Systeme II

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

Christian Schindelhauer

Sommersemester 2007

13. und letzte Vorlesungswoche

16.07.-20.07.2007

schindel@informatik.uni-freiburg.de

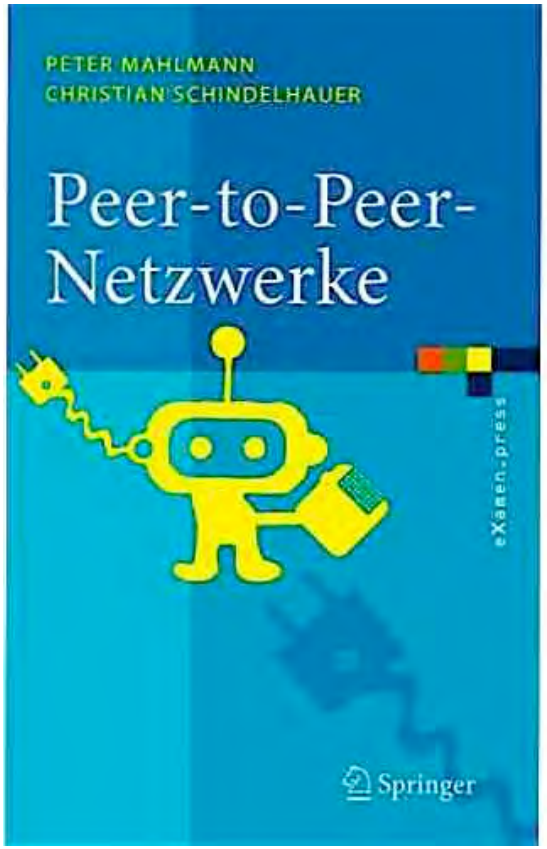
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

Kapitel X

Peer-to-Peer-Netzwerke

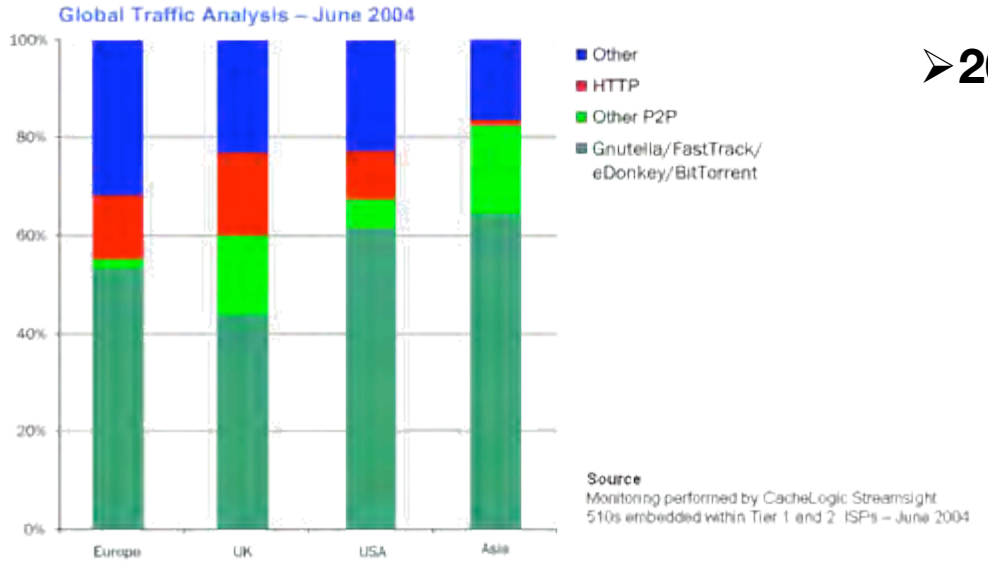
Buch zu dieser Vorlesung seit letzter Woche in Buchhandel erhältlich

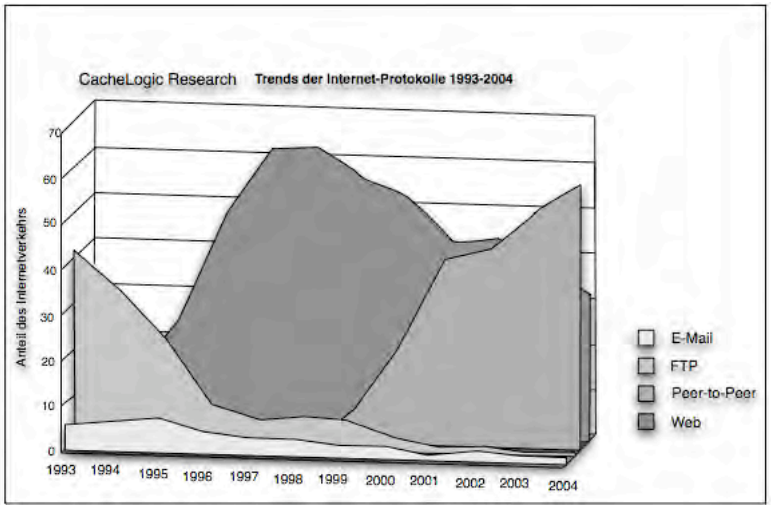
Peter Mahlmann, Christian Schindelhauer
Peer-to-Peer-Netzwerke - Methoden und Algorithmen
Springer Berlin
293 Seiten
über 120 Abbildungen
32,95 Euro



P2P-Netzwerke aktuell

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer





- **2005**
  - Über 8 Mio. aktive Teilnehmer an Peer-to-Peer-Netzwerken zu jeder Zeit
  - 10 PetaByte an Daten zu jeder Zeit
  - Mehr als die Hälfte des gesamten Internet-Traffic ist Peer-to-Peer
  - Mehrere Peer-to-Peer-Netzwerke durch Gerichtsprozesse stillgelegt
  - Tausende von Einzelklagen gegen Peer-to-Peer-Nutzer wegen Verletzung des Urheberschutzes

Meilensteine Praxis

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Napster (1999)**
  - seit 1999, bis 2000 (Gerichtsurteil)
- **Gnutella (2000)**
  - Neue Version (Gnutella 2) in 2002
- **Edonkey (2000)**
  - Später: **Overnet** unter Verwendung von Kademlia
- **FreeNet (2000)**
  - Anonymisierung der Teilnehmer
- **JXTA (2001)**
  - Open Source Peer-to-Peer-Netzwerk-Plattform
- **FastTrack (2001)**
  - bekannt durch KaZaa, Morpheus, Grokster
- **Bittorrent (2001)**
  - Nur Download-System, keine Suche
- **...**

Meilensteine Theorie

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Distributed Hash-Tables (DHT) (1997)**
  - Urspr. für Lastverteilung zwischen Web-Servern
- **CAN (2001)**
  - Effiziente verteilte DHT-Datenstruktur für P2P-Netzwerke
- **Chord (2001)**
  - Effiziente verteilte P2P-Datenstruktur mit logarithmischer Suchzeit
- **Pastry/Tapestry (2001)**
  - Effiziente verteilte P2P-Datenstruktur aufbauend auf Routing von Plaxton
- **Kademlia (2002)**
  - P2P-Lookup basierend auf XOr-Metrik
- **Viele weitere interessante Netzwerke**
  - Viceroy, Distance-Halving, Koorde, Skip-Net, P-Grid, ...

Napster

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Shawn (Napster) Fanning**
  - brachte Juni 1999 eine Beta-Version seines mittlerweile legendären Napster-Peer-to-peer-Netzwerks heraus
  - Ziel: File-sharing-System
  - Tatsächlich: Musik-Tauschbörse
  - Herbst 1999 war Napster Download des Jahres

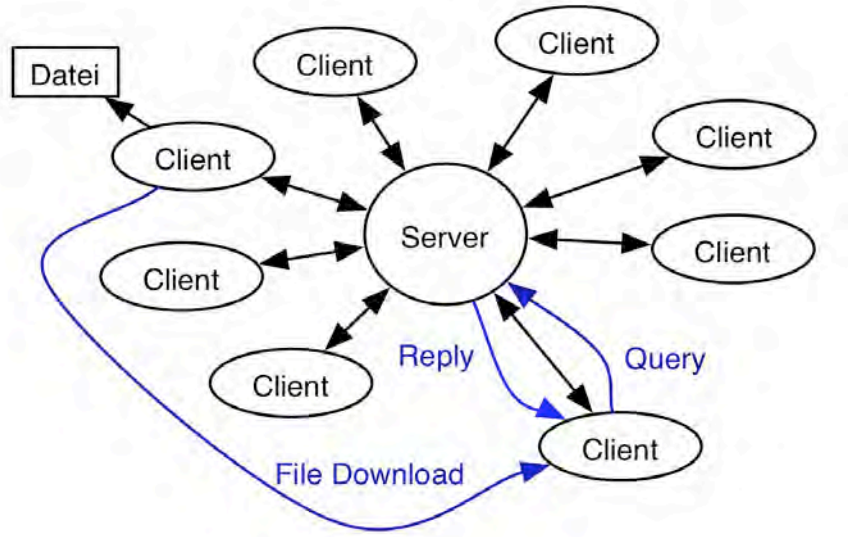
- **Urheberrechtsklage der Musik-Industrie im Juni 2000**

- **Schließung von Napster im Jahr 2000**

Wie funktioniert Napster?

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Client-Server-Struktur**
- **Server unterhält**
  - Index mit Meta-Daten
    - Dateiname, Datum, etc
  - Tabelle der Verbindungen der teilnehmenden Clients
  - Tabelle aller Dateien der teilnehmenden Clients
- **Query**
  - Client fragt nach Dateinamen
  - Server sucht nach passenden Teilnehmern
  - Server antwortet, wer die Datei besitzt
  - Anfrage-Client lädt Datei von datei-besitzenden Client herunter



Wie gut ist Napster?

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Vorteile**
  - Napster ist einfach
  - Dateien werden schnell und effizient gefunden
- **Nachteile**
  - Zentrale Struktur erleichtert Zensur, feindliche Eingriffe und technisches Pannen
    - wie z.B. Denial-of-Service-Angriff
  - Napster skaliert nicht
    - d.h. mit zunehmender Teilnehmerzahl verschlechtert sich die Performanz
    - Speicher auf dem Server endlich
- **Resumee**
  - Napster keine akzeptable Peer-to-Peer-Netzwerklösung
  - Bis auf den Download-Aspekt ist Napster im eigentlichen Sinne kein P2P-Netzwerk

Gnutella - Geschichte

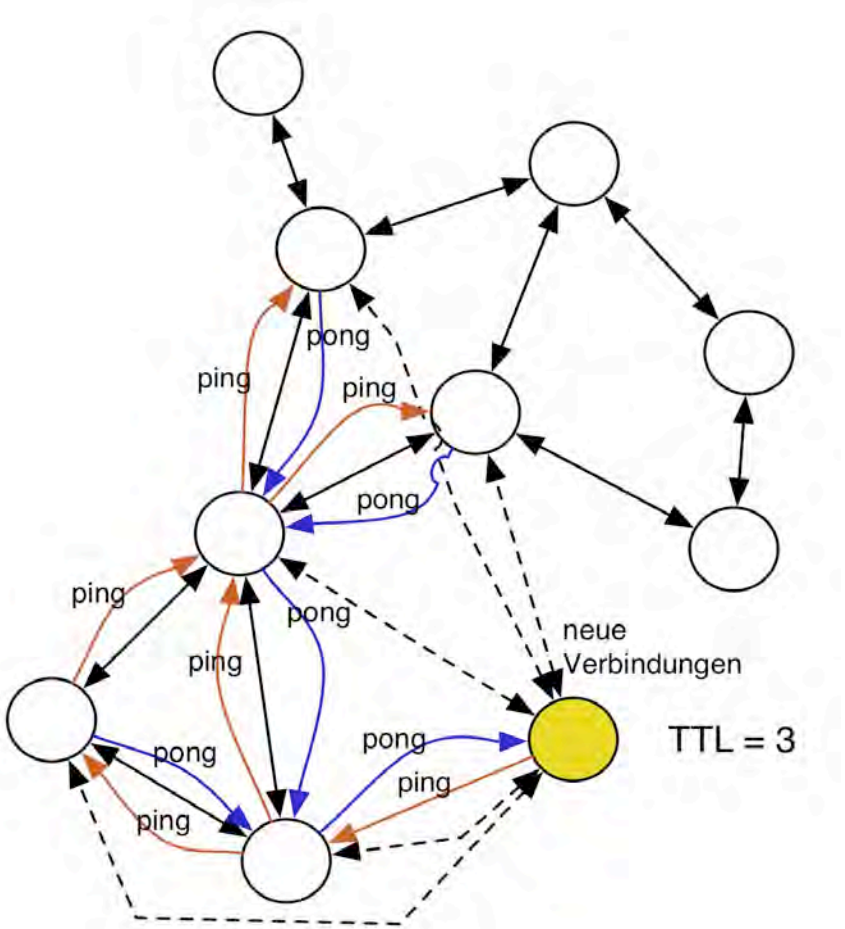
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Gnutella**
  - wurde im März 2000 herausgegeben von Justin Frankel und Tom Pepper von Nullsoft
  - Nullsoft ist seit 1999 eine Tochter von AOL
- **File-Sharing-System**
  - Ziel wie Napster
  - Arbeitet aber völlig ohne zentrale Strukturen

Gnutella - Originalversion - Anbindung

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Nachbarschaftslisten**
  - Gnutella verbindet direkt mit anderen Clients
  - Beim Download wird eine Liste von Clients mitgeliefert
  - Diese werden ausprobiert bis ein Aktiver sich meldet
  - Ein aktiver Client gibt dann seine Nachbarschaftsliste weiter
  - Nachbarschaftslisten werden imme weiter verlängert und gespeichert
  - Die Anzahl aktiver Nachbarn ist beschränkt (typisch auf fünf)

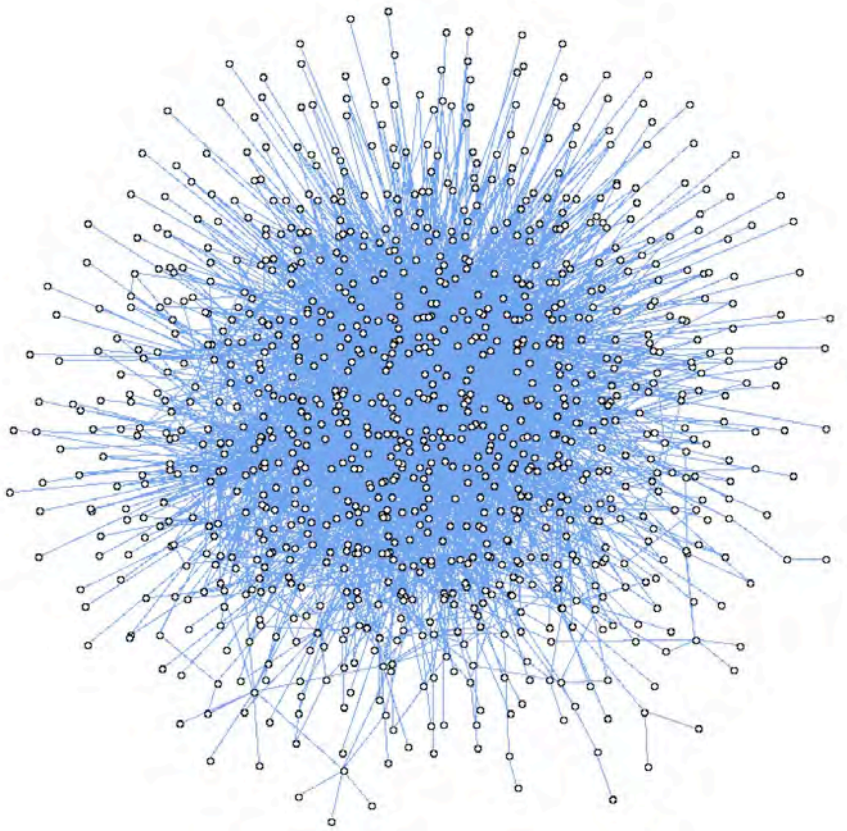


Gnutella - Originalversion - Anbindung

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Protokoll**
  - **`Ping`**
    - Teilnehmeranfrage
    - werden weiter gereicht gemäß TTL-Feld (time to live)
  - **`Pong`**
    - Reaktion auf Ping
    - Werden auf dem Anfragepfad zurückgereicht
    - IP und Port des angefragten Teilnehmers
    - Anzahl und Größe zur Verfügung gestellter Dateien

- **Graphstruktur**
  - entsteht durch zufälligen Prozess
  - unterliegt Pareto-Verteilung
  - entsteht unkontrolliert

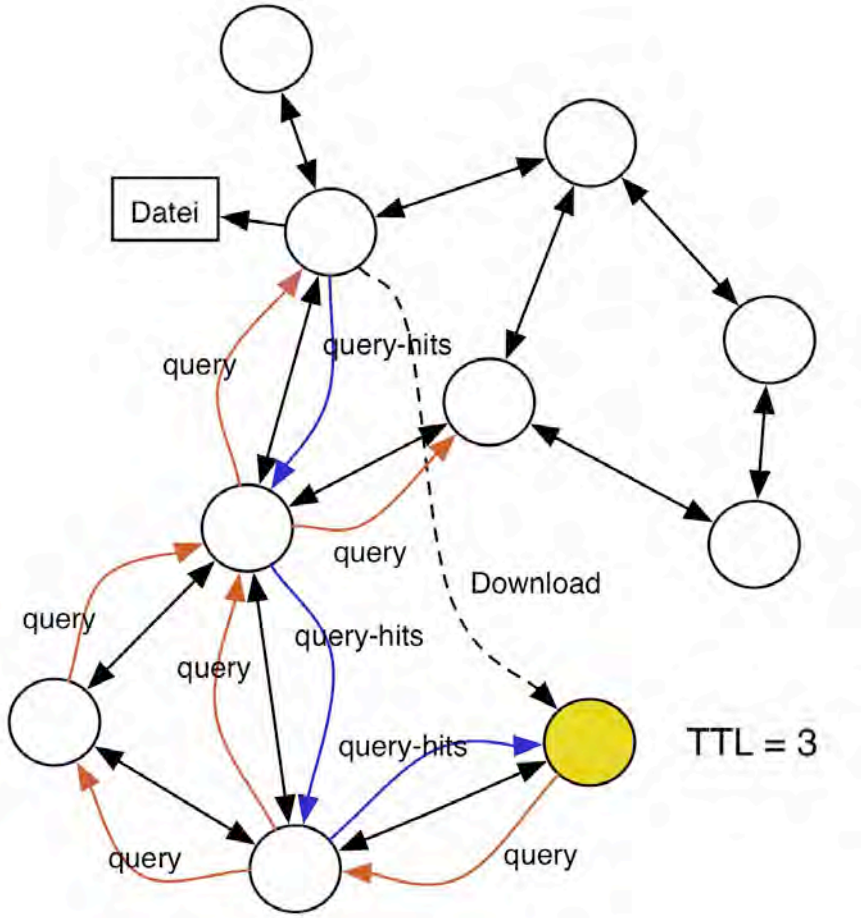


Gnutella Schnappschuss im Jahr 2000

Gnutella - Originalversion - Anfrage

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Dateianfrage**
  - wird an alle Nachbarn geschickt
  - diese senden sie an ihre Nachbarn
  - bis zu einer vorgegebenen Anzahl von Hops
    - TTL-Feld (time to live)
- **Protokoll**
  - **`Query`**
    - Anfrage nach Datei wird bis zu TTL-hops weitergereicht
  - **`Query-hits`**
    - Antwort auf umgekehrten Pfad
- **Wenn Datei gefunden wurde, direkter Download**



Gnutella - Diskussion

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

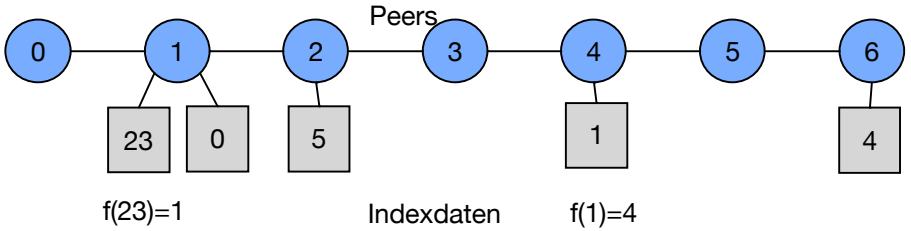
- **Vorteile**
  - verteilte Netzwerkstruktur
  - Netzwerk skalierbar
- **Nachteil**
  - Durch TTL findet für Abfragen eine implizite Netzwerkpartitionierung statt
  - Dadurch Anfrageerfolg gering
  - Durch lange Wege, große Latenzzeiten

Distributed Hash-Table (DHT)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

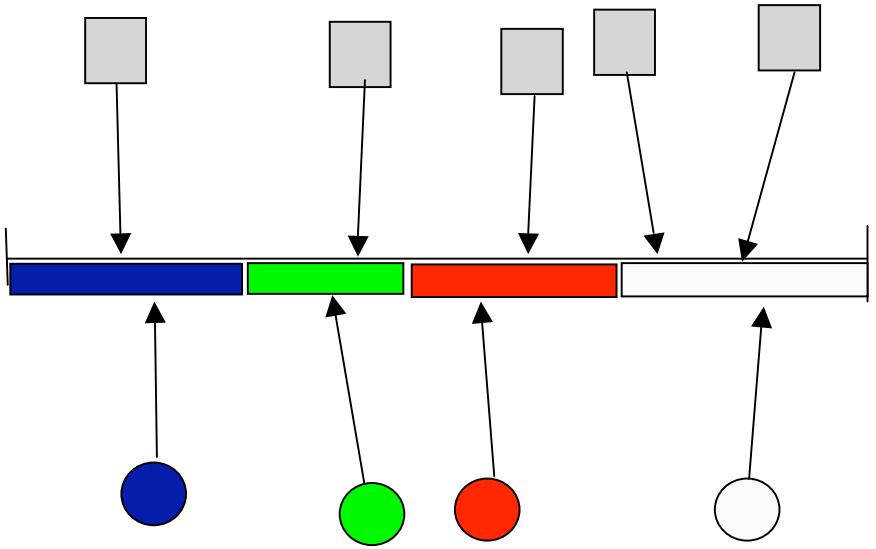
Hash-Tabellen

- **Vorteile**
  - Suche einfach
- **Nachteile**
  - Ein neuer Peer verursacht neue Wahl der Hash-Funktion
  - Lange Wege



Distributed Hash-Table

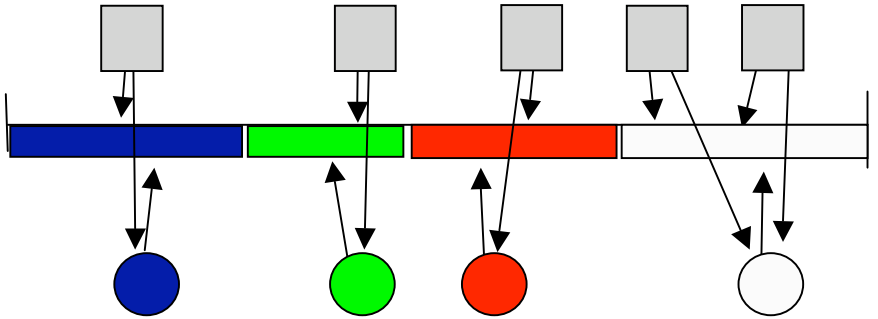
- **Peers werden an eine Stelle ge“hash“t und erhalten Bereiche des Wertebereichs der Hashfunktion zugeteilt**
- **Daten werden auch ge“hash“t**
  - Je nach Bereich den Peers zugeordnet



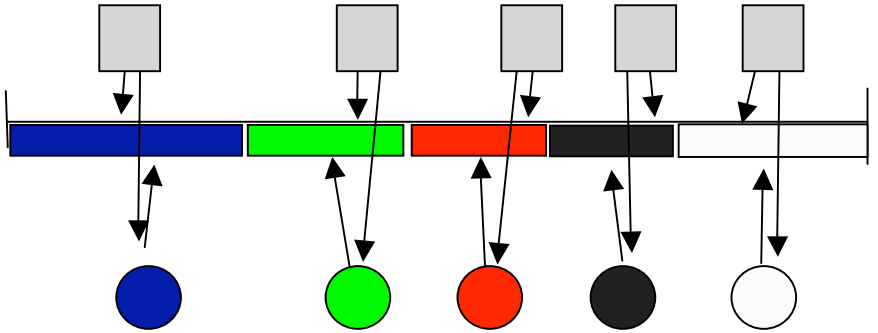
Einfügen in die Distributed Hash-Table (DHT)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

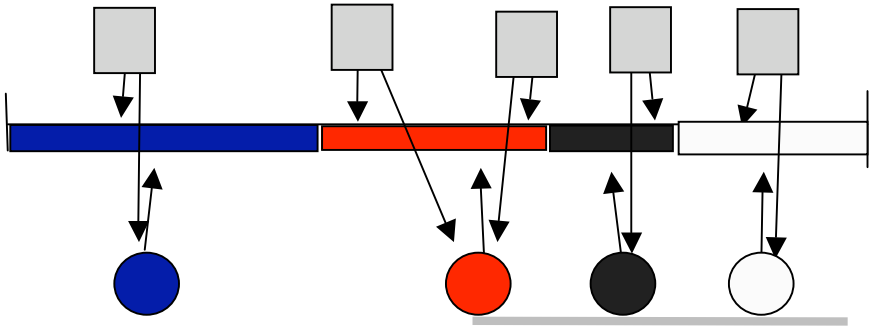
- **Distributed Hash-Table**
  - Peers werden an eine Stelle ge“hash“t
  - Dokumente ebenso
  - Jeder ist für einen Bereich verantwortlich



- **Kommt ein neuer Knoten hinzu**
  - müssen die Nachbarn teilen



- **Verlässt ein Knoten das Netzwerk**
  - übernehmen die Nachbarn sein Gebiet



Chord als DHT

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **n: Knotenanzahl, Knotenmenge V**
- **k: Anzahl Schlüssel, Schlüsselmer K**
- **m: Hashwertlänge: m >> log max{**

- **Zwei Hash-Funktionen bilden auf {0,..,2^m-1} ab**
  - $r_V(b)$: bildet Peer b zufällig auf {0,..,2^m-1} ab
  - $r_K(i)$: bildet Index i zufällig auf {0,..,2^m-1} ab

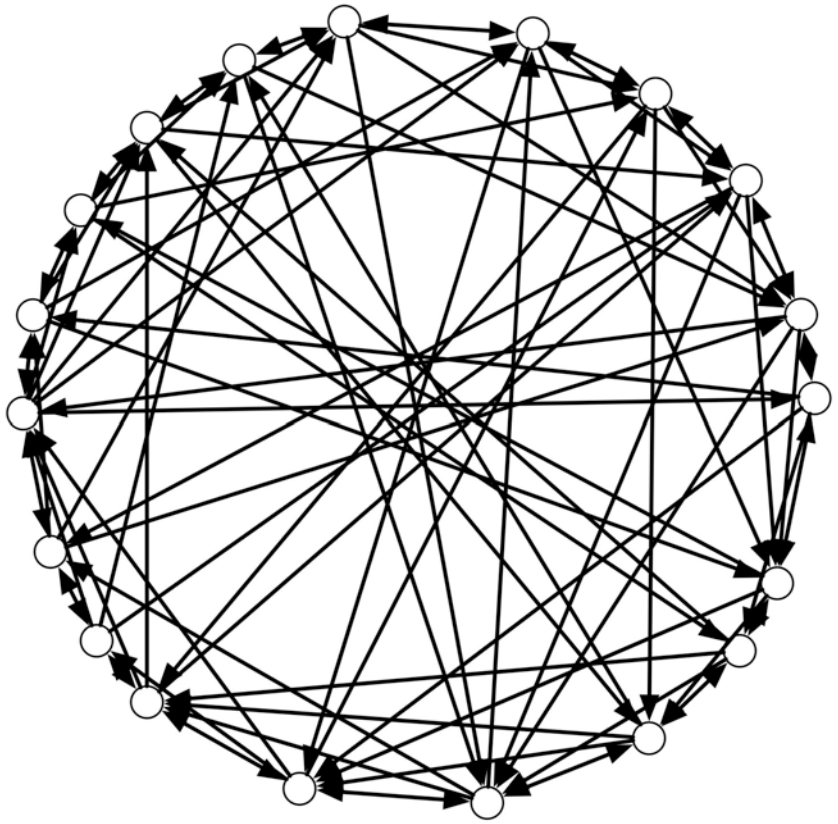
- **Abbildung von i auf einen Peer b =**
  - $f_V(i) := \arg\min_{b \in V} (r_B(b)-r_K(i))$

Chord

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **von Ion Stoica, Robert Morris, David Karger, M. Frans Kaashoek und Hari Balakrishnan (2001)**

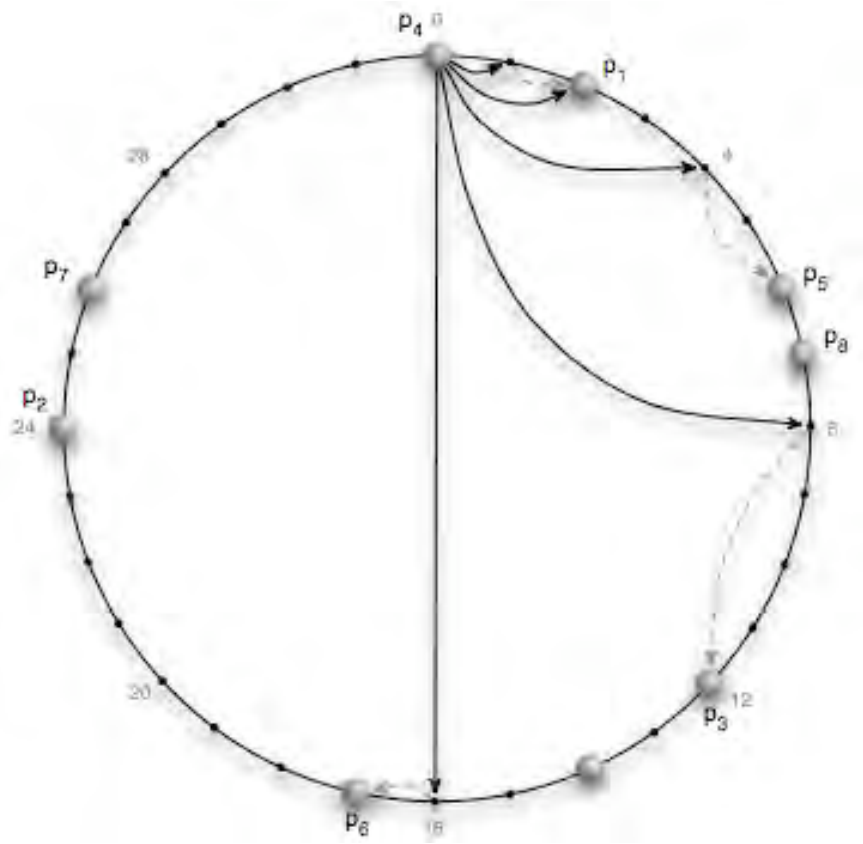
- **DHT mit Hash-Bildbereich {0,..,2^m-1}**
  - für genügend großes m
- **Ring-Verknüpfung der Peers**
- **Abkürzungen im Ring durch exponentiell gestaffelte Zeiger auf Nachfolger**



Die Datenstruktur von Chord

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

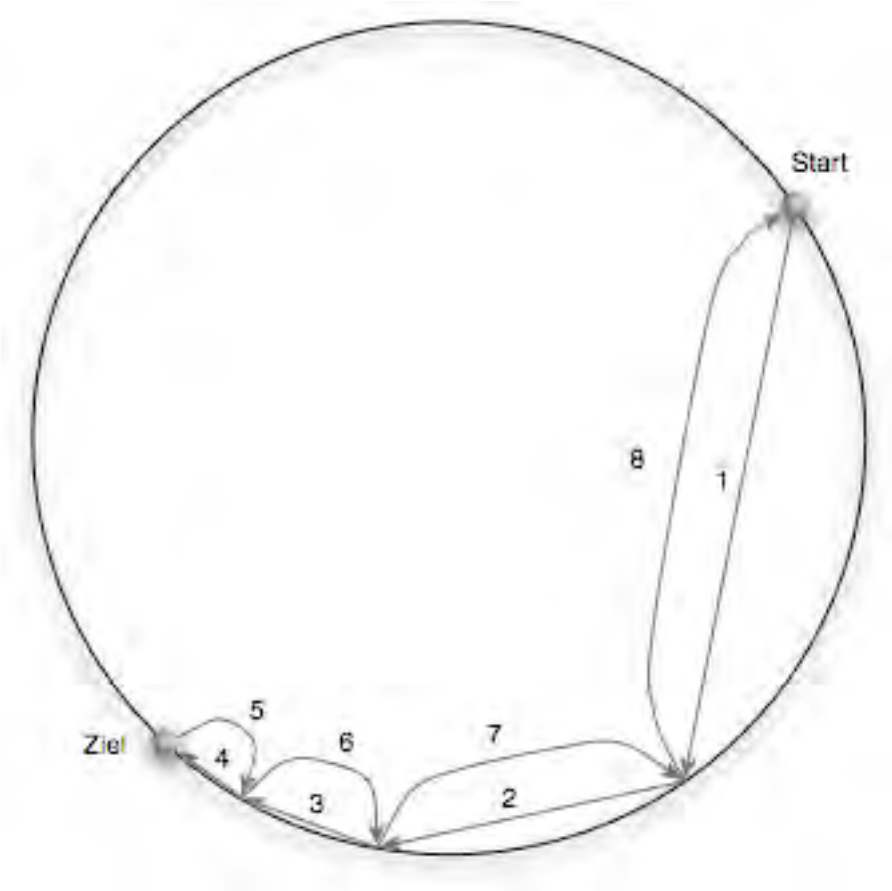
- **Für jeden Knoten b:**
  - successor: Nachfolger
  - predecessor: Vorgänger
  - Für i ∈ {0,..m-1}
    - Finger[i] := Der Knoten der dem Wert $r_V(b+2^i)$ folgt
- **Für kleine i werden die Finger-Einträge immer gleich**
  - Nur unterschiedliche Fingereinträge werden gespeichert
- **Lemma**
  - Die Anzahl unterschiedlicher Finger-Einträge für Knoten b ist mit hoher Wahrscheinlichkeit O(log n)
- **Hohe Wahrscheinlichkeit = $1-n^{-c}$**



Suchen in Chord

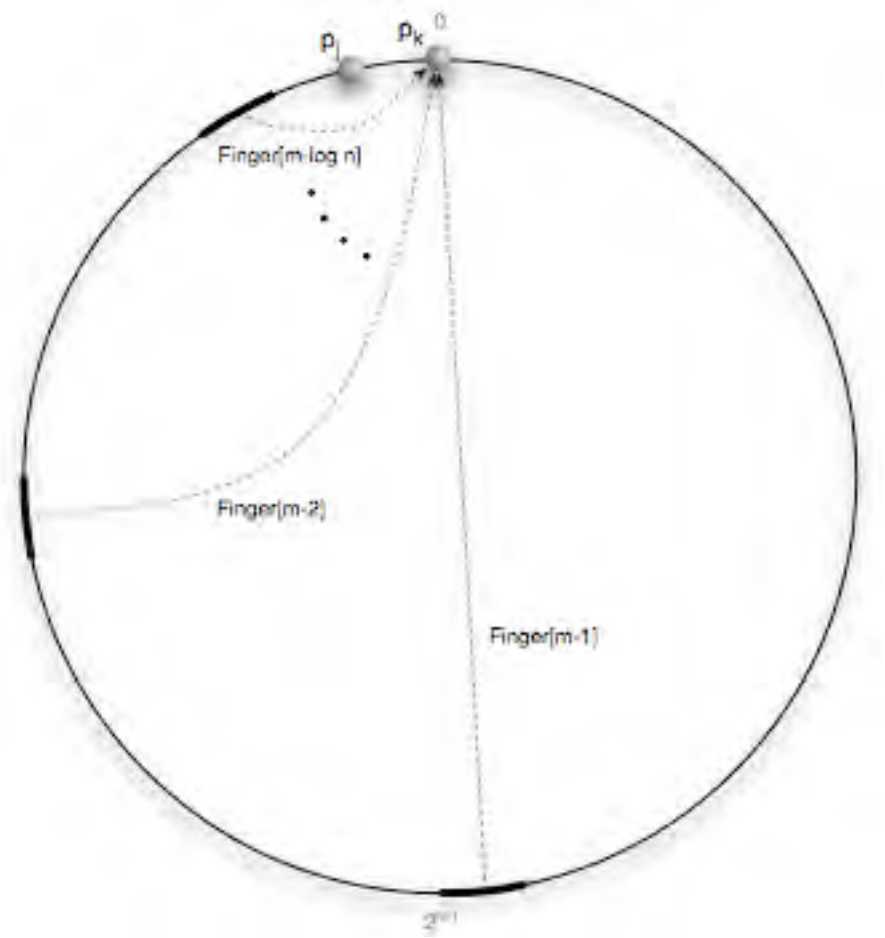
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Theorem**
  - Die Suche braucht mit hoher W'keit O(log n) Sprünge
- **Beweis:**
  - Mit jedem Sprung wird die Entfernung zum Ziel mindestens halbiert
  - Zu Beginn ist der Abstand höchstens 2^m
  - Der Mindestabstand zweier benachbarter Peers ist $2^m/n^c$ mit hoher W'keit
  - Damit ist die Laufzeit beschränkt durch c log n



Fingeranzahl

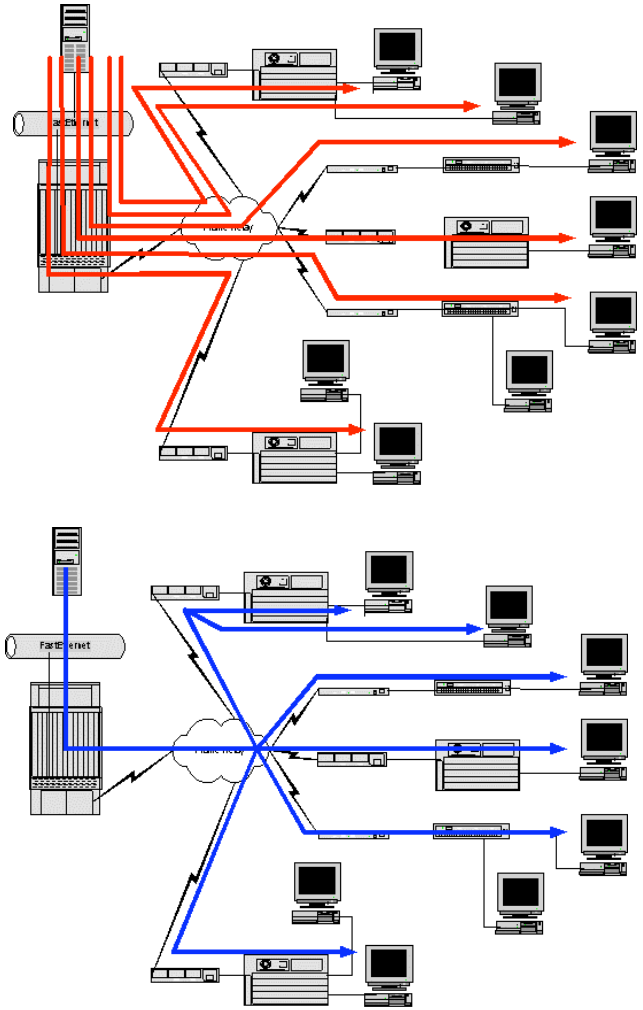
- **Lemma**
  - Der Ausgrad im CHORD-Netzwerk ist O(log n) mit hoher W‘keit
  - Der Eingrad im CHORD-Netzwerk ist $O(\log^2 n)$ mit hoher W‘keit



IP Multicast

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

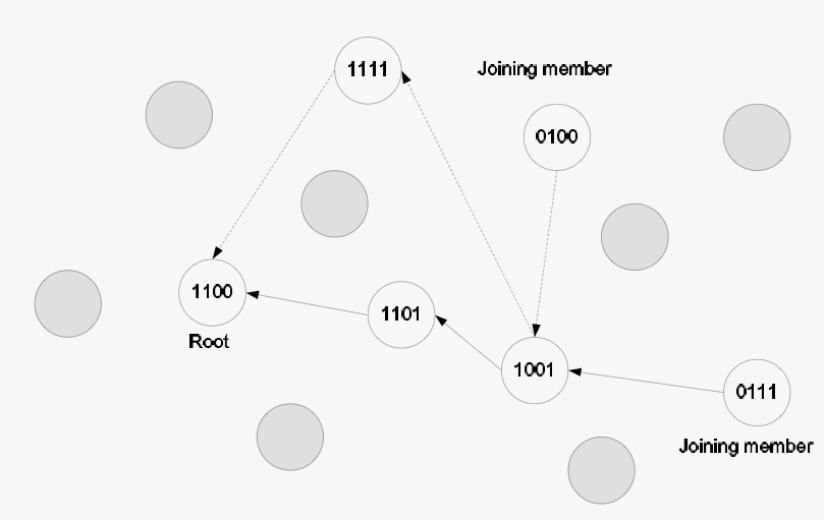
- **Motivation**
  - Übertragung eines Stroms an viele Empfänger
- **Unicast**
  - Strom muss mehrfach einzeln übertragen werden
  - Bottleneck am Sender
- **Multicast**
  - Strom wird über die Router vervielfältigt
  - Kein Bottleneck mehr



Bilder von Peter J. Welcher
www.netcraftsmen.net/.../ papers/multicast01.html

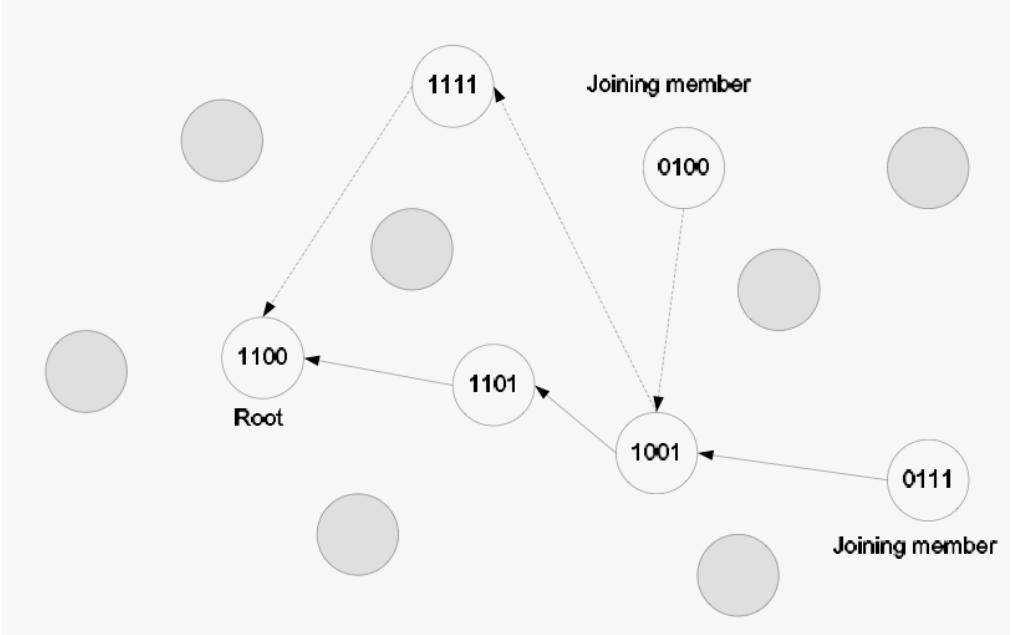
Scribe

- **Multicast-Baum im Overlay-Netzwerk**
- **Scribe [2001] basiert auf Pastry**
  - Castro, Druschel, Kermarrec, Rowstron
- **Vergleichbare Ansätze**
  - CAN Multicast [2001] basiert auf CAN
  - Bayeux [2001] basiert auf Tapestry



Funktionsweise Scribe

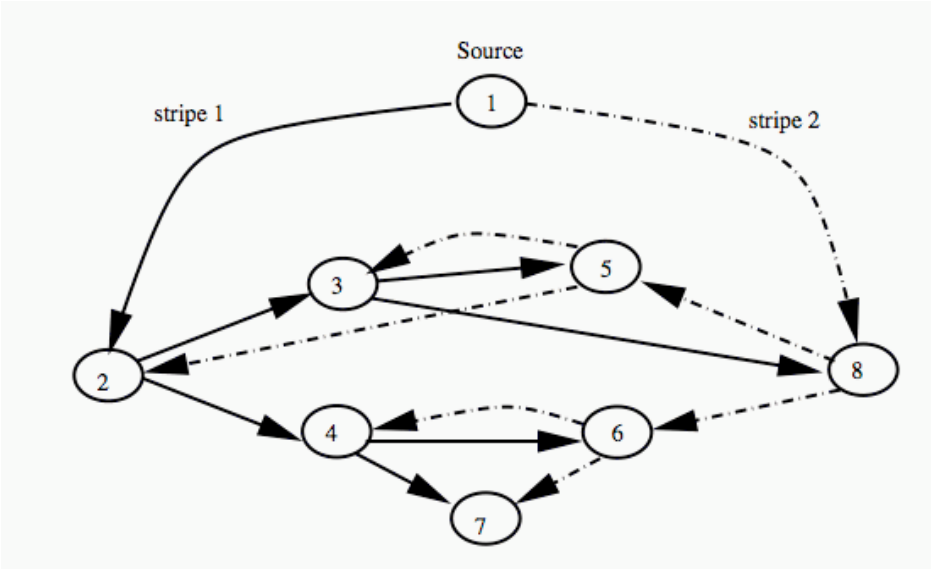
- **Create**
  - GroupID wird einem Peer gemäß nächsten Pastry-Index zugewiesen
- **Join**
  - Interessierter Peer macht Look-up zur Group-ID
  - Sobald ein Peer im Multicast-Baum gefunden worden ist, wird neuer Teilpfad eingefügt
- **Download**
  - Nachrichten werden baumförmig verteilt
  - Knoten duplizieren Teile



Split-Stream

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Castro, Druschel, Kermarrec, Nandi, Rowstron, Singh 2001**
- **Idee**
  - Teile die Datei der Größe B in k kleinere Teile
  - Verwende anderen Multicast-Baum für jeden der Teile
  - Dadurch wird jeder Peer mal als Blatt oder als Verteil-Knoten fungieren
    - außer der Quelle
- **Der Upload jedes Knotens ist dann (im Idealfall) höchstens der Download**



Bittorrent

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Bram Cohen**
- **Bittorrent ist ein reales (sehr erfolgreiches) Peer-to-Peer-Netzwerke**
  - konzentriert sich auf Download
  - verwendet (implizit) Multicast-Trees für die Verteilung der Daten
- **Beschreibung ist Peer-orientiert und nicht Daten-orientiert**

- **Ziele:**
  - Möglichst effizienter Download einer Datei unter Zuhilfenahme der Upload-Fähigkeit der Peers
  - Möglichst effiziente Ausnutzung des Upload von Peers
    - In der Praxis ist der Upload der Bottleneck
    - z.B. wegen der asymmetrischen Protokoll-Gestaltung von ISDN, Bitübertragungsschicht von DSL
  - Fairness zwischen den Peers
    - Seeders versus Leechers
  - Verwendung verschiedener Quellen

Bittorrent Koordination und Datei

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Zentrale Koordination**
  - durch sogenannten Tracker-Host
  - Für jede Datei gibt der Tracker eine Menge von Zufallspeers aus der Menge der downloadenden Peers
  - Zusätzlich: Ausgabe des Hash-Codes und anderer Kontroll-Information
  - Tracker-Hosts haben keine Dateien
    - Trotzdem kann das Anlegen einer Tracker-Datei auf einem Tracker-Host rechtliche Probleme ergeben (Urheberschutzsgesetz)
- **Datei**
  - ist in kleinere Dateien zerlegt (in Tracker-Datei festgelegt)
  - Jeder teilnehmende Host kann heruntergeladenen Teil weiterverbreiten, sobald er vollständig erhalten wurde
  - Damit ist Bittorrent die Umsetzung eines Split-Stream-ähnlichen Protokolls
- **Interaktion zwischen Peers**
  - Zwei Peers tauschen die Information über ihre vorhandenen Teile aus
  - Gemäß der Politik von Bittorrent werden dann noch nicht vorhandene Teile von dem einen Peer zum anderen übertragen

Bittorrent Politik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Ziel**
  - Selbstorganisierendes System
  - Gute (Uploader/Seeder) werden belohnt
  - Böse (Downloader/Leecher) werden bestraft
- **Belohnung**
  - Gute Download-Bandweite
  - Rücknahme einer Drosselung (un-choke)
- **Bestrafung**
  - Drosselung der Bandweite (choke)
- **Bewertung**
  - Jeder Peers bewertet selbst sein Umfeld aufgrund der vergangenen Erfahrungen

Methoden der Anonymisierung

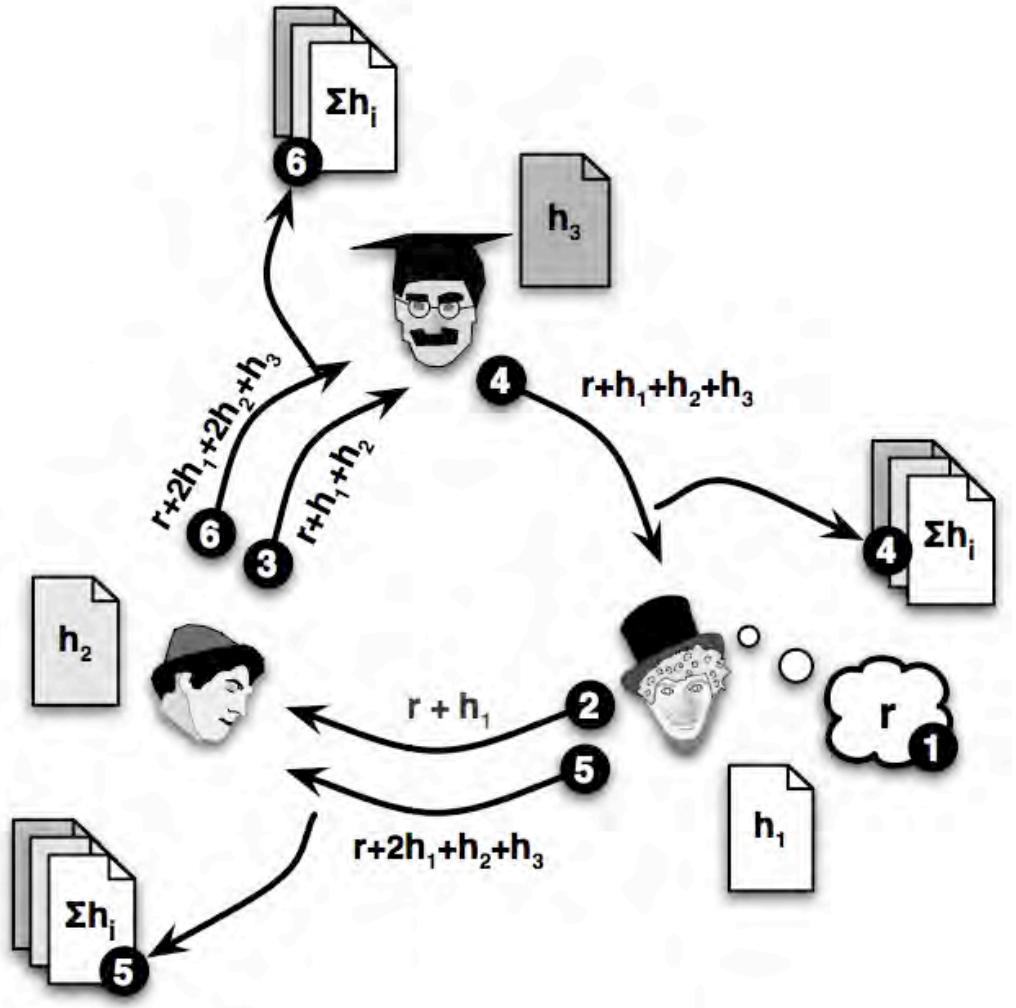
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Dining Cryptographers**
  - Wer hat's geschickt?
- **Onion Routing**
  - Verwickelte Umwege...
- **F2F-P2P**
  - Friend-to-Friend
- **Dark-Net**
  - War das was?
- **Steganographie**
  - nichts zu sehen...
- **k-aus-n-Verschlüsselung**
- **Verschlüsselte Inhalte**
  - Denn sie wissen nicht, was sie speichern...
- **Verschlüsselte, unterschriebene Index-Einträge**
  - gezeichnet: Zorro

Dining Cryptographers

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

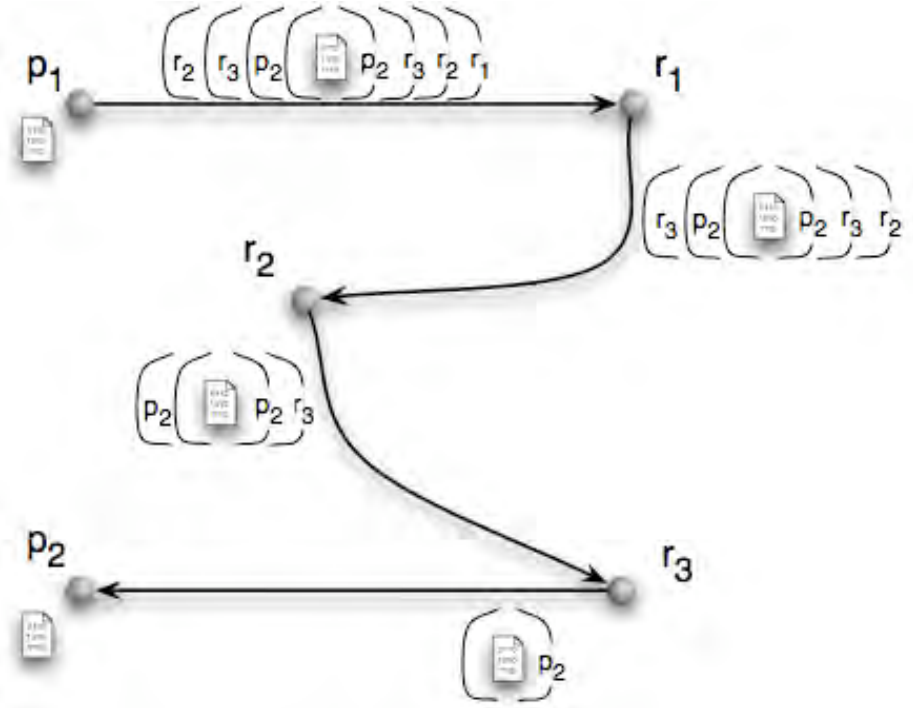
- **Methode zur anonymen Kommunikation ohne Rückverfolgung der Nachricht zum Sender**
- **n ≥ 3 Kryptographen sitzen um einen kreisförmigen Tisch**
- **Zwei benachbarte Kryptographen**
  - können sich unbemerkt unterhalten (hinter den Menus)



Onion Routing

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

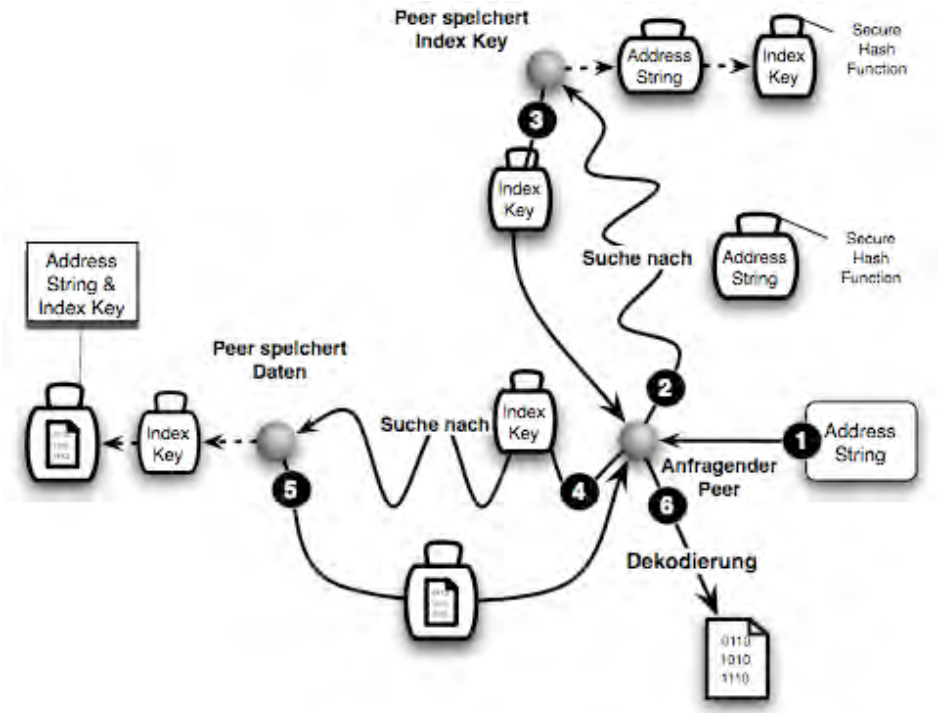
- **Von David Goldschlag, Michael Reed, and Paul Syverson**
- **Ziel**
  - Schutz der Privatsphäre von Sender und Empfänger einer Nachricht
  - Schutz der übermittelten Nachricht
- **Annahme**
  - Spezielle Infrastruktur (Onion Routers), die bis auf wenige Ausnahmen kooperieren
- **Methode:**
  - Basierend auf Mix Cascades (D. Chaum)
  - Nachricht wird von der Quelle zum Ziel über Zwischenstationen geleitet (Proxies - Onion Routers)
  - Onion Routers wählen unvorhersehbar andere Onion Routers als Zwischenstationen
  - Zwischen Sender, Onion Routers und Empfängern ist die Nachricht jeweils symmetrisch verschlüsselt
  - Jeder Onion Router kennt nur die nächste Zwischenstation
  - Die Nachricht ist wie eine Zwiebel mehrfach für die Zwischenstationen verschlüsselt
- **Onion Routers sind eine freiwillige Infrastrukturerweiterung des Internets**
  - Verstehen sich nicht als Peer-to-Peer-Netzwerk



Free-Net

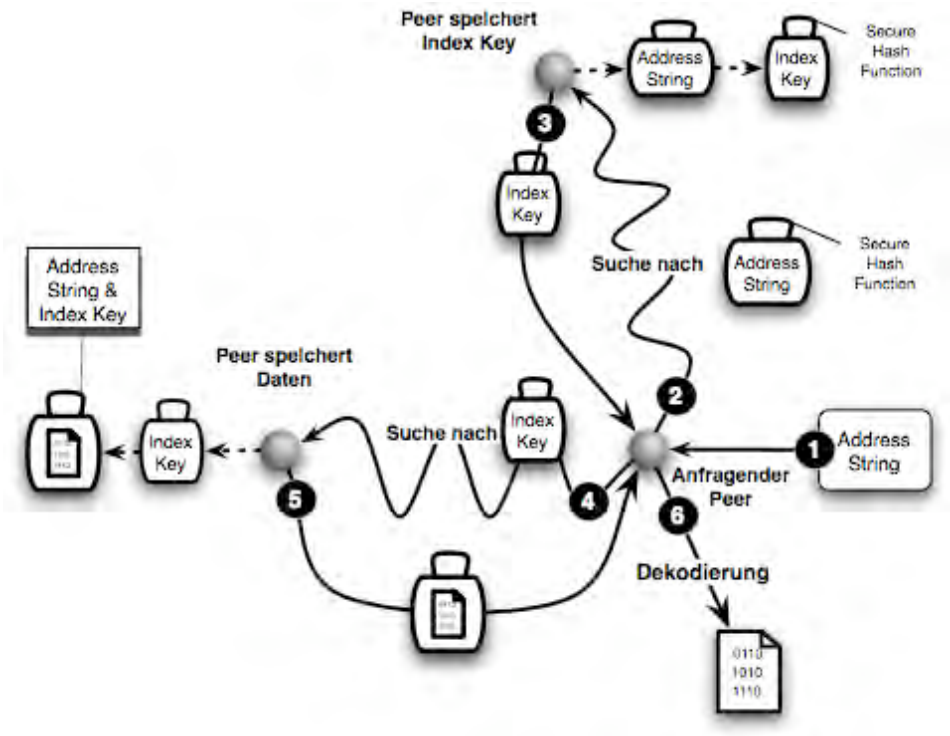
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **von Ian Clarke, Oskar Sandberg, Brandon Wiley, Theodore Hong, 2000**
- **Ziel**
  - Peer-to-Peer-Netzwerk
  - Erlaubt Veröffentlichung, Replikation, Beschaffung von Daten
  - Anonymität von Autoren und Lesern
- **Dateien**
  - sind orts-unabhängig referenziert
    - durch verschlüsselte und unterzeichnete Index-Dateien
    - Autor ist nicht rekonstruierbar
  - sind gegen unbefugtes Überschreiben oder Löschen geschützt
  - sind verschlüsselt
    - Inhalt ist nur durch Kenntnis der andernorts abgelegten Index-Datei in Kombination mit dem Suchbegriff lesbar
  - werden repliziert
    - auf dem Anfragepfad der Suchanfrage
  - und nach dem “Least Recently Used” (LRU) Prinzip gelöscht



Free-Net

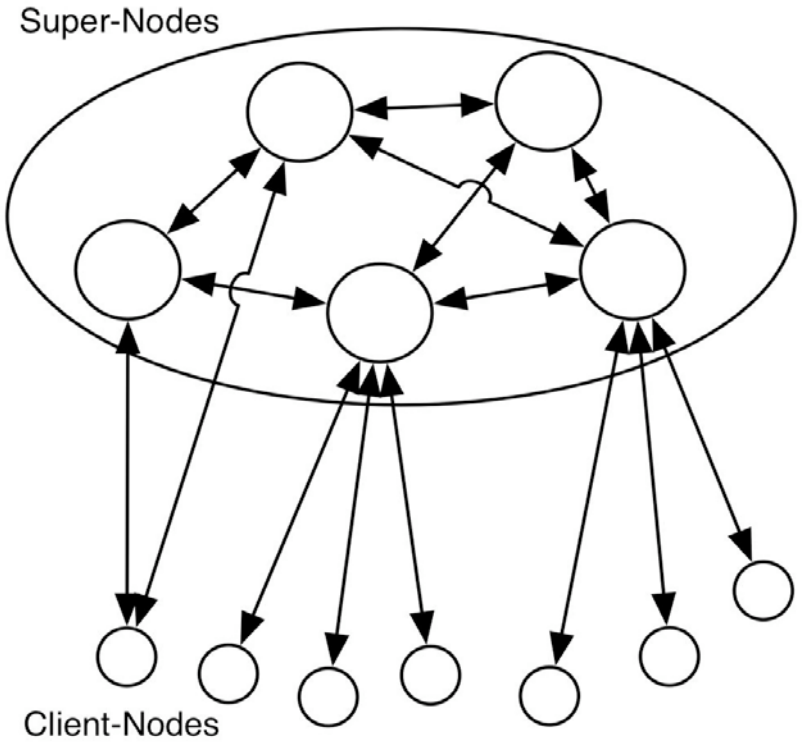
- **Netzwerkstruktur**
  - stark verwandt mit Gnutella
  - Netzwerkaufbau durch Nachbarkanten
    - aber kein F2F-Netzwerk, da bei der Suche Abkürzungen eingebaut werden können
  - Ähnlich wie Gnutella ist das Netzwerk Pareto-verteilt
- **Speichern von Dateien**
  - Jede Datei kann durch den kodierten Adress-String und dem signierten Index-Schlüssel (signed subspace key) gefunden, entschüsselt und gelesen werden
  - Jede Datei wird mit der Information des Index-Schlüssels gespeichert, aber ohne kodierten Adress-String
  - Dadurch kann kein Server diese Datei lesen
    - es sei denn er führt eine Wörterbuch-Attacke durch
- **Speichern von Index-Daten**
  - Der Adress-String, kodiert durch eine kryptographische Hash-Funktion führt zu den passenden Peer, der die Index-Daten bestehend aus dem Adress-String und dem signierten Index-Schlüssel besteht
  - Mit diesen Index-Daten kann die Datei gefunden werden



FastTrack & Gnutella2

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Hybride Struktur**
  - Knoten mit großer Bandbreite werden zu P2P-Server ausgewählt
  - Diese unterhalten P2P-Netzwerk im Stil von Gnutella
  - Normale Knoten werden als Clients an diese Super-Knoten angebunden
- **Eingesetzt in**
  - FastTrack
  - Gnutella2 (neuere Ausgabe)
- **Vorteile**
  - Verbesserte Skalierbarkeit
  - Geringere Latenzzeiten
- **Nachteile**
  - Immer noch unzuverlässig und langsam
  - Clients können sich der Super-Node-Aufgabe verweigern



FastTrack

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Entwickelt von Niklas Zennström, Janus Friies, Jaan Tallinn 2001**
  - Autoren auch von Skype (P2P-Internet-Telefonie)
- **Hybride Peer-to-Peer-Netzwerk-Struktur**
  - mit Super-Nodes mit besonderen Aufgaben
  - Software entdeckt die Super-Node-Fähigkeit eines Peers
    - z.B. mehr Bandbreite, bessere Netzwerkverbindung
  - Super-Nodes für Lookup
  - Download geschieht über HTTP-Protokoll (direkt vom Client)
- **Software**
  - wurde nie veröffentlicht
  - der offizielle Client (Kazaa) enthält Malware
  - Client-Supernode-Kommunikation mittlerweile durch Reverse Engineering bekannt
    - Malware-freie Clients sind nun erhältlich (Kazaa lite)
  - Inter-Super-Node-Kommunikation noch unbekannt

E-Donkey

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Besteht aus einer Client-Server-Struktur**
  - Server
    - spezieller Server-Software
      - z.B. Lugdunum
    - geben freiwillig Bandweite
    - speichern Index-Information und Inhalte
  - Clients
    - verschiedene Client-Software
      - z.B. eMule (am populärsten), Shareaza, MLDonkey, eDonkey2000, Hydranode, Morpheus, ...
- **Clients laden die Dateien direkt von den Servers**
- **Diskussion:**
  - Anfällig für Attacken
    - Denial-of-Service, oder ähnliches (z.B. Razorback2-Server im Feb. 2006 beschlagnahmt von der Belgischen Polizei)
  - Echtes Peer-to-Peer-Netzwerk?

Kademlia & Overnet

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Kademlia ist eine Erweiterung von Edonkey**
  - von Petar Maymounkov und David Mazizières
  - ersetzt Server von Edonkey
- **Prinzip**
  - jeder Client erhält eine ID durch Operation auf IP-Adresse und Kommunikationsfähigkeit
  - Dateien werden ebenfalls durch IDs identifiziert
  - Jeder Peer hat Kanten zu den k-nächsten Peers bezüglich einer Xor-Metrik
    - Distance (A,B) = Anzahl der 1er in String (A Xor B)
  - Index-Dateien werden auf den nächstens IDs gespeichert
- **Die Netzwerkstruktur von Kademlia orientiert sich an einem Hyperwürfel**
  - Daher suche in logarithmischer Hop-Anzahl
- **Overnet**
    - verwendet Kademlia-Protokoll
    - ist eDonkey-Erweiterung

Juristische Situation

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **“IAAL*: What Peer-to-Peer Developers Need to Know about Copyright Law“, Fred von Lohmann, 2006**
  - Rechtliche Lage in den USA
- **Direct Infringement (Urheberrechtsverletzung)**
  - Zur Verfügungstellung von Musik, Dokumenten, Videos, etc. ist nur mit der Erlaubnis des Copyright-Besitzers zulässig
- **Secondary Infringement (Indirekte Urheberrechtsverletzung) durch P2P-Netzwerk-Betreiber/Entwickler**
  - Veranlassung
    - falls Urheberrechtsverletzung (auch von dritten) vorliegt und
    - diese vom Netzwerk-Entwickler/Betreiber unterstützt wird und
    - mit Vorsatz betrieben wird
  - Beihilfe
    - falls Urheberrechtsverletzung (auch von dritten) vorliegt und
    - das Wissen darüber vorlag und
    - materiell dies unterstützt hat,
      - z.B. durch Rechner, Sites, Speicherplatz, etc.
  - Haftung für das Verhalten Dritter
    - falls Urheberrechtsverletzung (auch von dritten) vorliegt und
    - das Recht und die Fähigkeit zur Kontrolle vorlag und
    - ein finanzieller Nutzen daraus entstand.

Juristische Situation

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **“IAAL*: What Peer-to-Peer Developers Need to Know about Copyright Law“, Fred von Lohmann, 2006**
  - Rechtliche Lage in den USA
- **Empfehlungen:**
  - Keine Kopien machen oder Speichern
    - noch nicht einmal im RAM
  - Keine Werbung für Copyright-Verletzungen
- **Optionen**
  - Entweder totale Kontrolle
  - oder gar keine Kontrolle
- **Software**
  - Besser stand-alone statt Dienstleistung
- **Legalen Nutzen belegen**
- **Funktionen auslagern**
  - Beispiel Videorekorder und Videoband
- **Keinen finanziellen Nutzen aus Urheberschutzverletzungen ziehen**
- **Keine End-User-Licence-Vereinbarung**
- **Vorsicht beim Kunden-Support**
- **Open Source (!)**

Anwendungen von Peer-to-Peer-Netzwerken

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **File-Sharing ...**

- **Internet-Telefoniererei**
  - z.B. Skype
- **Verteilter Software-Update**
  - z.B. in P2P-Clients oder Spielen
- **Group-Ware**
  - ermöglicht störungsfreie Zusammenarbeit
- **...**

Ausblick

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Schwierigkeiten von Peer-to-Peer**
  - Client-Server-Architektur
  - die Eskalation der juristischen Situation (?)
  - asymmetrische Verbindungen
  - Firewalls, etc.
- **Diskussion**
  - Ist Peer-to-Peer die Netzwerkstruktur
    - der Demokratie oder
    - der Anarchie?
  - Sind wir bereit, Software-Entwickler und unwissende Nutzer zu kriminalisieren zu lassen, um die Interessen der Urheberrechts-Besitzer zu wahren?
  - Oder soll die Kunst und die Fähigkeiten herausragender Kultur- und Wissensträger auf dem illegalen Peer-to-Peer-Markt verrammscht werden, um kriminelle Strukturen im Deckmäntelchen der Informationsfreiheit zu schützen?

Ende der 13. Vorlesungswoche und der Vorlesung

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

Systeme II

Christian Schindelhauer
schindel@informatik.uni-freiburg.de