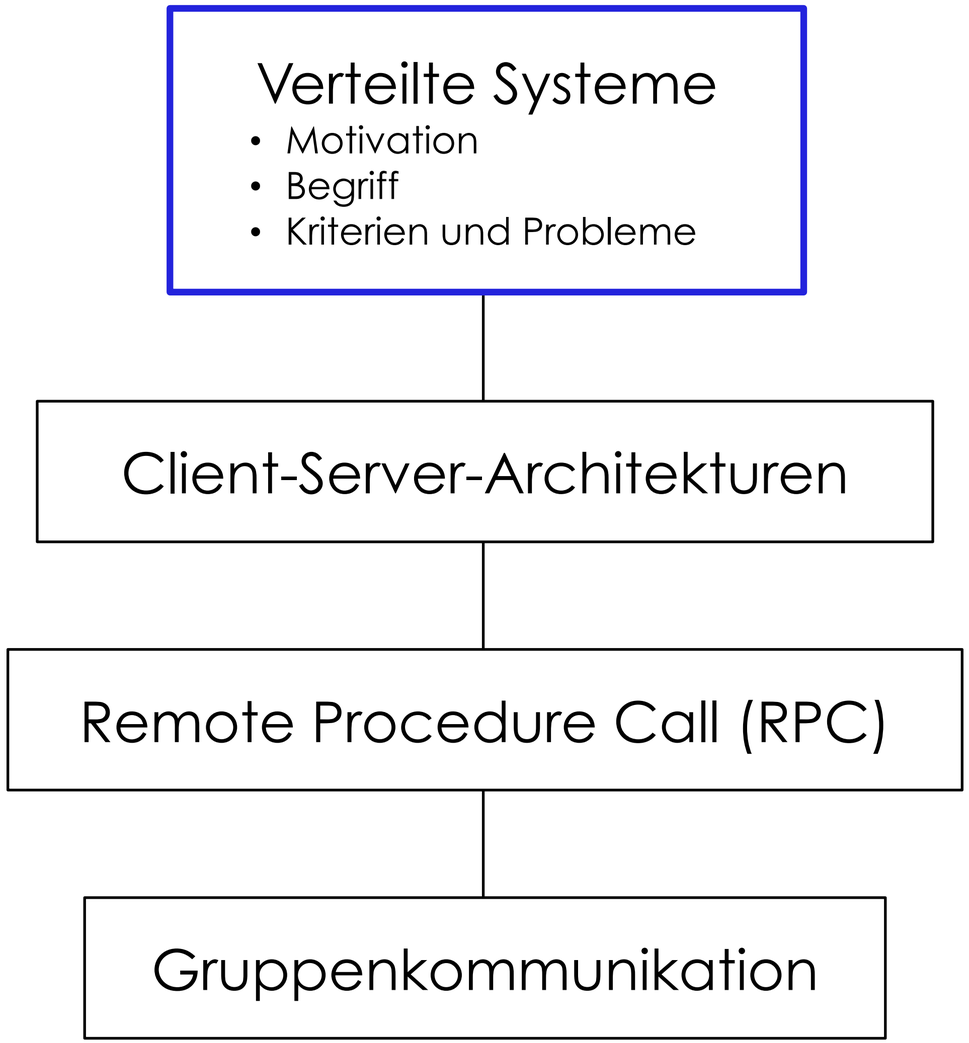
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Faculty of Computer Science Institute of Systems Architecture, Operating Systems Group

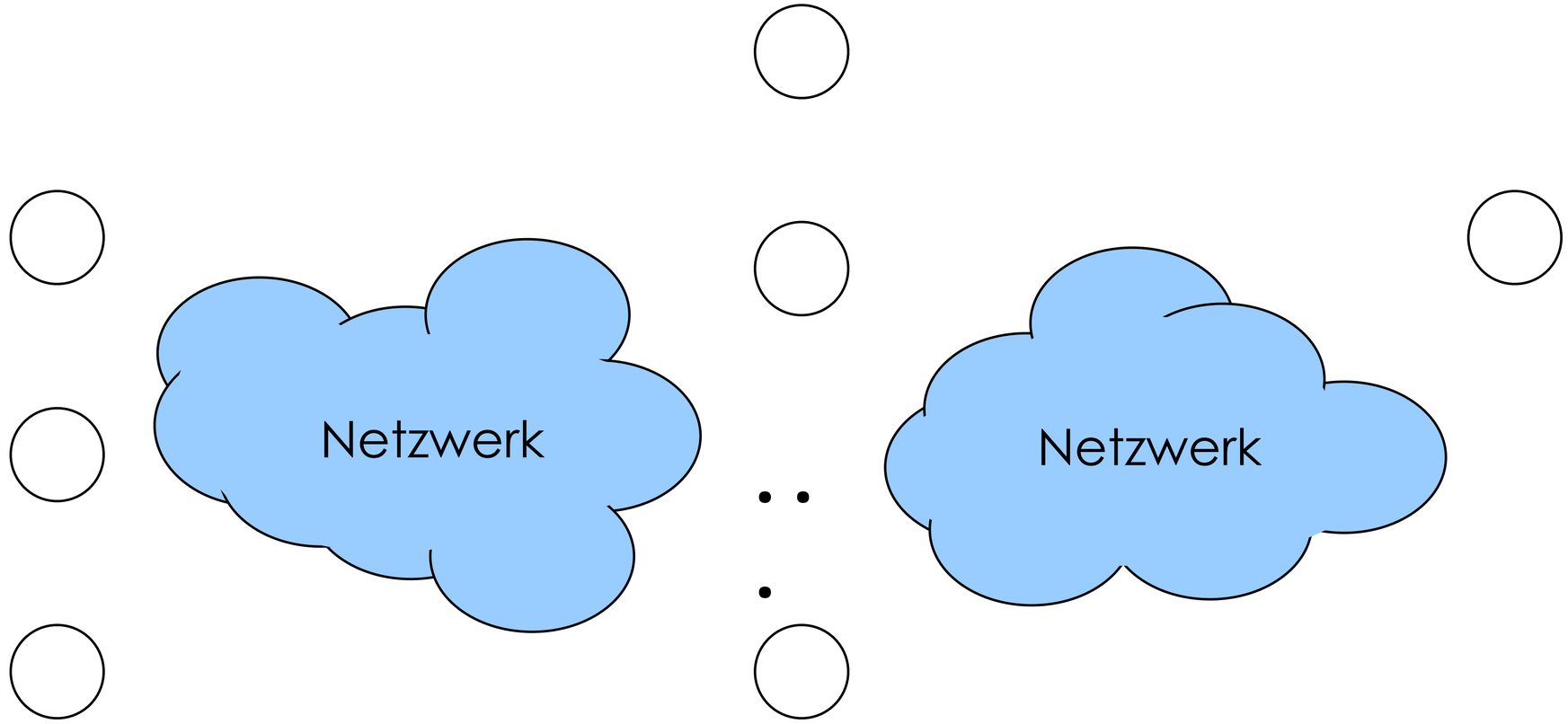
CLIENT-SERVER-ARCHITEKTUREN

MICHAEL ROITZSCH

Wegweiser

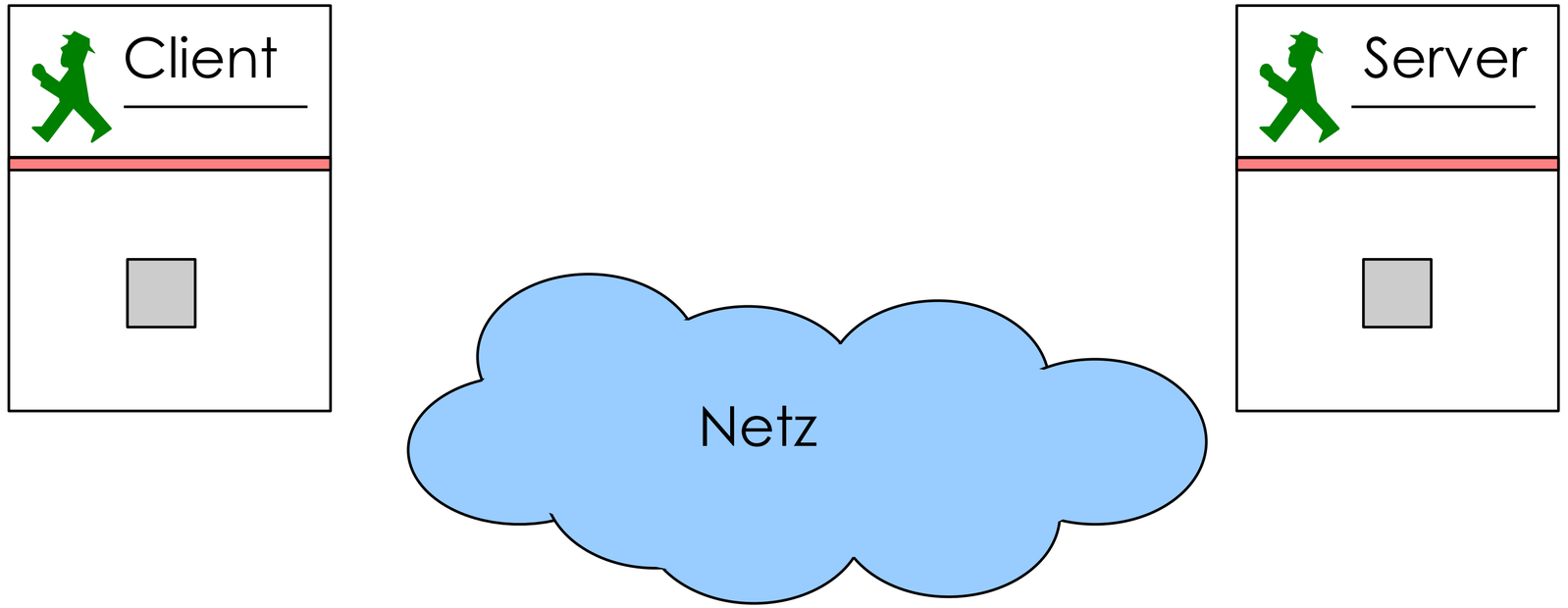

Verteilte Systeme
• Motivation
• Begriff
• Kriterien und Probleme
Client-Server-Architekturen
Remote Procedure Call (RPC)
Gruppenkommunikation

Ausgangspunkt: Netzwerke



Zustellen von Netzwerkpaketen

Sockets



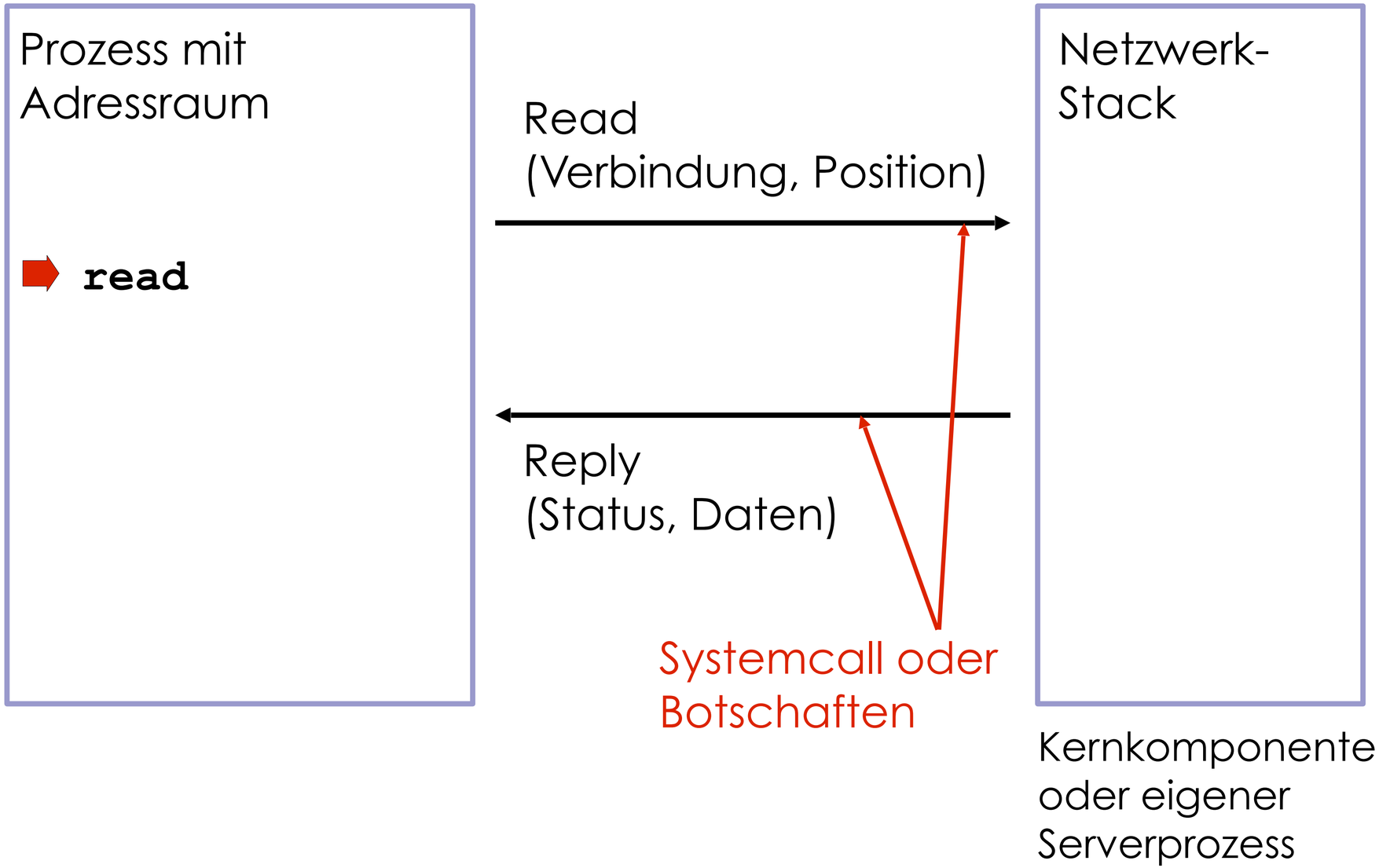
Client

```
create sock(protocol type)
connect(address)
```

Server

```
create sock(protocol type)
bind(address)
listen
accept
```

Zugriff mittels Kopieren (read/write)



Verteilte Systeme

Ansammlung autonomer Rechner, die dem Benutzer als ein System präsentiert werden.
— *Tanenbaum*

Ansammlung autonomer Rechner, die über ein Netzwerk verbunden sind und mit verteilter Systemsoftware ausgestattet sind.
— *Colouris*

You know you have one when the crash of computer you have never heard of stops you from getting any work done
— *Leslie Lamport*

Verteilte Systeme: Begriff

Ein verteiltes System liegt vor, wenn mehrere Rechner eine gemeinsame Aufgabe übernehmen.

Vier Problembereiche (nach Michael D. Schroeder)

- voneinander unabhängige Ausfälle
- unzuverlässige Kommunikation
- unsichere Kommunikation: Mithören, Manipulieren
- teure Kommunikation: Bandbreite, Latenz, Kosten

Verteilte Systeme: Kriterien

Beurteilungskriterien

- Transparenz: Orts-, Zugriffs-, Namens-Transparenz, Replikations-, Migrations-Transparenz
- Skalierbarkeit
- Leistung
- Administrierbarkeit (Betriebsmittelnutzung)
- Zuverlässigkeit (Umgang mit Fehlern, Ausfällen)
- Sicherheit (gegen Angriffe)
- Offenheit

Beispiel für neue Fehlersituation

am Beispiel eines Benutzerprogrammes, das entfernte Funktion (API) benutzt:

- lokal: Programm allein fällt aus oder
  Programm und Funktion (Bibliothek)
- verteilt: die entfernte Funktion fällt (allein) aus

Denkbare Varianten

- Programm fällt auch aus
- Programmierer muss neue Fehlersituation berücksichtigen
- Besseres?

Neue, durch Verteilung verursachte Probleme

Neue Fehlertypen

- Botschaften können verloren gehen oder verfälscht werden
- Ausfall von Rechnern oder Netzwerk

Neue Angriffsmöglichkeiten

- Botschaften werden unterdrückt, mitgehört, manipuliert, wiederholt
- gefälschte Absenderangaben
- Rechner werden mit Botschaften bombardiert

Neues Betriebsmittel: Netzwerk

- Netz als Flaschenhals; Bandbreite, Latenz, Kosten
- Adressierung: Finden des richtigen Rechners bzw. Ports

Heterogenität

- Hardware
- Betriebssystem

Eine grundsätzliche Überlegung

Gegeben folgendes Problem

p, q Prozesse,
fallen nicht aus,
kommunizieren via **`send`**/**`receive`**
Botschaften können verloren gehen
keine Annahme über Laufzeit der Botschaften möglich

a, b mögliche Operationen von p, q

p, q sollen entweder:
(i) dieselbe (nicht-triviale) Operation einmal ausführen
(ii) keine Operation ausführen

Gibt es eine Botschaftenfolge, die das leistet?

Eine grundsätzliche Überlegung

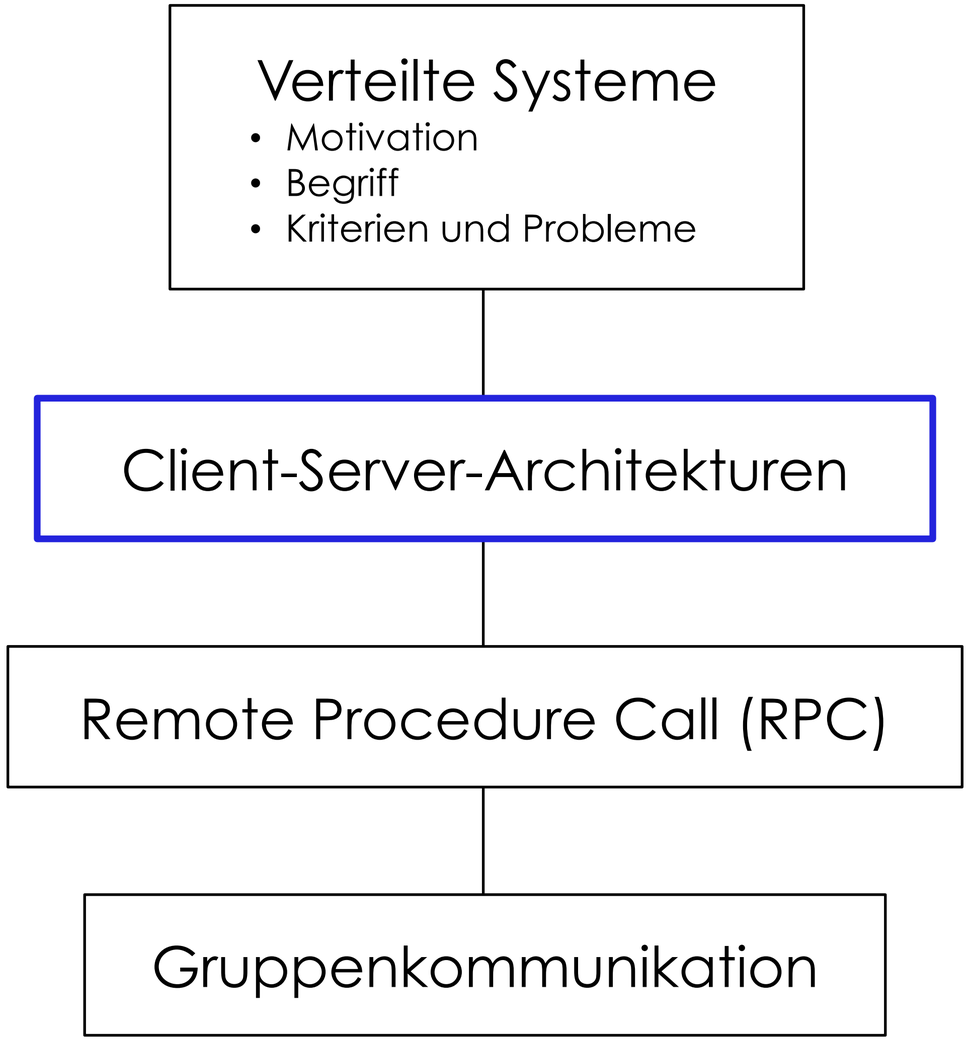
Behauptung

Es gibt kein solches Protokoll, das mit endlich vielen Botschaften auskommt!

Beweis

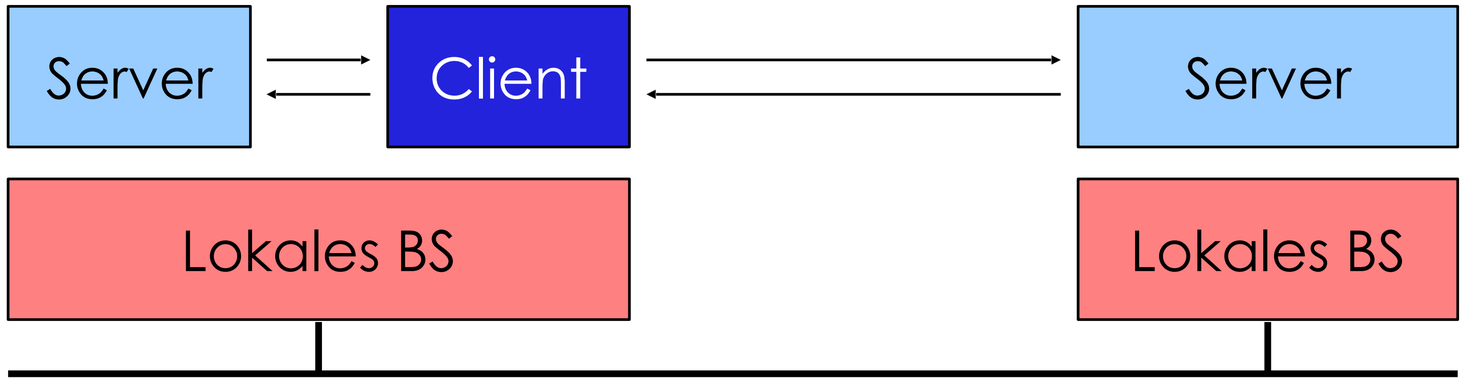
- Angenommen, es gebe solche Protokolle, bestehend aus Folgen von Botschaften: ($m_{p \rightarrow q}$, $m_{q \rightarrow p}$)*.
- Wähle: Protokoll mit geringster Zahl von Botschaften.
- $\underline{m}_{p \rightarrow q}$ sei letzte Botschaft dieses Protokolls, dann kann p eine solche Entscheidung nicht auf der Annahme aufbauen, dass $\underline{m}_{p \rightarrow q}$ ankommt (analog für q).
- Also kann $\underline{m}_{p \rightarrow q}$ auch wegfallen.
- Widerspruch, da offensichtlich nicht kleinstes Protokoll!

Wegweiser


Verteilte Systeme
• Motivation
• Begriff
• Kriterien und Probleme
Client-Server-Architekturen
Remote Procedure Call (RPC)
Gruppenkommunikation

Client-Server-Architekturen

- Strukturierung von (Betriebs-) Systemen als eine Menge kooperierender Prozesse (Server), die Dienste anbieten
- Benutzer-Prozesse (Clients) nehmen Dienste durch IPC in Anspruch



mit oder ohne Netzwerk
(Mikrokern-System)

Konstruktionsprinzip

Client-Server-Architekturen

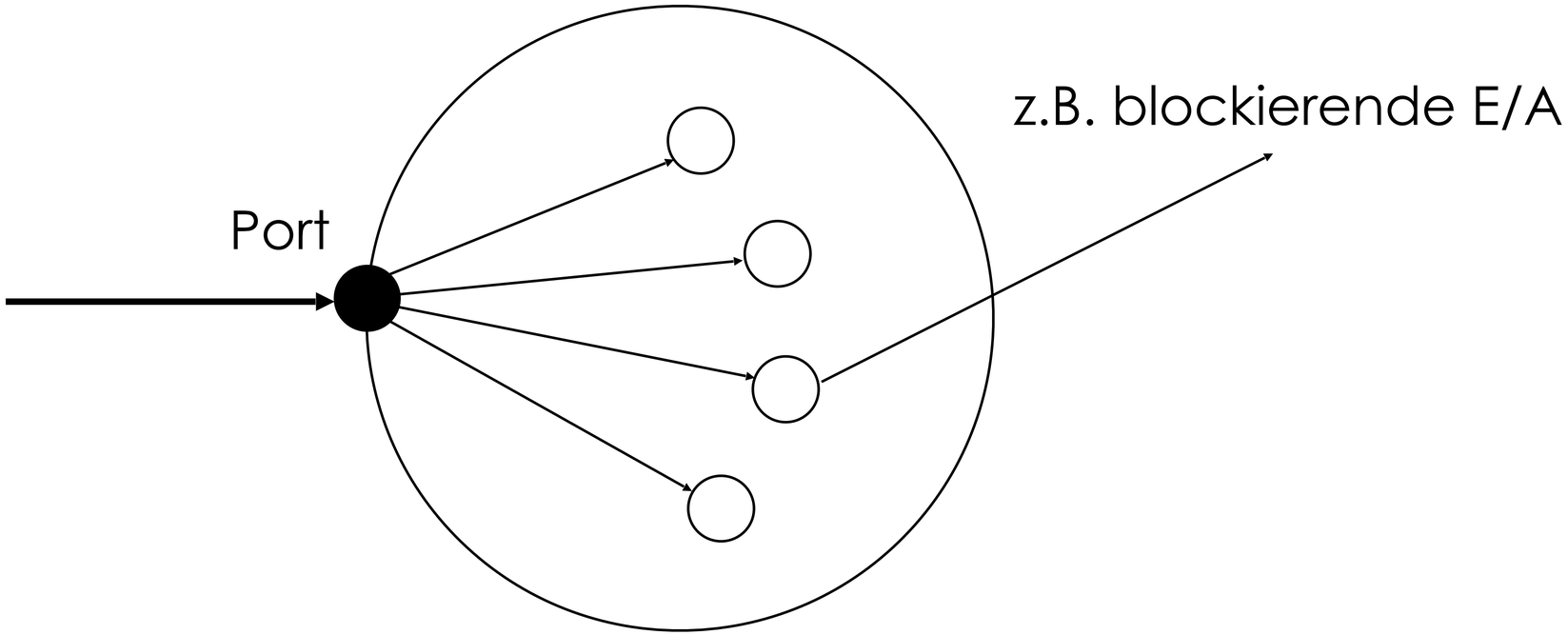
- Dienste werden durch Serverprozesse erbracht
- Klienten nehmen diese durch IPC in Anspruch
- Zustellung von Botschaften (z.B. via Sockets)
- zwischen Prozessen auf demselben Rechner oder verteilt über Netzwerk

Kommunikation basierend auf (Funktions-) Aufrufen

- Simulation durch Botschaften
- Verpackung der In-Parameter in Botschaft, Versenden
- Durchführen der Operation auf der anderen Seite
- Verpackung der Out-Parameter und Zurücksenden

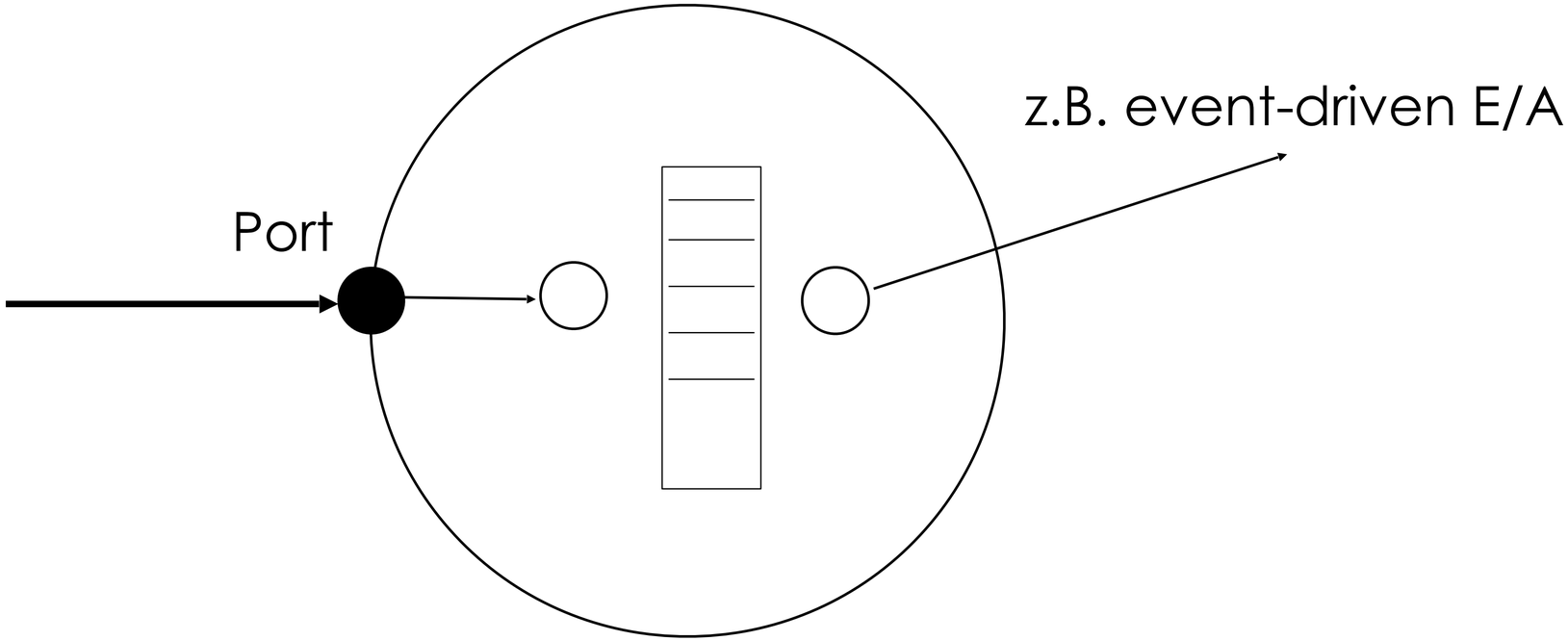
Einsatz vieler Threads

- Server müssen in der Lage sein, viele Aufrufe überlappend auszuführen
- alle Betriebsmittel eines Servers in einem Adressraum
- Grundidee: ein Thread pro Anfrage



Abarbeitung mit Ereignissen / Events

- Server müssen in der Lage sein, viele Aufrufe überlappend auszuführen
- alle Betriebsmittel eines Servers in einem Adressraum
- Grundidee: Events werden in Stufen behandelt,
  ein Thread pro Stufe oder pro Core



Peer-To-Peer Systeme

Ziel und Charakteristika

- Nutzung / Kooperation zahlreicher Rechner im Internet
- keine ausgewiesenen und (wohl-)administrierten Server
- zuverlässige, gemeinsame Nutzung (sharing) verteilter und potentiell unzuverlässiger Rechner

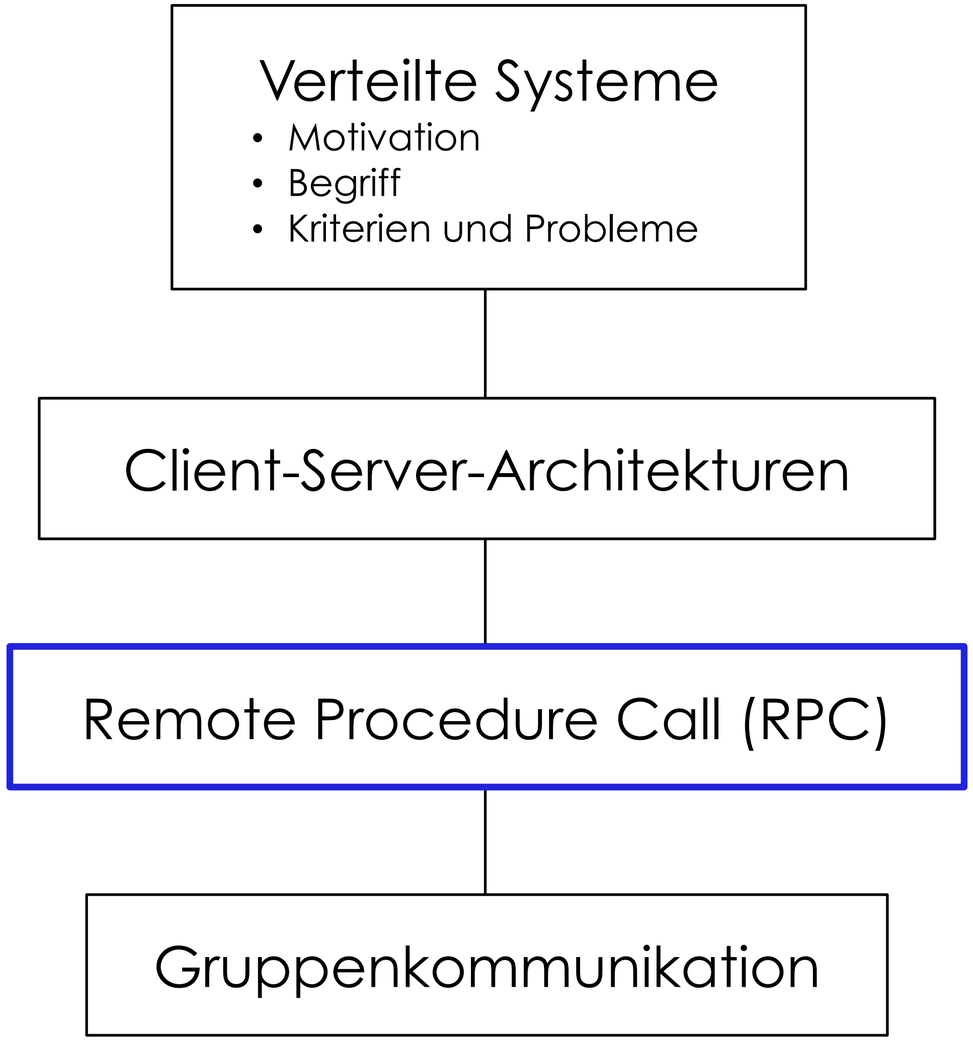
Anwendungen

- gemeinsame Nutzung von Dateien
- Web-Caches

Problembereiche

- sehr große Zahlen beteiligter Rechner
- Lastverteilung
- große Dynamik in der Verfügbarkeit der beteiligten Rechner
- Sicherheit

Wegweiser


Verteilte Systeme
• Motivation
• Begriff
• Kriterien und Probleme
Client-Server-Architekturen
Remote Procedure Call (RPC)
Gruppenkommunikation

Einige Begriffe und Abkürzungen

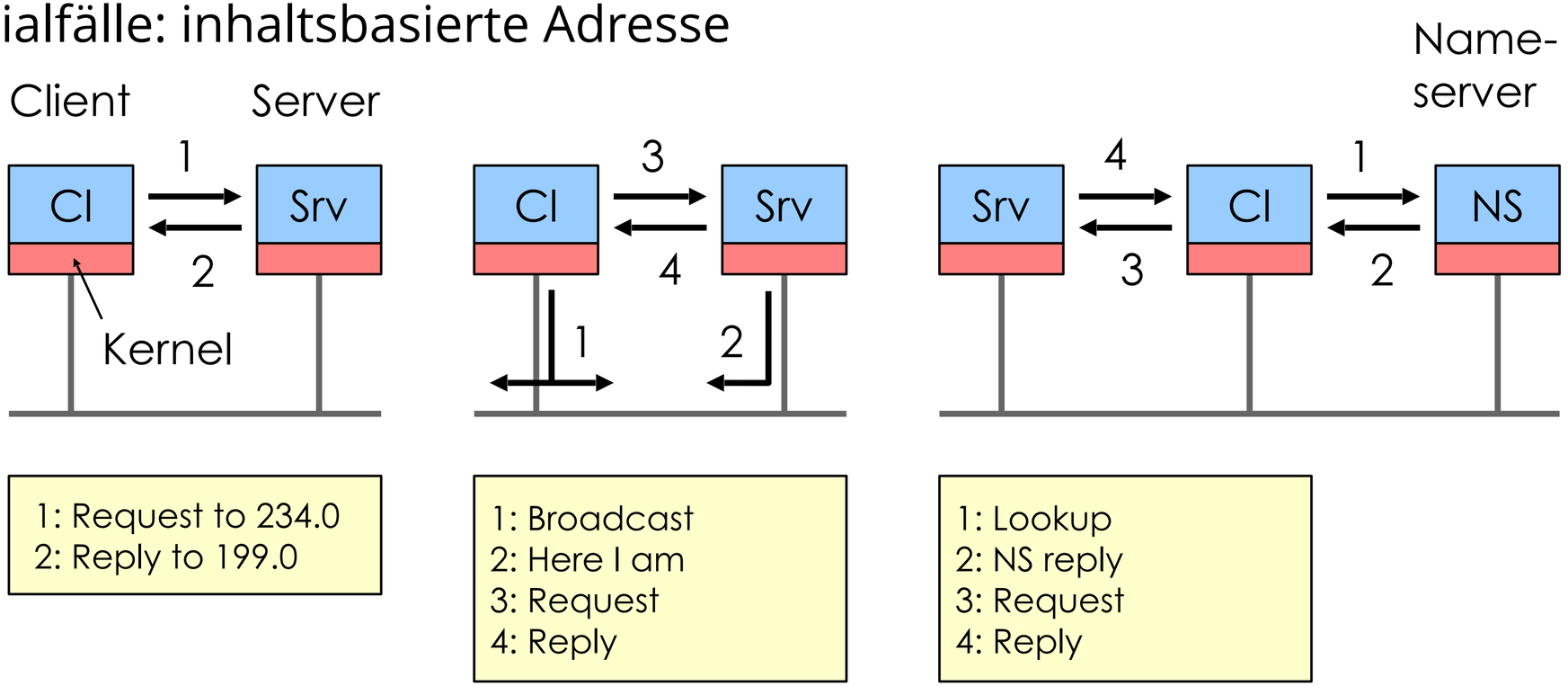
- IPC — Inter Process Communication
- RPC — Remote Procedure Call

- lokal — auf einem Rechner
- entfernt (remote) — über Rechnergrenze

- unicast — ein Partner
- broadcast — an alle (z. B. an alle in einem Teilnetz)
- multicast — an einige (z. B. Mitglieder einer Gruppe)

Adressierung in Client-Server-Systemen

- Maschine.Prozess (IP-Adresse.Port)
- Broadcast, z. B. große Zahlen als Adressen
- Nameserver
- Spezialfälle: inhaltsbasierte Adresse



Fernaufruf / Remote Procedure Call

- Ziel: Client-Server-Architekturen handhabbar machen
- Simulation des lokalen Prozedur-Aufrufes mittels Botschaften

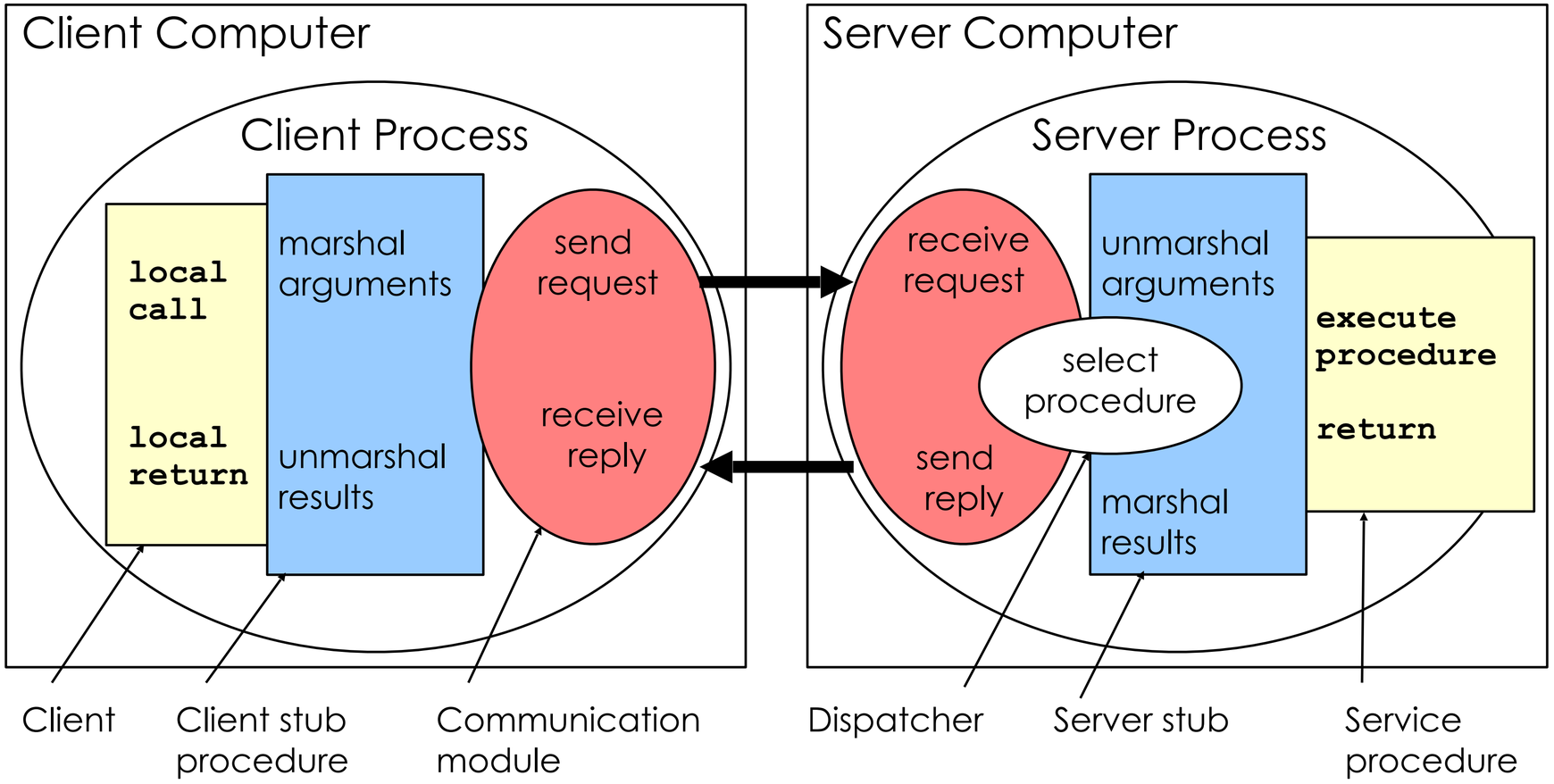
Client

```
send(server, message);
receive(reply);
```

Server

```
while (1) {
  wait(message);
  switch (message.op) {
  case proc1:
     ...
     send(client, reply);
     break;
  }
}
```

RPC-Implementierung



Aufgaben: Parameteraufbereitung (Marshalling), Binden (Auffinden des zuständigen Servers), Kommunikation

Ablauf RPC

- Client ruft Client-Stub-Funktion auf
- Client steckt Parameter in Nachricht, verzweigt in Kern
- Kern sendet Nachricht an Server
- Client-Stub: receive, wird blockiert
- entfernter Kern gibt Nachricht an Server-Stub
- Server-Stub packt Parameter aus, ruft Prozedur auf
- Server-Stub packt Resultat in Nachricht, verzweigt in Kern
- Server-Stub: send, receive wird blockiert
- Client-Kern gibt Nachricht an Client-Stub
- Client-Stub packt Resultat aus, übergibt an Client

Unterschiede RPC / Funktionsaufruf

Parameter

- Call by Reference (unüblich, nicht unmöglich)
- statt dessen: Kopieren

Fragestellungen

- komplexe Datenstrukturen als Parameter: deep copy
- Fehlerisolation
- Sicherheit

Effizienz

- Funktionsaufruf: 0–100 Takte
- Lokales RPCs: 1000–10000 Takte

Fehlerbehandlungen

Fehlersemantik Funktionsaufruf

- exakt ein Aufruf / exactly once

Verfälschte Botschaften

- erkennbar und korrigierbar durch redundante Kodierung

Verlorene Request-Botschaft

- Timeout und Wiederholung

Verlorene Reply-Botschaft

- Timeout und Wiederholung des Requests
- dann: „at least once“-Semantik / mögliche Duplikation
- sonst: „at most once“-Semantik

RPC-Fehlersemantik

May Be

- Nachricht genau einmal versenden, keine Kontrolle

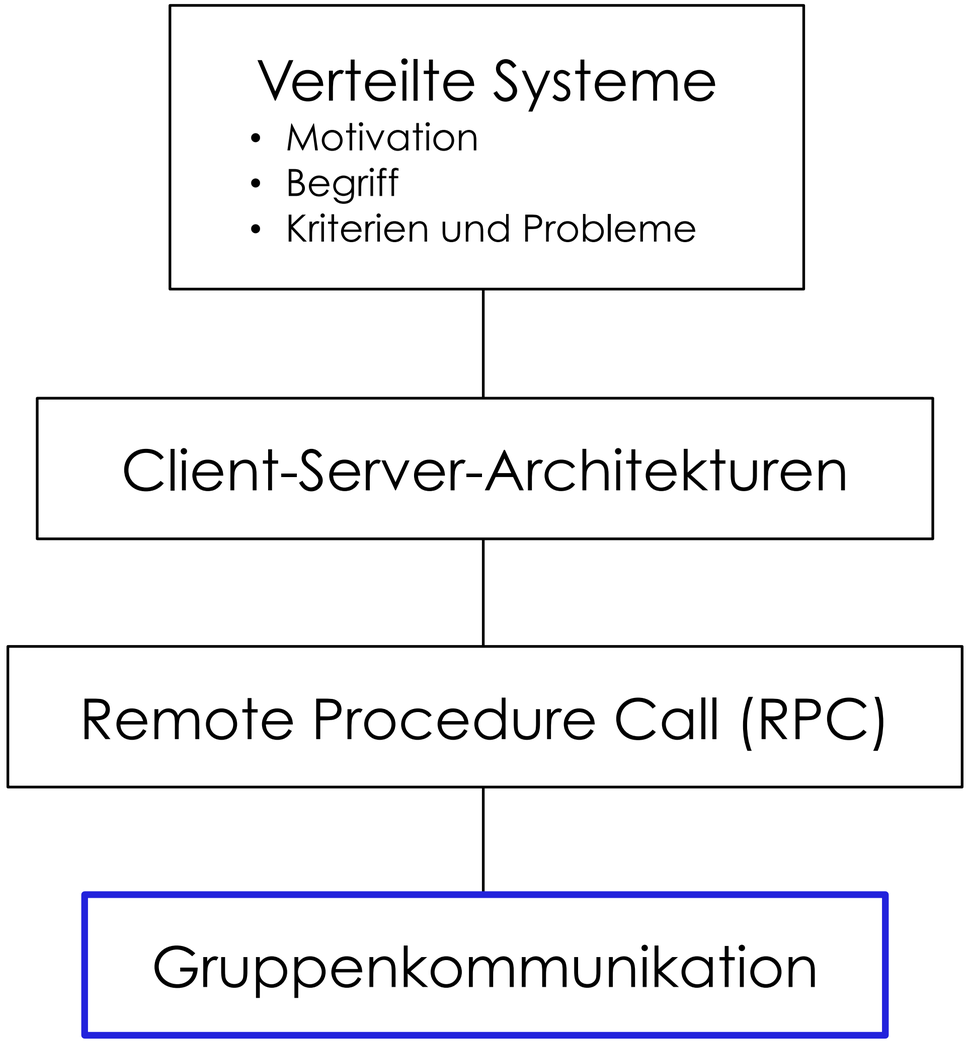
At Least Once (originales NFS, SUN RPC)

- wiederholtes Senden der Request-Botschaft bis zum Reply
- nur für Anwendungen mit idempotenter Semantik

At Most Once

- Senden einer Fehlernachricht:
  Duplikat-Erkennung / Reply-Wiederholung
- wenn Server nicht ausfällt und ein Reply kommt, dann „exactly once”-Semantik, sonst unklar

Wegweiser


Verteilte Systeme
• Motivation
• Begriff
• Kriterien und Probleme
Client-Server-Architekturen
Remote Procedure Call (RPC)
Gruppenkommunikation

Gruppen-IPC: Multicast

Gruppe

Menge von Prozessen, die auf eine vom System oder von Nutzern festgelegte Art zusammenarbeiten

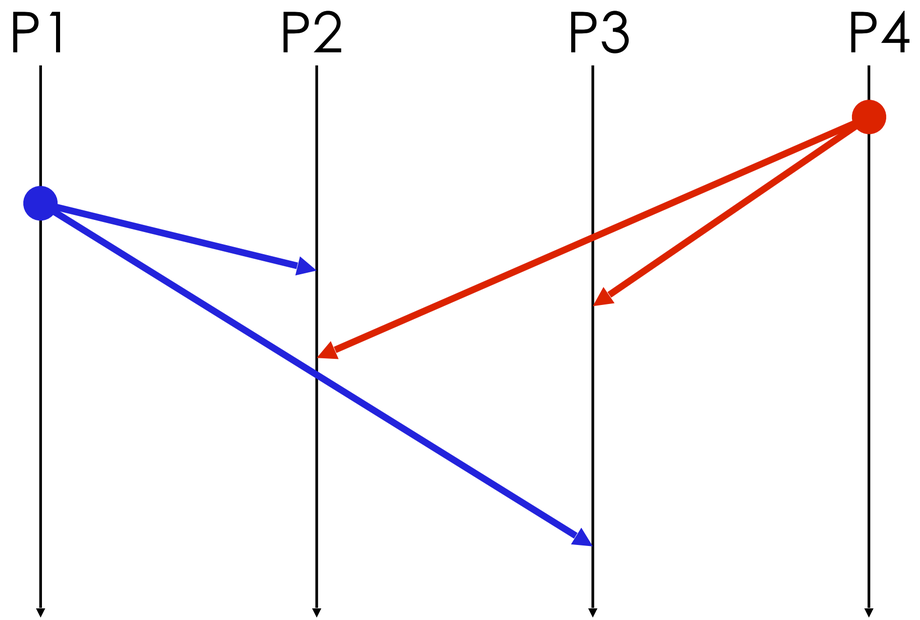
Multicast

1 Botschaft eines Prozesses an alle Prozesse einer Gruppe

Anwendungen

- Fehlertoleranz und Skalierbarkeit durch replizierter Server
- Konsistenz von Kopien (multiple update)
- Auffinden von Objekten in verteilten Anwendungen
- Bandbreitenreduzierung (1 mal übertragen statt n mal)

Botschaften-Reihenfolge



P1, P4	Klienten
P2, P3	replizierte Server
Botschaften	Schreib-Operationen führen zu Konsistenz-Problem

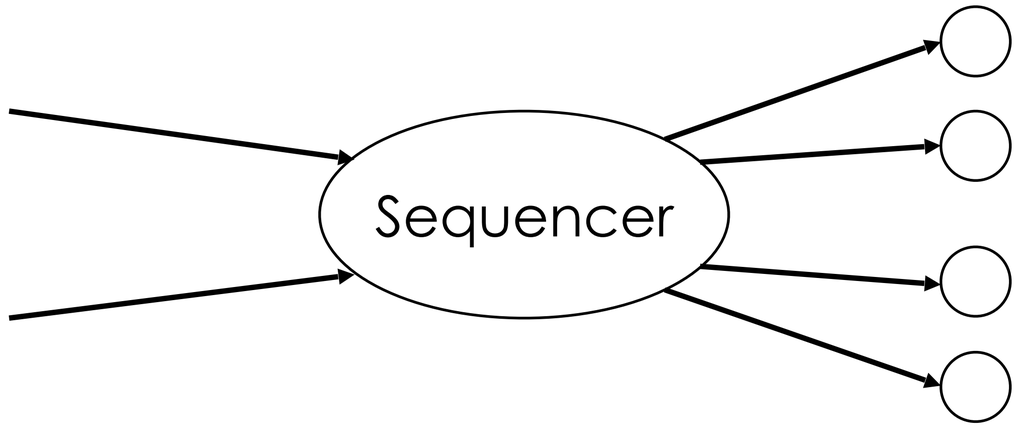
Botschaften-Reihenfolge

Totally Ordered Multicast

Werden mehrere Botschaften an eine Gruppe gesendet, so werden sie von allen Mitgliedern der Gruppe in gleicher Reihenfolge empfangen

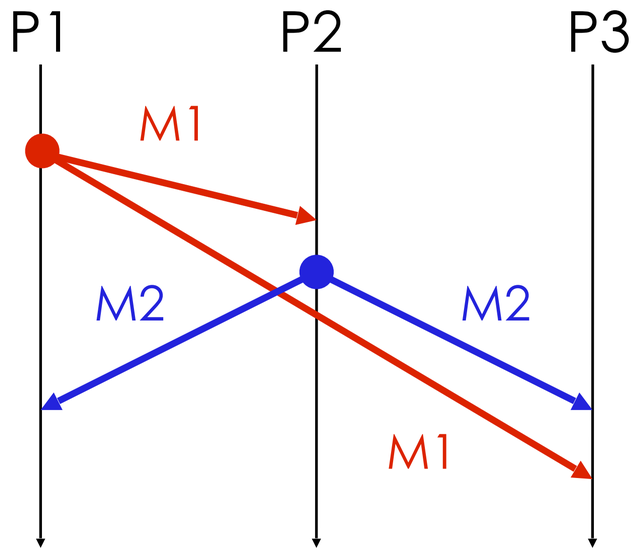
Mögliche Implementierung

ein Prozess (Sequencer) ist für Zustellung zuständig



Botschaften-Reihenfolge

Beispiel für nicht kausal geordnet:



P1, P2, P3	Teilnehmer an verteiltem Datenspeicher
M1	Anfrage
M2	Antwort auf Anfrage

Causally Ordered Multicast

Aufrechterhaltung einer potentiellen kausalen Abhängigkeit zwischen Ereignissen

Zusammenfassung

- Inter Process Communication
- Grundlagen verteilter Systeme
- Client-Server-Architekturen
- Fehlersemantik

Werkzeuge

- original: SunRPC & rpcgen
- moderner: Google Protocol Buffers & gRPC
- oder JSON, REST, …