Java

Überblick

- ❑ Eigenschaften von Java
- ❑ Anfänge des Java-Projekts
- ❑ Design-Ziele
- ❑ Java-Architektur
- ❑ Dynamisches Laden und Binden
- ❑ Sicherheitsaspekte
- ❑ Unterstützung von Nebenläufigkeit
- ❑ Java im verteilten System

Eigenschaften von Java

Aus dem Hochglanzprospekt …

- ❑ **Objektorientiert** & sehr **einfach**
- ❑ Ermöglicht **schnellere Softwareentwicklungszyklen**, da **interpretiert**
- ❑ Portabel
- ❑ Robust
- ❑ **Hohe Performance** für graphische Anwendungen
- ❑ Anwendungen an Umgebungsänderungen **anpaßbar**, durch dynamisch nachladbare Module
- ❑ Anwendungen sind **sicher**, Laufzeitumgebung schützt gegen Viren und andere unbefugte Zugriffe

Anfänge des Java-Projekts

- ❑ Forschungsprojekt:
  Software-Konzepte für *Network Devices* und *Embedded Systems*
- ❑ Ziel: Ausführungsumgebung mit folgenden Eigenschaften
  - klein, zuverlässig, portabel, verteilt, echtzeit-fähig
- ❑ Ursprüngliche Programmiersprache: C++
- ❑ Probleme mit C++
  - vor allem Sicherheitsprobleme (Zeiger!)

➥ Entwicklung einer völlig neuen Sprache mit Einflüssen aus:

- Eiffel
- SmallTalk
- Objective C
- Cedar/Mesa

Design-Ziele

- ❑ Traditioneller Softwareaufbau und -vertrieb wird immer problematischer
  - unterschiedliche Betriebssysteme (Unix, Windows, MacOS, …)
    → unterschiedlicher Aufbau von Softwarepaketen
  - unterschiedliche Hardwarearchitekturen
    → unterschiedliche Binärdateien
- ❑ Java: Sprache und Plattform für:

  Sichere, **hochperformante**, **sehr robuste**
  Anwendungen für
  verschiedene Plattformen in
  heterogenen, **verteilten Netzen**

- ❑ Java: einfach, objektorientiert, leicht erlernbar

Java-Architektur

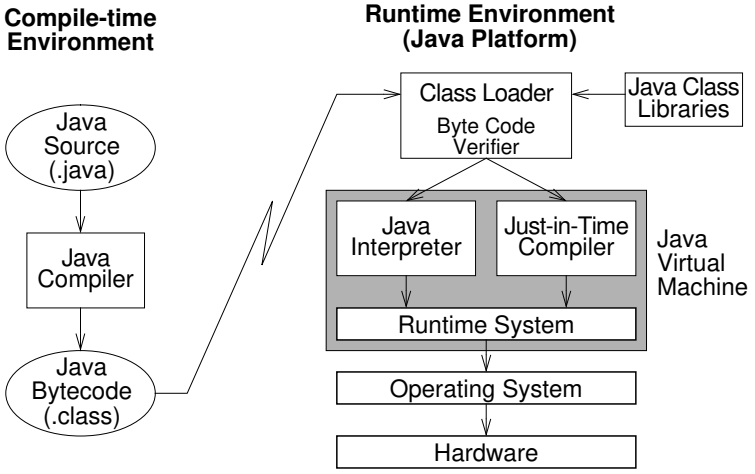
- Sprache
- Java Compiler
- Java Plattform
  - Klassenbibliotheken
  - Virtuelle Maschine
  - Basissystem

Java — Sprache

angelehnt an C++, aber deutliche Unterschiede

- keine Zeiger
- echte Felder, mit Feldgrenzenüberprüfung, echte String-Objekte
- kein Preprozessor
- keine Funktionen, Strukturen und Unions
- Speicherfreigabe durch Garbage Collection
- integriertes Threadkonzept
- keine Mehrfachvererbung
- Konzept für Schnittstellendefinitionen (Typen), unabhängig von Klassen

Java Environment



Java Compiler

- Java-Quellcode ➞ Java-Bytecode
  - Bytecode-Generierung
  - Erzeugung von symbolischen Namen für Methoden, Klassen, Instanzvariablen, Typinformation, …
    - ➥ Unterstützung von dynamischer Bindung auf der Basis von Namen sowie Sicherheitsüberprüfungen zur Laufzeit
- Prüfung auf Syntaxfehler
- Strenge, statische Typprüfung
- wenn notwendig, automatische Rekompilierung importierter Klassen (.java-Datei neuer als .class-Datei, wie bei Make)

Java Bytecode

Java Compiler

- Java Quelle

```
class C {
  public void m1(int a){}
  public static void main(String args[]) {
    C o = new C();
    o.m1(3);
    o.m1(12);
  }
}
```

- Byte-Code

```
Method void main(java.lang.String [])
   0 new #2 <Class C>                              } C o = new C();
   3 dup
   4 invokenonvirtual #4 <Method C.<init>()V>
   7 astore_1

   8 aload_1                                       } o.m1(3);
   9 iconst_3
  10 invokevirtual #5 <Method C.m1(I)V>

  13 aload_1                                       } o.m1(12);
  14 bipush 12
  16 invokevirtual #5 <Method C.m1(I)V>
  19 return
```


Java Plattform

Klassenbibliotheken = Java Packages

bilden Grundlage für verschiedene APIs

➥ **Application Programming Interfaces**

- Packages dienen gleichzeitig der Strukturierung des Namensraums für Klassen

- **Java Embedded API**
  - *Embedded Java Platform* für Massenprodukte wie z. B.
    - set-top boxes
    - Mobiltelephone
    - Drucker, Kopierer
  - minimaler Funktionsumfang für den Betrieb solcher Geräte
  - noch im Entwicklungsstadium (u.U. Pakete **`java.lang`** und **`java.util`**)
- **Java Base API**
- **Java Standard Extension API**

Java Base API

Java Plattform

- Minimale Plattform, die in jeder Java-Umgebung verfügbar ist
  - Network Computer
  - PC
  - Workstation
- derzeit identisch mit **Java Applet API**
- Java packages:
  - java.lang: Sprachunterstützung (threads, integer, ...)
  - java.util Hilfsklassen (Vektor, Stack, ...)
  - java.io E/A-Funktionen (Files, Streams, ...)
  - java.net Netzwerk (Sockets, URLs, ...)
  - java.awt Windows
  - java.applet Klasse Applet

Java Standard Extension API

Java Plattform

- Anwendungsschnittstellen für spezielle Anwendungsbereiche
  - definierte Schnittstellen für bestimmte Mechanismen
  - unterschiedliche Implementationen in Abhängigkeit von der jeweiligen Plattform
  - offen für Erweiterungen
  - Beispiele:
    - Java 3D
    - Video, MDI
    - Java Share
    - Java Telephony
    - Java Server
    - Java Management
- teilweise Übernahme in Java Base API vorgesehen
  - Beispiele:
    - Java 2D
    - Audio
    - Java Media Framework
    - Java Animation
    - Java Enterprise
    - Java Commerce
    - Java Security

Java Virtual Machine

- Schlüssel für Architekturunbhängigkeit
- derzeit in ANSI-C implementiert

Interpreter

- Bytecode interpretieren
  - Ausführung von Maschineninstruktionen
  - Ausführung von komplexen Funktionen des Laufzeitsystems
- Sicherheitsüberprüfungen
  - Typkompatibilität
  - Einhaltung von Feldgrenzen
  - Einhaltung von Stackgrenzen
  - Null-Referenzen

Java Virtual Machine (2)

Laufzeitsystem

- Abbildung von Bytecodes auf komplexere Funktionen
  - Speicher anfordern
  - Klassen laden
  - Objekte instantiieren
  - Methoden ausführen
- Garbage Collection
- Erweiterung der virtuellen Maschine durch *native Methoden*
  - Implementierung in C, C++, Modula, Assembler, etc.
  - wird in Form von dynamischen Bibliotheken der Java-Maschine verfügbar gemacht
  - Schnittstelle über normale Java-Klassen, *native* Methode ist deklariert, aber nicht implementiert
  - Beispiele: Netz- und Dateisystemschnittstelle, Motif-Schnittstelle

Java Virtual Machine (3)

Optimierungen der Java VM

- Just-in-Time Code Generation (→ Faktor 10)
- Predication, Speculation
- Dynamic inlining & Loop optimizations

➥ Ziel: schneller als derzeit bestes C++

Basissysteme für die Java-Plattform

WWW-Browser

- HotJava
- Netscape

Java Interpreter als Programm auf einem herkömmlichen BS

- vergleichbar mit Shell oder Perl
- Interpreter-Start z. T. in das Betriebssystem integriert (exec-Systemaufruf unter Linux)

JavaOS

- Betriebssystem für Java-Anwendungen, in Java geschrieben

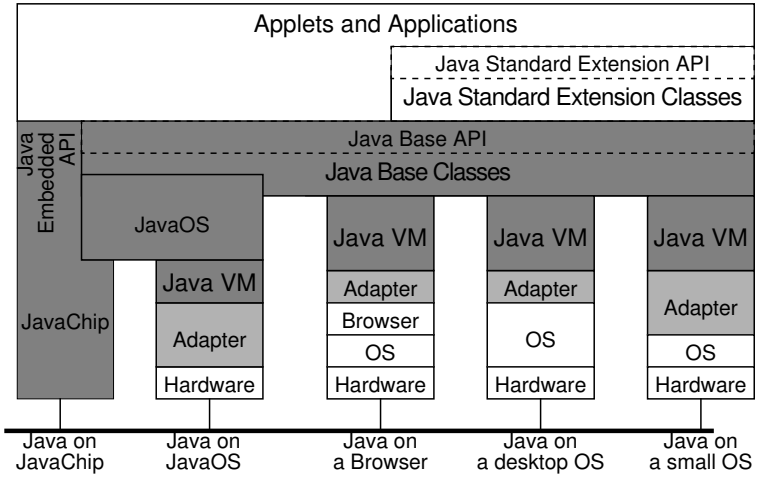
Basissysteme für die Java-Plattform (2)

JavaChips

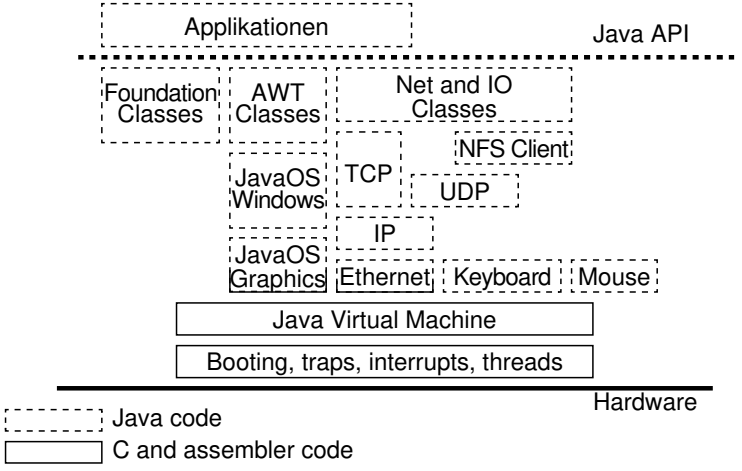
➥ **picoJava** **microJava** **UltraJava**

- ❑ für Java-Umgebung optimierte Prozessoren
- ❑ Java VM und Java Embedded API in Hardware implementiert
- ❑ JavaOS im RAM zur Erweiterung der Funktionalität
- ❑ Einsatzgebiete
  - picoJava (< 25$): Controller im embedded systems Markt
  - microJava (25 - 100 $) Netzwerkorientierte Komponenten, Steuerungen, Spielsysteme, einfache Terminals
  - UltraJava 64bit Prozessor für komplexe Graphikanwendungen, Multimedia-Bereich

Java Plattform — Überblick



JavaOS Architektur



Dynamisches Laden und Binden

- ❑ keine Binde-Phase
  - Klassen werden bei Bedarf dynamisch durch den *Class Loader* zu einer Anwendung geladen
  - anwendungsspezifische *Class Loader* möglich
  - Klassen können über Netzwerk oder aus dem lokalen Dateisystem geladen werden
- ❑ *Fragile Superclass Problem*
  - statisch bindende Umgebungen (wie C++) haben Probleme, wenn einzelne Klassen geändert werden (z. B. neue Methoden)
    - ➥ Anwendung muß komplett neu übersetzt werden, weil Speicher-Layout und Methodentabellen nicht mehr stimmen!
  - der Java-Compiler erzeugt nur symbolische Referenzen, Speicher-Layout und Referenzen-Auswertung erfolgen erst zur Laufzeit
    - ➥ *Fragile Superclass Problem* wird vermieden (wichtig für Änderungen in Bibliotheken!)

Sicherheitsaspekte

- Speicherverwaltung
  - Speicherverwaltung erfolgt nicht durch das Programm, sondern durch den Interpreter zur Laufzeit (Speicherfreigabe durch Garbage Collection)
  - keine Zeiger → kein direkter Zugriff auf Speicherbereiche möglich
    → keine ungültigen Zeiger
  - Feldgrenzen werden bei Zugriffen überprüft
  - Referenzen werden bis zur Laufzeit als symbolische Verweise verwaltet und können zur Laufzeit nicht manipuliert werden
- Bytecode Verifier
  - Überprüfung des Bytecodes nach dem Laden
  - verifizieren, daß der Bytecode den Richtlinien des Java-Compilers entsprechend aufgebaut ist
    - statische Typprüfung
    - korrekter Zugriff auf Objektinhalte (private, public, protected)
    - operand stack overflows & underflows

Sicherheitsaspekte (2)

- Laufzeitprüfungen
- Sicherheitsmechanismen für Einsatz von Java im Internet
  - Unterschied zwischen Applet und Applikationen
    - Applikation: wird normalerweise aus lokalem Dateisystem geladen und von einem Java-Interpreter ausgeführt (kann aber auch über Netz kommen - gefährlich!)
    - Applet: wird über WWW geladen und in einem Browser ausgeführt
  - Applikationen haben gleiche Freiheit wie “normale” Anwendungen (C++)
    - aber Gefahr, wenn Klassen über Internet geladen werden!
  - Rechte von Applets hängen von Browser-Konfiguration ab:
    - keine Netzzugriffe, keine Dateisystemzugriffe
    - eingeschränkte Netzrechte: Verbindungen nur zu dem Rechner, von dem das Applet geladen wurde, keine Dateizugriffe (Netscape)
    - beliebige Zugriffe

Unterstützung von Nebenläufigkeit

- Thread-Konzept und Unterstützung zur Steuerung von Koordinierungsmechanismen sind in Java integriert
  - ➥ nicht orthogonale, nicht uniforme Sprache bzgl. Nebenläufigkeit
- Erzeugung von Threads über Thread-Klassen
- Definition der auszuführenden Methode über spezielle Klassen, die ein Interface **`Runnable`** implementieren (Methode **`run`**)
  - Thread erzeugen = Thread-Objekt + “run-Methoden”-Objekt instantiieren
  - Thread starten = Methode **`start`** an Thread-Objekt aufrufen, “run-Methoden”-Objekt übergeben
    → Methode **`run`** wird nebenläufig ausgeführt
- Koordinierungsmechanismen
  - Monitore: exclusive Ausführung von Methoden eines Objekts
  - Conditions: gezieltes Freigeben des Monitors und Warten auf ein Ereignis

Java im verteilten System

- Java RMI (*Remote Method Invocation*) zur Unterstützung von Interaktionen mit Objekten in anderen virtuellen Java Maschinen (lokal oder über Netz!)
- RMI auf Java beschränkt, daneben aber auch CORBA-konforme Anbindungen (im Rahmen von Sun NEO oder ORBIX)
- Objekte müssen ein Interface **`Remote`** anbieten, um aus anderen Java Maschinen ansprechbar zu sein
  - Klassen sollten von der Klasse **`RemoteServer`** erben, um die Mechanismen für Remote-Zugriffe zu erhalten
- Remote-Zugriffe werden über Stub-Objete vermittelt
  - Dynamic Stub Loading!
- Problem bei Parameterübergabe:
  non-remote objects werden *by copy* statt *by reference* übergeben
- verteilte Garbage Collection