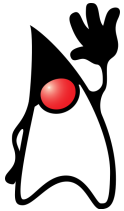
Programmieren II: Java

Einführung

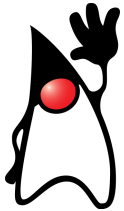
Prof. Dr. Christopher Auer

Sommersemester 2024

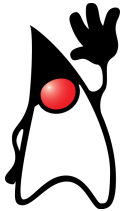
Inhalt

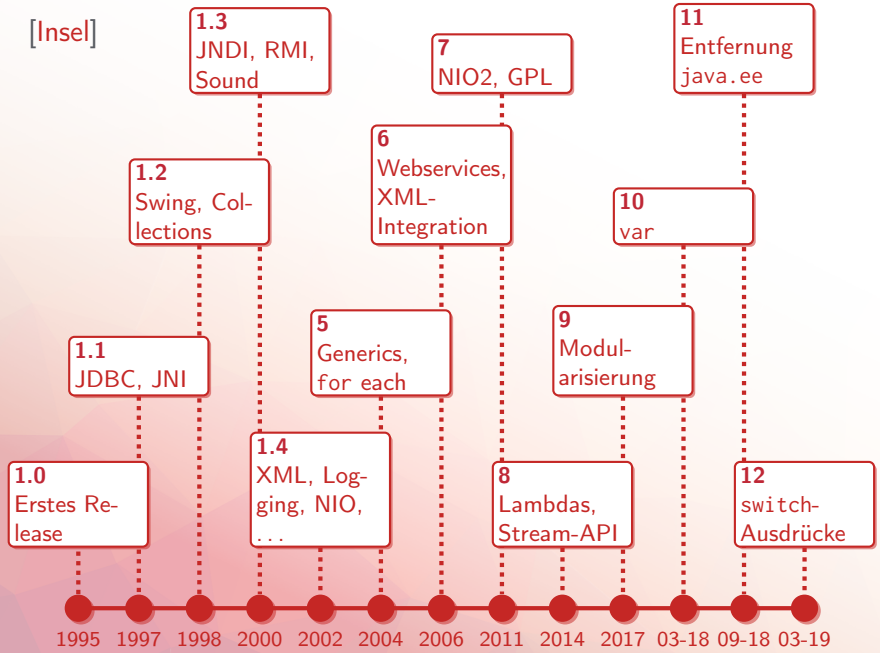


- Sun Microsystems
  - Anfang 1990er
  - Bill Joy, James Gosling
  - Unzufriedenheit mit C++ (Skalierbarkeit)
  - Oak: „Object Application Kernel“
  - Ziel (1993): Software für Set-Top-Boxen (Fernseher)
  - Neuer Name/neues Ziel (1994): Java/Web-Applets
  - 1995: Version 1.0



- Sun Microsystems
  - Anfang 1990er
  - Bill Joy, James Gosling
  - Unzufriedenheit mit C++ (Skalierbarkeit)
  - Oak: „Object Application Kernel“
  - Ziel (1993): Software für Set-Top-Boxen (Fernseher)
  - Neuer Name/neues Ziel (1994): Java/Web-Applets
  - 1995: Version 1.0
- Oracle
  - 2009: Oracle kauft Sun
  - Kommerzialisierung

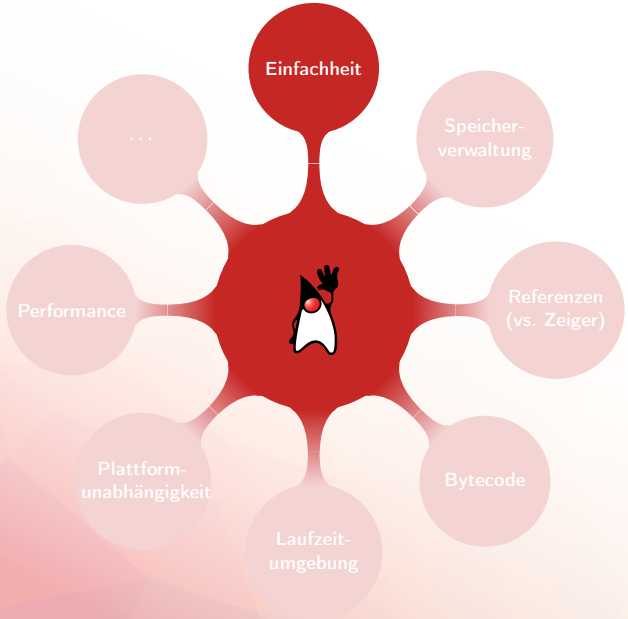



[Insel]
1.0
Erstes Release
1.1
JDBC, JNI
1.2
Swing, Collections
1.3
JNDI, RMI, Sound
1.4
XML, Logging, NIO, ...
5
Generics, for each
6
Webservices, XML-Integration
7
NIO2, GPL
8
Lambdas, Stream-API
9
Modularisierung
10
var
11
Entfernung java.ee
12
switch-Ausdrücke
1995
1997
1998
2000
2002
2004
2006
2011
2014
2017
03-18
09-18
03-19

Inhalt

Was macht Java aus?


Einfachheit
Speicher-
verwaltung
Referenzen
(vs. Zeiger)
Bytecode
Laufzeit-
umgebung
Plattform-
unabhängigkeit
Performance
...


Einfachheit
Speicher-
verwaltung
Referenzen
(vs. Zeiger)
Bytecode
Laufzeit-
umgebung
Plattform-
unabhängigkeit
Performance
...

- Syntax und Konzepte basieren auf bekannten Sprachen (C++)

```java
public class HelloWorld{
    public static int add(int a, int b){
      return a + b;
    }
    public static void main(String[] args){
        System.out.println("Hello World!");
    }
}
```

HelloWorld.java

- Syntax und Konzepte basieren auf bekannten Sprachen (C++)

```java
public class HelloWorld{
    public static int add(int a, int b){
      return a + b;
    }
    public static void main(String[] args){
        System.out.println("Hello World!");
    }
}
```

HelloWorld.java

- Aber:

- Syntax und Konzepte basieren auf bekannten Sprachen (C++)

```java
public class HelloWorld{
    public static int add(int a, int b){
      return a + b;
    }
    public static void main(String[] args){
        System.out.println("Hello World!");
    }
}
```

HelloWorld.java

- Aber:
  - keine Textersetzungs-Makros

- Syntax und Konzepte basieren auf bekannten Sprachen (C++)

```java
public class HelloWorld{
    public static int add(int a, int b){
      return a + b;
    }
    public static void main(String[] args){
        System.out.println("Hello World!");
    }
}
```

HelloWorld.java

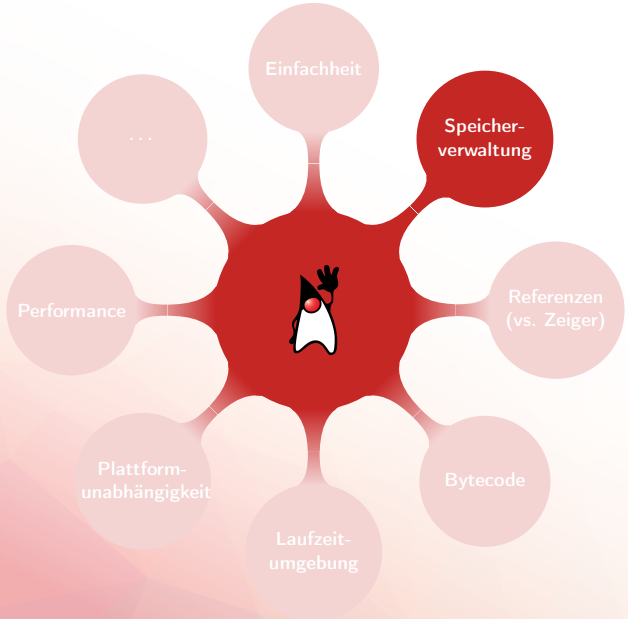
- Aber:
  - keine Textersetzungs-Makros
  - keine Operatorenüberladung

- Syntax und Konzepte basieren auf bekannten Sprachen (C++)

```java
public class HelloWorld{
    public static int add(int a, int b){
      return a + b;
    }
    public static void main(String[] args){
        System.out.println("Hello World!");
    }
}
```

HelloWorld.java

- Aber:
  - keine Textersetzungs-Makros
  - keine Operatorenüberladung
  - keine Mehrfachvererbung


Einfachheit
Speicher-
verwaltung
Referenzen
(vs. Zeiger)
Bytecode
Laufzeit-
umgebung
Plattform-
unabhängigkeit
Performance
...

C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Problem: Speicherloch

- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Problem: Speicherloch
- Java: Garbage Collector

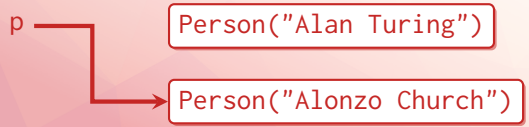
- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Problem: Speicherloch
- Java: Garbage Collector



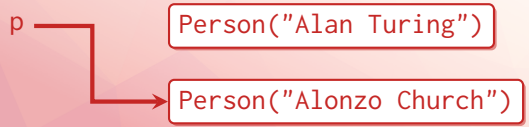
- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Problem: Speicherloch
- Java: Garbage Collector



  - merkt wer welche Objekte referenziert

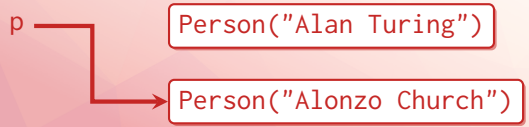
- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Problem: Speicherloch
- Java: Garbage Collector



  - merkt wer welche Objekte referenziert
  - Objekt wird weggeworfen, wenn es nicht mehr referenziert ist

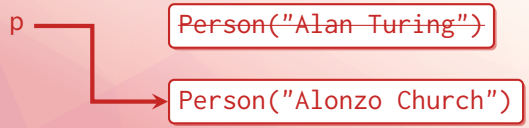
- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Problem: Speicherloch
- Java: Garbage Collector



  - merkt wer welche Objekte referenziert
  - Objekt wird weggeworfen, wenn es nicht mehr referenziert ist

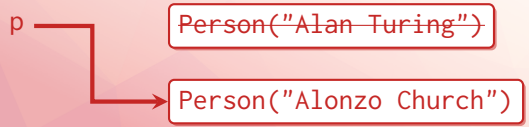
- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
p = new Person("Alonzo Church");
```

- Problem: Speicherloch
- Java: Garbage Collector



  - merkt wer welche Objekte referenziert
  - Objekt wird weggeworfen, wenn es nicht mehr referenziert ist
  - GC läuft parallel zum Hauptprogramm (Thread)

- Vorteile

- Vorteile
  - ✓ keine Speicherlöcher (prinzipiell, s. u.)

- Vorteile
  - ✓ keine Speicherlöcher (prinzipiell, s. u.)
  - ✓ reduzierte Programmkomplexität

- Vorteile
  - ✓ keine Speicherlöcher (prinzipiell, s. u.)
  - ✓ reduzierte Programmkomplexität
  - ✓ einfacher lesbarer Quellcode

- Vorteile
  - ✓ keine Speicherlöcher (prinzipiell, s. u.)
  - ✓ reduzierte Programmkomplexität
  - ✓ einfacher lesbarer Quellcode
- Nachteile

- Vorteile
  - ✓ keine Speicherlöcher (prinzipiell, s. u.)
  - ✓ reduzierte Programmkomplexität
  - ✓ einfacher lesbarer Quellcode
- Nachteile
  - ✗ GC braucht Resourcen (CPU, Speicher)

- Vorteile
  - ✓ keine Speicherlöcher (prinzipiell, s. u.)
  - ✓ reduzierte Programmkomplexität
  - ✓ einfacher lesbarer Quellcode
- Nachteile
  - ✗ GC braucht Resourcen (CPU, Speicher)
  - ✗ Aufräumzeitpunkt nicht vorhersehbar

- Vorteile
  - ✓ keine Speicherlöcher (prinzipiell, s. u.)
  - ✓ reduzierte Programmkomplexität
  - ✓ einfacher lesbarer Quellcode
- Nachteile
  - ✗ GC braucht Resourcen (CPU, Speicher)
  - ✗ Aufräumzeitpunkt nicht vorhersehbar
  - ✗ keine explizite Freigabe möglich

```
p = new Person("Kurt Goedel");
/* ... */
p = null; // GC kann Speicher freigeben
```

- Vorteile
  - ✓ keine Speicherlöcher (prinzipiell, s. u.)
  - ✓ reduzierte Programmkomplexität
  - ✓ einfacher lesbarer Quellcode
- Nachteile
  - ✗ GC braucht Resourcen (CPU, Speicher)
  - ✗ Aufräumzeitpunkt nicht vorhersehbar
  - ✗ keine explizite Freigabe möglich

```
p = new Person("Kurt Goedel");
/* ... */
p = null; // GC kann Speicher freigeben
```

- Achtung

- Vorteile
  - ✓ keine Speicherlöcher (prinzipiell, s. u.)
  - ✓ reduzierte Programmkomplexität
  - ✓ einfacher lesbarer Quellcode
- Nachteile
  - ✗ GC braucht Resourcen (CPU, Speicher)
  - ✗ Aufräumzeitpunkt nicht vorhersehbar
  - ✗ keine explizite Freigabe möglich

```
p = new Person("Kurt Goedel");
/* ... */
p = null; // GC kann Speicher freigeben
```

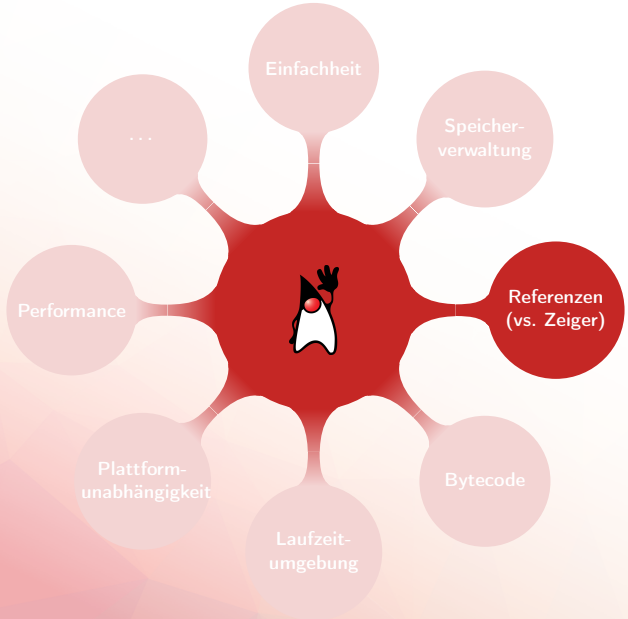
- Achtung
  - nur eine Referenz auf ein Objekt, verhindert die Entsorgung

- Vorteile
  - ✓ keine Speicherlöcher (prinzipiell, s. u.)
  - ✓ reduzierte Programmkomplexität
  - ✓ einfacher lesbarer Quellcode
- Nachteile
  - ✗ GC braucht Resourcen (CPU, Speicher)
  - ✗ Aufräumzeitpunkt nicht vorhersehbar
  - ✗ keine explizite Freigabe möglich

```
p = new Person("Kurt Goedel");
/* ... */
p = null; // GC kann Speicher freigeben
```

- Achtung
  - nur eine Referenz auf ein Objekt, verhindert die Entsorgung
  - GC räumt nicht immer sofort auf

```
for (int i = 0; i < 10000; i++)
  int[] a = new int[1024*1024];
```


Einfachheit
Speicher-
verwaltung
Referenzen
(vs. Zeiger)
Bytecode
Laufzeit-
umgebung
Plattform-
unabhängigkeit
Performance
...

C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
```

`p` beinhaltet die Speicheradresse

- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Speicheradresse

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Referenz

- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Speicheradresse

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Referenz

- Java-Referenz beinhaltet...

- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Speicheradresse

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Referenz

- Java-Referenz beinhaltet...
  - die eigentliche Speicheradresse

- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Speicheradresse

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Referenz

- Java-Referenz beinhaltet...
  - die eigentliche Speicheradresse
  - Typinformationen

- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Speicheradresse

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Referenz

- Java-Referenz beinhaltet...
  - die eigentliche Speicheradresse
  - Typinformationen
- Vorteile

- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Speicheradresse

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Referenz

- Java-Referenz beinhaltet...
  - die eigentliche Speicheradresse
  - Typinformationen
- Vorteile
  - ✓ Verschiebung im Speicher möglich

- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Speicheradresse

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Referenz

- Java-Referenz beinhaltet...
  - die eigentliche Speicheradresse
  - Typinformationen
- Vorteile
  - ✓ Verschiebung im Speicher möglich
  - ✓ Typprüfung

- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Speicheradresse

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Referenz

- Java-Referenz beinhaltet...
  - die eigentliche Speicheradresse
  - Typinformationen
- Vorteile
  - ✓ Verschiebung im Speicher möglich
  - ✓ Typprüfung
  - ✓ Zugriffsprüfung (**private**-Felder)

- C++

```
Person* p = new Person("Alan Turing");
```

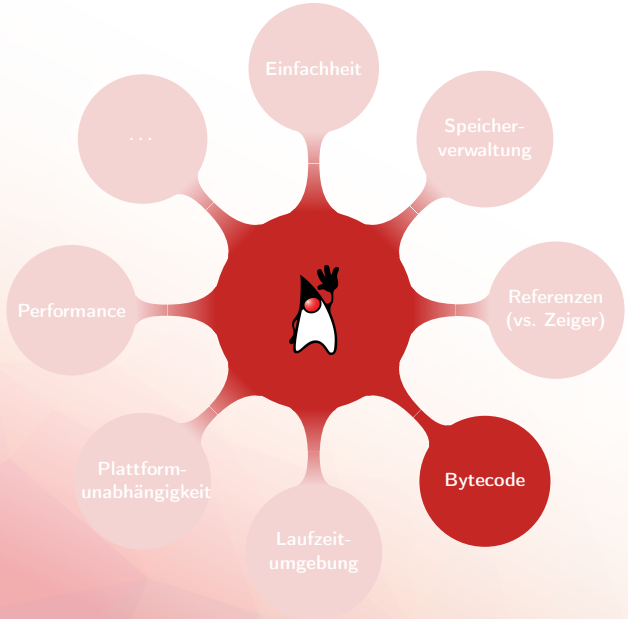
p beinhaltet die Speicheradresse

- Java

```
Person p = new Person("Alan Turing");
```

p beinhaltet die Referenz

- Java-Referenz beinhaltet...
  - die eigentliche Speicheradresse
  - Typinformationen
- Vorteile
  - ✓ Verschiebung im Speicher möglich
  - ✓ Typprüfung
  - ✓ Zugriffsprüfung (**private**-Felder)
- Nachteil: aufwändigere Dereferenzierung


Einfachheit
Speicher-
verwaltung
Referenzen
(vs. Zeiger)
Bytecode
Laufzeit-
umgebung
Plattform-
unabhängigkeit
Performance
...

Java-Compiler javac

Quellcode (.java-Datei)

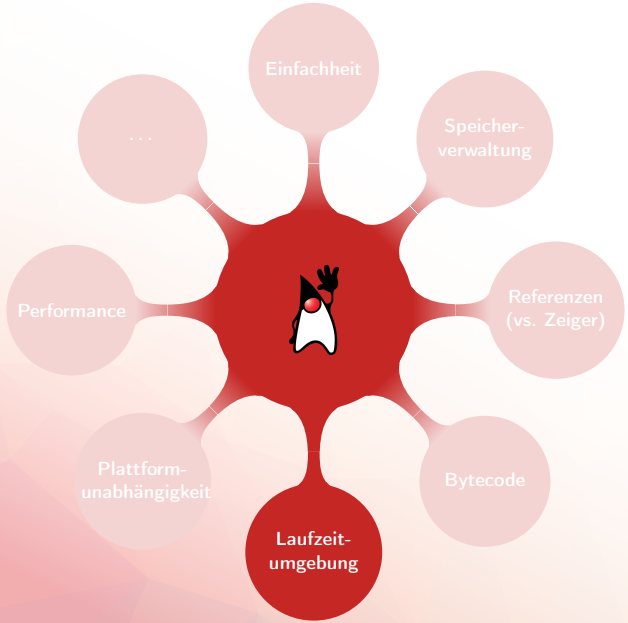
```
public int add(int a, int b){
  return a+b;
}
```

javac

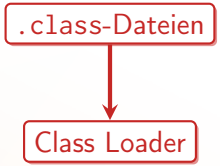
```
public static int add(int, int);
  iload_0
  iload_1
  iadd
  ireturn
```

Bytecode (.class-Datei)

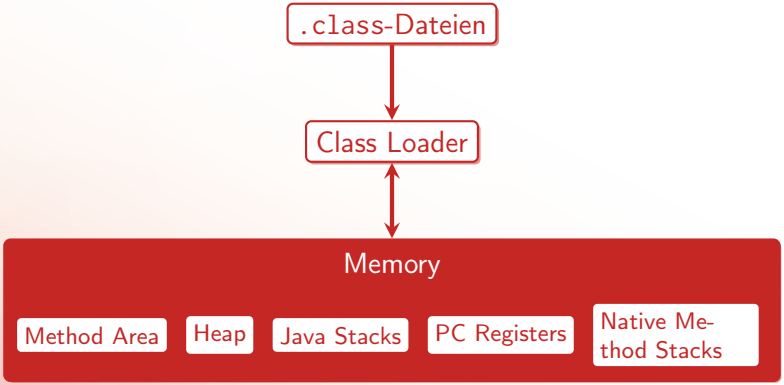
Bytecode: Instruktionen für virtuelle Java-Maschine


Einfachheit
Speicher-
verwaltung
Referenzen
(vs. Zeiger)
Bytecode
Laufzeit-
umgebung
Plattform-
unabhängigkeit
Performance
...

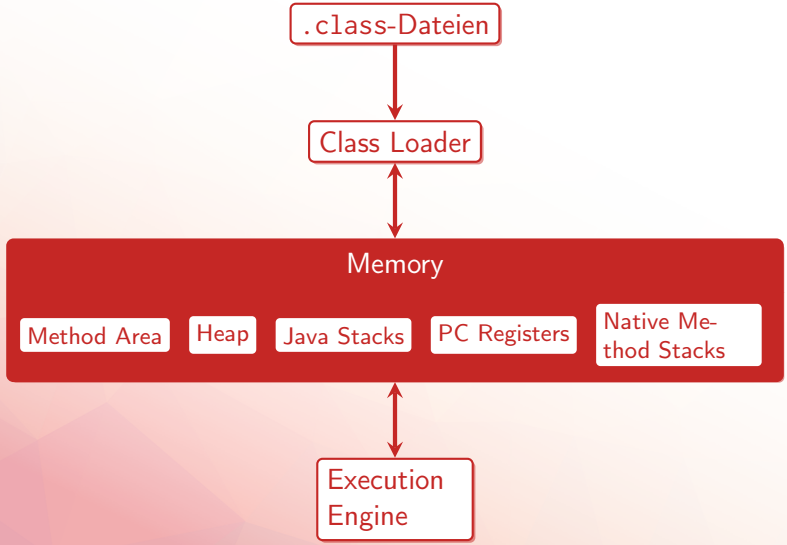
Java Laufzeitumgebung: „Java Virtual Machine“



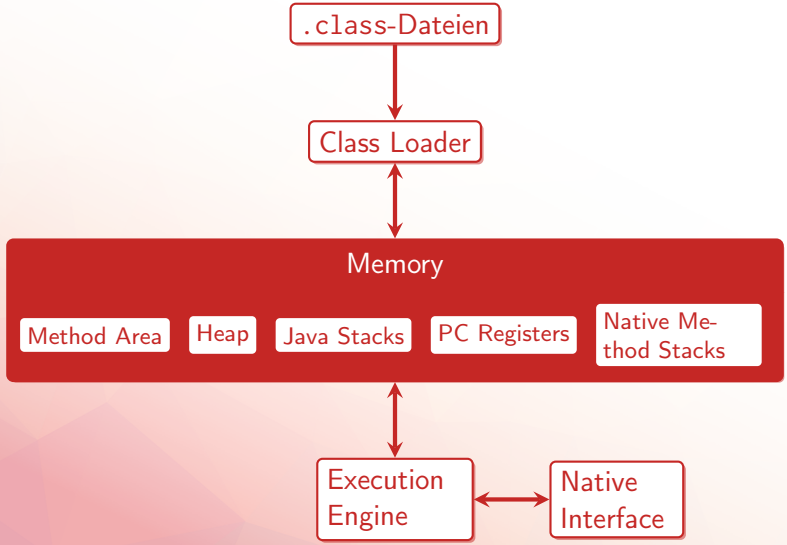
Java Laufzeitumgebung: „Java Virtual Machine“



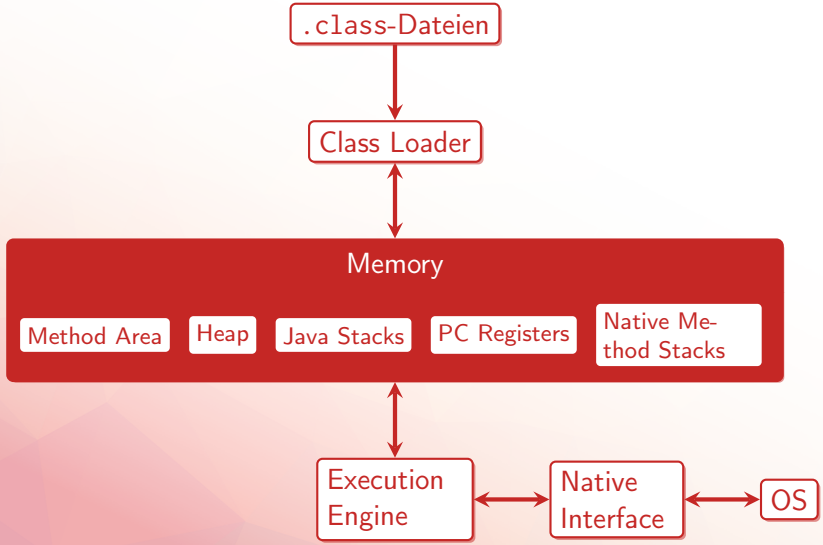
Java Laufzeitumgebung: „Java Virtual Machine“

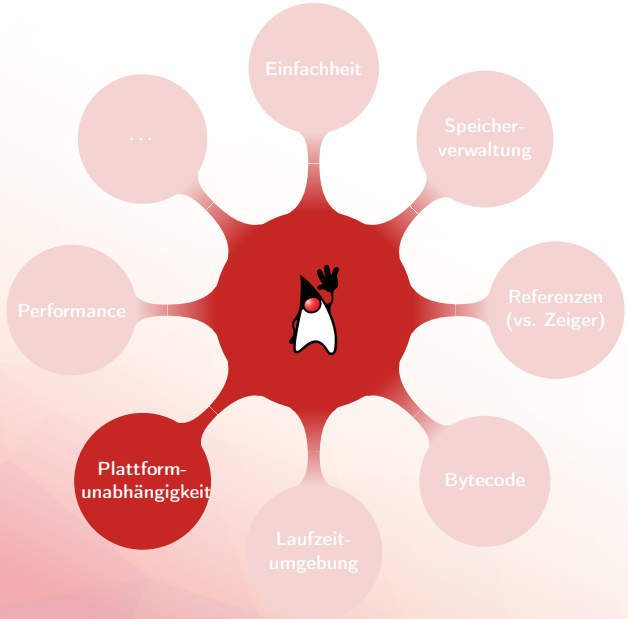


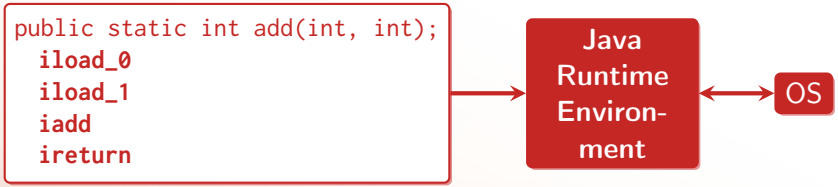
Java Laufzeitumgebung: „Java Virtual Machine“



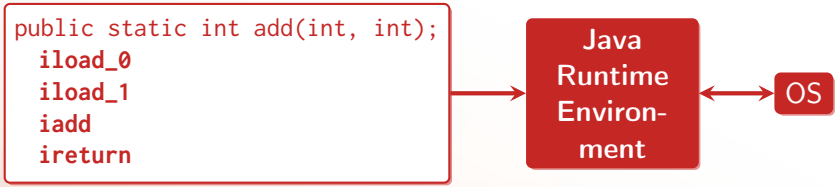
Java Laufzeitumgebung: „Java Virtual Machine“



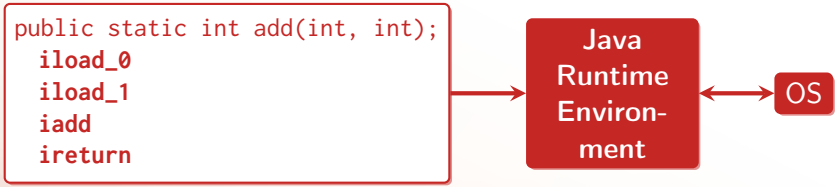

Einfachheit
Speicher-
verwaltung
Referenzen
(vs. Zeiger)
Bytecode
Laufzeit-
umgebung
Plattform-
unabhängigkeit
Performance
...



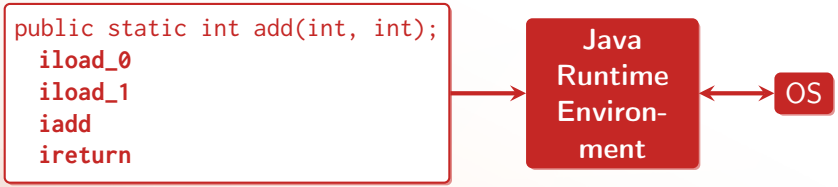
- Java Runtime Environment (JRE)



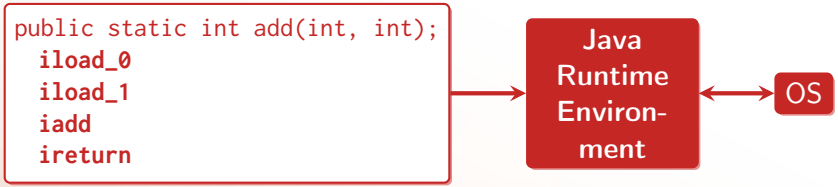
- Java Runtime Environment (JRE)
  - interpretiert Bytecode in Java Virtual Machine



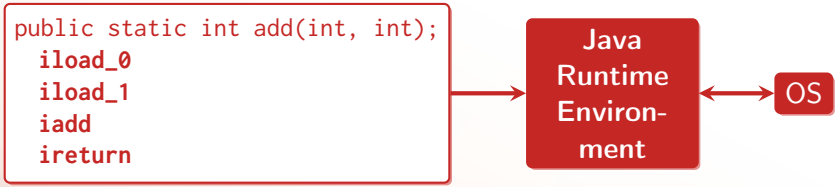
- Java Runtime Environment (JRE)
  - interpretiert Bytecode in Java Virtual Machine
  - reicht Aufrufe an Betriebssystem weiter



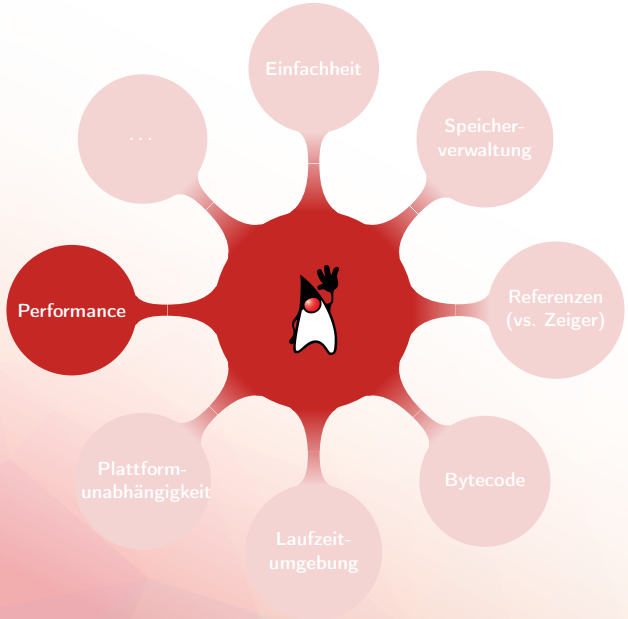
- Java Runtime Environment (JRE)
  - interpretiert Bytecode in Java Virtual Machine
  - reicht Aufrufe an Betriebssystem weiter
- JRE bildet eine Abstraktionsschicht

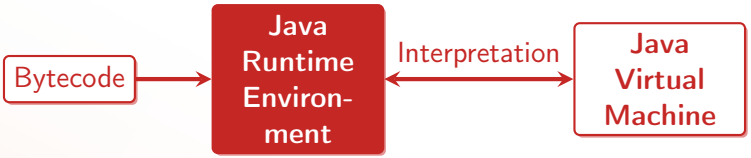


- Java Runtime Environment (JRE)
  - interpretiert Bytecode in Java Virtual Machine
  - reicht Aufrufe an Betriebssystem weiter
- JRE bildet eine Abstraktionsschicht
- verschiedene JRE-Implementierungen möglich

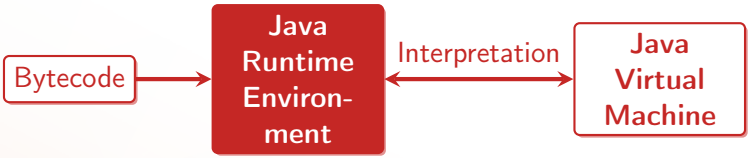


- Java Runtime Environment (JRE)
  - interpretiert Bytecode in Java Virtual Machine
  - reicht Aufrufe an Betriebssystem weiter
- JRE bildet eine Abstraktionsschicht
- verschiedene JRE-Implementierungen möglich
- Bytecode ist plattformunabhängig

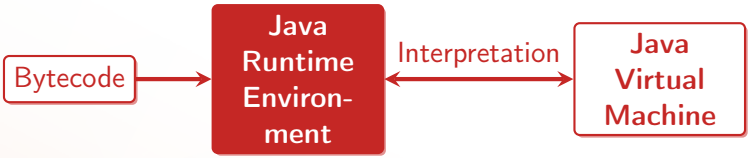

Einfachheit
Speicher-
verwaltung
Referenzen
(vs. Zeiger)
Bytecode
Laufzeit-
umgebung
Plattform-
unabhängigkeit
Performance
...



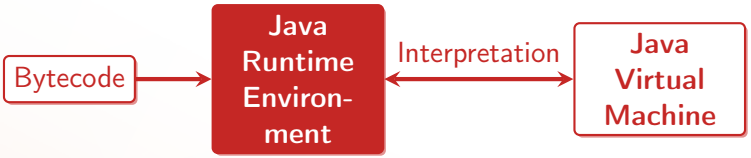
- Interpretation



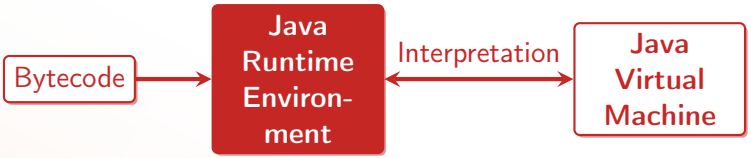
- Interpretation
  - Erkennen



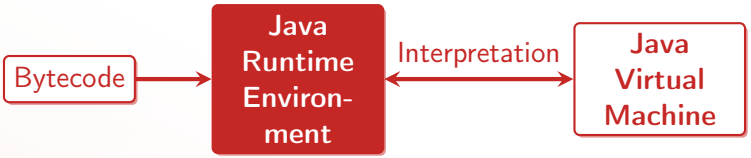
- Interpretation
  - Erkennen
  - Dekodieren



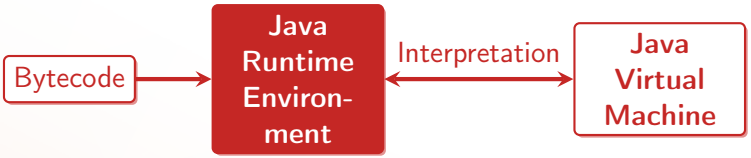
- Interpretation
  - Erkennen
  - Dekodieren
  - Ausführen



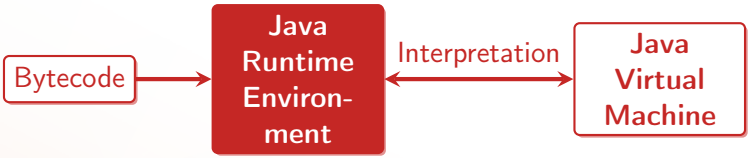
- Interpretation
  - Erkennen
  - Dekodieren
  - Ausführen
- Problem: langsam!



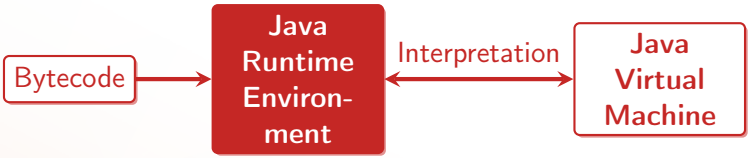
- Interpretation
  - Erkennen
  - Dekodieren
  - Ausführen
- Problem: langsam!
- Just-in-Time-Compilation



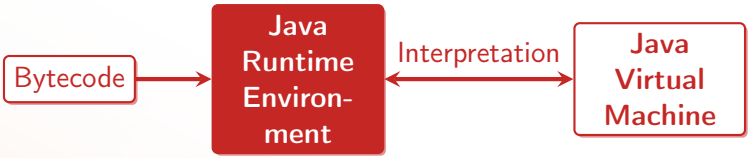
- Interpretation
  - Erkennen
  - Dekodieren
  - Ausführen
- Problem: langsam!
- Just-in-Time-Compilation
  - Ausführungseinheit erkennt „Hotspots“ (oft ausgeführte Programmteile)



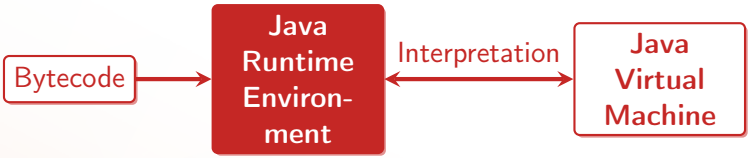
- Interpretation
  - Erkennen
  - Dekodieren
  - Ausführen
- Problem: langsam!
- Just-in-Time-Compilation
  - Ausführungseinheit erkennt „Hotspots“ (oft ausgeführte Programmteile)
  - Übersetzung in Maschinencode zur Laufzeit



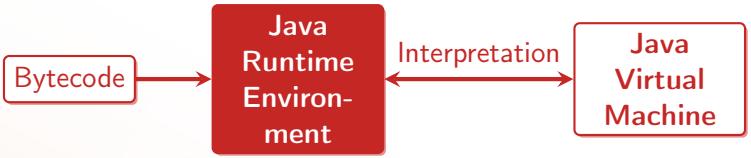
- Interpretation
  - Erkennen
  - Dekodieren
  - Ausführen
- Problem: langsam!
- Just-in-Time-Compilation
  - Ausführungseinheit erkennt „Hotspots“ (oft ausgeführte Programmteile)
  - Übersetzung in Maschinencode zur Laufzeit
- Vorteile



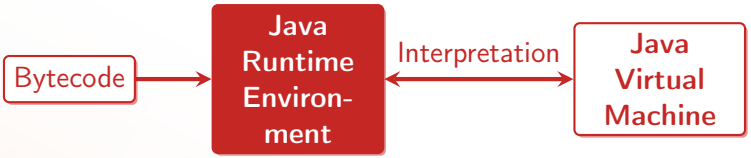
- Interpretation
  - Erkennen
  - Dekodieren
  - Ausführen
- Problem: langsam!
- Just-in-Time-Compilation
  - Ausführungseinheit erkennt „Hotspots“ (oft ausgeführte Programmteile)
  - Übersetzung in Maschinencode zur Laufzeit
- Vorteile
  - ✓ Kontextinformationen (Programm, Prozessor, etc.)



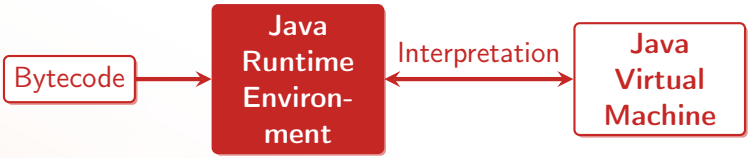
- Interpretation
  - Erkennen
  - Dekodieren
  - Ausführen
- Problem: langsam!
- Just-in-Time-Compilation
  - Ausführungseinheit erkennt „Hotspots“ (oft ausgeführte Programmteile)
  - Übersetzung in Maschinencode zur Laufzeit
- Vorteile
  - ✓ Kontextinformationen (Programm, Prozessor, etc.)
  - ✓ Code-Optimierung zur Laufzeit



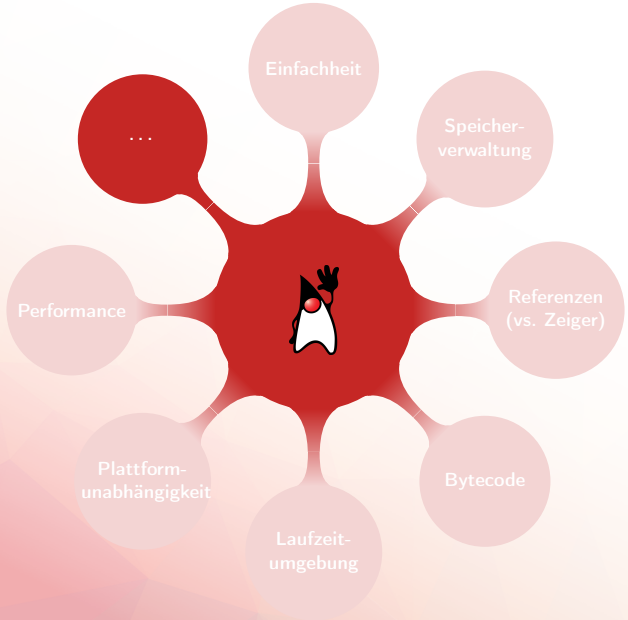
- Interpretation
  - Erkennen
  - Dekodieren
  - Ausführen
- Problem: langsam!
- Just-in-Time-Compilation
  - Ausführungseinheit erkennt „Hotspots“ (oft ausgeführte Programmteile)
  - Übersetzung in Maschinencode zur Laufzeit
- Vorteile
  - ✓ Kontextinformationen (Programm, Prozessor, etc.)
  - ✓ Code-Optimierung zur Laufzeit
- Nachteile



- Interpretation
  - Erkennen
  - Dekodieren
  - Ausführen
- Problem: langsam!
- Just-in-Time-Compilation
  - Ausführungseinheit erkennt „Hotspots“ (oft ausgeführte Programmteile)
  - Übersetzung in Maschinencode zur Laufzeit
- Vorteile
  - ✓ Kontextinformationen (Programm, Prozessor, etc.)
  - ✓ Code-Optimierung zur Laufzeit
- Nachteile
  - ✗ Übersetzung kostet Zeit

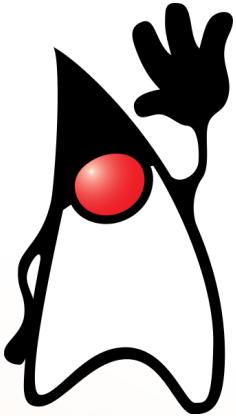


- Interpretation
  - Erkennen
  - Dekodieren
  - Ausführen
- Problem: langsam!
- Just-in-Time-Compilation
  - Ausführungseinheit erkennt „Hotspots“ (oft ausgeführte Programmteile)
  - Übersetzung in Maschinencode zur Laufzeit
- Vorteile
  - ✓ Kontextinformationen (Programm, Prozessor, etc.)
  - ✓ Code-Optimierung zur Laufzeit
- Nachteile
  - ✗ Übersetzung kostet Zeit
  - ✗ komplexe JRE-Implementierung


Einfachheit
Speicher-
verwaltung
Referenzen
(vs. Zeiger)
Bytecode
Laufzeit-
umgebung
Plattform-
unabhängigkeit
Performance
...

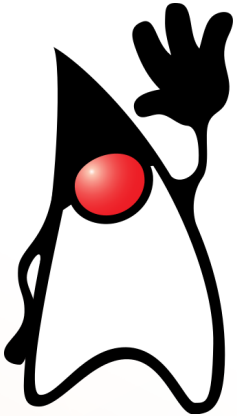
Java ist...

- objektorientiert



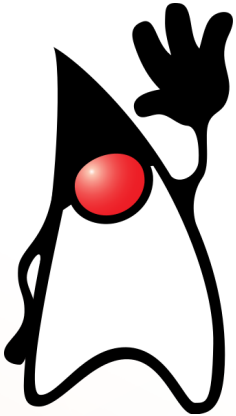
Java ist...

- objektorientiert
  - rein objektorientiert, bis auf primitive Typen (Zahlen, Character)



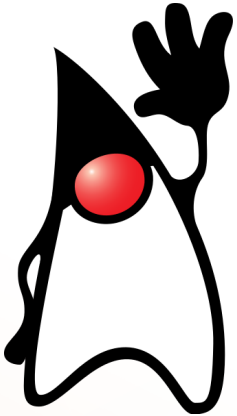
Java ist...

- objektorientiert
  - rein objektorientiert, bis auf primitive Typen (Zahlen, Character)
  - keine Mehrfachvererbung



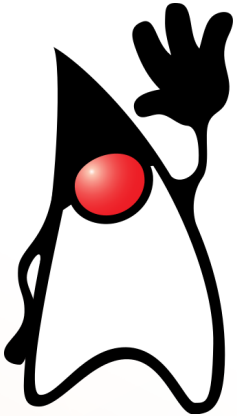
Java ist...

- objektorientiert
  - rein objektorientiert, bis auf primitive Typen (Zahlen, Character)
  - keine Mehrfachvererbung
  - Interfaces



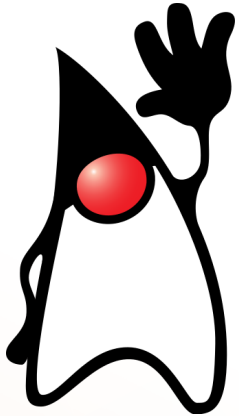
Java ist...

- objektorientiert
  - rein objektorientiert, bis auf primitive Typen (Zahlen, Character)
  - keine Mehrfachvererbung
  - Interfaces
  - objektorientierte Ausnahmebehandlung



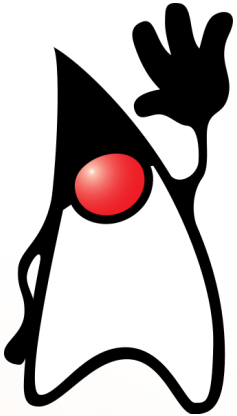
Java ist...

- objektorientiert
  - rein objektorientiert, bis auf primitive Typen (Zahlen, Character)
  - keine Mehrfachvererbung
  - Interfaces
  - objektorientierte Ausnahmebehandlung
- (prinzipiell) sehr sicher



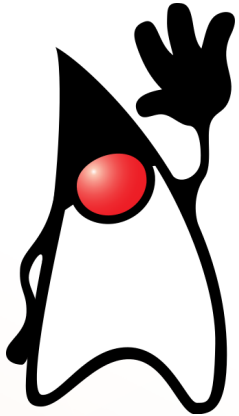
Java ist...

- objektorientiert
  - rein objektorientiert, bis auf primitive Typen (Zahlen, Character)
  - keine Mehrfachvererbung
  - Interfaces
  - objektorientierte Ausnahmebehandlung
- (prinzipiell) sehr sicher
  - JRE bildet eine „sandbox“



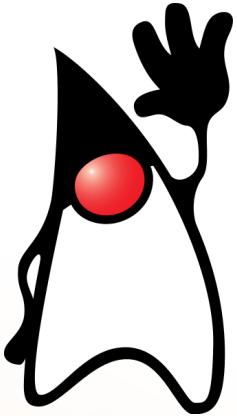
Java ist...

- objektorientiert
  - rein objektorientiert, bis auf primitive Typen (Zahlen, Character)
  - keine Mehrfachvererbung
  - Interfaces
  - objektorientierte Ausnahmebehandlung
- (prinzipiell) sehr sicher
  - JRE bildet eine „sandbox“
  - starke Typ- und Zugriffsprüfung



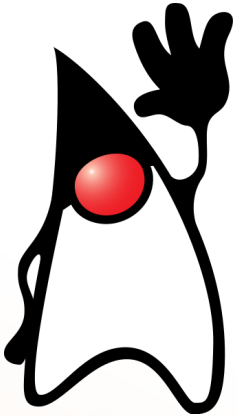
Java ist...

- objektorientiert
  - rein objektorientiert, bis auf primitive Typen (Zahlen, Character)
  - keine Mehrfachvererbung
  - Interfaces
  - objektorientierte Ausnahmebehandlung
- (prinzipiell) sehr sicher
  - JRE bildet eine „sandbox“
  - starke Typ- und Zugriffsprüfung
  - konfigurierbarer Security Manager für Datei-/Netzwerkzugriffe



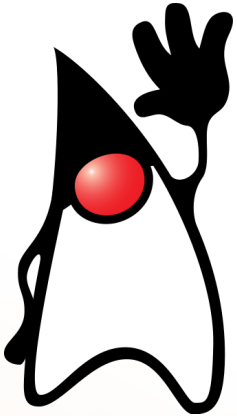
Java ist...

- objektorientiert
  - rein objektorientiert, bis auf primitive Typen (Zahlen, Character)
  - keine Mehrfachvererbung
  - Interfaces
  - objektorientierte Ausnahmebehandlung
- (prinzipiell) sehr sicher
  - JRE bildet eine „sandbox“
  - starke Typ- und Zugriffsprüfung
  - konfigurierbarer Security Manager für Datei-/Netzwerkzugriffe
- open source (OpenJDK)



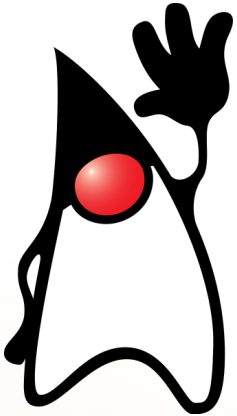
Java ist...

- objektorientiert
  - rein objektorientiert, bis auf primitive Typen (Zahlen, Character)
  - keine Mehrfachvererbung
  - Interfaces
  - objektorientierte Ausnahmebehandlung
- (prinzipiell) sehr sicher
  - JRE bildet eine „sandbox“
  - starke Typ- und Zugriffsprüfung
  - konfigurierbarer Security Manager für Datei-/Netzwerkzugriffe
- open source (OpenJDK)
- konservativ in der Weiterentwicklung



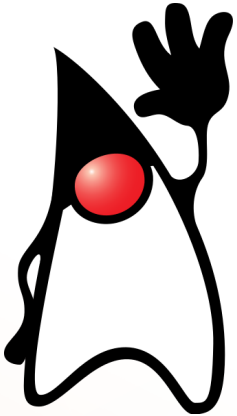
Java ist...

- objektorientiert
  - rein objektorientiert, bis auf primitive Typen (Zahlen, Character)
  - keine Mehrfachvererbung
  - Interfaces
  - objektorientierte Ausnahmebehandlung
- (prinzipiell) sehr sicher
  - JRE bildet eine „sandbox“
  - starke Typ- und Zugriffsprüfung
  - konfigurierbarer Security Manager für Datei-/Netzwerkzugriffe
- open source (OpenJDK)
- konservativ in der Weiterentwicklung
  - funktionale Konstrukte (Streams, Lambdas) erst ab Java 8



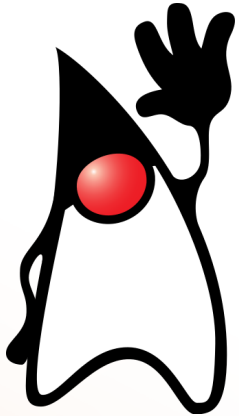
Java ist...

- objektorientiert
  - rein objektorientiert, bis auf primitive Typen (Zahlen, Character)
  - keine Mehrfachvererbung
  - Interfaces
  - objektorientierte Ausnahmebehandlung
- (prinzipiell) sehr sicher
  - JRE bildet eine „sandbox“
  - starke Typ- und Zugriffsprüfung
  - konfigurierbarer Security Manager für Datei-/Netzwerkzugriffe
- open source (OpenJDK)
- konservativ in der Weiterentwicklung
  - funktionale Konstrukte (Streams, Lambdas) erst ab Java 8
  - überschaubarer Sprachkern (vgl. C++)



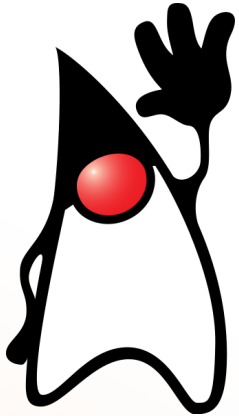
Java eignet sich für...

✓ Webserver-Anwendungen



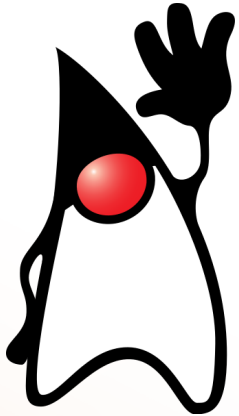
Java eignet sich für...

- ✓ Webserver-Anwendungen
- ✓ plattformunabhängige (UI-)Anwendungen



Java eignet sich für...

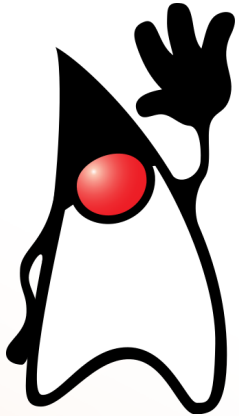
- ✓ Webserver-Anwendungen
- ✓ plattformunabhängige (UI-)Anwendungen
- ✓ das Erlernen objektorientierter Programmierung



Java eignet sich für...

- ✓ Webserver-Anwendungen
- ✓ plattformunabhängige (UI-)Anwendungen
- ✓ das Erlernen objektorientierter Programmierung

Java eignet sich nicht für...

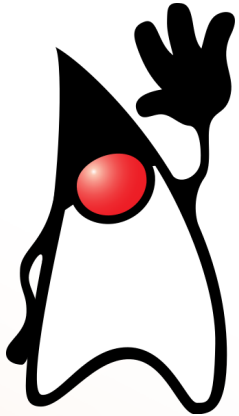


Java eignet sich für...

- ✓ Webserver-Anwendungen
- ✓ plattformunabhängige (UI-)Anwendungen
- ✓ das Erlernen objektorientierter Programmierung

Java eignet sich nicht für...

- ✗ hardwarenahe Entwicklung: Zugriff auf USB, Hardwareschnittstellen

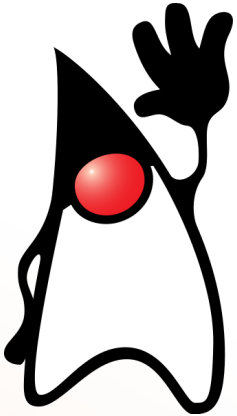


Java eignet sich für...

- ✓ Webserver-Anwendungen
- ✓ plattformunabhängige (UI-)Anwendungen
- ✓ das Erlernen objektorientierter Programmierung

Java eignet sich nicht für...

- ✗ hardwarenahe Entwicklung: Zugriff auf USB, Hardwareschnittstellen
- ✗ betriebssystemnahe Entwicklung: Kernel-Erweiterung, Systemschnittstellen

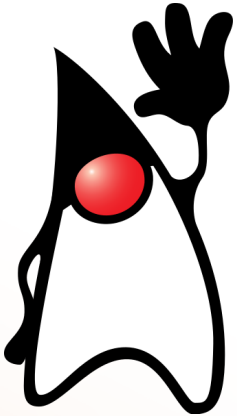


Java eignet sich für...

- ✓ Webserver-Anwendungen
- ✓ plattformunabhängige (UI-)Anwendungen
- ✓ das Erlernen objektorientierter Programmierung

Java eignet sich nicht für...

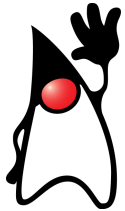
- ✗ hardwarenahe Entwicklung: Zugriff auf USB, Hardwareschnittstellen
- ✗ betriebssystemnahe Entwicklung: Kernel-Erweiterung, Systemschnittstellen
- ✗ „low-level"-Anwendungen: Netzwerkprotokolle (ICMP), (erweiterte) Konsolenein-/ausgaben



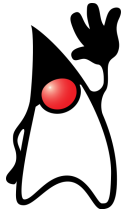
Inhalt

Inhalt

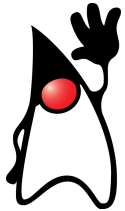
- Java SE (Standard Edition)



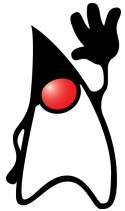
- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger



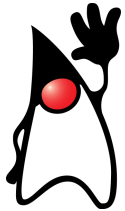
- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)



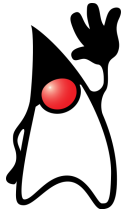
- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)
  - UI-Entwicklung (AWT, Swing)



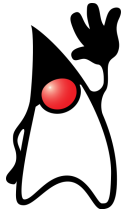
- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)
  - UI-Entwicklung (AWT, Swing)
  - Datenströme: Dateien, Netzwerk



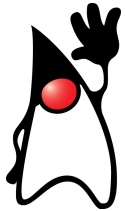
- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)
  - UI-Entwicklung (AWT, Swing)
  - Datenströme: Dateien, Netzwerk
  - ...



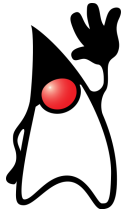
- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)
  - UI-Entwicklung (AWT, Swing)
  - Datenströme: Dateien, Netzwerk
  - ...
- Java ME (Micro Edition): eingebettete System, Smartphones



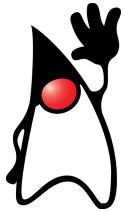
- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)
  - UI-Entwicklung (AWT, Swing)
  - Datenströme: Dateien, Netzwerk
  - ...
- Java ME (Micro Edition): eingebettete System, Smartphones
- Java Card: JVM auf Chipkarten (z.B. SIM-Karten)



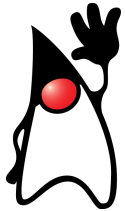
- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)
  - UI-Entwicklung (AWT, Swing)
  - Datenströme: Dateien, Netzwerk
  - ...
- Java ME (Micro Edition): eingebettete System, Smartphones
- Java Card: JVM auf Chipkarten (z.B. SIM-Karten)
- Java EE/Jakarta



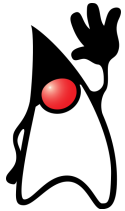
- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)
  - UI-Entwicklung (AWT, Swing)
  - Datenströme: Dateien, Netzwerk
  - ...
- Java ME (Micro Edition): eingebettete System, Smartphones
- Java Card: JVM auf Chipkarten (z.B. SIM-Karten)
- Java EE/Jakarta
  - früher Java EE (Enterprise Edition)



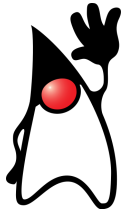
- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)
  - UI-Entwicklung (AWT, Swing)
  - Datenströme: Dateien, Netzwerk
  - ...
- Java ME (Micro Edition): eingebettete System, Smartphones
- Java Card: JVM auf Chipkarten (z.B. SIM-Karten)
- Java EE/Jakarta
  - früher Java EE (Enterprise Edition)
  - Webseiten/-dienste (JSP, JSF)



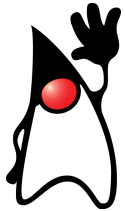
- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)
  - UI-Entwicklung (AWT, Swing)
  - Datenströme: Dateien, Netzwerk
  - ...
- Java ME (Micro Edition): eingebettete System, Smartphones
- Java Card: JVM auf Chipkarten (z.B. SIM-Karten)
- Java EE/Jakarta
  - früher Java EE (Enterprise Edition)
  - Webseiten/-dienste (JSP, JSF)
  - JavaMail API



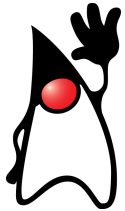
- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)
  - UI-Entwicklung (AWT, Swing)
  - Datenströme: Dateien, Netzwerk
  - ...
- Java ME (Micro Edition): eingebettete System, Smartphones
- Java Card: JVM auf Chipkarten (z.B. SIM-Karten)
- Java EE/Jakarta
  - früher Java EE (Enterprise Edition)
  - Webseiten/-dienste (JSP, JSF)
  - JavaMail API
  - Applikationsserver Glassfish



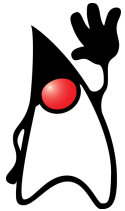
- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)
  - UI-Entwicklung (AWT, Swing)
  - Datenströme: Dateien, Netzwerk
  - ...
- Java ME (Micro Edition): eingebettete System, Smartphones
- Java Card: JVM auf Chipkarten (z.B. SIM-Karten)
- Java EE/Jakarta
  - früher Java EE (Enterprise Edition)
  - Webseiten/-dienste (JSP, JSF)
  - JavaMail API
  - Applikationsserver Glassfish
- Real-Time Java



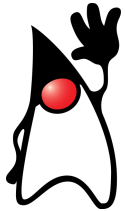
- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)
  - UI-Entwicklung (AWT, Swing)
  - Datenströme: Dateien, Netzwerk
  - ...
- Java ME (Micro Edition): eingebettete System, Smartphones
- Java Card: JVM auf Chipkarten (z.B. SIM-Karten)
- Java EE/Jakarta
  - früher Java EE (Enterprise Edition)
  - Webseiten/-dienste (JSP, JSF)
  - JavaMail API
  - Applikationsserver Glassfish
- Real-Time Java
  - zeitkritische Anwendungen (z.B. Sensorverarbeitung)



- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)
  - UI-Entwicklung (AWT, Swing)
  - Datenströme: Dateien, Netzwerk
  - ...
- Java ME (Micro Edition): eingebettete System, Smartphones
- Java Card: JVM auf Chipkarten (z.B. SIM-Karten)
- Java EE/Jakarta
  - früher Java EE (Enterprise Edition)
  - Webseiten/-dienste (JSP, JSF)
  - JavaMail API
  - Applikationsserver Glassfish
- Real-Time Java
  - zeitkritische Anwendungen (z.B. Sensorverarbeitung)
  - Garbage Collector kann gesteuert werden



- Java SE (Standard Edition)
  - Interpreter,Compiler, Debugger
  - Datenbankschnittstelle (JDBC)
  - UI-Entwicklung (AWT, Swing)
  - Datenströme: Dateien, Netzwerk
  - ...
- Java ME (Micro Edition): eingebettete System, Smartphones
- Java Card: JVM auf Chipkarten (z.B. SIM-Karten)
- Java EE/Jakarta
  - früher Java EE (Enterprise Edition)
  - Webseiten/-dienste (JSP, JSF)
  - JavaMail API
  - Applikationsserver Glassfish
- Real-Time Java
  - zeitkritische Anwendungen (z.B. Sensorverarbeitung)
  - Garbage Collector kann gesteuert werden
  - (manuellere) Speicherverwaltung



Inhalt

- Oracle JDK
  - https://www.oracle.com/java/technologies/javase-downloads.html
  - alle drei Jahre LTS-Version („long time support“)
  - Achtung: nur für „development, testing, protoyping und demonstration purposes“
  - sonst monatliche Lizenzgebühren

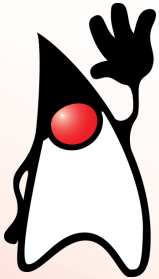
- Oracle JDK
  - https://www.oracle.com/java/technologies/javase-downloads.html
  - alle drei Jahre LTS-Version („long time support“)
  - Achtung: nur für „development, testing, protoyping und demonstration purposes“
  - sonst monatliche Lizenzgebühren
- OpenJDK
  - Oracle https://openjdk.java.net/
  - GPL (v2)
  - mehrere Anbieter

Inhalt

Java als Plattform für Sprachen

Scala

Kotlin



Clojure

Jython

Inhalt

„Hello World“

```java
public class HelloWorld{
    public static int add(int a, int b){
      return a + b;
    }
    public static void main(String[] args){
        System.out.println("Hello World!");
    }
}
```

HelloWorld.java

- Voraussetzung: installiertes JDK

```
$ javac -version
javac 1.8.0_144
```

- Übersetzen

```
$ cd Examples/src/main/java
$ ls
HelloWorld.java
$ javac HelloWorld.java
$ ls
HelloWorld.class      HelloWorld.java
```

- Ausführen

```
$ java HelloWorld
Hello World!
```

Bytecode anzeigen

```
$ javap -c HelloWorld.class
Compiled from "HelloWorld.java"
public class HelloWorld {
  public HelloWorld();
    0: aload_0
    1: invokespecial java/lang/Object."<init>":()V
    4: return
  public static int add(int, int);
    0: iload_0
    1: iload_1
    2: iadd
    3: ireturn
  /* ... */
```

Bytecode (Teil 2)

```
/* ... */
public static void main(java.lang.String[]);
  0: getstatic java/lang/System.out:Ljava/io/PrintStream;
  3: ldc "Hello World!"
  5: invokevirtual
       java/io/PrintStream.println:(Ljava/lang/String;)V
  8: return
}
```

Inhalt

Inhalt

Entwicklungsumgebungen (IDEs):

- Eclipse
  - https://www.eclipse.org/ide/
  - frei (Eclipse Foundation)

Entwicklungsumgebungen (IDEs):

- Eclipse
  - https://www.eclipse.org/ide/
  - frei (Eclipse Foundation)
- NetBeans
  - https://netbeans.apache.org/
  - frei (Apache Software Foundation)

Entwicklungsumgebungen (IDEs):

- Eclipse
  - https://www.eclipse.org/ide/
  - frei (Eclipse Foundation)
- NetBeans
  - https://netbeans.apache.org/
  - frei (Apache Software Foundation)
- IntelliJ IDEA
  - https://www.jetbrains.com/idea/
  - kommerziell (JetBrains), kostenlos in einer Community-Version

Entwicklungsumgebungen (IDEs):

- Eclipse
  - https://www.eclipse.org/ide/
  - frei (Eclipse Foundation)
- NetBeans
  - https://netbeans.apache.org/
  - frei (Apache Software Foundation)
- IntelliJ IDEA
  - https://www.jetbrains.com/idea/
  - kommerziell (JetBrains), kostenlos in einer Community-Version
- Visual Studio Code
  - https://code.visualstudio.com/
  - frei (Microsoft, MIT-Lizenz)
  - Java-Entwicklung über Extensions

Entwicklungsumgebungen (IDEs):

- Eclipse
  - https://www.eclipse.org/ide/
  - frei (Eclipse Foundation)
- NetBeans
  - https://netbeans.apache.org/
  - frei (Apache Software Foundation)
- IntelliJ IDEA
  - https://www.jetbrains.com/idea/
  - kommerziell (JetBrains), kostenlos in einer Community-Version
- Visual Studio Code
  - https://code.visualstudio.com/
  - frei (Microsoft, MIT-Lizenz)
  - Java-Entwicklung über Extensions
- Praktikum

Entwicklungsumgebungen (IDEs):

- Eclipse
  - https://www.eclipse.org/ide/
  - frei (Eclipse Foundation)
- NetBeans
  - https://netbeans.apache.org/
  - frei (Apache Software Foundation)
- IntelliJ IDEA
  - https://www.jetbrains.com/idea/
  - kommerziell (JetBrains), kostenlos in einer Community-Version
- Visual Studio Code
  - https://code.visualstudio.com/
  - frei (Microsoft, MIT-Lizenz)
  - Java-Entwicklung über Extensions
- Praktikum
  - Visual Studio Code (siehe Tutorial Videos Moodle)

Entwicklungsumgebungen (IDEs):

- Eclipse
  - https://www.eclipse.org/ide/
  - frei (Eclipse Foundation)
- NetBeans
  - https://netbeans.apache.org/
  - frei (Apache Software Foundation)
- IntelliJ IDEA
  - https://www.jetbrains.com/idea/
  - kommerziell (JetBrains), kostenlos in einer Community-Version
- Visual Studio Code
  - https://code.visualstudio.com/
  - frei (Microsoft, MIT-Lizenz)
  - Java-Entwicklung über Extensions
- Praktikum
  - Visual Studio Code (siehe Tutorial Videos Moodle)
  - Andere IDEs

Entwicklungsumgebungen (IDEs):

- Eclipse
  - https://www.eclipse.org/ide/
  - frei (Eclipse Foundation)
- NetBeans
  - https://netbeans.apache.org/
  - frei (Apache Software Foundation)
- IntelliJ IDEA
  - https://www.jetbrains.com/idea/
  - kommerziell (JetBrains), kostenlos in einer Community-Version
- Visual Studio Code
  - https://code.visualstudio.com/
  - frei (Microsoft, MIT-Lizenz)
  - Java-Entwicklung über Extensions
- Praktikum
  - Visual Studio Code (siehe Tutorial Videos Moodle)
  - Andere IDEs selber verantwortlich

Inhalt

Build Tools

- Build Tools?
  - Compilieren, testen, verwalten von komplexen Java-Anwendungen
  - automatisches Auflösen von Abhängigkeiten
  - Kommandozeile oder IDE-Integration

Build Tools

- Build Tools?
  - Compilieren, testen, verwalten von komplexen Java-Anwendungen
  - automatisches Auflösen von Abhängigkeiten
  - Kommandozeile oder IDE-Integration
- Apache ANT
  - https://ant.apache.org/
  - Projektbeschreibung: XML
  - sehr flexibel

Build Tools

- Build Tools?
  - Compilieren, testen, verwalten von komplexen Java-Anwendungen
  - automatisches Auflösen von Abhängigkeiten
  - Kommandozeile oder IDE-Integration
- Apache ANT
  - https://ant.apache.org/
  - Projektbeschreibung: XML
  - sehr flexibel
- Apache Maven
  - https://maven.apache.org/
  - Projektbeschreibung: XML
  - komfortabler als ANT

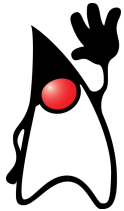
Build Tools

- Build Tools?
  - Compilieren, testen, verwalten von komplexen Java-Anwendungen
  - automatisches Auflösen von Abhängigkeiten
  - Kommandozeile oder IDE-Integration
- Apache ANT
  - https://ant.apache.org/
  - Projektbeschreibung: XML
  - sehr flexibel
- Apache Maven
  - https://maven.apache.org/
  - Projektbeschreibung: XML
  - komfortabler als ANT
- Gradle
  - https://gradle.org/
  - Projektbeschreibung: Groovy/Kotlin
  - ähnlich zu Maven
  - verwendet für Programmierbeispiele

Inhalt

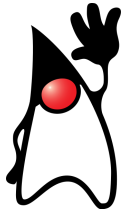
jshell

- jshell: Java REPL („read-evaluate-print-loop“)



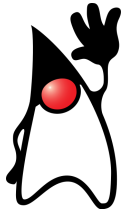
jshell

- jshell: Java REPL („read-evaluate-print-loop“)
- Wird mit JDK installiert (ab 9)



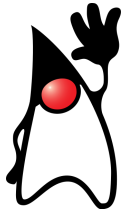
jshell

- jshell: Java REPL („read-evaluate-print-loop“)
- Wird mit JDK installiert (ab 9)
- Java Konsole zum...



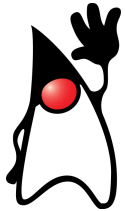
jshell

- jshell: Java REPL („read-evaluate-print-loop“)
- Wird mit JDK installiert (ab 9)
- Java Konsole zum...
  - Ausprobieren



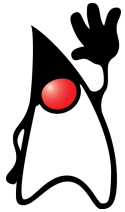
jshell

- jshell: Java REPL („read-evaluate-print-loop“)
- Wird mit JDK installiert (ab 9)
- Java Konsole zum...
  - Ausprobieren
  - Testen



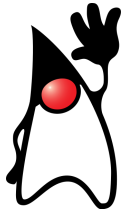
jshell

- jshell: Java REPL („read-evaluate-print-loop“)
- Wird mit JDK installiert (ab 9)
- Java Konsole zum...
  - Ausprobieren
  - Testen
  - „rapid prototyping“



jshell

- jshell: Java REPL („read-evaluate-print-loop“)
- Wird mit JDK installiert (ab 9)
- Java Konsole zum...
  - Ausprobieren
  - Testen
  - „rapid prototyping“



```
jshell> System.out.println("Hello World!");
Hello World!

jshell> long fib(int n){
...>  return (n<=1 ? 1 : fib(n-1) + fib(n-2));
...> }
created method fib(int)

jshell> fib(10);
$3 ==> 89
```

jshell: Noch ein Beispiel

Öffnet ein Fenster mit einer Schaltfläche:

```
import javax.swing.*;
var frame = new JFrame("Hello Java!");
var button = new JButton("Press me!");
button.addActionListener(
  event -> System.out.println("Button pressed!") );
frame.add(button);
frame.pack();
frame.setVisible(true);
```

Inhalt

Literatur und Resourcen

Literatur

- [Insel]
  Christian Ullenboom. *Java ist auch eine Insel*. 14. Aufl. Bonn: Galileo Press, 2018. ISBN: 978-3-8362-6721-2. URL: http://openbook.rheinwerk-verlag.de/javainsel/
- [Schiedermeier]
  Reinhard Schiedermeier. *Programmieren mit Java*. 2. Aufl. Hallbergmoos: Pearson Studium, 2010. ISBN: 978-3-8689-4031-2. URL: https://sol.cs.hm.edu/4031/
- [Indena]
  Michael Inden. *Der Weg zum Java-Profi*. 3. Aufl. Heidelberg: dpunkt.verlag, 2015. ISBN: 978-3-86490-203-1
- [Ind15]
  Michael Inden. *Java 8 — Die Neuerungen*. 2. Aufl. Heidelberg: dpunkt.verlag, 2015. ISBN: 978-3-86490-290-1
- [Indenb]
  Michael Inden. *Java — Die Neuerungen von Version 9 bis 12*. 1. Aufl. Heidelberg: dpunkt.verlag, 2019. ISBN: 978-3-86490-672-5

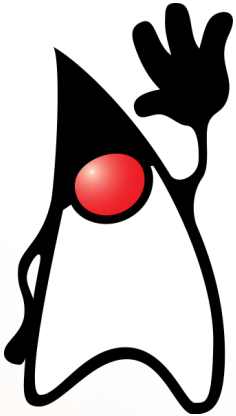
Online-Resourcen

- Christian Ullenboom — „Java ist auch eine Insel“, (12. Auflage) als Online-eBook: http://openbook.rheinwerk-verlag.de/javainsel/
- Java API Dokumentation (12): https://docs.oracle.com/en/java/javase/12/docs/api/index.html
- Download Oracle JDK: https://www.oracle.com/java/technologies/javase-downloads.html
- Download OpenJDK: https://openjdk.java.net/
- Download Visual Studio Code https://code.visualstudio.com/

Inhalt

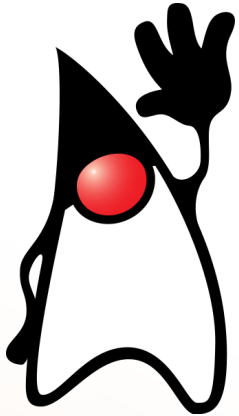
Überblick

- Grundlagen: imperative Sprachkonstrukte, primitive Typen



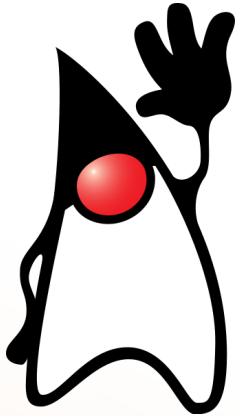
Überblick

- Grundlagen: imperative Sprachkonstrukte, primitive Typen
- Objektorientierte Programmierung: Klassen, Referenzen, `enums`, javadoc



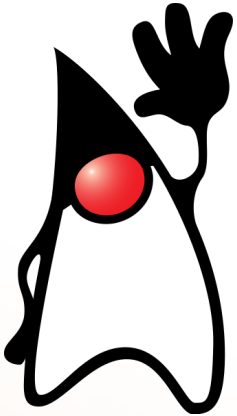
Überblick

- Grundlagen: imperative Sprachkonstrukte, primitive Typen
- Objektorientierte Programmierung: Klassen, Referenzen, `enums`, javadoc
- Strings: Characters, Zeichenketten, arbeiten mit Strings



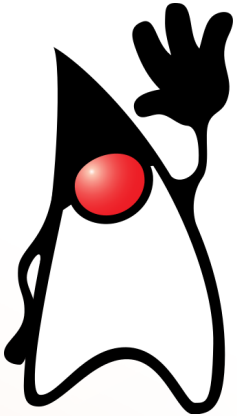
Überblick

- Grundlagen: imperative Sprachkonstrukte, primitive Typen
- Objektorientierte Programmierung: Klassen, Referenzen, `enums`, javadoc
- Strings: Characters, Zeichenketten, arbeiten mit Strings
- Arrays: eindimensional, mehrdimensional, arbeiten mit Arrays



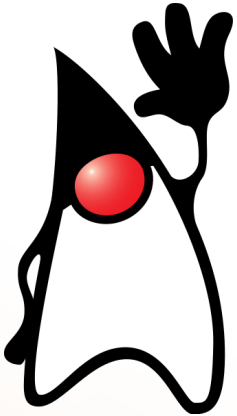
Überblick

- Grundlagen: imperative Sprachkonstrukte, primitive Typen
- Objektorientierte Programmierung: Klassen, Referenzen, `enums`, `javadoc`
- Strings: Characters, Zeichenketten, arbeiten mit Strings
- Arrays: eindimensional, mehrdimensional, arbeiten mit Arrays
- Objektorientierung vertieft: Packages, Vererbung, Interfaces



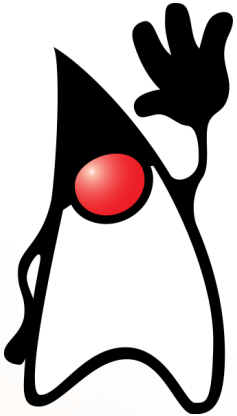
Überblick

- Grundlagen: imperative Sprachkonstrukte, primitive Typen
- Objektorientierte Programmierung: Klassen, Referenzen, `enums`, `javadoc`
- Strings: Characters, Zeichenketten, arbeiten mit Strings
- Arrays: eindimensional, mehrdimensional, arbeiten mit Arrays
- Objektorientierung vertieft: Packages, Vererbung, Interfaces
- Ausnahmenbehandlung: `try-catch`, (un)geprüfte Ausnahmen, Ausnahmen definieren



Überblick

- Grundlagen: imperative Sprachkonstrukte, primitive Typen
- Objektorientierte Programmierung: Klassen, Referenzen, `enums`, `javadoc`
- Strings: Characters, Zeichenketten, arbeiten mit Strings
- Arrays: eindimensional, mehrdimensional, arbeiten mit Arrays
- Objektorientierung vertieft: Packages, Vererbung, Interfaces
- Ausnahmenbehandlung: `try-catch`, (un)geprüfte Ausnahmen, Ausnahmen definieren
- Collections: Java-Collections, Iteratoren



Überblick

- Grundlagen: imperative Sprachkonstrukte, primitive Typen
- Objektorientierte Programmierung: Klassen, Referenzen, `enums`, `javadoc`
- Strings: Characters, Zeichenketten, arbeiten mit Strings
- Arrays: eindimensional, mehrdimensional, arbeiten mit Arrays
- Objektorientierung vertieft: Packages, Vererbung, Interfaces
- Ausnahmenbehandlung: `try-catch`, (un)geprüfte Ausnahmen, Ausnahmen definieren
- Collections: Java-Collections, Iteratoren
- Ein-/Ausgabe: Datenströme, arbeiten mit Dateien und Verzeichnissen