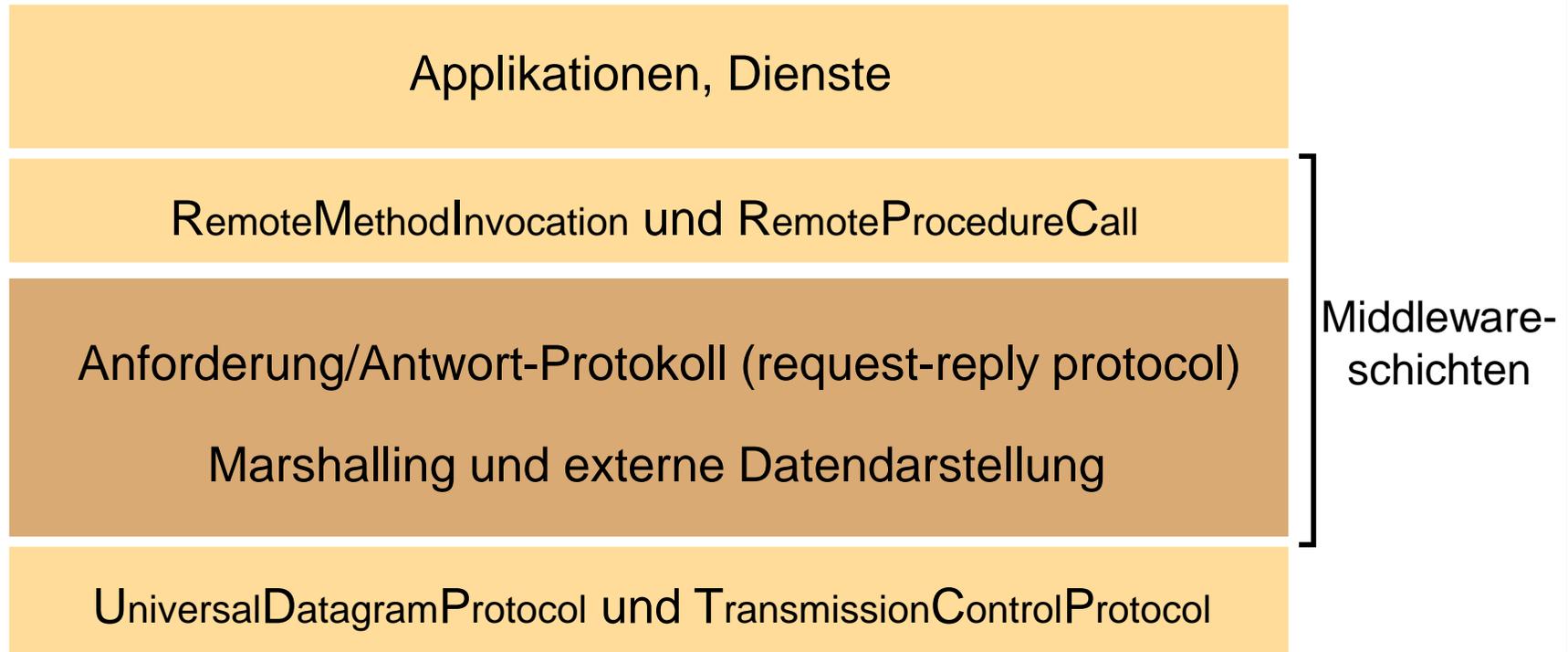


Verteilte Systeme

Interprozesskommunikation &
Entfernter Aufruf

Interprozesskommunikation



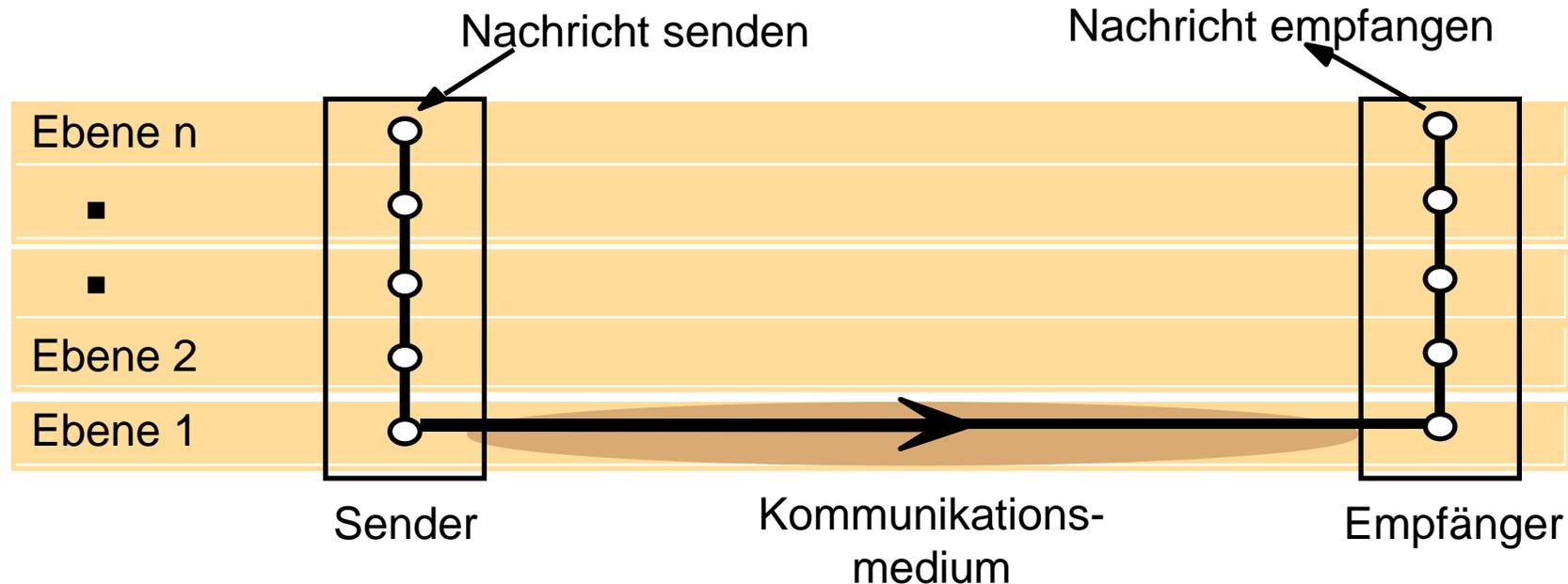
ACHTUNG: In der „Zweitliteratur“ wird RMI oft mit Java RMI gleichgesetzt!
Korrekt ist: Java-RMI ist eine konkrete Realisierung des RMI-Konzeptes.

Interprozesskommunikation

- ◆ Anwendungsprogramme laufen in Prozessen ab.
- ◆ Ein Prozess ist ein **Objekt des Betriebssystems**, durch das Anwendungen sicheren Zugriff auf die Ressourcen des Computers erhalten. Einzelne Prozesse sind deshalb gegeneinander isoliert. (Aufgabe des Betriebssystems)
- ◆ Damit zwei Prozesse Informationen austauschen können, müssen sie **Interprozesskommunikation** (*interprocess-communication*, IPC) verwenden.
- ◆ IPC basiert auf (Speicher-/Nachrichtenbasierter) Kommunikation
 1. **gemeinsamen Speicher**: für VS nicht direkt verwendbar
 2. **Austausch von Nachrichten** (= Bytefolge) über einen Kommunikationskanal zwischen Sender und Empfänger.

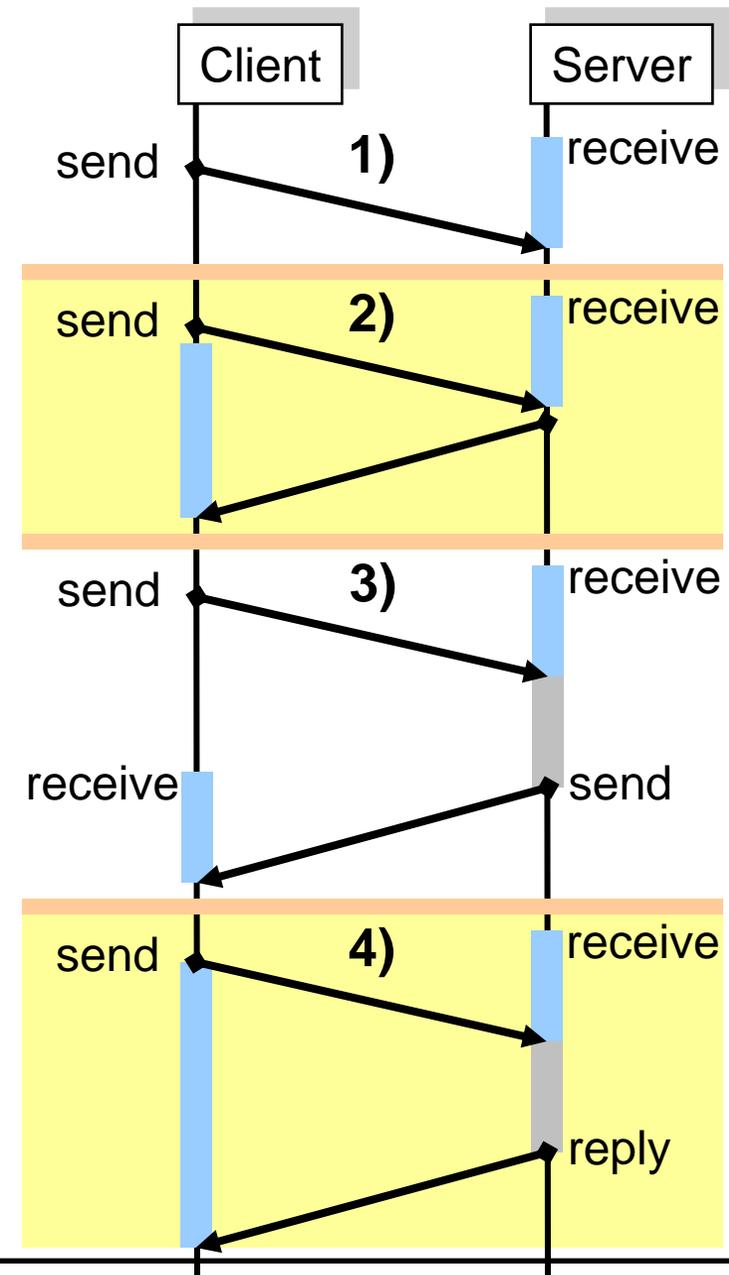
Interprozesskommunikation

- Betriebssystem: Koordiniert IPC innerhalb dieses BS.
- IPC in **verteilten Systemen** geschieht ausschließlich über *Nachrichten*
- Koordination der IPC durch Middleware oder/und durch Entwickler
- Hierbei sind gewisse *Normen* zu beachten, damit die Kommunikation klappt!!
- **Protokoll** := Festlegung der **Regeln** und des **algorithmischen Ablaufs** bei der Kommunikation zwischen zwei oder mehr Partnern



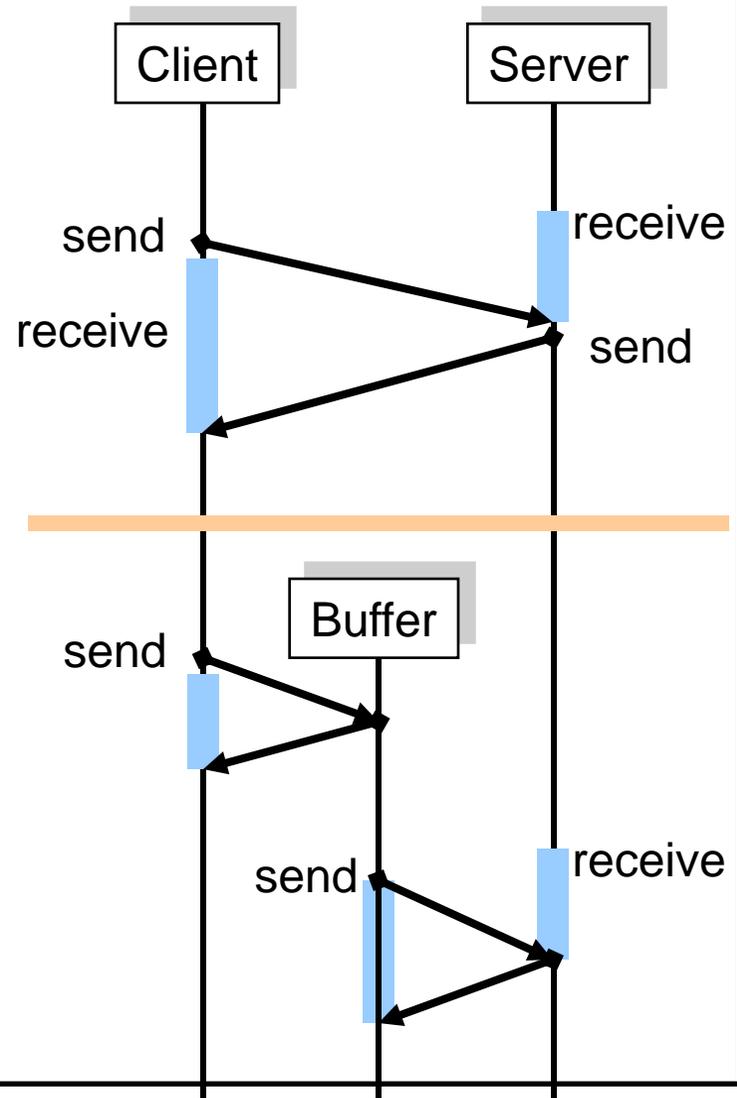
Kommunikationsmuster

| | Synchronisationsgrad | |
|------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| | Asynchron | Synchron |
| Mitteilung | No-wait-send Datagramm 1) | Rendevous Stream 2) |
| Auftrag | Remote Service Invocation 3) | Remote Procedure Call 4) |

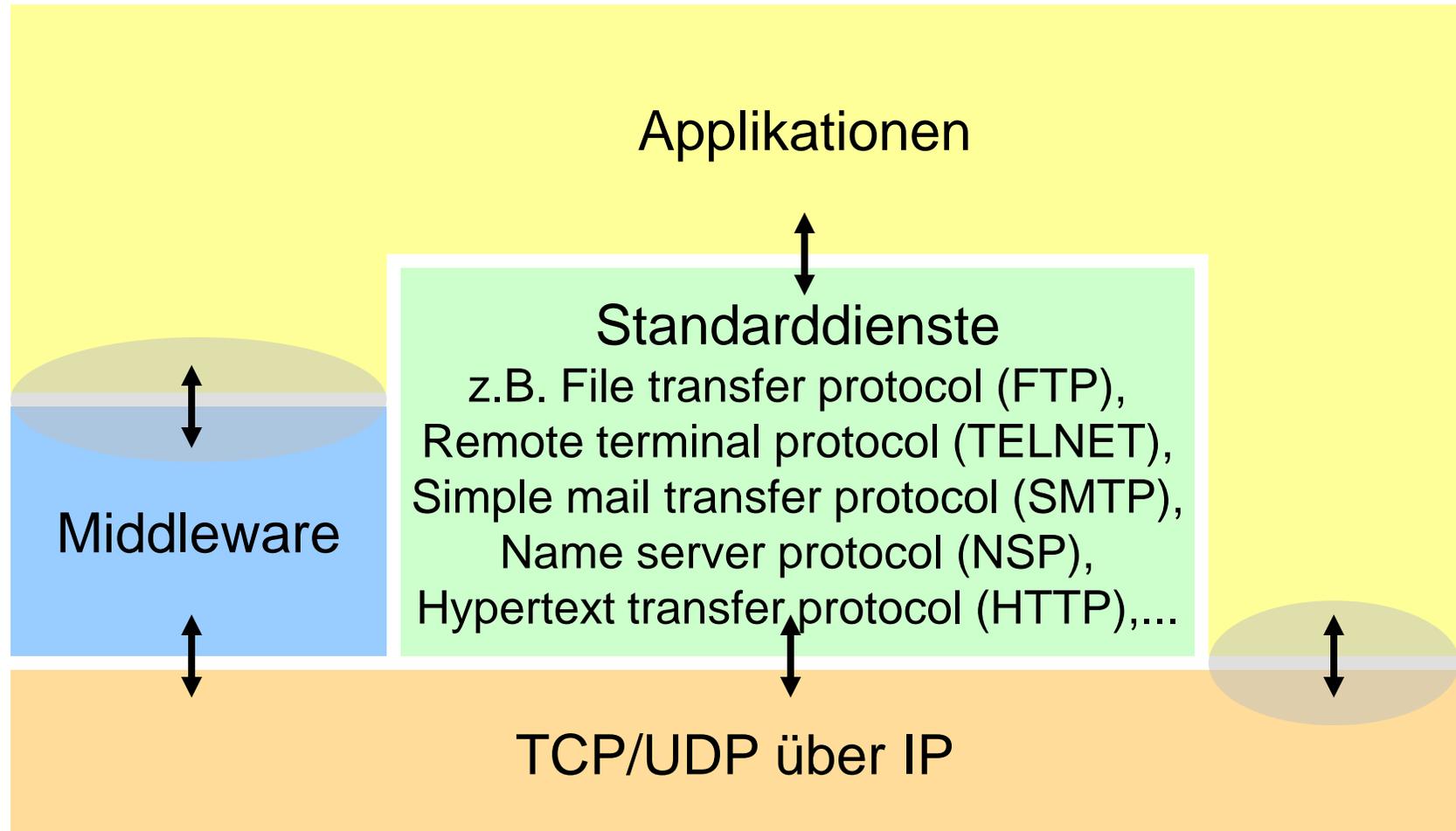


Dualität der Kommunikationsmuster

- ◆ Synchroner Kommunikation mittels asynchroner Kommunikation
 - Explizites Warten auf Acknowledgement im Sender direkt (!) nach dem *send*-Befehl (*receive*-Befehl ist i.allg. blockierend)
 - Explizites Versenden des Acknowledgements durch den Empfänger direkt nach dem *receive*-Befehl.
- ◆ Asynchrone Kommunikation mittels synchroner Kommunikation
 - Erzeugung eines zusätzlichem Prozesses, dem *Pufferprozess*
 - Zwischenpufferung aller Nachrichten im Pufferprozess



Implementierung verteilter Anwendungen



Direkte Netzprogrammierung & Middleware

Direkte Netzprogrammierung

(Grundbausteine der VS-Programmierung)

- ◆ Direkte Kontrolle aller Transportparameter
- ◆ größere Flexibilität bei der Entwicklung neuer Protokolle
- ◆ Kann in vielen Fällen bessere Performance bringen
- ◆ Zu lösende Probleme:
 - Datenrepräsentation
 - Signalisierung
 - Semantik
 - Fehlerbehandlung
- ◆ Typisch: in Anwendungsprotokollen

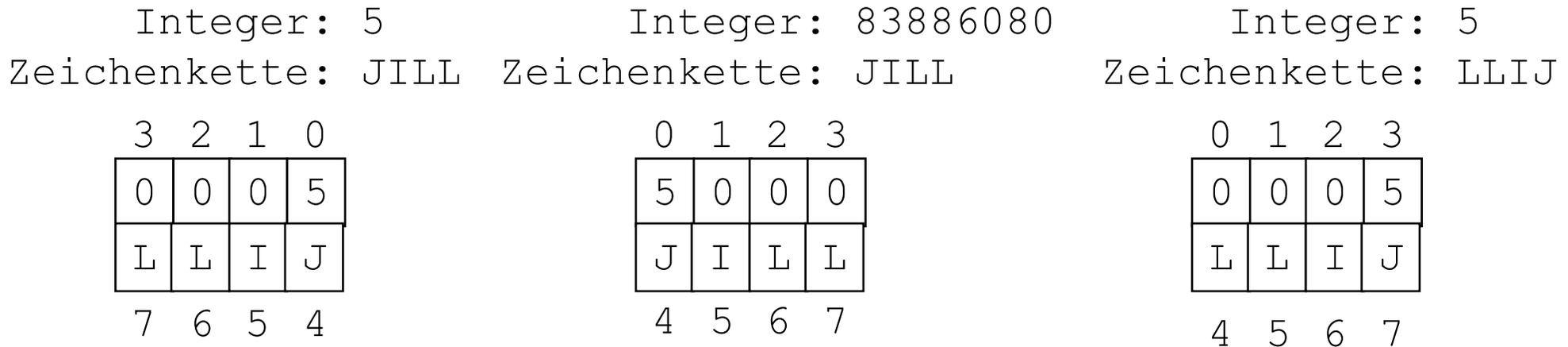
Middleware

(Höhere Sprache der VS-Programmierung)

- ◆ Sehr bequemer Weg zur Entwicklung von Anwendungen
- ◆ Datenrepräsentation, Objektlokalisierung, Transaktionsdienst, Fehlerbehandlung, Sicherheitsdienst, etc. muss nicht eingekauft werden.
- ◆ Overhead, da allgemein ausgelegt.

Problem der übertragbaren Daten

- Unterschiedliche Darstellungen des Wortes „JILL“ und der Zahl 5 am Beispiel Little-Endian (Intel) / Big-Endian (SPARC)



Integer werden durch die unterschiedliche Byteordnung gedreht, aber Zeichenketten nicht.

Externe Datendarstellung

- ◆ Es gibt eine Reihe bekannter Ansätze für ein gemeinsames Netzdatenformat.
- ◆ Idee:
 - Definiere eine **Menge von abstrakten Datentypen** und eine **Kodierung** (ein genaues Bit-Format) für jeden dieser Typen
 - Stelle **Werkzeuge** zur Verfügung, die die abstrakten **Datentypen in** Datentypen der verwendeten **Programmiersprache** übersetzen
 - Stelle **Werkzeuge** zur Verfügung, die die Datentypen der verwendeten **Programmiersprache in** die abstrakten **Datentypen** und damit in das kodierte Format übersetzen
 - *Senden (Marshalling)*: wenn ein bestimmter Datentyp übertragen werden soll, rufe die Kodierfunktion auf und übertrage das Ergebnis
 - *Empfangen (Un-Marshalling)*: dekodiere den Bit-String und erzeuge eine neue lokale Repräsentation des empfangenen Typs

Existierende Externe Datendarstellung

Sender und Empfänger sind sich über die Reihenfolge und die Typen der Datenelemente in einer Nachricht einig

- ◆ ISO: ASN.1 (Abstract Syntax Notation)
- ◆ Sun ONC (Open Network Computing)-RPC: XDR (eXternal Data Representation)
- ◆ OSF (Open System Foundation)-RPC: IDL (Interface Definition Language)
- ◆ Corba: IDL und CDR (Common Data Representation): CDR bildet IDL-Datentypen in Bytefolgen ab.

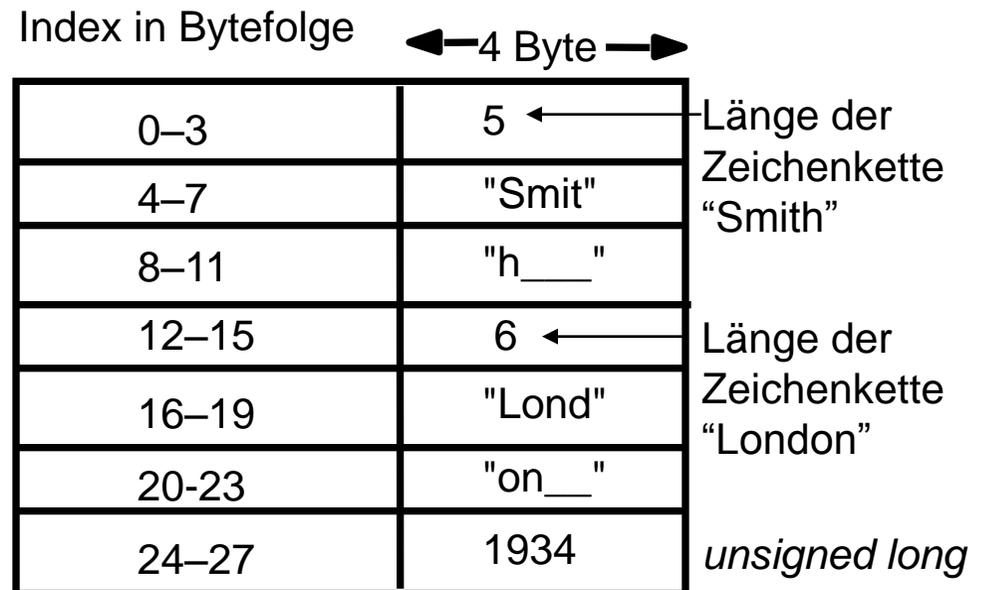
Vollständige Informationen über Reihenfolge und die Typen der Datenelemente sind in einer Nachricht enthalten

- ◆ Java: Objektserialisierung, d.h. Abflachung eines (oder mehrerer) Objektes zu einem seriellen Format inkl. Informationen über die Klassen.
Deserialisierung ist die Wiederherstellung eines Objektes ohne Vorwissen über die Typen der Objekte.

Beispiel: Common Data Representation (CDR)

| Typ | Darstellung |
|------------|--|
| Sequence | Länge gefolgt von Elementen in der angegebenen Reihenfolge |
| String | Länge gefolgt von Zeichen in der angegebenen Reihenfolge |
| Array | Array-Elemente in der angegebenen Reihenfolge |
| Struct | Die Reihenfolge der Deklarationen der Komponenten |
| Enumerated | Unsigned Long |

```
Struct Person{
    string name;
    string place;
    long year;
};
```

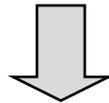


Beispiel: Java-Objektserialisierung

```

Public class Person implements Serializable{
    private String name;
    private String place;
    private int year;
    public nPerson(String aName, String aPlace, int aYear) {
        name = aName;
        place = aPlace;
        year = aYear;    }
    // gefolgt von Methoden für den Zugriff auf die Instanzvariablen
}

```



```
Person p = new Person („Smith“, „London“, 1934);
```

| | | | |
|--------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|
| Person | 8-Byte Versionsnummer | | h0 |
| 3 | int year | java.lang.String name: | java.lang.String place: |
| 1934 | 5 Smith | 6 London | h1 |

Klassenname,
Versionsnummer
Nummer, Typ und Name
der Instanzvariablen

Werte der Instanzvariablen

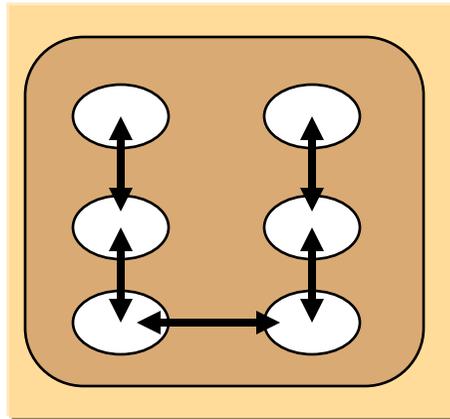
Das echte serialisierte Format enthält zusätzliche Typkennzeichner;
h0 und h1 sind Handles, also Verweise auf serialisierte Objekte

Fazit

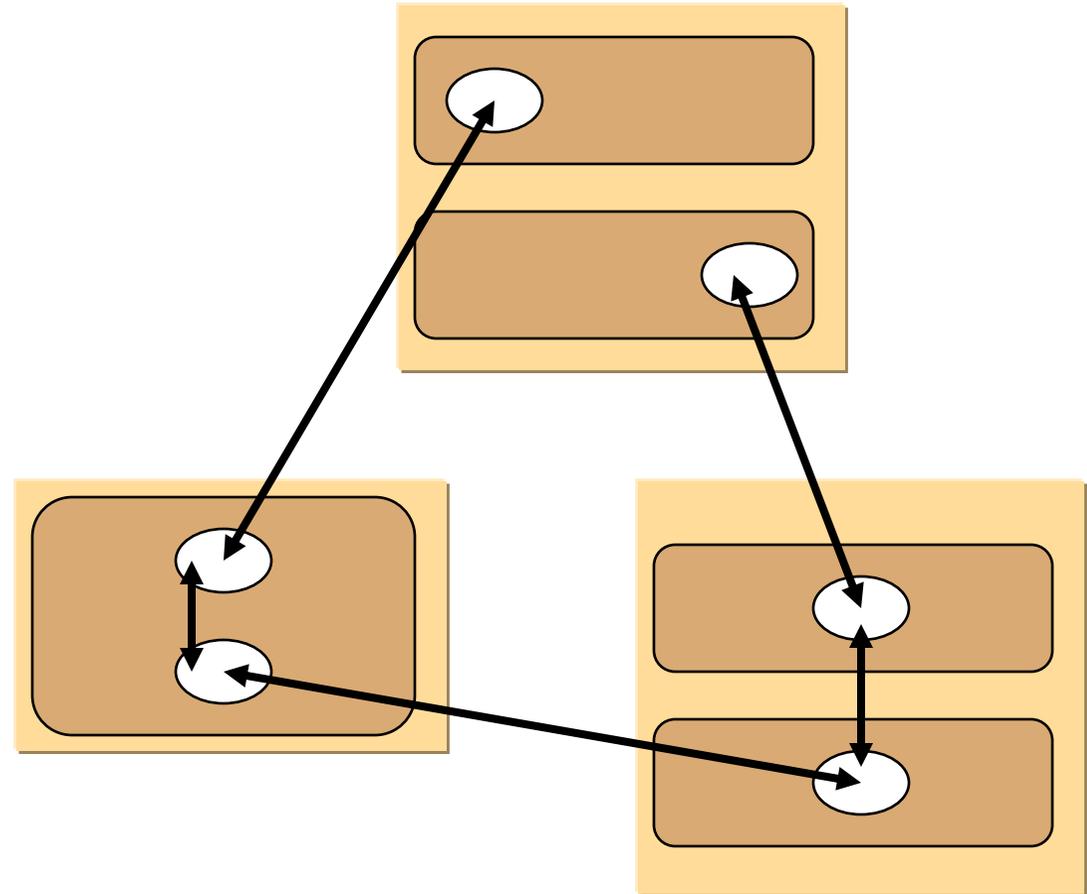
- ◆ Zuerst die **schlechte Nachricht**: das sieht alles ziemlich kompliziert aus, und das ist es auch! Als Socket-Programmierer muss man sich um all diese Dinge selbst kümmern.
- ◆ Die **gute Nachricht**: die Aufgabe einer Middleware ist es, genau diese komplizierten Mechanismen automatisch zu erledigen. Der Anwendungsprogrammierer sieht davon nichts mehr.

Verteiltes Objektsystem

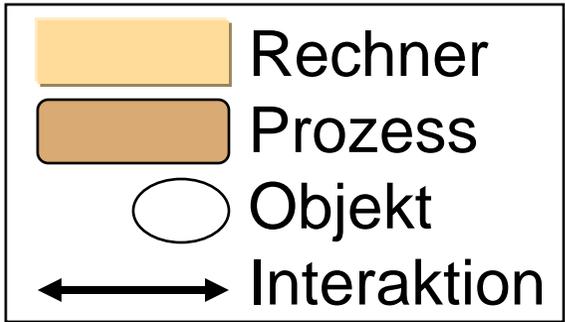
Lokal



Entfernt



versus



Das verteilte Objektmodell

- ◆ **Verteiltes System:** Interagierende Objekte sind auf mehr als einen Prozess verteilt
- ◆ **Wichtige Begriffe** (Auswahl, vereinfacht):
 - Entfernte Objektreferenz: die „Adresse“/eindeutige Identität eines Objekts im *ganzen* verteilten System
 - Entfernte Schnittstellen: die Schnittstelle eines entfernten Objekts
 - Ereignisse/Aktionen: Ereignisse/Aktionen von Objekten können Prozessgrenzen überschreiten
 - Exceptions/Ausnahmen: verteilte Ausführung des Systems erweitert das Spektrum möglicher Fehler
 - Garbage Collection: Freigabe nicht mehr benutzten Speichers wird im verteilten System schwieriger

Entfernte Objektreferenz

- ◆ Über Raum und Zeit **garantiert eindeutig!**
- ◆ Bestehen aus
 - *Internetadresse*: gibt den Rechner an
 - *Port-Nummer* und *Zeit*: Identifizieren eindeutig den Prozess
 - *Objektnummer*: Identifiziert das Objekt
 - *Schnittstelle*: beschreibt die entfernte Schnittstelle des Objekts
- ◆ Werden erzeugt von einem speziellen Modul - dem entfernten Referenzmodul - wenn eine lokale Referenz als Argument an einen anderen Prozess übergeben wird und in dem korrespondierenden Proxy gespeichert.

32 bits

32 bits

32 bits

32 bits

| | | | | |
|-----------------|-------------|------|--------------|---------------------------------------|
| Internetadresse | Port-Nummer | Zeit | Objektnummer | Schnittstelle des entfernten Objektes |
|-----------------|-------------|------|--------------|---------------------------------------|

Achtung: Diese Art der Referenz erlaubt kein Verschieben des Objektes in einen anderen Prozess!

Schnittstellen entfernter Objekte

- ◆ Die entfernte Schnittstelle gibt an, wie auf entfernte Objekte zugegriffen wird (Signatur der Methodenmenge).
- ◆ Ihre Beschreibung enthält
 - Den **Namen der Schnittstelle**
 - Möglicherweise **Datentypdefinitionen**
 - Die **Signatur** aller entfernt verfügbaren Methoden, bestehend aus
 - ◆ Dem Methodennamen
 - ◆ Ihrer Ein- und Ausgabeparameter
 - ◆ Ihrem Rückgabewert
- ◆ Jede Middleware besitzt eine eigene Sprache, um solche Schnittstellen zu beschreiben.

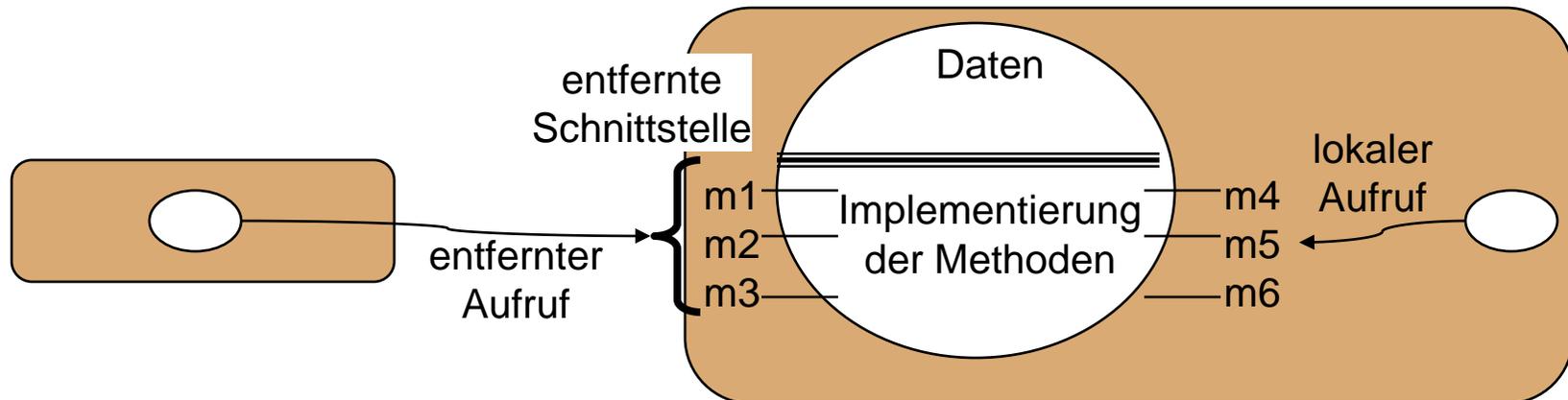
Schnittstellen entfernter Objekte: Beispiel Java RMI

Signatur: Definition
der Methoden

entfernte Schnittstelle

```
public interface IPersonList extends Remote {
    public void addPerson(Person p) throws RemoteException;
    public void getPerson(String name, Person p) throws RemoteException;
    public int getNumber() throws RemoteException;
};
```

Remote Exception: Kommunikationsfehler



Entwurfsprobleme

- ◆ Lokale Aufrufe werden genau einmal ausgeführt. Dies kann für entfernte Aufrufe nicht immer der Fall sein. Was sind die Alternativen ?

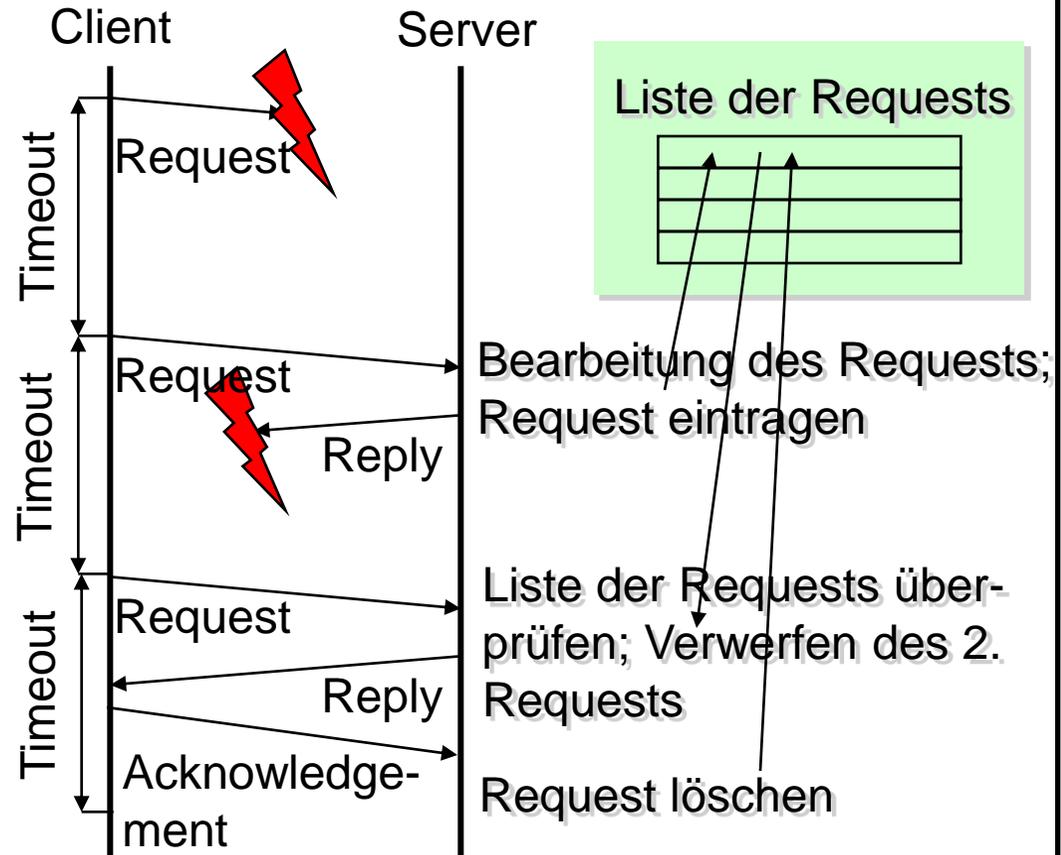
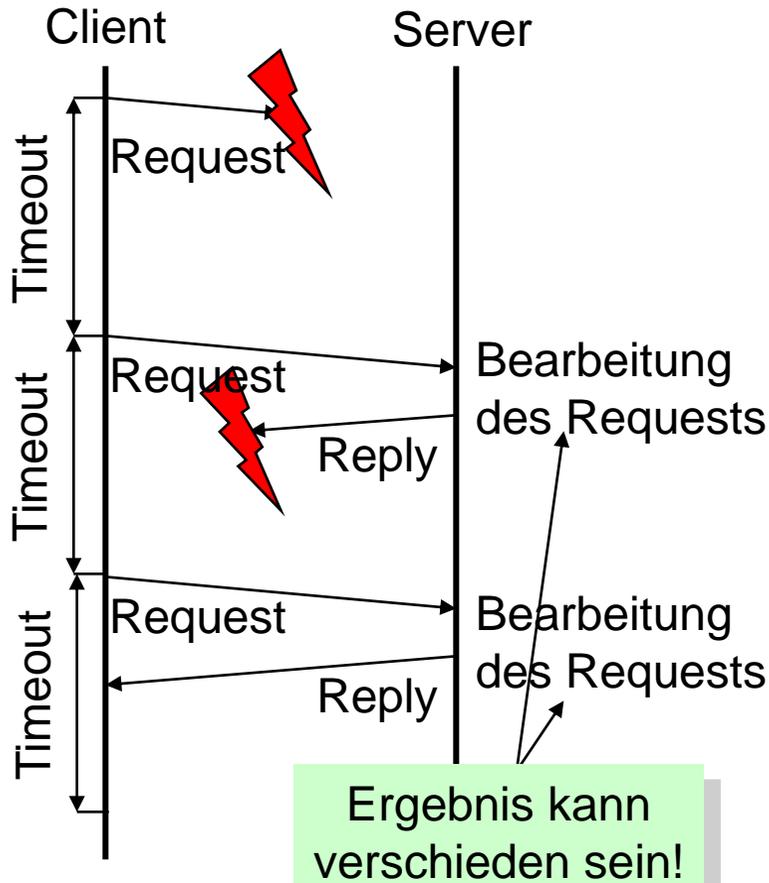
Führt zur Definition einer Fehlersemantik

- ◆ Was ist der Transparenzgrad der entfernten Aufrufe ?
Was ist gegeben, was muß der Programmierer selber sicherstellen ?

Fehlersemantik

at least once Semantik

at most once Semantik



Fehlersemantik

| Fehlersemantik | Wiederholung einer Anfrage | Filterung von Duplikaten | |
|----------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|
| Maybe | Nein | Nein | |
| At-least-once | Ja | Nein | Wiederholte Ausführung |
| At-most-once | Ja | Ja | Wiederholte Antwort |
| Exactly-once | Nein | Nein | |

Fehlersemantik

| Fehlersemantik | Fehlerfreier Ablauf | Nachrichtenverluste | Ausfall des Servers |
|----------------|------------------------------|--|--|
| Maybe | Ausführung: 1 Ergebnis: 1 | Ausführung: 0/1 Ergebnis: 0 | Ausführung: 0/1 Ergebnis: 0 |
| At-least-once | Ausführung: 1 Ergebnis: 1 | Ausführung: ≥ 1 Ergebnis: ≥ 1 | Ausführung: ≥ 0 Ergebnis: ≥ 0 |
| At-most-once | Ausführung: 1 Ergebnis: 1 | Ausführung: 1 Ergebnis: 1 | Ausführung: 0/1 Ergebnis: 0 |
| Exactly-once | Ausführung: 1 Ergebnis: 1 | Ausführung: 1 Ergebnis: 1 | Ausführung: 1 Ergebnis: 1 |

Referenz- und Kopiersemantik

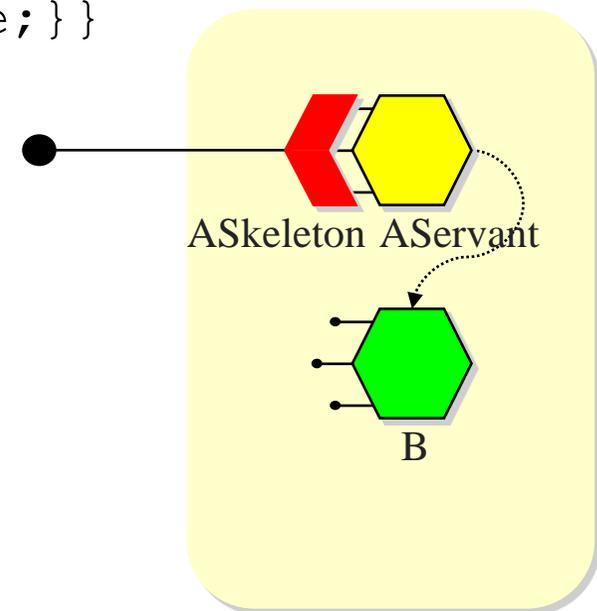
- ◆ Entfernte Methodenaufrufe sollten **Parameterübergabe-Semantik** der verwendeten Programmiersprache respektieren:
 - In Java Übergabe von Werten per Kopie, Übergabe von Objekten per Referenz
 - In C++ freie Wahl der Übergabeart
- ◆ **Probleme:**
 - Entfernte Referenzen auf Werte prinzipiell nicht möglich
 - Entfernte Referenzen auf Objekte nur möglich, wenn entsprechende Stubs und Skeletons existieren
 - Empfänger benötigt Implementierungsklasse für erhaltenes Objekt (Kopiersemantik) bzw. Stub (Referenzsemantik)

Beispiel für Objektübergabe

Betrachte folgende Objektklasse:

```
import B;  
public interface A {  
    extends Remote {  
        public void setB(B b) throws Throwable;  
        public B getB() throws Throwable;}}
```

```
public class AServant  
    extends UnicastRemoteObject  
    implements A {  
    private B b;  
    public void setB(B b) {  
        this.b = b;  
    }  
    public B getB() {  
        return this.b; }}
```



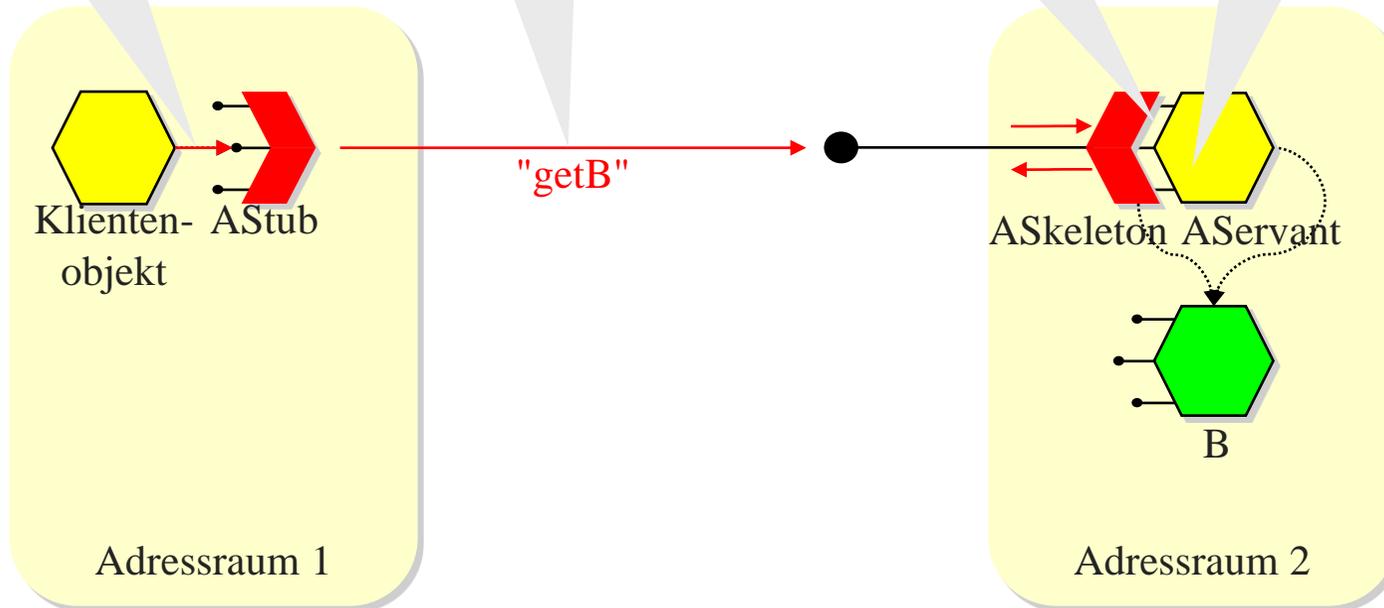
Beispiel für Objektübergabe: Kopiersemantik

1. Clientobjekt hält Referenz auf Instanz von A, ruft darauf Methode getB() auf.

2. Stub übermittelt Methodenaufruf an Skeleton

3. Skeleton delegiert Methodenaufruf an Servant

4. Servant übergibt Referenz auf Instanz von B an Skeleton



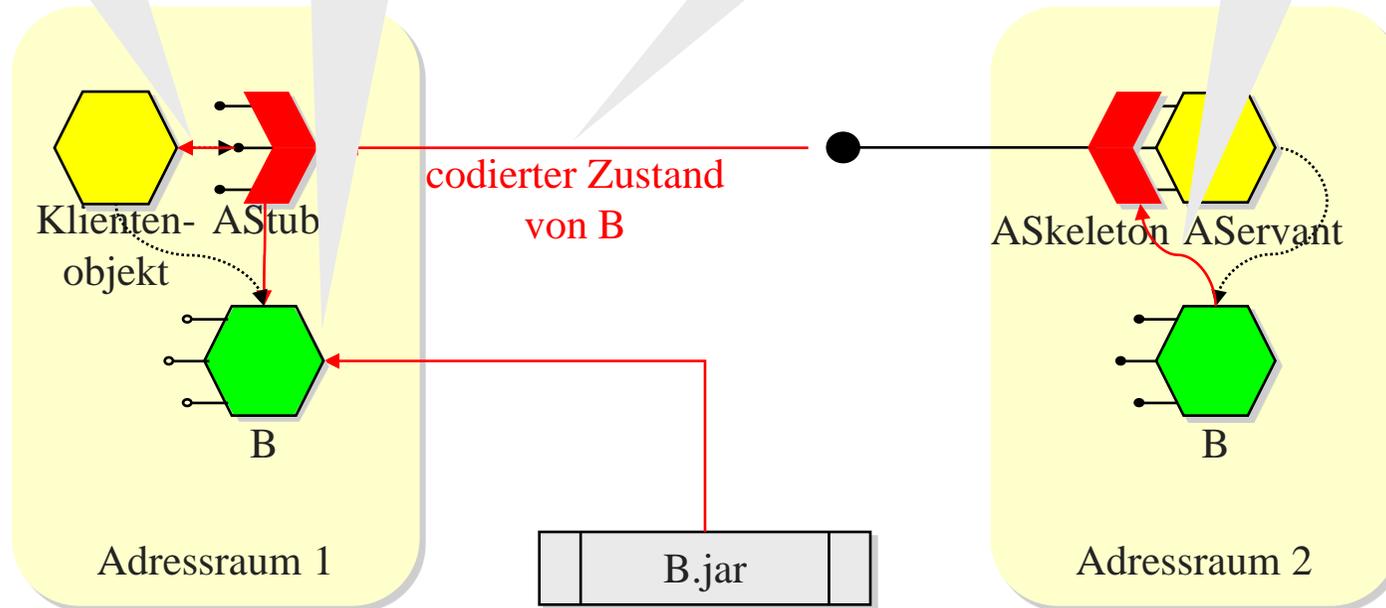
Beispiel für Objektübergabe: Kopiersemantik

8. Stub übergibt Verweis auf neue Instanz an Aufrufer

7. Stub lädt Klasse B, dekodiert Zustand und erzeugt damit neue Instanz von B

6. Kodierter Zustand wird an Stub übertragen

5. Skeleton kodiert Zustand von Instanz gemäß Wire Protocol



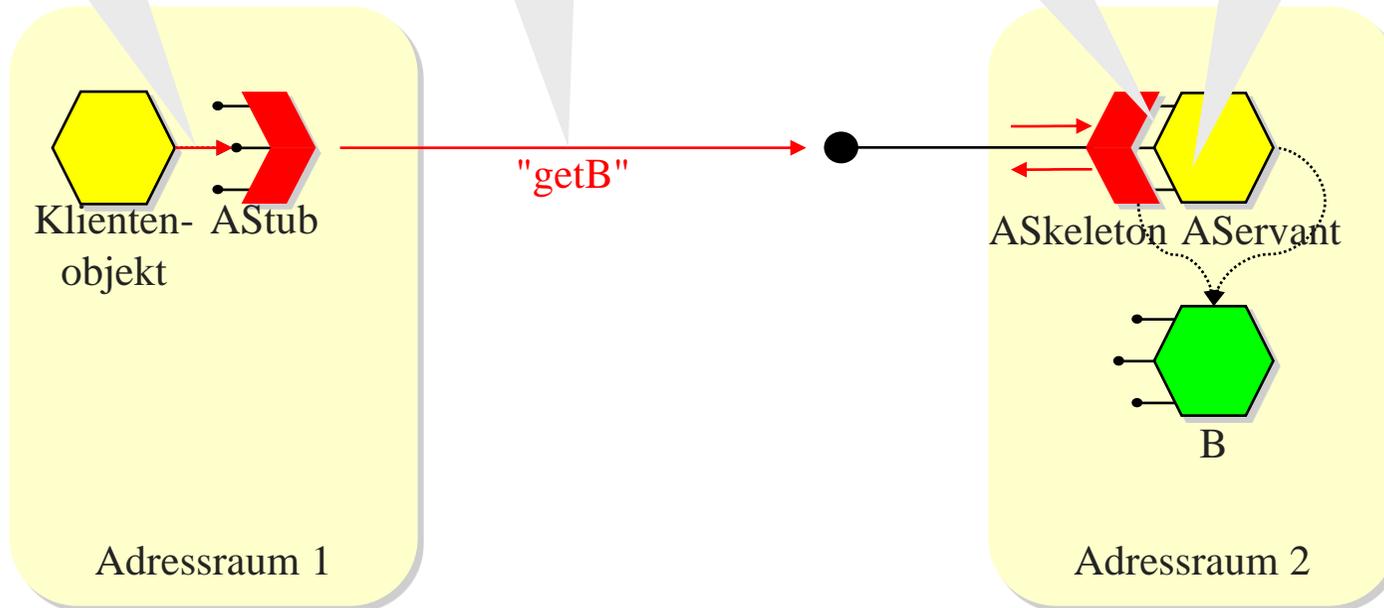
Beispiel für Objektübergabe: Referenzsemantik

1. Clientobjekt hält Referenz auf Instanz von A, ruft darauf Methode getB() auf.

2. Stub übermittelt Methodenaufruf an Skeleton

3. Skeleton delegiert Methodenaufruf an Servant

4. Servant übergibt Referenz auf Instanz von B an Skeleton



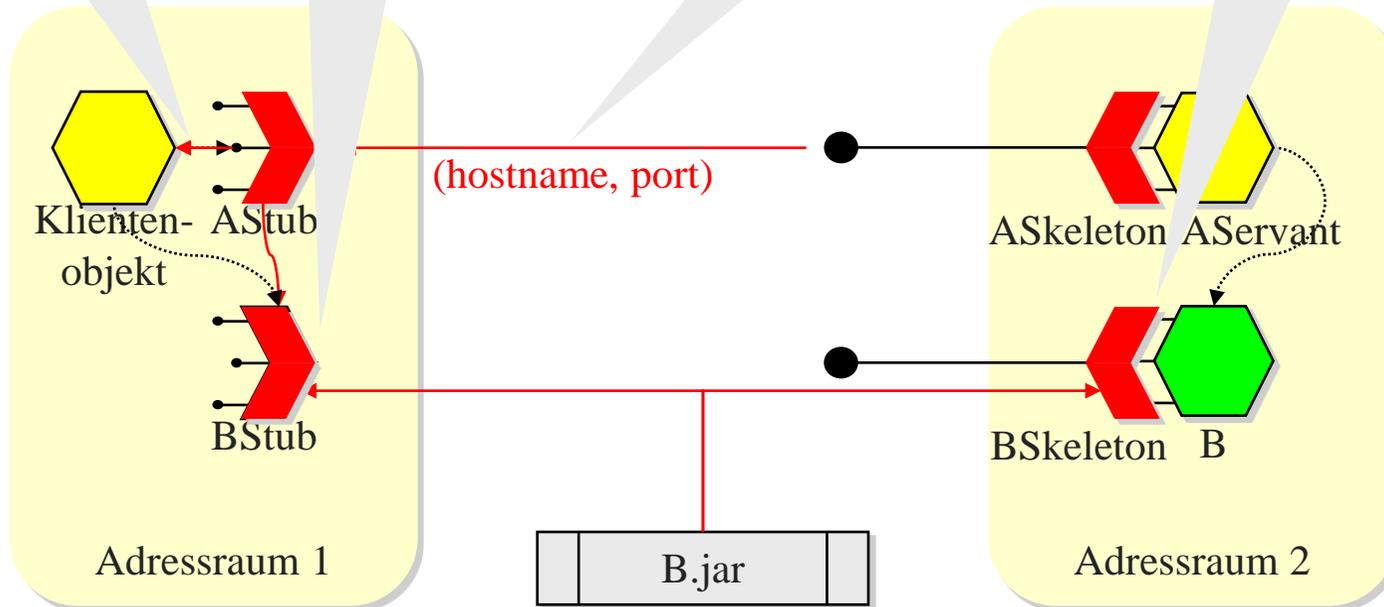
Beispiel für Objektübergabe: Referenzsemantik

8. A-Stub übergibt Verweis auf B-Stub an Aufrufer

7. A-Stub erzeugt neuen B-Stub, der Netzwerkadresse von B-Skeleton enthält

6. A-Skeleton sendet Netzwerkadresse von B-Skeleton an A-Stub

5. A-Skeleton erzeugt neues Skeleton für B, falls nicht bereits vorhanden



Weitere Aspekte der Objektübergabe

- ◆ Festlegung der **Übergabesemantik** i.A. durch **Typ** des formalen Parameters:
 - *Referenzen* und *keine Referenzen* sind zunächst alles **Werte!** Die Übergabesemantik regelt die Art der Interpretation.
 - **Referenzübergabe**, wenn formaler Parameter bestimmtes Interface (in Java z.B. `java.rmi.Remote`) implementiert
 - **Wertübergabe** sonst
- ◆ Bei Wertübergabe **Komplikationen** möglich:
 - Wenn übergebenes Objekt direkt oder indirekt andere Objekte referenziert, müssen diese ebenfalls übergeben werden (mit welcher Übergabesemantik?)
 - Sharing von Objekten muss auf der Clientseite rekonstruiert werden
 - Wenn übergebenes Objekt echter Untertyp des formalen Parameters ist, ist u.U. Upcast erforderlich

Transparenz des RMI

- ✓ **Zugriffstransparenz** ermöglicht den Zugriff auf lokale und entfernte Ressourcen unter Verwendung identischer Operationen.
Ist realisiert: die Operationen sind identisch, die Syntax evtl. unterschiedlich.
- ✓ **Positionstransparenz** (Ortstransparenz) erlaubt den Zugriff auf die Ressourcen, ohne dass man ihre Position/ihren Ort kennen muss.
Ist realisiert.
- ✗ **Nebenläufigkeitstransparenz** erlaubt, dass mehrere Prozesse gleichzeitig mit denselben gemeinsam genutzten Ressourcen arbeiten, ohne sich gegenseitig zu stören.
Ist nicht realisiert.
- ✓ **Replikationstransparenz** erlaubt, dass mehrere Instanzen von Ressourcen verwendet werden, um die Zuverlässigkeit und die Leistung zu verbessern, ohne dass die Benutzer oder Applikationsprogrammierer wissen, dass Repliken verwendet werden.
Ist manchmal realisiert.

Transparenz des RMI

- ✓ **Fehlertransparenz** erlaubt das Verbergen von Fehlern, so dass Benutzer und Applikationsprogrammierer ihre Aufgaben erledigen können, auch wenn Hardware- oder Softwarekomponenten ausgefallen sind.
Ist teilweise realisiert (siehe Fehlersemantik)
- ✓ **Mobilitätstransparenz** erlaubt das Verschieben von Ressourcen und Clients innerhalb eines Systems, ohne dass die Arbeit von Benutzern oder Programmen dadurch beeinträchtigt wird.
Mittels Namensdienst realisiert.
- ✗ **Leistungstransparenz** erlaubt, dass das System neu konfiguriert wird, um die Leistung zu verbessern, wenn die Last variiert.
Ist nicht realisiert.
- ✓ **Skalierungstransparenz** erlaubt, dass sich System und Applikationen vergrößern, ohne dass die Systemstruktur oder die Applikationsalgorithmen geändert werden müssen.
Ist durch die Objektorientiertheit bereits gegeben.

Implementierung eines RMI

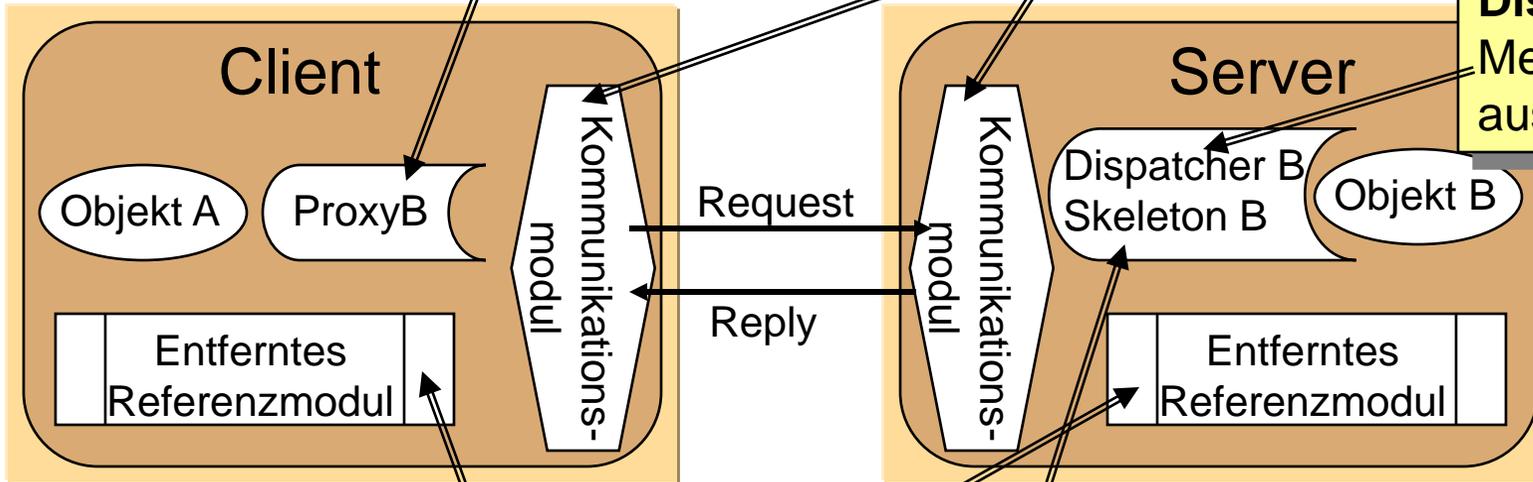
- ◆ **Kommunikationsmodul:** zuständig für das Request-/Reply-Protokoll
- ◆ **Entferntes Referenzmodul:** Übersetzt zwischen entfernten und lokalen Objektreferenzen; besitzt meist eine entfernte Objekt-Tabelle, in der diese Zuordnung eingetragen wird. Beim ersten Aufruf wird die entfernte Objektreferenz von diesem Modul erzeugt.

Rolle von Proxy und Skeleton

Proxy: macht RMI transparent für Client. Klasse implementiert entfernte Schnittstelle. Marshals Request und unmarshals Reply. Leitet Request weiter.

Ausführung des Request/Reply Protokolls

Dispatcher: wählt Methode im Skeleton aus.



Übersetzung zwischen lokalen und entfernten Objektreferenzen

Skeleton: implementiert Methoden der entfernten Schnittstelle. Unmarshals Request und Marshals Reply. Ruft Methode in entferntem Objekt auf.

Implementierung

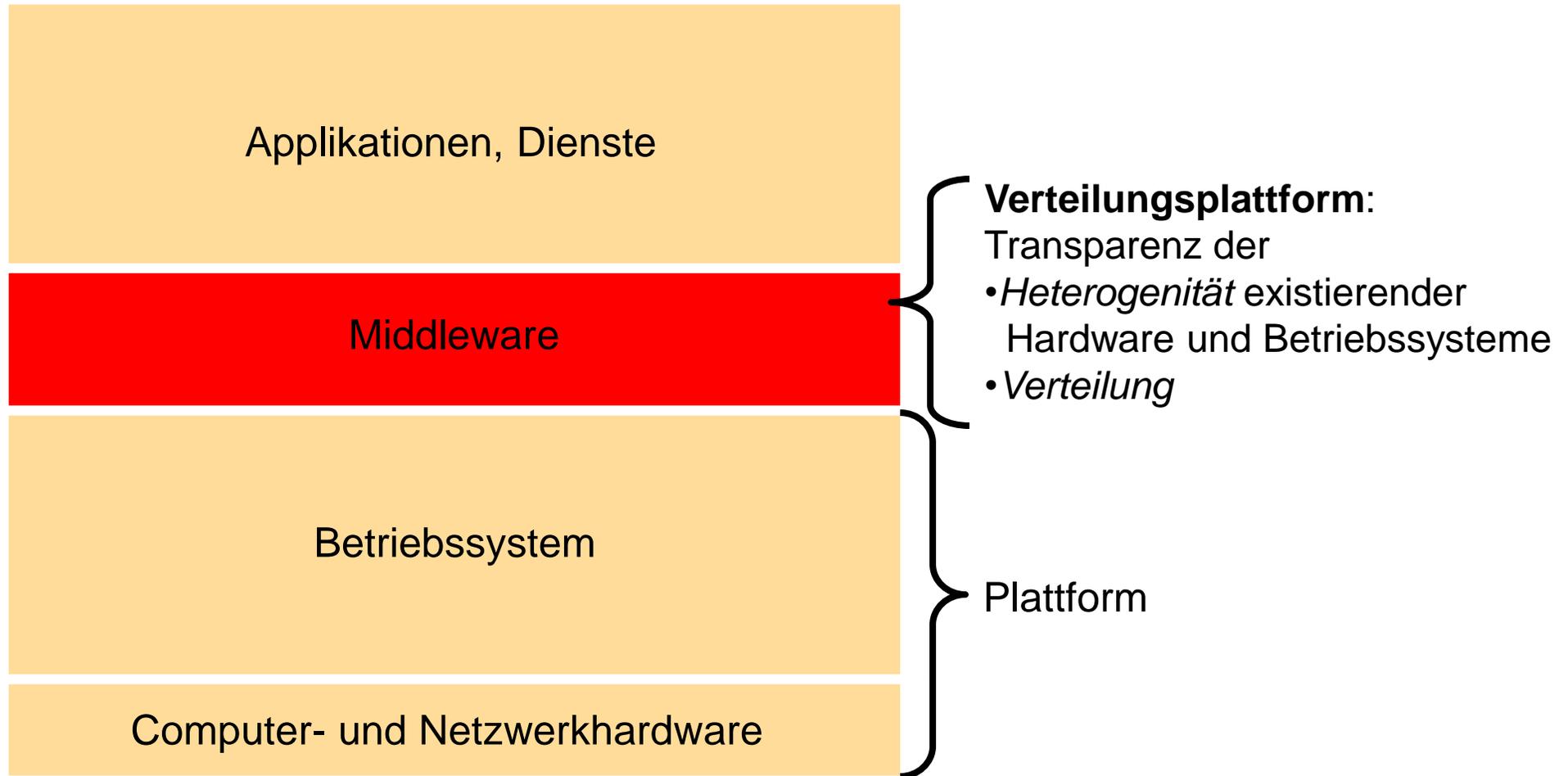
RMI-Software: Softwareschicht zwischen Objekten und Kommunikations- und entfernten Referenzmodulen.

- Schnittstellen-Compiler erzeugt automatisch Klassen für Dispatcher, Skeleton und Proxy (geschieht automatisch in Java RMI)
- Server-Programm enthält Klassen für Dispatcher, Skeleton und alle davon unterstützten entfernten Objekte (Servant-Klassen) sowie einen Initialisierungsabschnitt
- Client-Programm enthält Klassen für Proxies aller entfernten Objekte.
- Factory-Methode: Ersetzen Konstruktoren in den entfernten Schnittstellen, d.h. sind normale Methoden, die entfernte Objekte erzeugen können.

Implementierung

- ◆ **Binder:** Namensdienst, der Clients Objektreferenzen vermitteln kann
- ◆ **Server-Thread:** Um zu verhindern, dass ein entfernter Aufruf einen anderen Aufruf verzögert, weisen Server der Ausführung *jeden* entfernten Aufrufs einen eignen Thread zu!
- ◆ **Aktivierung:** Erzeugung einer Instanz und Initialisierung der Instanzvariablen.
- ◆ **Persistenter Objektspeicher:** Verwaltet persistente Objekte, also Objekte, die zwischen Aktivierungen weiterbestehen.
- ◆ **Verteilte Garbage Collection:** Stellt sicher, dass in einem verteilten System garbage collection durchgeführt wird. Problem: Referenzen, die nur in Nachrichten vorhanden sind.

Middleware



Arten von Middleware

◆ Generisch

- Remote Procedure Call (RPC) Entfernter Prozeduraufruf
- Remote Method Invocation (**RMI**) Entfernten Methodenaufruf
- Object Request Broker Objektzugriff übers Netz
- Message Passing Send/Receive–Kommunikation
- Virtual Shared Memory Zugriff auf virtuell gemeinsamen Speicher

◆ Speziell

- Dateitransfer Fernzugriff auf gemeinsame Dateien
- Datenbankzugriff Datenzugriff auf entfernte DB
- Transaktionsverarbeitung Koordination verteilter Transaktionen
- Groupware / Workflow Zusammenarbeit verteilter Gruppen
- Directories / AAA Services Organisation arbeitsteiliger Prozesse

Beispiel: Java-RMI

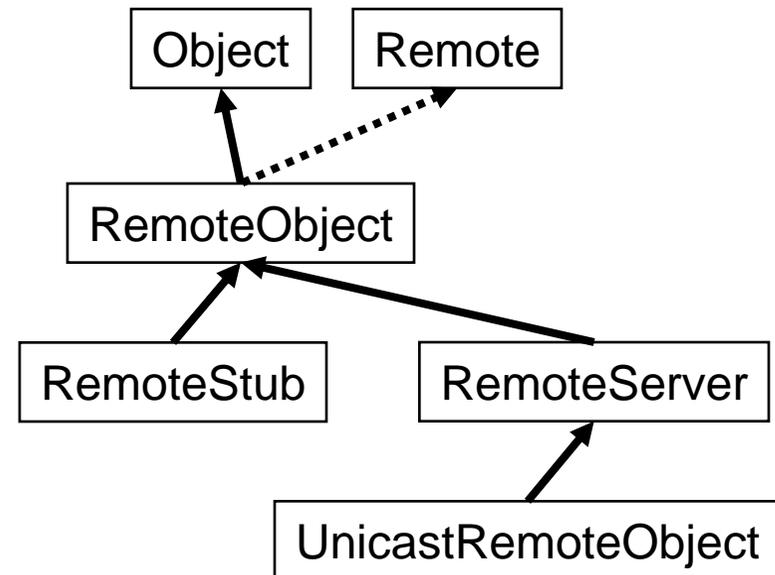
- ◆ Definiert ein Rahmenwerk für die Kommunikation von Java-Objekten unabhängig von ihrem Ort
- ◆ Eine reine Java-Lösung
- ◆ Alle entfernten Objekte müssen eine entfernte Schnittstelle besitzen
- ◆ Die Generierung von Stubs und Skeletons wird seit Java 1.5 „versteckt“.
- ◆ JDK stellt eine Implementierung des Naming-Service zur Verfügung: die *RMIregistry* (arbeitet nur lokal am Server).
- ◆ Ein RMI-Dämon erlaubt einen flexible (on-demand)-Instanziierung von Objekten.

Java-RMI: Das entfernte Objekt

- Um den von der Schnittstelle „versprochenen“ Dienst zu erbringen, muss es ein entferntes Objekt geben, das die Methoden der Schnittstelle implementiert.
- Gewöhnlich erweitert es die Klasse `UnicastRemoteObject` was aus dem Objekt einen nichtreplizierten Server macht, der über TCP kommuniziert.

```
Datum.java | DatumImpl.java X
import java.rmi.*;
import java.rmi.server.*;
import java.util.Date;

class DatumImpl extends UnicastR
    public DatumImpl() throws Re
        super();
        System.out.println("DatumI
    }
    public Date getDate() throws
        System.out.println("DatumI
        return new Date();
```



Java-RMI: Der RMI-Compiler

- ◆ Basierend auf der Implementierung des Objekts mit seinen Methoden kann man nun automatisch Stubs und Skeletons implementieren.
- ◆ Der java Compiler javac übernimmt dies automatisch
- ◆ Aus früheren JDKs steht ein Werkzeug namens `rmic` für diesen Zweck zur Verfügung.
- ◆ Folgender Aufruf

> `rmic DatumImpl`

Erzeugt zwei Dateien:

- `DatumImpl_Stub.class`
- `DatumImpl_Skel.class`

```
--          <DIR>          01.07.02  14:58  ..
DÄTUM~1  CLA           206  20.09.02  11:33  Datum.class
DATUMI~1  CLA           693  20.09.02  11:33  DatumImpl.class
          2 Datei(en)              899 Bytes
          2 Verzeichnis(se)    1.277.632.512 Bytes frei

D:\Temp>rmic DatumImpl

D:\Temp>dir

Datenträger in Laufwerk D: TIGGER
Seriennummer des Datenträgers: 15ED-120E
Verzeichnis von D:\Temp

-          <DIR>          01.07.02  14:58  .
--          <DIR>          01.07.02  14:58  ..
DÄTUM~1  CLA           206  20.09.02  11:33  Datum.class
DATUMI~1  CLA           693  20.09.02  11:33  DatumImpl.class
DATUMI~2  CLA          2.866  20.09.02  13:00  DatumImpl_Stub.class
DATUMI~3  CLA           1.412  20.09.02  13:00  DatumImpl_Skel.class
          4 Datei(en)              5.177 Bytes
          2 Verzeichnis(se)    1.277.624.320 Bytes frei
```

Java-RMI: Erzeugen einer Anwendung

Dieses Beispiel wurde unter Java 6 entwickelt und getestet.

- Remote Interface `Datum` definiert `getDate`-Methode die das Datum und die Uhrzeit auf dem Server zum Zeitpunkt des Aufrufes zurückgibt
- Server Implementierung `DatumImpl` implementiert das Interface und initialisiert den RMI-Server
- Client `DatumClient` ruft `getDate` entfernt auf und gibt das Ergebnis aus
- Client und Server werden in dem Beispiel auf dem selben Host ausgeführt

1. Definiere die entfernte Schnittstelle

```
1 package vs.rmiexample;
2 import java.rmi.Remote;
3 import java.rmi.RemoteException;
4 import java.util.Date;
5 /**
6  * Remote Interface
7  */
8 public interface Datum extends Remote {
9     /**
10     * Gibt eine Date-Objekt zurück das die aktuelle Zeit beim Erstellen repräsentiert
11     */
12     public Date getDate() throws RemoteException;
13 }
```

Java-RMI: Erzeugen einer Anwendung

2. Implementiere die entfernte Schnittstelle durch ein entferntes Objekt

```
1 package vs.rmiexample;
2 import java.rmi.RemoteException;import java.rmi.registry.LocateRegistry;import java.util.Date;
3 import java.rmi.registry.Registry;import java.rmi.server.UnicastRemoteObject;
4 // RMI-Server. Implementiert das Remote-Interface.
5 public class DatumImpl extends UnicastRemoteObject implements Datum {
6     public DatumImpl() throws RemoteException {
7         super();
8     }
9     @Override
10    public Date getDate() throws RemoteException {
11        Date date = new Date();
12        System.out.println("Die Methode getDate wurde vom Client aufgerufen. Aktuelles Datum:" + date);
13        return date;
14    }
15    public static void main(String[] args){
16        try {
17            Datum datum=new DatumImpl();
18            // Registrieren des Datum-Objektes
19            Registry registry = LocateRegistry.getRegistry();
20            registry.rebind("datum", datum);
21            System.out.println("Server initialisiert!");
22        } catch (RemoteException e) {
23            System.err.println("Fehler bei der initialisierung des Datum-Servers:");
24            e.printStackTrace();
25        }
26    }
27 }
```

Java-RMI: Erzeugen einer Anwendung

3. Schreibe einen Client

```
1 package vs.rmiexample;
2 import java.rmi.NotBoundException;import java.rmi.RemoteException;import java.util.Date;
3 import java.rmi.registry.LocateRegistry;import java.rmi.registry.Registry;
4 //RMI-Server
5 public class DatumClient {
6     private Datum datum;
7     //Sucht in der RMI Registry nach der 'datum'-Instanz
8     public DatumClient() throws RemoteException, NotBoundException {
9         // Die Registry wird auf dem Host.rmiexample.inet.cpt.haw-hamburg.de auf dem Standardport 1099 gesucht.
10        Registry registry = LocateRegistry.getRegistry("rmiexample.inet.cpt.haw-hamburg.de");
11        datum = (Datum) registry.lookup("datum");
12    }
13    //Gibt das Datum des gerufenen Servers auf der Konsole aus.
14    public void printServerDate() throws RemoteException{
15        Date date = datum.getDate();
16        System.out.println(date);
17    }
18    public static void main(String[] args) {
19        try {
20            DatumClient datumClient = new DatumClient();
21            datumClient.printServerDate();
22        } catch (NotBoundException e) {
23            System.err.println("Das Remote Objekt konnte in der Registry nicht gefunden werden.");
24            e.printStackTrace();
25        } catch (RemoteException e) {
26            System.err.println("Fehler bei der Kommunikation mit dem RMI-Server");
27            e.printStackTrace();
28        }
29    }
30 }
```

Java-RMI: Erzeugen einer Anwendung

4. Kompiliere Client und Server: Ab Java 5 werden Stubs und Skeletons automatisch erstellt. In älteren Versionen muss `rmic` verwendet werden
5. Starte den Namensdienst mit `rmiregistry`
6. Starte den Server

```
java  
-classpath bin/  
-Djava.rmi.server.codebase=[Pfad zur codebase]  
vs.rmiexample.DatumImpl &
```

Die Codebase gibt an, wo die Server-Class-Dateien im Netzwerk verfügbar sind. In diesem lokalen Beispiel werden die Daten aus dem Filesystem geladen. Beispiel:

```
file:///home/user/vs/RmiServer/bin/
```

7. Starte den Client

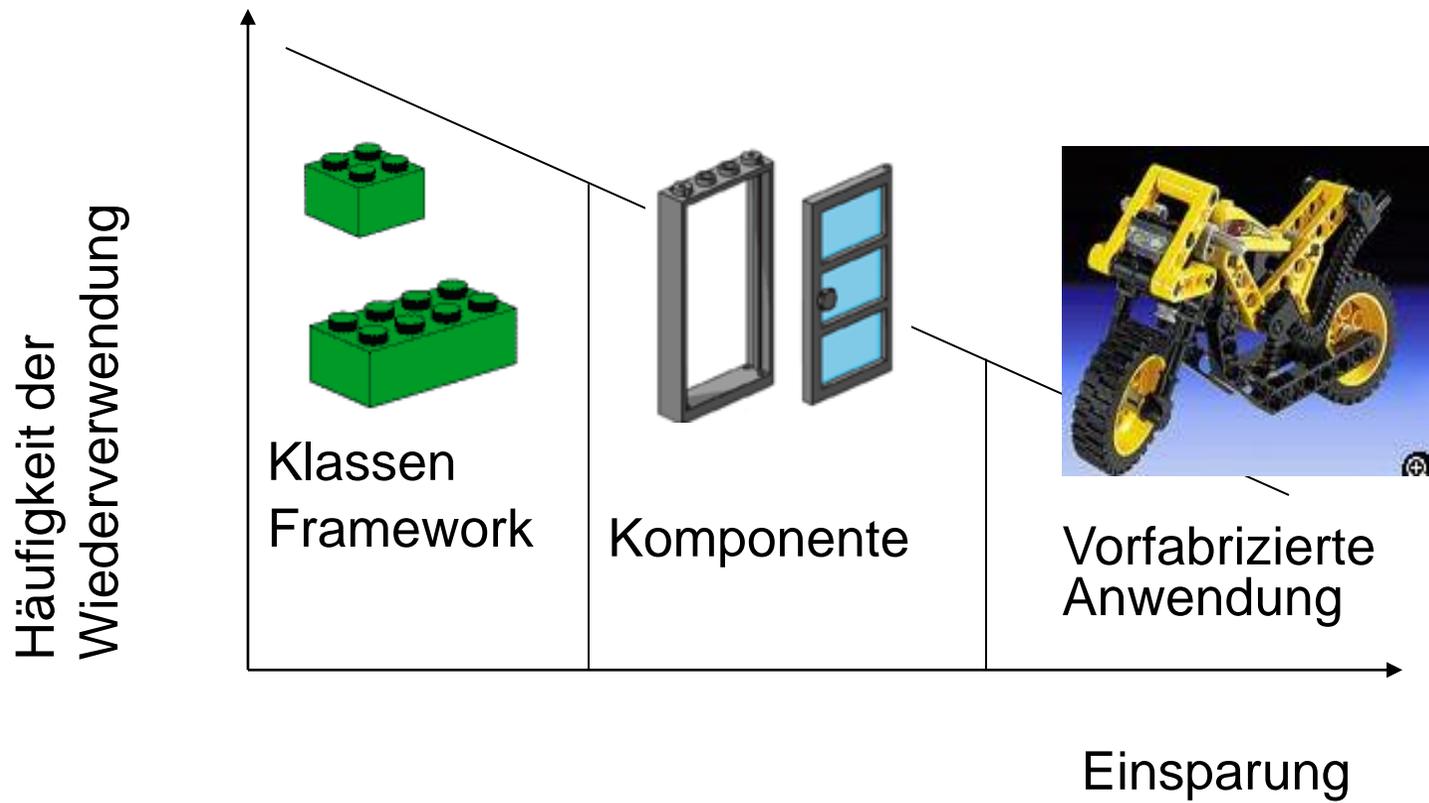
Zusammenfassung: Java RMI

- ◆ Java RMI ist Java spezifisch, wobei z.B. mit JNI eine grundsätzliche Möglichkeit besteht, ein Nicht-Java System als Server-Komponente via Java RMI zu verwenden.
- ◆ Java Anbindung direkter/eleganter als bei vergleichbaren generische RMI Lösungen (z.B. CORBA)
- ◆ Stellt integrierte Dienste wie etwa Distributed Garbage Collection zur Verfügung.
- ◆ RMI: registry wird über eine URL angesprochen, d.h. „einfache Struktur“.

Idee: Komponenten

- ◆ **Komponente** = höhere Abstraktionsform von Objekten
 - Bestehen aus einem oder mehreren Objekten, welche in einen Container gepackt werden
- ◆ Komponenten **interagieren** u. **kooperieren** über verschiedene BS-plattformen, Sprachen, etc. hinweg
 - Bausteine für multitiered Anwendungen
- ◆ **Anwendungen** bestehen aus (dynamischen) Mengen interagierender Komponenten (monolithische Anwendungen aufbrechen)
- ◆ Dieses Modell hat enorme **Konsequenzen** bzgl.
 - **Entwurf** von Software („Lego-Bausteine“)
 - **Vertrieb** von Software („add-on Komponenten“, „late customizing“)
 - **Pflege** von Software (Wiederverwendung, Varianten)
 - **Funktionalität** (aktive, ggf. mobile Objekte)
 - **Marketing** (Komponenten-Markt)
- ◆ Erfordert **Standards** und **Infrastrukturservices**
 - für die Interaktion der Komponenten
 - für die Komponenten selbst (Versionskontrolle, Konfiguration)

Motivation



J2EE Komponentenplattform

Die Java 2 Enterprise Edition (J2EE) ist eine Plattform für die komponentenorientierte Entwicklung von Anwendungen.

Sie besteht aus:

- ◆ Einer Spezifikation / Guidelines / Testsuite
- ◆ Java Komponenten
 - Java Beans (clientseitig)
 - Java Server Pages und Servlets
 - Enterprise Java Beans + persistence API (serverseitig)
- ◆ Verschiedene Container: Application, Web, EJB
- ◆ Java Naming and Directory Interface (JNDI)

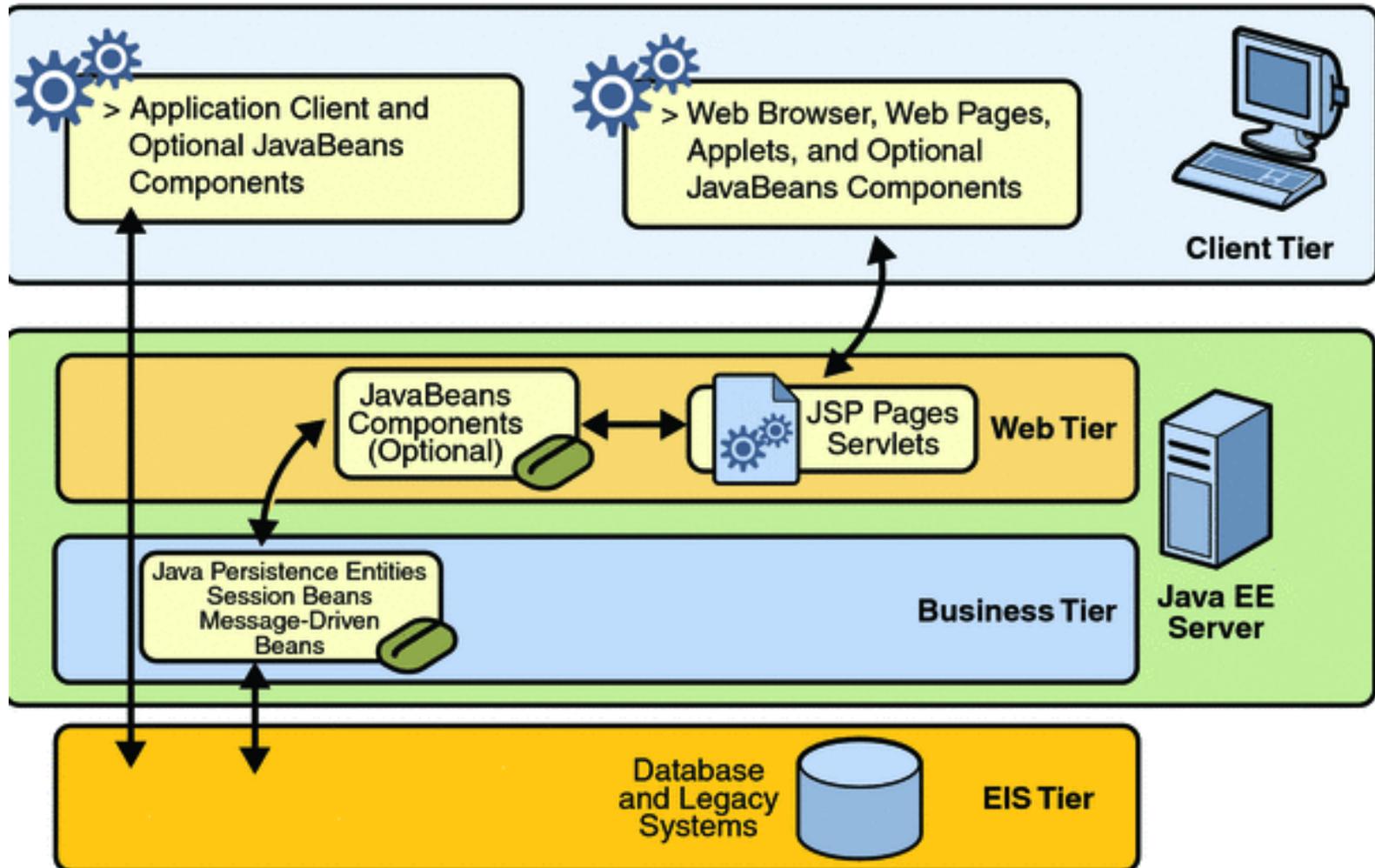
EJB Introduction

„An Enterprise JavaBeans (EJB) component, or enterprise bean, is a body of code having fields and methods to implement modules of business logic. You can think of an enterprise bean as a building block that can be used alone or with other enterprise beans to execute business logic on the J2EE server.“

(J2EE Tutorial: <http://java.sun.com/j2ee/1.4/docs/tutorial/doc/Overview7.html#wp86355>)

- ◆ EJB 2.0 ist Bestandteil der J2EE 1.4 Spezifikation
- ◆ EJB 3.0 ist Bestandteil der J2EE 5.0 Spezifikation
- ◆ EJB Container bildet die Laufzeitumgebung (Runtime Environment)
- ◆ Tutorial: <http://java.sun.com/javaee/5/docs/tutorial/doc/>

J2EE Mehrlagige Architektur



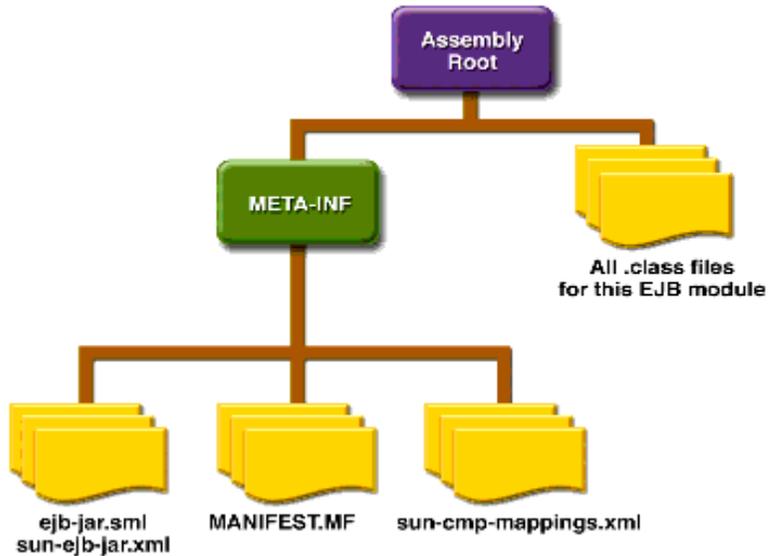
EJB Container

“Manages the execution of enterprise beans for J2EE applications. Enterprise beans and their container run on the J2EE server.”

(J2EE Tutorial: <http://java.sun.com/j2ee/1.4/docs/tutorial/doc/Overview3.html#wp79828>)

- ◆ Bietet folgende Dienste für EJBs
 - Security Modelle
 - Unterstützung für Transaktionen
 - Naming Services (JNDI registry & lookup)
 - Initiiert und kontrolliert den Lebenszyklus der Beans
 - Datenpersistenz
 - Datenbankverbindungen
 - Ressourcen-Pooling

EJB Einsatz (Deployment)



- ◆ Enterprise JAR Archiv enthält:
 - Deployment Descriptor: XML file (persistence type, transaction attributes...)
 - Interfaces (Remote und Home Interfaces für den Komponentenzugriff)
 - EJB classes (Implementierungen der Interfaces)
 - Helper classes (... was man sonst braucht)
- ◆ EJB-JAR Module können zusammengefasst werden in einem Enterprise Application Archive (EAR).

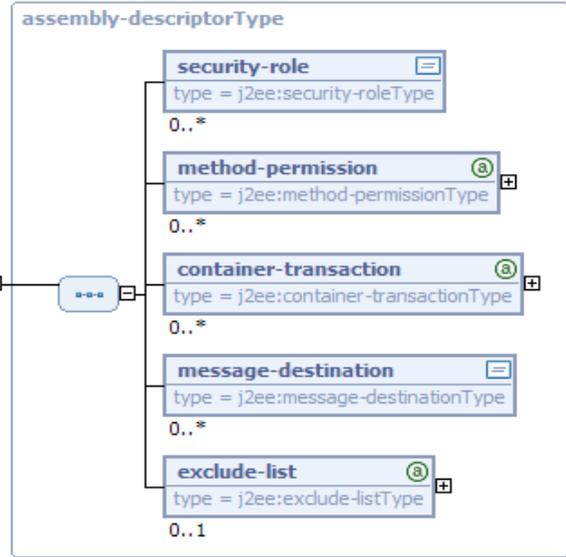
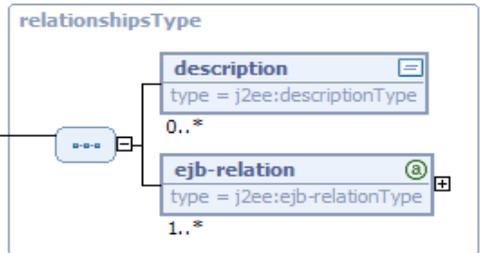
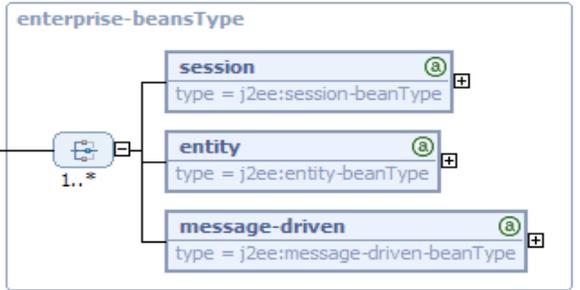
Siehe <http://java.sun.com/xml/ns/j2ee/> für Details über deployment descriptors.

EJB-JAR

```

<ejb-jar>
  <display-name>
    MailApplicationEJB
  </display-name>
  <enterprise-beans>
    <session>
      <ejb-name>
        MailReader
      </ejb-name>
      <home>
        . . . MailReaderSessionHome
      </home>
      <remote>
        . . . MailReaderSession
      </remote>
      <ejb-class>
        . . . MailReaderSessionBean
      </ejb-class>
      <session-type>
        Stateful
      </session-type>
      <transaction-type>
        Container
      </transaction-type>
    </session>
  </enterprise-beans>
</ejb-jar>
  
```

ejb-jarType



EJB Typen

- ◆ **Session Bean** – wird für einen einzelnen Client ausgeführt
 - An die Lebenszeit einer Session gebunden
- ◆ **Java Persistence API** – (J2EE 1.5) standardisiert Zugriff auf objektrelationale Brücken (z.B. Hibernate)
 - API-Zugriff unmittelbar von Java Objekten (ohne Container)
 - Queries: Java Persistence Query Language / Database Query Language
- ◆ **Entity Bean** – (J2EE 1.4) repräsentiert objektorientierte Sicht auf Daten
 - Kann von mehreren Clients gleichzeitig angesprochen werden
 - Überdauert Client Session und Serverneustarts.
- ◆ **Message-Driven Bean** – reagiert auf JMS¹ Nachrichten
 - zustandslos, kommuniziert asynchron

¹ Java Message Service - <http://java.sun.com/products/jms/>

JAVA Persistence API

- ◆ Interface zu einer objekt-relationalen Abbildung (per Metadaten)
- ◆ Ermöglicht strukturierten Zugriff auf Entities (Objekte)
 - Persistenz diverser Datentypen
 - Primärschlüssel (IDs)
 - Entity-Relationen mit kaskadierten Beziehungen
 - Entity-Vererbung
- ◆ EntityManager API
 - Erzeugt, entfernt und persistiert Entities
 - Interface zur Query Language

Session Beans

- ◆ Session Bean Eigenschaften:
 - Verbergen Komplexität der Business Logic
 - Nicht persistent
 - Repräsentieren eine (interaktive) Session für **einen** Client
 - Können nicht zwischen Clients geteilt werden
 - Beenden mit dem Client
- ◆ Session Bean Modi:
 - **Stateless** Session Beans:
Variablenzustände leben nur während Methodenaufrufen
 - **Stateful** Session Beans:
Variablenzustände bestehen während der Clientsitzung

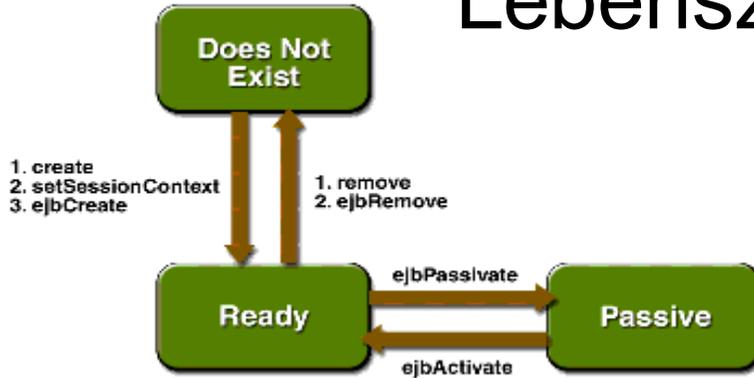
Entity Beans

- ◆ Entity Bean Eigenschaften:
 - Erlauben geteilten Zugriff auf persistente Datenspeicher (z.B. relationale Datenbank)
 - Können auch transiente Attribute besitzen
 - Besitzen unique object identifier (primary key)
 - Können in Relation zu anderen Entity Beans stehen
- ◆ Persistenzarten:
 - Bean-managed:
Bean verwaltet Zustände selbst, z.B. DB-Zugriffe
 - Container-managed:
Container organisiert Datenzugriff (Portabilität!), hierzu EJB Query language (EJB QL)

Message-Driven Beans

- ◆ Message-Driven Bean Eigenschaften:
 - Asynchrone Prozessierung eingehender Messages
 - Empfängt JMS Messages von Clients
 - Verarbeitet Messages einzeln.
 - Wird asynchron erzeugt
 - Lebt gewöhnlich nur kurz.
 - Repräsentiert keine persistenten Daten (zustandslos), kann aber auf persistente Daten zugreifen.
 - Kann transaktionsorientiert arbeiten.
 - Message-Driven Beans haben keine eigenen Interface Definitionen, werden also nicht direkt von Clients angesprochen

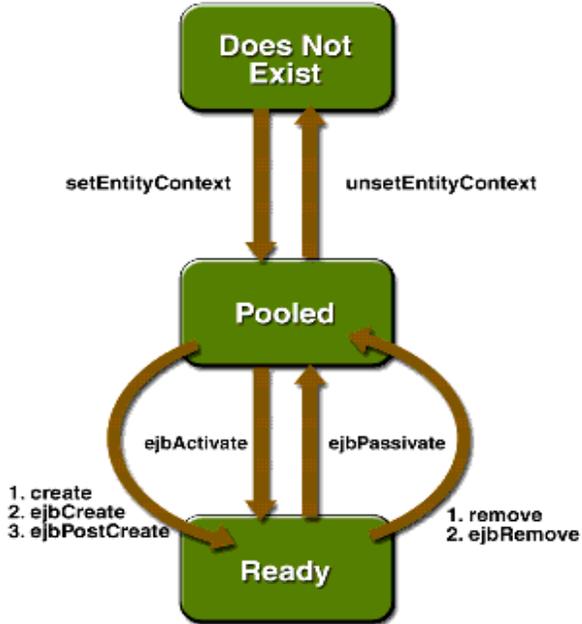
Lebenszyklus von EJBs



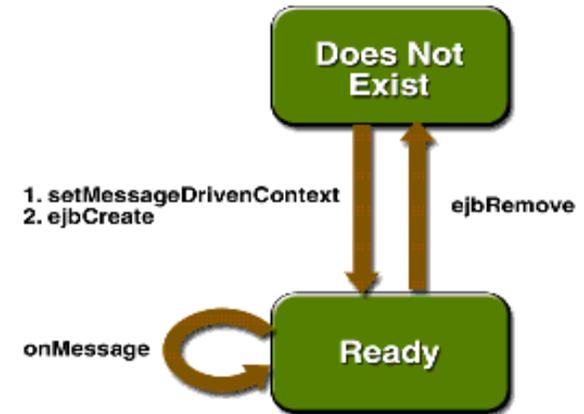
Stateful Session Bean



Stateless Session Bean



Entity Bean



Message-Driven Bean

Zugriff auf Beans

- ◆ Remote Zugriff
 - Ort des Beans ist für den Client transparent
 - Zugriff über JVMs hinweg möglich
 - Zu implementierende Schnittstellen:
 - ◆ Home Interface
 - ◆ Remote Interface
- ◆ Lokaler Zugriff
 - Ort des Beans ist für den Client nicht transparent
 - Bean und Client müssen in der gleichen JVM liegen
 - Zu implementierende Schnittstellen:
 - ◆ LocalHome Interface
 - ◆ Local Interface

Remote Interface (Session-, Entity-Beans)

- ◆ Namenskonvention: *classname*
- ◆ Erweitert `EJBObject` Interface
- ◆ Beschreibt die Schnittstellen der Anwendungslogik (Business logic) des Beans

- ◆ Beispiel:

```
public interface MailReaderSession extends EJBObject {  
    public String getVersion() throws RemoteException;  
    public String getUsername() throws RemoteException;  
    // mehr Business Logic ...  
}
```

Home Interface (Session-, Entity-Beans)

- ◆ Namenskonvention: *classnameHome*
- ◆ Erweitert `EJBHome` Interface
- ◆ Lifecycle Methoden (create, remove)
- ◆ Finder Methoden (Entity Beans)
- ◆ Das Bean muss für jede `create(...)`-Methode des Interfaces eine entsprechende `ejbCreate(...)`-Methode implementieren

Beispiel:

```
public interface MailReaderSessionHome extends EJBHome {  
    public MailReaderSession create() throws RemoteException,  
        CreateException;  
    // evt. weitere create(...) Methoden  
}
```

Local Interface

- ◆ Namenskonvention: *classnameLocal*
- ◆ Erweitert `EJBLocalObject`
- ◆ Beschreibt die Schnittstellen der Anwendungslogik (Business logic) des Beans

- ◆ Beispiel:

```
public interface MailReaderSessionLocal extends EJBLocalObject
{
    public String getVersion() throws RemoteException;
    public String getUsername() throws RemoteException;
    // mehr Business Logic ...
}
```

LocalHome Interface

- ◆ Namenskonvention: `classnameLocalHome`
- ◆ Erweitert `EJBLocalHome` Interface
- ◆ Lifecycle Methoden (create, remove)
- ◆ Finder Methoden (Entity Beans)
- ◆ Das Bean muss für jede `create(...)`-Methode des Interfaces eine entsprechende `ejbCreate(...)`-Methode implementieren

Beispiel:

```
public interface MailReaderSessionLocalHome extends EJBLocalHome {  
    public MailReaderSession create() throws RemoteException,  
        CreateException;  
    // evt. weitere create(...) Methoden o. find... Methoden  
}
```

(Enterprise) Bean Klasse

- ◆ Namenskonvention: *classname*
- ◆ Implementiert `SessionBean`, `EntityBean` oder `MessageDrivenBean`
- ◆ Konkrete Implementierung der Schnittstellen des Home- und des Remote-Interfaces
- ◆ Enthält Methoden die während des Bean Lifecycles vom EJB Kontainer aufgerufen werden (abhängig vom Typ des Beans) z.B.:
 - `ejbCreate` (analog zu den `create (...)`-Methoden des Home Interfaces)
 - `ejbActivate()`
 - `ejbPassivate()`

Bean Implementierung (SessionBean, Stateful)

```
public class MailReaderSessionBean implements SessionBean {
    private String username = null;
    private String password = null;

    public void ejbCreate() throws CreateException{ }
    public void ejbCreate(String login, String password) throws CreateException {
        this.username = login;
        this.password = password;
    }

    public void setSessionContext(SessionContext context) throws EJBException,
RemoteException { }

    public void ejbRemove() throws EJBException, RemoteException { }
    public void ejbActivate() throws EJBException, RemoteException { }
    public void ejbPassivate() throws EJBException, RemoteException { }

    public String getVersion() { return "Version 0.1"; }
    public String getUsername() { return this.username; }
}
```

Bean Client

```
import java.util.Hashtable;
import javax.naming.Context;
import javax.naming.InitialContext;
import javax.naming.NamingException;
import javax.rmi.PortableRemoteObject;

import sample.mailapp.beans.MailReaderSession;
import sample.mailapp.beans.MailReaderSessionHome;

public class MailClient {

    public static void main(String[] args) {
        String version = "no version";
        InitialContext jndiContext = null;

        try {
            jndiContext = new InitialContext(); // initial context properties are read
from the jndi.properties file
        }
        catch (NamingException e) {
            e.printStackTrace();
        }

        ... continue on next slide
    }
}
```

Bean Client (cont.)

```
...
// Retrieve the home object.
    MailReaderSession mailSession = null;

    try {
        Object obj = jndiContext.lookup("MailReader");
        MailReaderSessionHome home = (MailReaderSessionHome)
            PortableRemoteObject.narrow(obj, MailReaderSessionHome.class);
        mailSession = home.create("me", "123");

        version = mailSession.getVersion();

        System.out.println("Is vesion (" + version + ")");
        System.out.println("User (" + mailSession.getUserName() + ")");
    }
    catch (Exception e1) {
        e1.printStackTrace();
    }
}
```

Message Driven Beans

- ◆ Im Gegensatz zu Entity o. Sessions Beans keine Local, Home o. Remote Interfaces
- ◆ Werden an eine Message-Queue des EJB Kontainers gebunden
- ◆ MUSS `MessageListener` Interface implementieren (`onMessage(Message aMessage)` Methode behandelt eingehende Nachrichten)
- ◆ Jeweils genau eine `ejbCreate` und `ejbRemove` Methode

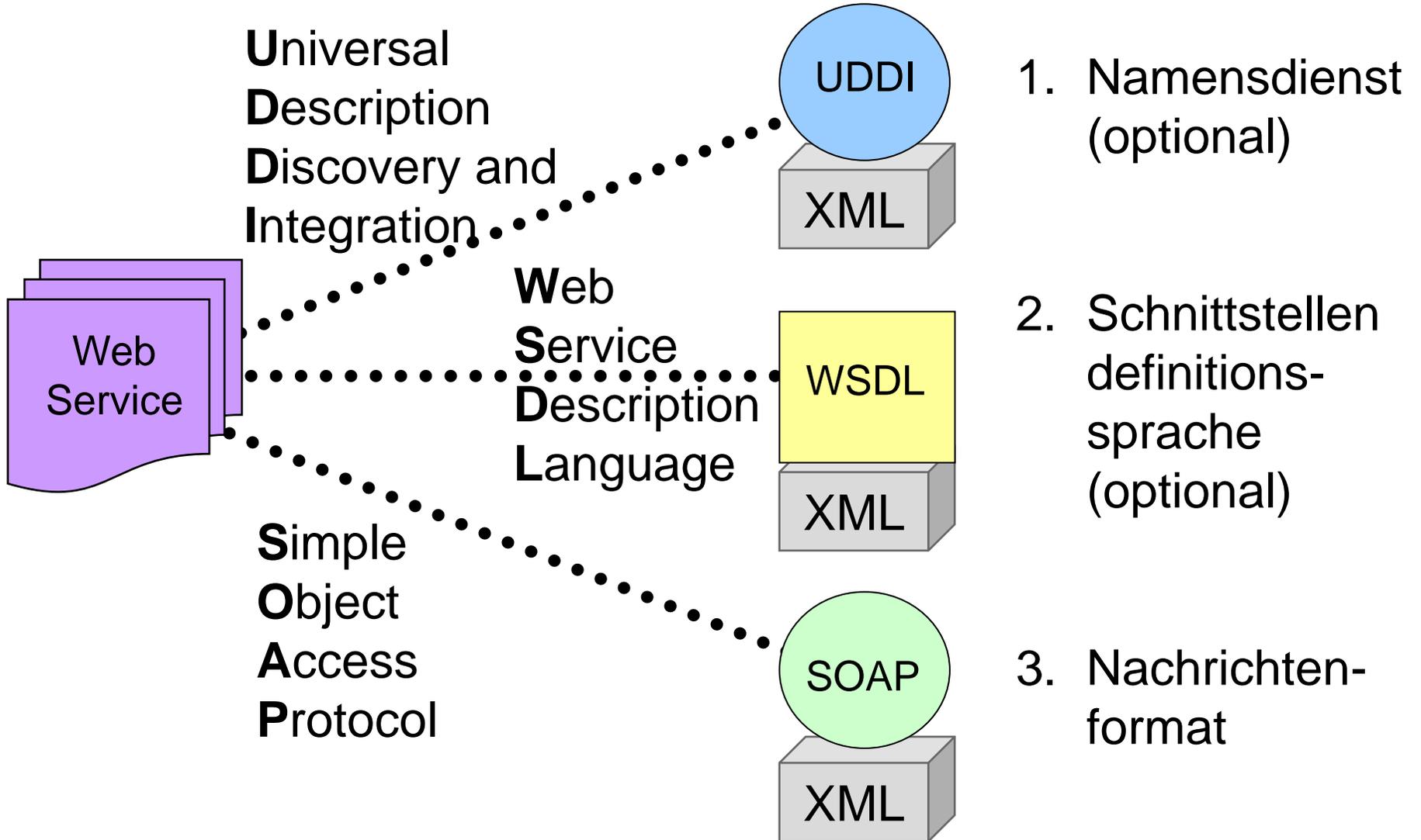
EJB 3.0

- ◆ Die EJB 3.0 Spezifikation vereinfacht viele der oben genannten Schritte.
- ◆ Viele technische Details werden durch sinnvolle Voreinstellungen und Neuerungen aus Java 5 vereinfacht
- ◆ Besonders hervorzuheben sind Plain Old Java Objects (POJO)
 - Entity Beans werden als einfache Java Objekte implementiert die nicht *abstract* sind
 - Vererbung und einfaches Testen mit Unit-Test
- ◆ Generell werden anstatt XML-Konfigurationsdateien (Deployment Descriptor) die in Java 5 eingeführten Annotations verwendet

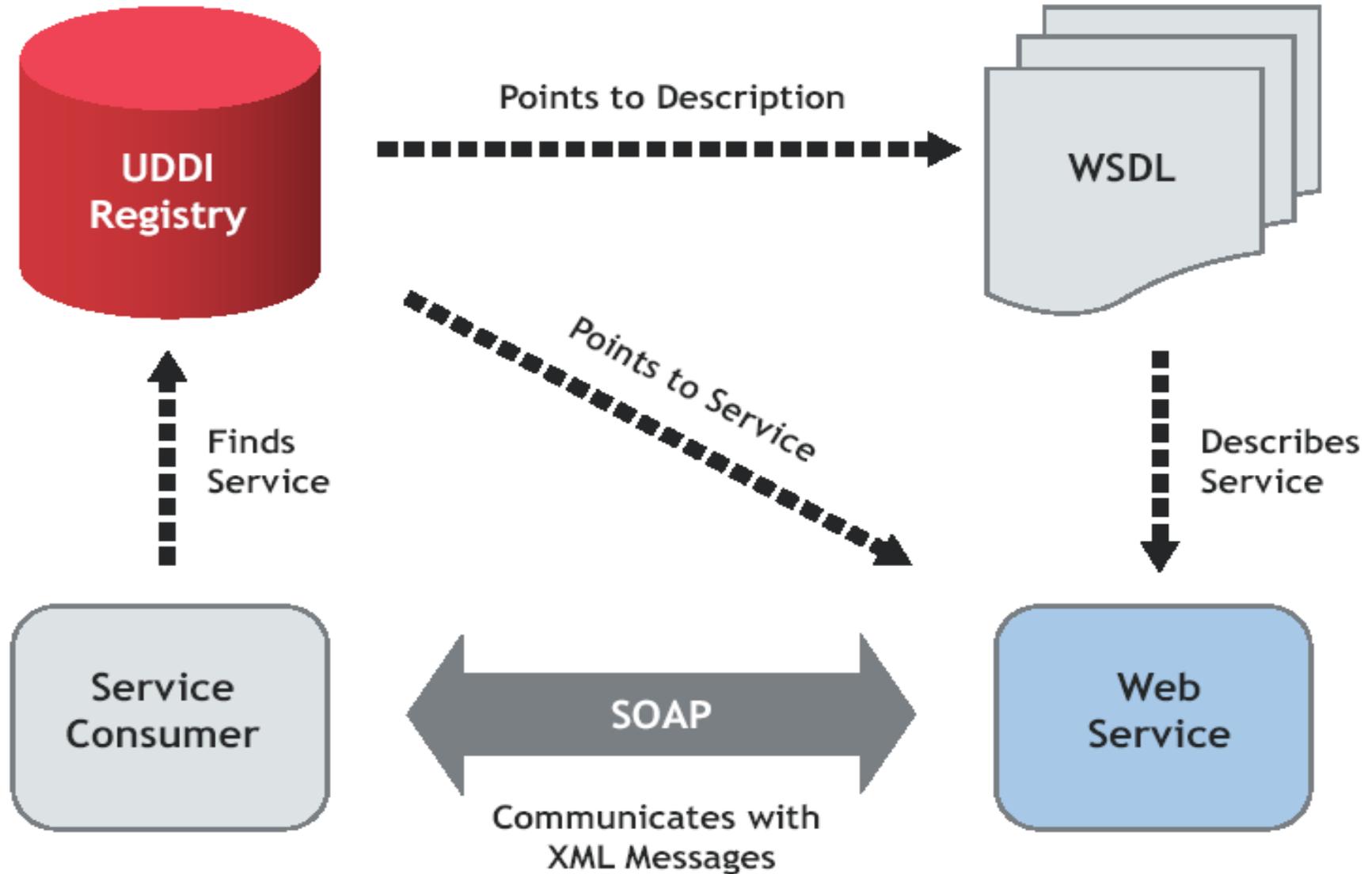
Web Services

- ◆ **Grundidee:** unvereinbare Dienste miteinander zu verknüpfen und kommunizieren zu lassen.
- ◆ Web Services sind Dienste (**Softwarekomponenten**), die im Web zur Verfügung stehen und miteinander kommunizieren.
- ◆ Offene und Hersteller unabhängige Standards:
 - **Eindeutige Identifizierung** eines Dienstes (**URI**)
 - **Autonome Dienste**, d.h. die Verarbeitung einer Nachricht eines Dienstes kann von außen nicht beeinflusst werden.
 - **Einheitliche** „mark up“ Sprache für die **Kommunikation (XML)** mittels Internetprotokollen (z.B. HTTP, SMTP)
 - Einheitliches **Nachrichtenformat** zum Informationsaustausch (**SOAP**)
 - Einheitliches Format für die **Schnittstellen-/Servicebeschreibung (WSDL)**
 - **Gemeinsames Verzeichnis**, um Services auffindbar zu machen (**UDDI**)
 - **Empfehlung:** technische Schnittstellen mittels CORBA, „Dienste“ mittels Web Services realisieren.

Begriffe



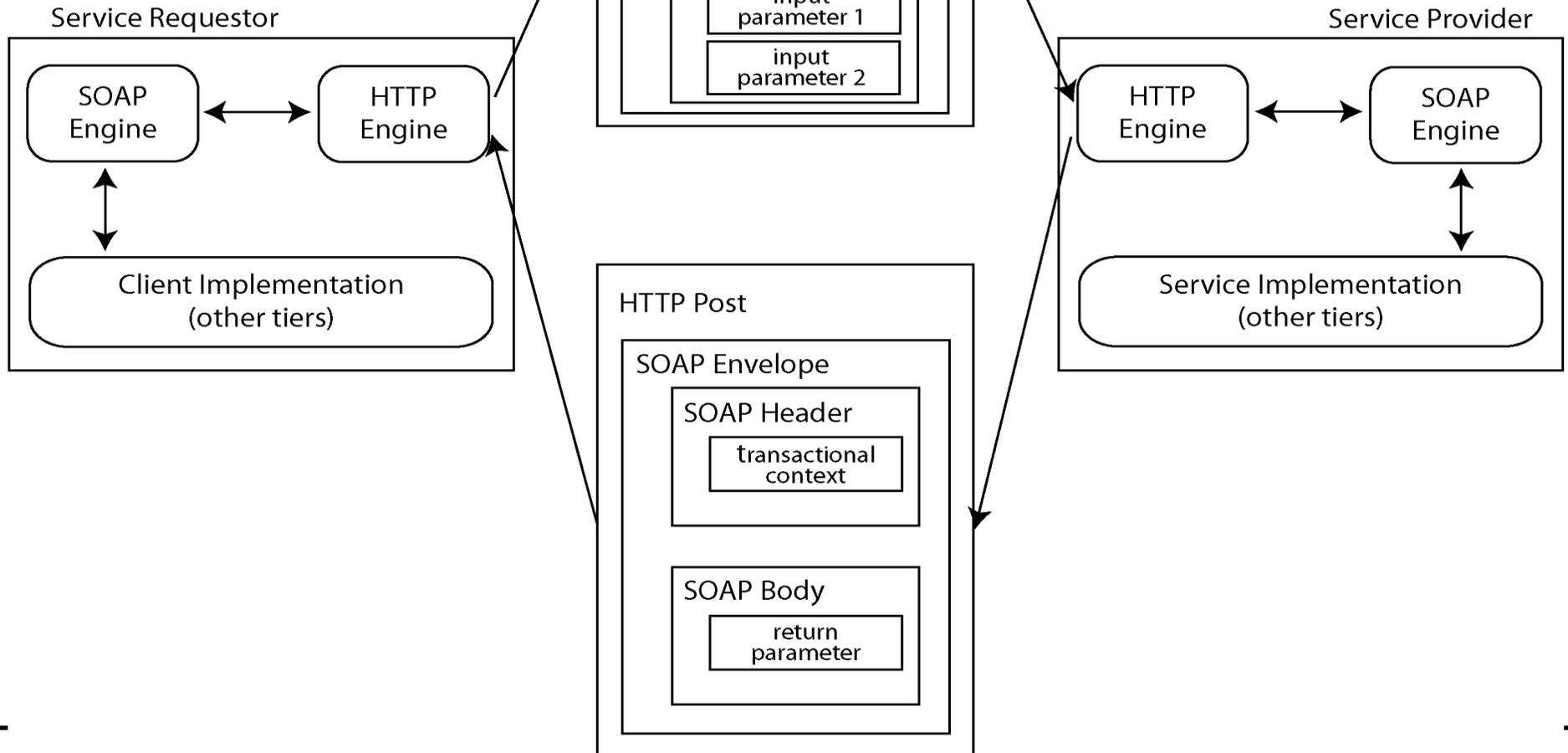
Rollen



SOAP

- ◆ **SOAP Envelope** (XML): strukturiertes und typisiertes XML-Dokument, zusätzliche Kontroll-Daten, z.B. bzgl. Transaktionssemantik, Sicherheit, Zuverlässigkeit
- ◆ **SOAP Transport Binding**: Für Kommunikation genutztes Netzwerkprotokoll (Standard: HTTP, möglich u.a. IIOP)
- ◆ **SOAP Encoding Rules**: Definition, wie (komplexe) Parameter und Ergebniswerte serialisiert werden
- ◆ **SOAP RPC** Mechanismus: Vorgänger ist XML/RPC
- ◆ **SOAP Intermediaries** (Mittelsleute): Bearbeiten ggf. die Nachricht auf dem Weg vom Sender zum Empfänger (z.B. Protokollierung, Abrechnung)

Typische SOAP Transaktion: RPC via HTTP



SOAP über HTTP: Anfrage

```
POST /EndersementSearch HTTP/1.1
Host: www.stock-info.com
Content-Type: text/xml; charset="utf-8"
Content-Length: 261
SOAP Action: "http://www.stock-info.com/StockQuoteService"
<SOAP-ENV:Envelope
  xmlns:SOAP-ENV="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
  SOAP-ENV:encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/">
  <SOAP-ENV:Header>
    ...
  </SOAP-ENV:Header>
  <SOAP-ENV:Body>
    <m: GetLastTradePrice xmlns:m="http://namespaces.stock-info.com">
      <symbol>IBM</symbol>
    </m: GetLastTradePrice>
  </SOAP-ENV:Body>
</SOAP-ENV:Envelope>
```

Service Lokation

Methoden-Aufruf
"GetLastTradePrice"

Methoden-Parameter
"GetLastTradePrice"

SOAP über HTTP: Antwort

```
HTTP / 1.1 200 OK
Content-Type: text/xml; charset="utf-8"
.....
<SOAP-ENV:Envelope
xmlns:SOAP-ENV="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
SOAP-ENV:encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/">
<SOAP-ENV:Body>
  <m: GetLastTradePriceResponse xmlns:m="http://namespaces.stockinfo.com">
    <price>135.34</price>
  </m: GetLastTradePriceResponse>
</SOAP-ENV:Body>
</SOAP-ENV:Envelope>
```

Antwortname
"GetLastTradePriceResponse"

Ergebnis
<price> 135.34 ...

SOAP Programming: Hello Service

```
package ws.example.services.hello;

/**
 * Simple webservice saying hello.
 */
public class HelloService {
    public String sayHello(String name) {
        return "Hello " + name + ", nice to meet you!";
    }
}
```

SOAP Programming: Hello Client

```
package ws.example.services.client;

import java.rmi.RemoteException;
import javax.xml.rpc.ParameterMode;
import javax.xml.rpc.ServiceException;
import org.apache.axis.client.Call;
import org.apache.axis.client.Service;
import org.apache.axis.encoding.XMLType;

/* Simple Simple web service client. Calls the method 'String
   sayHello(String name)'.
*/

public class HelloClient {
    /* URL of host that is providing the web services.
    */
    protected static String HOST = "http://myhost.org";
    /* Specifies path to service on web service host.
    */
    protected static String SERVICE_PATH = "/services/HelloService";
```

SOAP Programming: Hello Client (2)

```
/* Main method that performs web service call.
 * @param args - Declared by default - currently not in use.
 */
public static void main(String[] args) {
    //Create Service
    Service service = new org.apache.axis.client.Service();
    try {
        //try 'Hello' web-service
        Call call = (Call) service.createCall(); //create Call
        call.setReturnType(XMLType.XSD_STRING); //specify return-type
        call.setOperationName("sayHello"); //specify called method
        call.setTargetEndpointAddress(HOST + SERVICE_PATH);
        call.addParameter("name", XMLType.XSD_STRING, ParameterMode.IN);
        //register (passed) parameter for name string .
        String ret = (String) call.invoke(new Object[] { "Charly Brown" });
        //invoke remote method - passing the 'String' value as parameter.
        System.out.println("Webservice says [" + ret + "]);
    } catch (ServiceException ex) {
        System.err.println("Can't create Call - reason [" +
            ex.getMessage() + "]); ex.printStackTrace();
    } catch (RemoteException ex) {
        System.err.println("Remote Invocation Error - reason [" +
            ex.getMessage() + "]); ex.printStackTrace();
    }
}
```

WSDL

- ◆ Beschreibt abstrakt, d.h. unabhängig vom Nachrichtenformat oder Netzwerkprotokoll, Web Services als eine Menge von **Zugriffsendpunkten**, die untereinander **Nachrichten** auf prozedur- oder dokumentenorientierter Weise **austauschen**
- ◆ WSDL ist eine **XML-Grammatik**
- ◆ Beschreibung beinhaltet Informationen über:
 - Funktionsweisen eines Web Services *Was*
 - zulässigen Datenformate (`types`) *Wie*
 - Form der Operationsaufrufe (`PortType`) *Wie*
 - Ort des Web Services (`service`) *Wo*
- ◆ WSDL ist ein **Rezept**, das dazu dient, die Details der Kommunikation zwischen Anwendungen zu automatisieren.

WSDL Beispiel (V1.1)

Datentypen und
Nachrichten

```
<types> </types>
<message name="getLastTradePriceRequest">
  <part name="companyName type="xsd:string"/>
</message>
<message name="getLastTradePriceResponse">
  <part name="price" type="xsd:float"/>
</message>
```

```
<portType name="StockQuotePortType">
  <operation name="getLastTradePrice">
    <input message="mysns:getLastTradePriceRequest"/>
    <output message="mysns:getLastTradePriceResponse"/>
  </operation>
</portType>
```

Aufrufbare
Methoden

WSDL Beispiel (V1.1)

Client –Server
Kommunikation

```
<binding name="StockQuoteSoapBinding"
  type="tns:StockQuotePortType">
  <soap:binding style="rpc" transport="http"/>
  <operation name="GetLastTradePrice">
    Soap-spezifische Einstellungen...
  </operation>
</binding>
```

```
<service name="StockQuoteService">
  <port name="StockQuotePort"
    binding="tns:StockQuoteBinding">
    <soap:address
      location="http://www.stockquoteserver.com/stockquote"/>
  </port>
</service>
```

Ort des
Web Services

UDDI

- ◆ Es gab bisher keinen allgemeinen Standard, zum Auffinden von Diensten. Yahoo und Google sind unzureichend.
- ◆ Plattformunabhängiger universeller Rahmen (**UNIVERSAL**),
 - um Services zu beschreiben (**DESCRIPTION**),
 - Unternehmen zu finden (**DISCOVERY**)
 - und die Services zu integrieren (**INTEGRATION**)
- ◆ Globaler **Verzeichnisdienst**
- ◆ Entspricht einer **verteilten Datenbank** (UBR: UDDI Business Registry)
- ◆ UDDI Kommunikation mittels SOAP
- ◆ UDDI API aus **XML** Elementen

Informationen

White
Pages

Adresse, Kontaktinformationen,
Ansprechpartner

Yellow
Pages

Branchenverzeichnis, Kategorisierung
nach Unternehmen: Einordnung des
Unternehmens gemäß Geschäftsbereich

Green
Pages

technische Informationen zu angebotenen
Dienstleistungen und Verweise zu
genauen Spezifikationen

Policies

- ◆ Zur Beschreibung von **Qualitätseigenschaften** eines Dienstes, wie etwa Transaktionsunterstützung, Sicherheit, oder **geschäftlich relevanten Informationen**, wie etwa Kosten, Zahlungsart.
- ◆ Grundelemente: **Assertion**. Assertion für Sicherheit geben z.B. Verschlüsselungsverfahren vor. Mittels **Operatoren** und Assertions können **komplexere Policy-Ausdrücke** formuliert werden.
- ◆ **Zuordnung** mittels Attachments (Referenzierung der Policy in einem Attachment). Zuordnung zu einzelnen Web Services, einzelnen Operationen eines Dienstes oder einzelnen Nachrichten möglich.
- ◆ **Effektive Policy** eines Elementes setzt sich aus den Policies der „übergeordneten“ Policies und der eigenen zusammen.

Policies

```
<Policy ...
  xmlns:f1=„http://frank.com/p
  olicies“>
  <ExactlyOne>
    <All Id=„StammKunde“>
      <f1:MonatlicheZahlung/>
      <f1:DatenGeheimhaltung/>
    </All>
    <All Id=„Laufkundschaft“>
      <f1:ZahlungProNutzung/>
      <f1:Kreditkarte/>
      <f1:DatenWeitergabe/>
    </All>
  </ExactlyOne>
</Policy>
```

Stammkunden und Laufkundschaft
werden unterschiedlich
behandelt:

Stammkunden zahlen monatlich
und deren Daten werden geheim
gehalten.

Laufkundschaft zahlt für jede
einzelne Nutzung mit Kreditkarte
und deren Daten werden
weitergegeben.

f1 ist der Namensraum des
Anwenders.