

PEER-TO-PEER

Revolution in der Kommunikation?

Autor: Marco Nussbaum und Reto Stohler
Dozierender: Prof. Hanspeter Knechtli
Publikationsdatum: 12. April 2002

Management-Summary

Thema dieser Fachrichtungsarbeit ist Peer-to-Peer, ein Netzwerkmodell, welches in den letzten Jahren zusehends an Popularität gewonnen hat. Entgegen vieler Meinungen ist Peer-to-Peer aber nicht neu, denn schon während den Anfängen des Internets vor rund 30 Jahren wurden Netzwerkformen benutzt, welche man heute als Peer-to-Peer bezeichnen würde.

Der Begriff Peer kommt aus dem Englischen und bedeutet „gleichrangig“ oder „gleichgestellt“. Peer-to-Peer kann also als „gleichrangig-zu-gleichrangig mit denselben Rechten“ übersetzt werden und beschreibt ein Netzwerk in dem jeder angeschlossene Computer gleichberechtigt ist. Ein zentraler Server für die Speicherung von Daten und die Verwaltung von Benutzern sowie Netzwerkressourcen wird dabei nicht oder nur beschränkt benötigt.

Peer-to-Peer ist in den letzten drei Jahren besonders durch die Tauschbörsen „Napster“, „Gnutella“ und „Freenet“ bekannt geworden, die einzig und alleine dafür konzipiert wurden, Dateien auszutauschen. Diese Plattformen haben eine regelrechte Euphorie unter den Internetusern ausgelöst und dieses wiederentdeckte Netzwerkmodell ins Rampenlicht der IT-Branche gerückt.

Peer-to-Peer-Netze können aber nicht nur für den Austausch von Dateien benutzt werden, sondern bieten eine Reihe von anderen Geschäftsmodellen und Möglichkeiten (File-Sharing, Distributed-Search-Engines, Distributed Computing, CSCW), auf die wir in dieser Arbeit näher eingehen werden.

Marktanalysten sehen in P2P den Business-Trend der kommenden Jahre, was auch daran zu sehen ist, dass zur Zeit viele Unternehmungen in die Entwicklung von P2P-Technologie und -Plattformen investieren. Diese Arbeit soll, neben den bereits erwähnten Geschäftsmodellen, auch die Generierung von Mehrwert für Unternehmungen und Kunden sowie die Vor- und Nachteile von Peer-to-Peer-Netzen erläutern.

Inhalt

1	Einführung	5
2	Geschichte des Internets und die Entstehung von Peer-to-Peer.....	5
2.1	Einleitung	5
2.2	Wie alles angefangen hat	6
2.3	Der Grundgedanke	6
2.4	Die ersten Schritte	6
2.5	Das Internet entsteht und wächst.....	7
2.6	Die weitere Entwicklung.....	7
3	Architekturen und Funktionsweise von P2P	7
3.1	Netzwerktopologien	8
3.1.1	Dezentrale Client-Server-Architektur	8
3.1.2	Zentrale Client-Server-Architektur	8
3.2	Internetgenerationen	8
3.3	Definition P2P und Funktionsweise.....	9
3.4	P2P-Architekturen	10
3.4.1	Pures oder Reines P2P	11
3.4.2	Hybrides P2P	12
4	Anwendungsformen von Peer-to-Peer.....	13
4.1	„File-Sharing“ – Austausch von Dateien.....	13
4.1.1	Offene Systeme	13
4.1.1.1	Offene Systeme ohne zentralen Server	14
4.1.1.2	Offene Systeme mit zentralem Server	14
4.1.2	Geschlossene Systeme	14
4.2	“Distributed Search Engines” – Verteilte Suche	15
4.2.1	Die herkömmliche Abfrage durch eine Suchmaschine.....	15
4.2.2	Suche durch „Distributed Search Engines“	15
4.3	Distributed Computing	17
4.4	Computer Supported Cooperative Work (CSCW).....	18
4.4.1	Beispiel Groove.....	20
5	Generierung von Mehrwert resp. Vor- und Nachteile von P2P-Modellen	21
5.1	Vorteile.....	21
5.1.1	Unternehmen	21
5.1.2	Nutzer	21
5.2	Nachteile	22
5.2.1	Unternehmen	22
5.2.2	Nutzer	22
6	Sicherheit in P2P-Netzen	23

6.1	Vertrauen und Sicherheit - zwei Hauptbestandteile.....	23
6.2	Die Elemente eines sicheren Systems.....	24
6.2.1	Authentizität.....	24
6.2.2	Autorisierung.....	24
6.2.3	Verschlüsselung.....	24
6.3	Anwendung.....	26
7	Schlussfolgerungen/Zukunftsaussichten.....	27

Abbildungsverzeichnis

Abb.: 1: Vergleich P2P-Modell mit zentralem C-S-Modell.....	9
Abb.: 2: Positionierung der P2P-Modelle.....	10
Abb.: 3: Modell einer puren P2P-Architektur.....	11
Abb.: 4: Herkömmliche Suche.....	15
Abb.: 5: Neue Suchmöglichkeiten mit P2P.....	16
Abb.: 6 Intensität des Informationsflusses in einer Gruppe.....	19
Abb.: 7: Informationsaustausch bei Kooperation und Kollaboration.....	20
Abb.: 8: Symmetrische Verschlüsselung.....	25
Abb.: 9: Asymmetrische Verschlüsselung.....	25
Abb.: 10: Sequenz einer Operation zwischen zwei Peers.....	26
Abb.: 11: Ein dritter Peer übernimmt die Vermittlungsfunktion zwischen zwei Peers.....	26

1 Einführung

Die Informationstechnologie (IT) hat sich in den letzten Jahren einem starken Wandel unterzogen. Seit ihrer Entstehung vor ungefähr dreissig Jahren hat sie sich hauptsächlich mit der Entwicklung von leistungsfähigeren Prozessoren und schnelleren Zugängen zu Informationen auseinandergesetzt. Seit ungefähr zwei bis drei Jahren ist aber eine Trendwende zu verzeichnen. Die IT hat - wie in vielen anderen Branchen auch - die Erkenntnis gewonnen, dass Prozesse und Strukturen in fast allen Bereichen der Zusammenarbeit immer wichtiger werden. Auf Grund dieser Erkenntnisse und den Umständen, dass verschiedene Faktoren wie z.B. preiswerte Computerleistung, neue Bandbreiten und verbesserte Speicherkapazität die Informatik positiv beeinflusst haben, steht heute das folgende Ziel in der IT-Branche im Vordergrund:

Beziehungen untereinander aufbauen sowie unterhalten, egal ob diese am selben resp. an unterschiedlichen Orten und zu gleichen oder unterschiedlichen Zeiten stattfinden. Beziehungen in den Bereichen Interaktion und Zusammenarbeit müssen neu überdacht werden.

Genau in diesem Zusammenhang kommen Peer-to-Peer-Architekturen ins Spiel.¹ Doch das Peer-to-Peer-Computing ist nicht neu, denn bereits vor 30 Jahren haben Unternehmen mit Architekturen gearbeitet, die man heute als Peer-to-Peer (P2P) bezeichnen würde. Eine Wiederentdeckung einer Netzwerkarchitektur, welche die Kommunikation in der IT-Branche revolutionieren könnte.

2 Geschichte des Internets und die Entstehung von Peer-to-Peer

2.1 Einleitung

Kaum ein Konzept hat in letzter Zeit soviel Aufsehen erregt wie Peer-to-Peer. Oft wird dieser Begriff mit diversen Tauschbörsen assoziiert und daher auch genau auf diese Aufgabenstellung reduziert. Doch genau so wenig wie das Konzept neu ist, ist die Nutzung auf Tauschprogramme reduziert. Vielmehr wird die wiederentdeckte P2P-Technologie die Kommunikation, Interaktion und Zusammenarbeit privater und geschäftlicher Beziehungen stark verändern.²

Peer-to-Peer bietet genau genommen die Chance, das Internet mit seiner eigentlichen zugrundeliegenden Architektur zu nutzen – als ein dynamisches weltweites Netzwerk aus Ressourcen, die alle direkt miteinander kommunizieren und interagieren können.³

Peer-to-Peer-Computing ist die gemeinsame Nutzung von Computerressourcen und Dienstleistungen durch einen direkten Austausch unter den Systemen. Zu diesen Ressourcen und Dienstleistungen gehören der Austausch von Informationen, Verarbeitungszyklen, Cache-Speicherung und Plattenspeicherung von Dateien.

¹ Simon Michel, Diplomarbeit der HSG: „Peer-to-Peer Architekturen und Applikationen für Kollaboration und Kooperation“, 22.08.2001; S. 7-10.

² <http://nibbler.tk.informatik.tu-darmstadt.de/LectureNotes/ws0102/TK3-Praktikum/TK3-Aufgabenzettel2.pdf>: 27.02.2002.

³ http://www.intel.de/deutsch/ebusiness/products/peertopeer/ar010102_p.htm: 27.02.2002.

Doch lassen Sie uns zuerst auf den Ursprung des Internets und die Entstehung von Peer-to-Peer eingehen, bevor wir die Funktionsweise und die Architektur in Punkt 3 genauer erläutern.

2.2 Wie alles angefangen hat

Anfang der 60er Jahre macht sich die Firma "RAND Corporation" in den USA Gedanken darüber, wie die amerikanischen Machthaber, Behörden und Militärs nach einem Nuklearkrieg untereinander die Kommunikation aufrecht erhalten könnten.

Ein atomar verwüstetes Amerika würde ein Kommando- und Steuerungsnetzwerk benötigen, das alle Städte und Staaten, sowie alle militärischen Stützpunkte miteinander verbindet. Wie schwer auch die Verwüstungen (auch des Netzes selber) gewesen wären, die funktionsfähigen Teile sollten nach wie vor in der Lage sein, untereinander zu kommunizieren.

1964 wurden die erarbeiteten Lösungsvorschläge erstmalig veröffentlicht. Das Wichtigste daran waren die folgenden zwei Punkte:

- Das Netzwerk sollte keine zentrale Steuerung und damit auch keine zentrale Autorität erhalten.
- Das Netzwerk sollte von Beginn an so ausgebildet werden, dass schon die kleinsten Komponenten komplett funktionsfähig und unabhängig wären.⁴

2.3 Der Grundgedanke

Die Prinzipien waren einfach. Das Netzwerk selbst musste dafür Sorge tragen, dass es zuverlässig arbeitete. Alle Knotenpunkte des Netzes mussten daher den selben Status im Netz haben. Zudem sollte jeder Knoten so ausgestattet sein, dass er mit seiner eigenen Berechtigung Nachrichten erzeugen, empfangen und übertragen konnte. Die Nachrichten selbst sollten in einzelne Pakete unterteilt werden, wobei jedes Paket einzeln mit Absender und Adressat versehen werden sollte. Das hatte den Vorteil, dass bei Ausfall einzelner Pakete nur diese und nicht die gesamte Nachricht wiederholt werden musste.

Die genaue Route eines Pakets war vollkommen unwichtig. Wichtig war ausschliesslich, dass das Paket am Zielort eintreffen würde. Auch wenn grosse Teile des Netzes ausgefallen wären, sollte dieses Prinzip nach wie vor funktionieren, solange der Empfänger nur überhaupt noch irgendwie Kontakt zum Netz hätte. Dieses System erscheint zwar sehr ineffizient, war und ist aber im höchsten Masse ausfallsicher.⁵

2.4 Die ersten Schritte

Lange wurde an diesem Konzept ohne wirklichen Fortschritt gearbeitet. Der erste richtige Erfolg war ein kleines Testnetz, welches in Grossbritannien stand und auf genau den oben-erwähnten Grundlagen realisiert wurde. Nur kurze Zeit später entschied das amerikanische Verteidigungsministerium Pentagon, ein wesentlich grösseres Projekt in den USA zu realisieren.

Im Jahre 1969 waren schon vier Universitäten über eine schnelle Datenleitung miteinander verbunden. Federführend beim Aufbau und gleichzeitiger Namensgeber des Netzes war die „Advanced Research Projects Agency“. Das noch heute bekannte und als erstes Internet

⁴ <http://t-online.de/home/horibo/history.htm>: 28.02.2002.

⁵ <http://home.t-online.de/home/horibo/history.htm>: 28.02.2002.

gepriesene ARPA-Net (welches als Urform für ein Peer-to-Peer-Netzwerk gilt⁶) war somit geboren. Dieses Netz entwickelte sich so schnell weiter, dass 1972 bereits 37 hervorragende funktionierende Knoten existierten.

2.5 Das Internet entsteht und wächst

In den folgenden Jahren wuchs das Netz beständig. Die dezentrale Struktur des Netzes machte eine Erweiterung sehr einfach. 1972 entstand bereits ein Protokoll, welches die Datenübertragung zwischen unterschiedlichsten Hardware-Plattformen und vor allem zwischen autonomen Netzen ermöglichen sollte. Es entstand ein befriedigenderer Standard, der unter dem Namen TCP/IP⁷ bekannt wurde und heute noch benutzt wird.

Besonders im Laufe der 80er Jahre erhielten unterschiedliche Gesellschaftsgruppen Zugang zu leistungsfähigen Computern. Die Netzgemeinde war nicht mehr auf Militärs, Regierung und Universitäten beschränkt, sondern auch immer mehr für die Öffentlichkeit zugänglich. Da die physikalische Struktur des Netzes von Natur aus dezentral ist, war es schwierig, die Leute davon abzuhalten, sich an beliebigen Stellen in das Netz einzuklinken. So wuchs also ein vollkommen chaotischer Verbund von unterschiedlichsten lokalen Netzwerken aus der ganzen Welt zu etwas zusammen das unter dem Namen "Internet" bekannt wurde.⁸

2.6 Die weitere Entwicklung

Einen ungeheuren Wachstumsschub bekam das Internet durch die Entwicklung der "Hyper Text Markup Language" (HTML) in den Jahren 1989/1990 am Genfer CERN-Institut. Durch diese abstrakte Seitenbeschreibung konnte man ein relativ einheitliches Erscheinungsbild der gleichen Seite auf unterschiedlichen Rechnern erreichen. Mit der Entwicklung und Verbreitung sogenannter Browser-Software zur Anzeige dieser sowohl Text als auch Grafik enthaltenden Seiten, war der Siegeszug des WWW (World Wide Web) nicht mehr aufzuhalten.

Heutzutage geht man von mehreren hunderttausend Knotenrechnern im Netz aus und die Nutzerzahl wird wohl bald die 1-Milliarden-Grenze überschreiten. Jede Angabe muss dabei aber pure Schätzung bleiben, da auf Grund seiner dezentralen Struktur nirgendwo im Netz erfasst werden kann, welche Knoten in diesem gigantischen Netzwerk aufgebaut wurden und wie viele User darüber arbeiten (zumal sich diese Grössen vermutlich auch noch im Sekundentakt ändern!).⁹

3 Architekturen und Funktionsweise von P2P

Für das bessere Verständnis der Funktionsweise von P2P, werden in den nächsten 2 Unterkapiteln die beiden wichtigsten Netzwerktopologien und dann die 3 Internetgenerationen erläutert.

⁶ http://www.informatik.uni-leipzig.de/rnvs/lehre/rn1/INT_OV02.pdf : 03.03.2002.

⁷ TCP, oder "Transmission Control Protocol", beschreibt, wie Nachrichten in Pakete zerlegt werden und am Ziel wieder zur Originalnachricht zusammengesetzt werden können. IP, oder "Internet Protocol", wird benötigt, um die Pakete so zu adressieren, dass sie über diverse Knoten oder auch Netzwerke mit verschiedensten Übertragungsstandards ihre Destination finden.

⁸ <http://home.t-online.de/home/horibo/history.htm>: 02.03.2002.

⁹ <http://home.t-online.de/home/horibo/history.htm>: 02.03.2002.

3.1 Netzwerkarchitekturen

Das Internet besteht heute aus zwei „Hauptdarstellern“. Es gibt einerseits Server, die im Domain Name System (DNS) einen eigenen Eintrag haben und ständig online sind. Auf der anderen Seite gibt es Clients, die im Netz quasi nur Gäste sind und über keine eigene IP-Adresse verfügen.

Diese beiden „Hauptdarsteller“ (Server resp. Client) bilden auf verschiedene Weise die zwei bekanntesten und wichtigsten Netzwerktopologien. Es sind dies die dezentrale Client-Server-Architektur und die zentrale Client-Server-Architektur.

3.1.1 Dezentrale Client-Server-Architektur

Beim dezentralen Client-Server-System ist nicht der Server der zentrale Punkt im Netzwerk, sondern die Clients. Sie werden gezwungen, selber Rechenaufgaben zu lösen respektive Daten zu speichern.

Vorteile	Nachteile
Besitz und Kontrolle über Daten und Ressourcen.	Hoher Sicherheitsstandard wird schwierig.
Es gibt keinen „single-point-of-failure“, d.h. bei einem Ausfall eines Clients funktioniert das Netzwerk weiter.	Suchmaschinen arbeiten am schnellsten und effizientesten bei einem zentralen Server als Datenablage.
Daten sind lokal gespeichert und dadurch einfacher zugänglich.	

3.1.2 Zentrale Client-Server-Architektur

Bei diesem System ist der Server der zentrale Knoten im Netz. Die Clients laden Daten vom Server herunter und speichern diese wieder auf dem Server ab.

Vorteile	Nachteile
Hoher Sicherheitsstandard möglich, da Server als zentraler „Filter“ figurieren kann.	Relativ hohe Pflege- und Unterhaltskosten.
Zugriffsrechte können einfach und effektiv verwaltet werden.	Single-point-of-failure vorhanden. Bei Serverproblemen können lange und teure Netzwerkausfälle entstehen.
Durch die zentrale Datenverwaltung können Backups schnell und einfach gemacht werden.	Zentrale C-S-Architekturen sind geografisch an einem Ort isoliert. Zugriff dadurch nicht immer einfach.
Fehlermanagement wird vereinfacht, da zentrales Speichermittel vorhanden ist.	Hohe Anschaffungskosten, weil eine grosse Serverleistung benötigt wird.

3.2 Internetgenerationen

In der Retrospektive redet man heute von 3 Internetgenerationen. Wie wir bereits in den Kapiteln 2.2.1 – 2.2.6 beschrieben haben, war die erste Generation (Internet 1.0) ein dezentrales Client-Server-Modell (Two-Way-Netz). Jeder konnte grundsätzlich Host Pakete erhalten und senden. Durch das TCP/IP wurde das „Internet“ formalisiert.

Die zweite Generation (Internet 2.0) ist 1994 durch die Einführung des Web Browsers geboren worden. Nun war das Internet auch für den „Normalbürger“ einfach zugänglich und wurde vor allem zum verschicken von e-Mails und zum öffnen von Webseiten benutzt.

Server wurden als gute, zukünftige Einnahmequellen betrachtet und der Markt war überzeugt, dass ein Server als zentrales Publishing Tool das richtige sei. Es fand also ein Wechsel zur zentralen Client-Server-Architektur (One-Way-Netz) statt.

Zur Zeit befinden wir uns inmitten eines Transformationsprozesses der Netzwerkarchitekturen und -topologien der dritten Generation (Internet 3.0). Distribution und Dezentralisation bilden den Kern dieses Prozesses, welcher das Internet zurück zu einem interaktiveren, flacheren und symmetrischeren Two-Way-Netz führen wird. Im Internet 3.0 wird der PC, wie auch andere Geräte, sowohl Client als auch Server sein. Die Zukunft wird also wieder auf einem dezentralen Client-Server-Modell aufgebaut.

3.3 Definition P2P und Funktionsweise

Peer-to-Peer ist per Definition nach dem dezentralen Client-Server-Muster aufgebaut und kann dabei helfen, den IT-Flaschenhals (z.B. limitierte Bandbreite und Speicherkapazität), welcher mit der zentralen Client-Server-Architektur (C-S-Architektur) entstanden ist, zu brechen.¹⁰

Bei Peer-to-Peer sind alle „Beteiligten“ sowohl Client wie auch Server und können untereinander Dienstleistungen austauschen. Dies erlaubt das Konsumieren und Publizieren von Daten. Dies ist auch der Grund, weshalb man beim Internet 3.0 von einem Two-Way-Netz spricht.

Abbildung 1 zeigt grafisch den Unterschied zwischen einer zentralen C-S-Architektur und einer P2P-Architektur.

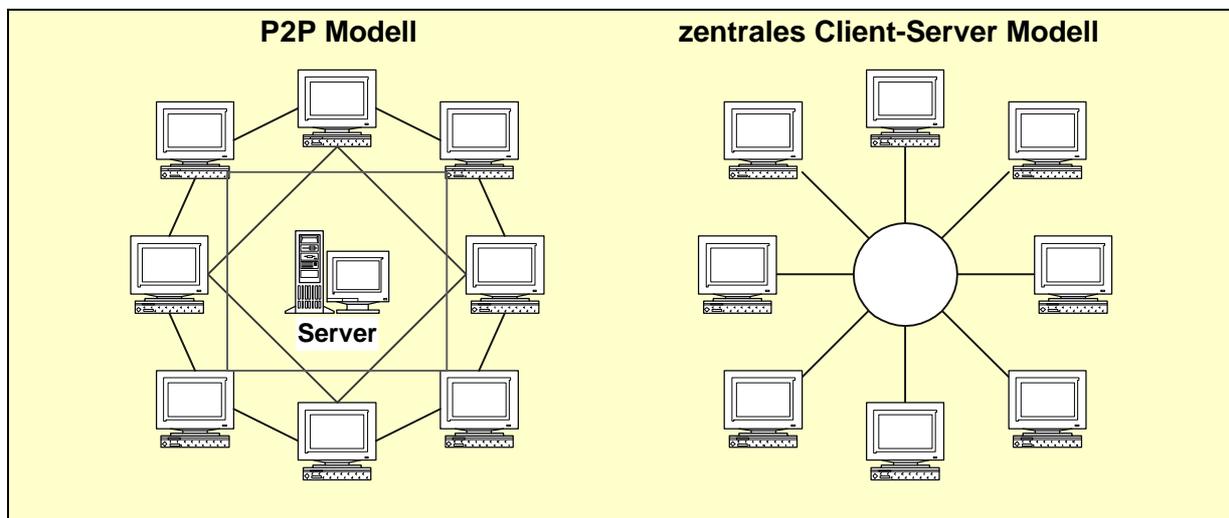


Abb.: 1: Vergleich P2P-Modell mit zentralem C-S-Modell

Während beim zentralen C-S-Modell jeder Datenaustausch und jede Kommunikation via den zentral verwalteten Server läuft, kommunizieren im P2P-Modell die Clients direkt. Folglich verschieben sich die Hauptressourcen vom Zentrum nach aussen zu den Clients. Diese Clients vereinen nun einige interessante Eigenschaften, die von den heutigen Client-

¹⁰ Simon Michel, Diplomarbeit der HSG: „Peer-to-Peer Architekturen und Applikationen für Kollaboration und Kooperation“, 22.08.2001; S. 20ff.

Server-Modellen zu wenig berücksichtigt werden. So befinden sich die Clients alle am Rande des Netzwerkes resp. des Internets, d.h. sie sind letztes Glied in der Kette der Vernetzung. Weiter sind Clients wegen ihrer fehlenden fixen IP-Adresse¹¹ vom DNS-System¹² ausgeschlossen, obwohl sie dank neuer und erschwinglicher Technologien wie Prozessoren und Harddisk vor allem gute und brachliegende Ressourcen (Speicherplatz, Rechenleistung, Bandbreite...) besitzen.

Peer-to-Peer ist nun ein Konzept, das genau diese freien Ressourcen zu nutzen versucht. Dazu braucht es spezielle dafür ausgelegte Applikationen, die dezentralisierte Ressourcen finden und verwalten können und sich in einem Umfeld unstabiler Verbindungen und wechselnder IP-Adressen zurechtfinden können.¹³

Man kann somit sagen, dass sich Peer-to-Peer auf folgende zwei Kernelemente bezieht:

1. Temporäre Netzwerkadressen sind Standard
2. Unabhängigkeit der einzelnen Knoten von einem zentralen System

Noch ein letzter Begriff, der typischerweise für die P2P-Modelle zutrifft, soll erläutert werden, nämlich der Netzwerkeffekt. Er besagt, dass zusätzliche Möglichkeiten durch das Hinzukommen neuer Netzteilnehmer im System allen Beteiligten des Netzwerks zugute kommt. Bei einem P2P-Netz ist also die Anzahl Teilnehmer resp. Peers eine wichtige Komponente. Je mehr Teilnehmer das Netzwerk hat, desto leichter und schneller wird das Finden, die Distribution und auch die Nutzung der Ressourcen (Speicherplatz, Rechenleistung, etc.) Der „Wert“ des Netzes steigt somit.

3.4 P2P-Architekturen

Wie bereits erwähnt, ist das Peer-to-Peer-Konzept nicht neu. Im bisherigen Verlauf dieses Kapitels wurde der Unterschied zwischen einer zentralen und einer dezentralen Client-Server-Architektur erklärt. Im Folgenden geht es nun darum, P2P in diesem Kontext einzugliedern. Man unterscheidet grundsätzlich zwei P2P-Architekturen, nämlich das reine resp. pure P2P und die hybride¹⁴ P2P-Architektur, die zusätzlich für gewisse Aufgaben die Hilfe eines Servers beansprucht. Wie in Abbildung 2 ersichtlich wird, beinhaltet das hybride P2P sowohl Komponenten der zentralen wie auch der dezentralen C-S-Architektur, während das pure P2P vollständig dezentralisiert ist.

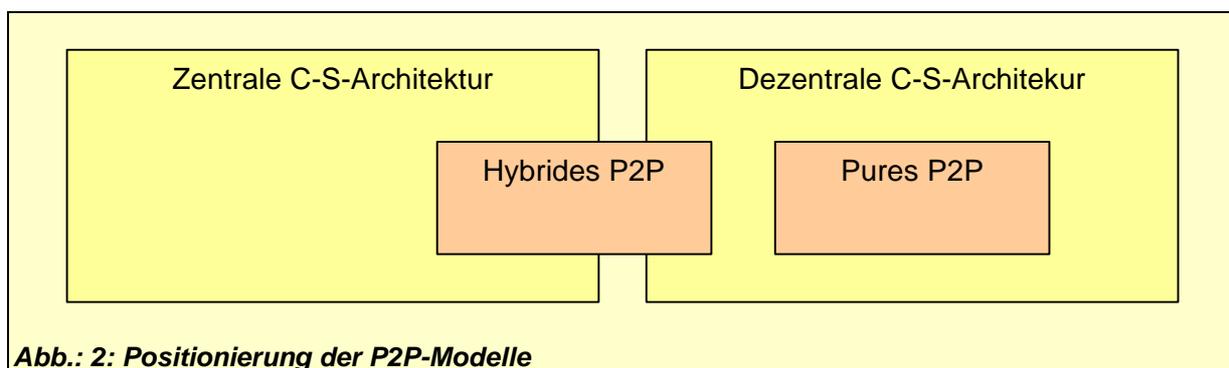


Abb.: 2: Positionierung der P2P-Modelle

¹¹ Def. IP-Adresse: Eindeutige Adresse einer Netzwerkschnittstelle oder eines Rechners. Besteht derzeit aus einer Zahlenkombination von maximal 4 Bytes, z.B. 192.168.0.1.

¹² Def. DNS: Domain Name System. Bezeichnung für das Konzept des Domain Name Service und der daraus resultierenden Infrastruktur.

¹³ Graf Philipp, Diplomarbeit der HSG: „Geschäftsmodelle mit Peer-to-Peer Architektur: Erlösmodelle und Marktstrategien“; S. 17ff.

¹⁴ Übersetzung in Deutsch: Mischung, Kreuzung.

3.4.1 Pures oder Reines P2P

Im vollkommenen dezentralen Modell ist jeder Host ein gleichberechtigter Teilnehmer und es gibt keine Hosts mit speziellen, administrativen Rollen. Es wird kein zentraler Server benötigt, um die Verbindung zwischen Peers zu kontrollieren oder zu koordinieren. Dies macht solche Systeme überaus fehlertolerant. In einem reinen P2P-Netzwerk sind die Daten über viele verschiedene Rechner oder Peers verstreut. Jeder Computer ist sowohl ein Peer, als auch ein potentieller Host und kann somit direkt Daten austauschen. Dies führt dazu, dass Daten und Ressourcen über das ganze Netzwerk hinweg verteilt und somit zentrale Speicherkosten eliminiert werden. Im reinen P2P-Modell sind Informationen tausendfach, auf Tausenden von Computern gespeichert. Diese Redundanz wird dazu führen, dass in Zukunft weder Disketten noch andere Backup-Systeme benötigt werden (so sagen es zumindest P2P-Befürworter voraus).

Das bekannteste Beispiel für ein reines P2P-Netzwerk via Internet ist Gnutella und wurde ursprünglich von einer Tochtergesellschaft von AOL programmiert. Gnutella ist keine Software sondern ein Protokoll welches festlegt wie Gnutella-Applikationen miteinander über das Internet via http kommunizieren. Heute bestehen über 30 verschiedene Clientprogramme, wodurch Gnutella das erste grosse P2P-Netzwerk nach dem ARPANET¹⁵ darstellt.

In einem reinen P2P Netzwerk gibt es keine zentrale Stelle und keiner der Netzteilnehmer ist besser gestellt. Jeder Knoten verwaltet sich selbst und alle Knoten zusammengefasst bilden das Netzwerk und dessen Administration. Jeder Knoten ist Server und Client zugleich – ein sogenannter Servent.¹⁶

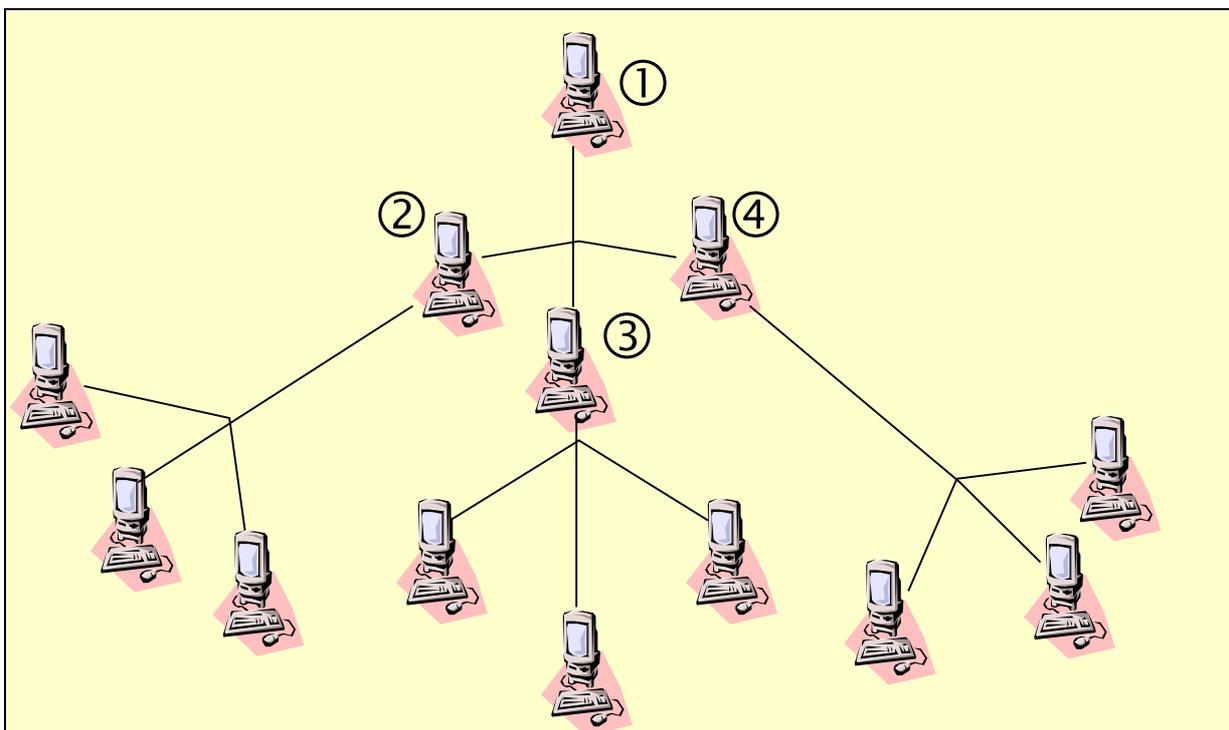


Abb.: 3: Modell einer reinen P2P-Architektur

Ein solcher Servent loggt sich nun folgendermassen in ein P2P-Netzwerk ein. Er (siehe Abb.:3 Nr. ①) verbindet sich zu anderen Netzwerk-Computern (Abb.:3 Nr. „②③④“) und teilt

¹⁵ Siehe Kapitel 2.2.3.

¹⁶ Def. Servents: Ein Begriff der sich aus **Server** und **Client** zusammensetzt; www.Limewire.com: 9.3.2002.

ihnen mit, dass er auf dem Netz aktiv ist. Die anderen Hosts kommunizieren dem Knoten mit welchen anderen Servents („user“) sie verbunden sind und übermitteln gleichzeitig diesen den aktiven Status des neuteilnehmenden Nutzers. Es wird also immer eine Antwort zurückgesendet und eine Nachricht weitergesendet. Dieser Prozess geht bei den anderen Servents („user“) so weiter, so dass sich in kürzester Zeit Tausende von Hosts miteinander verbinden können.¹⁷

Damit nun aber das Netz nicht überlastet wird und eine Suche auch einmal zu Ende ist, wird jede Suchanfrage durch einen Zähler, eine sogenannte „time-to-live“ (TTL), begrenzt. Jeder angefragte Servent zieht vom Zähler 1 ab, bis dieser auf Null ist. Somit gibt es eine Barriere für den Zugriff auf das P2P-Netz, was die Effizienz des Netzwerkes sicherstellt. Trotz dieser Beschränkung kann die Ausdehnung des Netzwerkes auf welches ein einzelner zugreifen kann enorm gross sein, wie das Beispiel von Gnutella zeigt:

Gnutella	Datum: 28.02.2001
Hosts:	6'953
Files available:	209'031
Gigabytes available	10'583

Tabelle 1: Beispiel Gnutella¹⁸

3.4.2 Hybrides P2P

Diese Netzwerke haben im Gegensatz zur reinen P2P-Architektur einen oder mehrere zentrale Server. Dadurch will man gewisse Vorteile der Client-Server-Architektur nutzen um das Kommunizieren der „Peers“ (Clients) zu vereinfachen und zu beschleunigen. Bekanntestes Beispiel für ein hybrides P2P ist Napster.

Nutzer eines solchen Systems müssen sich beim Starten der entsprechenden Applikation beim zentralen Server einloggen (resp. zuerst registrieren lassen). Diese zentrale Stelle administriert die aktiven User und deren angebotenen Inhalte. Die Suche nach Ressourcen verläuft nun über diese Koordinationsstelle und ermöglicht einen schnellen Ablauf des Such- und Downloadprozesses. Im ersten Schritt entspricht dies teilweise einer Client-Server-Architektur. Um jedoch auf gefundene Ressourcen zuzugreifen, verbindet sich der User dann direkt mit dem entsprechenden „Peer“ um die Daten von dort herunterzuladen.

Hybride P2P-Modelle sind für die Anwender einfacher zu benutzen und versprechen insgesamt eine bessere Vernetzung der Hosts. Was beim puren P2P-Modell zu grenzenloser Vernetzung von Servents führt, wird hier durch zentrale Server gelöst. Die Applikation wählt beim Starten automatisch den Server, zu welchem die beste Verbindung möglich ist. Um aber grosse Massen von Nutzern effizient zu verwalten, braucht es ein ganzes Netz von Zentral-Servern, die dann wieder in Subnetzwerke gesplittet werden. So können gute Verbindungsmöglichkeiten zwischen den „Peers“ erreicht werden. Da die Zentral-Server nicht unbedingt miteinander kommunizieren, kann der Nutzer nicht immer das gesamte Netzwerk durchsuchen, dafür aber auf im Subnetzwerk gefundene Ressourcen bedeutend schneller zugreifen. Nun ist es aber möglich, dass auf dem entsprechenden Subnetzwerk die ge-

¹⁷ www.clip2.com: 09.03.2002.

¹⁸ Graf Philipp, Diplomarbeit der HSG: „Geschäftsmodelle mit Peer-to-Peer Architektur: Erlösmodelle und Marktstrategien“; S. 19.

wünschte Datei nicht zu finden ist. Zu diesem Zweck gibt es sogenannte Plug-Ins¹⁹ für die entsprechenden Applikationen (z.B. für Napster), die eine netzweite, themenbezogene Suche ermöglichen.

Die Vorteile des hybriden Modells sind der zentrale Index pro Subnetz, welcher das schnelle und effiziente Auffinden von Daten erlaubt und der Umstand, dass alle individuellen Benutzer, resp. Clients (Peers) auf einem Server registriert sein müssen. Durch dieses System erreicht eine Suchanfrage alle aktuell ausgewählten Netzwerkteilnehmer und nicht wie beim reinen P2P-Modell bloss den TTL²⁰-Horizont.

Die Single-Point-of-Failure-Problematik ist bei hybride-P2P weit geringer als bei traditionellen zentralen Client-Server-Architekturen, da das Datenvolumen via Server eher klein ist.²¹

²²

4 Anwendungsformen von Peer-to-Peer

4.1 „File-Sharing“ – Austausch von Dateien

Schon mit der Erfindung des Internets kam der Wunsch auf, Daten auf möglichst einfachem und schnellem Weg zu tauschen und zu verschicken. Diese Idee nahm mit der Entwicklung der P2P-Netze konkrete Formen an. Am bekanntesten sind P2P-Netze im Zusammenhang mit dem sogenannten „File-Sharing“, also dem Austausch von Dateien, geworden. Dazu hat primär die Plattform von Napster beigetragen, welche einen regelrechten Boom des Datenaustausches via Internet auslöste und die Peer-to-Peer-Technologie ins Rampenlicht rückte. Bei der Plattform von Napster handelte es sich lediglich um den Austausch von Musikdateien. Im Allgemeinen sind aber P2P-Systeme nicht auf bestimmte Datentypen festgelegt und können jegliche Dateien wie z.B. Bild, Text und Software tauschen. Um sich in eine P2P-Plattform einloggen zu können, muss auf den teilnehmenden Computern (Peers) eine bestimmte Software installiert werden, die sich um den Austausch der Daten kümmert. Solche Programme bestehen im Wesentlichen aus zwei massgebenden Bestandteilen:

- Einem Webserver, der Daten für andere Teilnehmer bereitstellt
- Einem Client, der Daten von einem Webserver empfangen kann

Im Normalfall ist auch eine Suchfunktion eingebaut, die je nach Struktur des Netzwerkes gestaltet ist.²³

4.1.1 Offene Systeme

Das Hauptmerkmal von offenen Systemen ist, dass der Datenaustausch mit beliebig vielen Nutzern möglich ist. Je mehr Teilnehmer sich in einem System befinden, desto mehr Daten

¹⁹ Def. Plug-Ins: “Plug-ins are software programs that extend the capabilities of a Web Browser (e.g. Netscape Navigator) in a specific way - giving you, for example, the ability to play audio samples or view video movies from within the Web Browser.”; <http://www.vcu.edu/web/browsers/defn.html>: 10.03.2002.

²⁰ TTL=time-to-live.

²¹ Graf Philipp, Diplomarbeit der HSG: „Geschäftsmodelle mit Peer-to-Peer Architektur: Erlösmodelle und Marktstrategien“, 30.03.2001; S. 27-30.

²² Simon Michel, Diplomarbeit der HSG: „Peer-to-Peer Architekturen und Applikationen für Kollaboration und Kooperation“, 22.08.2001; S. 22-25.

²³ www.ra.informatik.uniduebingen.de/lehre/ws01/pro_internet_ausarbeitung/proseminar_heinrich_ws01.pdf: 27.03.2001.

können getauscht werden. Die Grenzen der offenen Systeme sind nur durch die technischen Möglichkeiten wie z.B. Überlastung, Ausfall der zentralen Komponente oder Zusammenbruch gegeben.

4.1.1.1 Offene Systeme ohne zentralen Server

In einem offenen System ohne zentralen Server findet die komplette Kommunikation nur direkt zwischen den beteiligten Teilnehmern statt. Dabei wird das Schneeballprinzip angewendet (siehe Kapitel Distributed Search Engines). Die Vorteile liegen darin, dass es fast unmöglich ist, ein solches System zu kontrollieren. Zudem ist die Möglichkeit, dass ein solches System zusammenbricht oder sogar abgeschaltet wird sehr klein, weil die Verteilung der Rechner unüberschaubar ist.

Natürlich gibt es nicht nur Vorteile von offenen Systemen ohne zentralen Server. Durch die oben erwähnte, fast unmögliche Kontrolle eines offenen Systems ist es natürlich auch genauso schwierig, allfällige Zensuren anzubringen, was besonders für die Veröffentlichung resp. den Austausch von untersagten und verbotenen Daten benutzt werden kann.

4.1.1.2 Offene Systeme mit zentralem Server

„Auf dem Server liegt eine Index-Datei, in welcher festgehalten ist, wo welche Datei zu finden ist. Um eine Plattform zu benutzen, muss sich der Teilnehmer, auch Client genannt, mit dem Server verbinden und schickt diesem eine Liste mit der von ihm angebotenen Dateien. Um etwas zu suchen, muss von einem Client eine Anfrage an den Server gestellt werden. Dieser kann aufgrund seines Verzeichnisses die Anfrage schnell beantworten und schickt dem Client eine Auflistung aller Computer, die das gesuchte File anbieten, zurück. Der Client kann sich nun für einen Computer entscheiden und der Datentransfer wird direkt zwischen den beteiligten Clients eingeleitet. Der Datentransfer funktioniert so ohne den Server. Man kann seine Verbindung zum Server trennen, ohne dass die im Moment laufenden Downloads abgebrochen werden.“

Die Vorteile von offenen Systemen mit zentraler Komponente sind rasch aufgezählt. Eine Anfrage muss nur einmal an den Server gestellt werden. Dadurch ist eine schnelle Suche möglich. Durch die Index-Datei ist es außerdem möglich, Urheberrechte zu schützen. Bei einigen Betreibern sind auch Filter eingebaut, sodass man nur noch bestimmte Daten (z.B. Musiktitel) herunterladen kann.

Die Existenz des zentralen Servers bringt nicht nur Vorteile. Negativ zu werten ist, dass man durch Abschalten der Index-Server das komplette System abschalten kann und somit das Austauschen von Daten unmöglich wird. Weiterhin können auf den Servern Filter eingebaut werden, um die Teilnahme und den Datenaustausch zu beschränken.²⁴

4.1.2 Geschlossene Systeme

„In einem geschlossenen System ist der Datenaustausch auf eine bestimmte Nutzergruppe beschränkt, d.h. der Austausch kann nur zwischen Personen erfolgen, die sich kennen. Man muss dazu in gegenseitigen Kontakt treten und vereinbaren, dass nun über das geschlossene System kommuniziert und Daten getauscht werden. Meistens findet man in geschlossenen Systemen die folgenden Komponenten:

²⁴ www.ra.informatik.unituebingen.de/lehre/ws01/pro_internet_ausarbeitung/proseminar_heinrich_ws01.pdf: 27.03.2001.

Passwortschutz:

Alle freigegebenen Dateien werden mit einem Passwortschutz versehen. Somit können nur Nutzer zugreifen, denen die Zugangsdaten, meistens eine Nutzungskennung und ein zugehöriges Passwort, bekannt sind.

Beschränkung auf bestimmte IP-Adressen:

Es ist möglich, einzelne IP-Adressen oder Adressbereiche für den Zugriff zu konfigurieren. Über die Einwahlverbindungen werden jeweils dynamisch neue IP-Adressen vergeben. Deshalb macht dies eher in einem kleinen und festen Netzwerk wie zum Beispiel einem Intranet, Sinn.²⁵

4.2 “Distributed Search Engines” – Verteilte Suche

Auch für die Suche im Internet öffnen sich mit Peer-to-Peer völlig neue Perspektiven. Von den Pionieren dieser Technologie werden bereits die Mega-Indices der Suchmaschinen-Betreiber für überflüssig erklärt. Gleichzeitig reicht die P2P-Technologie in Bereiche hinein, welche Suchmaschinen niemals erreichen können.

4.2.1 Die herkömmliche Abfrage durch eine Suchmaschine

Wenn man heute auf dem Web nach einer Information sucht, dann fragt man im Allgemeinen eine Suchmaschine wie „Goolge“, „Yahoo“ oder „Altavista“ an, die uns die gewünschte Information liefern soll. Die Suchmaschine wird dann die ihr bekannten Web-Seiten nach den von uns eingegebenen sogenannten Key-Words durchsuchen. Die Anzahl der so abgefragten Internetseiten beträgt mit dieser herkömmlichen Suchmethode im Durchschnitt weniger als 20 % der vorhandenen Seiten auf dem gesamten Internet. Ein Nachteil, welcher durch die Fülle von Informationen die der Server verarbeiten muss, nicht ausgeschaltet werden kann.²⁶

Ein weiterer grosser Nachteil dieser Suchmaschinen ist die Aktualisierung von Daten. Wird z.B. ein Dokument auf einem Server veröffentlicht, bleibt es so lange aktuell, bis es durch eine neue Datei ersetzt wird. Daher ist es sehr wichtig, dass der Verfasser seine Dokumente immer (auch bei kleinsten Änderungen) auf dem zentralen Server aktualisiert.²⁷



Abb.: 4: Herkömmliche Suche.

Der Computer sendet eine Anfrage an eine Suchmaschine. Die Suchmaschine überprüft die Web-Seiten welche im eigenen Katalog aufgelistet sind und antwortet mit allfälligen Resultaten.

4.2.2 Suche durch „Distributed Search Engines”

Mit der Peer-to-Peer-Technologie eröffnen sich nun neue Suchmöglichkeiten welche effizienter sind als die herkömmlichen Methoden.

In einem P2P-Netzwerk bilden nicht nur die Server, sondern alle Hosts zusammen den gesamten Suchbereich einer Ab-

²⁵ www.ra.informatik.unituebingen.de/lehre/ws01/pro_internet_ausarbeitung/proseminar_heinrich_ws01.pdf: 27.03.2001.

²⁶ <http://www.e-publishing.de/online/suchmaschinen/p2p.html>: 27.03.2002.

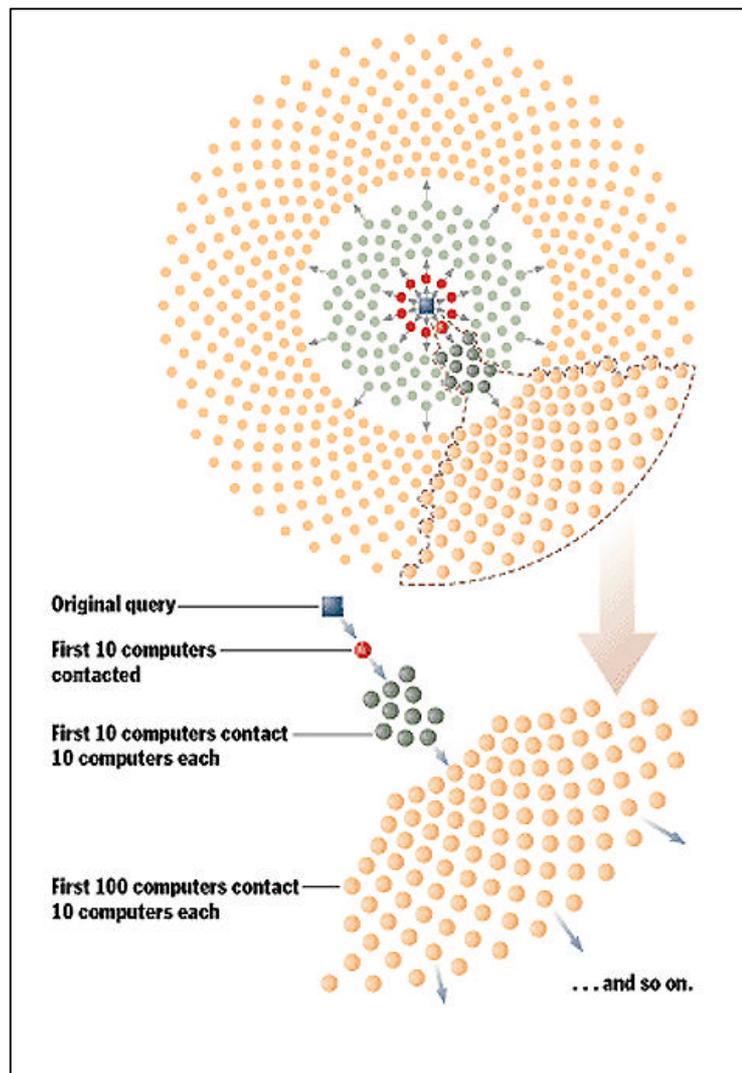
²⁷ Philipp Graf: „Geschäftsmodelle mit Peer-2-Peer Architektur: Erlösmodelle und Marktstrategien, Seite 45.

frage. Deshalb kann immer das aktuellste Dokument im Netzwerk gefunden werden. Die Möglichkeit des Teilens von Ressourcen erlaubt einen Suchmechanismus, welcher alle aktuellen und relevanten Dateien innerhalb des Netzwerkes findet. Wichtig dabei ist vor allem, dass im Gegensatz zu bestehenden Suchmechanismen dieser Art, die Suche von Distributed Engines in Echtzeit erfolgt. D.h. die Suche wird nicht mit einer bestehenden Liste (Indices) verglichen, sondern sie wird effektiv auf dem Netzwerk in Echtzeit ausgeführt. Direkt nach jeder Aktualisierung ist es nachher sofort möglich, die neuste Version eines Dokumentes zu einem Thema zu finden, ohne dass es auf einem zentralen Server abgelegt werden muss. Diese Art von Suche beschränkt sich nicht nur auf Dokumente im klassischen Sinne (Word, Excel, Powerpoint etc.) sondern kann von Bildern, MP3-Dateien, Videos bis hin zu vollständigen Software-Applikationen oder sogar Rechenleistungen und Speicherplatz reichen.

Abb.: 5.²⁸ Neue Suchmöglichkeiten mit P2P

Abbildung 5 zeigt den Suchvorgang von Mitgliedern eines Netzwerkes die eine Gnutella-Software für die Suche im Internet verwenden. Im Wesentlichen ist diese Software eine Aneinanderreihung von Distributed Engines, welche die Suche exponentiell ausweitet.

Wenn ein Gnutella-Benutzer eine Anfrage eingibt, dann sendet die Software diese Anfrage an zehn Computer im Netzwerk weiter. Können diese zehn Rechner keine Antwort auf die Anfrage liefern, so werden alle zehn Computer die Anfrage an zehn weitere Teilnehmer weiterleiten. Die Suche funktioniert also nach dem sogenannten „Schneeballprinzip“ und kann somit in kürzester Zeit (zwischen fünf und zehn Sekunden) Millionen von Web-Seiten überprüfen. Ein solches Programm kann, rein theoretisch gesehen, jede Seite auf dem Web überprüfen. Damit die Suche aber nicht allzu lange weitergeführt wird, wird oft (so auch bei Gnutella) ein sogenannter „Horizont“ eingebaut, welcher die maximale Anzahl der zu durchsuchenden Computern vorgibt.



Entscheidend bei einem solchen Suchvorgang ist aber die Qualität der Dateien bzw. Ressourcen. In einem Intranet oder Firmennetzwerk ist dies weitaus weniger problematisch als auf dem Internet. Kennt man in einer Firma den Verfasser und/oder den Verwalter der gefun-

²⁸ <http://www.e-publishing.de/online/suchmaschinen/p2p.html>: 27.03.2002.

denen Dateien, ist im Gegensatz die Suche auf dem Internet anonym. Daher ist es äusserst schwierig die Qualität der Suchresultate zu beurteilen.

4.3 Distributed Computing

Heutzutage werden in der Wissenschaft immer häufiger Computer eingesetzt. In manchen Bereichen (insbesondere in der Klima- und Krebsforschung), wird für komplizierte Simulationen und langwierige Berechnungen viel Rechnerleistung benötigt. Üblicherweise wird dieses Problem mit sogenannten Supercomputern gelöst. Diese sind jedoch ziemlich aufwendig im Unterhalt und in der Wartung und sind relativ teuer bei der Anschaffung. Somit steht diese Lösung hauptsächlich finanzkräftigen Institutionen zur Verfügung.

Distributed Computing steht für „Verteiltes Rechnen“ und bietet dafür die Lösung. Distributed Computing ermöglicht mehrere eigenständige Computer durch entsprechende Softwareprogramme an einem grossen Rechenprojekt rechnen zu lassen.²⁹

Die Idee dabei ist, die Leerlaufzeit der teilnehmenden Rechner zu nutzen. Die meisten Rechner sind nämlich die längste Zeit ihres Betriebes im sogenannten „Idle-Mode“, es werden also nicht alle Rechenressourcen genutzt. Und genau hier setzt das verteilte Rechnen an und nutzt diese brachliegenden Rechenressourcen.³⁰

Meist wird innerhalb eines Distributed-Computing-Projekts ein zentraler Server mit der Aufgabe betraut, ein riesiges Rechenprojekt, das mit einem einzelnen Computer nicht in absehbarer Zeit errechnet werden könnte, in kleine „Häppchen“ zu teilen. Teilnehmende Rechner rufen dann mit Hilfe eines entsprechenden Client-Programms einzelne Häppchen ab, berechnen diese und schicken das Ergebnis zurück.

Ob ein Rechner nun ein superschnelles oder ein hoffnungslos altes Modell ist, spielt in einem solchen Projekt keine Rolle. Theoretisch hat jeder teilnehmende Rechner die Möglichkeit, die Nadel im Heuhaufen zu finden und genau das macht die Teilnahme an einem Distributed-Computing-Projekt so faszinierend. Zwar bekommt man bei den meisten Projekten keinerlei finanzielle Entschädigung für die Strom- und Verbindungskosten, dennoch ist es ein erbauender Gedanke, Besitzer eines Rechners zu sein, der Teil eines gigantischen Grossrechners ist.

Unternehmen oder auch Universitäten können so die nicht genutzte Leistungsfähigkeit der Geräte, die sich bereits auf den Schreibtischen der Mitarbeiter (Studenten) befinden, verwenden.

Wissenschaftler der University of Wisconsin schätzen, dass in den meisten Unternehmen weniger als 25 % der Rechenleistung und Speicherkapazität wirklich genutzt wird. Peter Lee, CEO von DataSynapse, einem Unternehmen das Distributed-Computing-Lösungen für die Finanzbranche anbietet hat festgestellt, dass sogar in diesem Bereich die Leerlaufzeiten immer noch mehr als 60 % betragen. Durch die Verwertung dieser zuvor ungenutzten Ressourcen ergeben sich zwei entscheidende Vorteile.

- Zum einen kann die Kapazität eines Unternehmenssystems mit einer gemeinsamen Berechnung problemlos übertroffen werden. Dies resultiert wiederum in schnelleren Durchlaufzeiten.

²⁹ <http://www.netplanet.org/traditionen/distributed.html>: 26.03.2002.

³⁰ <http://www.pinguhuhn.de/Text%20Diverses/distrcomp.txt>: 26.03.2002.

- Zum zweiten sind Distributed-Computing-Modelle wesentlich kostengünstiger als dedizierte Systeme. Dies ist ein Vorteil, den alle Organisationstypen ungeachtet ihrer IT-Infrastruktur für sich verbuchen können.³¹

"Innerhalb von zwei Jahren nach der Einführung von Distributed-Computing konnten wir auf die Anschaffung neuer Grossrechner verzichten und darüber hinaus noch einige ausmustern, die wir bereits besaßen."

Zitat: Pat Gelsinger, Vice President und Chief Technology Officer, Intel Architecture Group.

Die heutigen Supercomputer können zwar Berechnungen in der Größenordnung von 5 Teraflops anstellen, dafür kosten sie allerdings auch über 100 Millionen US\$. Mit dem Einsatz von Desktop-Ressourcen, die normalerweise verloren wären, so die Überzeugung von Intel, kann ein virtueller Supercomputer geschaffen werden, der mehr als 50 Teraflops Leistung bringt und nur gerade 1 Million US\$ im Jahr kostet.³²

Fazit: Mit Peer-to-Peer-Systemen auf Basis des Distributed-Computing-Modells steht eine leistungsfähige Lösung für eine breite Vielfalt von Problemen im IT-Bereich bereit. Die Rolle des PCs in dieser Lösung kann gar nicht hoch genug eingeschätzt werden. Höchst leistungsfähige PCs liefern die Leistung, die benötigt wird, um umfangreiche Berechnungen anzustellen und um komplexe Probleme zu lösen, ohne dass teure Supercomputer angeschafft werden müssten. Wie am Beispiel von Distributed-Computing deutlich wird, richtet sich mit den Peer-to-Peer-Technologien das Augenmerk wieder vermehrt auf den PC als Kernkomponente des Client/Server-Systems einer Unternehmung.

4.4 Computer Supported Cooperative Work (CSCW)

Ein weiterer grosser P2P-Bereich ist unter dem Begriff CSCW zu nennen. Laut Larry Cheng, CEO Battery Ventures, hat dieser Bereich einen 30%-tigen Anteil am gesamten P2P-Kuchen³³.

Der Begriff CSCW steht für *Computer Supported Cooperative Work* und ist ein eigenständiges Forschungsgebiet, das sich einerseits mit Gruppenarbeit und andererseits mit der Rechnerunterstützung kooperativen Arbeitens befasst. Typische CSCW-Anwendungen sind beispielsweise E-Mail, Benachrichtigungssysteme, Videokonferenzen, Chats, Multi-Player-Spiele sowie verteilte Echtzeit-Anwendungen wie kollaboratives Schreiben oder Zeichnen. Innerhalb von CSCW unterscheidet man zwischen Workflow-Managementsysteme und Workgroup-Computing-Systeme:

- **Workflow-Managementsysteme** werden mit arbeitsteiligen Prozessen auf der Ebene der Gesamtorganisation in Verbindung gebracht, wobei eine grosse Anzahl von MitarbeiterInnen einzubeziehen ist.
- **Bei Workgroup-Computing** stehen im Gegensatz zu Workflow-Managementsystemen meist kleinere und überschaubarere Gruppen im Mittelpunkt. Es handelt sich dabei um Gruppen, die z.B. zeitlich befristete Projektaufgaben bearbeiten oder in Bezug auf ein spezielles Problem, wie die gemeinsame Erstellung eines Dokumentes, unterstützt werden müssen. Im Gegensatz zum Workflow-Management sind diese Aufgaben in der Regel nicht durch organisatorische Regelungen im voraus koordiniert. Ihre Erfüllung erfordert ein gewisses Mass an Selbst-

³¹ <http://www.intel.de/deutsch/eBusiness/products/peertopeer/ar011102.htm>: 26.03.2002.

³² <http://www.intel.de/deutsch/eBusiness/products/peertopeer/ar011102.htm>: 26.03.2002.

³³ <http://www.heise.de/tp/deutsch/inhalt/te/7008/4.html>: 29.03.2002.

organisation der Gruppen, so dass in diesem System sehr hohe Anforderungen an die Flexibilität der Systemunterstützung gestellt werden.

Wie bereits angetönt, geht es bei CSCW-Systeme darum, dass verschiedene Gruppenmitglieder durch interagieren eine Aufgabe gemeinsam lösen. Um die verschiedenen Intensitätsgrade der Zusammenarbeit zu beschreiben, unterscheidet man zwischen Information, Koordination, Kooperation und Kollaboration. Es versteht sich von selbst, dass bei allen vier Intensitätsgraden die Kommunikation das zentrale Element darstellt. Anhand folgender Darstellung soll die Intensität der Kommunikation innerhalb der Gruppe gezeigt werden:

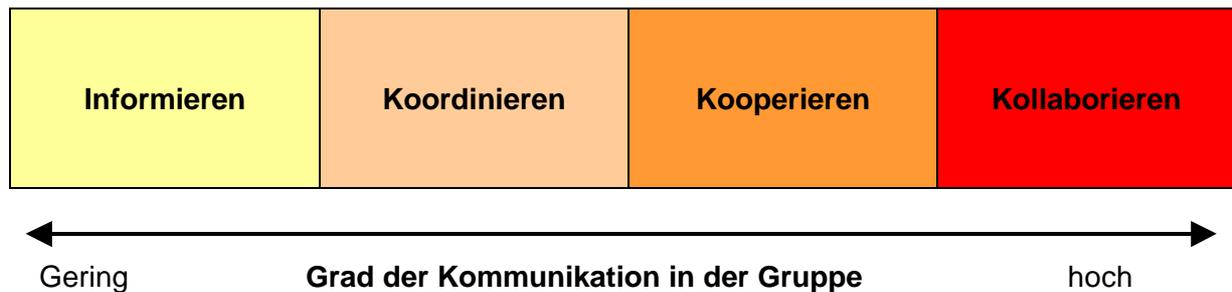


Abb.: 6 Intensität des Informationsflusses in einer Gruppe

Quelle: Simon Michel

Auf der ersten Stufe des **Informierens** ist der Kommunikationsgrad gering. Absender und Empfänger haben hier nur selten Kontakt, da die Informationen in eine Richtung fließen. Die nächste Stufe ist die **Koordination**, wobei Absender und Empfänger in direktem Kontakt sind und Aktionen koordinieren (beispielsweise durch gemeinsame Nutzung von Ressourcen). Generell sollen durch Koordination Reibungsverluste, die sich z.B. in Form von Doppelarbeit, erhöhtem Suchaufwand, Wartezeiten, Missverständnissen usw. ausdrücken, vermieden werden.

Die nächste Steigerung führt zu Kooperation und Kollaboration, bei welchen der Absender und Empfänger zusammen auf ein Ziel hinarbeiten. Unter **Kooperation** wird die arbeitsteilige Leistungserstellung zwischen verteilten Aufgabenträgern und Organisationseinheiten bezeichnet. Ein Beispiel für kooperative Zusammenarbeit könnte die Arbeit an einem Buch sein, für welches zehn verschiedene Autoren je einen Teil schreiben. Diese Teilaufgaben werden am Schluss vom Herausgeber zu einem Ganzen zusammengefügt. Grundsätzlich versucht man durch Kooperation die Performance zu verbessern, indem Redundanzen und Unterschiedlichkeiten in Lösungen vermieden werden. Normalerweise findet bei der Kooperation eine Zusammenarbeit zwischen zwei oder mehreren, meistens jedoch wenigen, Individuen statt. Diese können zwar fachspezifisch differenziert sein, sind aber in der gleichen Hierarchieebene. Kooperierende Arbeitsgruppen verteilen sich in der Regel über mehrere Standorte und folglich müssen Dokumente über unterschiedliche Netze ausgetauscht werden.

Quasi ein Spezialfall der Kooperation ist die **Kollaboration**. Dabei werden verschiedene Aufgaben am selben Objekt durch verteilte Aufgabenträger gemeinsam ausgeführt. D.h. die Gruppe arbeitet zusammen an der Lösung des Problems. Während also bei der Kooperation jede/r MitarbeiterIn eine feste und klare Aufgabe hat, findet bei der Kollaboration eine Integration der Aufgabenbewältigung statt. Folgende Darstellung soll dies verdeutlichen:³⁴

³⁴Simon Michel, Diplomarbeit der HSG: „Peer-to-Peer Architekturen und Applikationen für Kollaboration und Kooperation“, 22.08.2001; S. 29-37.

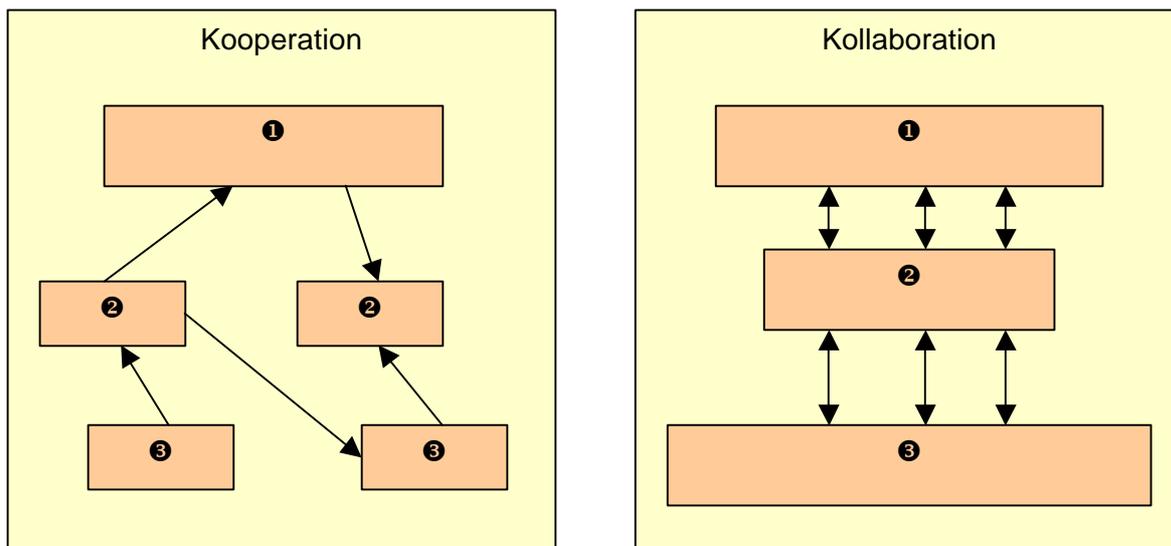


Abb.: 7: Informationsaustausch bei Kooperation und Kollaboration

Quelle: Simon Michel

4.4.1 Beispiel Groove

Das wohl bekannteste P2P-CSCW-Programm ist Groove.net der Firma Groove Networks Inc.. Das Programm wurde von P2P Pionier Ray Ozzie entwickelt, der bekanntlich bereits grossen Anteil an der Entwicklung von Lotus Notes hatte.

Als Benutzer von Groove kann man einen "gemeinsamen Raum" eröffnen und diesen anderen Personen zugänglich machen. Den Inhalt dieser Räume strukturiert man mit verschiedenen Werkzeugen wie z.B.: Diskussionsforen, Texteditor, Datei- und Fotoablage, Webbrowser, Kalender, Outliner etc. Einige Grundlegende Tools wie die soeben genannten, werden standardmässig durch Groove bereitgestellt. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, selbst Tools zu implementieren oder Tools von Drittanbietern zu benutzen. Dadurch können Groove's Funktionalitäten prinzipiell beliebig erweitert werden.

Die Räume selbst werden auf dem lokalen PC des jeweiligen Benutzers verschlüsselt abgelegt. Groove kümmert sich darum, dass die Räume und deren Inhalte auf allen angeschlossenen PCs synchronisiert sind. Lädt man jemanden ein, einen solchen Raum mitzubutzen, wird der komplette Raum einmal übertragen und auf dem PC des Eingeladenen abgelegt. Arbeiten dann zwei oder mehr Personen gleichzeitig in einem solchen Raum, sehen sie dies und können direkt zusammenarbeiten, miteinander chatten oder per Voice-over-IP auch miteinander reden beziehungsweise konferieren. Selbstverständlich kann man einen solchen Raum auch offline nutzen.³⁵

Die Architektur basiert mehrheitlich auf offenen Standards wie http, UDP, TCP/IP zur Kommunikation und XML zur Datenspeicherung. Die gemeinsam durch die Benutzer verwendeten Daten werden ausschliesslich auf dem Client gespeichert. Sowohl die Daten wie auch die Kommunikation werden stark verschlüsselt. Die Authentifikation und Verschlüsselung erfolgt über ein Public-Key-Verfahren.³⁶

³⁵ <http://www.heise.de/newsticker/data/jk-25.10.00-006/>: 29.03.2002.

³⁶ http://www.icu.unizh.ch/~mettlerd/seminars/cscw_cwce_groove/docs/seminar_e-business_cscw_cwce_groove_zusammenfassung.pdf: 29.03.2002.

5 Generierung von Mehrwert resp. Vor- und Nachteile von P2P-Modellen

Die Generierung von Mehrwert sowie die Vor- resp. Nachteile werden jeweils aus Sicht des Unternehmens wie auch aus Sicht des Nutzers analysiert.

5.1 Vorteile

5.1.1 Unternehmen

- Der grösste Vorteil für ein Unternehmen ist der sehr direkte Kontakt zu seinen Kunden - denn ausser dem P2P-Netz - bestehen keine Zwischenstellen.
- Kosten bezüglich Investitionen und Unterhalt von Servern fallen zu einem grossen Teil weg, weil bei bestimmten P2P-Netzwerkarchitekturen keine oder nur geringe Serverleistungen benötigt werden (vgl. 3.1.1 und 3.1.2)
- Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass durch die P2P-Netzwerkmodelle der Kunde ein Teil des Geschäftsmodells wird, d.h. er kann selber mitbestimmen, ob er teilnimmt.
- Durch die Möglichkeit gewisse Teile der Leistungserstellung auf das Netzwerk resp. die Hosts auszulagern, hat der Nutzer (Kunde) zusätzliche Entscheidungsfreiheit in der Nutzung der Dienstleistungen. Es kann somit eine höhere Kundenzufriedenheit und -bindung erreicht werden.
- Gemeinsame Nutzung von Ressourcen vermindern Aufwendungen und führen zu schnelleren Prozessabläufen, was wiederum zu mehr Produktivität führt.
- Im Bereich der Forschung und Entwicklung eröffnet der freie Zugang zu Informationen die Möglichkeit, dass Communitys, Teams und Unternehmungen durch Kooperation neues Wissen generieren können.
- Durch die Grösse des Netzwerks kann erhebliche Marktforschung betrieben werden. Somit ist ein schnelles Anpassen der eigenen Produkte an sich ändernde Marktverhältnisse möglich.
- Eine Peer-to-Peer Architektur ermöglicht ein Erlösmodell, das dem eines ASP (Application Service Provider) gleicht. Mit Flat- oder Fix-Fees (z.B. Abonnementsgebühren), können schwankende Umsätze gebügelt werden. Es bewirkt eine stabilere und besser kalkulierbare Ertragslage.

5.1.2 Nutzer

- P2P-Architekturen zeichnen sich durch eine hohe Unabhängigkeit der Users aus. Ein Vorteil ist darum die Selbstkontrolle, die ein Nutzer inne hat.
- Ein weiterer Vorteil ist der einfache Zugang zu einem P2P-Netzwerk. Durch die enorme Verbreitung von Internet ist es heute selbstverständlich, sich in dieser Umgebung zu bewegen.
- Ein P2P-User hat Zugriff auf eine riesige Fülle von Ressourcen. Er kann einfach und schnell für ihn relevante Daten erlangen.
- Durch die Gleichberechtigung der Nutzer in einem P2P-System entsteht ein Zusammengehörigkeitsgefühl, was die bisherigen Kommunikationsmöglichkeiten des Internets erweitern.
- Die höhere Nutzung der eigenen PC-Ressourcen löst eine Zufriedenheit bei den Nutzern aus.

5.2 Nachteile

5.2.1 Unternehmen

- Durch den Einbezug von Nutzern in Geschäftsmodelle ergibt sich das Problem der Kontrolle über im Netzwerk präsente Inhalte und Dienstleistungen.
- Für Firmen, welche einen Standard etablieren wollen (z.B. ein Dateiformat), könnten bei Nichtakzeptanz erhebliche Nachteile entstehen.
- Ein Peer-to-Peer Geschäftsmodell beeinflusst auch das Geschäftsmodell anderer Konkurrenten (z.B. mit ISP³⁷ Geschäftsmodell). Von ihnen ist erheblicher Widerstand zu erwarten.
- Für digitale Produkte und elektronische Dienstleistungen ist es nicht einfach, „gute“ Preise zu erzielen.³⁸

5.2.2 Nutzer

- Um guten Zugriff auf das Netzwerk zu erhalten, braucht es eine schnelle Internetverbindung, die auch heute immer noch teuer sein kann.
- Die Motivation der Menschen ist es, soviel wie möglich gratis zu erhalten. So gesehen dürfte es schwer sein, sie von einer kostenpflichtigen Internetnutzung zu überzeugen.
- Ein weiterer Punkt ist die Anonymität im Netz. Fragen betreffend Qualität und Sicherheit sind schwierig. Der User will Qualität ohne ein kleinstes Sicherheitsrisiko (z.B. Virus, Hacker). Dieses Problem könnte auch die Bereitschaft hemmen, seine Ressourcen mit den anderen Netzteilnehmern zu teilen.
- Dadurch, dass der Nutzer seine Ressourcen zur Verfügung stellt, wird er eventuell in seinem Handlungsspielraum eingeschränkt und zwar dann, wenn übermässig viele andere User seine Ressourcen beanspruchen. Auf der anderen Seite sind nicht immer alle Ressourcen der Nutzer verfügbar. Er leistet also mehr als er erhält. Dies ist das Problem des Freeridings.
- Ein Nachteil könnte auch das Problem der limitierten Weiterverwendung von den im Netz erlangbaren Ressourcen sein (z.B. Konvertierung in ein anderes Dateiformat).
- Stabilität, Sicherheit, Benutzerfreundlichkeit, Kompatibilität der Applikationen – all diese Bedürfnisse „unter einen Hut“ zu bringen, wird nicht einfach sein.

Die folgende Tabelle gibt einen zusammenfassenden Überblick der Vor- und Nachteile, sowohl aus Sicht der Unternehmung wie auch des Nutzers:³⁹

³⁷ Def. ISP: "A company which provides other companies or individuals with access to, or presence on, the [Internet](http://www.instantweb.com/foldoc/foldoc.cgi?Internet+Service+Provider)."; <http://www.instantweb.com/foldoc/foldoc.cgi?Internet+Service+Provider>: 10.03.2002.

³⁸ www.heise.de/tp/deutsch/inhalt/te/7008/3.html: 10.03.2002.

³⁹ Graf Philipp, Diplomarbeit der HSG: „Geschäftsmodelle mit Peer-to-Peer Architektur: Erlösmodelle und Marktstrategien“, 30.03.2001; S. 57-61.

	Vorteile	Nachteile
Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> • Direktvertrieb zum Kunden • Geringere Investitions- und Unterhaltskosten • Kunde ist Teil des Geschäftsmodells • Neuer Kommunikationskanal • Schnellere Prozessabläufe • Höhere Produktivität • Promotion und Zusatzleistungen • Generierung von Wissen • Marktforschung • Stabile Erlösmodelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Verlust an Kontrolle • Standardisierung • Hohe Nutzerzahl • Konkurrenzdruck • Spezialisierung • Beeinträchtigung anderer Geschäftsmodelle • Preisstrategie/ -findung
Nutzer	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstkontrolle des Nutzers • Einfacher Zugang • Vielfalt und Fülle an Ressourcen • Gemeinschaftsgefühl • Höhere Verwertung eigener Investitionen und Kosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Zugriffsgeschwindigkeit • „Everything for Free“ • Anonymität: Qualität und Sicherheit • „Freeriding“ • Softwareprobleme • Weiterverwendung

6 Sicherheit in P2P-Netzen

6.1 Vertrauen und Sicherheit - zwei Hauptbestandteile

Sobald P2P-Applikationen an dem Punkt angelangt sind, wo sie beginnen interessant zu werden, und deshalb von vielen Benutzern verwendet werden, kommt auch der Problembereich des Vertrauens und der Sicherheit ans Tageslicht. In Applikationen, in denen jeder Benutzer den anderen kennt (z.B. innerhalb einer Unternehmung), ist Vertrauen und Sicherheit nur ganz selten ein Problem. Wenn jedoch das Netzwerk so gross ist, dass ein Benutzer nicht mehr erkennen kann, wer auf der anderen Seite des Netzes steht, ist die Vertrauensbasis das Mass aller Dinge. Sofern also eine Interaktion zwischen zwei sich unbekanntem Benutzern zu Stande kommt, muss garantiert werden, dass die vorhandene Wechselbeziehung sicher ist. Ist dies nicht der Fall, kann Kunde und Händler u.a. in Gefahr laufen, beim Einkaufsvorgang oder beim Transfer von Daten betrogen zu werden.

Wenn man nun von P2P-Applikationen ausgeht, bei denen es sich hauptsächlich um den Austausch von Audio- oder Musikdateien handelt (wie z.B. Napster), so ist die Vertrauensbasis nur zweitrangig. Betrachtet man aber Applikationen, welche Verarbeitungsprozesse und Abwicklungsprozesse von Geschäften beinhalten, spielt Vertrauen eine entscheidende Rolle. Um dieses Vertrauen sicherstellen zu können, benötigt eine Netzwerk-Applikation die folgenden „Garantiebestandteile“:

- Eine sichere Verbindung zwischen den Benutzern muss gewährleistet werden,
- die Infrastruktur muss die Möglichkeit bieten, die Identifikation eines anderen Benutzers sicherzustellen (oder zumindest anzugeben, dass eine Identifizierung nicht möglich ist),

- die ausgetauschten Ressourcen müssen einer genauen Prüfung bezüglich ihrer Sicherheit unterzogen werden können und
- die Möglichkeit der Verschlüsselung von Daten muss vorhanden sein.⁴⁰

6.2 Die Elemente eines sicheren Systems

6.2.1 Authentizität

Authentifizierung gibt dem Benutzer die Sicherheit, dass der Sender auch genau der ist, der er zu sein vorgibt. In der Praxis kommt Authentizität in zwei Formen vor. Die erste Form beinhaltet die Authentifizierung zweier Peers, die über ein Netzwerk (wie z.B. das Internet) in Verbindung zu einander stehen. Die zweite Form beinhaltet den Authentifizierungsvorgang eines Benutzers, wenn er sich in einer P2P-Applikation anmelden muss. In einigen P2P-Applikationen sind beide Formen identisch.⁴¹

6.2.2 Autorisierung

Autorisierung beschreibt den Prozess, einem authentifizierten Benutzer die Erlaubnis zu geben, Zugang zu Ressourcen zu haben. In einer P2P-Applikation kann z.B. Peer A Zugriff auf die Daten von Peer B erlangen, sofern die Authentizität gewährleistet ist.⁴²

6.2.3 Verschlüsselung

Neben der Authentifizierung und der Autorisierung, ist die Verschlüsselung das dritte entscheidende Element eines sicheren Systems. In einer P2P-Applikation spielt die Verschlüsselung die folgende Rolle: Daten, welche über ein ungeschütztes Netzwerk wie das Internet zwischen Peers hin und her geschickt werden, sollen geschützt werden. In Kombination mit einer sicheren Authentifizierung jedes Peers wird sichergestellt, dass Daten während eines Kommunikationsvorgangs nicht „abgehört“ werden können. Wenn die Information zudem digital signiert wird oder ein sogenannter MAC (Message Authentication Code) beigefügt wird, können beide Parteien sicher sein, dass die Information während der Übermittlung nicht modifiziert wurde.⁴³

Innerhalb der Verschlüsselung kann man grundsätzlich die Methoden der symmetrischen und der asymmetrischen Verschlüsselung unterscheiden.

Symmetrische Verschlüsselung

Symmetrische Verfahren nutzen einen einzigen Schlüssel, der sowohl dem Sender als auch dem Empfänger der codierten Nachricht bekannt sein muss. Diese Verfahren arbeiten zwar schneller als die asymmetrischen Verschlüsselungstechniken, haben aber den gravierenden Nachteil, dass der Schlüssel zwischen Absender und Empfänger auf einem sicheren Weg übermittelt werden muss.

⁴⁰ http://www-900.ibm.com/developerworks/java/j-p2p/part3/index_eng.shtml#3: 19.03.2002.

⁴¹ http://www-900.ibm.com/developerworks/java/j-p2p/part3/index_eng.shtml#3: 19.03.2002.

⁴² http://www-900.ibm.com/developerworks/java/j-p2p/part3/index_eng.shtml#3: 19.03.2002.

⁴³ http://www-900.ibm.com/developerworks/java/j-p2p/part3/index_eng.shtml#3: 19.03.2002.



Abb.: 8: Symmetrische Verschlüsselung⁴⁴

Wer mit mehreren Personen kommuniziert, benötigt für jeden Kommunikationspartner einen anderen geheimen Schlüssel. Dadurch wird das Schlüssel-Management und die Verteilung bei symmetrischer Verschlüsselung sehr aufwendig.

Asymmetrische Verschlüsselung

Asymmetrische Verschlüsselungstechniken oder sogenannte Public-Key-Verfahren setzen einen privaten und einen öffentlichen Schlüssel voraus. Die beiden Schlüssel werden so konstruiert, dass mit dem öffentlichen Schlüssel codierte Botschaften nur mit dem korrespondierenden, geheimen Schlüssel wieder entcodiert werden können. Jeder Sender von verschlüsselten Botschaften muss also im Besitz des öffentlichen Schlüssels des Empfängers sein.

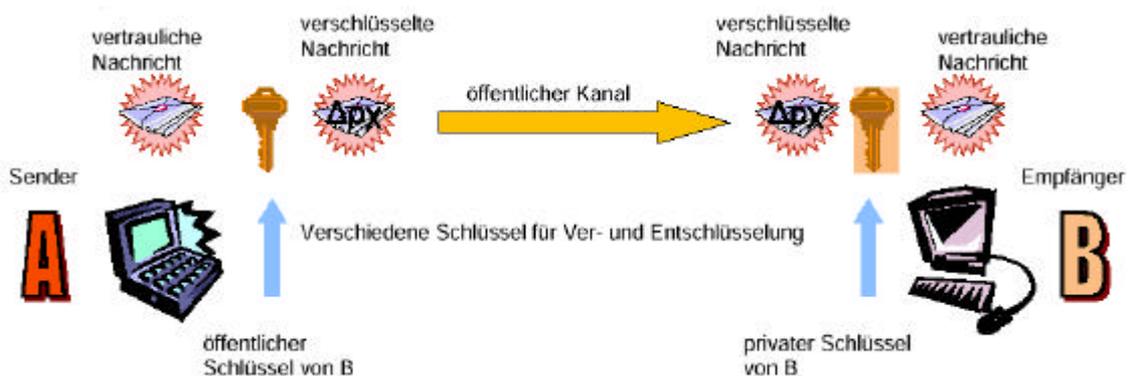


Abb.: 9: Asymmetrische Verschlüsselung⁴⁵

⁴⁴ http://www1.ad.siemens.de/net/html_00/ftp/fachartikel/security_whitep_de.pdf: 19.03.2002.

⁴⁵ http://www1.ad.siemens.de/net/html_00/ftp/fachartikel/security_whitep_de.pdf: 19.03.2002.

6.3 Anwendung

Um besser verstehen zu können, wie die Authentifizierung, Autorisierung und Verschlüsselung zwischen Peers in einer P2P-Applikation funktioniert, ziehen wir das folgende Beispiel in Betracht.

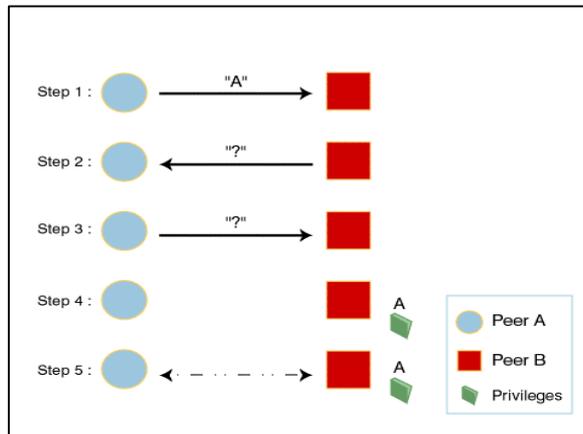


Abb.: 10: Sequenz einer Operation zwischen zwei Peers⁴⁶

- Step 1: Peer A verbindet zu Peer B und zeigt seine Identität an.
- Step 2: Peer B fordert die Authentifizierung von Peer A an. Diese Authentifizierung kann anhand von sogenannten private keys oder public keys erfolgen.
- Step 3: Peer A fordert Peer B auf, sich selbst zu authentifizieren.
- Step 4: Peer B autorisiert Peer A auf gewisse Daten zugreifen zu können und diese zu transferieren.
- Step 5: Bevor eine weitere Kommunikation entsteht, können die zwei Peers eine Verschlüsselung der zu transferierenden Daten vereinbaren.

Wenn die Vereinbarung zwischen Peer A und Peer B nicht zustande gekommen ist, dann gibt es auch die Möglichkeit einen dritten Peer als „Vermittler“ einzuschalten.

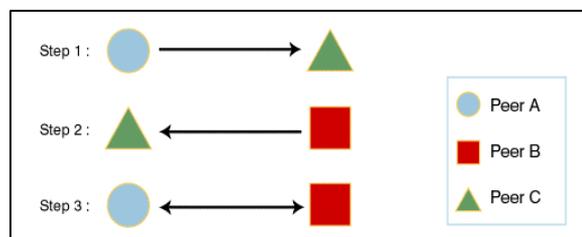


Abb.: 11: Ein dritter Peer übernimmt die Vermittlungsfunktion zwischen zwei Peers⁴⁷

- Step 1: Peer A bildet eine sichere Verbindung mit Peer C, wie in der vorigen Abbildung gezeigt. Peer C gibt Peer A die benötigte Information um Peer B zu authentifizieren. Dies kann über einen öffentlichen Schlüssel, einen geteilten Schlüssel oder ein Zertifikat erfolgen, welche die Kommunikation ermöglichen.
- Step 2: Peer B beantragt eine sichere Verbindung mit Peer C und vollzieht die gleiche Transaktion.
- Step 3: Sobald diese Informationen untereinander transferiert worden sind, kann Peer A direkt mit Peer C kommunizieren.

⁴⁶ http://www-900.ibm.com/developerworks/java/j-p2p/part3/index_eng.shtml#3: 19.03.2002.

⁴⁷ http://www-900.ibm.com/developerworks/java/j-p2p/part3/index_eng.shtml#3: 19.03.2002.

7 Schlussfolgerungen/Zukunftsaussichten

Der erneute Wechsel von zentraler Client-Server-Architektur zur dezentralen Client-Server-Architektur erfolgt durch Peer-to-Peer-Technologie. Die Internet 3.0-Generation wird also wieder dynamischer und kooperativer. Wie im Kapitel 5 beschrieben, bieten P2P-Architekturen sowohl für den Nutzer wie auch für Unternehmen grosse Vorteile. Insbesondere können die enormen, bereits vorhandenen freien Ressourcen im Netz genutzt werden. Das knapp gewordene Gut „Bandbreite“ kann, indem die Clients miteinander interagieren, geschont werden. Ausserdem kann, im Gegensatz zur zentralen Client-Server-Architektur, das Single-Point-of-Failure-Risiko eliminiert oder zumindest minimiert werden.

P2P ist derzeit vor allem das grosse Thema unter Mp3- Enthusiasten, steht aber auch zuoberst auf der Agenda von Forschungsabteilungen grosser Computerfirmen. Millionen von Menschen tauschen regelmässig innerhalb von P2P-Netzen Multimediadateien aus. Gemäss Gartner Group sollen im Jahr 2002 mehr als die Hälfte aller Internetbenutzer regelmässig P2P-Dienste in Anspruch nehmen. Dutzende von Jungunternehmen wurden in jüngster Zeit gegründet, um das P2P auch für die Unternehmensinformatik fruchtbar zu machen.⁴⁸

Intel ist zusammen mit Hewlett-Packard eine der treibenden Kräfte hinter der P2P Working Group, einem Industriekonsortium, das der Vormarsch von P2P durch die Entwicklung von Standards vorantreiben möchte. Pat Gelsinger, Technischer Direktor von Intel sagte: „P2P sei für die Zukunft des Internets ebenso wichtig wie für die Gegenwart die Entwicklung des ersten Web-Browsers“. Ebenfalls nur positives war an der ersten P2P-Konferenz, die im Februar in San Francisco stattfand, zu hören. P2P wurde als neues Paradigma diskutiert, das weit über die Computertechnik hinaus einen Wandel einleiten wird.

Aber nur Euphorie wäre fehl am Platz. Bereits etliche Jungunternehmen mussten mit ihren P2P-Projekten Konkurs anmelden. Neben dem reinen betriebswirtschaftlichen Aspekt gibt es auch noch den technischen. Wie wir im Kapitel 4 beschrieben haben gibt es zwar einige interessante P2P-Anwendungen von verschiedenen Anbietern, jedoch keine einheitlichen Standards. Es fehlen demnach Programme, die es erlauben, Dienste von unterschiedlichen Herstellern untereinander anzubieten.

Trotz allem wird man nicht nur bei privaten Anwendern, sondern hauptsächlich in Unternehmen, auf P2P setzen. In einer Studie „Europamarkt für Peer-to-Peer-Lösungen im Unternehmenseinsatz“ wird die Zukunft folgendermassen beschrieben: „Der europäische Markt für P2P wird in den nächsten 5 Jahren ein interessantes Volumen erreichen...“. Weiter wird davon ausgegangen, dass bis im Jahre 2004 die Zahl der P2P Softwarelizenzen, die im Vorjahr praktisch noch bei null lag, die Millionengrenze überschritten habe.

Zum Schluss noch die Sichtweise von Tim Andrews, Leiter des Innovationszentrums in Boston. Er beschreibt die P2P-Zukunft wie folgt: „P2P wird den Arbeitsablauf von Unternehmen und die Zusammenarbeit von Firmen mit Ihren Kunden oder Partnern grundlegend verändern. Bis heute versuchen Mitarbeiter in den meisten Unternehmen, Wissen und Informationen anzuhäufen. P2P unterstützt hingegen den Austausch und die Weitergabe von Wissen. Durch engere Beziehungen auf geschäftlicher und persönlicher Ebene entstehen völlig neue Formen der Zusammenarbeit. Aus P2P werden interessante Geschäftsmodelle entstehen.“⁴⁹

⁴⁸ <http://www.nzz.ch/netzstoff/2001/2001.05.04-em-article7DF6P.html>: 30.03.2002.

⁴⁹ http://www-ra.informatik.uni-tuebingen.de/lehre/ws01/pro_internet_ausarbeitung/proseminar_heinrich_ws01.pdf: 30.03.2002.

Noch benutzen Surfer Plattformen wie Amazon.com, um sich dort Bücher zu bestellen. Noch funktioniert das eBay-Modell, das den Verkauf von Nutzer-zu-Nutzer zentral steuert und noch versuchen sich die Informationshungrigen an den traditionellen Suchmaschinen. Doch all diese Geschäfts- und Aktionsmodelle könnten durch die sich ständig vermehrende Zahl der Peer-to-Peer-Applikationen ins Hintertreffen geraten. Trotz einer Reihe von Nachteilen, die wir in dieser Arbeit erwähnt haben, sind wir der Meinung, dass die Vorteile überwiegen und sich Peer-to-Peer durchsetzen wird. Die Zukunft wird es zeigen...

Literaturverzeichnis

- Simon Michel, Diplomarbeit der HSG: „Peer-to-Peer Architekturen und Applikationen für Kollaboration und Kooperation“, 22.08.2001: S. 7-10; S. 20ff; S.22-25; S. 29-37.
- Graf Philipp, Diplomarbeit der HSG: „Geschäftsmodelle mit Peer-to-Peer Architektur: Erlösmodelle und Marktstrategien“. S. 17ff; S.19; S. 27-30; S. 45; S. 57-61.
- <http://nibbler.tk.informatik.tu-darmstadt.de/LectureNotes/ws0102/TK3-Praktikum/TK3-Aufgabenzettel2.pdf>: 27.02.2002.
- http://www.intel.de/deutsch/ebusiness/products/peertopeer/ar010102_p.htm: 27.02.2002.
- <http://t-online.de/home/horibo/history.htm>: 28.02.2002.
- <http://home.t-online.de/home/horibo/history.htm>: 28.02.2002.
- http://www.informatik.uni-leipzig.de/rnvs/lehre/rn1/INT_OV02.pdf: 03.03.2002.
- <http://home.t-online.de/home/horibo/history.htm>: 02.03.2002.
- www.Limewire.com: 9.3.2002.
- www.clip2.com: 09.03.2002.
- <http://www.vcu.edu/web/browsers/defn.html>: 10.03.2002.
- www.ra.informatik.unituebingen.de/lehre/ws01/pro_internet_ausarbeitung/proseminar_heinrich_ws01.pdf: 27.03.2001.
- <http://www.e-publishing.de/online/suchmaschinen/p2p.html>: 27.03.2002.
- <http://www.netplanet.org/traditionen/distributed.html>: 26.03.2002.
- <http://www.pinguhuhn.de/Text%20Diverses/distrcomp.txt>: 26.03.2002.
- <http://www.intel.de/deutsch/eBusiness/products/peertopeer/ar011102.htm>: 26.03.2002.
- <http://www.heise.de/tp/deutsch/inhalt/te/7008/4.html>: 29.03.2002.
- <http://www.heise.de/newsticker/data/jk-25.10.00-006/>: 29.03.2002.
- http://www.icu.unizh.ch/~mettlerd/seminars/cscw_cwce_groove/docs/seminar_e-business_cscw_cwce_groove_zusammenfassung.pdf: 29.03.2002.
- www.heise.de/tp/deutsch/inhalt/te/7008/3.html: 10.03.2002.
- <http://www.heise.de/tp/deutsch/inhalt/te/7972/1.html>: 19.03.2002.
- http://www-900.ibm.com/developerworks/java/j-p2p/part3/index_eng.shtml#3: 19.03.2002.
- http://www1.ad.siemens.de/net/html_00/ftp/fachartikel/security_whitep_de.pdf: 19.03.2002.
- <http://www.nzz.ch/netzstoff/2001/2001.05.04-em-article7DF6P.html>: 30.03.2002.
- http://www-ra.informatik.uni-tuebingen.de/lehre/ws01/pro_internet_ausarbeitung/proseminar_heinrich_ws01.pdf: 30.03.2002.