CoNe Freiburg

IIF INSTITUT FÜR INFORMATIK FREIBURG

Systeme II

6. Die Anwendungsschicht

Christian Schindelhauer
Technische Fakultät
Rechnernetze und Telematik
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Version 30.06.2014

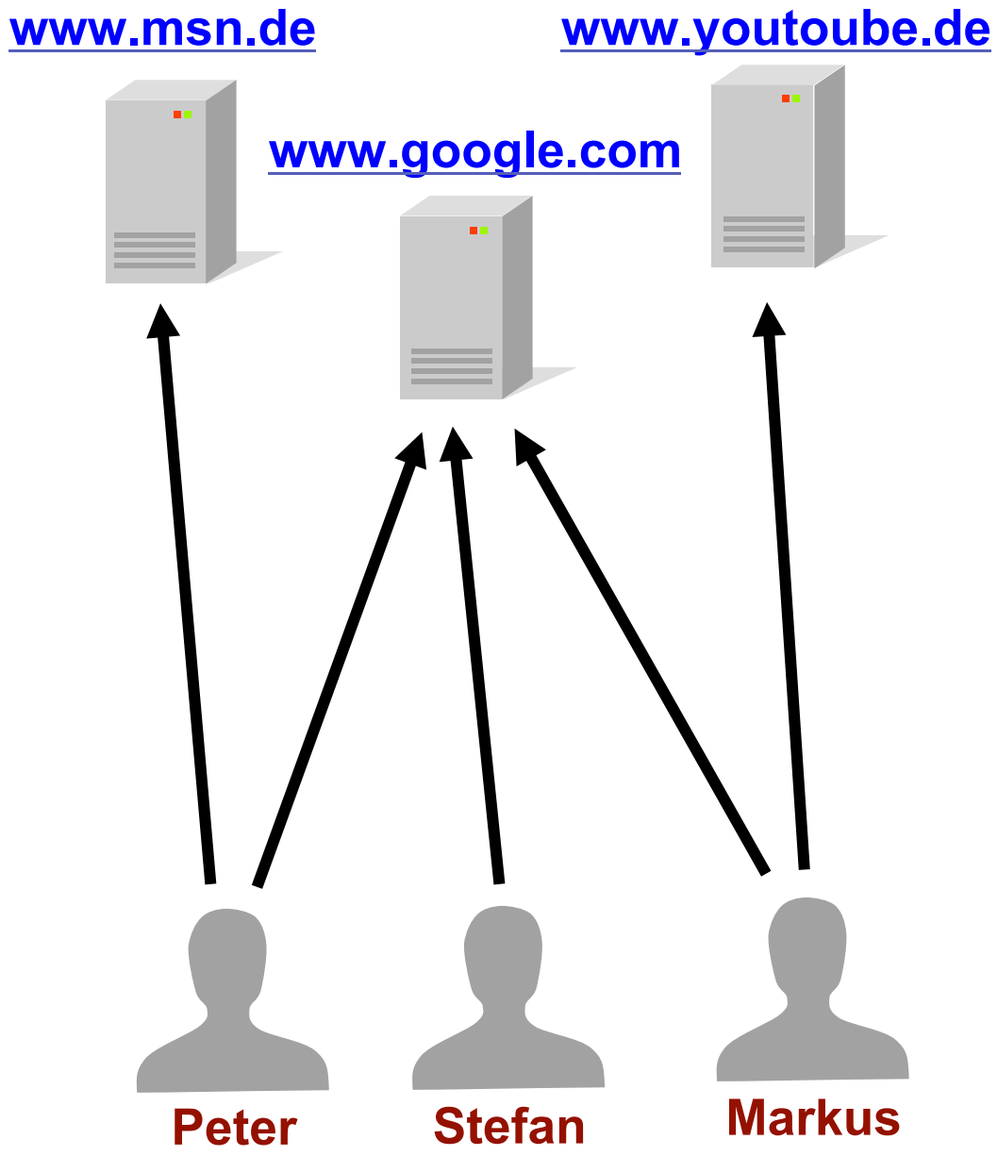
UNI FREIBURG

Content Distribution Networks (CDN)

- Eine koordinierte Menge von Caches
  - Die Last großer Web-Sites wird verteilt auf global verteilte Server-Farmen
  - Diese übernehmen Web-Seiten möglichst verschiedener Organisationen
    - z.B. News, Software-Hersteller, Regierungen
  - Beispiele: Akamai, Digital Island → Cloud
  - Cache-Anfragen werden auf die regional und lastmäßig bestgeeigneten Server umgeleitet
- Beispiel Akamai:
  - Durch verteilte Hash-Tabellen ist die Verteilung effizient und lokal möglich

WWW-Lastbalancierung

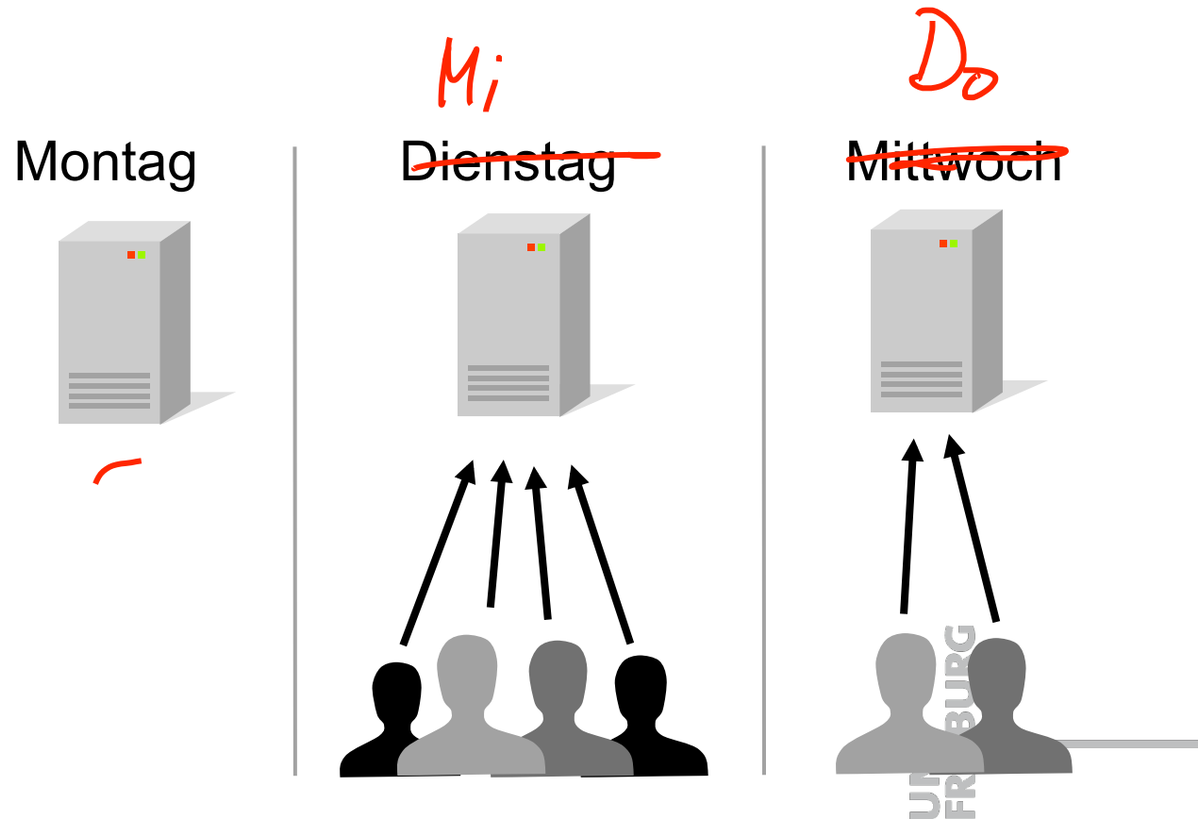
- Für Surfen im Web typisch:
  - Web-Server bieten Web-Seiten an
  - Web-Clients fordern Web-Seiten an
- In der Regel sind diese Mengen disjunkt
- Eingehende Anforderungen belasten Web-Server hinsichtlich:
  - Übertragungsbandbreite
  - Rechenaufwand (Zeit,Speicher)



Lastanforderungen

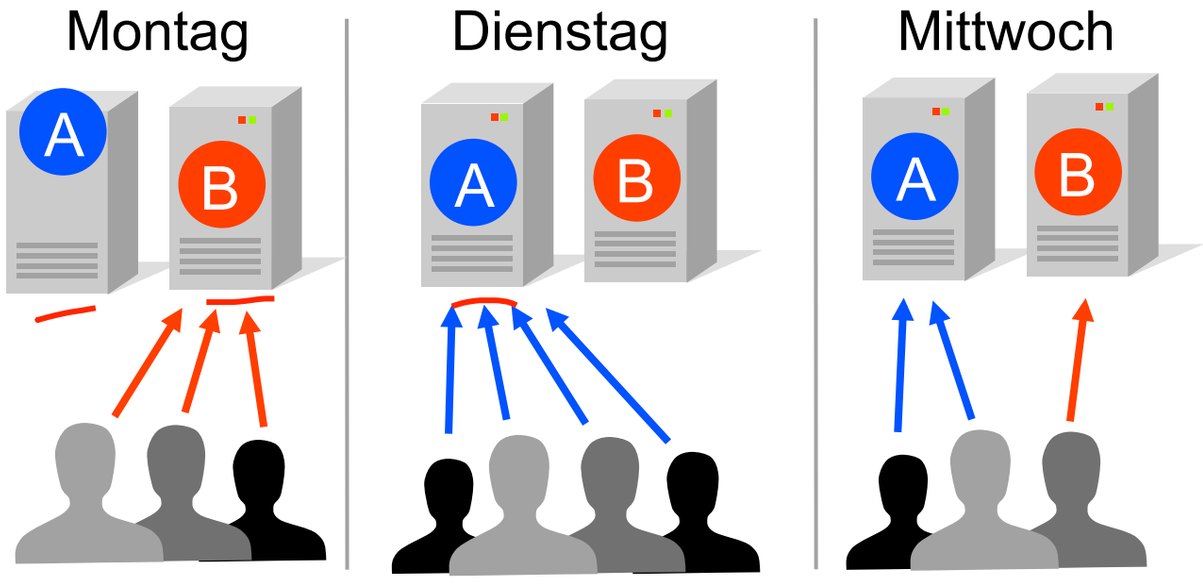
- Einige Web-Server haben immer hohe Lastanforderungen
  - Z.B. Nachrichten-Sites, Suchmaschinen, Web-verzeichnisse
  - Für permanente Anforderungen müssen Server entsprechen ausgelegt werden

- Andere leiden unter hohen Fluktuationen
  - z. B. bei besonderen Ereignissen:
    - fifa.com (Fussball-EM)
    - t-mobile.de (iPhone 6 Einführung)
  - Server-Erweiterung nicht sinnvoll
  - Bedienung der Anfragen aber erwünscht

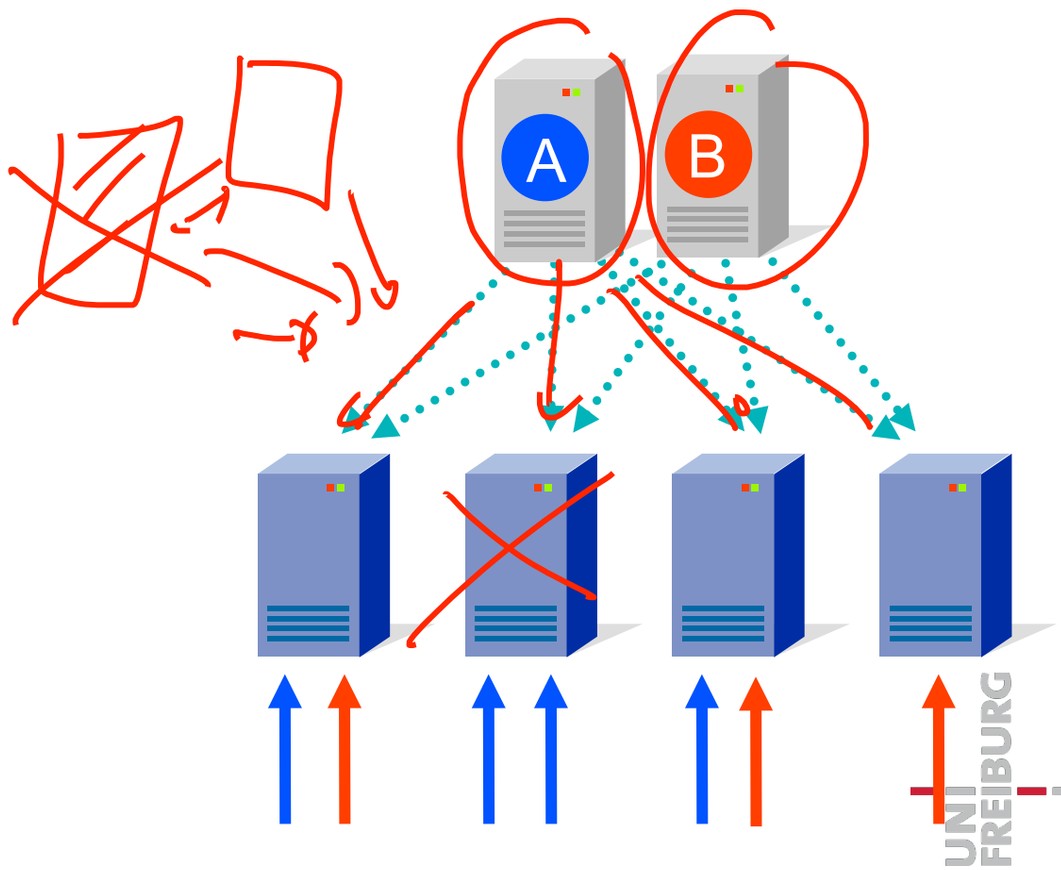


Lastbalancierung im WWW

- Fluktuationen betreffen meistens einzelne Server

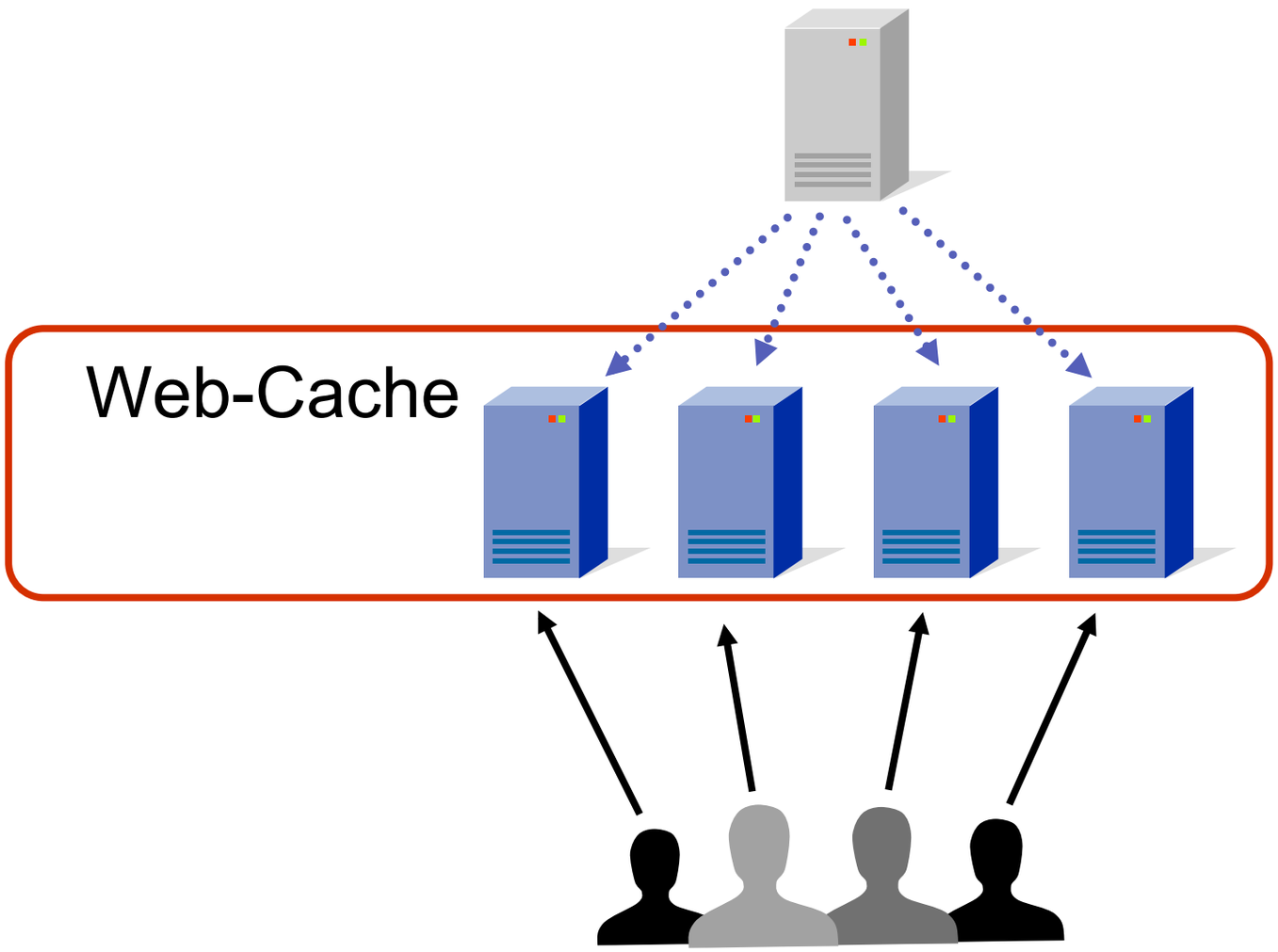


- (Kommerzielle) Lösung
  - Dienstleister bieten Ausweich-(Cache-)Server an
  - Viele Anforderungen werden auf diese Server verteilt
- Aber wie?



Web-Caching

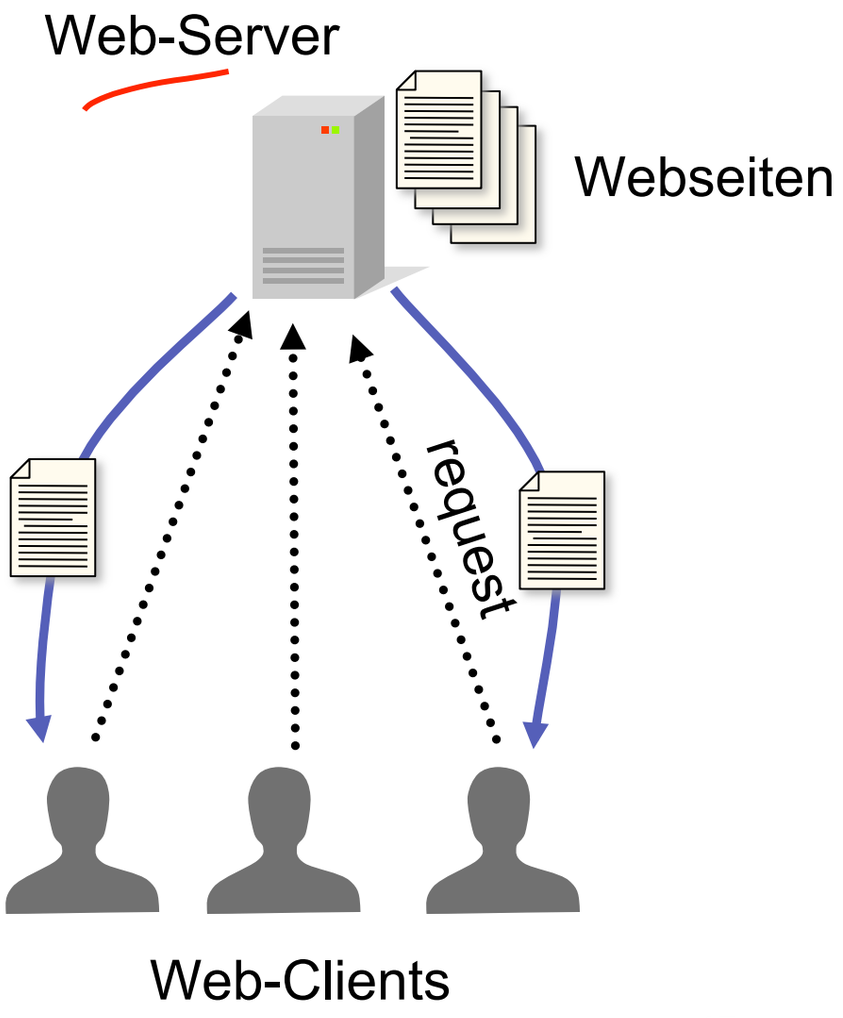
- Leighton, Lewin, et al.
  STOC 97
  - *Consistent Hashing and Random Trees: Distributed Caching Protocols for Relieving Hot Spots on the World Wide Web*
  - Passen bestehende Verfahren für dynamische Hash-Funktionen an WWW-Anforderungen an



- Leighton und Lewin (MIT) gründen Akamai 1997

Ausgangssituation

- Ohne Lastbalancierung:
  - Jeder Browser (Web-Client) belegt einen Web-Server für eine Web-Site

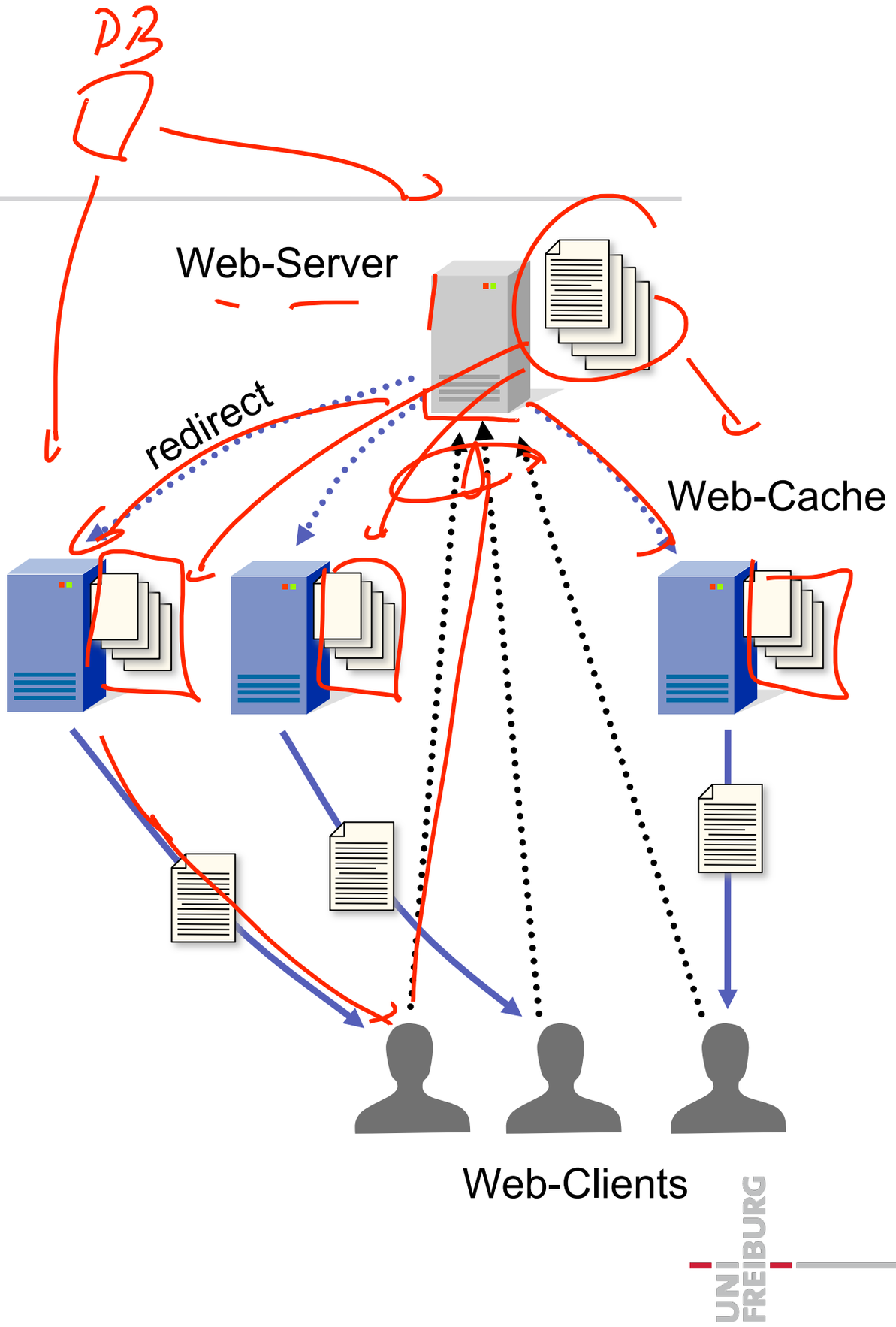


- Vorteil:
  - Einfach

- Nachteil:
  - Der Server muss immer für den Worst-Case ausgelegt werden

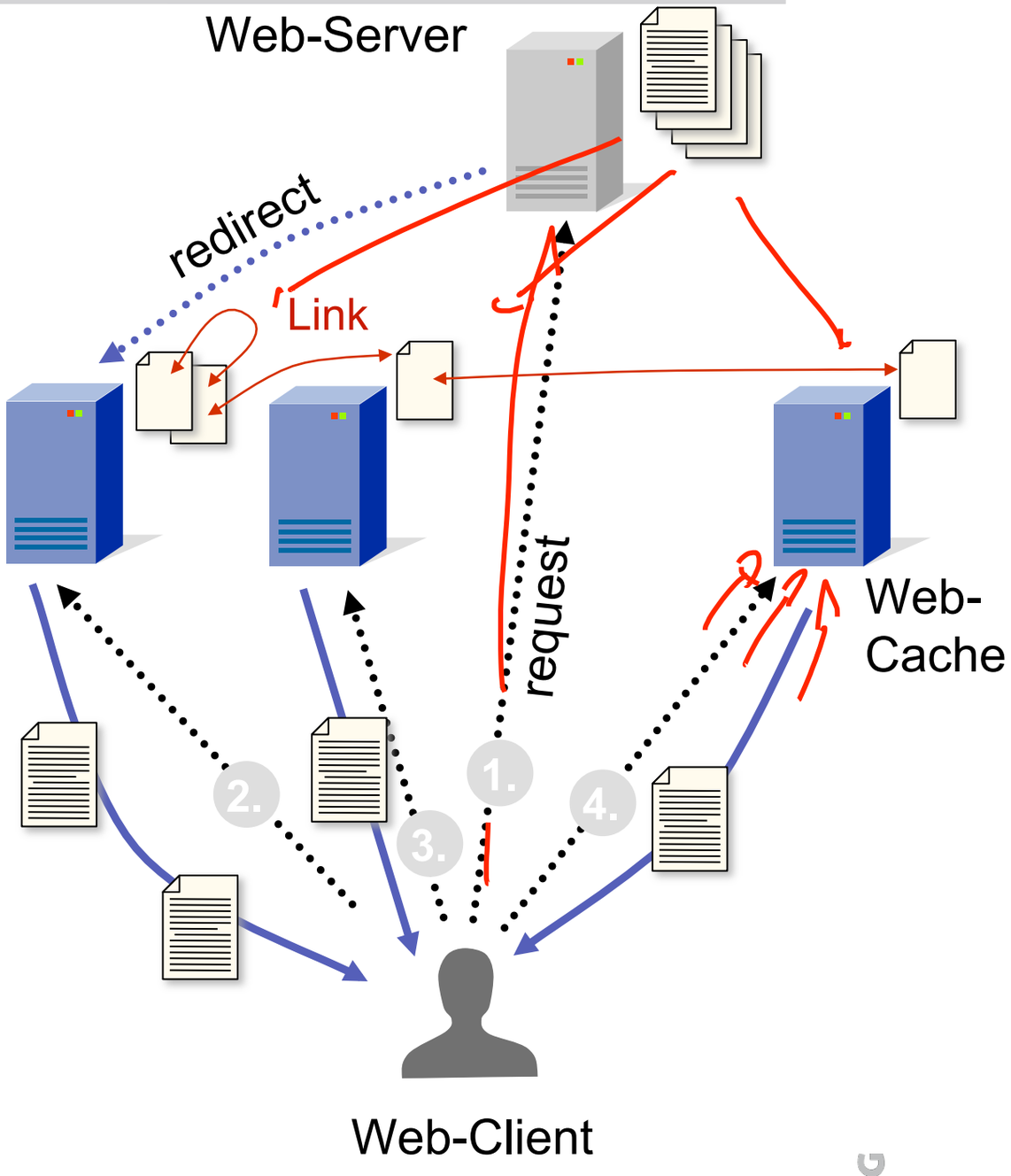
Site Caching

- Ganze Web-Site wird auf verschiedene Web-Caches kopiert
- Browser fragt bei Web-Server nach Seite
- Web-Server leitet Anfrage auf Web-Cache um (redirect)
- Web-Cache liefert Web-Seite aus
- Vorteil:
  - Gute Lastbalancierung für Seitenverteilung
- Nachteil:
  - Bottleneck: Redirect
  - Großer Overhead durch vollständige Web-Site-Replikationen



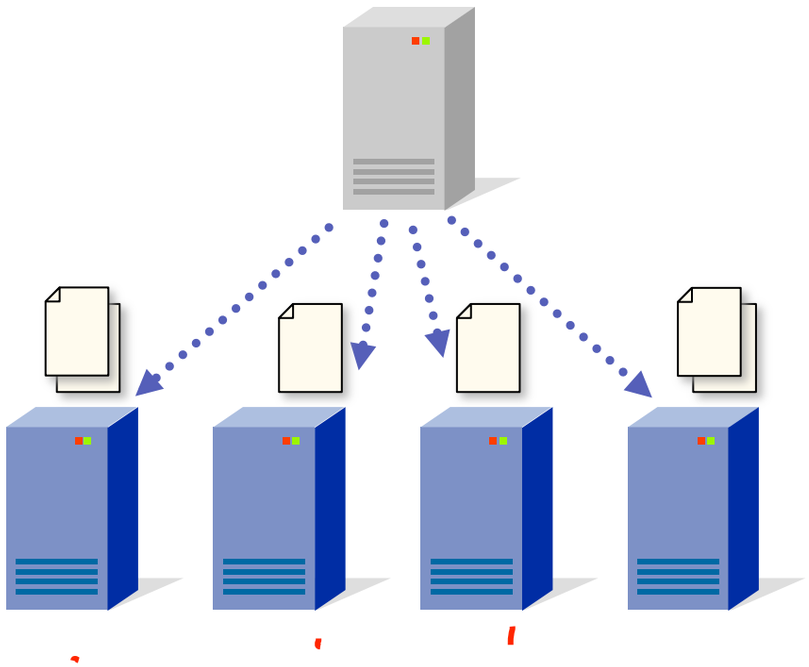
Proxy Caching

- Jede Web-Seite wird auf einige (wenige) Web-Caches verteilt
- Nur Startanfrage erreicht Web-Server
- Links referenzieren auf Seiten im Web-Cache
- Dann surft der Web-Client nur noch auf den Web-Cache
- Vorteil:
  - Kein Bottleneck
- Nachteil:
  - Lastbalancierung nur implizit möglich
  - Hohe Anforderung an Caching-Algorithmus

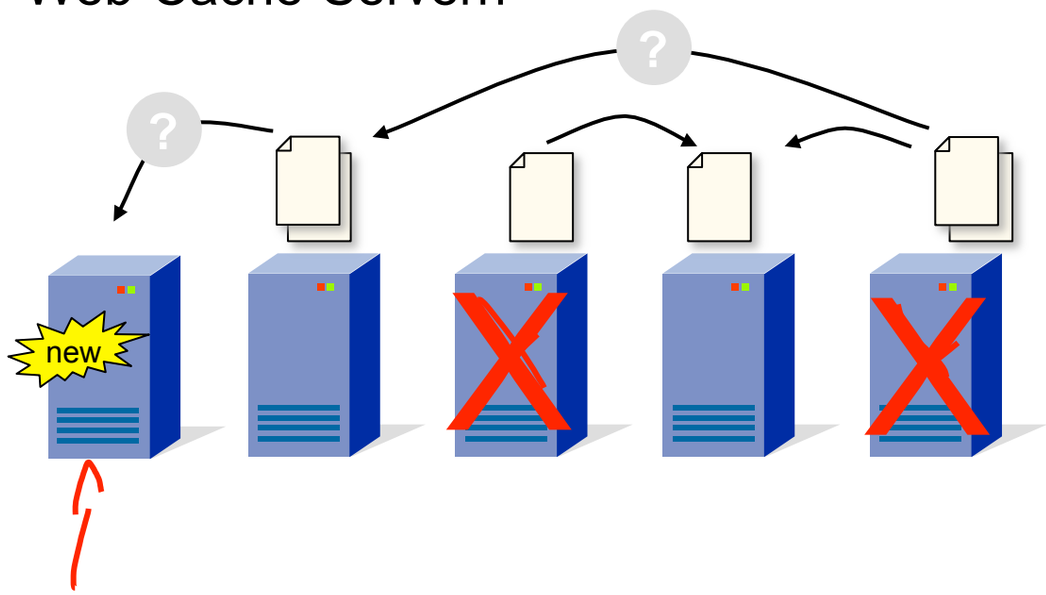


Anforderungen an Caching-Algorithmus

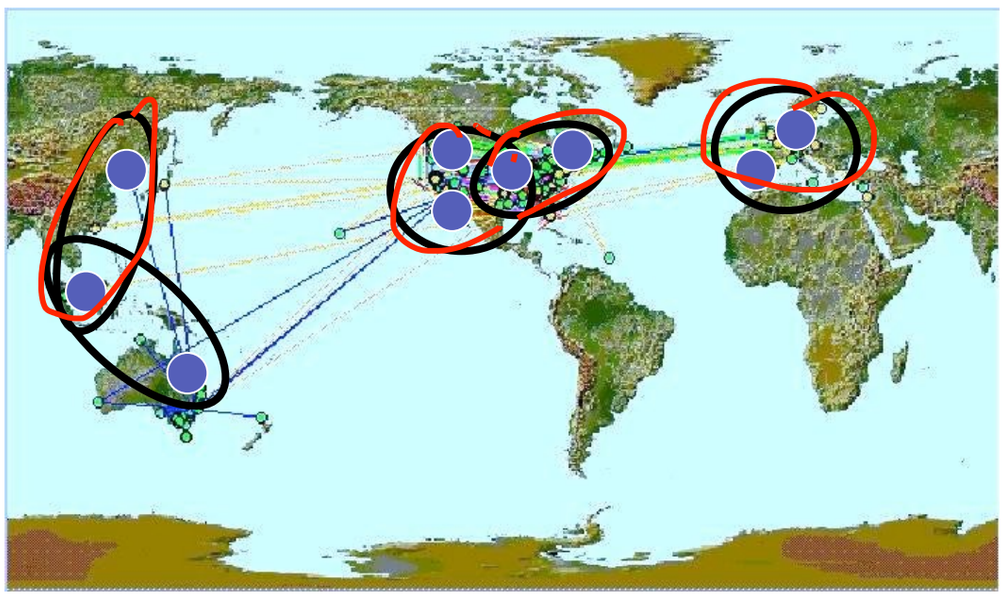
- Balance
  Gleichmäßige Verteilung der Seiten



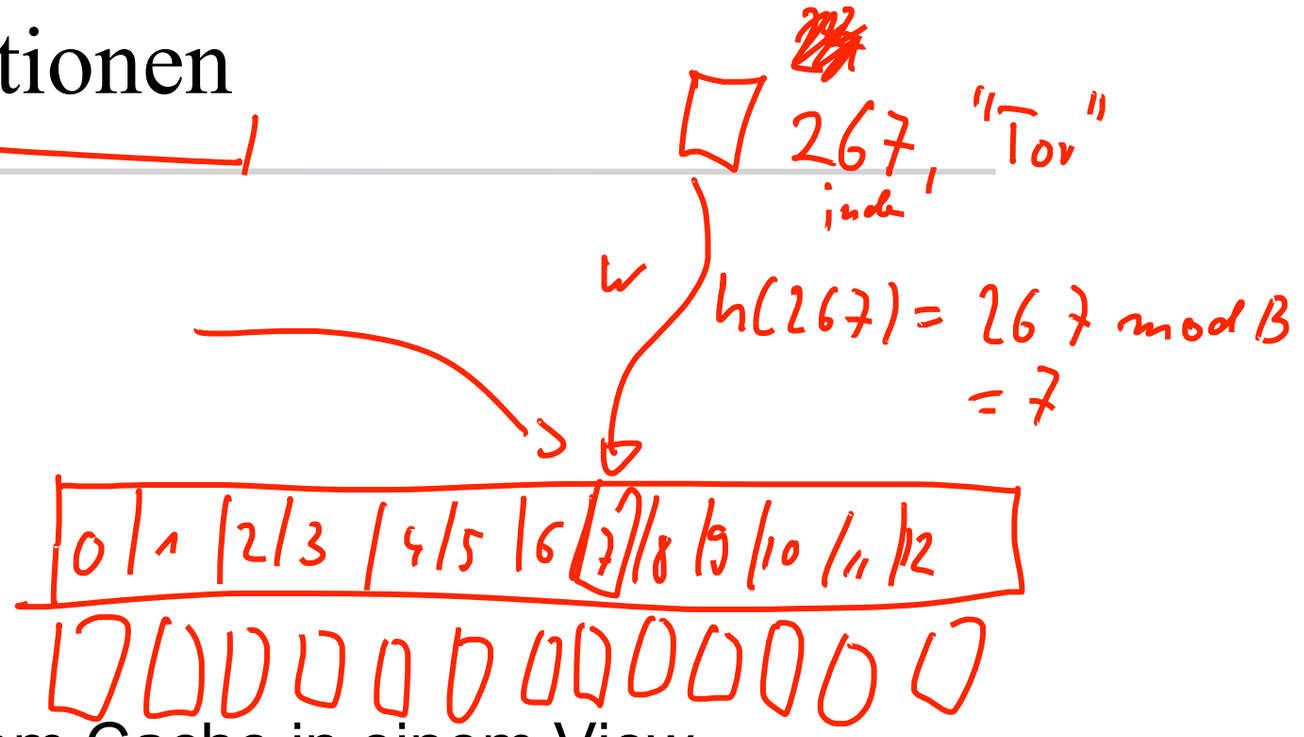
Dynamik
Effizientes Einfügen/Löschen von neuen Web-Cache-Servern



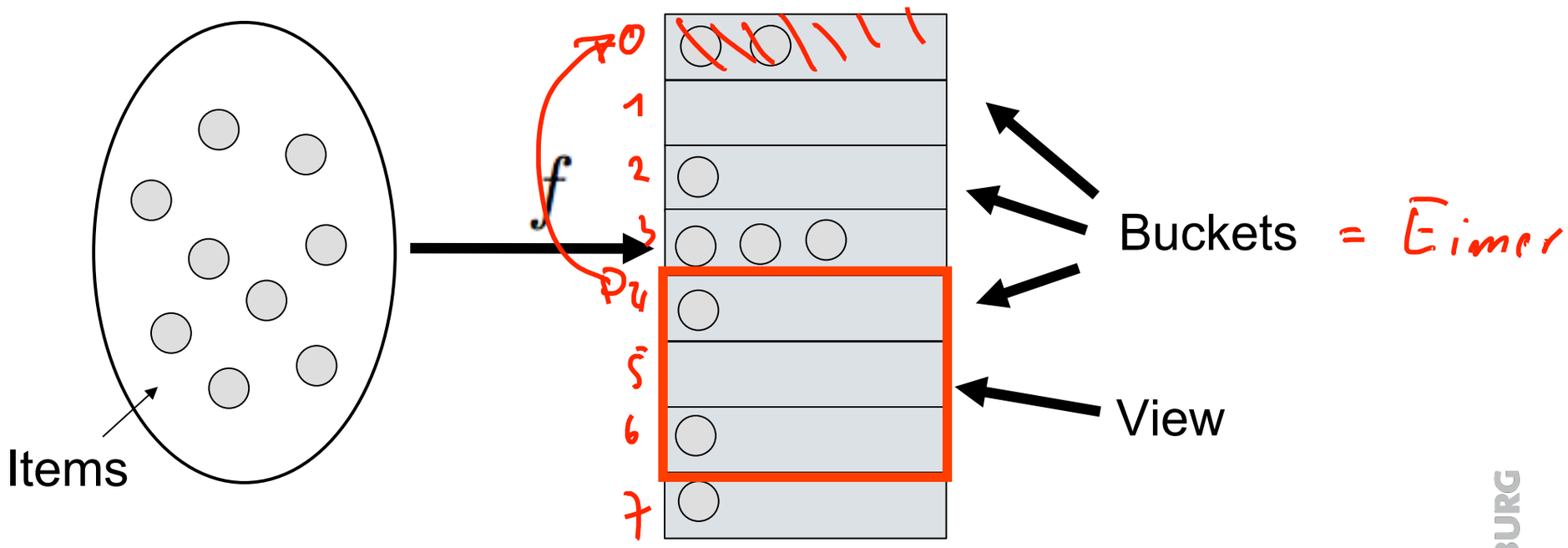
Views
Web-Clients „sehen“ unterschiedliche Menge von Web-Caches



Ranged Hash-Funktionen oder Verteilte Hash-Funktionen



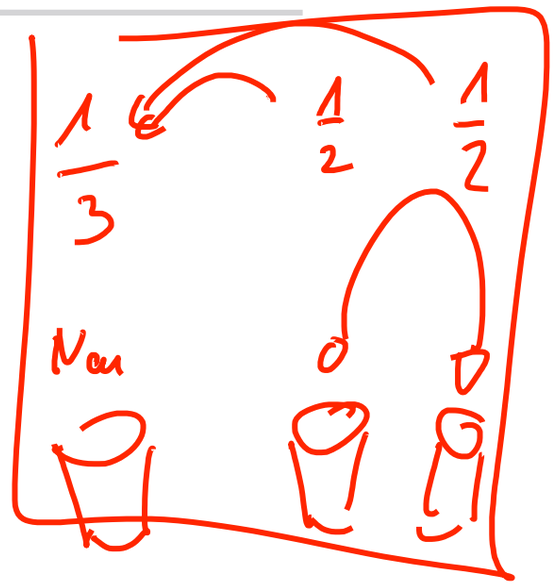
- Gegeben:
  - Elemente (Items)
  - Caches (Buckets)
  - Views: Menge von Caches
- Ranged Hash-Funktion:
  - Zuordnung eines Elements zu einem Cache in einem View



CoNe Freiburg

Anforderungen an Ranged Hash-Funktionen

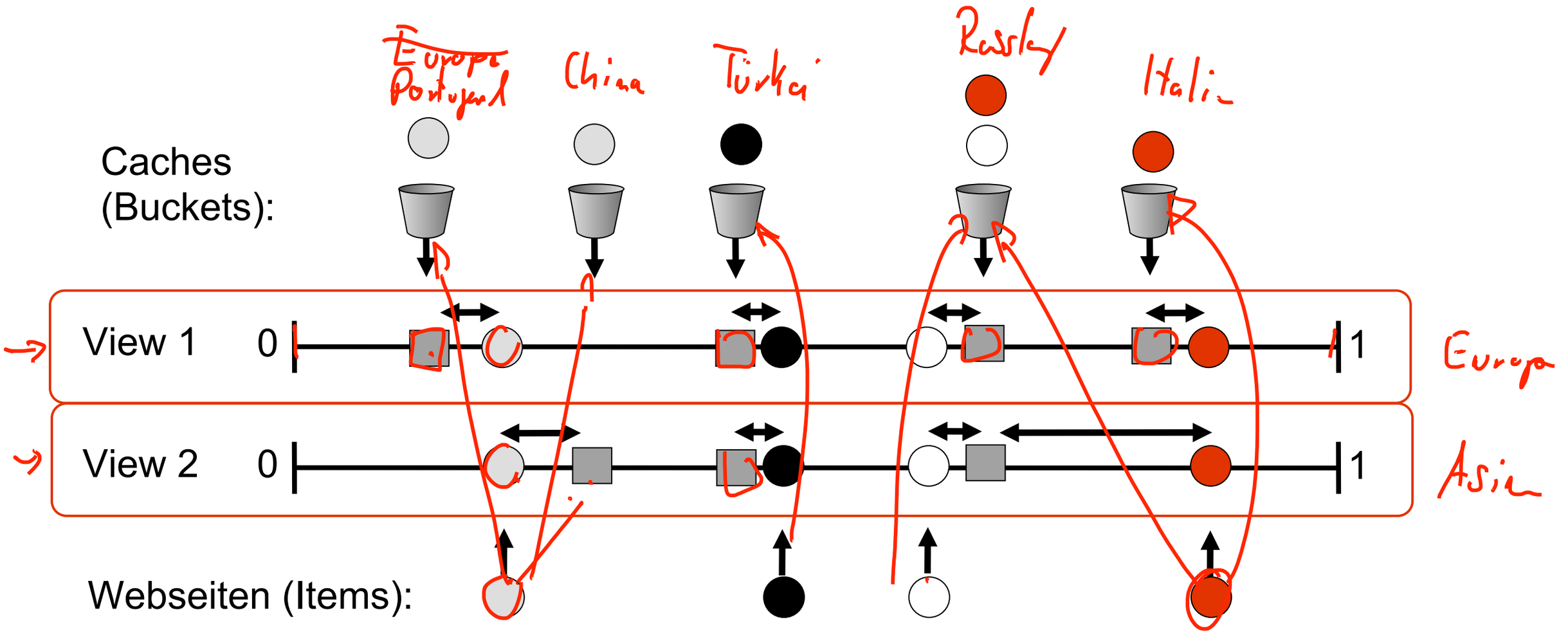
DHT



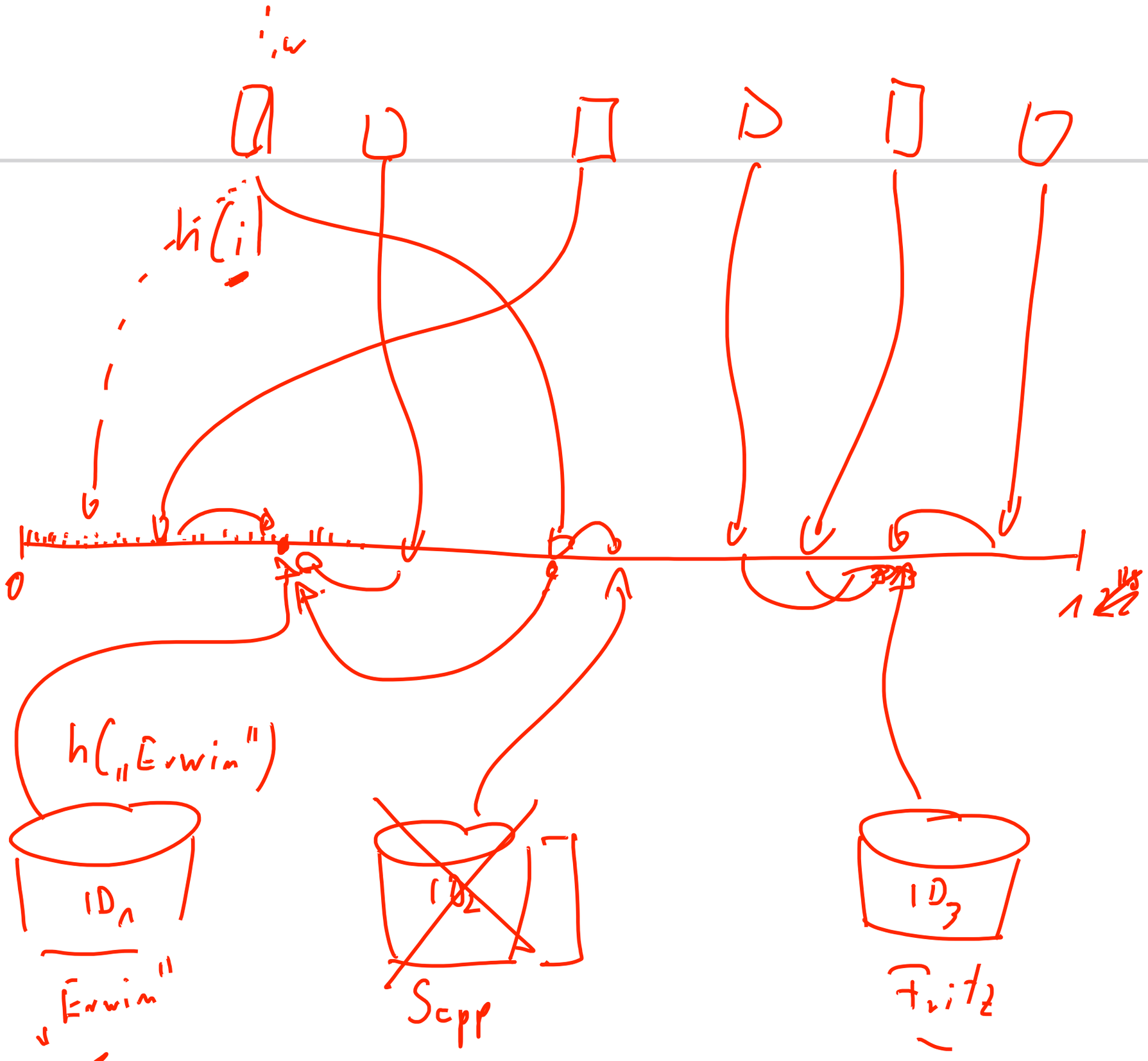
- Monotonie
  - nach dem Hinzufügen neuer Caches (Buckets) sollten keine Seiten (Items) zwischen alten Caches verschoben werden
- Balance
  - Alle Caches sollten gleichmäßig ausgelastet werden
- Spread (Verbreitung,Streuung)
  - Eine Seite sollte auf eine beschränkte Anzahl von Caches verteilt werden
- Load
  - Kein Cache sollte wesentlich mehr als die durchschnittliche Anzahl von Seiten enthalten

CoNe Freiburg

Distributed Hash Tables als Lösung

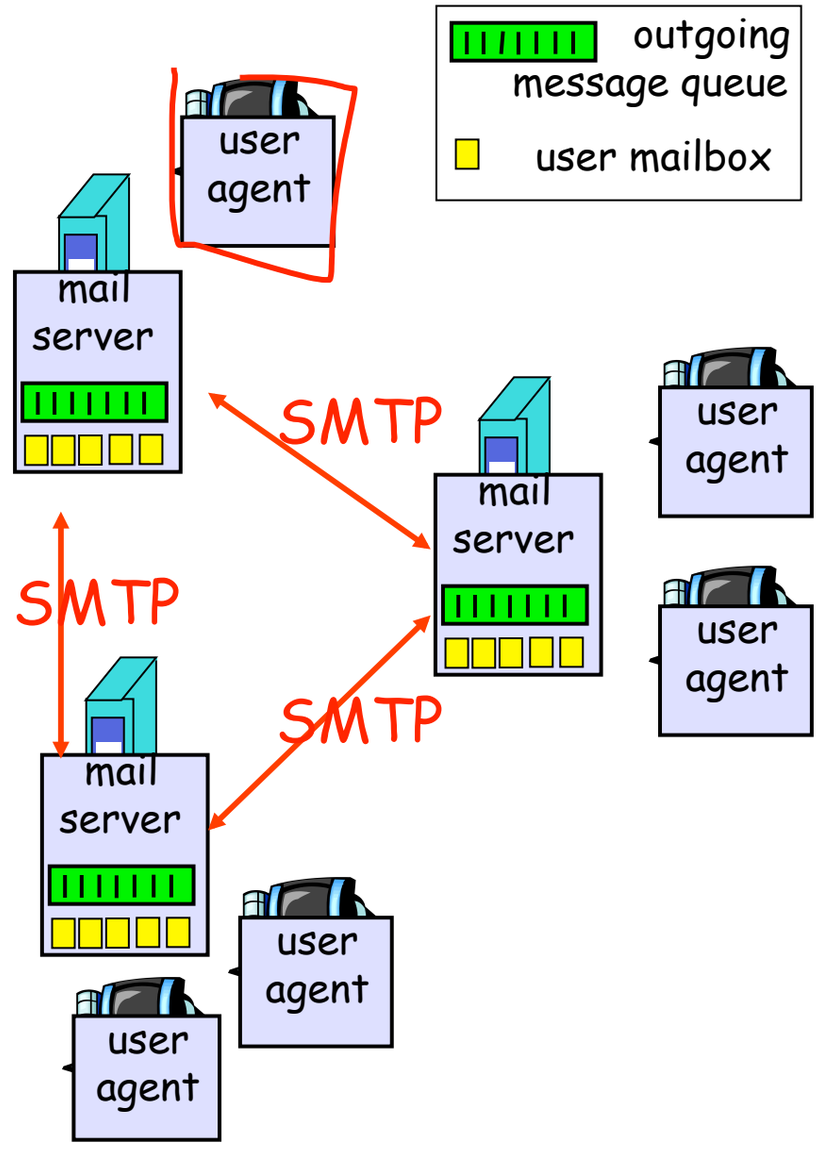


CoNe
Freiburg



Electronic Mail

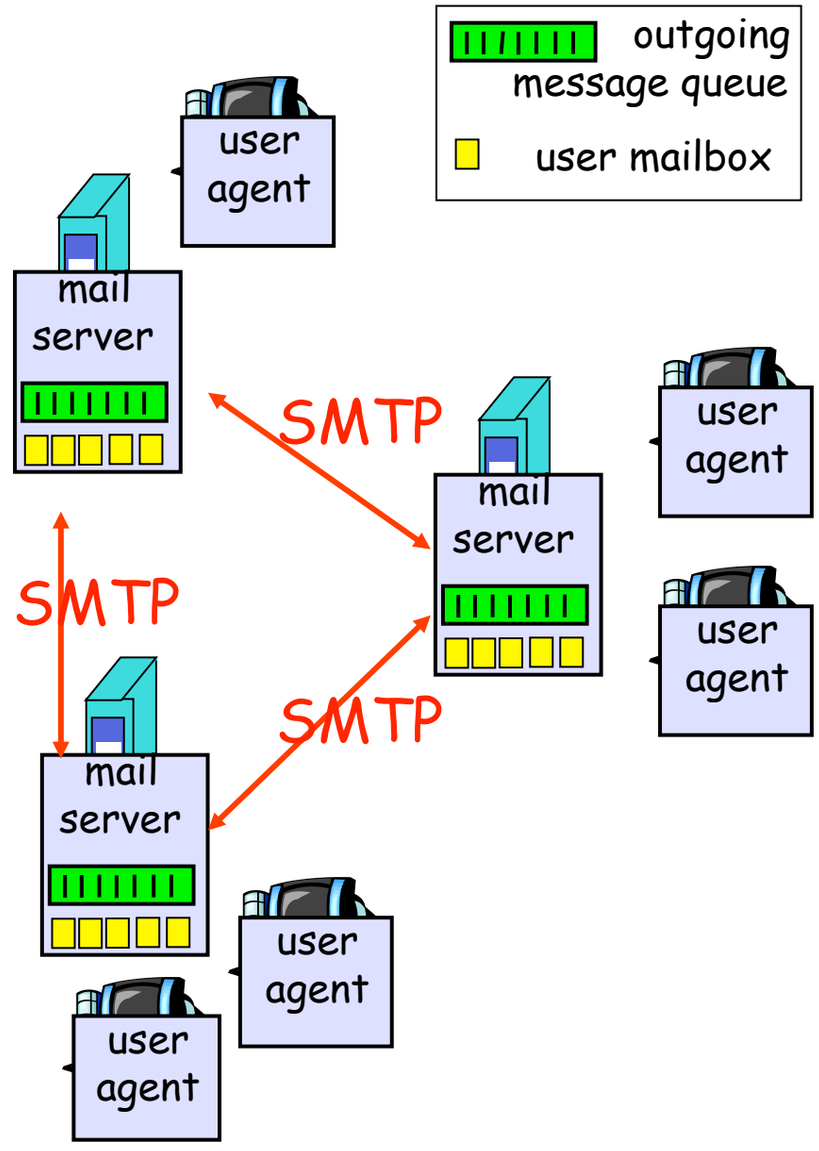
- Hauptkomponenten
  - user agents
  - mail servers
  - simple mail transfer protocol: SMTP
- User Agent
  - Mail Client
  - Erstellen, ändern und lesen von E-Mail-Nachrichten
  - z.B. Eudora, Outlook, pine, Mozilla Thunderbird
  - abgehende und ankommende Nachrichten werden auf dem Server gespeichert



CoNe Freiburg

Mail-Servers

- Mailbox speichert eingehende Nachrichten für den User
- Nachrichten-Warteschlange (queue) der zu versendenden Nachrichten
- SMTP-Protocol zwischen Mail-Servern um E-Mail-Nachrichten zu schicken

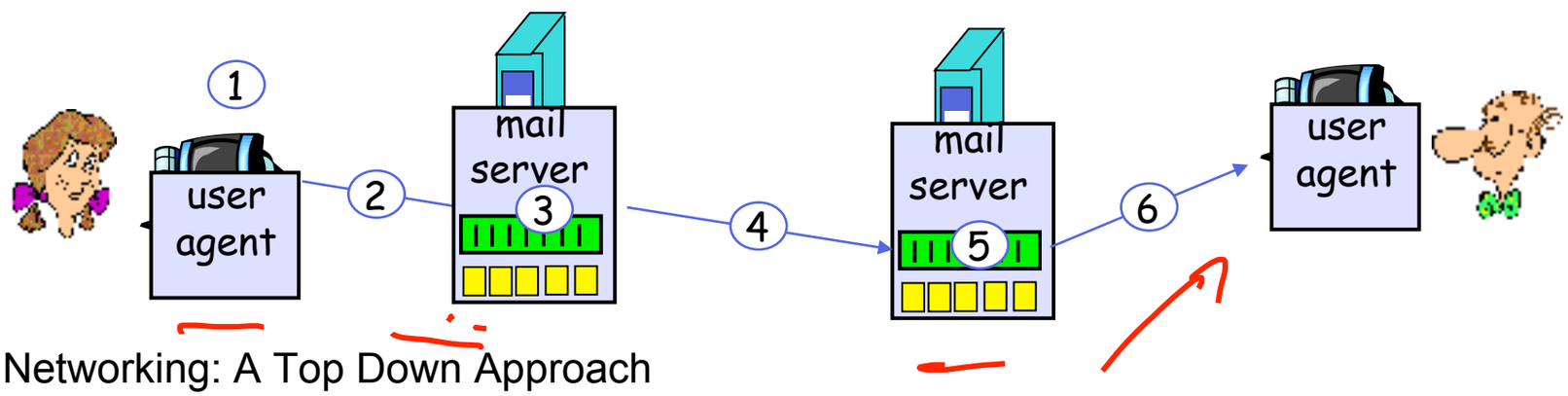


Electronic Mail: SMTP [RFC 2821]

- verwendet TCP um zuverlässig E-Mail-Nachrichten vom Client auf Port 25 zu verschicken
- Direkte Übertragung von Absender-Server zum Empfangs-Server
- 3 Phasen in der Übertragung
  - Handshake
  - Transfer der Nachricht
  - Abschluss
- Befehle und Antwort
  - Befehle als ASCII text
  - Antwort: Status-Code und Kurzbeschreibung
- Nachrichten sind in 7-bit ASCII

Beispiel: Alice sendet eine Nachricht an Bob

- 1) Alice verwendet UA um die Nachricht zu erzeugen mit Eintrag “to” bob@someschool.edu
- 2) Alice UA sendet die Nachricht zu ihren Mail-Server
  - Nachricht wird in der Nachrichtenwartenschlange platziert
- 3) Client-Seite des SMTP öffnet TCP-Verbindung mit Bobs Mail-Server
- 4) SMTP Client sendet Alice Nachricht über die TCP-Verbindung
- 5) Bobs Mail-Server schreibt die Nachricht in Bobs Mailbox
- 6) Bob ruft seinen User Agent auf, um die Nachricht zu lesen



Beispiel SMTP Interaktion

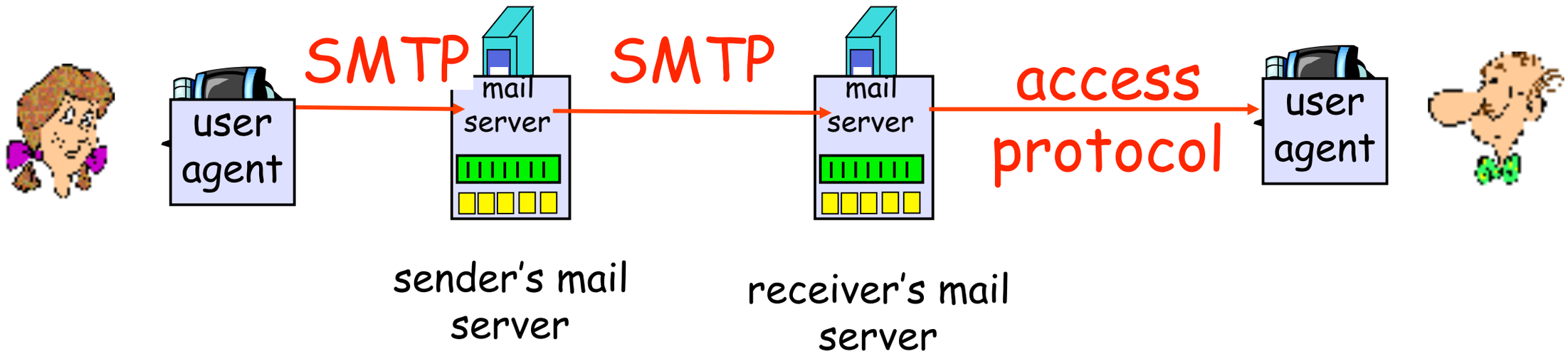
```
S: 220 hamburger.edu
C: HELO crepes.fr
S: 250  Hello crepes.fr, pleased to meet you
C: MAIL FROM: <alice@crepes.fr>
S: 250 alice@crepes.fr... Sender ok
C: RCPT TO: <bob@hamburger.edu>
S: 250 bob@hamburger.edu ... Recipient ok
C: DATA
S: 354 Enter mail, end with "." on a line by itself
C: Do you like ketchup?
C: How about pickles?
C: .
S: 250 Message accepted for delivery
C: QUIT
S: 221 hamburger.edu closing connection
```

SMTP - Abschließende Bemerkungen

- SMTP
  - verwendet persistente Verbindungen
  - verlangt Nachrichten (header & body) in 7-bit ASCII
  - SMTP-Server verwenden „CRLF.CRLF“ um das Ende einer Nachricht zu beschreiben
- Vergleich mit HTTP:
  - HTTP: pull
  - SMTP: push
  - beide haben ASCII Befehls- und Antwort-Interaktion und Status-Codes
- HTTP
  - jedes Objekt wird in eigener Nachricht verpackt
- SMTP
  - verschiedene Objekte werden in einer Multipart-Nachricht verschickt

UBE → spam

Mail-Zugriffsprotokolle



- SMTP: Auslieferung und Speicher zum Server des Empfängers
- Mail-Zugriffsprotocol: E-Mail-Abruf vom Server
  - POP: Post Office Protocol [RFC 1939]
    - Authentifizierung (zwischen Agent und Server) und Download
  - IMAP: Internet Mail Access Protocol [RFC 1730]
    - mehr Features und komplexer
      - Bearbeitung von gespeicherten Nachrichten **auf** dem Server
  - HTTP: gmail, Hotmail, Yahoo! Mail, web.de, etc.

CoNe Freiburg

POP3 und IMAP

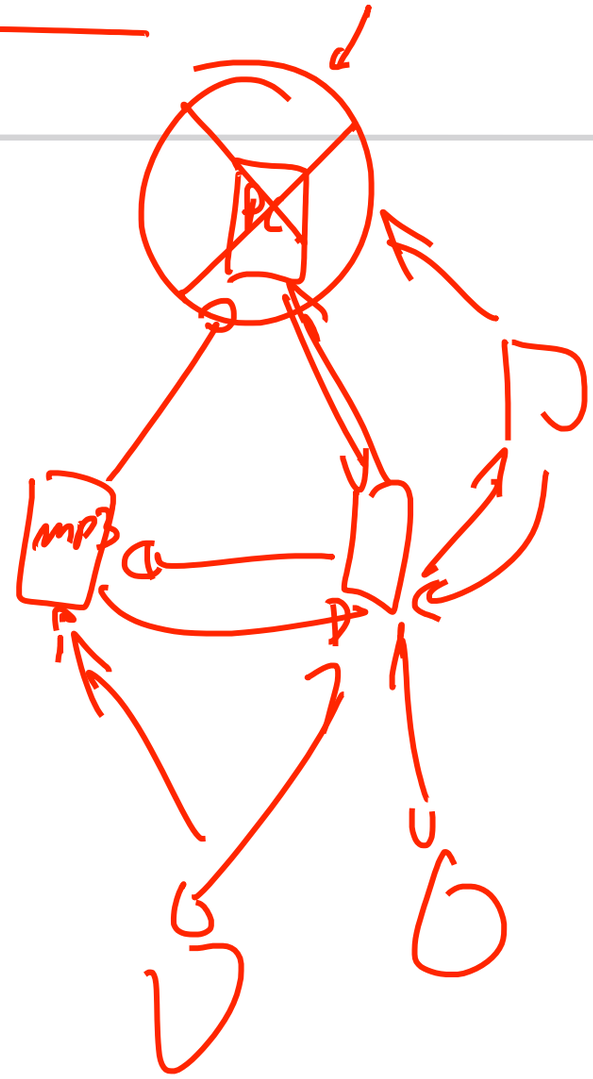
- POP3 (Post-Office-Protocol)
  - User kann im “download and delete” Modus E-Mails einmalig herunterladen
  - User kann E-Mails noch einmal lesen, wenn er den Client wechselt:
    - “Download-and-keep”: Kopien der Nachricht auf verschiedenen Clients
  - POP3 ist zustandslos (stateless) von einer Sitzung zur nächsten
- IMAP (Internet Message Access Protocol)
  - hält alle Nachrichten an einem Ort: dem Server
  - erlaubt dem User die Nachrichten in Ordnern zu organisieren
  - IMAP speichert den Benutzer-Status zwischen Sitzungen
  - Namen der Ordner und Zuordnung zwischen Nachrichten-ID und Ordnernamen

Donald Knuth

CoNe Freiburg

Meilensteine P2P Systeme

- Napster 1999-2000
  - Filesharing, nur rudimentäres P2P
- Gnutella 2000
  - 1. echtes P2P-Netzwerk
- Edonkey 2000
  - Mehr Filesharing als P2P
- FreeNet 2000
  - Anonymisiertes P2P-Netzwerk
- FastTrack 2001
  - KaZaa, Morpheus, Grokster
- Bittorrent 2001
- Skype 2003
  - VoIP (voice over IP), Chat, Video



CoNe Freiburg

Milestones Theorie

- Distributed Hash-Tables (DHT) (1997)
  - Ziel: Lastbalancierung für Web-Server
- CAN (2001)
  - DHT-Netzwerk-Struktur
- Chord (2001)
  - Erstes effiziente P2P-Netzwerk
  - Logarithmische Suchzeit
- Pastry/Tapestry (2001)
  - Effizientes verteiltes P2P-Netzwerk unter Verwendung des Plaxton-Routing
- Und viele andere Ansätze
  - Viceroy, Distance-Halving, Koorde, Skip-Net, P-Grid, ...
- In den letzten fünf Jahren:
  - Network Coding for P2P
  - Game theory in P2P
  - Anonymity, Security

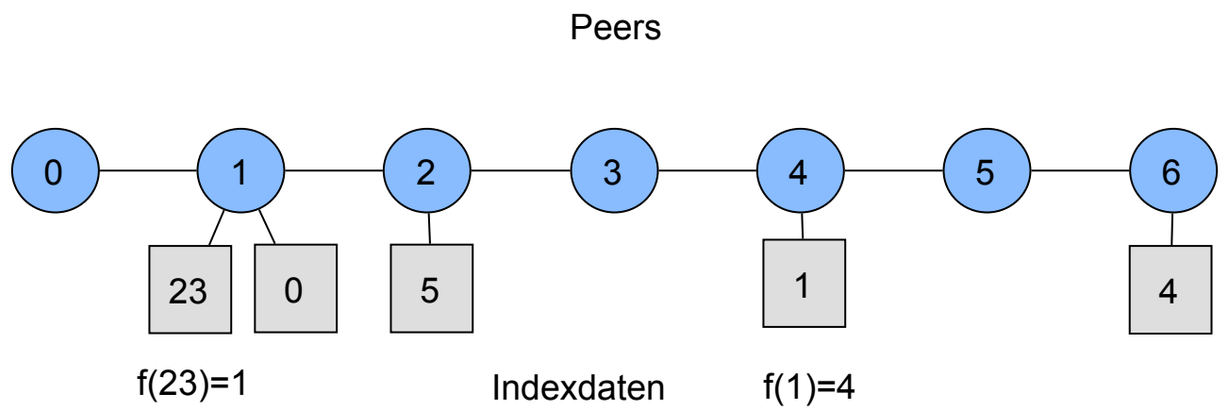
CoNe Freiburg

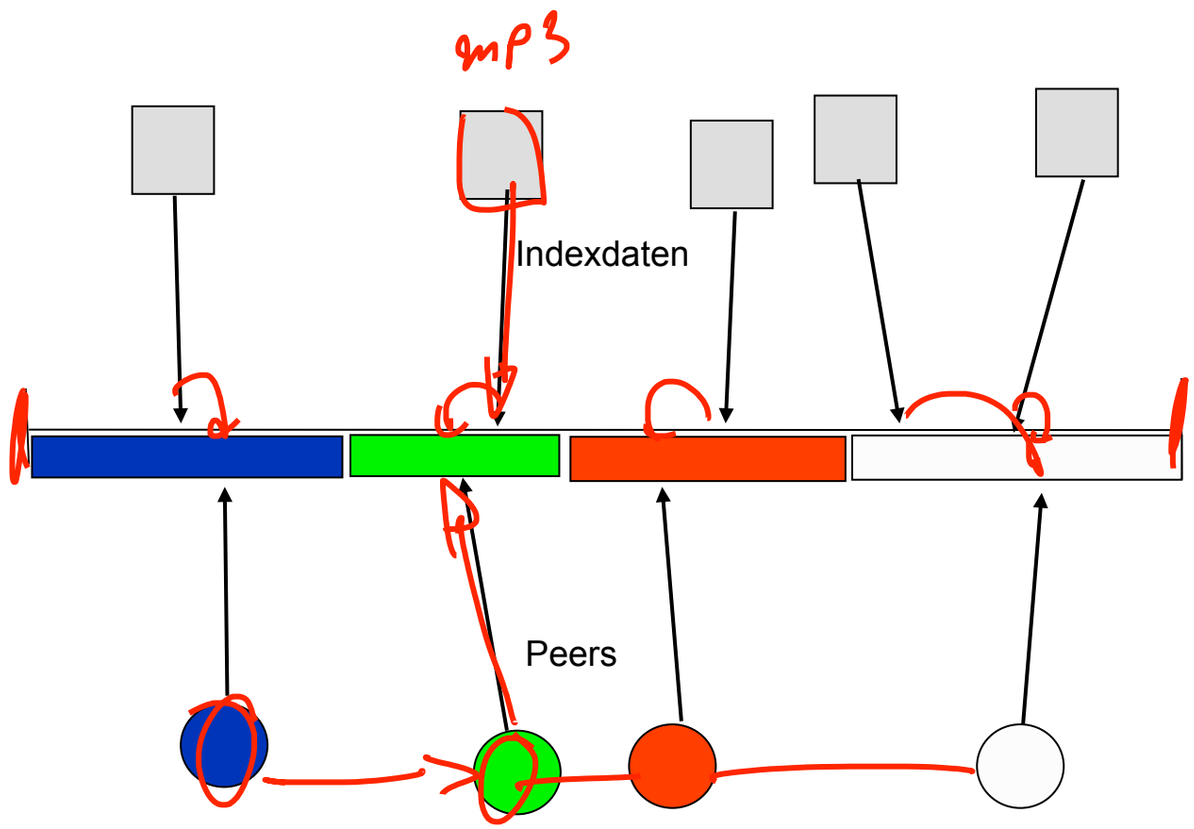
Was ist ein P2P-Netzwerk

- Was ist P2P **NICHT**?
  - Ein Client-Server network
- Etymologie: peer
  - lateinisch: par = gleich
  - Standesgleich
  - P2P, Peer-to-Peer: Beziehung zwischen gleichwertigen Partnern
- Definition
  - Ein Peer-to-Peer Network ist ein Kommunikationsnetzwerk im Internet
    - ohne zentrale Kontrolle!
    - mit gleichwertigen, unzuverlässigen Partnern

Distributed Hash-Table (DHT)

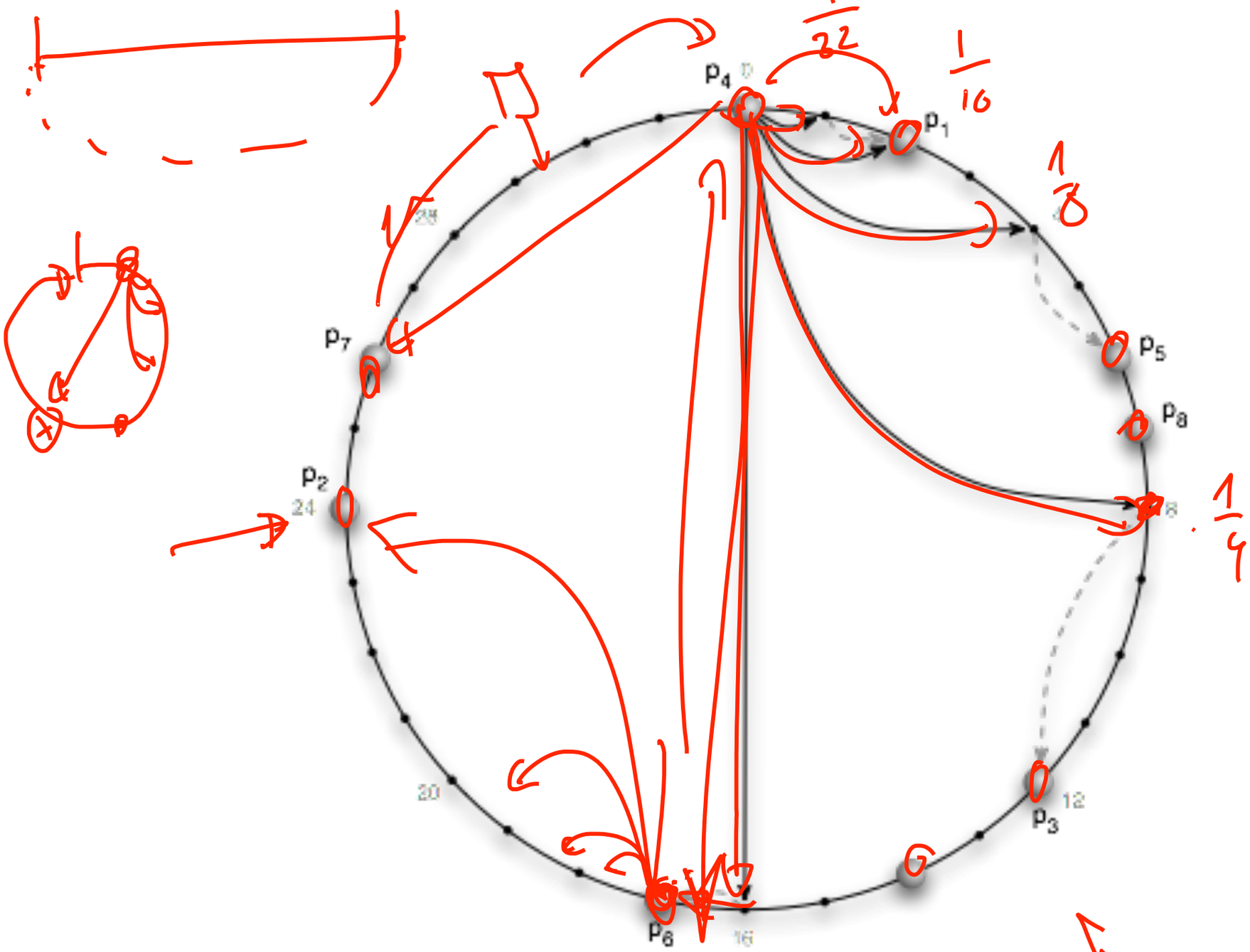
- Hash-Tabellen
  - nicht praktikabel in P2P
- Verteilte Hash-Tabellen
  - *Consistent Hashing and Random Trees: Distributed Caching Protocols for Relieving Hot Spots on the World Wide Web*, Karger, Lehman, Leighton, Levine, Lewin, Panigrahy, STOC 1997
- Daten
  - werden ge*hash*t und nach Bereich den Peers zugeordnet
- Peers
  - werden an eine Stelle ge*hash*t und erhalten Bereiche des Wertebereichs der Hashfunktion zugeteilt

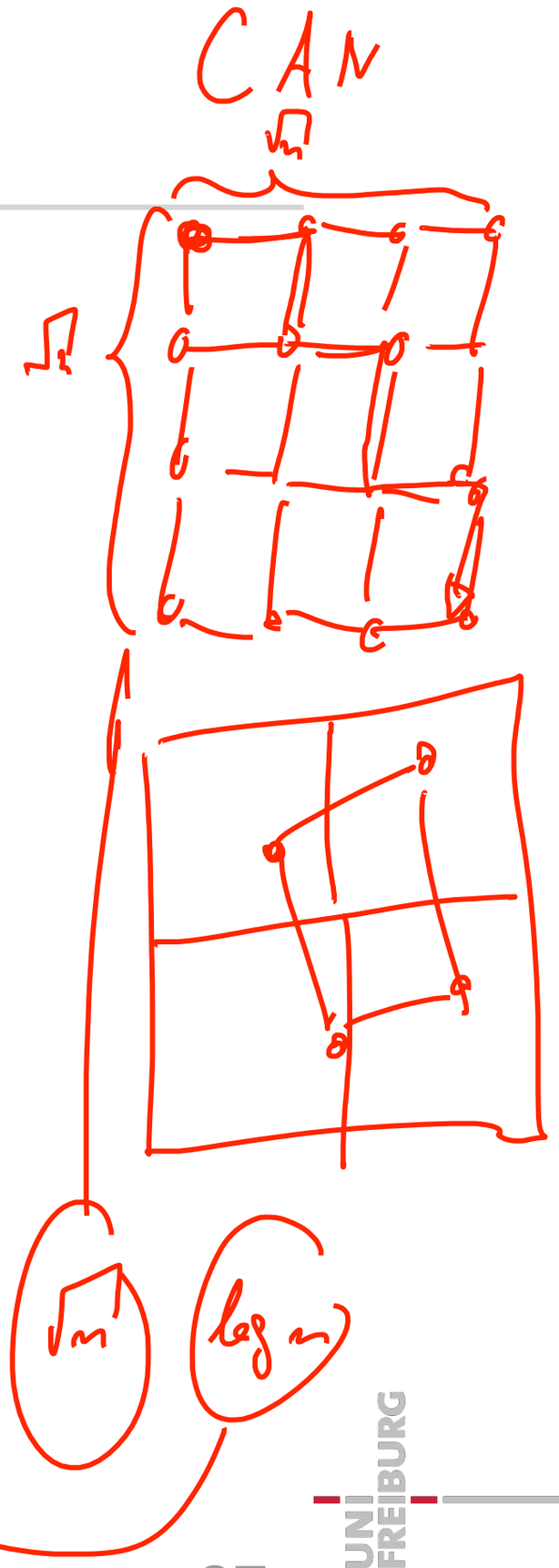




CoNe Freiburg

Zeiger-Struktur in Chord

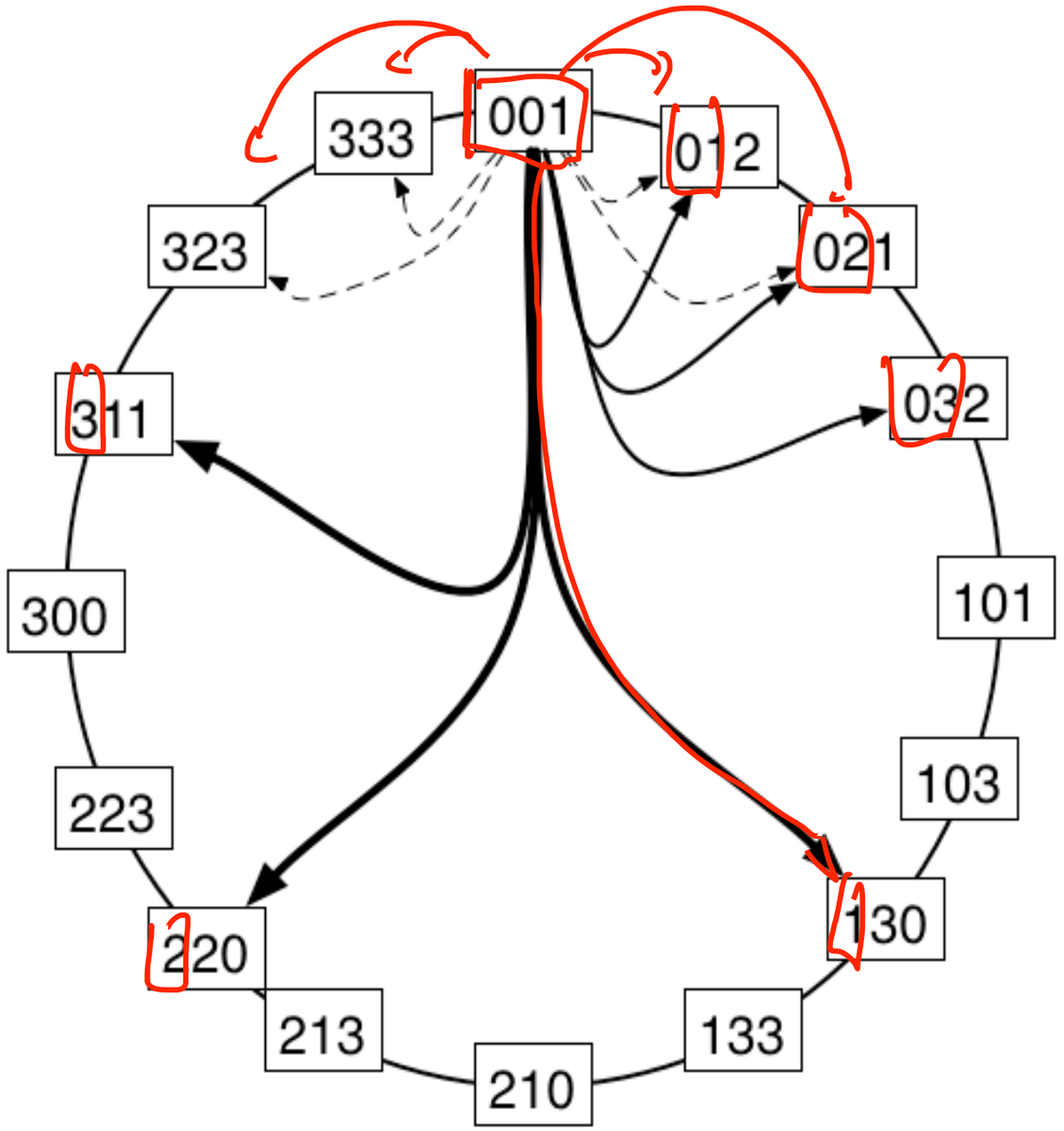




CoNe Freiburg

Pastry

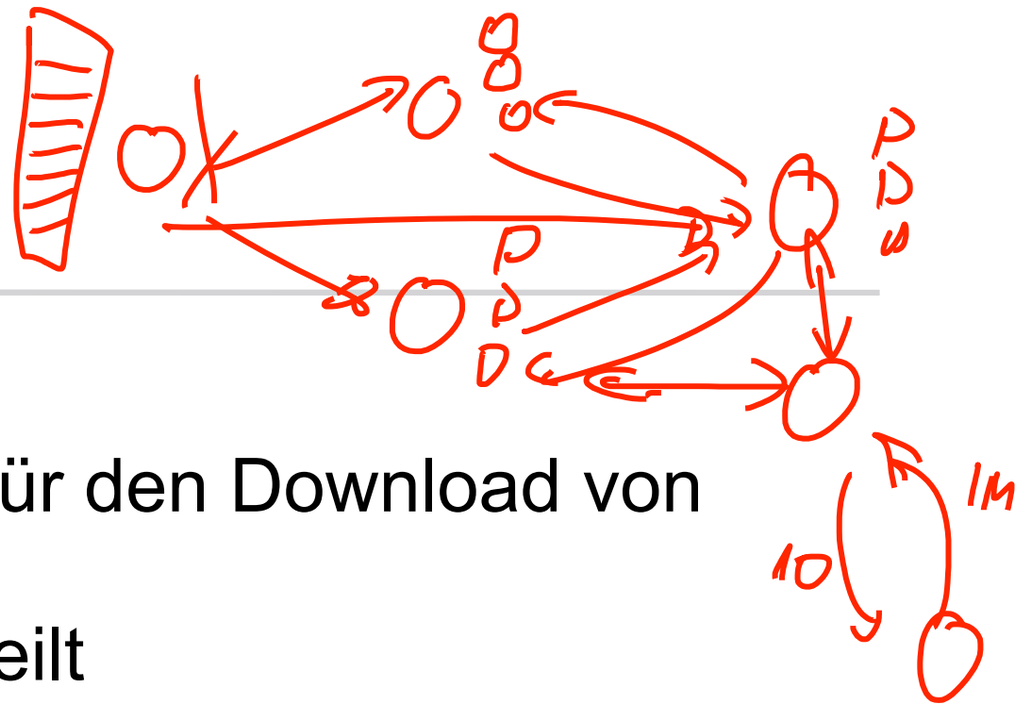
- Peter Druschel
  - jetzt Direktor des Max-Planck-Instituts für Informatik, Saarbrücken/ Kaiserslautern
- Antony Rowstron
  - Microsoft Research, Cambridge, GB
- Pastry
  - *Scalable, decentralized object location and routing for large scale peer-to-peer-network*
  - Chord-ähnliches Netzwerk, welches das Routing von Plaxton, Rajamaran, Richa (1997) verwendet



UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

BitTorrent



- Bram Cohen
  - BitTorrent ist ein P2P-Netzwerk für den Download von Dateien
  - Dateien werden in Blöcke aufgeteilt
  - verwendet implizit Multicast-Bäume für die Verteilung von Blöcken
- Ziele
  - schneller Download einer Datei unter Verwendung des Uploads vieler Peers
    - Upload ist der Flaschenhals
    - z.B. wegen asymmetrischen Aufbau von ISDN oder DSL
  - Fairness
    - seeders against leeches
  - Gleichzeitige Verwendung vieler Peers

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

IIF INSTITUT FÜR INFORMATIK FREIBURG

Systeme II

5. Die Anwendungsschicht

Christian Schindelhauer
Technische Fakultät
Rechnernetze und Telematik
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

UNI FREIBURG