Client/Server-Programmierung

WS 2017/2018

Roland Wismüller
Betriebssysteme / verteilte Systeme
roland.wismueller@uni-siegen.de
Tel.: 0271/740-4050, Büro: H-B 8404

Stand: 27. Oktober 2017

Client/Server-Programmierung

WS 2017/2018

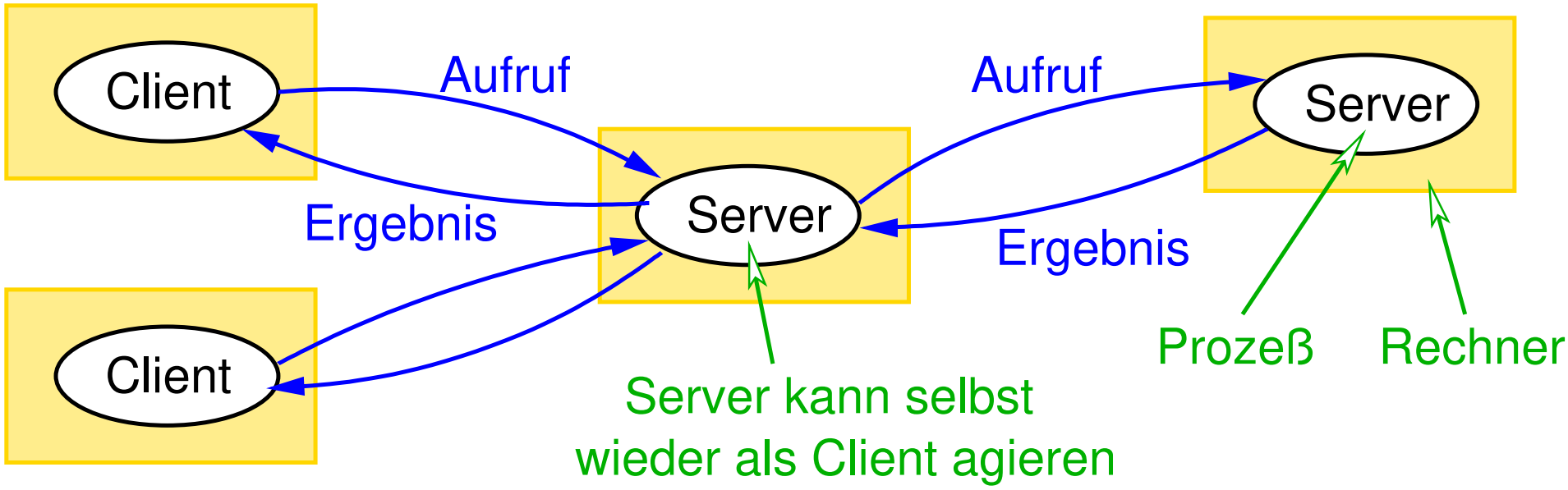
1 Grundlagen: Wiederholung

Inhalt

- Architekturmodelle
- Zeit und Zustand in verteilten Systemen
- Middleware
- Java RMI

Client/Server-Modell

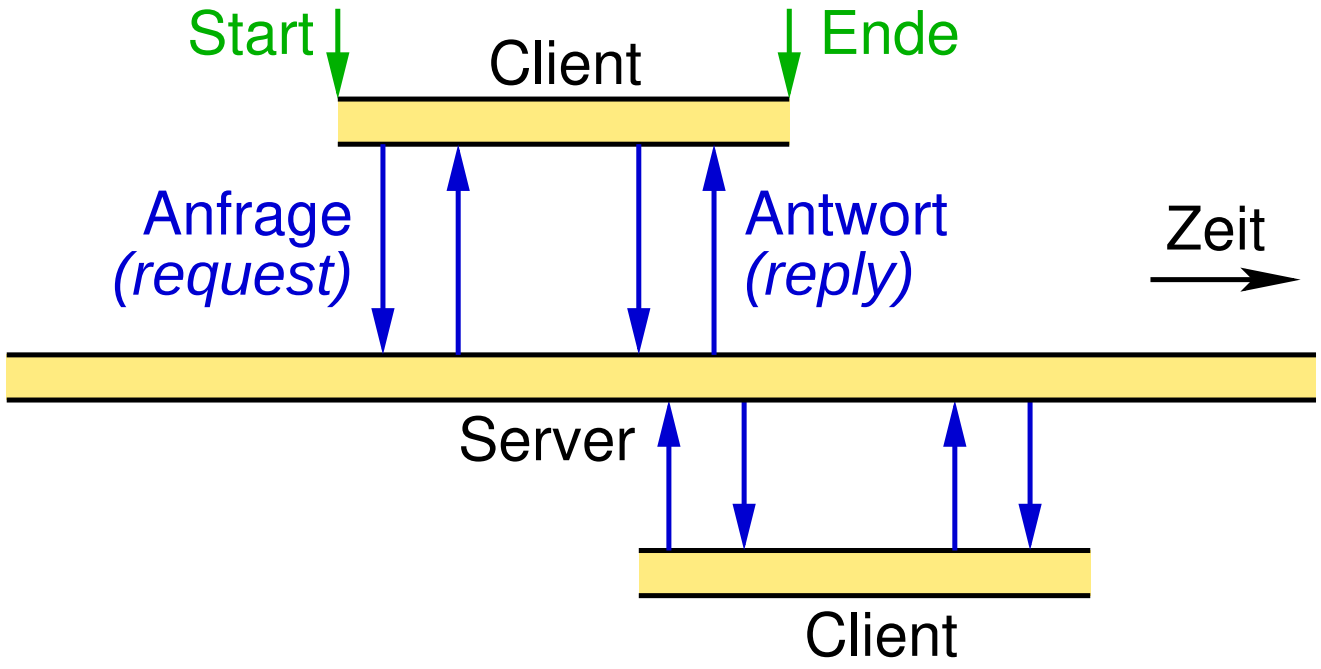
- Asymmetrisches Modell: Server stellen Dienste bereit, die von (mehreren) Clients genutzt werden können
  - Server verwalten i.a. Ressourcen (zentralisiert)



- Häufigstes Modell für verteilte Anwendungen (ca. 80 %)

Client/Server-Modell ...

- I.A. nebenläufige Anfragen mehrerer Client-Prozesse an den Server-Prozeß



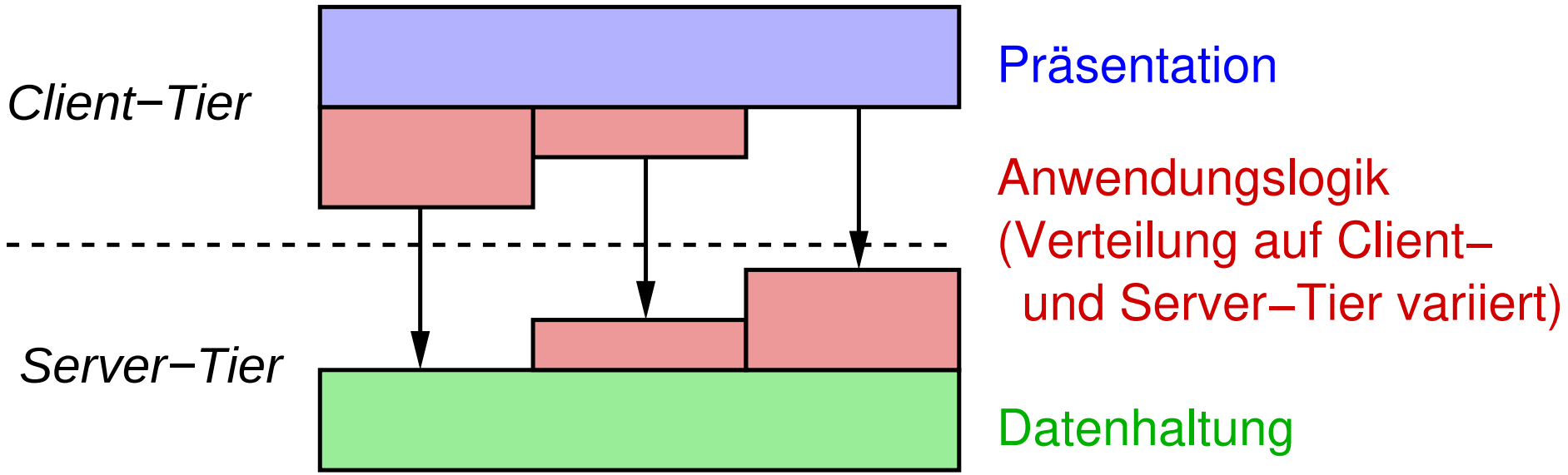
- Beispiele: Dateiserver, WWW-Server, DB-Server, DNS-Server, ...

n-*Tier*-Architekturen

- Verfeinerungen der Client/Server-Architektur
- Modelle zur Verteilung einer Anwendung auf die Knoten einer verteilten Systems
- Vor allem bei Informationssystemen verwendet
- ***Tier*** (engl. Schicht / Stufe) kennzeichnet einen unabhängigen Prozeßraum innerhalb einer verteilten Anwendung
  - Prozeßraum kann, muß aber nicht physischem Rechner entsprechen
  - mehrere Prozeßräume auf einem Rechner möglich

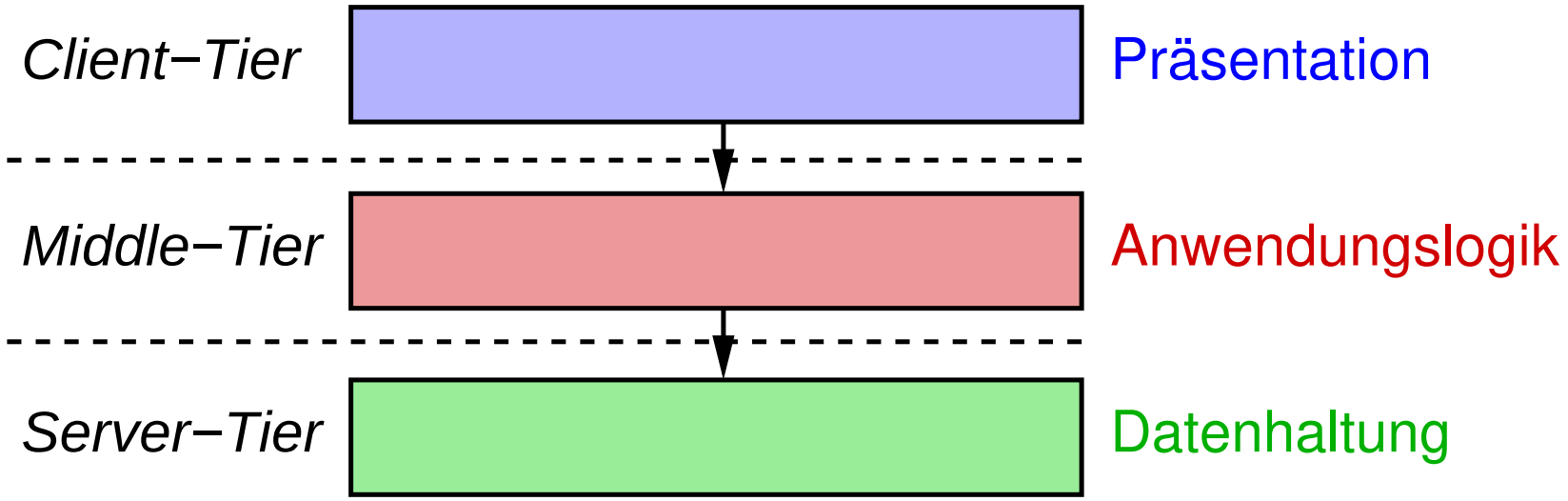
2-*Tier*-Architektur

- Client- und Server-*Tier*
- Keine eigene *Tier* für die Anwendungslogik



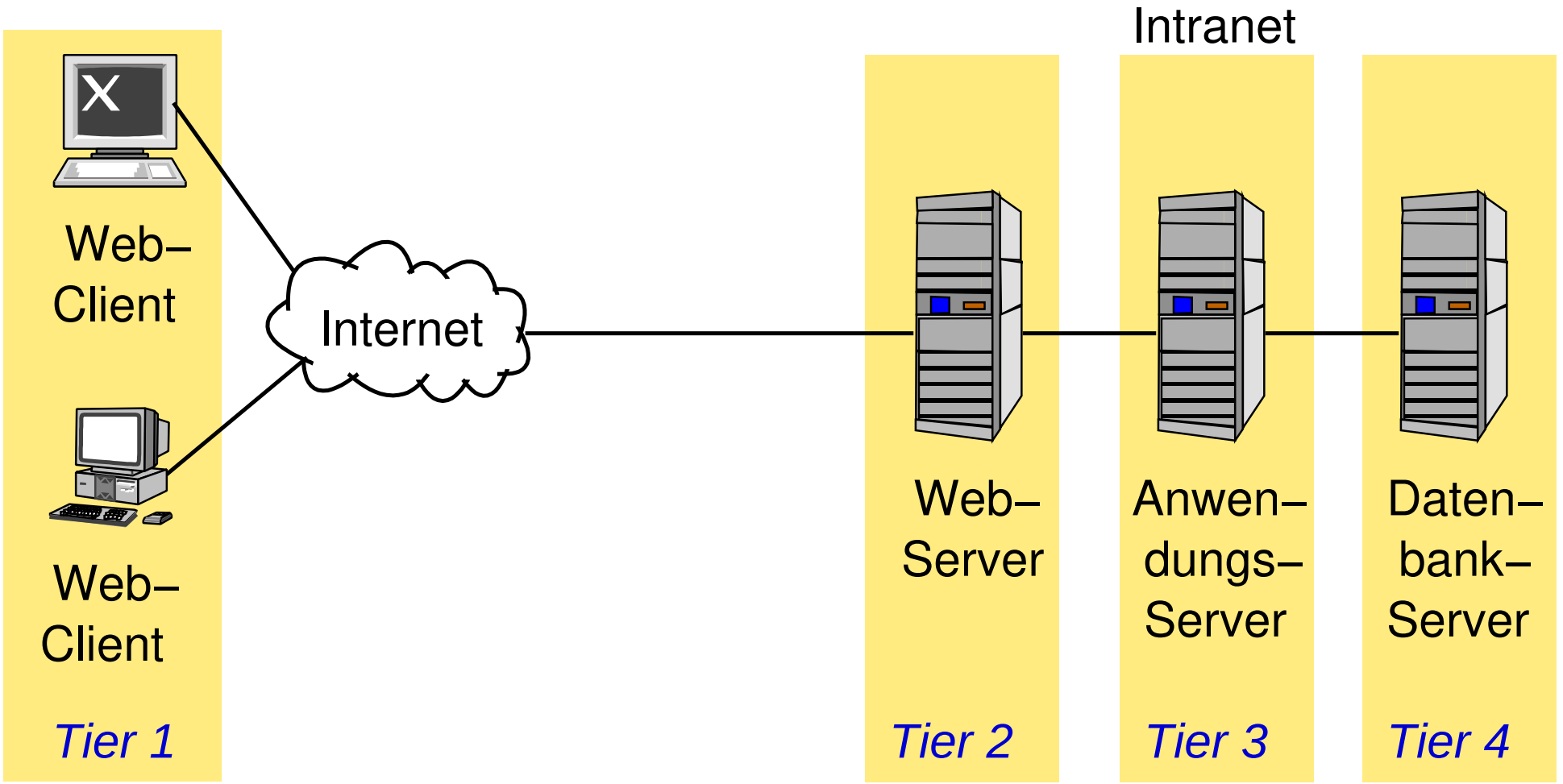
- Vorteil: einfach, performant
- Nachteil: schwer wartbar, schlecht skalierbar

3-*Tier*-Architektur

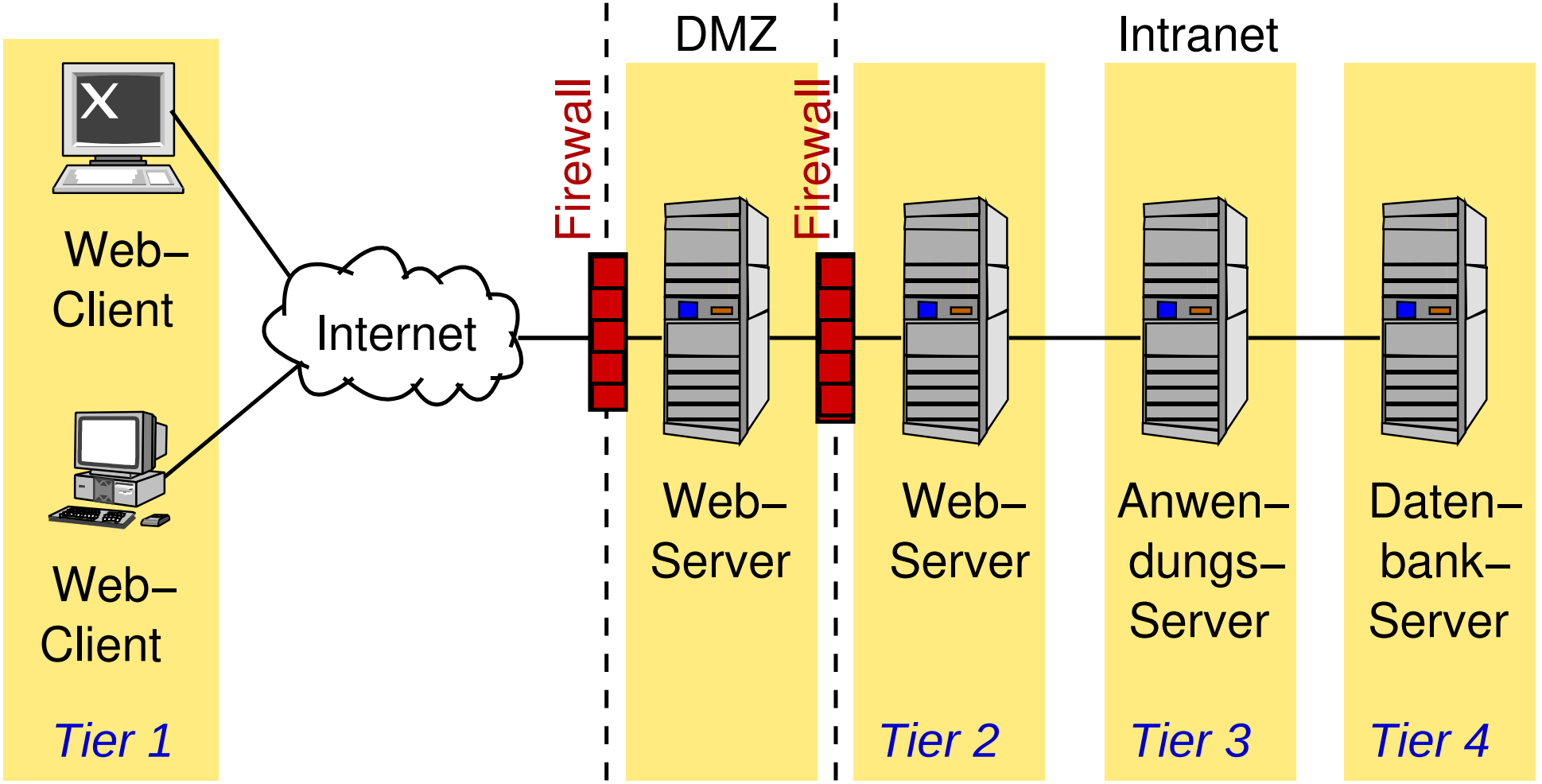


- Standard-Verteilungsmodell für einfache Web-Anwendungen:
  - *Client-Tier*: Web-Browser zur Anzeige
  - *Middle-Tier*: Web-Server mit Servlets / JSP / ASP
  - *Server-Tier*: Datenbank-Server
- Vorteile: Anwendungslogik zentral administrierbar, skalierbar

Beispiel: typische Internet-Anwendung



Beispiel: typische Internet-Anwendung



Was ist der Unterschied zwischen einem verteilten System und einem Ein-/Mehrprozessorsystem?

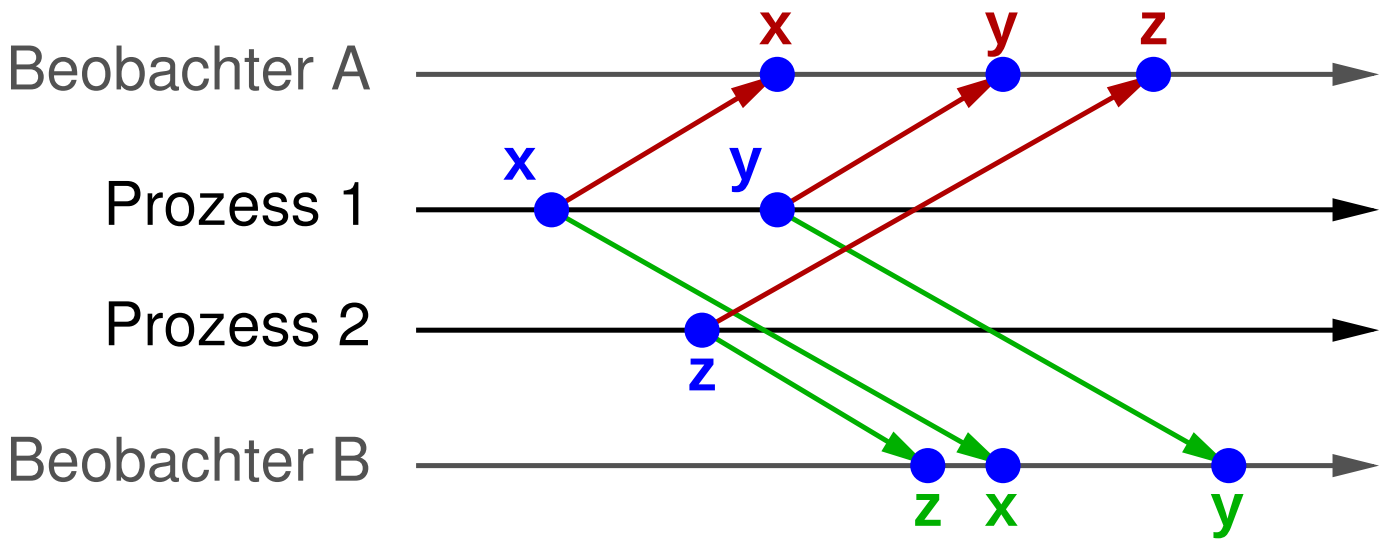
- Ein- bzw. Mehrprozessorsystem:
  - nebenläufige Prozesse: pseudo-parallel durch *time sharing* bzw. echt parallel
  - globale Zeit: alle Ereignisse in den Prozessen lassen sich zeitlich eindeutig ordnen
  - globaler Zustand: zur jeder Zeit kann ein eindeutiger Zustand des Systems angegeben werden
- Verteiltes System
  - echte Parallelität
  - keine globale Zeit
  - kein eindeutiger globaler Zustand

Globale Zeit

- Auf Ein-/Mehrprozessorsystem
  - jedem Ereignis kann (zumindest theoretisch) ein eindeutiger Zeitstempel derselben lokalen Uhr zugeordnet werden
  - bei Mehrprozessorsystemen: Synchronisation am gemeinsamen Speicher
- In verteilten Systemen:
  - viele lokale Uhren (eine pro Knoten)
  - exakte Synchronisation der Uhren (prinzipiell!) nicht möglich
  - $\Rightarrow$ Reihenfolge von Ereignissen auf verschiedenen Knoten nicht (immer) eindeutig zu ermitteln
  - (vgl. spezielle Relativitätstheorie)

Eine Auswirkung der Verteiltheit

- Szenario: zwei Prozesse beobachten zwei andere Prozesse



- Die Beobachter sehen die Ereignisse ggf. in unterschiedlicher Reihenfolge!
- Problem z.B., falls die Beobachter replizierte Datenbanken und die Ereignisse Datenbank-Updates sind
  - Replikate sind nicht mehr konsistent!

Globaler Zustand: Ein Beispiel zur Motivation

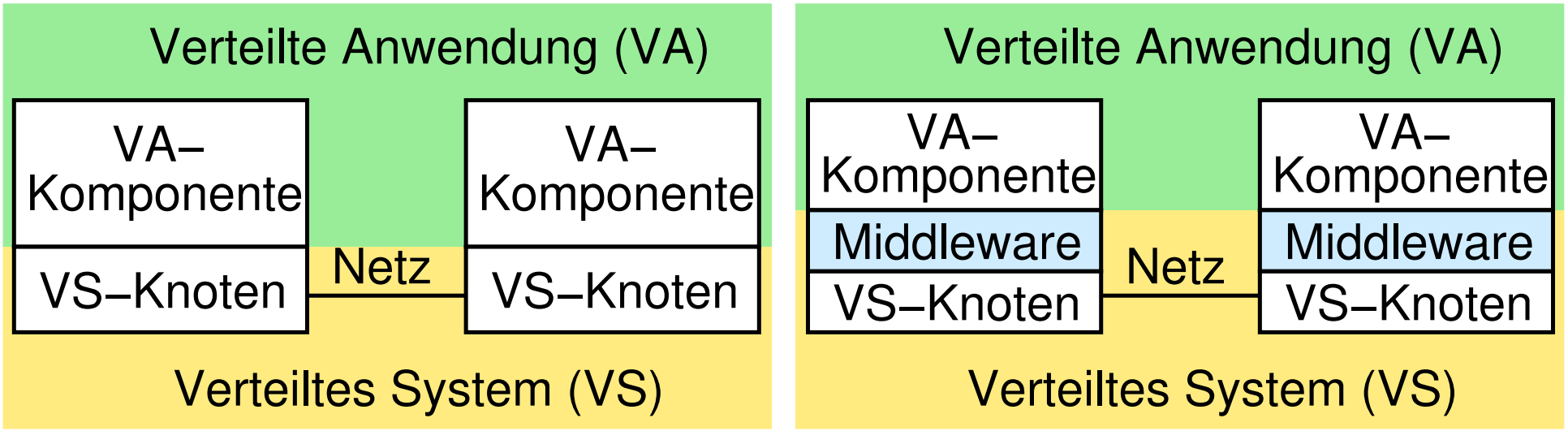
- Szenario: *Peer-to-Peer*-Anwendung, Prozesse senden sich gegenseitig Aufträge
- Frage: wann kann die Anwendung terminieren?
- **Falsche** Antwort: wenn kein Prozeß mehr einen Auftrag bearbeitet
  - Grund: Aufträge können noch in Nachrichten unterwegs sein!

- Weitere Anwendungen: verteilte *Garbage-Collection*, verteilte *Deadlock*-Erkennung, ...

1.2 Zeit und Zustand in verteilten Systemen ...

- Wie bestimmt sich der Gesamtzustand eines verteilten Prozeß-systems?
  - naiv: Summe der Zustände aller Prozesse (**falsch!**)
- Zwei Aspekte müssen beachtet werden:
  - Nachrichten, die noch in Übertragung sind
    - müssen mit in den Zustand aufgenommen werden
  - Fehlen einer globalen Zeit
    - ein Globalzustand zur Zeit t kann nicht definiert werden!
    - Zustände der Prozesse beziehen sich immer auf lokale (und damit unterschiedliche) Zeiten
    - Frage: Bedingung an die lokalen Zeiten? $\Rightarrow$ **konsistente Schnitte**

1.3 Middleware



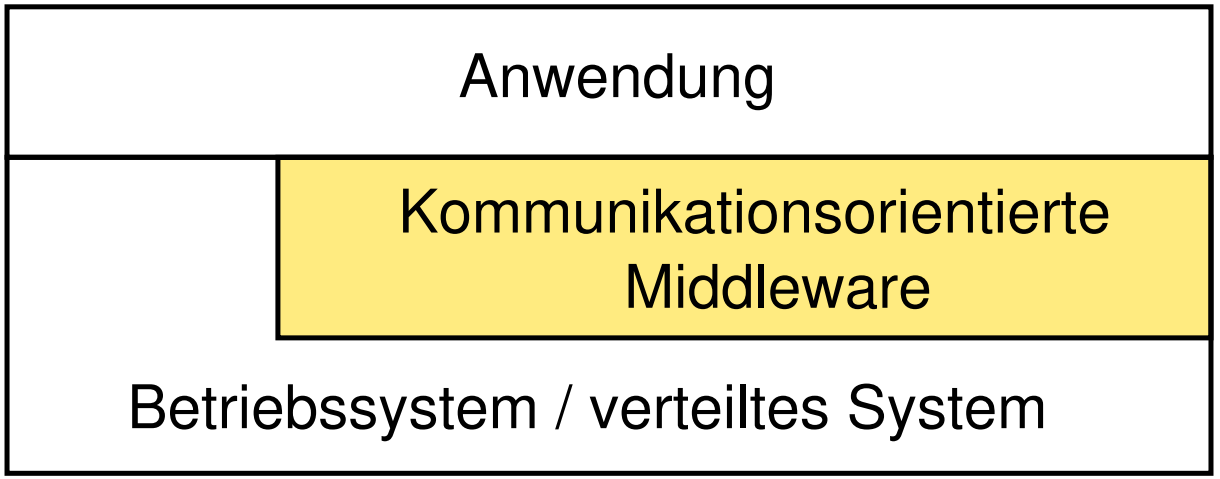
- VA nutzt VS für Kommunikation zwischen ihren Komponenten
- VSe bieten i.a. nur einfache Kommunikationsdienste an
  - direkte Nutzung: **Netzwerkprogrammierung**
- **Middleware** bietet intelligentere Schnittstellen
  - verbirgt Details der Netzwerkprogrammierung

1.3 Middleware ...

- Middleware ist Schnittstelle zwischen verteilter Anwendung und verteiltem System
- Ziel: Verbergen der Verteilungsaspekte vor der Anwendung
  - u.a. Zugriffs- und Orts-Transparenz
- Middleware kann auch Zusatzdienste für Anwendungen bieten
  - starke Unterschiede bei existierender Middleware
- Unterscheidung:
  - **kommunikationsorientierte Middleware**
    - (nur) Abstraktion von der Netzwerkprogrammierung
  - **anwendungsorientierte Middleware**
    - neben Kommunikation steht Unterstützung verteilter Anwendungen im Mittelpunkt

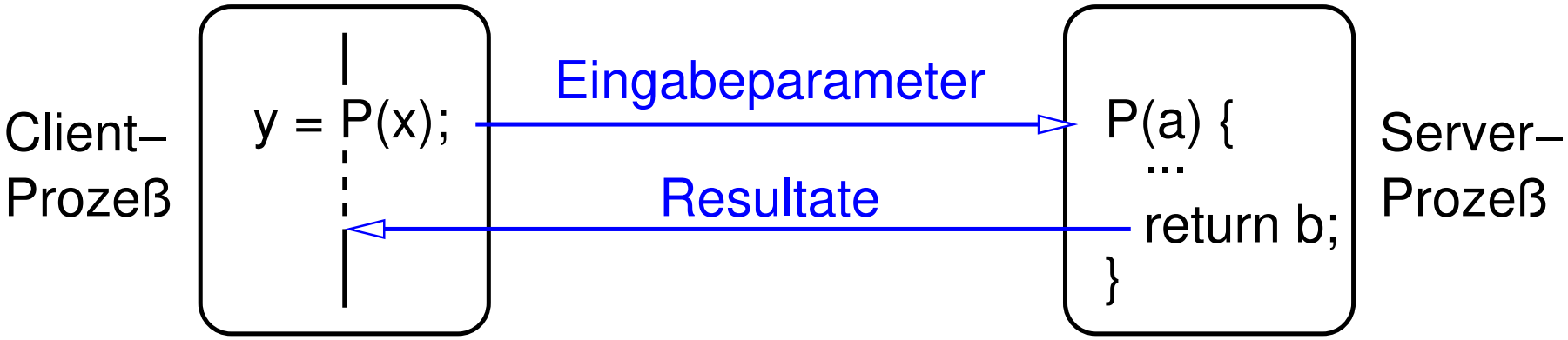
1.3.1 Kommunikationsorientierte Middleware

- Fokus: Bereitstellung einer Kommunikationsinfrastruktur für verteilte Anwendungen
- Aufgaben:
  - Kommunikation
  - Behandlung der Heterogenität
  - Fehlerbehandlung



Entfernter Prozeduraufruf (RPC, *Remote Procedure Call*)

- Ermöglicht einem Client den Aufruf einer Prozedur in einem entfernten Server-Prozeß



- Kommunikation nach Anfrage / Antwort-Prinzip

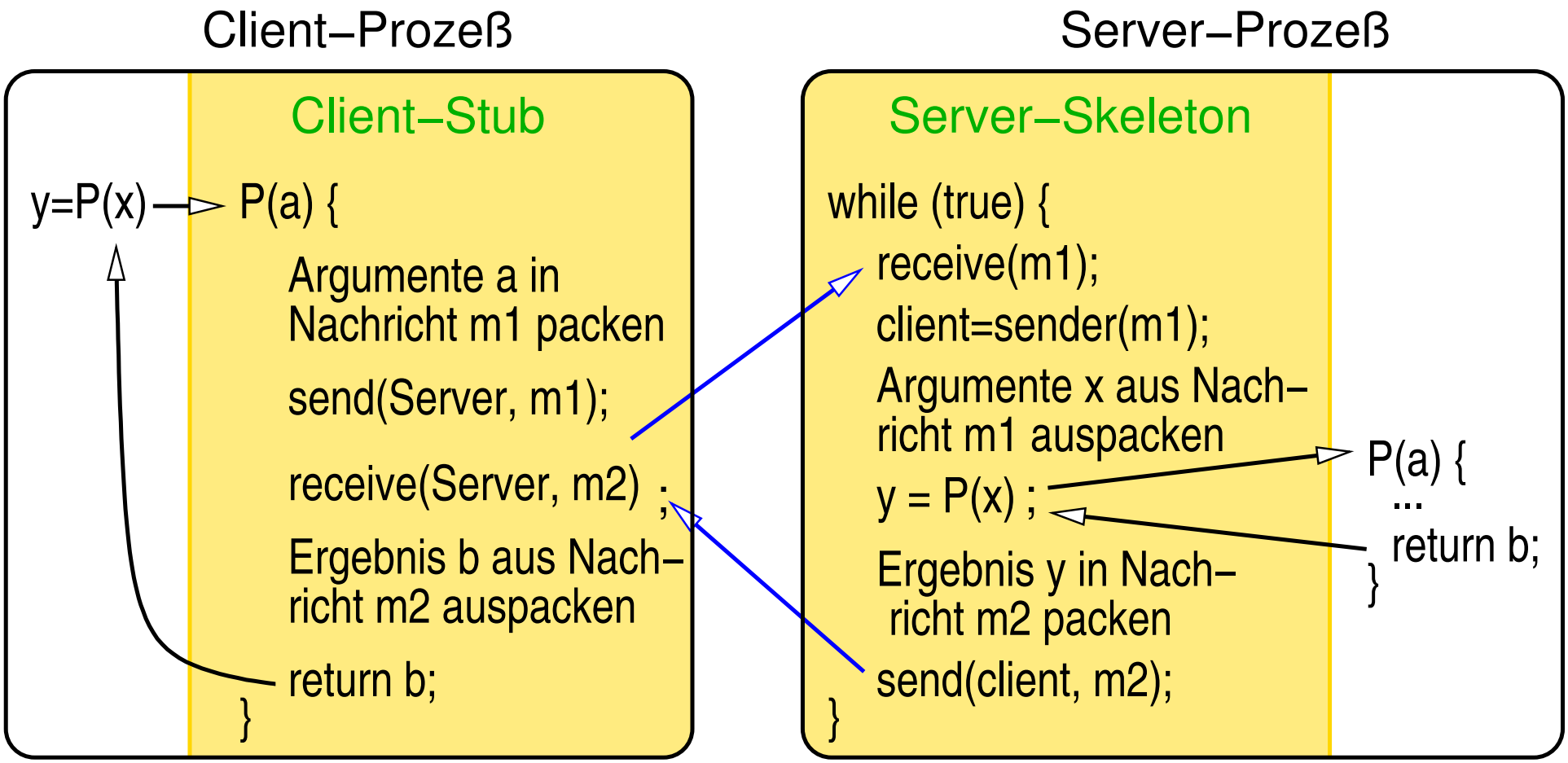
Entfernter Methodenaufruf (RMI, *Remote Method Invocation*)

- Ermöglicht einem Objekt, Methoden eines entfernten Objekts aufzurufen
- Prinzipiell sehr ähnlich zu RPC

Gemeinsame Grundkonzepte entfernter Aufrufe

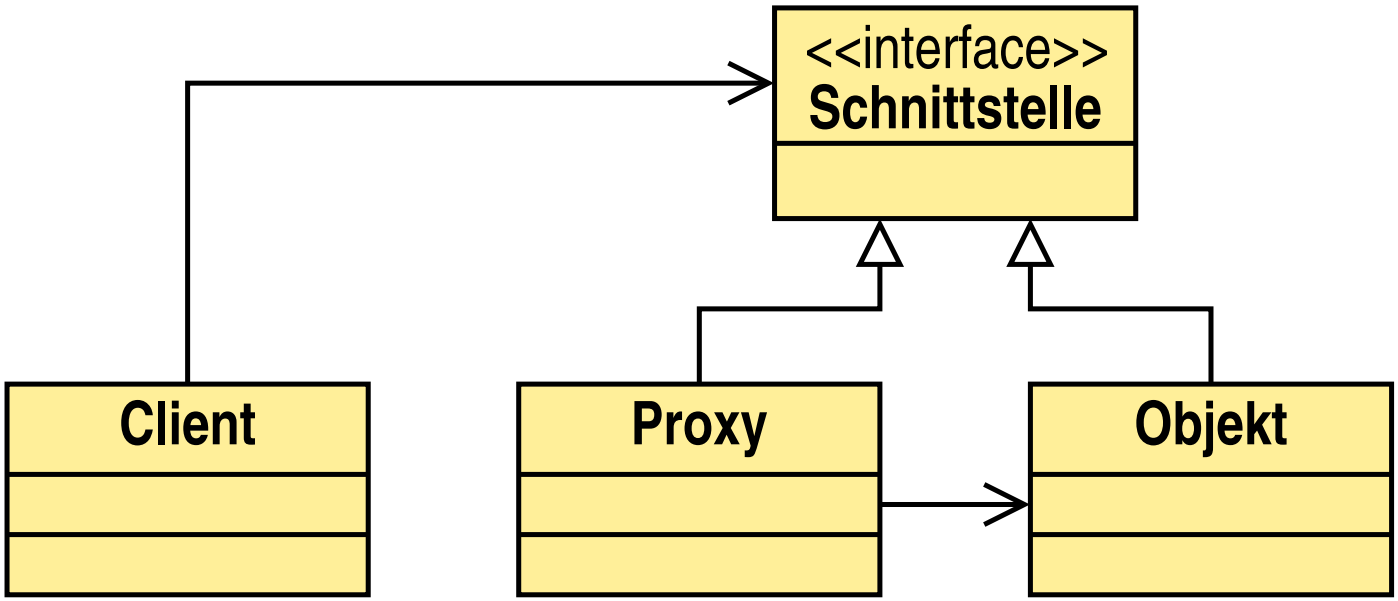
- Client und Server werden durch Schnittstellendefinition entkoppelt
  - legt Namen der Aufrufe, Parameter und Rückgabewerte fest
- Einführung von ***Client-Stubs*** und ***Server-Stubs*** (***Skeletons***) als Zugriffsschnittstelle
  - werden automatisch aus Schnittstellendefinition generiert
    - IDL-Compiler, *Interface Definition Language*
  - sind verantwortlich für *Marshalling / Unmarshalling* sowie für die eigentliche Kommunikation
  - realisieren Zugriffs- und Ortstransparenz

Funktionsweise der Client- und Server-Stubs (RPC)

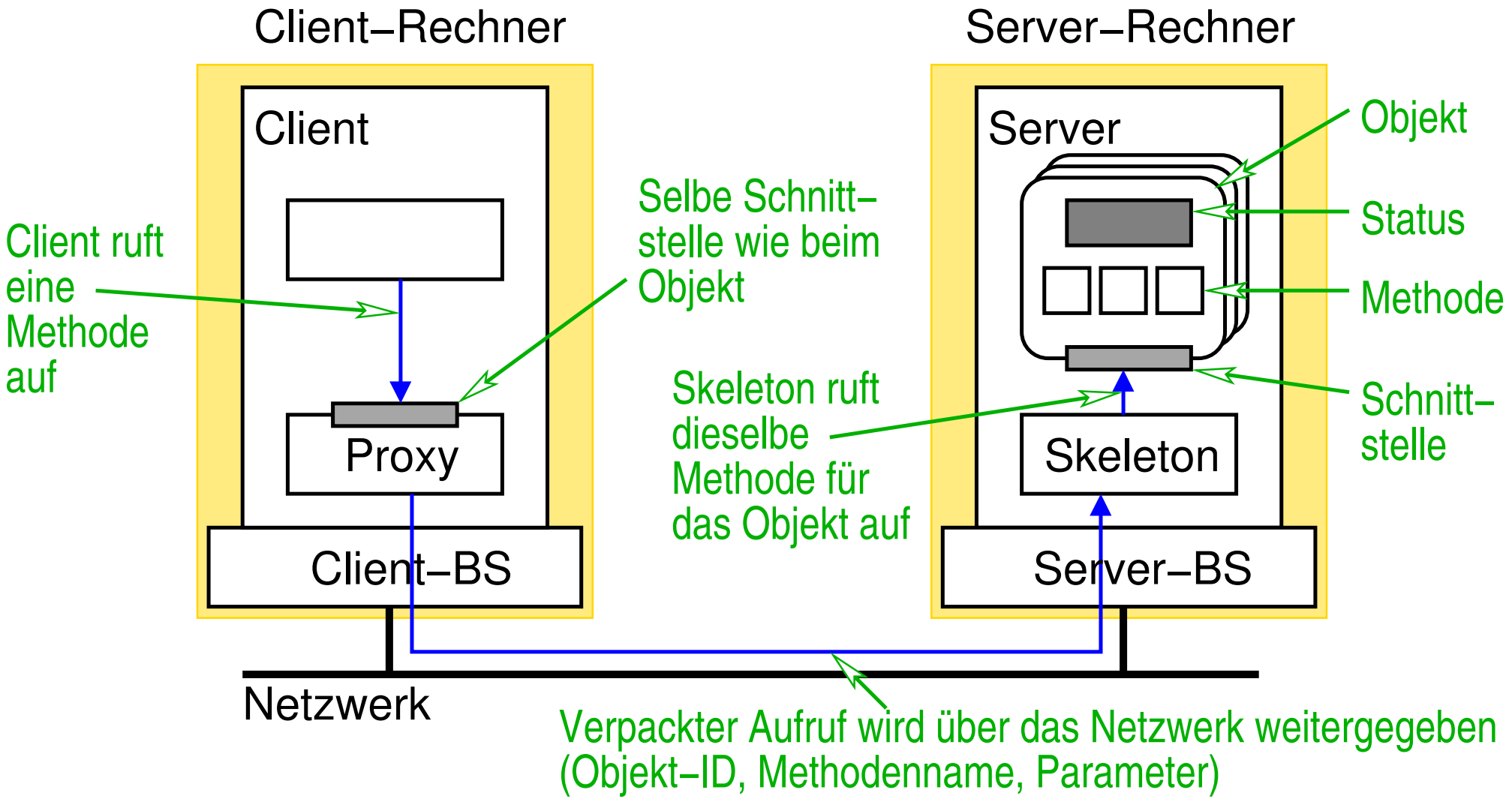


Basis von RMI: Das Proxy-Pattern

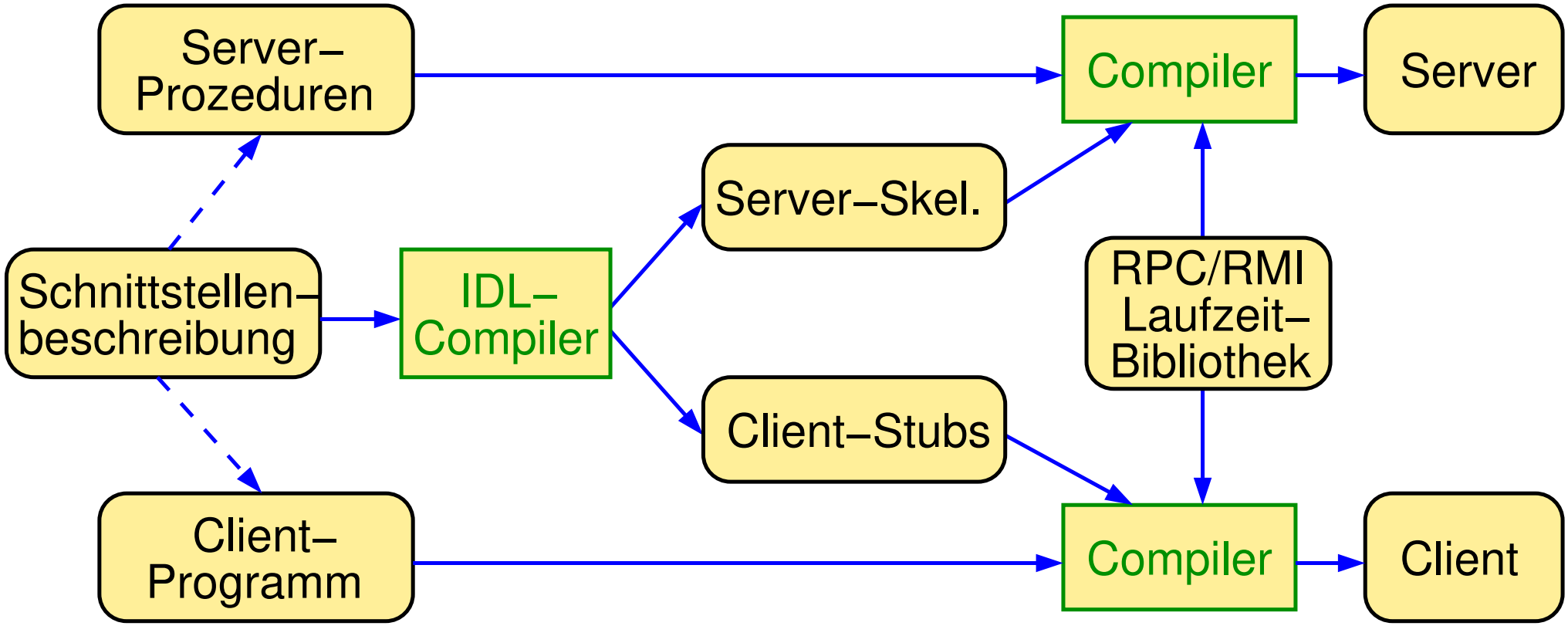
- Client arbeitet mit Stellvertreterobjekt (**Proxy**) des eigentlichen Serverobjekts
  - Proxy und Serverobjekt implementieren dieselbe Schnittstelle
  - Client kennt / nutzt lediglich diese Schnittstelle



Ablauf eines entfernten Methodenaufrufs



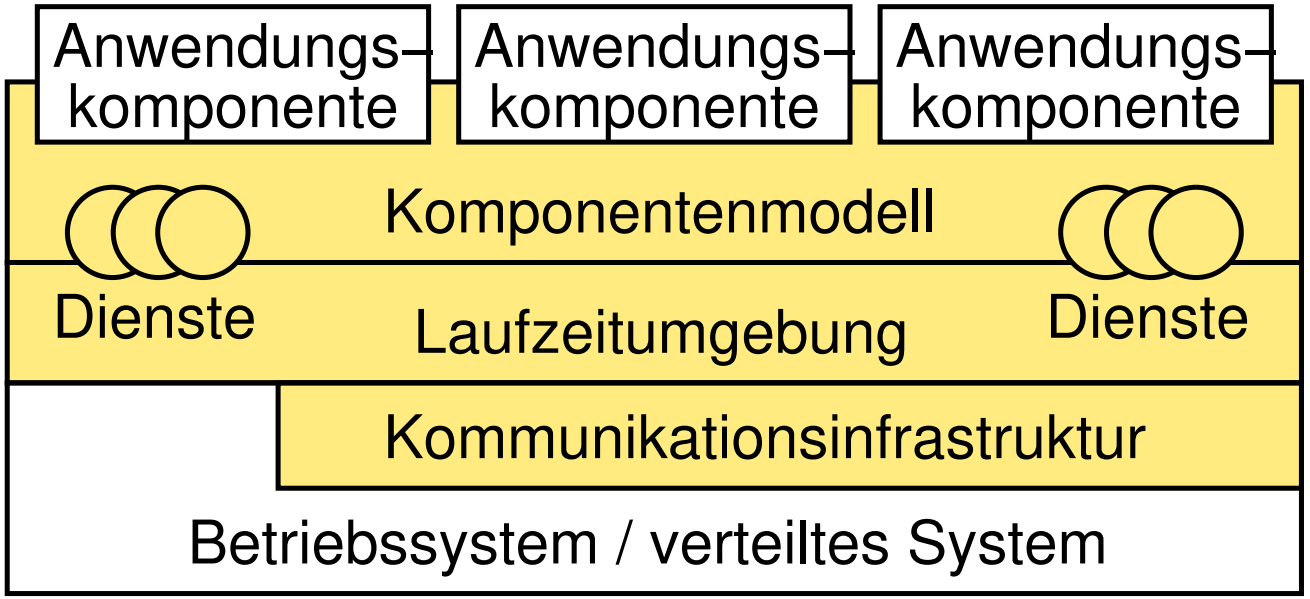
Erstellung eines Client/Server-Programms



- Gilt prinzipiell für alle Realisierungen entfernten Aufrufe

1.3.2 Anwendungsorientierte Middleware

- Setzt auf kommunikationsorientierter Middleware auf
- Erweitert diese um:
  - Laufzeitumgebung
  - Dienste
  - Komponentenmodell



Laufzeitumgebung

- Ressourcenverwaltung
  - *Pooling* von Prozessen, Threads, Verbindungen
  - Steuerung der Nebenläufigkeit
  - Verbindungsverwaltung
- Verbesserung der Verfügbarkeit
  - Replikation, Clustering
- Sicherheitsmechanismen
  - Authentifizierung und Autorisierung
  - Vertraulichkeit und Integrität

1.3.2 Anwendungsorientierte Middleware ...

Dienste

- Namensdienst (Verzeichnisdienst)
  - Zuordnung von Namen zu Referenzen (Adressen)
- Sitzungsverwaltung
- Transaktionsverwaltung
- Persistenzdienst
  - z.B. objektrelationaler Mapper (OR-Mapper)

Komponentenmodell

- Komponentenbegriff, Schnittstellenverträge, Laufzeitumgebung

Client/Server-Programmierung

WS 2017/2018

16.10.2017

Roland Wismüller
Betriebssysteme / verteilte Systeme
roland.wismueller@uni-siegen.de
Tel.: 0271/740-4050, Büro: H-B 8404

Stand: 27. Oktober 2017

1.4 Java RMI

- Java RMI ist fester Bestandteil von Java
  - erlaubt Nutzung entfernter Objekte
- Wichtige elemente von Java RMI (im Paket `java.rmi`):
  - entfernte Objektimplementierungen
  - Client-Schnittstellen (Stubs) zu entfernten Objekten
  - Namensdienst, um Objekte im Netz ausfindig zu machen
- Stub- und Skeleton-Klassen werden automatisch aus Schnittstellendefinition (Java Interface) generiert
  - ab JDK 1.5 dynamisch zur Laufzeit
- Namensdienst: RMI *Registry*
- Verteilte *Garbage-Collection*

1.4.1 *Hello World* mit Java RMI

Client–JVM

Interface

```
interface Hello {
   String sayHello();
}
```

Server–JVM

Client–Klasse

```
class HelloClient {
  ...
  Hello h;
  ...
  s = h.sayHello();
...
```

Server–Klasse

```
class HelloServer
        implements Hello {
  String sayHello() {
     return "Hello World";
  }
...
```

Ablauf der Entwicklung:

1. Entwurf der Schnittstelle für das Server-Objekt
2. Implementierung der Server-Klasse
3. Entwicklung der Server-Anwendung zur Aufnahme des Server-Objekts
4. Entwicklung der Client-Anwendung mit Aufrufen des Server-Objekts
5. Übersetzen und Starten des Systems

Entwurf der Schnittstelle für das Server-Objekt

- Wird als normale Java-Schnittstelle spezifiziert
- Muß von `java.rmi.Remote` abgeleitet werden
  - kein Erben von Operationen, nur Markierung als *Remote*-Interface
- Jede Methode muß die Ausnahme *java.rmi.RemoteException* (oder eine Basisklasse davon) auslösen können
  - Basisklasse für alle möglicherweise auftretenden Fehler
    - im Client, bei der Übertragung, im Server
- Keine Einschränkungen gegenüber lokalen Schnittstellen
  - aber: semantische Unterschiede (Parameterübergabe!)

Hello-World Interface

```
import java.rmi.Remote;
import java.rmi.RemoteException;

public interface Hello extends Remote {
    String sayHello() throws RemoteException;
}
```

Marker–Schnittstelle , enthält keine Methoden, markiert Interface als RMI–Schnittstelle

RemoteException zeigt Fehler im entfernten Objekt bzw. bei Kommu–nikation an

Implementierung der Server-Klasse

- Eine Klasse, die *remote* nutzbar sein soll, muß:
  - ein festgelegtes *Remote*-Interface implementieren
  - i.d.R. von `java.rmi.server.UnicastRemoteObject` abgeleitet werden
    - definiert Aufrufsemantik: Punkt-zu-Punkt
  - einen Konstruktor besitzen, der `RemoteException` werfen kann
    - Erzeugung des Objekts muß in `try-catch`-Block stehen
- Methoden brauchen `throws RemoteException` nicht nochmals anzugeben
  - ausser sie werfen diese Exception explizit selbst

Hello-World Server (1)

```
import java.rmi.*;
import java.rmi.server.UnicastRemoteObject;

public class HelloServer extends UnicastRemoteObject
                         implements Hello {
  public HelloServer() throws RemoteException {
     super();
  }
  public String sayHello() {
    return "Hello World!";
  }
```

Remote Methode

Entwicklung der Server-Anwendung zur Aufnahme des Server-Objekts

- Aufgaben:
  - Erzeugen eines Server-Objekts
  - Registrieren des Objekts beim Namensdienst
    - unter einem festgelegten, öffentlichen Namen
- Typischerweise keine neue Klasse, sondern `main`-Methode der Server-Klasse

Hello-World Server (2)

```
  public static void main(String args[]) {
    try {
      HelloServer obj = new HelloServer();
      Naming.rebind("rmi://localhost/Hello-Server", obj);
    }
    catch (Exception e) {
      System.out.println("Error: " + e.getMessage());
      e.printStackTrace();
    }
  }
}
```

Erzeugen des Server–Objekts

Registrieren des Server–Objekts unter dem Namen "Hello–Server" beim Name–Server (RMI–Registry, lokaler Rechner, Port 1099)

Entwicklung der Client-Anwendung mit Aufrufen des Server-Objekts

- Client muß sich zunächst beim Namensdienst über den Namen eine Referenz auf das Server-Objekt holen
  - *Type cast* auf den korrekten Typ erforderlich
- Dann: beliebige Methodenaufrufe möglich
  - syntaktisch kein Unterschied zu lokalen Aufrufen
- Anmerkung: Client kann *Remote*-Referenzen auch auf anderen Wegen erhalten
  - z.B. als Rückgabewert einer *Remote*-Methode

Hello-World Client

```
import java.rmi.*;

public class HelloClient {
  public static void main(String args[]) {
    try {
      Hello obj =
        (Hello)Naming.lookup("rmi://bspc02/Hello-Server");
      String message = obj.sayHello();
      System.out.println(message);
    }
    catch (Exception e) {
      ...
    }
  }
}
```

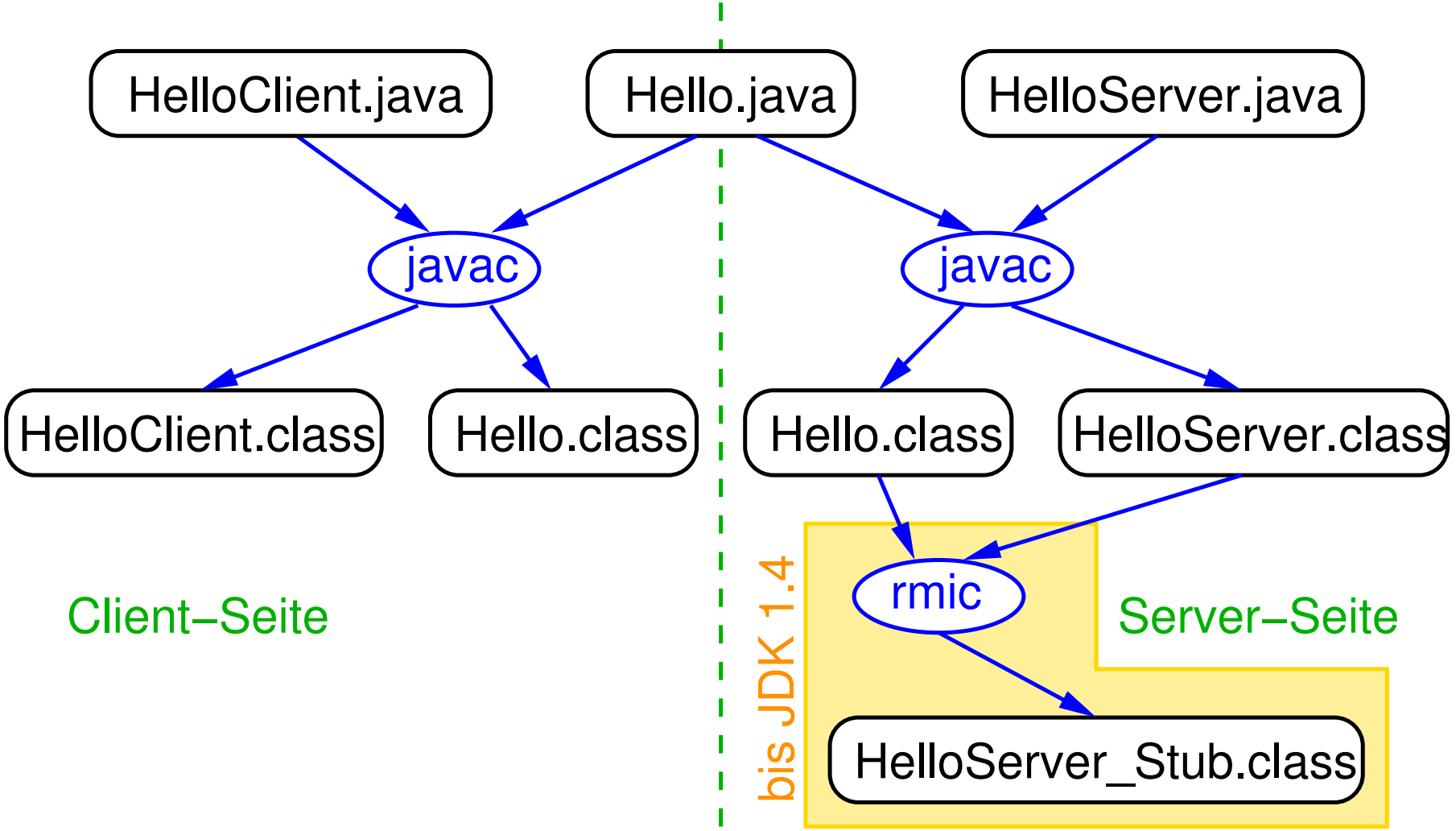
Objektreferenz vom Name–Server holen

Aufruf der Methode des entfernten Objekts

Übersetzen und Starten des Systems

- Übersetzen der Java-Quellen
  - Quelldateien: `Hello.java`, `HelloServer.java`, `HelloClient.java`
  - Aufruf: `javac *.java`
  - erzeugt: `Hello.class`, `HelloServer.class`, `HelloClient.class`
- Erzeugen des Client-Stubs (Proxy-Objekt)
  - für Clients bis JDK 1.4:
    - Aufruf: `rmic -v1.2 HelloServer`
    - erzeugt `HelloServer_Stub.class`
  - ab JDK 1.5: Client erzeugt Proxy-Klasse zur Laufzeit
    - durch `java.lang.reflect.Proxy`

Übersetzen und Starten des Systems ...



Übersetzen und Starten des Systems ...

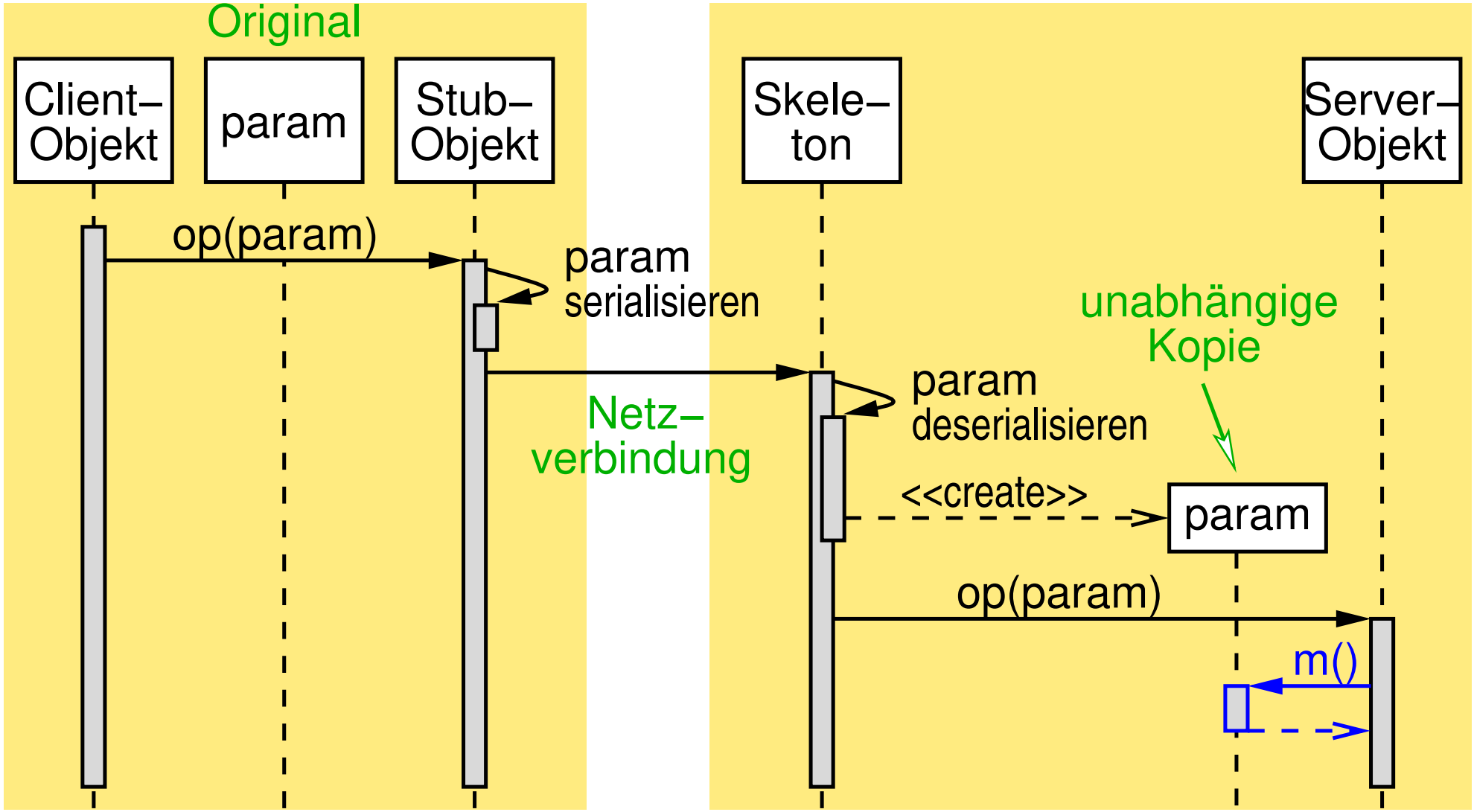
- Starten des Namensdienstes
  - Aufruf: `rmiregistry` *[port]*
  - erlaubt aus Sicherheitsgründen nur die Registrierung von Objekten auf dem lokalen Host
    - d.h. RMI-*Registry* muß auf Server-Rechner laufen
  - Standard-Port: 1099
- Starten des Servers
  - Aufruf: `java HelloServer`
- Starten des Clients
  - Aufruf: `java HelloClient`

1.4.2 Parameterübergabe

- Übergabe von Parametern an *Remote*-Methoden erfolgt
  - entweder über *call-by-value*
    - für Werttypen und serialisierbare Objekte
  - oder über *call-by-reference*
    - für Objekte, die `Remote` implementieren
- Entscheidung wird z.T. erst zur Laufzeit getroffen!

- Rückgabe des Ergebnisses folgt selben Regeln wie Parameter-übergabe

Übergabe eines serialisierbaren Objekts



Übergabe eines *Remote*-Objekts