

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Willkommen bei Verteilte Systeme!

## Willkommen bei Verteilte Systeme!

Von Datenbanken über Webdienste bis zu p2p und Sensornetzen.



Heute: Peer-to-peer in der Praxis – wo und wie sich Verteilung lohnt(-e)

Wer nicht aus der Vergangenheit lernt, ist verdammt ihre Fehler wiederholen, mit weniger Zeit, denn „die Probleme sind ja schon gelöst“.

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Warum?

## Darum ich

- Seit 2004 in p2p-Entwicklung
- Seit 2013 mit Kompetenz :-)
- Aktuell Release-Manager des Freenet/Hyphanet Projektes

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Warum?

## Vorträge

- 5 Minuten pro Person, Gruppen möglich.
- Weitere Ideen: Übersicht über einen FOSDEM 2023-Vortrag.

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Wiederholung

## Fallacies of distributed Systems

- reliable
- secure
- homogeneous
- topology
- latency
- bandwidth
- transport cost
- administrator

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Ablauf

## Ziele heute

- Sie kennen die zentralen Herausforderungen der Praxis:
  - Einstieg
  - Suche
  - Inhalte verbreiten
  - Kommunikation
- Sie können in Bezug auf zwei Herausforderungen die Eigenschaften von je zwei p2p-Systemen beschreiben, die sich in der echten Welt bewährt haben.
- Sie können einschätzen, ob ein bestimmtes Konzept diese Herausforderungen bestehen könnte.

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

## Grundprobleme in Peer-to-Peer-Netzen

- Einstieg:** Wie finde ich meinen Platz im Netz?
- Suche:** Wo gibt es, was ich brauche?
- Verbreitung:** Wie vermeide ich Flaschenhälse?
- Kommunikation:** Wie fließen Informationen durchs Netz?
- Störungsresistenz:** Wie skaliert Gewünschtes besser als Unerwünschtes?

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Warum?

## Darum praktisch erprobte p2p-Netze verstehen

after a few days (and especially nights) of nervous full-time tinkering, it turned a 40 minute deploy process into one that lasted just 12 seconds!

- BitTorrent-Deployment: <https://vimeo.com/11280885>

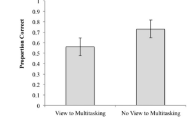
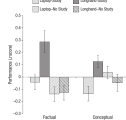
Spoiler: Cut-through routing.

<https://web.archive.org/web/20120807165933/http://engineering.twitter.com/2010/07/hauder-fast-datacenter-code-deploys.html>

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Warum?

## Laptops: Eigenverantwortlich



“even when laptops are used solely to take notes ... their use results in shallower processing.” — Mueller and Oppenheimer (2014)

“Laptop multitasking hinders classroom learning for both users and nearby peers” — Sana et al. (2013)

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Wiederholung

## Wiederholung 1

- Sammlung autonomer Knoten, die als ein kohärentes System erscheinen.
- Ziele:** Ressourcen, Verteilungstransparenz, Skalierbarkeit
- Skalierung:** Größe, Geographie, Administration
- Latenz, Partitionierung, Replikation, Caching
- Fallacies!**
- Cluster, Grid, Cloud, Ubiquitous, Mobile, DIS, Sensornetze

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Ablauf

## Ablauf heute

- Grundprobleme
- Gnutella (das Erste verbreitete, komplett verteilte p2p-Netz)
- PAUSE 14:30 ---
- Kademlia (das am weitesten verbreitete DHT)
- BitTorrent
- Freenet/Hyphanet
- Weiteres (Aktuelles, WebRTC, ...)

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Ablauf

## Welche p2p-Netze kennen Sie

am FlipChart sammeln

- 
- 
- 
- 

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

## Warum p2p?

- Skalierbarkeit:** Ein einzelner Server bricht bei etwa 100k Anfragen pro Sekunde ein. *dwd bei Sturm Sabine 2020?*
- Mit Nutzung wachsen:** Ähnliche Infrastruktur für 1000 Leute oder 10 Millionen Leute
- Infrastrukturkosten:** 100€ pro Jahr = Entwickler oder Entwicklerin

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Warum?

## Mein Ziel

Ich will, dass Sie die Fähigkeiten erwerben, unter denen zu sein, die die Deployment Zeit um Größenordnungen verringern, ohne dabei die Kosten dafür zu zahlen, Torrents als Blackbox zu sehen.

**Torrent** Bezeichnung für eine BitTorrent-Datei oder eine von BitTorrent verwaltete Datei.

**BitTorrent** Ein p2p-System zum Verteilen großer Datenmengen, bei dem die Verwaltung auf zentralisierten Trackern läuft

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Warum?

## Projekte

- Notieren Sie bitte Ideen
- Modulplan: 39h Selbststudium
- Projekt interessanter und nützlicher als Klausur
- Projektideen sammeln.

Doing X with *libp2p* oder *libresilient*?

Auf einem der aktuellen *NLNet-Projekte* aufbauen?

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Wiederholung

## Wiederholung 2

- Architektur:** Layered, Object, Resource, Event
- Schichten und Overlay Netze
- Prozesse sind isoliert, Threads teilen Speicher.
- Middleware** als Schicht: Übernimmt Verteilung, gibt Garantien.
- Messaging:** Request-Reply, Pub-Sub, Pipeline.
- Overlay metriken:** Link Stress und Stretch

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Ablauf

## Was und warum?

Was? **peer-to-peer (p2p)** peers (gleichberechtigte Partner) arbeiten zusammen, um sich gegenseitig einen Dienst zu erbringen.

Warum? Sie haben ein unerwartet beliebtes Programm geschrieben. Jetzt wollen es 100 Millionen Leute herunterladen. Größe: 50GiB. Wie viel kostet die Verteilung?

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Ablauf

## Ziele für Grundprobleme

Sie können die Grundprobleme beschreiben, die Peer-to-Peer-Netze lösen müssen:

- |  |  |
|--|--|
| <b>Fundamente</b>  | <b>Aufbauend</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Einstieg</li> <li>Suche</li> <li>Verbreitung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kommunikation</li> <li>Störungsresistenz</li> </ul> |

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

## Warum nicht p2p?

- Gestiegene Leistung von Servern. *Sturm: dwd<sup>2</sup> hielt größtenteils Stand (durch vereinfachte Seite<sup>3</sup>)*
- Handies sind durch Batterie und Netz begrenzt → keine kontinuierliche Leistung. (Nachts möglich?)
- Viele der einfachen Lösungen unmöglich, z.B. Geld auf Probleme werfen.

<sup>2</sup>dwd: Deutscher Wetterdienst.  
<sup>3</sup>→ gibt es eine einfachere Lösung?

<b>Einstieg</b>	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	000	000	000	0
00000	00000000000000	000000	000	000	0000	00000
000	000	00000000	00	00	000000	000

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Einstieg: Wie finde ich meinen Platz im Netz?

- **Erste Adressen:** Wie finde ich Adressen anderer Knoten?
- **Wahl der Verbindungen:** Mit wem sollte ich mich verbinden?
- **Routing-Informationen:** Welche Daten brauchen die Knoten?



Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Suche: Wo gibt es, was ich brauche?

### Zwei Konzepte:

- **Pfade zu existierenden Daten finden:** Gnutella
- **Daten an die richtigen Orte bringen:** Kademlia, BitTorrent VHT, Freenet

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Kommunikation

- **Vier-Augen Gespräch (PM/DM/msg/Anruf/...)**
- **Unterhaltung in Gruppen (Chat, Forum, Videokonferenz, ...)**
- **Öffentliche Unterhaltung**
- **Von neuen Inhalten erfahren**
- **Informationen über Inhalte (Kommentare, Bewertung, ...)**



Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Störungsresistenz: Wie skaliert Gewünschtes besser als Unerwünschtes?

### Störung

"Disruption", alles, was die Qualität des Dienstes für die Nutzer verringert

### Auf jeder Ebene nötig

- **Knotenauswahl:** Verbindung mit Angreifern
- **Suche:** Spam, Falschinformationen
- **Verbreitung:** Dateien korrumpieren
- **Kommunikation:** Spam, Belästigung und Zensur<sup>6</sup>

<sup>6</sup> „Das Web betrachtet Zensur als Störung und lenkt Anfragen darum herum.“  
— The Internet treats censorship as a malfunction and routes around it. – John Perry Barlow

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Weitere Eigenschaft: Grad der Verteilung

Serverkoordinierte Teilgruppen bis vollständig dezentrale Interaktion.

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Ziele

- Sie verstehen die grundlegende Funktionsweise von Gnutella als Beispiel einer effizienten, dezentralen Schlüsselwort-Suche.
- Sie erkennen, wo die für Gnutella entwickelten Techniken sinnvoll genutzt werden können.
- Sie wissen, welche Probleme ungelöst blieben.

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Strukturiert vs. Unstrukturiert

### Strukturiert

- **Erste Adressen:** Braucht Topologie<sup>4</sup>
- **Wahl der Verbindungen:** Nur bestimmte sinnvoll
- **Routing-Informationen:** Durch Auswahl der Partner (Peers)

### Unstrukturiert

- **Erste Adressen:** Einfache Liste
- **Wahl der Verbindungen:** Beliebige Andere
- **Routing-Informationen:** Explizit austauschen

Kann ich alle direkt erreichen?

<sup>4</sup>Topologie: Struktur des Netzes.

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Schlüssel zum Licht



Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Störungsresistenz: Wie skaliert Gewünschtes besser als Unerwünschtes?

### Störung

"Disruption", alles, was den die Qualität des Dienstes für die Nutzenden verringert

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Störquellen

### Sammeln am Flipchart

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Zusammenfassung

- **Einstieg:** Erste Adressen und Routing-Info
- **Suche:** Schlüsselwort, Inhalt, Public Key
- **Störung:** Parasiten, Trolle, Spammer, Konkurrenten und Angreifer
- **Verbreitung:** Tracker, Download-Mesh, Fragmente mit Caching
- **Kommunikation:** Privatnachricht, Forum, Neuigkeiten, Kommentare

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Inhalt

- **Nutzersicht:** Das war Gnutella
- **Einstieg:** GWebCaches
- **Suche:** Slow-Start + Keyword-Multicast
- **Verteilung:** Download-Mesh
- **Kommunikation:** Neues und Sammlung zeigen
- **Störungsresistenz:** Heuristik oder Inhalts-Matrizen

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Suche: Wonach suchen?

- **Schlüsselwort:** Gnutella, Skype (vor MS)
- **Inhalts-Hash:** Kademlia, BitTorrent VHT, Freenet
- **Öffentlicher Schlüssel:** Freenet

### Glossar:



### BitTorrent VHT Verteilte Hashtabelle, ein DHT

DHT Distributed Hashtable

Öffentlicher Schlüssel public key, das Gegenstück zum privaten Schlüssel in asymmetrischer Verschlüsselung.

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Verbreitung: Wie vermeide ich Flaschenhälse?

- **Zentralisiert:** Streaming im Provider-Netz via Multicast
- **Swarming:** Nutzer übernehmen einen Teil der Verteilung
  - **Koordiniert von zentraler Stelle:** BitTorrent (Tracker)
  - **Koordiniert durch die Nutzer:** Gnutella (Download-Mesh)
  - **Unabhängig verteilte Fragmente:** Freenet<sup>5</sup>

### Glossar:



### Download-Mesh Name des Protokolls

Tracker Ein Server der den BitTorrent-Schwarm Koordiniert

<sup>5</sup>Reduziert Swarming auf Download einzelner Dateien, braucht aber caching: Zeitlich begrenzte Zwischenspeicherung.

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Störungsresistenz: Wie skaliert Gewünschtes besser als Unerwünschtes?

### Störung

"Disruption", alles, was den die Qualität des Dienstes für die Nutzenden verringert

### In Gruppen sammeln

- **Knotenauswahl:**
- **Suche:**
- **Verbreitung:**
- **Kommunikation:**

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Störquellen

### Sammeln am Flipchart

### Quellen

- **Parasiten:** Bessere Leistung auf Kosten Anderer (leecher).
- **Trolle:** Kein Finanzinteresse, minimale Ressourcen, nutzen jegliche Lücke.
- **Spammer:** Erfolg durch Verbreitung eigener Inhalte.<sup>7</sup>
- **Konkurrenten:** Erfolg durch verringerte Qualität des Systems.
- **Angreifer:** Erfolg durch Schädigung von Nutzern.

<sup>7</sup>Werbung ist Spam durch die genutzte Plattform.

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Gnutella

### Erinnert mich bitte an die Pause

1999 veröffentlichte Justin Frankel von AOL ein Binärprogramm. Ein einfaches TCP-basiertes Protokoll verband alle Teilnehmenden zur ersten vollständig dezentralen Tauschbörse<sup>8</sup>. Binnen Tagen war es wieder offline, doch die Idee lebte weiter. Das Protokoll wurde reverse-engineered und weiterentwickelt und hat bis 2008 50 Millionen Nutzer gewonnen. Dann verschwand es nach verlorenen Urheberrechtsklagen der größten Entwicklungsfirmen in der Obskurität und seine technischen Errungenschaften gerieten in Vergessenheit.

<sup>8</sup>Tauschbörse: Ein Dienst, in dem Nutzerinnen und Nutzer Inhalte anbieten und von anderen Nutzern herunterladen.

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

## Sicht der Nutzer/-innen

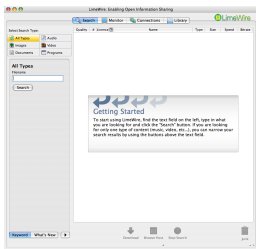
- 50 Millionen Knoten
- Globale Suche nach Dateinamen und ID3-Tags
- Filter für Creative-Commons-Lizenzen
- Suche nach den neusten Dateien (What's New?)
- Downloads von vielen Quellen ohne zentrale Koordination
- Audio-Streaming um 2004 („Dateivorschau“)
- LimeWire, Bearshare, Shareaza, Phex, gtk-gnutella, ...

Arne Babenhausenheide  
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 00000 000	0000 000000000000	000000 000 000000 00	0000 000 0000 00	000 000 000000000000	000 000 000000000000	0 00000 000

Einstieg	Grundprobleme	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	
0	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	
0000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000
000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

## Praktisch



Arne Babenhauserheide													
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer													
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000
000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

## Weitere Knoten finden: X-Try

### Beim Handshake (wie HTTP):

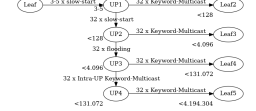
When rejecting a connection, a server MUST, if possible, provide the remote host with a list of other Gnutella hosts, so it can try connecting to them. This SHOULD be done using the X-Try header.

An X-Try header can look like:

X-Try:1.2.3.4:1234,3.4.5.6:3456

Arne Babenhauserheide													
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer													
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000
000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

## Suche im Netz



Nicht existente Datei durchschnittlich:  $4 \times 32 \times 32 = 4.096$  Knoten.

Last (empirisch):  $<1\text{kiB/s}$  Leaf,  $<14\text{kiB/s}$  Ultrapeer

Ultrapeer (UP) Ein Hub, über den Kommunikation läuft.

Leaf Ein Randknoten, sucht über Ultrapeers.

Knoten Ein Peer oder Ultrapeer.



Arne Babenhauserheide													
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer													
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000
000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

## Größe der Query Routing Tabellen in Gnutella

- Hashes: Normalisierte Suchwörter in der Suchanfrage oder im Dateinamen
- Größe: Variabel, Default in LimeWire 128kiB, interpolation auf größere und kleinere Tabellen möglich.
- Aktuell verfügbare Quelle: `BitSetQRTTableStorage.java`
- Hash-Funktion pro Suchwort: `HashFunction.java`

Arne Babenhauserheide													
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer													
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000
000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

## Verteilung: Download-Mesh

- Standard HTTP Range-Requests
- Content-Addressed: `HOST/uri-res/raw/urn:sha1:HASH14`
- 5 zusätzliche Header:<sup>15</sup>

X-AIT Bestätigte Quelle für die Datei, IP/Port

X-NAIT Unerreichbare Quelle oder Quelle mit Korruptierten Daten, IP/Port

X-Gnutella-Content-URN Merkle-Tree Root-Hash

X-Thex-URI /uri-res/N2X?urn:sha1:HASH;MERKLE\_TREE\_ROOT

X-Available-Ranges bytes 0-10,20-30 (Beispiel)

<sup>14</sup> <https://www.ietf.org/rfc/rfc2169.txt> and <http://www.nuke24.net/40ca/2015/haah0a.html>

<sup>15</sup> [http://rftc-gnutella.sourceforge.net/src/Partial\\_File\\_Sharing\\_Protocol\\_1.0.txt](http://rftc-gnutella.sourceforge.net/src/Partial_File_Sharing_Protocol_1.0.txt)

Arne Babenhauserheide													
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer													
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000
000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

## Störungsresistenz: Objektvertrauen via Credence

- Jede korrekt bezeichnete Datei: 1.0
- Jede inkorrekt bezeichnete Datei: -1.0
- Wertungen anderer mit Korrelation der gemeinsamen Wertungen multipliziert.

→ <http://credence-p2p.org>

Wurde nie in ein Mainstream-Prgramm übernommen.

Arne Babenhauserheide													
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer													
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000
000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

## Implementierung (Grundlagen)

- Adressen: Webcaches
- Verbindung: HTTP-Handshake, dann Binär über TCP socket + out of band Antworten via UDP
- Verbreitung: HTTP + swarming
- Kommunikation: Via Suche

Arne Babenhauserheide													
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer													
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000
000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

## Weitere Knoten finden: Pong

Pong messages contains information about a Gnutella host. The message has the following fields

- Bytes: Description:
- 0-1 Port number. The port number on which the responding host can accept incoming connections.
  - 2-5 IP Address. The IP address of the responding host. Note: This field is in big-endian format.
  - ...
  - When a Ping message is received (TTL>1 and it was at least one second since another Ping was received on that connection), a server MUST, if possible, respond with a number of Pong Messages. These pongs MUST have the same message ID as the incoming ping, and a TTL no lower than the hops value of the ping.

→ [http://rftc-gnutella.sourceforge.net/src/rftc-0\\_6-draft.html](http://rftc-gnutella.sourceforge.net/src/rftc-0_6-draft.html)

Arne Babenhauserheide													
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer													
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000
000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

## Suche 1: Slow-Start

### „Dynamic Querying“ (DQ)

- Leaf fragt einen UP nach dem anderen. Stoppt nach „genug“ Ergebnissen (um die 100).
- UP fragt Leafs und andere UPs. Stoppt nach „genug“ Ergebnissen.

Arne Babenhauserheide													
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer													
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000	0000000	000000000000	000000	000000	000000	000000	000000
000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0000	0000	00	00	00	00	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

## Suche 4: Dateien nach Hash finden

- Zugriff auf Magnet-Links<sup>11</sup> brauchte exakte Dateisuche.<sup>12</sup>
- Angepasstes Kademlia ⇒ im Abschnitt zu Kademlia.

<sup>11</sup> Magnet-Links liefern Infos für Downloads in leicht kopierbarem Link.

<sup>12</sup> `kt=...`: Suchanfrage, wurde kaum genutzt. Weiteres: [https://en.wikipedia.org/wiki/Magnet\\_URI\\_scheme#Design](https://en.wikipedia.org/wiki/Magnet_URI_scheme#Design)

Arne Babenhauserheide													
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer													
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss	Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	0	000000	000000	000000			

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000

## Gnutella Routing Experiment

- Peers: Tisch + davor + dahinter
- Letzte 2 Hops
- Suche nach Namen
- Hash = 1. Buchstabe
- QRT<sup>19</sup>: Hash der Namen der Peers
- Intra-UP QRT: QRTs der Peers, zusammengefasst

Was müsst ihr vorher austauschen?

<sup>19</sup>QRT: Query Routing Table.

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000

## Zusammenfassung Gnutella

- Effiziente Suche nach Schlüsselwörtern
- TCP-basiertes Binärprotokoll, 50 mio Nutzer, 1kiB/s Leaf, 14kiB/s Ultrapeer
- Einstieg: WebCache-Server + Austausch QRT (wie Bloom-Filter)<sup>20</sup>
- Suche: Slow-Start + QRT Routing
- Verteilung: Download-Mesh
- Störungsresistenz: Heuristik oder Objektiviert

<sup>20</sup>Set von schwachen Hashes der Suchwörter, Anzahl keys dynamisch skaliert und interpoliert

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000

## Projektideen

- Download-Mesh implementieren
  - Nur Range-Requests + magnet für Quellen
  - Quellen-Gossip via XAlt<sup>21</sup>
  - Mit Merkle-Tree oder hashliste für chunks und mit XNalt
- Suche über WebRTC in Javascript
  - flooding über vereinfachtes Binärprotokoll
  - QRP / QRT
  - Sharing als Upload in local storage
  - GGEP: Generic Gnutella Extension Protocol; Binärprotokoll für beliebige Daten.

<sup>21</sup>XAlt/XNalt: Header, der gute / kaputte Quellen beschreibt.

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000

## PAUSE

--- PAUSE ---

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000

## Kademlia

Lookup in einer Verteilten Hash-Tabelle (DHT) mit xor-Metrik.

- Nutzersicht
- Suche
- Einstieg (nutzt die Suche)

## Ziele

Sie verstehen die grundlegende Funktionsweise von Kademlia als Beispiel einer effizienten, dezentralen Hash-Suche.  
Sie erkennen, wo die in Kademlia entwickelten Techniken sinnvoll genutzt werden können.

## Sicht der Nutzer/-innen

### Werkzeuge

Ursprünglich Tauschbörsen: Kad in aMule, VHT in Torrent clients  
Inzwischen auch verteilte Datenbanken: Amazon Dynamo.

### Anwendung

- Suche nach exakten Dateien
- Löst Magnet-links auf
- Server-Auswahl zum Schreiben; eventual consistency

## Suche in Kademlia

- Jeder Knoten hat eine zufällige ID
- Suche nach Hash → Distributed Hash Table
- Distanz zwischen Hash und ID via xor-Metrik<sup>22</sup>
- Schritt für Schritt in O(log(N)) zum richtigen Server



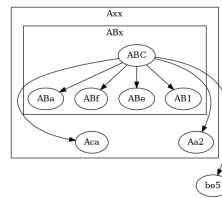
Ähnlich: Chord, Pastry.

<sup>22</sup>xor-Metrik: 4 xor 2 ⇒ 100 xor 010 ⇒ 110 ⇒ 6.

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000

## Präfix-Buckets



## Suche nach b91



Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000



## Kademlia Routing-Experiment, Einstieg

IDs nach Sitzplatz:

11 - - - - - (Fenster)  
10 - - - - -  
01 - - - - -  
00 - - - - -  
000 001 010 011 100 101 110 111  
(Tür) (Pult)

Präfix-Buckets (E=Eigener Bitwert):

1 4 4 2 1  
EEEEx EEExx EEExx Exxxx xxxxx

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000

## Kademlia Routing-Experiment, Suche

- ID berechnen (vereinfacht: zufällig<sup>23</sup>)
- Name in ID speichern.
- Andere Person: Name abfragen

<sup>23</sup>→ shared state, global; in Realität stattdessen: Hash.

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000

## Projektideen

- 
- 
- 
- 
- 

## Zusammenfassung

- Distanz: key-hash XOR node-ID
- Suche: Nächstgelegenen bekannten Knoten nach besseren Knoten fragen
- Kennt mehr nahe als entfernte Knoten
- Speichern wie Suchen
- Einstieg:
  - Suche nach eigener ID
  - Erreichte Knoten nutzen Adresse und ID

## BitTorrent

- Verbreitetste Lösung für Swarming
- BitTorrent, IPFS, Blizzard-Updater
- Upload für schnelleren Download
- Koordiniert durch Tracker
- Keine Suche

## Ziele

- Sie kennen die grundlegende Funktionsweise von BitTorrent.
- Sie verstehen, wo BitTorrent durch teilweise Zentralisierung Komplexität vermeidet.
- Sie können erklären, warum Torrent für Twitter keine optimale Wahl war, trotzdem aber Faktor 100 schneller, als die vorherige Lösung.

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000

Arne Babenhauerheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0	0000	000000	0000	000	000	0
000000	0000000000000000	000000	0000	000	000	000000
000	0000000000000000	0000000000000000	000000	000	000	0000000000000000
0000	0000000000000000	0000000000000000	0000000000000000	000	000	0000000000000000

Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Sicht der Nutzer/-innen

- Informationen von Tracker-Seiten
- Download mit torrent-Datei oder Magnet-Link
- Unterstützt Ordner
- Heute: ipfs: Webseiten über Bittorrent
- NAT-Traversing und IP Verschleiern über Tor

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Anreiz zum Hochladen

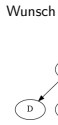
- Uploadverhältnis wird geprüft
- Freeloader<sup>25</sup> werden von anderen clients gedrosselt (choked: niedrigere Downloadrate)
- In Literatur ist der Anreiz im Vergleich zu anderen Themen stark vertreten, in der Praxis sind die angebotenen Foren wichtig

<sup>25</sup>Freeloader: Leute, die nichts hochladen. Auch „Leech“. Gegenteil: „Seed“.

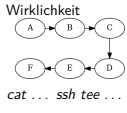
Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Torrent für Twitter-Deployment

- Kosten bei Twitter: Übertragung über viele Schritte
- Torrent überträgt in Fragmenten.



cut-through routing / streaming.



cat ... ssh tee ...

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Freenet/Hyphanet

### Zensur-Resistente Kommunikation auf Freund-zu-Freund Netzwerk Dezentrale Datenbank mit pubkey-Zugriff

- Ziele
- Verwendung
- Einstieg
- Small-World
- Suche
- Verteilung
- Mutability
- Kommunikation
- Schnittstellen

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Einstieg in Freenet

- Opennet:
  - Ähnlich Kademlia: Wähle bekannte Seednode<sup>26</sup>, Seednode sucht nach ID → Referenzen
  - Unterschied zu Kademlia: Nicht nur IP, sondern Referenz mit Schlüssel
- Friend-to-Friend:
  - Feste Verbindungen
  - Knoten tauschen ihre IDs, um das soziale Small-World-Netzwerk zu rekonstruieren → Overlay-Kosten minimieren.



<sup>26</sup>Seednode: Bekannter Knoten, der Verbindungen zu anderen vermittelt.

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Freenet Suche

- Wie Kademlia, aber hop für hop weitergeleitet → keine Globale Erreichbarkeit oder Sichtbarkeit
- Suche nach public key möglich
- Keyspace: [0.0 : 0.1]



Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Konzept von BitTorrent

- Tracker: Webseite
  - Koordiniert Schwärme
  - Suche, Foren, Bewertung, Verifizierung, Gemeinschaft
  - Statistiken: Seeder, Leacher
  - Liefert keine Daten
  - Aggregiert, wer wie viel hochlädt → Anreiz



Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Weiteres

- VHT statt Tracker möglich (Kademlia)
- Freies Protokoll mit vielen Implementierungen
- Weiterentwicklung in der Community
- IPFS nutzt Torrents für dezentral gecachte Webseiten

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Projektideen

- 
- 
- 
- 
- 

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Ziele für den Freenet-Abschnitt

- Sie kennen Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Kademlia und Freenet
- Sie erkennen feste Freund-zu-Freund Verbindungen
- Sie erkennen die Small-World-Anforderung
- Sie verstehen, wie Freenet Daten versioniert und neue Versionen findet, ohne existierende Daten ändern zu können
- Sie kennen die dezentrale Spam-Abwehr in Freenet

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Small-World-Netzwerk (skalenfrees Netzwerk)

- Viele kurze und wenige lange Verbindungen.
- 6 degrees of separation via Post: Unsere Bekanntschaften bilden ein small-world Netzwerk
- Kleinberg-Netzwerk: Wahrscheinlichkeit verbunden zu sein:  $\frac{1}{d^2}$ , d = Distanz, x = Dimension.
- Freenet: x = 1

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Arten von Schlüsseln

- CHK: Content Hash
- KSK: Keyword Subspace: Passwort
- SSK: Signed Subspace: Public Key
- USK: Updatable Subspace: SSK mit Version

Format:  
 XXX@routing,encryption/tarball-name/path/to/file.ext  
 Ohne Pfad und Name möglich (kleiner → Optimierung).

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Torrent-Datei

- Tracker URL(-s)
- Hashes für Chunks
- Namen der Datei(-en)
- Kann Ordner enthalten<sup>24</sup>

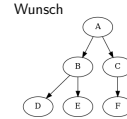


<sup>24</sup>http://www.bittorrent.org/beps/bep\_0003.html

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Torrent für Twitter-Deployment

- Kosten bei Twitter: Übertragung über viele Schritte
- Torrent überträgt in Fragmenten.



cut-through routing / streaming.

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Zusammenfassung

- Tracker und Clients
- Tracker: Statistiken und Koordination
- Torrent-Datei mit Chunk-Infos

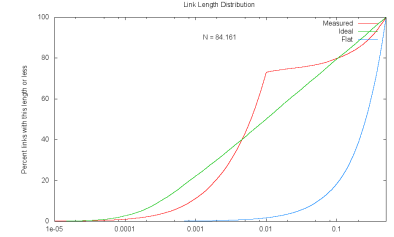
Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Verwendung

- Web-Schnittstelle
- Plugins mit E-Mail
- Externe Programme wie Chat und Foren mit Freenet als Datenbank via HTTP-ähnlicher API (FCP)

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Theoretische und gemessene Link-Längen



Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000

## Verteilung in Freenet

- Netz speichert Inhalte → verteilter Cache
- Dateien verschlüsselt, als 32 KiB Fragmente mit 100% Redundanz abgelegt
- Manifest enthält Schlüssel der Fragmente als CHKS
- Effektiv LRU-Cache:<sup>27</sup>
  - Speichern überschreibt zufällig gewählte Fragmente
  - Zugriff stellt überschriebene Fragmente wieder her
- Upload auf existierenden Schlüssel+Pfad: Kollision → In der Praxis immutable



<sup>27</sup>LRU: Least Recently Used. Ältestes wird zuerst gelöscht.

Arne Babenhausenheide						
Verteilte Systeme 1: peer-to-peer						
Einstieg	Grundprobleme	Gnutella	Kademlia	BitTorrent Downloads	Freenet	Abschluss
0 0 0000	0000 000000000000	000000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000	0000 000000000000





