notwendig

Lokale Klasse

- Scope einer Variable

Anonyme Klasse

- Spezialfall lokale Klasse
- muss eine Superklasse (extends) haben o. ein Interface implementieren
- Bsp: `new Type(ctor params) { {initializer} <code> } = class
Tmp extends Type {}`

```
public class Anonymus {  
    int val;  
  
    public Anonymus( int i ) {  
        val = i;  
    }  
  
    void print() {  
        System.out.println( "val = " + val );  
    }  
}  
  
new Anonymus(2).print();  
  
new Anonymus(3) { // = class Tmp extends Anonymus {}  
    final int k;  
  
    { k = 7; }  
    void print() {  
        System.out.println("Anonym: " + k);  
    }  
}.print();
```

Initialisierung

Static Initialisierung

```
public static final String NAME = "Init Demo"; // einfach  
public static final String ARCH = System.getProperty("os.arch"); // mit Funktionsaufruf  
  
// Statischer Initialisierungsblock  
public static final String USER_HOME;  
static {  
    USER_HOME = System.getProperty("user.home");  
}
```

Non-Static Initialisierung

```
public String description = "Ein initialisiertes Attribut"; // einfach
public long timestamp = System.currentTimeMillis(); // mit Funktionsaufruf

// Initialisierungsblock
private String userPaths;
{
    userPaths = System.getProperty("java.class.path");
}
```

Lazy Initialisierung

- teure Obj. sollen nicht unnötig & so spät wie möglich initialisiert werden

Variante 1

```
class LazyInit {
    private FatClass fatObject;

    if (fatObject == null) {
        fatObject = new FatClass();
    }
    fatObject.doSomething();
}
```

- Problem: Zugriff auf Object erfolgt vllt. ohne Initialisierung bei vergessener Abfrage (if-Abfrage kann vergessen werden)

Variante 2

```
class LazyInitII {
    private FatClass fatObject;

    private FatClass getFatObject() {
        if (fatObject == null) {
            fatObject = new FatClass();
        }
        return fatObject;
    }

    getFatObject().doSomething();
}
```

- Vorteile: Initialisierung zentralisiert
- Problem: `getFatObject()` kann umgangen werden, Aufruf bei jeder Verwendung nötig

Variante 3 - Holder Pattern

```
class LazyInitIII {  
    private static class Holder {  
        static final FatClass fatObject = new FatClass();  
    }  
  
    Holder.fatObject.doSomething();  
}
```

- funktioniert nur mit static Attr.

for-Schleifen

old school

```
int a[] = 1, 2, 3, 4, 5;  
int sum = 0;  
  
for(int i = 0; i < a.length; i++) {  
    sum += a[i]; // readonly  
}
```

forEach (neu)

```
int a[] = 1, 2, 3, 4, 5;  
int sum = 0;  
  
for (int val : a) {  
    sum += val; // readonly  
}
```

- muss iterable implementieren
- neue Sprachfeatures werden in alten Code für Kompatibilität durch Pre-processing umgewandelt

Varargs

Variable Parameterliste

```
public static int sum(int... v) {  
    int sum = 0;  
    for (int i : v) {  
        sum += i;  
    }  
    return sum;  
}
```

```

public static void main() {
    int s1 = sum(1, 2);
    int s2 = sum(1, 1, 2, 3, 5);
    int s3 = sum();

    int[] array = {1, 2, 3, 4};
    int s4 = sum(array);
}

```

- Nur letzter Formalparameter darf Vararg-Parameter sein

Aufzählung (enum)

Definition

```

enum Seasons {
    SPRING, SUMMER, AUTUMN, WINTER;

    @Override
    public String toString() {
        if( this == SUMMER ) {
            return "Summer";
        }
        else {
            return super.toString();
        }
    }

    // um Methoden erweiterbar
    public static void main() {}
}

```

Definition mit Konstruktor

```

public enum Months {
    // Init mit Konstruktor
    JANUARY(31), FEBRUARY(28), MARCH(31), APRIL(30), MAY(31), JUNE(30), JULY(31),
    AUGUST(31), SEPTEMBER(30), OCTOBER(31), NOVEMBER(30), DECEMBER(31);

    private final int days;

    private Months(int days) {
        this.days = days;
    }
}

```

```

    public int getDays() {
        return days;
    }
}

```

Generics

- Generics erlauben es uns, eine Klasse für verschiedene Datentypen zu verwenden

Initialisierung

- nicht erlaubt:
 - `List<String> list = new List<String>();`
 - `List list = new List();`
 - `LinkedList<String> list = new List<String>();`
 - `LinkedList list = new List();`
- funktioniert, da Interface (entweder `LinkedList` oder `ArrayList` ohne down-cast)

Imports

```

import java.util.LinkedList;
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;

```

`ArrayList<>` (mutable)

```

List<String> s1 = new ArrayList<>(Arrays.asList("ich", "bin"));
s1.add("nicht"); // allowed
s1.set(1, "nicht"); // allowed

```

Mit anonymer Klasse

```

List<String> stringListe = new ArrayList<>() {
    add("ich"); add("bin"); add("doch");
    add("nicht"); add("bloed ;-");
};

```

`List.of()` (immutable)

```

List<String> s1 = List.of("ich", "bin", "doch", "nicht", "bloed");

```

- ab JDK 9

nicht-parametrisierte Verwendung (raw type)

```
LinkedList stringListe = new LinkedList(); // generics version
stringListe.add("Java");
stringListe.add("Programmierung");
stringListe.add(new JButton("Hi")); // fuehrt spaeter zu einer ClassCastException

for (int i=0; i<stringListe.size(); i++) {
    String s = (String) stringListe.get(i); // cast mit ClassCastException
    gesamtLaenge += s.length();
}
```

- Nachteile:
 - get() gibt Object zurück (keine Typsicherheit)
 - casten notwendig -> kann zu ClassCastException führen

parametrisierte Verwendung

```
LinkedList<String> stringListe = new LinkedList<String>();
stringListe.add("Hello world"); // OK
stringListe.add(new Integer( 42 )); // Compiler-NOK
String s = stringListe.get(0); // kein Cast noetig!
```

- Typsicherheit

Beispiel (Iterable Interface)

```
import java.util.Iterator;

class List<T> implements Iterable<T> {
    public Iterator<T> iterator() {
        return new Iterator<T>() {
            private ListElem<T> iter = header;

            public boolean hasNext() {
                return iter != null;
            }

            public T next() {
                T ret = iter.data;
                iter = iter.next;
                return ret;
            }

            public void remove() {
                throw new UnsupportedOperationException();
            }
        };
    }
}
```

- Schachtelung von Typen: `List<List<String>> var = new List<List<String>>>();`
- mehrere Typ-Parameter: `public interface Map<K, V> {...}`

Eigene Generic Klasse

```
class GenKlasse<T> {
    T data;
    GenKlasse(T data) {
        this.data = data;
    }
    void set(T data) {
        this.data = data;
    }
    T get() {
        return data;
    }
    public static void main(String[] args) {
        GenKlasse<String> gs = new GenKlasse<String>("Hi");
    }
}
```

- Typsicherheit zur Compilezeit, nicht Laufzeit
- Erasure: Typinformationen wird zur Laufzeit entfernt (T wird durch eigentlichen Datentyp ersetzt im kompilierten Code)

Generics & Vererbung

- `A <- B`: `class B extends A`
 - A ist Supertyp
 - B lässt sich zu A upcasten
- `List<a> <- List?:`

```
List<B> lb = new List<B>();
List<A> la = lb; // NOK
```

- `List <-> List` (bidirektional):

```
ArrayList list = new ArrayList();
ArrayList<String> s_list = list;
s_list.add("hi");

ArrayList<Integer> i_list = list;
i_list.add(new Integer(3));

int len = 0;
for (String s : s_list) {
    len += s.length(); // Runtime: Cast Integer --> String!!!
}
```

- raw types vermeiden & nicht mischen mit generics

Array von Generics

```
List<String> listen[] = new LinkedList<String>[5]; // error
List<String> listen[] = (LinkedList<String>[]) new List[5];
```

Bounds

Beschränkung des Parametertyps

- `public class List<T extends Figur> { }`
 - Figur kann Klasse, abstrakte Klasse, Interface (trotz extends) sein
 - Erasure ersetzt T durch Figur
- `public class X<T extends Number & Comparable & Iterator> { }`
 - Mehrfachbound

Wildcards

Upper Bound

- Ziel: Liste spezifizieren, die mit Number oder einer zu Number typkompatiblen Klasse (Float, Integer, ...) parametrisiert ist (upper bound)
- Nutzung: Nur Lesezugriff auf Elemente & als Parametercheck. Kein Schreibzugriff
- Kovarianz: Kann Spezialisierung verwenden (muss nicht)
- `GenTyp<? extends Number> <- GenTyp<Integer>`
- Initialisierung:

```
List <? extends Number> dExNumber;
dExNumber = new List<Number>(); // OK
dExNumber = new List<Integer>(); // OK
dExNumber = new List<String>(); // Type Mismatch
dExNumber = new List<Object>(); // Type Mismatch
dExNumber = new List(); // Warning, because of raw type
```

- Lesezugriff:

```
dExNumber = new List<Integer>(); // OK
for( Number n : dExNumber ); // OK, da Superklasse
for( Integer i : dExNumber ); // NOK, da Typ nicht bekannt
```

- Schreibzugriff:

```
dExNumber.add( new Integer(3) ); // NOK
dExNumber.contains( new Integer(3) ); // NOK
```

```
Number n = new Integer(3);
dExNumber.add(n); // NOK
```

```
dExNumber.add(null); // OK
```

- kein Schreibzugriff, da Typ nicht bekannt (kann Integer, Float, ... sein)

```
List<? extends Integer> dExInteger = new List<Integer>();
for(Integer i : dExInteger); // OK
dExInteger.add( new Integer(3) ); // NOK, da Typ unbekannt
```

- usecase - lesende Übergabe:

```
public static double sum(List<? extends Number> numberlist) {
    double sum = 0.0;
    for (Number n : numberlist) {
        sum += n.doubleValue();
    }
    return sum;
}

public static void main(String args[]) {
    List<Integer> integerList = Arrays.asList(1, 2, 3);
    System.out.println("sum = " + sum(integerList));

    List<Double> doubleList = Arrays.asList(1.2, 2.3, 3.5);
    System.out.println("sum = " + sum(doubleList));
}
```

Lower Bound

- Ziel: Liste spezifizieren, die mit Integer oder einem Supertyp von Integer parametrisiert ist (lower bound)
- Supertyp kann auch Interface sein
- Nutzung: Parameterchecks
- Kontravarianz: Kann allgemeineren Typ verwenden
- GenTyp<? super Integer> <- GenTyp<Number>
- Initialisierung:

```
List<? super Integer> dSupInt;
dSupInt = new ArrayList<Number>(); // OK
dSupInt = new List<Integer>(); // OK
dSupInt = new List<String>(); // Type Mismatch
dSupInt = new List<Object>(); // OK, because Object is super type of Integer
dSupInt = new List(); // Warning, because of raw type
```

- Initialisierung Interfaces:

```
dSupInt = new List<Serializable>(); // OK, da Number das Interface implementiert
dSupInt = new List<Comparable<Number>>(); // NOK, Integer implementiert nicht Comparable
dSupInt = new List<Comparable<Integer>>(); // OK, Integer implementiert Comparable
```

- Lesezugriff:

```
for(Number n : dSupInt); // NOK
for(Object o : dSupInt); // OK
```

- kein Lesezugriff, da Typ unbekannt & Liste könnte 'Object' enthalten

- Schreibzugriff:

```
dSupInt.add( new Integer(3) ); // OK, da mindestens Integer
```

```
Number ni = new Integer(3); // upcast
dSupInt.add(ni); // NOK
```

```
dSupInt.add(null); // OK
```

- usecase - schreibende Übergabe

```
// usecase example - schreibende Übergabe
public static void addCat(List<? super Cat> catList) {
    catList.add(new RedCat());
}
```

```
List<Animal> animalList= new ArrayList<Animal>();
List<Cat> catList= new ArrayList<Cat>();
List<RedCat> redCatList= new ArrayList<RedCat>();
```

```
addCat(catList);
addCat(animalList); // animal is superclass of Cat
```

```
addCat(redCatList); // NOK, because Cat is superclass of RedCat
```

Unbound

- List<?> l
- readonly
- Typ wird nie festgelegt

Generische Methoden

```
public class GenericMax {
    public static <T extends Number & Comparable<T>> T max(T... nums) { // ... = varargs
        if (nums.length == 0)
            throw new UnsupportedOperationException(
                "Does not support empty parameter list"
            );

        T max = nums[0];
        for (T n : nums)
```

```

        if (max.compareTo(n) == -1)
            max = n;
        return max;
    }

    public static void main(String[] args) {
        Integer iArr[] = {0, 0, 1, -1, 0, -2, 3, -5, 5};
        Integer imax = max(iArr);

        Double dmax = max(-2.3, 4.555, Math.PI); // Keine casts noetig
    }
}

```

Autoboxing

```

public static void main() {
    List<int> lint = new List<int>(); // NOK, da primitiv

    Liste<Integer> lInteger = new Liste<Integer>();
    lInteger.add(2);
}

```

Wrapper-Klassen:

```

int x = new Integer(5); // Autounboxing
Integer y = 6;
int z = new Integer(3) + 2;

```

- Primitive Datentypen haben Wrapper-Klassen & sind in beide Richtungen typ-kompatibel

PDT	Wrapperklasse
short	Short
int	Integer
long	Long
float	Float
double	Double
char	Character
boolean	Boolean
byte	Byte

Collections & Map

Listen:

```

ArrayList<String> list = new ArrayList<String>(); // Seq. Array
LinkedList<String> list = new LinkedList<String>(); // doppelt verkettete Liste
Vector<String> list = new Vector<String>(); // Seq. Array

```

Maps (Paare aus Schlüssel vom Typ K und Werten von Typ V (Schlüssel eindeutig)):

```

// Hashtabelle, zufällige Reihenfolge
HashMap<String, String> map = new HashMap<String, String>();
// Hashtabelle + doppelt verkettete Liste, eingefügte Reihenfolge
LinkedHashMap<String, String> map = new LinkedHashMap<String, String>();
// Rot-Schwarz-Baum, sortierte Reihenfolge
TreeMap<String, String> map = new TreeMap<String, String>();

```

Sets (jede Referenz darf nur einmal vorkommen):

```

// Hashtabelle, keine Duplikate, zufällige Reihenfolge
HashSet<String> set = new HashSet<String>();
// Hashtabelle + doppelt verkettete Liste, eingefügte Reihenfolge
LinkedHashSet<String> set = new LinkedHashSet<String>();
// Rot-Schwarz-Baum, sortierte Reihenfolge
TreeSet<String> set = new TreeSet<String>();

```

Queues:

```

LinkedList<String> queue = new LinkedList<String>(); // doppelt verkettete Liste
PriorityQueue<String> queue = new PriorityQueue<String>(); // Heap

```

Annotations

- sind Metadaten & werden direkt vor das betreffende Element geschrieben
- Nutzen: zusätzliche Semantik, Compile-Time Checks, Code Analyse durch Tools
- Syntax Zucker - keine Funktion ohne IDE/Framework
- **Methoden** von selbstdefinierten Annotation können keine Parameter haben und keine Exceptions auslösen

@Deprecated

- markiert Methode als veraltet, nur für Kompatibilität vorhanden

@Override

- Überschreibt Elemente einer Superklasse

```

public class Person {
    @Override
    public String getName() {
        return this.name;
    }
}

```

```
    }
}
```

@SuppressWarnings

- Unterdrücken Warnungen
- @SuppressWarnings("deprecation")
- @SuppressWarnings({"unused", "unchecked"})

Selbstdefinierte Annotations

Definition:

```
public @interface Auditor {}

// mit Attribut
public @interface Copyright {
    String value();
}

// mit Default Werten
public @interface Bug { // extends Annotation
    public final static String UNASSIGNED = "[N.N.]";
    public static enum CONDITION { OPEN, CLOSED }

    // Attribute von Annotation
    int id();
    String synopsis();
    String engineer() default UNASSIGNED;
    CONDITION condition() default CONDITION.OPEN; // enum
}
```

Nutzung:

```
@Copyright("Steven Burger")
public class Test { ... }
```

Meta Annotationen in java.lang.annotation

- Annotationen für Annotationen

Annotation	Bedeutung
@Documented	Docs erzeugen
@Inherited	Annotation geerbt

Annotation	Bedeutung
@Retention	Beibehaltung der Annotation SOURCE =nur Source, CLASS =Bytecode, RUNTIME =Laufzeit über Reflection import java.lang.annotation.RetentionPolicy & import java.lang.annotation.Retention
@Target	Elemente, die annotiert werden können: TYPE (Klassen, Interfaces, Enums), ANNOTATION_TYPE (Annotations), FIELD (Attribute), PARAMETER,LOCAL_VARIABLE, CONSTRUCTOR, METHOD, PACKAGE mit import java.lang.annotation.ElementType

komplexes Beispiel

```
import java.lang.annotation.Retention;
import java.lang.annotation.RetentionPolicy;

@Retention(RetentionPolicy.RUNTIME)
public @interface Bug {
    // Constants and enums
    public final static String UNASSIGNED = "[N.N.]";
    public final static String UNDATED = "[N.N.]";
    public static enum CONDITION {OPEN, CLOSED}
    public static enum STATE {UNAPPROVED, APPROVED, ASSIGNED,
        IMPLEMENTED, TESTED, DOCUMENTED, REOPENED, WITHDRAWN,
        DUPLICATE, WILL_NOT_BE_FIXED}

    // Attributes
    int id();
    String synopsis();

    // The following attributes have defaults
    CONDITION condition() default CONDITION.OPEN;
    STATE state() default STATE.UNAPPROVED;
    String engineer() default UNASSIGNED;
    String fixedDate() default UNDATED;
}

// Einsatz
import static annotatedBugs.Bug.CONDITION;
```

```

import static annotatedBugs.Bug.STATE;

@Bug(id=378399, synopsis="Only works under Win3.11", state=STATE.WILL_NOT_BE_FIXED)
public class BugRiddled {
    int i;

    @Bug(id=339838,
        synopsis="Constructor obviously does " + "not initialize member i", state=STATE.ASSIGNED)
    void BugRiddled(int i) {
        this.i = i;
    }
}

```

Lambdas

- namenslose anonyme Funktionen
- kürzer als Verwendung von anonymer inneren Klasse
- Parametrisierung von Verhalten
- Lambda Ausdrücke werden zu funktionalen Interfaces umgewandelt
- `<Parameterliste> -> <Ausdruck> | <Block>`
- Parameter sind optional

```

(a, b) -> a + b; // Expression Lambda
(a, b) -> {
    return a + b; // Statement Lambda
}
() -> {
    System.out.println("Hello World");
}

```

Functional Interfaces

Predicate

```

import java.util.function.Predicate;

@FunctionalInterface
interface Predicate<T> {
    boolean test(T t);
}

Predicate<Person> checkAlter = p -> p.getAlter() >= 18;

```

Beispiel:

```

void example(Predicate<Person> pred) {
    if(pred.test(pElem)) {

```

```

        ...
    }
}

// mit anonymer inneren Klasse
example(
    new Predicate<Person> () {
        public boolean test(Person p) {
            return p.getAge() >= 17;
        }
    }
);

// mit Lambda
example(p -> p.getAge() >= 17);

```

Consumer

```

import java.util.function.Consumer;

@FunctionalInterface
interface Consumer<T> {
    void accept(T t);
}

Consumer<Person> printPerson = p -> System.out.println(p);

```

Beispiel:

```

void example(Predicate<Person> pred, Consumer<PhoneNumber> con) {
    if(pred.test(pElem)) {
        con.accept(pElem.getNumber());
    }
}

example(p -> p.getAge() >= 17, num -> {doSmtWithNum(num); });

```

Function

```

@FunctionalInterface
interface Function<T, R> {
    R apply(T t);
}

```

Beispiel:

```

void example(
    Predicate<Person> pred,

```

```

Function<Person, PhoneNumber> mapper,
Consumer<PhoneNumber> con) {

    if(pred.test(pElem)) {
        PhoneNumber num = mapper.apply(p);
        con.accept(num);
    }
}

example(p -> p.getAge() >= 17, p -> p.getHomePhoneNumber(), num -> {robocall(num); });
example(p -> p.getAge() >= 16, p -> p.getMobilePhoneNumber(), num -> {txtmsg(num); });

```

Supplier

```

// liefert Objekte vom Typ T
@FunctionalInterface
interface Supplier<T> {
    T get();
}

```

BinaryOperator

```

// zwei Objekte vom Typ T -> ein Objekt vom Typ T
@FunctionalInterface
interface BinaryOperator<T> {
    T apply(T t1, T t2);
}

```

forEach

- Iteriert über alle Elemente, die Iterable implementiert z.B. Collections
- erwarteter Consumer Interface

```

void forEach(Consumer action)
list.forEach(p -> System.out.println(p));

```

```

/* Referenzen auf Funktionen ab Java 8 */
list.forEach(System.out::println);

```

Streams

- Sequenz von Elementen, die nacheinander verarbeitet werden
- entspricht einer Pipeline: Source -> Operations -> Consumer
- **Sources:** Collection, Arrays, Files, ...
- **Intermediate-Operations:** filter(Predicate p), map(Function f), sorted(Comparator c)

- **Consumer/Terminal-Operations:** `sum(T)`, `collect(Collection)`, `reduce(T)`, `forEach(Consumer)`
 - `reduce`: subtotal/akkumulator, element -> subtotal + elements

Beispiel 1:

```
Integer sum = list.stream()
    .filter(num -> (num % 2) == 0)
    .map(num -> num * num)
    .reduce(0, (subt, num) -> subt + num);
```

// Mit Funktionsreferenz

```
sum = list.stream()
    .filter(num -> (num % 2) == 0)
    .map(num -> num * num)
    .reduce(0, Integer::sum);
```

Beispiel 2:

```
var list = List.of("Hello", "Java", "World");
list.stream()
    .map(word -> word.toUpperCase())
    .sorted(Comparator.comparing(word -> word.length()))
    .forEach(word -> System.out.println(word));
```

// Mit Funktionsreferenz

```
var list = List.of("Hello", "Java", "World");
list.stream()
    .map(String::toUpperCase) // unbound method reference
    .sorted(Comparator.comparing(String::length)) // unbound method reference
    .forEach(System.out::println); // bound method reference to System.out object
```

Parallel Streams

- mehrere Cores nutzen
- Voraussetzung: unabhängig von der Reihenfolge & keine Seiteneffekte
- Rückgabe Reihenfolge der Elemente kann sich ändern

Beispiel:

```
gatherPersons().parallelStream()
    .filter(p -> p.getAge() >= 18)
    .map(p -> p.getHomePhoneNumber())
    .filter(num -> !num.isOnDoNotCallList())
    .forEach(num -> { robocall(num); });
```

Erneuerungen in Java von 6 - 23

Java 6

- Diagnose und Management der VM mittels jconsole
- Integration von Java DB (Java implementierte relationale Datenbank) auf Basis von Apache Derby

Java 7

Strings in switch-Anweisungen

```
private static final String IDLE = "idle";
final String terminal = "terminated";
switch (state) {
    case "busy": // fall through works as before
    case terminal: // local final variables are o.k.
    case IDLE: // constants are o.k.
    { break; }
    default: ...
}
```

Numerische Literale

Neu: Numerische Literale dürfen Unterstriche enthalten

```
int decimal = 42;
int hex = 0x2A;
int octal = 052;
int binary = 0b101010;

long creditCardNumber = 1234_5678_9012_3456L;
long phoneNumber = +49_789_0123_45L;
long hexWords = 0xFFEC_DE5E;
```

Exception Handling - mehrere Typen erlaubt

Neu: mehrere Exceptions gleichzeitig abfangen

```
File file;
try {
    file = new File("stest.txt");
    file.createNewFile();
}
catch (final IOException | SecurityException ex) {
    System.out.println( "multiExc: " + ex );
}
```

Automatic Resource Management

Neu: try Anweisungen erzeugte Ressourcen werden autom. geschlossen, wenn das interface AutoCloseable implementiert wurde

```
try( BufferedReader br = new BufferedReader(new FileReader("test.txt")) ) {
    br.readLine();
}
catch(final IOException ex) {
}
```

Diamond Operator

Neu: Vereinfachte Schreibweise zu Instanziierung von Generics, Typ kann auf linker Seite weggelassen werden

```
Map<String, List<Integer> > map = new HashMap<>();
LinkedList<String> lls = new LinkedList<>();
```

Java 9 & 10

- Typ Inferenz:

```
var string = "Hello, World!";
var i = 42;
for(var string : strings) {}
```

- List.of("a", "b"): immutable Liste

Java 11

Typ Interferenz für Lambda Parameter: Consumer<String> printer = (var s) -> System.out.println(s);

Java 14

Erweiterung switch Statement um Arrows Syntax:

```
public String describeInt(int i) {
    String str = "not set";
    switch (i) {
        case 1, 2 -> str = "one or two";
        case 3 -> {
            str = "three" + j;
        }
    }
    return str;
}
```

- erlaubt Rückgabewert mit switch statement

Erweiterung switch Statement um yield:

```
private static String describeInt(int i) {
    return switch (i) {
        case 1, 2: yield "one or two";
        case 3: {
            System.out.println();
            yield "three";
        } // kein ";" wegen Block
        default: yield "...";
    };

    // Arrow Schreibweise
    return switch (i) {
        case 1, 2 -> "one or two";
        case 3 -> {
            System.out.println();
            yield "three";
        } // kein ";" wegen Block
        default -> "...";
    };
}
```

- erlaubt Rückgabewert mit Seiteneffekte in einem Block

Java 15

Text Blocks oder Raw Strings:

```
String string = """
    {
        "typ": "json",
        "inhalt": "Beispieltext"
    }
    """;
```

Java 16

instanceof mit Pattern Matching:

```
// vorher
if(obj instanceof String) {
    String str = (String) obj; // cast erforderlich
    System.out.println(str.length());
}

if(obj instanceof String str) {
```



```

        System.out.println(str.length()); // auto. cast
    }

```

Java 17

- Records: simplifizierte Form von Klassen
- sind immutable
- autom. Implementierungen von Methoden zum lesenden Zugriff, Konstruktor, toString(), equals(), hashCode()

```

public record PersonRecord(String name, PersonRecord partner) {
    public PersonRecord(String name) {
        this(name, null);
    }

    public String getNameInUppercase() {
        return name.toUpperCase();
    }
}

```

JUnit

- Framework Erstellung & Ausführung von Unit-Tests
- Namenskonvention: Testklasse fängt mit "Test"X an
- Getter und Setter ohne Validierungen werden meist nicht getestet („If it's too simple to break, don't test it“)
- Test-Driven Development (TDD): Testfälle vor Implementierung schreiben & testbares Design

Überprüfungsmethoden

- assertEquals(expected, actual): prüft auf Gleichheit
 - bei Object: x.equals(y)
 - bei prim. Datentypen: x == y
 - Gleitkommazahl ist Toleranz erforderlich
 - assertEquals(expected, actual, () -> "Fehlermeldung")
- assert(Not)Null(x)
- assert(Not)Same(x,y)
 - test Objektreferenz selber
- assertTrue(x), assertFalse(x)
 - bool

Fixture

- import org.junit.*: weglassen von @ort.junit vor Fixtures
- @org.junit.Test: Testmethoden

- `@org.junit.BeforeEach`: Initialisierungscode vor jeder Testmethode
- `@org.junit.AfterEach`: Aufräumcode nach jeder Testmethode
- `@org.junit.BeforeAll`: einmaliger Initialisierungscode mit static Method

```
import org.junit.*;
```

```
@BeforeAll
```

```
public static void setUpBeforeClass() throws Exception {
    System.out.println("setUpBeforeClass");
}
```

- `@org.junit.AfterAll`: einmaligen Aufräumcode

```
import org.junit.*;
```

```
@AfterAll
```

```
public static void tearDownAfterClass() throws Exception {
    System.out.println("tearDownAfterClass");
}
```

- `@Disabled`: Test wird ignoriert
 - `@Disabled("message")`
- `@DisplayName("name")`: für Console & Mouse Hover

Hierarchische Gliederung (Suites)

Fügt alle Testmethoden mehrerer Testklassen zusammen unter einer “Suite”

```
import org.junit.*;
```

```
@RunWith(Suite.class)
```

```
@Suite.SuiteClasses({ TestAddition.class, TestSubtraction.class })
```

```
public class TestSuite {}
```

assertThat & Matchers

- mit `assertThat` können sog. Matcher verwendet werden
- Matcher: static methods in `org.hamcrest.Matcher` class like `is()`, `not()`, `hasItem()`, `containsString()`, ...

```
import static org.hamcrest.*;
```

```
import org.hamcrest.*;
```

```
import static org.junit.*;
```

```
import org.junit.*;
```

```
assertThat(al, isA(ArrayList.class)); // Objektidentität
```

```
assertThat(al, instanceof(ArrayList.class)); // Vererbungshierarchie
```

```

assertThat(x, is(3));
assertThat(x, is(not(4)));
assertThat(responseString,
    either(containsString("color")).
    or(containsString("color"))
);
assertTrue(al.contains("abc")); // ohne Matcher
assertThat(al, hasItem("abc")); // jetzt mit Matcher

```

assertAll

Gruppierung von Assertions

```

import org.junit.*;

@Test
void groupedAssertions() {
    // alle Assertions werden ausgeführt, auch wenn eine fehlschlägt
    assertAll("addition",
        () -> assertEquals(11, Addition.addiere(5, 6)),
        () -> assertEquals(12, Addition.addiere(5, 7)));

    // Innerhalb des Codeblocks wird jedoch abgebrochen
    assertAll("both",
        () -> {
            assertEquals(1, Addition.addiere(1, -1));
            // nachfolgendes wird nur ausgeführt, wenn vorherige Assertion erfolgreich
            assertAll("addition", () -> assertEquals(3, Addition.addiere(1, 2)),
                () -> assertEquals(3, Addition.addiere(1, 2)));
        },
        () -> {} // wird ausgeführt, auch wenn vorherige Assertion fehlschlägt
    );
}

```

assertTimeout

ohne Ergebnis:

```

import org.junit.*;

@Test
void timeoutNotExceeded() {
    assertTimeout(ofMinutes(2), () -> {
        // task
    }); // check if task takes less than 2 minutes
}

```

mit String Ergebnis:

```
import org.junit.*;

@Test
void timeoutNotExceededWithResult() { // succeeds
    String actualResult = assertTimeout(ofMinutes(2),
        () -> { return "a result"; });
    assertEquals("a result", actualResult);
}
```

assertThrows

zum Abfangen & Prüfen von Exceptions:

```
import org.junit.*;

@Test
void exceptionTesting() {
    Throwable exception = assertThrows(IllegalArgumentException.class,
        () -> { throw new IllegalArgumentException("a message"); });

    System.out.println("exception message: " + exception.getMessage());
    assertEquals("a message", exception.getMessage());
}
```

Repeated Tests

```
import org.junit.*;

@RepeatedTest(10)
void repeatedTest() {
    ...
}

@RepeatedTest(value = 5, name = "Wiederholung {currentRepetition} von {totalRepetitions}")
void repeatedTestInGerman() {
    ...
}
```

Parameterized Test

- wiederholtes Ausführen des Testmethode mit verschiedenen Werten

Value Source:

```
import org.junit.*;
```

```

@ParameterizedTest
@ValueSource(strings = { "racecar", "radar", "able was I ere I saw elba" })
void palindromes(String candidate) {
    assertTrue(isPalindrome(candidate));
}

```

```

@ParameterizedTest
@ValueSource(ints = { 1, 2, 3 })
void testWithValueSource(int argument) {
    assertTrue(argument > 0 && argument < 4);
}

```

Enum Source:

```

import org.junit.*;

enum TimeUnit {
    MONTHS, WEEKS, DAYS, HOURS, MINUTES, SECONDS, MILLISECONDS, NANOSECONDS
}

```

```

@ParameterizedTest
@EnumSource(TimeUnit.class)
void testWithEnumSource(TimeUnit timeUnit) {
    assertNotNull(timeUnit);
}

```

```

@ParameterizedTest
@EnumSource(value = TimeUnit.class, mode = Mode.EXCLUDE, names = { "WEEKS", "DAYS", "HOURS" })
void testWithEnumSourceExclude(TimeUnit timeUnit) {
    assertFalse(EnumSet.of(TimeUnit.DAYS, TimeUnit.HOURS).contains(timeUnit));
    assertTrue(timeUnit.name().length() > 5);
}

```

- mode = Mode.EXCLUDE: Ausschluss bestimmter Enum-Werte
- names = { "WEEKS", "DAYS", "HOURS" }: Listet die Enum-Werte, die ausgeschlossen werden sollen (in diesem Fall WEEKS, DAYS und HOURS)

Method Source:

```

@ParameterizedTest
@MethodSource("stringProvider")
void testWithSimpleMethodSource(String argument) {
    assertNotNull(argument);
}

static Stream<String> stringProvider() { return Stream.of("foo", "bar"); }

```

```

@ParameterizedTest
@MethodSource("stringIntAndListProvider")

```

```

void testWithMultiArgMethodSource(String str, int num, List<String> list) {
    assertEquals(3, str.length());
    assertTrue(num >=1 && num <=2);
    assertEquals(2, list.size());
}

static Stream<Arguments> stringIntAndListProvider() {
    return Stream.of(
        Arguments.of("foo", 1, Arrays.asList("a", "b")),
        Arguments.of("bar", 2, Arrays.asList("x", "y"))
    );
}

```

Robustheit & Performance

- Zugriffsrechte möglichst restriktiv setzen

Modifier

```

abstract class // kann nicht instanziiert werden (z.B. nur als Oberklasse)
abstract method // placeholder

final int var // immutable, Konstante ohne Klasse
var = 5; // nur eine Zuweisung erlaubt
final method() // verhindert Override
final class // erlaubt keine Ableitung
void method(final int nr) // keine Parameteränderung

static var // existiert nur einmal im Speicher (unabhängig von Instanzen)
static method() // können nur auf static zugreifen, unabhängig von Instanzen
static class // nur nested classes -> unabhängig von äußerer Instanz
static {} // Wird nur beim ersten Laden der Klasse aufgeführt

volatile var // wird von mehreren Threads geteilt (nicht atomar)

synchronized method() // nur ein Thread kann gleichzeitig zugreifen

```

Visibility

```

public class // überall
private class // innerhalb der Klasse
protected class // innerhalb des Paketes und in Unterklassen
package class // innerhalb Package

```

Konstanten

- Konstanten := Als static final deklarierte Attribute

- Konstanten primitiver Datentypen werden zur Compilezeit substituiert
- per Konvention uppercase
- alle Instanzen einer Klasse teilen sich diese Konstanten

```
class A {
    public final static int KONST = 4711;
}

public static void main() {
    final int KONST = 4711;
}

// source code:
public void print() {
    System.out.println(A.KONST);
}

// kompiliert:
public void print() {
    System.out.println(4711);
}
```

Immutable Klassen

- Objekte, die nach der Instanziierung nicht mehr verändert werden können (z.B. String, Integer (Wrapperklassen), BigDecimal, ...)
- Erstellung:
 - Klasse **final** setzen
 - Attribute **private final** setzen
 - keiner Setter
 - DeepCopy Konstruktor
 - Getter liefern DeepCopy
- Vorteile:
 - Zeitgleicher Zugriff unproblematisch (Threadsicher)
 - guter Schlüssel fpr Maps & HashSet
 - Caching über Factory Pattern
- Nachteile:
 - Ressourcenverbrauch wegen neues Objekt & DeepCopies
 - viele Objekte
 - schlecht für große (da DeepCopies) & oft sich verändernde Objekte.

Collections

final bei Collections:

```
final List<String> list = new ArrayList<>();
list.add("rot"); // Inhalt kann geändert werden
```

```
list = new LinkedList<>(); // Fehler: Referenz kann nicht geändert werden
```

Unveränderliche Collections (Inhalt unveränderlich):

```
public final static Set<String> COLORS; // einmalige Initialisierung erlaubt
static {
    Set<String> temp = new HashSet<String>();
    temp.add("rot");
    temp.add("gruen");
    temp.add("blau");

    COLORS = java.util.Collections.unmodifiableSet(temp); // Set, List, Map etc.
    COLORS.add("gelb"); // Fehler: Inhalt kann nicht geändert werden
}
```

Gleichheit vs. Identität

- `==`: Compares the references of two objects to check if they point to the same memory location
- `equals()`: Compares the contents of two objects to check if they are logically equivalent

Beispiel:

```
String s1 = "text";
String s2 = s1;
String s3 = "text";

s1 == s2; // true, same reference
s1 == s3; // false, different reference
s1.equals(s3); // true, same text

class A {
    private int a;
    public A(int a) {
        this.a = a;
    }
}

A a1 = new A(47);
A a2 = a1;
A b = new A(11);

a1 == a2; // true -> same reference
a1.equals(a2); // true -> same reference -> same data
a1 == b; // false
a1.equals(b); // false
```



```
A a3 = new A(47);
a1 == a3; // false
a1.equals(a3); // false, da Object.equals implementiert werden muss
```

equals() Implementierung

- Contract:
 - Reflexivität: `x.equals(x)` ist immer true
 - Symmetrie: `x.equals(y) == y.equals(x)`
 - Transitivität: `x.equals(y) ^ y.equals(z) => x.equals(z)`
 - Konsistenz: `x.equals(y)` liefert immer gleiches Ergebnis, solange x und y nicht verändert werden.
 - `x.equals(null)` ist immer false
- `equals()` muss in allen Subklassen, die zusätzliche Attribute hinzufügen, überschrieben werden

`equals()` override:

```
@Override
public boolean equals(Object other) { // Parameter muss vom Typ Object sein
    if (this == other)
        // (other != null) && (null != other) nicht notwendig
        return true;
    if (!(other instanceof A))
        return false;
    A a = (A) other;
    return a.a == this.a;
}
```

Tipp zu `String.equals()`:

```
public void f(String s) {
    if (s.equals("<String>")) {} // wenn s null -> NullPointerException
    if ("<String>".equals(s)) {} // robuster, da NullPointerException vermieden wird
}
```

- `equals` darf nicht auf Arrays aufgerufen werden sondern: `java.util.Arrays.equals(Object[], Object[])`

HashCode

- `hashCode()` sollte mit `equals()` auch überschrieben werden
- Definition: gleicher HashCode für gleiche Objekte & unterschiedl. Hash-Codes für unterschiedl. Objekte -> sonst Probleme mit Maps, Sets etc.

```
public int hashCode() {
    int result = 17; // Basiswert
    result = 37 * result + a; // Hashcode für das Feld `a`
}
```

```

    return result;
}

```

- hashCode() muss in allen Subklasse, die zusätzliche Attribute hinzufügen, überschrieben werden

```

public int hashCode() {
    int result = super.hashCode(); // Basis-Hashcode von `AWithEquals`
    result = 37 * result + b; // Hashcode für das neue Feld `b`
    return result;
}

```

Beispiel Nutzung:

```

Map<BWithEquals, String> map = new HashMap<>();
BWithEquals b1 = new BWithEquals(2, 5);
BWithEquals b2 = new BWithEquals(2, 5);

map.put(b1, "Wert1");
map.get(b2); // Funktioniert nur korrekt, wenn `hashCode()` und `equals()` konsistent sind
map.put(b2, "Wert2"); // will override value

```

equals() vs. Comparable.compareTo()

- Vergleichbare Objekte können Comparable Interface erfüllen
- sollte nicht für Vergleich auf Gleichheit verwendet werden, sondern nur Sortierung o. allg. Elemente kleiner/größer

```

class Test implements Comparable<Test> {
    int d;

    @Override
    public int compareTo(T other) {
        if(this.d < o.d) {
            return - 1;
        }
        else if(this.d > o.d) {
            return 1;
        }
        return 0;

        // alternative for easy cases:
        return this.d - o.d;
    }
}

```

Comparable vs. Comparator

- Comparable is used for natural ordering/comparison within the class
- Comparator defines external logic

```
import java.util.Comparator;

class TestCompare implements Comparator<Test> {
    public int compare(Test o1, Test o2) {
        if(o1.d < o2.d) {
            return - 1;
        }
        else if(o1.d > o2.d) {
            return 1;
        }
        return 0;

        // alternative for easy cases:
        return o1.d - o2.d;
    }
}
```

Exceptions

- spezifisch wie möglich
- pro Exception eigener catch-block

```
try { ... }
catch (BindException e) {...}
catch (ConnectException e) {...}
...
```

- Nicht zu viele Exception Typen definieren -> Alternativ: Error Codes
- möglichst genau Fehlerbeschreibung

Exception vs. RuntimeException

- **Exception:** Checked Exception, die zur Compilezeit bekannt sind -> sollte behandelt werden
- **RuntimeException:** Unchecked Exception, die zur Laufzeit bekannt sind -> sollte nicht behandelt werden (z.B. NullPointerException)

Custom Exception

```
public class AnwendungsException extends Exception {
    // muss einen Konstruktor besitzen
    public AnwendungsException(String msg, Throwable t) {
        super(msg, t);
    }
}
```

```
    }
}
```

Exception Chaining

```
public void f() throws AnwendungsException {
    try {
        g();
    } catch (IOException e) {
        ex.printStackTrace(); // zeigt, dass AnwendungsException von einer ArrayIndexOutOfBoundsException
        throw new AnwendungsException("Fehler in g()", e);
    }
}
```

finally

- finally-Block wird immer ausgeführt
- Aufräumarbeiten Verhalten:

```
try { return 0; }
finally { return 1; } // 1 wird zurückgegeben

int i;
try { i = 0; return i; }
finally { i = 1; } // 0 wird zurückgegeben, da Rückgabewert bereits auf Stack liegt
```

Währungen

- Gleitpunktzahlen (float & double) speichern Werte mit begrenzter Präzision
-> Rundungsfehler:

```
double x = 0.1;
double y = 0.2;
(x + y); // 0.30000000000000004

float a = 0.1f;
float b = 0.2f;
(a * b); // 0.020000001
```

- Lösung - ganze Zahlen verwenden & Komma separat speichern:
- Alternativlösung - BigDecimal:

```
BigDecimal x = new BigDecimal("0.1");
BigDecimal y = new BigDecimal("0.2");
x.add(y); // Korrekt: 0.3
```

Performance

- -> Onenote extra Notizen
- Optimierung durch Algorithmen & Datenstrukturen

Objekterzeugung

- String sind immutable, Änderungen erzeugen neue Objekte
- Konkatenation wenn möglich mit StringBuffer o. neuer Klasse StringBuilder

```
String s = new String();
for (int i = 0; i < 10000 ; i++) {
    s += i + " "; // 3 Sekunden
}
```

```
StringBuffer sb = new StringBuffer();
for (int i = 0; i < 10000; i++) {
    sb.append(i);
    sb.append(" "); // 0,06 Sekunden
}
String s = sb.toString();
```

- niemals mit new erzeugen, immer nur direkte Zuweisung -> spart temporäre Objekte

```
String a = "Hello, world";
String b = "Hello, world"; // selbes Objekt wie a
String c = new String("Hello, world"); // anderes Objekt
String s1 = "Hello, ";
String s2 = "world";
String d = s1 + s2; // auch anderes Objekt
```

Object Caching

Erzeugen der Klasse & Methodenaufruf teuer:

```
public class WithoutCaching {
    public static void main( String[] args ) {
        for(int i = 0; i < 10; i++) {
            ExpensiveClass ec = new ExpensiveClass();
            ec.doSomething();
        }
    }
}
```

besser:

```
public class WithCaching {
    private static ExpensiveClass ec;
```

```

static {
    ec = new ExpensiveClass();
}

public static void main( String[] args ) {
    for(int i = 0; i < 10; i++) {
        ec.doSomething();
    }
}
}

```

Memory Leaks

Garbage Collection verhindert klassische Speicherlecks: Nicht mehr referenzierten, belegten Speicher -> **aber nicht unmöglich!**

```

// Referenzen können bestehen bleiben
public T pop() {
    if (size == 0)
        throw new IndexOutOfBoundsException("Stack underflow");
    return elements[--size];
}

// bessere Fassung mit "Ausnullen" der Referenzen auf die Objekte
public T pop() {
    if (size == 0)
        throw new IndexOutOfBoundsException("Stack underflow");
    T returnee = elements[--size];
    elements[size] = null;
    return returnee;
}

```

Überwachung der virtuellen Maschine am besten mit JConsole, VisualVM, JDK Mission Control oder sonstigen kommerziellen Profiling Tools.

Zeit messen

```

long startTime, endTime;
startTime = System.currentTimeMillis();
endTime = System.currentTimeMillis();
endTime - startTime;

```

Serialisierung

- Serialisierung: Object -> Byte-Array
- Desealisierung: Byte-Array -> Object

- gespeichert wird Zustand: Typ (Klassenname), Struktur, nicht statische Attribute
 - nicht statisch, weil statische Attribute nicht Teil des Zustandes sind
- Anwendung: Persistenz/Speichern, Kommunikation zw. z.B. JVMs

Serializable Interface

- Für Serialisierung, muss `Serializable` Interface implementiert werden, sonst `NotSerializableException`
- `Serializable` ist ein Marker Interface und enthält daher keine Methoden
- Serialisierung wird durch JVM durchgeführt

```
public class Foo implements Serializable {
    public transient int x; // wird nicht serialisiert durch Schlüsselwort
}
```

Default Serialisierung

- Zentrale Klassen: `ObjectOutputStream` & `ObjectInputStream` aus `java.io.*`
- beide Streams müssen mit anderen Streams initialisiert werden z.B. `FileStream` o. `ByteArrayStream`
- Serialisierungsmethoden
 - Output: `writeObject()`, für primitive Datentypen `writeInt()`, `writeDouble()`, ...
 - Input: `readObject()`, für primitive Datentypen `readInt()`, `readDouble()`, ...

Objekte schreiben:

```
import java.io.*;
```

```
Car obj = new Car("BMW", 2000);
```

```
ObjectOutputStream out = new ObjectOutputStream(new FileOutputStream("file.ser")); // "file"
out.writeObject(obj); // Serialisierungsmethode
out.close();
```

Objekte lesen:

```
import java.io.*;
```

```
ObjectInputStream in = new ObjectInputStream(new FileInputStream("file.ser")); // "file.ser"
obj = (Car) in.readObject(); // Serialisierungsmethode, cast notwendig
in.close();
```

Modifizierte Serialisierung

- Hin und wieder ist Default-Serialisierung nicht ausreichend:

- langsam, da `writeObject()` & `readObject()` wird Reflections arbeiten
- hohe Redundanz
- wenig Kontrolle
- Spezialmethoden müssen implementiert werden

```
private void writeObject(ObjectOutputStream out) throws IOException;
private void readObject(ObjectInputStream in) throws IOException, ClassNotFoundException;
```

- Methoden als `private` deklarieren, da keine Implementierung eines Interfaces o. Methodenüberladung
- Zugriff auf Default-Serialisierungsmethoden mit `defaultWriteObject()` & `defaultReadObject()`

Beispiel:

```
import java.io.*;

public class CustomSerialization implements Serializable {
    private transient int a;
    private transient boolean b;

    public CustomSerialization(int a, boolean b) {
        this.a = a;
        this.b = b;
    }

    @Serial
    private void readObject(ObjectInputStream in) throws IOException, ClassNotFoundException {
        // in.defaultReadObject();
        a = in.readInt(); // Lesereihenfolge muss mit Schreibreihenfolge übereinstimmen
        b = in.readBoolean(); // Lesereihenfolge muss mit Schreibreihenfolge übereinstimmen
    }

    @Serial
    private void writeObject(ObjectOutputStream out) throws IOException {
        // out.defaultWriteObject();
        out.writeInt(a);
        out.writeBoolean(b);
    }
}
```

Beispiel mit Vererbung:

```
public class SerializableSuperClass implements Serializable {
    private String s = null;
    protected String getSuperString() { return s; }
    public void setSuperString(String s) { this.s = s; }
}
```



```

// super class gets also serialized automatically
// (when interface Serializable is inherited)
public class SerializableSubClass extends SerializableSuperClass {
    private String subS = null;

    public void getSubString() { return subS; }
    public void setSubString(String s) { subS = s; }

    @Serial
    private void readObject(ObjectInputStream oin) throws IOException, ClassNotFoundException {
        setSubString((String) oin.readObject());
    }

    @Serial
    private void writeObject(ObjectOutputStream oout) throws IOException {
        oout.writeObject(getSubString());
    }
}

```

Externalisierung