

Internettechnologien

Verknüpfte Themen

- Kommunikationstechnik
- Rechnerkonzepte und -architekturen
- Software-Engineering
- Mensch-Computer-Kooperation
- E-Learning
- E-Commerce
- E-Government

Grundlagen

In den letzten Jahren ist die Anzahl der Internetnutzer nahezu exponentiell gewachsen – in den Industrienationen ist inzwischen die Mehrzahl der Bevölkerung „online“. Die Bedeutung des Internets zeigt sich ebenfalls an einer Vielzahl von Anwendungen, die fester Teil des täglichen Lebens geworden sind, seien es E-Mail, das *World Wide Web* (WWW), Internet-Telefonie (VoIP) oder *Peer-to-Peer-Applikationen* (P2P).

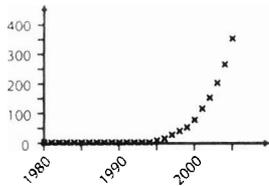
Bevor die *Internettechnologien* standardisiert wurden, war die Datenkommunikation durch Inselösungen gekennzeichnet, die nur durch einige wenige anwendungsspezifische Netzübergänge (Gateways) verbunden wurden. Applikationen waren infolgedessen nicht netzübergreifend verwendbar, sondern nur auf spezielle Netze beschränkt und somit nicht interoperabel – so existierten vielerorts firmeninterne E-Mail-Systeme, die jedoch keine Nachrichten mit externen Empfängern oder Sendern austauschen konnten. Um diese Isolation zu beenden und eine Interoperabilität der einzelnen Anwendungen herbeizuführen, wurden Verfahren und Protokolle entwickelt und standardisiert, die man als Internettechnologie bezeichnet. Diese Protokolle können auf unterschiedlichen Schichten des Internet-Kommunikationsmodells abgebildet werden.

► **Internet Protocol (IP) und Routing.** Als Fundament der Internettechnologie wurde ein Netzprotokoll definiert, das „Internet Protocol“. IP erbringt den Vermittlungsdienst, um Daten von einem Sender (z. B. einem Server, auf dem eine Webseite gespeichert ist) zu einem Empfänger (Internetnutzer) zu transportieren. Das zugrunde liegende Prinzip ist die *paketvermittelte Kommunikation*, die das Netz gegenüber Ausfällen robust macht. Dabei werden die Daten in kleine Datenpakete aufgeteilt, die unabhängig voneinander durch das Netz geleitet werden. Damit alle Pakete im Netz weitgehend autonom übertragen werden können, trägt jedes Paket neben seiner zu übertragenden Information auch die komplette Absender- und Empfängeradresse. Einerseits hat dies zwar zur Folge, dass nun mehr Daten übertragen werden müssen, andererseits jedoch bietet das Zerteilen der Nachrichten den Vorteil, dass solche kleinen Pakete auf verschiedenen Hosts (Rechnersystem/Netzknoten) zwischengespeichert und zusammen mit anderen zur nächsten Station weitergeleitet werden können (store-and-for-

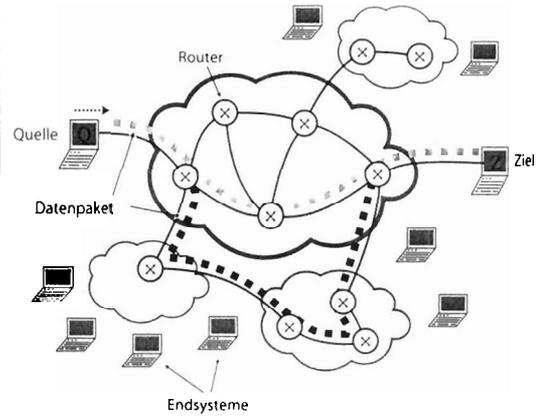
ward). Die Nachricht von Host A wird also auf Host B kurz zwischengespeichert und dann an Host C weitergeleitet.

Das Netzwerk selbst enthält keine zentralen Knoten, sondern besteht aus vielen gleichberechtigten „Routern“. Diese leiten die Datenpakete auf dem kürzesten Weg weiter – sie sagen den Rechnern, wo die anderen Rechner im Netz zu finden sind und wie die Daten am effektivsten übertragen werden können. Falls eine Strecke ausfällt oder überlastet ist, weicht der Router auf eine andere Strecke aus. So kann die Last im Netz balanciert und die Ausfallwahrscheinlichkeit verringert werden. Insgesamt ist die Ausfallwahrscheinlichkeit umso geringer, je vermaschter das Netz ist. Im Gegensatz zu klassischen Telefonnetzen entfällt beim Internet Protocol der Verbindungsaufbau zwischen Quelle und Ziel. Vielmehr werden die einzelnen Datenpakete von Router zu Router weitergeleitet, ohne dass vorher eine Verbindung zwischen Sender und

Anzahl Rechner (Mio.)



☞ Rechner im Internet: Die Anzahl der ständig an das Internet angeschlossenen Rechner nimmt stetig zu und hat inzwischen die Marke von 400 Mio. überschritten. Die Anzahl der Nutzer liegt im Bereich mehrerer Milliarden Menschen.
Quelle: Fraunhofer-ISC



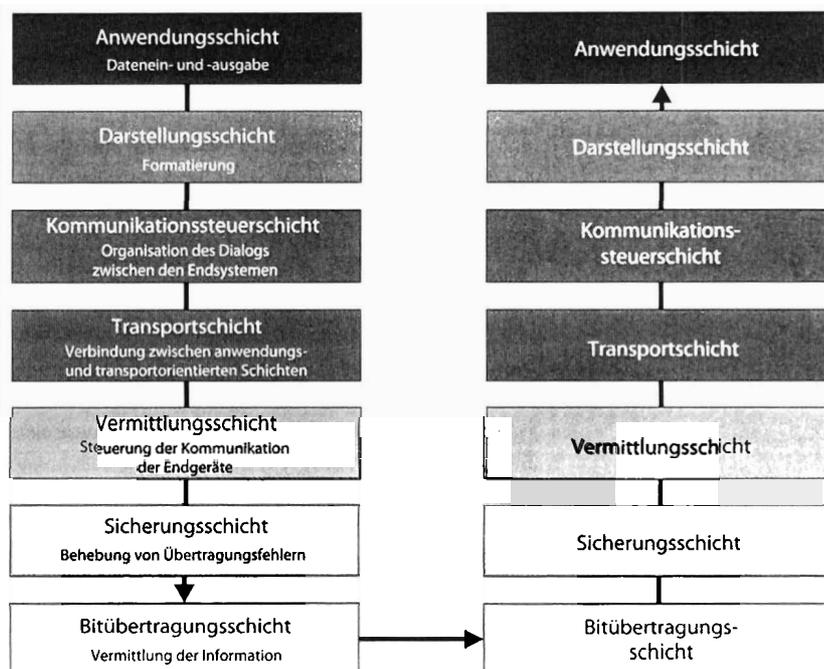
☞ **Internet Protocol (IP):** Die Weiterleitung von Daten im Internet (große Wolke, die kleinen Wolken stellen lokale Netzwerke dar) erfolgt schrittweise. In einem ersten Schritt wird der Name des Zielsystems (z. B. www.fraunhofer.de) in eine IP-Adresse umgewandelt. Mit dieser Adresse ist es nun möglich, die Daten durch das Netz zu transportieren. Hierzu werden sie in kleinere Einheiten (IP-Pakete) unterteilt. Jedes dieser Pakete wird mit der Quell- und Zieladresse versehen und verschickt. Die Wegwahl und Weiterleitung erfolgt durch die Router, die als Zwischenstationen zwischen Quelle und Ziel dienen. Die Router geben die Pakete dabei auf dem kürzesten Weg weiter, bei Ausfall oder Überlastung der kürzesten Strecke kann das Paket einen anderen Weg nehmen. Quelle: TU Darmstadt

Empfänger aufgebaut wird (best-effort). Eine E-Mail läuft dabei üblicherweise über etwa drei bis sieben Router, um zum Ziel zu gelangen. Um E-Mails, die z. B. mit falscher Adresse verschickt wurden, nicht auf Dauer im Netz kreisen zu lassen, begrenzt man die Zahl der möglichen Router. Wird in der Mailkommunikation eine Schleife entdeckt, so wird die E-Mail wieder zurück zum Sender geleitet. Wird für ein Datenpaket die maximale Anzahl von Weiterleitungsschritten im Netz überschritten, so wird es verworfen.

Geschichtlich gesehen erfolgte die genannte Entwicklung in zwei großen Schritten. Das ARPANET (ab ca. 1969) ist der Vorläufer des heutigen Internets. Finanziert durch die DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) ist es das erste Netz, das auf paketvermittelter Kommunikation basiert. Der Übergang vom ARPANET zum Internet kann nicht genau datiert werden. Die Einführung des verbindungsorientierten Transmission Control Protocol (TCP) als Ergänzung zum IP (ermöglicht eine verlässliche Kommunikation von Endsystem zu Endsystem) und die Aufspaltung des ARPANET in ein rein militärisches Netz (MILNET) sowie ein nicht-militärisches Forschungsnetz, das auch weiterhin als ARPANET bezeichnet wurde, kann allerdings als Geburtsstunde des Internets bezeichnet werden (ca. 1983). Das Internet entwickelte sich in den Folgejahren von einem experimentellen zu einem produktiven Forschungsnetz. Der Erfolg einzelner Anwendungen führte im Laufe der Zeit zu einer Erweiterung der Nutzergruppe und mündete schließlich in der Öffnung des Internets für kommerzielle Anwendungen.

► **Schichtenmodell.** Die Kommunikation im Internet kann durch ein *Schichtenmodell* beschrieben werden. Solche Schichtenmodelle finden sich in allen Lebensbereichen, z. B. bei einer Unterhaltung von zwei verschiedenensprachigen Menschen, die über zwei Simultanübersetzer abgehalten wird. Die Dolmetscher übersetzen jeweils von ihrer Muttersprache ins Englische und führen das Telefongespräch. Das Schichtenmodell muss dabei vollständig durchlaufen werden, fehlt z. B. einer der Dolmetscher, kann die Konversation nicht stattfinden. Im Fall des Internets erfolgt die Eingabe von Informationen meist über Buchstaben und Bilder. Sollen diese Informationen verschickt werden, müssen sie zunächst in digitale Signale übertragen werden – ebenso muss bei Abrufen einer Internetseite oder E-Mail die Information wieder zurückverwandelt werden.

Der entscheidende Vorteil des Schichtenmodells liegt in der Flexibilität: Einzelne Schichten können angepasst oder ausgetauscht werden, um z. B. die Schicht einem speziellen Übertragungsmedium anzupassen.



☞ OSI-Schichtenmodell: Die einzelnen Schichten erfüllen unterschiedliche Aufgaben. So übernimmt z. B. die Vermittlungsschicht die Adressierung auf Basis des Internet Protocols (IP), sucht die Pfade und leitet die Pakete weiter. Quelle: Fraunhofer-Gesellschaft

Bei einer solchen Änderung ist es lediglich wichtig, die Schnittstelle zu den angrenzenden Schichten nicht zu verändern.

* **World Wide Web und Herausforderungen.** Die heutige Bedeutung des Internets wurde erst durch die Entwicklung des World Wide Web (WWW) in Kombination mit der Öffnung des Internets für nichtuniversitäre Anwender eingeleitet. Das WWW basiert auf dem Dokumentenformat *HyperText Markup Language (HTML)* und dem *HyperText Transfer Protocol (HTTP)* und existiert etwa seit 1992. Mit HTML ist es möglich, mittels Hyperlinks auf andere Seiten und Inhalte zu verweisen. Webbrowser sind hierbei die Anwendungen, um graphisch von Dokument zu Dokument zu navigieren. Das HTTP-Protokoll kommt hierbei zum Austausch der Daten zwischen Webbrowser und dem Server zum Einsatz, der die Seiten bereithält. Da die technologische Basis des Internets niemals für die aktuelle Größenordnung des Netzes vorgesehen und vor einem völlig anderen Hintergrund definiert worden war, stellt dieser Erfolg eine enorme technische Leistung dar. Auftretende Probleme konnten – bedingt durch die riesige Anzahl installierter Geräte – nicht durch eine völlige Neukonzeption der Internet-

protokolle behoben werden, sondern wurden zumeist durch Provisorien in Form von Protokollerweiterungen gelöst.

Während diese Erweiterungen den Kern des Netzes nicht veränderten, führten sie trotzdem zu einer Reihe von Problemen, vor allem weil oft versäumt wurde, die voneinander unabhängig spezifizierten Teillösungen aneinander anzupassen. In der Realität entwickelte sich das Internet infolge dieser Erweiterungen zu einem komplexen System, das die beabsichtigten Eigenschaften nicht länger durchgängig aufweist. *Firewall-Systeme* zum Schutz von Firmen und Privatnetzen kapseln diese Netze ab und verhindern, dass Endsysteme direkt erreichbar sind. Mobile Systeme verändern dynamisch ihre Netzadresse und schränken hierdurch ebenfalls die ursprüngliche Transparenz des Netzes bei gleichzeitiger direkter Erreichbarkeit aller Endsysteme ein. Als Folge versagen Anwendungen, die darauf ausgelegt sind, dass das Endsystem direkt adressiert und erreicht werden kann bzw. diese Anwendungen müssen aufwändig an die Realitäten im Internet angepasst werden.

Die Größe des WWW führt zudem dazu, dass viele der Inhalte nur schwer aufzufinden sind. *Suchmaschinen* wie Google durchsuchen die öffentlich zugänglichen Teile des WWW, katalogisieren die Inhalte und stellen dem Nutzer die Möglichkeiten der Suche zur Verfügung. Die Qualität der Suchergebnisse hängt bisher stark von der richtigen Wahl der Suchbegriffe ab, durch die Auszeichnung von Dokumenten mit Metadaten (Daten, die Informationen über andere Daten enthalten) wird sich in zukünftigen Suchmaschinen eine bessere Trefferqualität erzielen lassen.

Die technische Weiterentwicklung der bestehenden Internetstandards und die Spezifikation von Protokollen im Internet erfolgt inzwischen durch die Internet Engineering Task Force (IETF). Die IETF ist eine offene, internationale Organisation; sie ist in thematische Arbeitsgruppen untergliedert und setzt sich aus Mitarbeitern von Geräteherstellern und -entwicklern, Netzbetreibern und Wissenschaftlern zusammen.

Anwendungen

E-Mail. Die elektronische Post war um 1970 eine der ersten Anwendungen des WWW und ist bis heute eine der wichtigsten. *E-Mail* eröffnete eine völlig neue Art der Kommunikation und ermöglichte die flexible und effiziente Kollaboration zwischen Netzteilnehmern auch über große Entfernungen. E-Mail hat sich von der Übertragung reiner Textnachrichten zu einem universellen Kommunikationsmedium gewandelt, das die Übertragung von Graphiken, Multimedia-

daten oder beliebigen Anhängen ermöglicht. Mit der zunehmenden Popularität und Funktionalität kam es in den vergangenen Jahren auch zu Problemen: Dem zunehmendem Versand von unerwünschten Werbepostnachrichten (*Spam*) und der Verbreitung von *Computerviren* via E-Mail.

Peer-to-Peer. Die Öffnung des Internets für die Allgemeinheit führte zur Einführung einer Vielzahl von Anwendungen wie Peer-to-Peer (P2P), Weblogs (Blogs), Voice over IP (VoIP) und Instant Messaging (IMS). Diesen Diensten ist gemein, dass sie nicht zwingend auf zentralen Servern aufbauen: Ein Gerät, das in einem Kontext Dienst-Nutzer (Client) ist, wird in einem anderen als Server genutzt – d.h. jeder Nutzer kann sowohl als Konsument als auch als Anbieter von Inhalten auftreten. Beim P2P-Datenaustausch sind die Rechner gleichberechtigt, jeder Computer kann Server und Client sein. P2P ist aktuell für den Großteil des Datenvolumens im Internet verantwortlich und findet häufig Verwendung in Netzen, in denen der Betrieb eines zentralen Servers technisch oder rechtlich nicht möglich ist, z.B. in *Musikdownloadportalen* und -tauschbörsen. Die einzelnen Nutzer bieten Musikstücke an und können gleichzeitig von anderen Nutzern, die ebenfalls an der Musikaustauschbörse teilnehmen, Musikstücke herunterladen. Je mehr Peers das Stück herunterladen, desto mehr Kopien des Stücks sind im P2P-Netz verfügbar. Das führt dazu, dass selbst eine hohe Anfragemenge bedient werden kann, die einen zentralen Server überfordern würde. Das System ist robust, da der Ausfall einzelner Peers problemlos durch andere Peers mit denselben Inhalten kompensiert wird.

Voice over IP (VoIP). Mit der Internettelefonie VoIP verschmelzen die Telekommunikations- und die Internetwelt. Anstelle der traditionell leitungsvermittelten Kommunikation (hier bekommt der Anrufer nach dem Verbindungsaufbau eine exklusive Verbindung bereitgestellt) wird hierzu die paketvermittelte Kommunikation des Internets eingesetzt, um die Telefoniedaten zu übertragen (der Datenstrom wird in Pakete unterteilt, diese müssen möglichst schnell und ohne Laufzeitschwankungen zwischen den Endsystemen ausgetauscht werden, um eine akzeptable Sprachqualität zu gewährleisten).

Trends

Die Vision einer nahtlosen und überall verfügbaren Kommunikation stellt ein Ziel für zukünftige Entwicklungen dar. Die hierbei auftretenden Anforderungen reichen bis hin zu einer Integration aller Objekte der physikalischen Welt in die virtuelle Welt des Internets. Ein Beispiel ist die Gewährleistung der globalen

Kommunikation zwischen vielen Millionen Endsystemen, während gleichzeitig hochdynamische, selbstorganisierende und autonome Kommunikationsvorgänge an den Rändern des Netzes berücksichtigt werden müssen. Langfristige Trends können aktuell nicht in Form von konkreten Anwendungen beschrieben werden, sondern werden in Form von Technologietrends aufgezeigt:

Kontext- wie Ortsinformationen dienen der besseren Steuerung und der Aufwertung der Kommunikation. Ein Beispiel für diese Kommunikation stellt die kontextgesteuerte Weiterleitung von VoIP-Telefonaten dar: Abhängig vom Aufenthaltsort des Anwenders und seiner Umgebungssituation (Meeting, Opernbesuch) werden gezielt Anrufer abgewiesen bzw. umgelenkt oder es wird zwischen den beteiligten Geräten automatisch ein alternativer Termin für das Gespräch vereinbart.

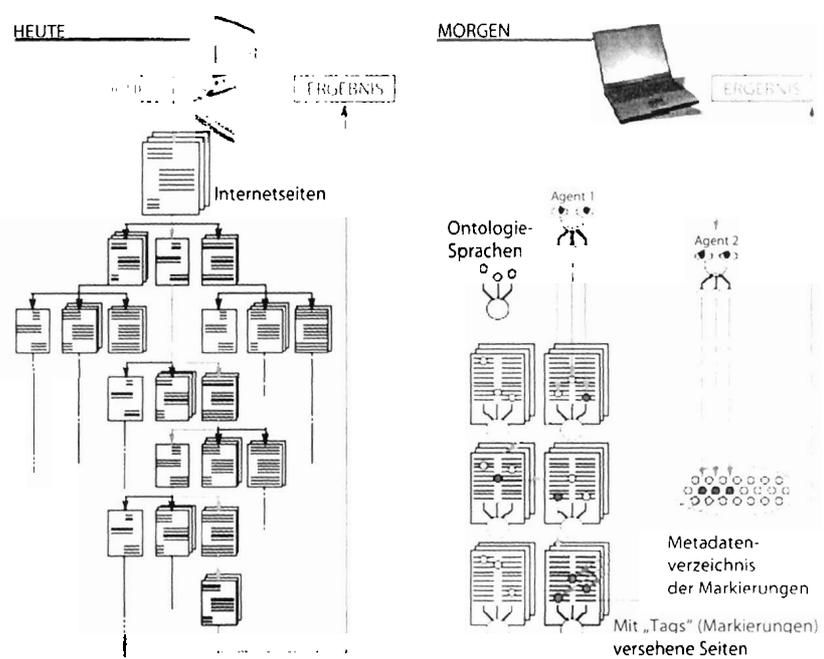
Eine sichere, verlässliche und robuste Kommunikation ist möglich, selbst wenn Infrastrukturen nicht mehr verfügbar sind. Hierzu ist eine Selbstorganisation der Kommunikationsgeräte notwendig. Aktuelle Entwicklungen in diesem Bereich umfassen *Ad-hoc-Kommunikationsnetze*, in denen die einzelnen Endgeräte gleichzeitig als Router fungieren. Die Trennung in Kontroll- und Datenebene wird kritisch hinterfragt; selbstorganisierende Netze, schichtenübergreifende Kommunikation und Metadaten werden zur Steuerung von Kommunikationsnetzen nutzbar gemacht. Kommunikationsnetze fungieren in weiten Teilen autonom und optimieren sich selbst.

Die Repräsentation von realen Gegenständen im Cyberspace wird ermöglicht, um die Kluft zwischen Realität und *virtueller Welt* weiter zu verkleinern. Es ist beispielsweise möglich, dass man via Internet den Zustand von realen Gegenständen erfragt und manipuliert – z.B. das Fenster im Ferienhaus schließt.

Die Energieeffizienz des Kommunikationsprozesses wird erhöht, um mobile, drahtlose Kommunikation zu einem Bruchteil der heutigen Energiekosten zu ermöglichen. Gleichzeitig wird die heutige Nutzung des Frequenzspektrums infrage gestellt, um eine höhere Spektrumseffizienz zu erlauben.

Fazit

Das Internet ist gekennzeichnet durch die verbindungslose, paketvermittelte Kommunikation (IP). Zukünftige Kommunikationsnetze müssen dieses Internetparadigma im Kern erweitern bzw. aufbrechen, um in einer zunehmend mobilen und mit vernetzten Sen-



Wer im heutigen Internet etwas sucht, muss rund eine Milliarde Webseiten mit unstrukturierten Inhalten durchforsten (links). Zukünftig sollen die Webseiten auch Markierungen (Tags) mit wichtigen Bedeutungselementen enthalten, die von Software-Agenten automatisch erstellt, gelesen und verstanden werden. Ontologien – ein formales System von Relationen – definieren die Sprache dieser Tags, und bestimmte Datenbanken enthalten automatisch extrahierte Verzeichnisse von Tags. Ein Such-Agent muss dann nur noch in diese Metadaten-Verzeichnisse schauen – was die Suche beschleunigt und die Qualität der Treffer erhöht. Quelle: Pictures of the Future/Siemens AG

soren/Aktoren durchsetzten Welt Bestand zu haben. Hierbei sind die durch die Mobilität von autonomen Nutzern induzierte Dynamik der Netztopologie sowie die Größenordnung des Netzes zwei beispielhafte Herausforderungen, die mit bisherigen Technologien nur unzureichend adressierbar sind. Gleichzeitig haben neue Endsystem-basierte Anwendungen wie IP-Telefonie oder Peer-to-Peer-Tauschbörsen, die in den letzten Jahren erfolgreich waren, zu einer deutlichen Verlagerung des Nutzungsverhaltens geführt. Um weiter Erfolg zu haben, müssen einerseits diese Applikationen weiterentwickelt werden, während andererseits das zugrunde liegende Internet die notwendigen erweiterten Basisdienste, d.h. eine verlässliche, nahtlose und dienstgütebewusste Kommunikation ermöglicht.

DR.-ING. MATTHIAS HOLLICK

PROF. DR.-ING. RALF STEINMETZ

Fachgebiet Multimedia Kommunikation (KOM), TU Darmstadt

Weiterführende Quellen

Literatur:

Computernetzwerke.
A. S. Tanenbaum; Pearson
Studium, 2003

Computernetze. L. L. Peterson
et al.; dpunkt.Verlag, 2004

Peer-to-Peer Systems and
Applications. R. Steinmetz et
al. (Ed.); Springer, 2005

Internet:

www.ir.bbn.com/~craig/e2e-vision.pdf

www.ietf.org

www.isoc.org/internet/history/brief.shtml