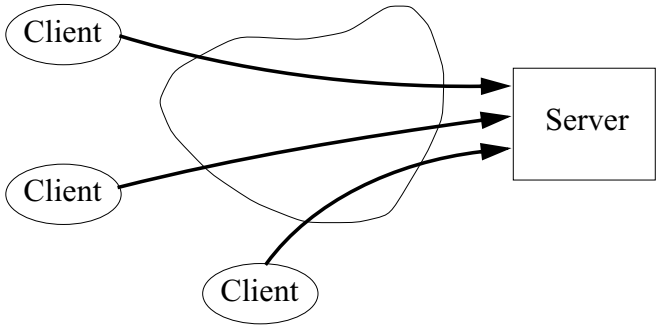
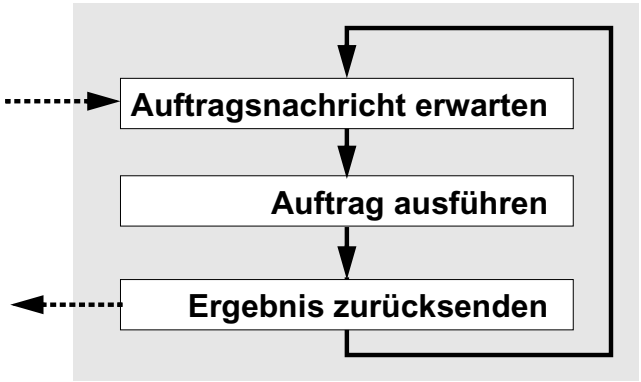
Iterative Server

- Problem: Viele “gleichzeitige” Aufträge



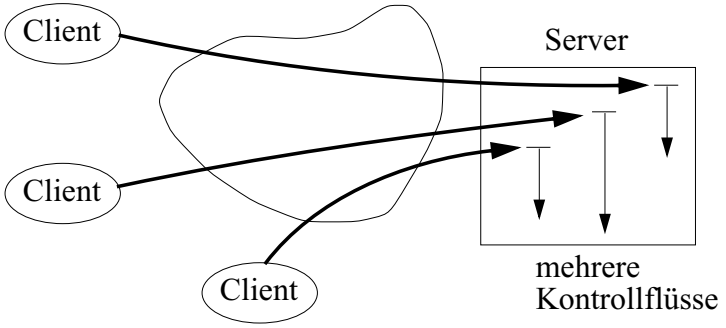
- *Iterative Server* bearbeiten nur einen Auftrag pro Zeit



- häufige Bezeichnung: “single threaded”
- eintreffende Anfragen während Auftragsbearbeitung: abweisen, puffern oder einfach ignorieren
- einfach zu realisieren
- bei “trivialen” Diensten sinnvoll (mit kurzer Bearbeitungszeit)

Konkurrente (“nebenläufige”) Server

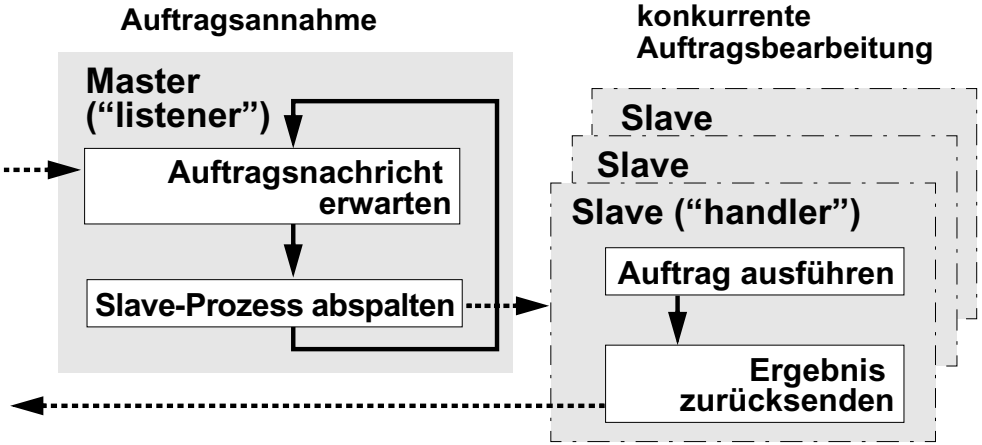
- Gleichzeitige Bearbeitung mehrerer Aufträge
  - sinnvoll (d.h. effizienter für Clients) bei langen Aufträgen (z.B. in Verbindung mit E/A)
  - Beispiel: Web-Server oder Suchmaschinen



- Ideal bei Mehrprozessormaschinen (physische Parallelität)
  - aber auch bei Monoprozessor-Systemen (vgl. Argumente bei Timesharing-Systemen): Nutzung erzwungener Wartezeiten eines Auftrags für andere Jobs; kürzere mittlere Antwortzeiten bei Jobmix aus langen und kurzen Aufträgen
- Interne Synchronisation bei konkurrenten Aktivitäten sowie ggf. Lastbalancierung beachten
- Verschiedene denkbare Realisierungen, z.B.
  - mehrere Prozessoren
  - Verbund verschiedener Server-Maschinen (Server-Farm, -Cluster)
  - dynamische Prozesse (bei Monoprozessor-Systemen)
  - dynamische threads
  - feste Anzahl vorgegründeter Prozesse
  - internes Scheduling und Multiprogramming

Konkurrente Server mit dynamischen Handler-Prozessen

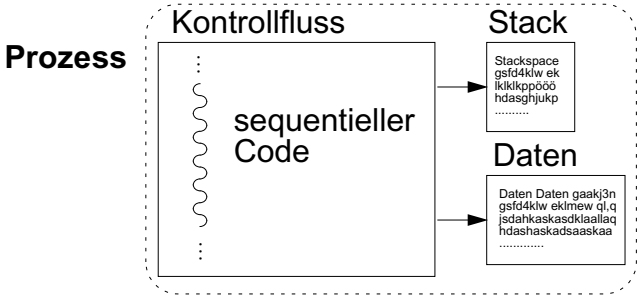
- Für jeden Auftrag gründet der *Master* einen neuen *Slave*-Prozess und wartet dann auf einen neuen Auftrag
  - neu gegründeter Slave ("handler") übernimmt den Auftrag
  - Client kommuniziert dann ggf. direkt mit dem Slave (z.B. über dynamisch eingerichteten Kanal bzw. Port)
  - Slaves sind ggf. Leichtgewichtsprozesse ("thread")
  - Slaves terminieren i.a. nach Beendigung des Auftrags
  - die Anzahl gleichzeitiger Slaves sollte begrenzt werden

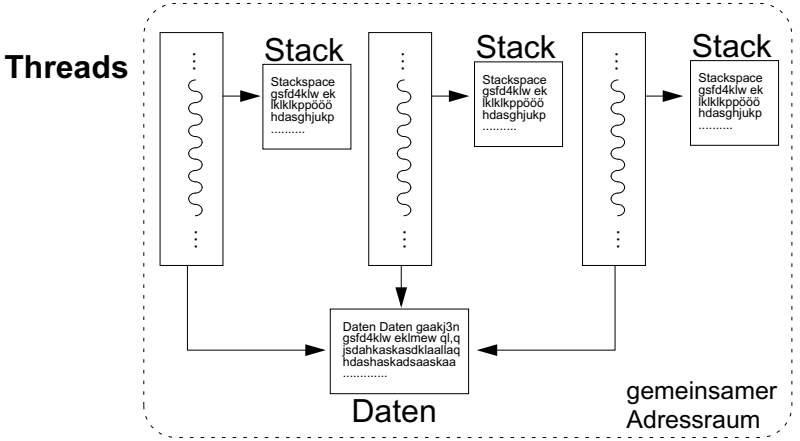


- Alternative: "Process preallocation": Feste Anzahl statischer Slave-Prozesse
  - ggf. effizienter (u.a. Wegfall der Erzeugungskosten)
- Übungsaufgaben:
  - herausfinden, wie es bei Web-Servern gemacht wird (z.B. Apache)
  - wie sollte man bei grossen WWW-Suchmaschinen vorgehen?

Threads

- Threads = leichtgewichtige Prozesse mit gemeinsamem Adressraum

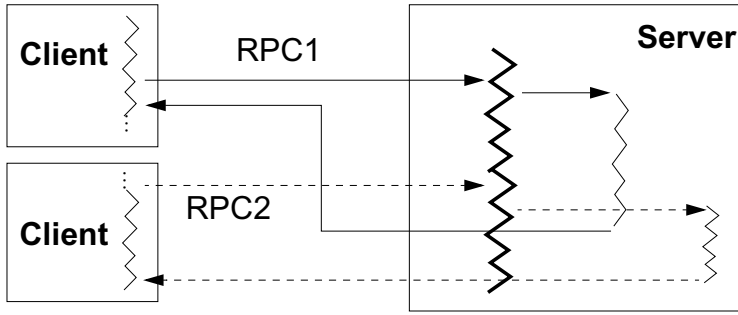




- Einfache Kommunikation zwischen Kontrollflüssen
  - aber: kein gegenseitiger Schutz; ggf. Synchronisation bzgl. Speicher
- Thread hat weniger Zustandsinformation als ein Prozess
- Kontextwechsel daher i.a. wesentlich schneller
  - kein Umschalten des Adressraumkontexts
  - Cache und Translation Look Aside Buffer (TLB) bleiben "warm"
  - ggf. Umschaltung ohne aufwendigen Wechsel in privilegierten Modus

Wozu Multithreading bei Client-Server-Middleware?

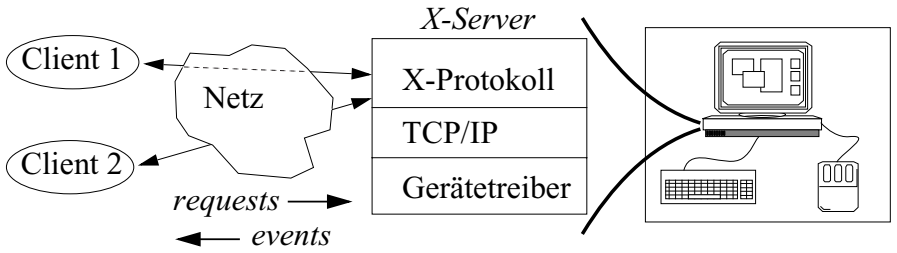
- *Server*: quasiparallele Bearbeitung von RPC-Aufträgen
  - Server bleibt ständig empfangsbereit



- *Client*: Möglichkeit zum „asynchronen RPC“
  - Hauptkontrollfluss delegiert RPCs an nebenläufige Threads
  - keine Blockade durch Aufrufe im Hauptfluss
  - echte Parallelität von Client (Hauptkontrollfluss) und Server

“X-Window” als Client/Server-Modell

- Erstes netzwerkunabhängiges Graphik- und Fenstersystem für seinerzeit neue pixelorienterte Bildschirme
  - entwickelt Mitte der 80er Jahre am MIT, zusammen mit der Firma DEC



- i.a. bedient ein Server mehrere Client-Prozesse (“Applikationen”), die ihre Ausgabe auf dem gleichen Bildschirm erzeugen
- *Window-Manager*: Spezieller Client, der Grösse und Lage der Fenster und Icons steuert (Beispiele: twm, mwm, fvwm)

→ X windows system protocol (über TCP)

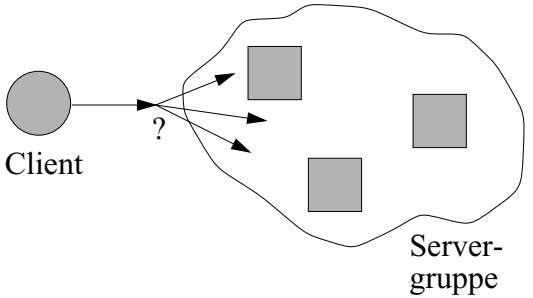
- *Requests*: Service-Anforderung an den X-Server (z.B. Linie in einer bestimmten Farbe zwischen zwei Koordinatenpunkten zeichnen); zugehörige Routinen stehen in einer Bibliothek (*Xlib*)
- *X-Library* (Xlib) ist die Programmierschnittstelle zum X-Protokoll; damit manipuliert ein Client vom Server verwaltete Ressourcen (Window, font...); höhere Funktionen (z.B. Dialogboxen) in einem (von mehreren) X-Toolkit
- *Events*: Tastatur- und Mauseingaben (bzw. -bewegungen) werden vom X-Server asynchron an den Client des “aktiven Fensters” gesendet (keine klassische Server-Rolle → schwierig mit RPCs zu realisieren!)
- X ist ein *verteiltes System*: Client-Prozesse können sich auf verschiedenen Rechnern befinden
- *X-Terminal* hatte Server-Software im ROM bzw. lädt sie beim Booten (heute gegenüber PC preislich kaum ein Vorteil, vgl. auch “Web-Terminal”)
- vielfältige Standard-*Utilities* und *Tools* (xterm, xclock, xload...)

Servergruppen und verteilte Server

- Idee: Ein Dienst wird nicht von einem einzigen Server, sondern von einer Gruppe von Servern erbracht

a) *Multiple Server*

- Jeder einzelne Server kann den Dienst erbringen
- Zweck:
  - *Leistungssteigerung* (Verteilung der Arbeitslast auf mehrere Server) ← “Lastverbund”
  - *Fehlertoleranz* durch Replikation (Verfügbarkeit auch bei vereinzelten Server-Crashs) ← “Überlebensverbund”

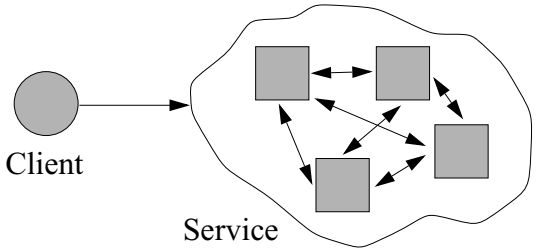


- z.B. Multicast an eine Server*gruppe*
- oder Auswahl eines *bestimmten* Servers (z.B. nahegelegenen oder wenig belasteten)

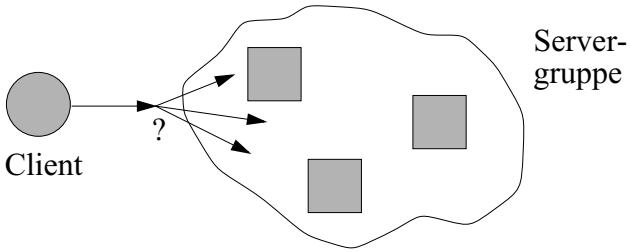
b) *Kooperative Server*

← “Know-how-Verbund”

- ein Server allein kann den Dienst nicht erbringen



Serverwahl bei einem Lastverbund

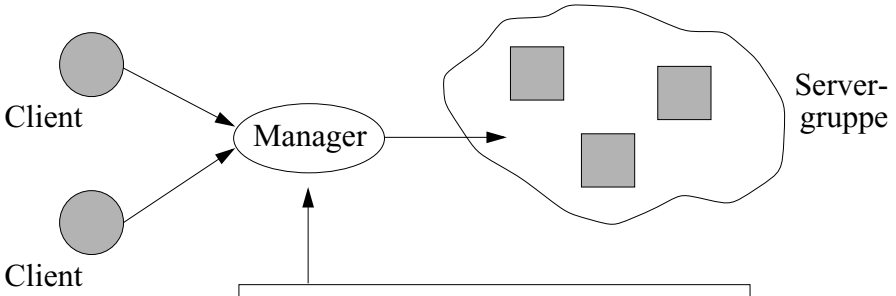


1) *Zufallsauswahl*

- Einfaches, effizientes Protokoll
- Nachteile:
  - Client muss mehrere Server kennen
  - ggf. ungleichmässige Auslastung

Stellen Verfahren mit "round robin"-Einträgen im DNS-System eine solche Zufallsauswahl dar?

2) *Zentraler Service-Manager*

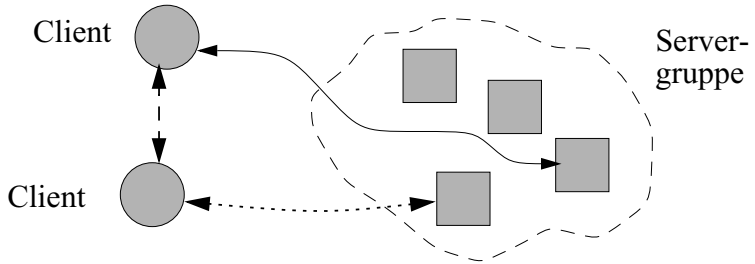


- sorgt für sinnvolle Verteilung (wie?)
- behält ggf. Überblick über Aufträge
- informiert sich ggf. von Zeit zu Zeit über die Server-Lastsituation

- Nachteile:
  - Overhead bei trivialen Diensten
  - ggf. Überlastung des Managers
  - Dienstblockade bei Ausfall des Managers

Serverwahl bei Lastverbund (2)

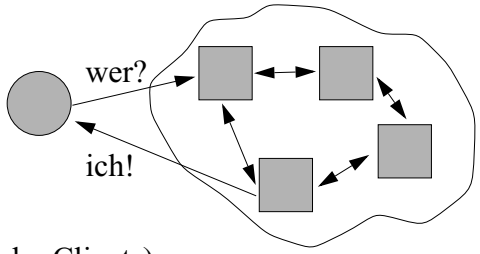
3) *Clients einigen sich untereinander*



- u.U. grosser Kommunikationsaufwand zwischen vielen Clients
- Clients kennen sich i.a. nicht (z.B. bei dynamisch gegründeten)

4) *Server einigen sich untereinander*, wer den Auftrag ausführt

- Abstimmung (aber fehlertolerant wegen möglichen Server-Ausfällen)



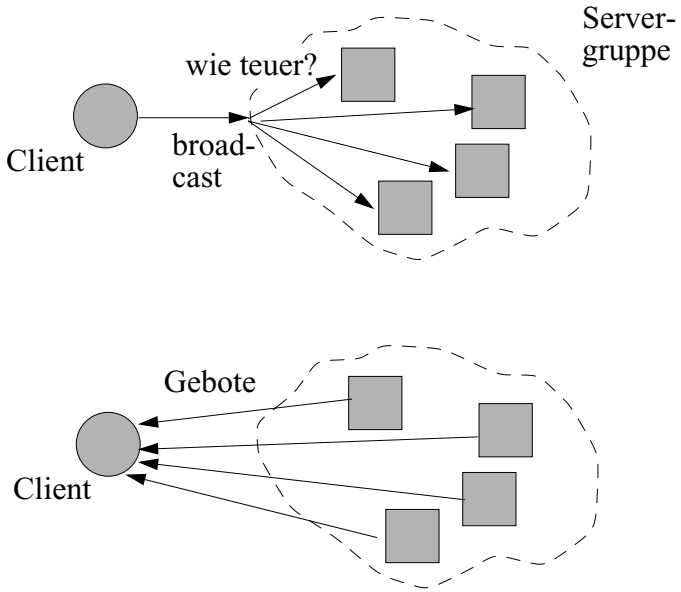
- i.a. nur bei wenigen Servern (relativ zur Zahl der Clients)
- Server führen Abstimmung diszipliniert durch (verlässlicher als Clients)

5) *"Anycast"*: der nächstliegende (=?) Server wird von der Netzinfrastruktur (Router etc.) bestimmt

Serverwahl bei Lastverbund (3)

6) *Bidding-Protokoll*

- Client fragt per Broadcast nach Geboten
- Server mit “billigstem” Angebot wird ausgewählt



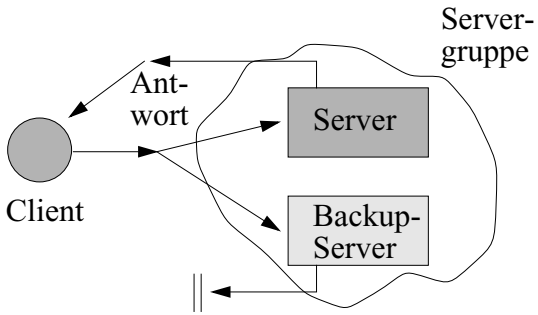
- Variante: nur *Stichprobe* befragen (multicast statt broadcast; sehr kleine Teilmenge von vielen Servern genügt i.a.!)

- Generelles Problem: Lastsituation kann veraltet sein!

Serverreplikation in Überlebensverbunden

1) *Zustandsinvariante Dienste*: im Prinzip einfach - nach Crash anderen Server nehmen...

2) *Zustandsändernde Dienste* (hier “hot stand by”):



aktiver Server

passiver Server im “hot stand-by”-Modus (ggf. mehr als einer)

- im Fehlerfall kann *unmittelbar* auf den Backup-Server umgeschaltet werden
- beachte: Replikation sollte transparent für die Clients sein!
- Auftrag wird per Multicast an alle Server verteilt
- nur die Antwort des aktiven Servers wird zurückgeliefert

Probleme:

- evtl. Subaufträge werden mehrfach erteilt (vom Server und Backup-Server) → Probleme mit zustandsändernden bzw. gegenseitig ausgeschlossenen Subdiensten
- Reihenfolge der Aufträge muss bei allen Servern identisch sein (→ Semantik von multicast insbesondere bei mehreren Clients)
- Resynchronisation nach einem Crash: Nach Neustart muss ein (passiver) Server mit dem aktuellen Zustand des aktiven Servers initialisiert werden (Zustand kopieren bzw. replay)