


Arbeitsblatt Nr.	Lehrgang: Vernetzte Systeme	
Datum:	Thema: Historische Kommunikationsnetze	
Seite 1 von 4	Name:	

Entwicklung von Kommunikationsnetzen

Schon lange war es ein besonderes Bedürfnis der Menschen, Informationen über weite Strecken zu übermitteln. Bereits aus dem klassischen Altertum sind Gerätschaften bekannt, die dem Ziel der Informationsübertragung dienen oder dienen sollten. Einen breiten Raum nahmen optische Informationssysteme ein: Feuer-, Rauch- und Flaggenzeichen bildeten die Grundlage räumlich ausgedehnter Kommunikationssysteme. Diese Kommunikationssysteme waren allerdings nur bei gutem Wetter einzusetzen und häufig auch durch Übermittlungsfehler nur bedingt brauchbar. Erst mit dem Bau des optischen Telegraphen von Claude Chappe im Jahr 1794, für eine Nachrichtens Strecke von Paris nach Lille, entstand für die damalige Zeit eine schnelle Informationsübertragungsstrecke. Ein Zeichen konnte die 212 km lange Strecke, über 23 Poststationen hinweg, in 2 Minuten durchlaufen. Die Stationen mussten in Sichtverbindung sein und waren auch nur bei guten Witterungsverhältnissen einsetzbar. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang der zügige Aufbau eines von Paris sternförmig ausgehenden Telegraphennetzes in Frankreich. Da es sich bewährte, wurden Telegraphennetze auch in anderen Staaten eingerichtet.


Das Zeitalter der elektrischen Kommunikationssysteme begann 1833 mit dem Nadeltelegraphen von Friedrich Gauss und Wilhelm Weber. Kommerzielle Telegraphensysteme setzten sich mit dem Telegraphenalphabet von Samuel Finley Breese Morse und dem Drucktelegraphen von David Hughes durch. Es waren Vorläufer der Fernschreibmaschinen, die ab 1860 eingesetzt wurden und bis 1930 im Einsatz blieben. In Europa und Amerika wurden in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts kontinentale Telegraphennetze über staatliche Grenzen hinweg aufgebaut. Bereits ab 1858 wurde ein Seekabel ausgebracht, das jedoch nur wenige Wochen in Betrieb war. Erst 1869 konnte ein transatlantisches Kabel Europa und Amerika dauerhaft verbinden und 1869 eine Telegraphenlinie von London nach Kalkutta in Indien geführt werden. Ein Erdumspannendes Kommunikationsnetz nahm damit seinen Anfang.

Der Telegraph wurde zu einem festen Kommunikationselement in Politik und Wirtschaft: Börsen-, Handels-, und Zeitungsnachrichten bedienten sich der schnellen und sicheren Informationsübermittlung. Das steigende Telegrammaufkommen erforderte eine wirtschaftlichere Ausnutzung des Telegraphennetzes: Emil Baudot entwickelte 1880 für seinen Synchrontelegraphen das auch heute noch im Prinzip verwendete 5er-Code-Alphabet (CCITT Alphabet Nr.2, Heute ITU Alphabet Nr.2 genannt). Von der Firma Mokrum-Kleinschmidt & Co. in Chicago wurde ein Start-Stop Verfahren zum Synchronisieren des Senders mit dem Empfänger für jedes einzelne Zeichen entwickelt. Da dieses Verfahren wesentlich zuverlässiger arbeitete als die Synchrontelegraphen, wurde es international genormt (ITU Recommendation S). Geräte unterschiedlicher Fabrikate konnten nun zusammenarbeiten und waren untereinander kompatibel geworden. Die Basis des internationalen Fernschreibverkehrs begann. Ab 1933 wurde in Deutschland der Telexdienst mit der Selbstwahl von Fernschreibmaschinen eingeführt. Heute befinden sich ca. 2 Millionen Fernschreiber in 200 Ländern am internationalen Telexnetz und sind durch Selbstwahl erreichbar.

Die Bildtelegraphie begann 1847 mit einer Apparatur von Bakewell, die eine Vorlage aus Stanniol (Silberpapier), mit einem aus nichtleitender Farbe gezeichneten Bild auf einem Zylinder angebracht, linienweise abtastete und diese Signale zu einem Empfänger sendete, der ein elektrolytisch vorpräpariertes Papier auf einem drehenden Zylinder mit einer Gerberspritze berührte. Das Signal 'leitend' verfärbte das Papier, das Signal 'nichtleitend' liess es im Originalzustand. So wurde das Bild linienweise übertragen.

Verschiedene Entwicklungen vervollkommneten die Technik der Faksimilegeräte, ihren Durchbruch erreichten sie erst als Fernkopierer im Telefaxdienst der Fernsprechnetze seit 1979.


Die Individualkommunikation begann 1876 mit der Patentanmeldung des Fernsprechers durch Alexander Graham Bell. Eine Ironie des Schicksals: Am 14. Februar 1876 nur zwei Stunden spä-

Arbeitsblatt Nr.	Lehrgang: Vernetzte Systeme	
Datum:	Thema: Historische Kommunikationsnetze	
Seite 2 von 4	Name:	

ter als Bell meldete Elisha Gray ebenfalls einen Fernsprecher zum Patent an. Beide Erfindungen gingen Arbeiten voraus, die sich mit der Umwandlung von Schallwellen in elektrische Signale, sowie von elektrischen Signalen wieder in Schallwellen auseinander setzten. Hier sind besonders Page (1837), Bourseul (1854) und Johann Philipp Reis (1861) als Wegbereiter des Fernsprechens zu nennen. Im Oktober 1877 gelangte die Information über den Bell-Fernsprecher in der Veröffentlichung nach Europa. Tage später standen zwei Bell-Fernsprecher zur Verfügung, mit denen Versuche über eine 26 km lange Telegraphenleitung vom Generalpostamt Berlin nach Potsdam durchgeführt wurden. Bereits einen Monat später wurde im Amtsblatt der 'Deutschen Reichspost- und Telegraphenverwaltung' durch den Generalpostmeister Heinrich Stephan eine Verfügung erlassen, die die Verwendung des Fernsprechers im Verkehrsdienst des Reiches anweist. Die Firma Siemens & Halske fertigte den Bell-Apparat für fünf Mark das Stück in Deutschland, da Bell in Deutschland kein Patent für seine Erfindung erworben hatte. Die Erfahrungen mit dem 'Telephonieren' waren so positiv, dass sich diese Erfindung sehr schnell verbreitete. In Amerika wurde am 25. November 1877 die erste handvermittelte Ortsfernsprechanlage in New Haven eröffnet. Bereits zwei Jahre später waren fast in allen grösseren Städten Fernsprechnetze entstanden. In England entstand 1879 die erste Ortsfernsprechanlage, die sich rasch weiterentwickelte. Während in Amerika und in England private Fernsprechgesellschaften den Aufbau und den Betrieb von Ortsfernsprechanlagen durchführten, wurde in Deutschland das Gesetz, dass den telegraphischen Verkehr zum Reichsmonopol machte, auch auf den Fernsprechbetrieb sinngemäss angewandt.

Die Fernsprechteilnehmer waren sternförmig an einer Zentrale angeschlossen. Anfangs hatte jeder Fernsprechapparat eine eigene Batterie (Ortsbatterie) zur Speisung des Mikrophons und einen Kurbelindikator zur Erzeugung einer Rufwechselspannung. Betätigte ein Fernsprechteilnehmer den Kurbelindikator, so wurde die Zentrale gerufen. Die erzeugte Rufwechselspannung löste in der Zentrale durch einen Magneten eine 'Anrufklappe' aus, die dem Vermittlungspersonal den Anruf dieses Teilnehmers anzeigte. Hierauf führte das Vermittlungspersonal einen Abfragestöpsel in die zu diesem Teilnehmer gehörende Klinke ein und verband sein Ferngespräch mit dem zu rufenden Teilnehmer. Ein Vermittlungswunsch zu einem anderen Teilnehmer des Ortsnetzes wurde durch eine Leitung in der Zentrale hergestellt, deren Stöpsel in die Klinke des ersten und deren andere in die Klinke des gewünschten Teilnehmers gesteckt wurde. Das Vermittlungspersonal musste nun nur noch die Anrufklappe in die Ruhehalterung zurückstellen. Beide Teilnehmer waren damit verbunden und der Vermittlungsauftrag beendet. Da der zweite Teilnehmer von seinem Glück, einen Anruf erhalten zu haben, noch nichts erfahren hatte, musste der rufende Teilnehmer nochmals den Induktor betätigen, um den Wecker des gerufenen Teilnehmers ertönen zu lassen. Die Anrufklappen des rufenden und gerufenen Teilnehmers in der Zentrale wurden in diesem Fall nicht ausgelöst, da der Stöpsel der Verbindungsleitung die Anrufeinrichtung von den Teilnehmern mechanisch trennte. Eine Überwachung, ob die Gespräche zustande kamen, und wann sie endeten, war nicht möglich. Da die Kosten und die Wartung der Ortsbatterien zu teuer kam, wurde eine zentrale Batterie in der Vermittlung eingesetzt und das Prinzip der Ortsbatterie abgelöst. In den Grossstädten wurden Vermittlungsämter mit 10000 Teilnehmern und 50 Vermittlungsplätzen installiert. Etwa 150000 Verbindungen wurden täglich geschaltet.

Bereits 1879 wurde von den Amerikanern Conolly und McTighe ein Patent für eine selbsttätige Vermittlungseinrichtung erworben. Doch erst die Erfindung von Almon B. Strowger brachte den technischen Durchbruch zur automatischen Vermittlungseinrichtung. Weiterentwicklungen von Strowger und seinem Sohn, sowie den Fernsprechtechnikern Keith und Ericsson, vervollkommeten den 'Strowger-Wähler'. Das erste Amt wurde 1892 in La Porte im Staate Indiana in Betrieb genommen. Der Nummernschalter, auch Wählscheibe genannt, wurde 1896 von Ericsson entwi-

Arbeitsblatt Nr.	Lehrgang: Vernetzte Systeme	
Datum:	Thema: Historische Kommunikationsnetze	
Seite 3 von 4	Name:	

ckelt. Er ermöglichte dem Teilnehmer, einen Wähler durch Stromunterbrechung direkt zu steuern. Damit war der Teilnehmer von einer Vermittlungsperson in seinem Ortbereich unabhängig. Bis zur Einführung der Tastenwahl und der elektronischen Bauelemente in den Jahren 1960-1970 blieben die Fernsprengeräte in Prinzip unverändert.

Ausser dem Strowger-Wähler gab es nachfolgend weitere Wählerprinzipien und Koppelleinrichtungen. Bedeutung erlangte der Hebdrehwähler (1920), der Crossbarschalter (1919) und der Edelmetall-Motor-Drehwähler (1956), bis ab 1960 elektronische Koppelleinrichtungen elektro-mechanische Wähler ablösten. In Europa wurde am 10. Juli 1908 die erste automatische Vermittlungsstelle mit 900 Teilnehmern in Hildesheim in Betrieb genommen. Während man im Ortsbereich bereits freizügig wählen konnte, wurden unterschiedliche Ortsbereiche noch handvermittelt verbunden. 1923 wurde die erste automatische Netzgruppe mit verdeckter Numerierung und Zeitzonenzähler in Weilheim in Betrieb genommen. Damit nahm die Entwicklung eines Fernwählsystems seinen Anfang, das 1927 einen Quasi-Standard erreichte. Die Teilnehmerselbstwahl wurde im Ortsnetz der Bundesrepublik im Jahre 1966 vollständig erreicht. Bereits 1972 war auch der Selbstwählferrdienst hundertprozentig, mit offenen einheitlichen Kennzahlen und Verkehrsausscheidungsziffern '0' im Inland und '00' für das Ausland, erreicht und die internationale Fernwahlmöglichkeit weitgehend automatisiert.


Das elektronische Zeitalter begann mit der Entwicklung des Transistors 1947 durch John Bardeen, Walter H. Brattain und William Shockley. Im Jahre 1965 wurde das erste rechnergesteuerte Ortsvermittlungssystem No. 1 ESS (Electronic Switching System) in den USA vorgestellt. Das erste vollelektronische Vermittlungssystem mit Zeitmultiplexdurchschaltung in Pulsamplitudenmodulation war das System No. 101 ESS, mit dem System No. 4 ESS folgte 1975 das erste rechnergesteuerte Fernvermittlungssystem mit polscodemodulierten-Zeitmultiplexdurchschaltung folgte. In Deutschland wurde das rechnergesteuerte Ortsvermittlungssystem EWS 1 (Elektronisches Wählsystem) aufgebaut.

Nachfolgend wurden das System EWSA (Elektronisches Wählsystem Analog) und 1985 das derzeit verwendete System, für die Orts- und Fernebene, EWSD (Elektronisches Wählsystem Digital) von der Firma Siemens AG, sowie das System Alcatel 1000 S12 von der Firma Alcatel SEL errichtet. Damit wurde das digitale 64 kbit/s-Netz ISDN (Integrated Services Digital Network) eingeführt, das seit 1989 in den Regelbetrieb gegangen ist.

Aus dem Telegraphennetz der Anfangszeit der Nachrichtentechnik wurde das Telexnetz (Fernschreibenetz). Da dieses Netz mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 50 bit/s zunehmend nicht mehr den technischen Gegebenheiten entsprach, wurden schnellere Netze für schnellere Endgeräte, wie zum Beispiel für Computer, geschaffen. Ab 1976 entstand das Integrierte Text- und Datennetz (IDN) mit wählbaren Übertragungsgeschwindigkeiten von 50-9600 bit/s und 48000 bit/s. Im IDN wurden der Telexverkehr und der Teletexdienst ab 1981 gemeinsam betrieben. Weitere Netze wie das leitungsvermittelte Datennetz (DATEL-L) und das paketvermittelte Datennetz (DATEX-P) folgten als Dienste.

Die optische Nachrichtentechnik begann 1958 erneut mit der Entwicklung des Bauelements Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) durch Arthur Schawlow und Charles H. Townes. 1960 erstellte Theodor H. Maiman den ersten funktionierenden Laser zur Erzeugung und Verstärkung von stark gebündelter monochromatischer und kohärenter Lichtstrahlung. Nun musste nur noch das geeignete Übertragungsmedium entwickelt werden. Die Glasfaser war seit etwa 1955 als Lichtleiter bekannt. Es brauchte jedoch bis 1976, um dämpfungsarme Glasfasern herzustellen und die entsprechenden Techniken für Steck- und Spleissverbindungen als Serienprodukte einzuführen. 1977 errichtete die Deutsche Bundespost in Berlin die erste Lichtwellenleiterstrecke. Im Februar 1989 wurde der Selbstwähldienst für Videokonferenzsysteme im Glasfasernetz mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 140 Mbit/s in Betrieb genommen. Am 20.10.1989 ging weltweit in Berlin die erste Breitbandvermittlungsstelle in ATM-Technik in den Betrieb. Das in Berlin in Betrieb genommene Vermittlungssystem diente der Entwicklung von Anwendungen, Diensten und Endsystemen des Breitband-ISDN.

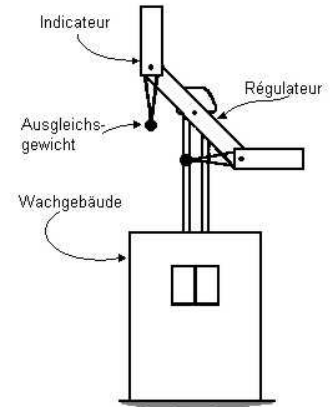
(Quelle: http://www.2cool4u.ch/basics/geschichte_kommunikationsnetze/geschichte_kommunikationsnetze.htm)

Arbeitsblatt Nr.	Lehrgang: Vernetzte Systeme	
Datum:	Thema: Historische Kommunikationsnetze	
Seite 4 von 4	Name:	

Der Balkentelegraph von Chappe

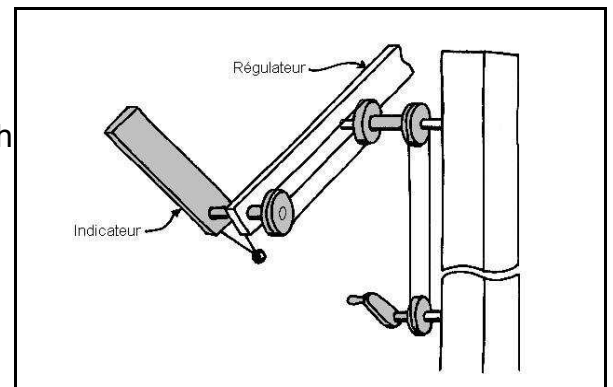
Während der Zeit der ersten französischen Republik, also kurz nach der Revolution von 1789, entwickelte Claude CHAPPE einen optischen Telegraphen, der komplexe Nachrichten über längere Strecken übertragen konnte. Die erste Telegraphenlinie (1794) erstreckte sich von Paris nach Lille, und überbrückte die ca. 210 km mit 23 Zwischenstationen. An jeder Station mussten mit einem Fernrohr die beiden benachbarten Stationen ununterbrochen beobachtet, und die eingestellten Signale abgelesen und weitergegeben werden.

Mit der Telegraphenlinie war es möglich, eine längere (also aus mehreren Aussagen zusammengesetzte) Nachricht innerhalb einer Stunde von Lille nach Paris zu übertragen, während die Überbringung durch berittene Boten etwa 24 Stunden gedauert hätte. Dies sollte der französischen Regierung einen strategischen Vorteil bei einem befürchteten Angriff Englands erbringen. Lille liegt etwa 50 km südöstlich von Calais, also der schmalsten Stelle des Ärmelkanals.



Beschreibung

An einem Mast war ein drehbarer Querbalken (Régulateur) befestigt. An dessen beiden Enden befand sich je ein drehbarer Zeigerbalken (Indicateur). Die drei beweglichen Teile konnten mit Seilen und Rollen gesteuert werden. Dabei ergeben sich 196 Figuren (sieben Positionen jedes Zeigers und vier des Querbalkens; $7 \times 7 \times 4 = 196$). 92 besonders gut erkennbare Figuren waren über ein Code-Verzeichnis mit bestimmten Bedeutungen verknüpft. Jede Nachricht



wurde durch zwei Zeichen ausgedrückt, deren erstes die Seite (1...92) und deren zweites die Zeile (1...92) im Verzeichnis bedeutete. An der betreffenden Stelle im Code-Verzeichnis stand eine bestimmte Aussage (Buchstabe, Wort, Satz), die ein Element der gesamten Nachricht darstellte.

Insgesamt waren maximal $92 \times 92 = 8464$ verschiedene, festgelegte Nachrichteneinheiten, jeweils vertreten durch zwei Balkenfiguren, möglich. Der Telegraph von CHAPPE wurde in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts für verschiedene Langstreckenverbindungen eingesetzt. Die Telegraphenlinien führten u. a. nach San Sebastian, Toulon, Strassbourg und Brest. Wie in Frankreich üblich liefen alle Linien in Paris zusammen. Erst die Erfindung des elektromagnetischen Telegraphen von MORSE ersetzte die optischen Telegraphen Mitte des 19. Jahrhunderts.

Die Übertragungsgeschwindigkeit der CHAPPEschen Telegraphenlinie von Paris nach Lille (ca. 270 km) lässt sich wie folgt abschätzen. Zur Vermeidung von Übertragungsfehlern wurde jedes Zeichen ca. 20 Sekunden lang angezeigt. Also konnten bei zwei Zeichen pro Aussage 1,5 der insgesamt 92×92 möglichen Nachrichten pro Minute gesendet werden. Dies entspricht bei einem Informationsgehalt von 13 bit pro Doppelzeichen und 1,5 Doppelzeichen/min also ca. 19,6 bit/min. Die Datenübertragungsrate ist also 0,33 bit/s.

Quelle: <http://it.tud.uni-essen.de/chappe.htm> (leicht gekürzt)