E Java & Komponentenmodelle & Jini

E.1 Überblick

- Software-Komponenten
- Komponentenmodelle
- Java & Komponentenmodelle: JavaBeans
  - Architektur
  - Properties
  - Ereignisse (Events)
  - Introspection
- Jini
  - ein verteiltes Komponentenmodell
- Anwendbarkeit von Software-Komponenten

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

E.2 Literatur

Edw01. W. Keith Edwards. *Core Jini*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2nd Edition 2001.

Edw00. W. Keith Edwards. *Core Jini*. Prentice Hall, München, 2000 (deutsche Übersetzung der ersten Auflage, umfasst ebenfalls bereits Jini 1.1).

Szy98. Clemens Szyperski. *Component Software — Beyond Object-Oriented Programming*. Addison-Wesley, Harlow, England, 1998.

Grif98. Frank Griffel. *Componentware — Konzepte und Techniken eines Softwareparadigmas*. dpunkt-Verlag, Heidelberg, 1998.

JavaBeans. http://www.sun.com/beans/

Jini. http://www.sun.com/jini/specs/

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

E.3 Komponentenmodelle

1 Software Komponenten

- Definition (Szyperski)
  Eine Softwarekomponente ist ein wiederverwendbares Stück Software
  - ➤ hat eine gut spezifizierte Schnittstelle
  - ➤ kann in nicht-vorhergeplanten Kontexten eingesetzt werden
  - ➤ ist eine eigenständig vermarktbare Einheit
- Beispiele
  - ➤ Elemente einer Fenster-Oberfläche
  - ➤ Software-Modul, das ein Gerät repräsentiert (Messgerät, Drucker, …)
  - ➤ Rechtschreibprüfungs-Modul für Textverarbeitungssysteme

**? also einfach Klassen im objektorientierten Sinn —
oder was ist da neu dran**

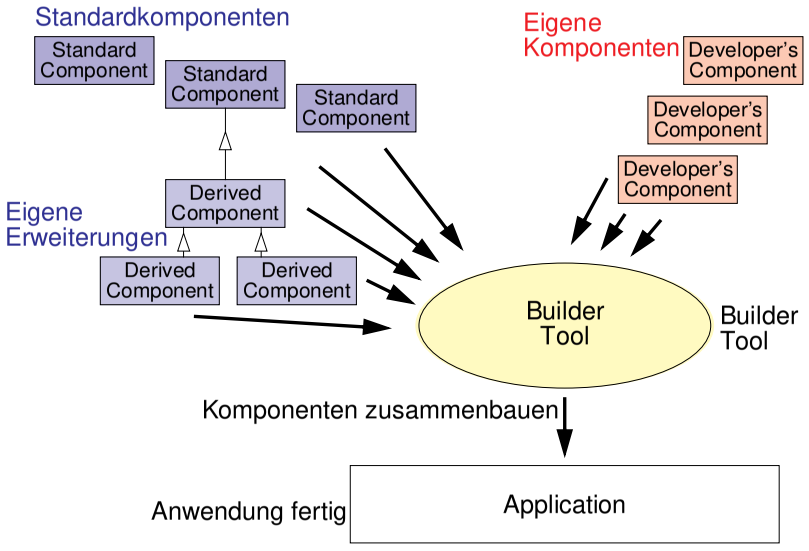
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Softwarekomponenten (2)

- Standard-Konventionen für die Schnittstellen von Software-Komponenten
  ↑ **Komponenten-Modell**
  ➥ Einfache Verwendbarkeit + Wiederverwendbarkeit
- Software-Komponenten sind selbst-beschreibend
  - ➤ Automatische Analyse von Schnittstelle und Eigenschaften möglich
    - ➤ Introspection / Reflection - Mechanismen
    - ➤ Interface-Repository
    - \+ Namens-Konventionen
- Zusammenstellung zu komplexen Anwendungen mit grafischen Werkzeugen (Builder-Tools)
  - ➤ Software-Baukasten

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

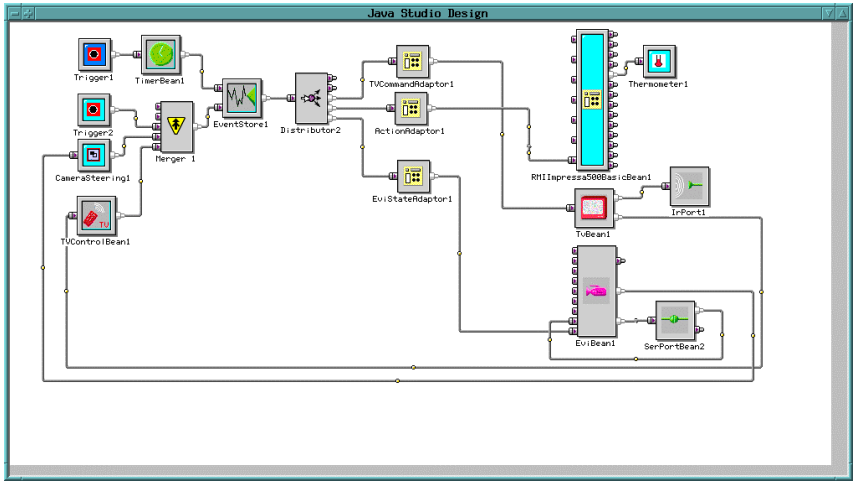
3 Philosopie



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Beispiel für ein Builder Tool

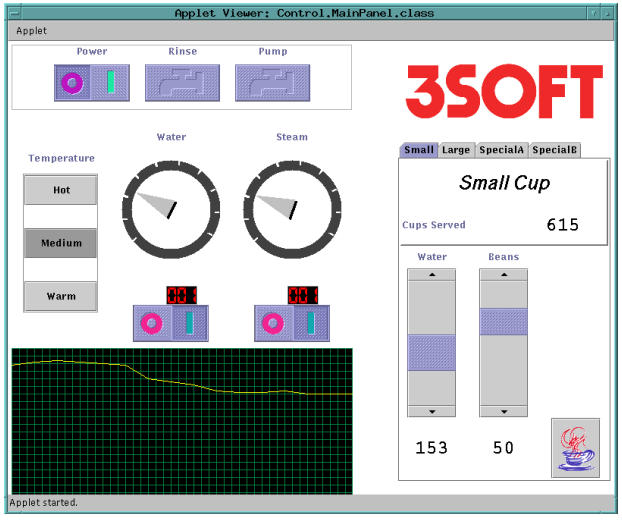
- JavaStudio



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

5 Beispiel für eine Anwendung

- Bedienoberfläche unserer Kaffeemaschine



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

6 Komponentenmodell

- Richtlinien für Software-Komponenten
  - ➤ Namenskonventionen
  - ➤ Repositories, Introspection-Mechanismus
  - ➤ Schnittstellen-Semantik
  - ➤ Programmiermethodik
- Existierende Komponentenarchitekturen
  - ◆ JavaBeans
  - ◆ CORBA Component Model
  - ◆ ActiveX
    - ➤ nicht portabel, proprietär
  - ◆ OpenDOC
    - ➤ ziemlich tot
  - ◆ Hersteller-spezifische Speziallösungen
    - ➤ GUI-Builder Klassenbibliotheken

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

E.4 Java & Softwarekomponenten

1 Java — Ziele

- Lösung der verbreiteten Probleme bei der Entwicklung und Verteilung von Software
  - verschiedene Betriebssysteme (Unix, Windows, MacOS, …)
  - verschiedene Hardware-Architekturen
- Java: Sprache und Ausführungsumgebung für *sichere*, *schnelle* und *sehr robuste* Anwendungen auf *verschiedenen Plattformen* in *heterogenen verteilten Netzen*

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Java — wesentliche Eigenschaften für Komponenten

- objektorientiert
- Polymorphismus bei Methodenaufrufen
- sehr flexibel (dynamisches Laden und Binden)
- Reflection/Introspection Mechanismus

3 Java-Komponentenmodelle

- JavaBeans
- Jini

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

E.5 JavaBeans

1 Definition

- JavaBeans ist eine Schnittstellen-Spezifikation
  für wiederverwendbarer Software-Komponenten in Java
  - ➤ definiert die Java-Komponenten
  - ➤ und wie sie zusammenarbeiten
- Eine Bean ist eine beliebige Java-Klasse,
  die den JavaBeans-Konventionen folgt
- Die offizielle Definition:
  A Java Bean is a reusable software component that can be visually manipulated in builder tools.

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Architektur

- Eigenschaften (Properties)
  - ➤ initiale Einstellung von Eigenschaften (Zustand) einer Bean
- Methoden
  Ereignisse (Events)
  - ➤ die Verknüpfungspunkte für Beans
- Adapter
  - ➤ zur Schnittstellenanpassung, wenn Beans nicht einfach zusammenpassen
- Introspection
  - ➤ statt eines Interface-Repositories:
    einfach in die Bean reinschauen was sie kann

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Beispiele

- Grafische Beans einer Benutzeroberfläche
  - Knöpfe, Regler, Textfenster
  - HTML rendering Bean
  - OpenGL canvas
- Unsichtbare Beans
  - Datenbank-Schnittstelle
  - Timer
    - löst Ereignisse in bestimmten Abständen aus
    - kann komplexe Zeit-Logik kapseln
- Softwarekomponenten, die Geräte/Geräteteile repräsentieren
  - Schalter
  - Sensoren, Aktuatoren
  - Video-Rekorder
  - Kaffeemaschine

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Properties

- Beschreiben Eigenschaften von Komponenten
- Jede Property hat
  - einen **Namen** — symbolische, aussagekräftige Beschreibung der Eigenschaft (Color, Font, …)
    `private Color color;` (Instanzvariable der Bean-Klasse)
  - einen **Typ** —Java-Klasse, kapselt den Wert
  - Constraints — optionale Einschränkungen (z. B. read-only)
- Namens-Konventionen für Methoden zum Zugriff (Methoden der Beam-Klasse)
  - get-Methode zum Lesen

```
public Color getColor(){ return color; }
```

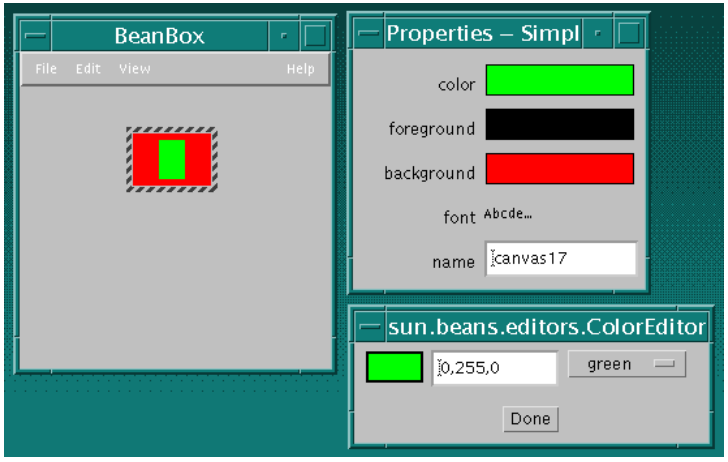
  - set-Methode für Modifikationen

```
public void setColor(Color newColor){
       color = newColor;
       repaint();
}
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Properties (2)

- Beispiel: Property Color der Bean "SimpleBean"
  - ➤ SimpleBean wird in BeanBox geladen, Feld color anklicken öffnet ColorEditor



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

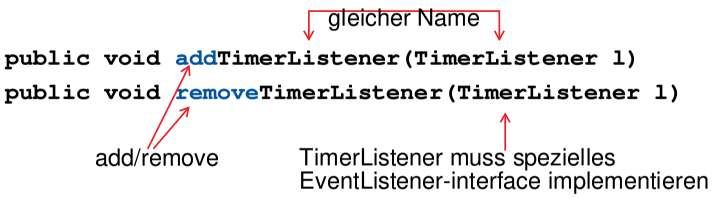
4 Properties (3)

- Simple properties
  - ➤ repräsentieren einen einzelnen Wert, Zugriff mit set/get-Methoden
- Indexed properties
  - ➤ repräsentieren ein Feld, set/get-Methoden haben einen index-Parameter
- Bound properties
  - ➤ informieren andere Objekte über Zustandsänderungen (PropertyChange event)
- Constrained properties
  - ➤ nicht erlaubte Zustandsänderungen können zurückgewiesen werden

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

5 Events

- Umsetzung des Source-Listener Design-Patterns
  - ➤ Source-Objekt informiert Listener über Zustandsänderungen
  - EventSource
    - ➤ hat Methoden für Listener, um sich zu registrieren/abzumelden



  - EventObject
    - ➤ kapselt Informationen über Ereignis
  - EventListener
    - ➤ Klasse die EventListener-Interface implementiert (Subtyp von `java.util.EventListener`)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

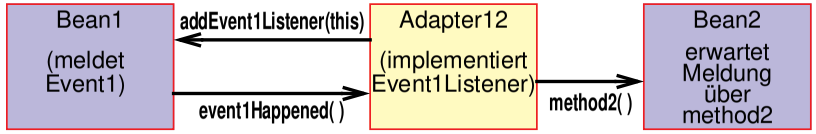
5 Events (2)

- PropertyChangeSupport
  - ➤ automatisches Versenden von notification-Events, immer wenn sich der Wert einer Property ändert
- VetoableChangeSupport
  - ➤ ermöglicht das Zurückweisen von Property-Werten, die außerhalb des gültigen Bereichs liegen

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

6 Adapter

- Anpassung von Methoden einer Bean an Ereignisse einer anderen



  - ➤ Adapter12 implementiert passendes Event-Listener Interface
  - ➤ Adapter12 registriert sich für Event1
  - ➤ Event1 findet statt,
    Bean1 ruft Methode die im event-Interface festgelegte Methode
    (**`event1Happend()`** bei allen registrierten Event-Listener-Objekten auf
  - ➤ **`event1Happend()`** im Adapter12 ruft **`method2()`** an Bean2 auf
- Adapter-Objekt kann Daten evtl. manipulieren (z. B. umrechnen)
- Einfache Adapter können automatisch erzeugt werden

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7 Introspection

- Automatische Analyse von Eigenschaften einer Bean
- Java1.1 Reflection API
  - ➤ Analyse von Java-Klassen zur Laufzeit
  - ➤ Instanzvariablen: Name & Typ
  - ➤ Methoden: Name, Parameter, Ergebnis-Typ
- JavaBeans Namens-Konventionen
  - ➤ get/set Metoden → Properties
  - ➤ add/remove Methoden → Events
  - ➤ andere Methoden → normale Methoden
- Alternative: Information in einer BeanInfo-Klasse
  - ◆ ähnich wie ein Interface-Repository
    - ➤ Entwickler kann Properties und Events explizit spezifizieren

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

8 JavaBeans — Summary

- Beans = zusammensteckbare Software-Bausteine
  - ➤ Zustand = Properties
  - ➤ Eingänge = Methoden
  - ➤ Ausgänge = Events
  - ➤ wenn Stecker-Buchse nicht passen: Adapter

➥ z. B. ideal zur Software-Repräsentation von Geräten

- Probleme / Defizite
  - ➤ Zusammenstecken einfacher Komponenten zu komplexen Komponenten
    - ➥ hierarchische Beans
  - ➤ Ankoppeln neuer Software-Komponenten an laufende Anwendungen
  - ➤ Software-Komponenten im verteilten System

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

E.6 Jini

1 Überblick

- Standard für die Kommunikation zwischen "intelligenten" Geräten (Sun 1998)
- Komponentenarchitektur für verteilte Systeme
  - ➤ Komponenten (Services) registrieren sich bei einem Lookup-Service
  - ➤ Klienten erhalten von dort Referenzen (RMI-Stub oder *Smart Proxy*)
  - ➤ Referenzen sind zeitlich begrenzt gültig (*Leasing*)

- Ziel: Geräte können sich flexibel an Netzwerk an- und abmelden und finden automatisch ihre Kommunikationspartner
  - ➤ Komponenten versuchen selbst die Verbindungen zu schalten
  - ➤ Konfiguration durch Builder-Tool nicht vorgesehen

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 wesentliche Konzepte

- Service
- Community
- Federation
- Discovery
- Lookup Service (the naming service)
- Leasing
- Events
- Security
- Java RMI
- Transactions

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

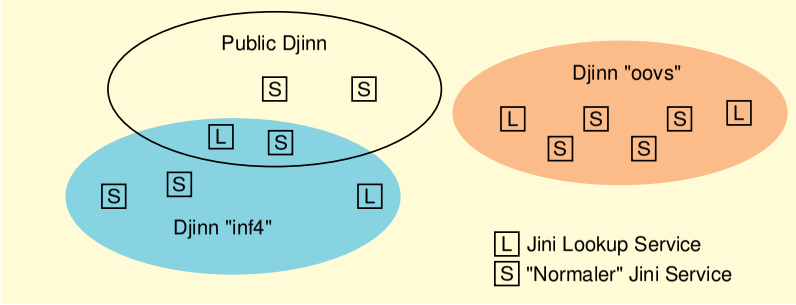
3 Jini Services

- Mitglieder einer Jini-Community (*djinn*) haben gemeinsam Zugriff zu Diensten (Services)
- Service = etwas, das genutzt werden kann von:
  einer *Person*, einem *Programm* oder einem anderen *Service*
  - Berechnung
  - Speicher
  - Kommunikationskanal
  - Software Filter
  - Gerät (Hardware)
  - ein anderer Benutzer
- Services werden bei einem Lookup Service registriert
  - Clienten können sich dort eine Referenz besorgen (Stub einer RMI-Remote-Referenz oder *Smart Proxy*)
- Services werden zur Durchführung einer bestimmten Aufgabe zusammengestellt

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Djinn

- Gruppe von Jini Services, auch Community oder Federation genannt
- Alle Services in einem Djinn sehen sich



- Flacher Namensraum der Djinns

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

5 Discovery

- Auffinden von Jini Federations
  - ➤ Suche von verfügbaren Lookup-Diensten
  - ➤ Beitritt zu einer Federation: Teilnahmeprotokoll
- Verschiedene Discovery-Protokolle
  - ➤ Multicast Request Protocol
    Finden von Lookup-Diensten
  - ➤ Multicast Announcement Protocol
    Ankündigung eines Lookup-Dienstes
  - ➤ Unicast Discovery Protocol
    Anmeldung bei bekanntem Lookup-Dienst

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

6 Leasing

- Teilweiser Ausfall in einem verteilten System führt zu speziellen Problemen
  - ➤ Referenzen werden ungültig
  - ➤ Betriebsmittel können nicht freigegeben werden
- Services in Jini werden für eine bestimmte Zeit "gemietet"
  - ➤ Lease = Zugriffsgarantie zu einem Service für eine bestimmte Zeitspanne
  - ➤ kann erneuert werden, wenn sie länger benötigt wird
  - ➤ Erneuerung kann vom Service-Provider verweigert werden
  - ➤ Lease läuft ab wenn sie der Client nicht erneuert (oder wegen eines Fehlers nicht erneuern kann)
  - ➤ nach Ablauf der Lease können die zugehörigen Ressourcen freigegeben werden

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7 Ereignisse (Events)

- JavaBeans unterstützt nur lokale Events
  - ➤ Objekt, dass den Event auslöst und alle empfangenden Objekte müssen innerhalb eine JVM laufen
- Jini unterstützt verteilte Events
  - ➤ Registrierung erfolgt über RMI-Aufruf und der Übergabe eines Stubs
- Jini-Events werden nur solange zugestellt wie die zugehörige Lease gültig ist

8 Sicherheit

- Sicherheitsmodell auf der Basis von *principal information* und *access control lists*

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

E.7 Realistische Anwendungen für Komponenten-Software?

- Anwendungen, die zwischen Programmierung und Einsatz umfangreiche Konfiguration erfordern
  - ➤ Eingabe/Abfrage-Oberflächen
    (z. B. SAP-Systeme)
  - ➤ Steuerungsysteme
    flexible Test-Systeme
    - ➥ Aufbau aus Software-Komponenten, die die Geräte repräsentieren
      (z. B. Gebäudeinstrumentierung)
- \+ Konfiguration erfordert wesentlich weniger Spezialwissen
- \+ Anwendungsarchitektur offener
  - ➥ kundenspezifische Erweiterungen einfacher realisierbar
- → Probleme bei hochdynamischen Anwendungssystemen
  (Objekte verschwinden, neue kommen hinzu)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

E.8 Software-Komponenten für realistische Anwendungen?

- Klassenbibliotheken mit Komponenten für grafische Oberflächen
- Geräte, die ihre Software-Repräsentation "mitbringen"
- Komponenten aus dem Office-Automation-Bereich
  (Textverarbeitung, Datenbank-Anbindung, Kalkulation, …)
  …

? wo ist das Problem

- ➤ kein Standard-Komponenten-Modell
- ➤ Komponenten-Modelle haben zu starke Einschränkungen
- ➤ Builder-Tools nicht mächtig genug + nicht adaptierbar

? Lösung

- ➤ offene Komponenten-Modelle
- ➤ erweiterbare Werkzeuge (Builder-Tools), die Interoperabilität herstellen

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

E.9 OSGi — Open Services Gateway Initiative

1 Überblick

- OSGi Spezifikationen:
  standardisierte, komponenten-orientierte Ausführungsumgebung für vernetzte Dienste
- Basis: Java
- Ziel-Anwendungsbereiche
  - ➤ Mobiltelefone
  - ➤ Automobil (Infotainment-Bereich)
  - ➤ Telematik
  - ➤ Eingebettete Systeme
  - ➤ Haustechnik
  - ➤ PC- und Mainframe-Anwendungen
- Literatur: http://www.osgi.org/

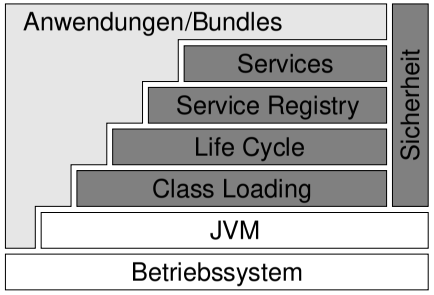
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Einsatzbeispiele

- NG Smart Phones
  - ➤ einheitliche Plattform für Mobiltelefon-Anwendungen
  - ➤ Anwendungen zentral administrierbar
- Shell HomeGenie
  - ➤ Softwareplattform zur Integration von Kameras, Sensoren, Thermostaten, Stromschaltern, etc. im Hausautomatisierungebereich
- Eclipse
  - ➤ Java-Entwicklungsumgebung
  - ➤ ab Version 3.0: Installation und Update von Plug-ins zur Laufzeit
- BMW iDrive (5er und 7er, neuer 3er)
  - ➤ Basis: Betriebssystem VxWorks und JVM Jeode von Windriver
  - ➤ OSGi-Implementierung von Siemens VDO
  - ➤ Integration von Navgiation, Mobiltelefon (Bluetooth), Internet-Anbindung und anderen Infotainment-Anwendungen

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Architektur



- mehrere unabhängige Anwendungen in einer JVM
- Anwendung = Bundle
  - ➤ JAR-Datei mit zusätzlichen Header-Informationen (Manifest)
  - ➤ Schnittstellenkonventionen -> Komponentenmodell
  - ➤ Installation, Update, Start, Stop und Deinstallation über Netzwerk

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Services

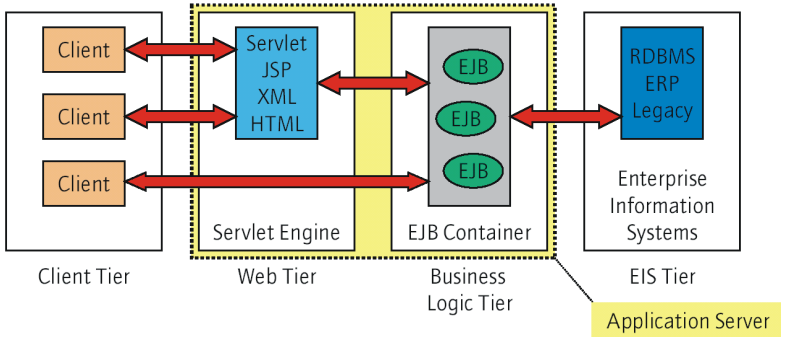
- Class Sharing
  - ➤ Bundles können Pakete exportieren und von anderen Bundles importieren
  - ➤ vermeidet Redundanz von Code
  - ➤ ermöglicht Bereitstellung von Diensten in einer OSGi-Umgebung
  - ➤ Regeln zum Umgang mit unterschiedlichen Versionen
- Life Cycle Management
  - ➤ Dienste zur Installation von Bundles
- Service Registry
  - ➤ Nameservice
  - ➤ registrierte Objekte werden *Services* genannt:
    Schnittstelle und Menge von Eigenschaften (*Properties*)
  - ➤ automatische Abmeldung bei Bundle-Deinstallation + Information anderer Bundles

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

E.10Web-Services

1 EJB-Architektur (Details später in Kapitel EJB)

- Server-seitiges Komponentenmodell für *Multi-Tier Anwendungen*

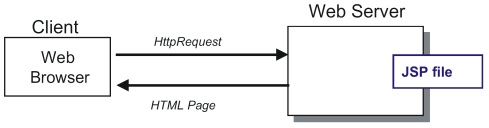


- nicht mit JavaBeans verwechseln!

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Java Server Pages

- HTML-Seiten mit integriertem Java-Code
- Schnittstelle zwischen Web-Seiten und verteilten objektorientierten Anwendungen



1. JSP file wird geladen
2. wird in Servlet übersetzt
3. Servlet wird ausgeführt
4. Ergebnis wird in HTML-Ausgabe eingesetz

- Können eingesetzt werden
  - ➤ als Ersatz für traditionelle CGI-Skripten
  - ➤ als HTML-Schnittstelle zu objektorientierten Anwendungen (RMI, CORBA)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 JSP Beispiel

```
<html>
<body>
<h2>Welcome to the Weather Site</h2> <hr>
Today's date is <%= new java.util.Date() %>
</body>
</html>
```

4 JSP Ziele

- Wiederverwendbarer Code wird in Komponenten oder JSP-Beans zur Verfügung gestellt
- Trennung von Web-Seiten-Design und Komponenten-Entwicklung

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

5 Servlets

- Grundproblem: Dynamik in Web-Seiten
- Lösungen:
  - ➤ Client-seitig: JavaScript, Applets
  - ➤ Server-seitig: CGI, ASP, LiveWire, PHP ...
- ➥ Servlets:
  - "A servlet is a Java technology-based web component, managed by a container, that generates dynamic content. Like other Java-based components, servlets are platform-independent Java classes that are compiled to platform-neutral bytecode that can be loaded dynamically into and run by a Java-enabled web server. Containers, sometimes called servlet engines, are web server extensions that provide servlet functionality. Servlets interact with web clients via a request/response paradigm implemented by the servlet container."
  - ➤ Standard-API
  - ➤ Plattformunabhängig Java
  - ➤ Threads
- Ausführungsumgebung für Servlets: Servlet-Engine / Container
  - Netzwerk-Service
    - (empfangen und zustellen von) Requests
    - (versenden von) Responds
    - Verwendung von HTTP (evtl. zusätzlich HTTPS, etc.)
  - Steuerung des Lebenszyklus von Servlets / JSPs
    - laden, initialisieren, aufrufen, löschen
  - Deployment
    - einrichten ("installieren") der Applikation

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.