

# Geschichte und Entwicklung des Internets

Das Internet wird im Allgemeinen als eine eher neue Technologie betrachtet. Allerdings hat die Entwicklung der technischen Grundlagen bereits vor etwa vierzig Jahren begonnen – lange vor seinem öffentlichen Durchbruch Mitte der 1990er Jahre.

Von Torsten Braun

Am 4. Oktober 1957 brachte die Sowjetunion den Satelliten Sputnik in die Erdumlaufbahn. Die USA waren geschockt und Präsident Eisenhower gründete die ARPA (Advanced Research Projects Agency) mit dem Ziel, in der Zukunft die technische Vormachtstellung der USA sicherzustellen. Die ARPA hatte die Aufgabe, Forschungsprojekte vor allem in universitären und militärischen Einrichtungen zu koordinieren sowie finanziell zu unterstützen. Ein wichtiges Forschungsgebiet zu Beginn der 60er Jahre war die Informatik und hier speziell das Time-Sharing von Computern. Dies sollte mehreren Benutzern ermöglichen, einen Computer interaktiv und gemeinsam zu benutzen. In dieser Zeit gab es noch keine persönlichen Computer, sondern verschiedene Rechenzentren betrieben einige wenige, grosse Computer.

## Computer verbinden

Die Interaktion mit dem Computer basierte auf Terminals, welche aus einer Eingabeinheit bestanden, der Tastatur, und einer Ausgabeeinheit, dem Bildschirm. Die Terminals waren über spezielle Leitungen an die Computer angeschlossen, arbeiteten aber isoliert voneinander. Der ARPA-Mitarbeiter Bob Taylor entwickelte 1966 die Idee, die an den verschiedenen Universitäten stehenden Computer zu einem Computernetz zu verbinden, damit Benutzer über das Netz auch auf entfernte Rechenressourcen zugreifen können. Damit hätte auch die Beschaffung und der Betrieb der damals sehr teuren Computer auf einige wenige Standorte beschränkt werden können. Der erste Plan, alle Computer direkt miteinander zu verbinden, wurde aber wegen des grossen Aufwands schnell verworfen. Die dann von Wesley Clark

1967 vorgeschlagene Lösung bestand darin, die zur Kommunikation erforderlichen Aufgaben vom Computer auf ein spezielles Gerät auszulagern – einen sogenannten Interface Message Processor (IMP) – und die Computer über ein Netz von IMPs miteinander zu verbinden. Es blieb zunächst aber noch offen, wie die konkrete Technologie zum Aufbau des Netzes aussehen sollte.

## Zentralistische Konzepte vermeiden

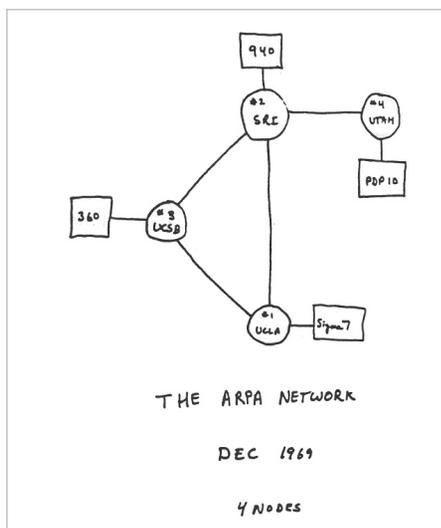
Parallel zu den Überlegungen eines Computernetzes entwickelten andere Forscher Konzepte für den Aufbau robuster Kommunikationsnetze. Paul Baran arbeitete bei der amerikanischen Firma RAND an Projekten, welche von der Air Force in Auftrag gegeben worden waren. Er machte sich insbesondere darüber Gedanken, wie Kommunikationsnetze zu gestalten sind, die auch einen atomaren Angriff überleben und in einem solchen Fall die Kommunikation des Militärs sicherstellen können. Zentralistische oder hierarchische Netzstrukturen mussten demnach vermieden werden. Sein 1964 publizierter Vorschlag basierte auf einem Netz gleichberechtigter Knoten, die jeweils mit einer begrenzten Menge anderer Knoten verbunden werden. Seine Berechnungen zeigten, dass bereits mit drei bis vier Verbindungen eine gute Robustheit des Netzes erreicht werden kann. Baran schlug vor, die Daten in Nachrichtenblöcke aufzuteilen und diese unabhängig voneinander, allenfalls sogar auf unterschiedlichen Wegen, vom Sender zum Empfängerknoten zu transportieren. Der Empfängerknoten wartet dann, bis alle Nachrichtenblöcke eintreffen und setzt die ursprüngliche Nachricht wieder zusammen. Baran versuchte die Umset-

zung seines Konzepts voranzutreiben und wurde von seiner Firma sowie der Air Force darin unterstützt. Allerdings bewerteten die Manager des amerikanischen Telefon-Monopolisten AT&T seine Idee als untauglich, und frustriert beendete Baran 1965 die Bemühungen, diese Idee in die Realität umzusetzen.

## Das erste Computernetz

In Europa arbeitete Donald Davies am National Physical Laboratory (NPL) des Imperial College in London an Konzepten zur Unterstützung der Kommunikation zwischen Computern. Er erkannte, dass das auf durchgeschalteten Verbindungen beruhende Telefonnetz ungeeignet war, die Rechnerkommunikation effizient zu unterstützen. Ähnlich wie Baran schlug er daher eine Aufteilung von Nachrichten in kleinere Einheiten, so genannte Pakete oder packets, vor. Diese sollten Steuerinformation am Beginn des Pakets enthalten, auf dessen Basis die Entscheidungen zum Weiterleiten gefällt werden. Davies schlug zunächst feste Paketgrößen vor und kreierte den Begriff «Packet Switching».

Vertreter der ARPA erkannten 1967 auf einem Symposium das Potenzial der Paketvermittlung und entschieden, ein Netz zur Verbindung von vier Computern mit den Standorten University of Utah, University of California Los Angeles beziehungsweise Santa Barbara sowie dem Stanford Research Institute aufzubauen. Unter der Leitung von Larry Roberts wurde 1968 eine Ausschreibung zur Lieferung von IMPs veröffentlicht, welche die Firma BBN in Boston gewann. BBN entwickelte innerhalb weniger Monate unter der Leitung von Bob Kahn die IMP-Software auf der Basis von Minicomputern der Firma Honeywell. Die IMPs wurden im



Ende 1969 waren die Computer der Universitäten von Utah, Los Angeles (UCLA), Santa Barbara (UCSB) sowie des Stanford Research Institute (SRI) über vier Knoten erstmals miteinander verbunden.

2. Halbjahr 1969 über Telefonleitungen miteinander verbunden. Das ARPANET war geboren (vgl. Abbildung).

### Kooperativ und konsensorientiert

Neben den IMPs musste aber auch spezielle Software für die zu verbindenden Computer entwickelt werden. Diese Aufgaben wurden einer Arbeitsgruppe von Doktoranden an den beteiligten Universitäten übertragen. Diese Arbeitsgruppe um Vint Cerf, Steve Crocker und Jon Postel entwickelte Protokolle, das heisst Mechanismen und Regeln, zum Einloggen in einen entfernten Computer (TELNET) und zum Übertragen von Dateien (FTP). Andere Anwendungen waren TALK, eine Art Chat-Anwendung für Benutzer, die auf demselben Computer arbeiten sowie Electronic Mail (1970). Des Weiteren wurde das Kommunikationsprotokoll Network Control Protocol (NCP) entwickelt. Innerhalb der Arbeitsgruppe entstand eine besondere Kultur, um auf einer kooperativen und konsensorientierten Basis die Protokolle für das ARPANET weiterzuentwickeln. Die Spezifikationen tragen den bescheidenen Namen «Request for Comments».

Cerf und Kahn publizierten 1974 den Artikel «A Protocol for Packet Network Interconnection», welcher das Transport Control Protocol (TCP) beschreibt. Das Protokoll regelt den zuverlässigen Datentransport zwischen Computern über unzuverlässige Netze wie Ethernet (1973) oder Funknetze. Im Jahr 1977 wurde TCP in zwei Protokolle aufgeteilt, TCP und IP (Internet Protocol). TCP/IP löste 1983 seinen Vorläufer NCP vollständig ab und setzte sich letztendlich durch, nicht zuletzt, da TCP/IP integraler Bestandteil in Unix geworden war. AT&T verteilte 1974

das von Ken Thompson entwickelte Unix einschliesslich des Quellcodes zum Selbstkostenpreis. Unix wurde zum wichtigsten Betriebssystem für wissenschaftliche Arbeitsplatzrechner. Als wichtige Anwendung etablierte sich neben E-Mail auch Usenet News, ein Dienst, um Nachrichten in ein Forum zu stellen und diese zu diskutieren.

### Das Internet für die Wissenschaft

In den 80er Jahren wurden immer mehr Forschungsnetze realisiert, welche auf dem TCP/IP-Protokoll aufbauen. In den USA wurden 1980 zunächst verschiedene Informatikfakultäten über das CSNET miteinander verbunden. Ab 1985 betrieb die National Science Foundation das Backbone-Netz (NSFNET), um die amerikanischen Universitäten miteinander zu verbinden. Auch in Europa wurden IP-Netze aufgebaut, 1982 etwa das EUnet (European UNIX Network) zwischen den Niederlanden, Grossbritannien, Schweden und Dänemark. Diese einzelnen Netze wurden dann zum Internet zusammengeschlossen, dem «network of networks». 1983 wurde das Domain Name System zur Verwaltung von Rechnernamen eingeführt. 1989 wurde das ARPANET abgeschaltet. 1991 öffnete das NSFNET das Netz für kommerzielle Organisationen. Bereits 1992 wurden Audio-/Video-Konferenzen über das Internet übertragen, welche es ermöglichen, in den USA stattfindende Meetings der Internet Engineering Task Force (IETF), auf denen die technischen Grundlagen diskutiert und standardisiert werden, in aller Welt zu verfolgen. Die damals entwickelten Protokolle dienen heute als Grundlage für Voice over IP, also Telefonieren via Internet.

### Das World Wide Web

Der Durchbruch im privaten und kommerziellen Bereich erfolgte erst durch die Erfindung des World Wide Web, welches von Tim Berners-Lee am CERN in Genf ab 1989 entwickelt wurde. Seine Motivation bestand darin, verschiedene Dokumente, in denen Wissen zu Experimenten, Technologien oder organisatorischen Aspekten festgehalten ist, miteinander zu verknüpfen und ein Informationssystem aufzubauen, welches das Sammeln und das einfache Aktualisieren von Wissen unterstützt. Zum Erfolg des WWW hat auch die freie Verfügbarkeit der ersten Browser beigetragen. Hier ist insbesondere der an der Universität Illinois entwickelte Mosaic-Browser zu erwähnen. Dieser führte 1994 zur Gründung der Firma Netscape. Im selben Jahr wurde das World Wide Web Consortium (W3C) zur Koordination der Weiterentwicklung von WWW-Standards gegründet.

Heute kann die Anzahl der an das Internet angeschlossenen Computer nur noch grob geschätzt werden. Die Zahl von einer Milliarde dürfte aber schon lange überschritten sein. Man geht davon aus, dass das Internet in absehbarer Zeit die grundlegende Infrastruktur für jegliche Art der Kommunikation darstellen wird. Die Anzahl der Benutzer, die das Internet zum Telefonieren nutzt, geht auf die 100 Millionen zu. Das Übertragen von TV-Programmen über das Internet ist der nächste Schritt, der in den kommenden Jahren vollzogen werden wird.

**Kontakt:** Prof. Dr. Torsten Braun,  
Institut für Informatik und angewandte  
Mathematik. braun@iam.unibe.ch