

Vom Überwinden der Entfernung

Eine kleine Geschichte der Telekommunikation

von Bernhard Koerber und Ingo-Rüdiger Peters

Für *Digital Natives* – für diejenigen also, die in die digitale Welt hineingeboren wurden – ist es selbstverständlich, mit Smartphones, Tablets, MP3-Playern und anderen digitalen Geräten und Techniken umzugehen. Ähnlich wie ein Dreijähriger denkt, Geld bekäme man deshalb, weil es im Schlitz eines Bankautomaten angeboten wird, so ist auch den *Digital Natives* kaum noch klar, mit welchen Entfernungen und mit welchem technischen Aufwand sie es zu tun haben, wenn sie beispielsweise mit Facebook-Freunden kommunizieren oder sich im Internet Informationen besorgen. Ohne seinen Standort zu ändern, kann heutzutage jeder Mensch über das Internet mit Menschen aus aller Welt sofort in Kontakt treten. Insoweit ist die Erde in der Tat ein „globales Dorf“ geworden, wie es Marshall McLuhan bereits 1962 in seinem Buch *The Gutenberg Galaxy* formulierte und in seinem letzten Buch *The Global Village*, das posthum 1989 erschien, präziserte.

Zwar bezog sich McLuhan 1962 auf eine moderne Welt, die durch elektronische Vernetzungen zu einem

„Dorf“ zusammenwächst, doch so positiv, wie der Begriff zunächst scheint, wurde er von McLuhan nicht interpretiert. Vielmehr warnte er vor Möglichkeiten des Missbrauchs, vor Totalitarismus und Terrorismus, wenn auf die Gefahren, die von den neu entwickelten Medien ausgehen, nicht angemessen reagiert würde. Zum angemessenen Reagieren gehört Wissen. Und zum Wissen gehört die Kenntnis über geschichtliche Entwicklungen, über die Wege, aber auch über die Irrwege. Deshalb soll im Folgenden eine kurze Geschichte der menschlichen, über größere Entfernungen hinweg betriebenen Kommunikation mit Anknüpfungspunkten für den Unterricht aufgezeigt werden. Der Begriff der *Telekommunikation* wird dabei nicht nur auf den ausschließlich technischen, sondern auch auf kultur- und gesellschaftsbezogene Aspekte bezogen. Dabei wird auf einige Beispiele für den Unterricht hingewiesen, die ebenfalls in diesem Heft vorgestellt werden.

Bild 1: Ist die Welt ein Dorf geworden?

Welt ist eine Gemeinde im Kreis Nordfriesland in Schleswig-Holstein und liegt auf der Halbinsel Eiderstedt südlich von Garding sowie etwa 10 km östlich von Tönning nahe der Eidernmündung.

Foto: LOG-IN-Archiv



Vom Donnervogel zum Internet-Protokoll

Der Wunsch, Nachrichten, ja sogar Ideen über große Entfernungen hinweg so schnell wie möglich auszutauschen oder wenigstens nur einem bestimmten Empfänger zu übermitteln, ist so alt wie die Menschheit selbst. Was die Schnelligkeit betrifft, so wussten auch schon die ersten Menschen, dass es wohl in der Luft schneller zugeht als auf dem Landweg. Und so sind in nahezu allen Kulturen die Götterboten mit Flügeln ausgestattet – ein paar Beispiele:

- ▷ *Iris* – Botin der griechischen Göttin Hera, repräsentierte sozusagen die fortschrittliche Frauenquote im Aufsichtsrat der griechischen Götterwelt,
- ▷ *Hermes* – er verkündete die Botschaften des Zeus und war zugleich unter anderem der Schutzgott der Kaufleute und Diebe,

- ▷ *Mercurius* – der römische Nachfolger des Hermes,
- ▷ *Garuda* – er überbringt den Menschen Nachrichten und Anweisungen indo-asiatischer Götter (siehe Bild 2),
- ▷ der *Donnervogel* – er ist praktisch bei allen indianischen Völkern als Götterbote des Großen Geistes zu finden – und heute auf sehr vielen Computern als E-Mail-Programm *Thunderbird* (siehe Bild 3).

Weshalb die christlichen Engel auch mit Flügeln ausgestattet sind, lässt sich aus diesen vorchristlichen Mythologien durchaus ableiten: Auch hier sind die Engel Boten ihres Gottes, und ihre deutsche Bezeichnung stammt aus dem Altgriechischen *αγγελος* (*ángelos*), was wiederum „Bote“ oder „Abgesandter“ auf Deutsch bedeutet.

Da Götterboten bekanntlich nur göttliche und keine weltlichen Botschaften befördern, wurden dafür bereits in der Antike Tauben eingesetzt. Erstmals wurde von Plinius dem Älteren, der etwa 23 bis 79 lebte, darüber ausführlich in seinem Werk *Naturalis historia* berichtet (vgl. auch Schletterer, 2004). So beschrieb Plinius unter anderem, wie Brutus während der Belagerung von Modena im Jahr 44 v. Chr. durch Mark Antonius aufgrund der Nachrichten, die mit Tauben versandt wurden, weiterhin mit seinen Verbündeten kommunizieren und die Stadt vier Monate lang verteidigen konnte.

Auch in der vorrömischen Zeit, im alten Ägypten und in Griechenland, wurden bereits Tauben zur Nachrichtenübermittlung eingesetzt. Durch verschiedene Zuchtmethoden wurde es allmählich möglich, Tauben für das

Bild 4:
Noch bis Ende der 1990er-Jahre wurden Brieftauben zur „Telekommunikation“ eingesetzt.



Quelle: LOG-IN-Archiv

Übermitteln von Nachrichten gezielt einzusetzen, bis sie schließlich eine erhebliche Bedeutung in wirtschaftlicher, politischer und militärischer Hinsicht gewannen. Es wurden sogar Taubenpost-Dienste eingerichtet, mit denen bestimmte Postlinien versorgt wurden.

Eines der berühmtesten geschichtlichen Ereignisse hat beispielsweise der Brieftauben-Informationsdienst des Bankgründers Nathan Mayer Rothschild (1777–1836) ausgelöst: Dank seiner Brieftauben erfuhr Rothschild noch vor dem britischen Premierminister vom Ausgang der Schlacht bei Waterloo im Jahr 1815. Er verkaufte seine britischen Staatsanleihen, und die Anleger glaubten, er sei im Besitz von Information über eine britische Niederlage, weshalb sie ihm beim Verkaufen der Papiere folgten. Nachdem die Kurse der Wertpapiere auf ihrem Tiefpunkt waren, kaufte er sie heimlich wieder auf. Und als die Nachricht vom britischen Sieg für alle eintraf, konnte er mit dem nun folgenden rasanten Kursanstieg hohe Gewinne erzielen und wurde so zum damals reichsten Mann der Welt (vgl. Wikipedia – Stichwort „Nathan Mayer Rothschild“).

Auch Paul Julius Reuter (1816–1899) begann seinen Pressedienst mit Brieftauben, die ihm nach Aachen vor allem Börsenmeldungen brachten, die er wiederum von seiner Agentur dann weiterleiten ließ. Als jedoch Telegrafverbindungen eingerichtet wurden, stellte Reuter diesen „Flug-Dienst“ ein.

Erst nach dem Zweiten Weltkrieg wurden Tauben immer seltener zum offiziellen Transport von Nachrichten eingesetzt. In der Schweiz wurde die Brieftaubenabteilung des Militärs schließlich 1996 aufgelöst (vgl. Bauer, 1996).

Die Kommunikation mit Brieftauben wurde allerdings auch ins Internet überführt: Für ein Internetprotokoll mit der Bezeichnung *Internet Protocol over Avian Carriers* (IPoAC – deutsch: Internet-Protokoll mittels gefiederter Träger) wurde am 1. April 1990 ein *Request for Comments* als Internet-Standard spezifiziert (vgl. RFC 1149) und am 1. April 1999 um eine QoS-Komponente erweitert (vgl. RFC 2549; QoS = *Quality of Service*, deutsch: Dienstgüte, eine Anzahl von Qualitätsanforderungen an den Standard). Eigentlich waren beide RFCs als Aprilscherze gedacht. Doch am 28. April 2001 fand schließlich eine Umsetzung dieser Standards im norwegischen Bergen statt (vgl. Lar-



Bild 2 (links):
Garuda, der geflügelte Götterbote, ist unter anderem Bestandteil des thailändischen Wappens.

Bild 3 (unten):
Ein Donnervogel (engl. thunderbird) auf der Spitze eines Totempfahls.



Fotos: LOG-IN-Archiv

sen/Haldorsen, 2001). Dabei wurden neun Pakete über eine Distanz von fünf Kilometer gesendet. Jedes dieser Pakete wurde von einer Taube innerhalb von zwei Stunden transportiert (d. h. unter den maximal zulässigen 7200000 Millisekunden) und stellte eine Datenübertragung in Form eines *Pings* dar. Jedoch gingen fünf der neun Antworten auf dem Weg verloren, was einem Verlust von gut 55 % entspricht.

Heute sind Tauben nur noch beim Brieftaubensport zu finden. Zuchttiere kosten mittlerweile mehrere tausend Euro. Zum 1884 gegründeten Verband Deutscher Brieftaubenzüchter e. V. – mit Sitz in Essen – gehören zurzeit ungefähr 64000 Brieftaubenzüchter in ca. 8000 Brieftaubenzuchtvereinen.

Vom Marathonläufer zum Turnschuh-Netzwerk

Auf dem Boden ging es zunächst langsamer zu als in der Luft. Dabei spielten anfangs einzelne Boten, die eine Botschaft auf Veranlassung eines Senders an einen Empfänger zu bringen hatten, eine wesentliche Rolle. So berichtete der Geschichtsschreiber Herodot (490/480 v. Chr. bis ca. 424 v. Chr.) über den griechischen Boten Pheidippides (siehe Bild 5), der 490 v. Chr. von Athen in zwei Tagen nach Sparta gelaufen war, um Hilfe im Krieg gegen die Perser zu suchen. Daraus formten 500 Jahre danach Plutarch und Lukian von Samosata unter Berufung auf Herakleides Pontikos eine Legende, der zufolge ein Läufer sich nach dem Sieg der Athener in der Schlacht von Marathon auf den knapp 40 Kilometer langen Weg nach Athen gemacht habe und dort nach der Verkündung seiner Botschaft „Wir haben gesiegt“ tot zusammengebrochen sei. Dieser sagenhafte Lauf über knapp 40 km ist das Vorbild für den modernen Marathonlauf, wobei sich die heutige Distanz von 42,195 km erst ab den Olympischen Sommerspielen 1908 etabliert hat. Diese heutige Distanz hat damit zu tun, dass 1908 der Start des Marathonlaufs an der Ostterrasse des Schlosses Windsor erfolgen und

Bild 5: Statue des Pheidippides bei Marathon.



<http://de.wikipedia.org/wiki/Pheidippides>



a



b



c

**Bilder 6a–c:
Boten im Wandel der Zeit.**

Quellen: LOG-IN-Archiv (6a und 6b) / http://de.wikipedia.org/wiki/Briefmarken-Jahrgang_2005_der_Bundesrepublik_Deutschland (6c)

vor der königlichen Loge im dafür vorgesehenen Olympiastadion im Londoner Stadtteil Shepherd's Bush enden sollte. Und so wurde auf britisch-königliches Betreiben hin die heute übliche Steckenlänge festgelegt.

Bis ins Mittelalter wurden in Europa Boten eingesetzt, die größtenteils zu Fuß unterwegs waren. Zunächst waren es missionierende Mönche und die Boten der Herrscherhäuser, die Botschaften transportierten, dann bald auch Metzger (!) und Handelsreisende.

Die Kleidung der Boten war für die Öffentlichkeit besonders gekennzeichnet, damit ihnen jederzeit z. B. Wegerechte und Unterstützung gewährt werden konnte. Ein Herold – im Allgemeinen zu Pferd unterwegs und im Grunde sogar ein Vorläufer des heutigen Diplomatenstandes – trug einen mit dem Wappen seines Dienstherrn geschmückten Mantel, den Tappert, und den Heroldsstab. Die Werler Fußboten beispielsweise trugen auf der Brust ein Schild mit dem Staatswappen.

Eine der frühesten Berufsstände, die sowohl für die Beförderung von schriftlichen Botschaften als auch zugleich für die Zustellung von Päckchen und Paketen zuständig wurden, waren die Metzger. Da sie sowieso zum Ankauf von Vieh umherzogen, konnten sie die Verteilung der Pakete und Briefe gleich mit übernehmen. Sie erhielten sogar das Recht, ein Posthorn zu benutzen, und teilweise mussten ihnen auch Privatleute ihre Pferde zur Verfügung stellen. Erst im 18. Jahrhundert wurde diese Metzgerpost durch die Kaiserliche Reichspost, die von den Thurn und Taxis betrieben wurde, und der konkurrierenden preußischen Staatspost ersetzt.

Als die Botendienste schließlich insgesamt verstaatlicht wurden, erhielten alle Postboten und Briefträger Uniformen (siehe Bilder 6a–c). Mirko König weist beispielsweise in diesem Heft auf die militärische Struktur der Post-Organisation hin (siehe Seite 49).

Informatisch gesehen gleicht ein Bote grundsätzlich einem Medium, das eine wie auch immer kodierte Information an einen Adressaten übermittelt. Da nicht

jede Information von allen Menschen gelesen werden sollte, wurden auch Geheimboten auf die Reise geschickt. Von Anbeginn des Austauschs von Botschaften über Entfernungen hinweg, waren etliche Absender von Botschaften um Versteckmethoden und Verschlüsselungstechniken bemüht. Vor allem im heutigen Internet-Zeitalter spielt die Kryptografie wieder eine wesentliche Rolle, um Unbefugten das „Beluschen“ z. B. von E-Mails unmöglich zu machen (vgl. auch Witten/Schulz, in diesem Heft S.59 ff., und Witten u. a., in diesem Heft Seite 79 ff.).

Je größer die Entfernungen waren, die für Botendienste zurückgelegt werden mussten, desto notwendiger war es, eine Infrastruktur zu schaffen, die die Boten nicht – wie der Legende von Marathon nach – bei Ankunft tot zusammenbrechen lässt. Einerseits wurden Pferde eingesetzt und andererseits Zwischenstationen gebaut, bei denen sowohl die Boten als auch die Pferde ausgetauscht und mit der Botschaft sozusagen wieder frisch auf den Weg geschickt werden konnten. Erste staatliche Stafetten zur Nachrichtenübermittlung entstanden schon vor 1400 im Herzogtum Mailand. Die schließlich von den Thurn und Taxis aufgebauten Poststationen ließen einen außerordentlich rationellen Reiter- und Pferdewechsel zu, sodass täglich im Durchschnitt 166 Kilometer Postweg bewältigt werden konnten – vergleichbar der Strecke von Frankfurt am Main nach Köln –, und das bereits im Jahr 1516, als Franz von Taxis vom damaligen spanischen König und späteren Kaiser Karl V. das Privileg eines Hauptpostmeisters für seine niederländischen Provinzen erhielt.

Je mehr die Menschen in Europa das Schreiben und Lesen lernten, desto umfangreicher wurde das Postaufkommen. Zur Beförderung wurden schließlich Leiterwagen benutzt, die mit einer Plane überspannt wurden – ein Nachbau ist z. B. im Osterzgebirgsmuseum Schloss Lauenstein ausgestellt (<http://www.schloss-lauenstein.de/>). Auch diese „Postkutschen“ wurden in das Netz der Poststationen integriert und bald darüber hinaus immer häufiger zur Personalförderung genutzt („Marterkasten“, „Knochenknacker“ waren noch die freundlichsten Bezeichnungen für diese Kutschen). Die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit der Postkutschen wurde durch vermehrten Straßenbau von etwa 2 km/h im Jahr 1700 auf etwa 10 km/h im Jahr 1850 gesteigert (vgl. auch Beyrer, 1992) und war damit schneller als diejenige mit dem Reitpferd.

Um 1800 waren alle mitteleuropäischen Städte durch regelmäßige Postverbindungen miteinander verbunden. Das Zeitalter der Postkutschen ging allerdings mit dem Aufkommen der Eisenbahn mehr und mehr zu Ende, und ihre Aufgaben wurde auf die Bahnpost verlagert. Doch erst im März 1957 (!) wurde das letzte Mal Paketpost in Kiel mit der Postkutsche ausgeliefert, und erst 1961 wurde die letzte Pferdepost auf der Linie Avers–Juf in der Schweiz eingestellt.

Aber auch der Bahnpostbetrieb erfuhr sein Ende bereits im letzten Jahrhundert: In Deutschland wurde er Ende Mai 1997 eingestellt. Hauptgründe für die Einstellung waren die Übernahme der Sortierung durch die stark automatisierten Briefverteilzentren, die vorwiegend ohne Gleisanschluss geplant wurden, sowie der Aufbau des deutschen Nachluftpostnetzes. Geblic-



Foto: IBM Corp.

Bild 7: Eine Port-A-Punch-Karte mit Stanz-Unterlage – aus den Anfängen der Schulinformatik, aber auch professionell eingesetzt.

Karten dieser Art wurden in den 1970er-Jahren für den Informatikunterricht eingesetzt und „bicycle online“ von zentralen Rechenzentren ausgewertet.

ben sind glücklicherweise noch die Postboten und andere Zusteller von – informatisch gesehen – Botschaften zu den einzelnen Empfängern.

Nichtsdestoweniger war es in den Anfangszeiten des Computereinsatzes ebenfalls notwendig, Boten einzusetzen, um den Datenaustausch zwischen den Computern zu gewährleisten. Aufgrund fehlender oder inkompatibler Netzwerkschnittstellen mussten die Daten beispielsweise mit Disketten (oder noch bis vor Kurzem mit USB-Speichersticks) zu Fuß zwischen den Computern hin- und hergetragen werden. Diese scherzhaft *Turnschuh-Netzwerk* (engl.: *sneakernet*) genannte Verbindung war in diesen Zeiten ein durchaus häufig angewandtes Verfahren. So schreibt Sascha Kerksen (2004, Abschnitt 12.1.3): „Auch zwischen verschiedenen Unternehmen erfreute sich der so genannte Datenträgeraustausch großer Beliebtheit: Die Datensätze von Geschäftsvorfällen wurden auf Disketten oder Magnetbändern zwischen den einzelnen Unternehmen hin- und hergereicht.“ Und der in Amsterdam lehrende US-Informatiker Andrew S. Tanenbaum stellte kurz und bündig fest (Tanenbaum, 1996, S.83): „Never underestimate the bandwidth of a station wagon full of tapes hurtling down the highway“ – auf Deutsch etwa: „Unterschätze niemals die Datenübertragungsrate eines Kombis voll mit Datenbändern, der die Autobahn herunter rast.“

Ein spezielles Verfahren dieser Art des Turnschuh-Netzwerks wurde übrigens auch an deutschen Schulen für den Informatikunterricht eingesetzt: *Bicycle online* wurde es – ebenfalls wieder scherzhaft – genannt, zumal die Ideen dazu aus den Niederlanden gekommen waren, und zwar vom damaligen *Instituut voor de Ontwikkeling van het Wiskunde Onderwijs* (IOWO; deutsch: Institut für die Entwicklung mathematischer

Ausbildung; seit 1991: *Freudenthal Institute for science and mathematics education*) der Universität Utrecht. Vom IOWO wurden Unterrichtsbeispiele vorgelegt, die mit ALGOL zu bearbeiten waren (vgl. Haberland, 1973). Da aber keine Computer in den Schulen existierten, die mit dieser Programmiersprache ausgestattet waren, wurde auf *Port-A-Punch*-Karten zurückgegriffen (siehe Bild 7, vorige Seite), die manuell mit einem speziellen Stift (das stumpfe Ende einer abgesägten Stricknadel tat's auch) gelocht werden konnten. Die jeweilige Lehrkraft brachte dann die Arbeiten der Schülerinnen und Schüler, d.h. die perforierten *Port-A-Punch*-Karten beispielsweise per Fahrrad – *bicycle online* – zum nächstgelegenen zentralen Rechenzentrum bzw. zu einem universitären Großrechenzentrum und konnte im Allgemeinen nach drei bis fünf Tagen die protokollierten Ergebnisse abholen und den darauf schon mit Spannung wartenden Lernenden aushändigen.

Die Autoren dieses Beitrags haben selbst Unterricht mit dieser Art der Datenfernübertragung durchgeführt und konnten damals erleben, mit welcher hohen Motivation die sich als Pioniere einer neuen Technologie fühlenden Lernenden bei der Sache waren.

Vom Feuerzeichen zu optischen Bits und Bytes

Neben den luft- und den erdgebundenen Arten der Telekommunikation bzw. der Datenfernübertragung entwickelten sich im Laufe der Zeit auch Formen, die sich auf die visuelle Wahrnehmung des Menschen bezogen. Die ersten – noch primitiven – Arten dieser speziellen Fernkommunikation waren mit Feuer verbundene Zeichen, beispielsweise Feuersignale sowie Fackel- und Rauchzeichen.

Insbesondere durch die Verwendung bei Indianerstämmen Nordamerikas sind Rauchzeichen bekannt geworden (siehe auch Bild 8). Aber bereits Jäger und Sammler in der alten Welt verwendeten Zeichen dieser Art (vgl. Brückner, 2003, S.11). Dem offenen Feuer wird dabei im Allgemeinen nasses Gras beigegeben, und anschließend wird die Feuerstelle mit dem entstehenden Rauch durch eine Decke überdeckt. Der sich darunter sammelnde Rauch wird in bestimmten Abständen freigesetzt, sodass eine Folge von „Rauch“, „Nichtrauch“ und „Pause“ entsteht – ähnlich den Morsezeichen. Andere Unterscheidungsmerkmale für die Kodierung können die unterschiedlichen Größen einzelner Wolken und ihre Farbe sein. Noch heute wird das Ergebnis der Wahlgänge bei der Wahl eines neuen Papstes mit Rauchzeichen signalisiert: Steigt schwarzer Rauch auf, so war der letzte Wahlgang ergebnislos, ist der Rauch weiß, so wurde gerade ein neuer Papst gewählt.

Auch mit sogenannten *Lärmfeuern* wurde bereits in früherer Zeit gearbeitet, wobei sich das Wort *Lärm* hier aus dem frühneuhochdeutschen *Alarm[a]* ableitet. Es

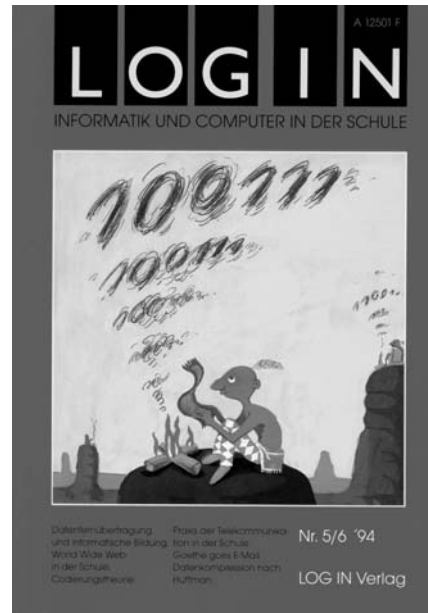


Bild 8:
Bereits im
Heft 5/6 aus
dem Jahr 1994
wurde in
LOG IN unter-
sucht, welche
Möglichkeiten
Telekommuni-
kation und
auch das WWW
für den Unter-
richt bieten kön-
nen.

Quelle: LOG-IN-Archiv

waren also Feuer, mit denen Alarm geschlagen wurde (vgl. Wikipedia – Stichwort „Lärmfeuer“). Meterhohe Holzstöße wurden auf Bergspitzen aufgeschichtet, und wenn sie angezündet wurden, konnten sie auf weiter entfernten Bergspitzen gesehen werden, wo sich wiederum ein Holzstoß befand, der angezündet wurde, sodass eine Nachrichtenkette entstand. Solche Nachrichtenketten wurden beispielsweise im Dreißigjährigen Krieg angewandt, um vor möglichen feindlichen Angriffen zu warnen. Bekannt ist der Lärmfeuer-Ring um den gesamten Odenwald und um weite Teile des Hessischen Rieds. So trägt unter anderem im Höhenzug Wegscheidekamm eine 502 Meter hohe Erhebung den Namen *Lärmfeuer*.

Aber nicht nur mit einzelnen Wolken oder mit riesigen Feuern auf Bergen wurde die menschliche visuelle Wahrnehmung angesprochen. So sollen Fackeln als Signalmittel bereits im 12. Jahrhundert v. Chr. eingesetzt worden sein. Während des Trojanischen Kriegs sollen die Griechen den Fall von Troja mit kodierten Fackelsignalen über eine „Fackeltelegrafentrecke“ gemeldet haben (vgl. Brückner, 2003, S.11). Dies ist aber nicht belegt; es hätten auch einfache Feuersignale sein können, die wie die Lärmfeuer als vereinbarte Nachricht funktionierten und als Signal für den Sieg von Station zu Station angezündet wurden, bis sie von Troja in Mykene ankamen, immerhin eine Strecke von mehr als 500 Kilometer. Zumindest beschrieb der griechische Dichter Aischylos (525 v. Chr. bis 456 v. Chr.) in seinem Drama *Agamemnon* eine solche Feuerzeichenkette, mit der der griechische Sieg über Troja gemeldet wurde. Auch im Peloponnesischen Krieg, der von 431 bis 404 v. Chr. dauerte, sollen einfache Feuersignale eingesetzt worden sein, wie vom griechischen Historiker Thukydides (454 v. Chr. bis 399 v. Chr.) berichtet wurde.

Belegt ist dagegen aufgrund der Beschreibungen des griechischen Geschichtsschreibers Polybios (um 200 v. Chr. bis ca. 120 v. Chr.) die nach ihm benannte *Polybios-Chiffre*, die er für Fackeln vorsah. Im zehnten Band seiner *Historien* (Kapitel 45) beschreibt er dieses Verfahren und gibt an, es selbst verbessert zu haben:

	1	2	3	4	5
1	A	B	Γ	Δ	E
2	Z	H	Θ	I	K
3	Λ	M	N	Ξ	O
4	Π	P	Σ	T	Υ
5	Φ	X	Ψ	Ω	

Je fünf Fackeln wurden in Verbindung mit großen Schilden, Mauern oder Türmen benutzt, für jedes Zeichen in Zweierkombination: Beispielsweise wurden links zwei Fackel und rechts drei gezeigt. Über weitere Stationen wurden die Fackelsignale in einer Übertragungskette weitergegeben, bis sie den Empfänger erreichten. Der Empfänger der Nachricht konnte diese Fackelkombination mithilfe des Polybios-Quadrats (im Beispiel links zwei und rechts drei) als Kodierung des Buchstabens Θ entschlüsseln. Selbst im Ersten Weltkrieg wurde das Polybios-Quadrat als Grundlage für Verschlüsselungsverfahren noch angewandt, nachdem dieses älteste bekannte Verfahren der Kodierung von Schriftzeichen vom deutschen Nachrichtenoffizier Fritz Nebel (1891–1977) sozusagen neu erfunden worden war. Hier diente es dazu, Nachrichten mittels drahtloser Telegrafie geheim zu übermitteln. Im engeren Sinn ist dies im Übrigen eine Verschlüsselung von Einzelzeichen (*Monogrammen*) als Zeichenpaare (*Bigramme*).

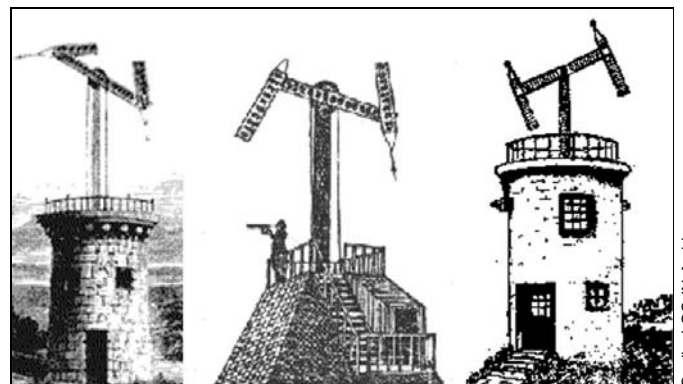
Wie bei allen optischen Signalen stellten sich bereits bei Fackeln die Fragen nach der Sichtbarkeit und Sicherheit: Wie weit waren sie zu sehen und – vor allem – wer kann eventuell „mitlesen“ und die Botschaft entschlüsseln? Zumindest vom Problem der Sichtbarkeit ist bekannt, dass schon Polybios eine Lösung vorschlug, denn Fernrohre gab es zu jener Zeit ja noch nicht: Er ließ die Fackeln durch Röhren beobachten, die in bestimmten Stellungen befestigt wurden, damit die Fackeln schärfer gesehen und somit besser auseinandergelassen werden konnten. Acht Zeichen pro Minute sollen auf einer Strecke von ca. einem Kilometer zwischen den Stationspaaren übertragen worden sein.

Von den Römern wurde die Datenfernübertragung mit Fackeln kaum weiter verfolgt und somit vergessen; nur auf Wachtürmen entlang des Limes in Germanien sollen sie gelegentlich noch benutzt worden sein. Ansonsten setzten die Römer vor allem Boten ein, wie es im vorigen Abschnitt beschrieben wurde. Allerdings wurde von ihnen speziell dafür ein weit verzweigtes Straßennetz mit einsprechenden Raststationen für Reiter, Pferde und Kutschen angelegt. Der Radabstand heutiger Eisenbahnen stammt übrigens von demjenigen der römischen Kutschen ab: In England wurden von Römern angelegte Straßen noch bis in die Neuzeit mit Kutschen befahren und hatten deshalb den gleichen Radabstand, der dann wiederum von dem Eisenbahnpionier George Stephenson (1781–1848) übernommen wurde.

Aufgrund der noch bis ins 18. Jahrhundert hauptsächlich genutzten Botendienste für die Fernkommunikation ist es nicht verwunderlich, dass es beispielsweise mehr als vier Monate dauerte, bis in Nürnberg die Nachricht eintraf, Christoph Kolumbus (1451–1506) sei von seiner Entdeckungsreise wieder am 15. März 1493 zum spanischen Starthafen Palos de la Frontera zurückgekehrt.

Erst der Beginn der französischen Revolution im Jahr 1789 ließ erneut die Erkenntnis reifen, dass eine schnellere Nachrichtenübertragung als mit Boten notwendig sei. Mit der Erfindung des Fernrohrs 1608 und seiner Weiterentwicklung war es nunmehr auch möglich, die Reichweite der menschlichen optischen Wahrnehmung erheblich zu erweitern. Zwar hatte bereits 1684 der englische Gelehrte Robert Hooke (1635–1702) – heute noch bekannt durch das nach ihm benannte Elastizitätsgesetz – der *Royal Society* in London seine Idee zur Übermittlung von „Gedanken über weite Entfernungen“ vorgestellt, doch sein System, große Buchstaben über ein Fernrohr zu beobachten, erwies sich als unpraktisch. Nach etlichen, ab 1791 vorgenommenen Versuchen überzeugte schließlich der französische Abbé und Techniker Claude Chappe (1763–1805) die gesetzgebende Nationalversammlung 1792 von seiner Idee, eine optische Telegrafienlinie einzurichten (vgl. Charbon, 1995, S.30ff.). Zunächst entstand eine ca. 25 km lange Versuchsstrecke zwischen Belleville über Ecoeu nach Saint-Martin-du-Tertre, und aufgrund der positiven Ergebnisse 1794 dann die erste reguläre Telegrafienlinie zwischen Paris und Lille – nach Lille deshalb, weil vor allem vom Norden Frankreichs her die noch junge Republik von ihren Feinden zu jener Zeit ständig bedroht wurde. Mit 22 Stationen wurden 270 km in sechs Stunden überbrückt (siehe Bild 9). Die Chappe'schen „Sender“ bestanden aus einer Art Leiter, an deren Spitze ein großer Arm (Regulator) bewegt wurde, der an seinen beiden Enden mit ebenfalls beweglichen Flügeln (Indikatoren) ausgerüstet war (vgl. auch den Beitrag von Michael Fothe in diesem Heft, Seite 40ff., und siehe dort auch die Bilder 11 und 12, Seite 43f.). Die gesamte Vorrichtung wurde *Semaphore* genannt. Chappe hatte sich vom Winkeralphabet der Seefahrt anregen lassen. Hierbei bringt der mit zwei Flaggen hantierende die Winkerflaggen an

Bild 9: Chappe'sche Flügeltelegrafen (Semaphore).



Quelle: LOG-IN-Archiv

Quelle: nach Wikipedia

rechter Arm → linker Arm ↓	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°
0°	 Unterbrechung						
45°	 A						
90°	 B	 H					
135°	 C	 I	 O				
180°	 D	 K	 P	 T			
225°	 E	 L	 Q	 U	 Zahlen folgen		
270°	 F	 M	 R	 Y	 Buchstaben folgen/J	 W	
315°	 G	 N	 S		 V	 X	 Z

Tabelle 1: Internationales Winkeralphabet der Seefahrt. Das einzelne Flaggenzeichen wird „Semaphor“ genannt.

beiden ausgestreckten Armen in bestimmte Stellungen, die gemäß dem Winkeralphabet je einen Buchstaben der zu übermittelnden Nachricht bedeuten (siehe Tabelle 1).

Letztlich entstand bis 1845 in Frankreich ein von Paris ausgehendes, nahezu flächendeckendes optisches Telegrafennetz. (Eine instruktive Animation des Chappe'schen optischen Telegrafen kann auch aus dem Internet abgerufen werden; siehe Internetquellen am Ende des Beitrags.)

Aufgrund seines Erfolgs wurde das optische Telegrafie-System in ähnlicher Weise von etlichen anderen europäischen Staaten übernommen. Selbst in den USA entstand u. a. eine Linie von New York nach Philadelphia, und in Ägypten eine zwischen Alexandria, Kairo und Suez.

In Deutschland wurde Preußen – aber erst ab 1833 – mit einer Linie zwischen Berlin und Koblenz führend. Einige der 61 Stationen sind von engagierten Heimat-

Bild 10 (rechts): Erinnerung an die Station 5 der preußischen optischen Telegrafienlinie auf dem Fuchsberg in Glindow in Nähe der Plötziner Straße.



Foto: Pe



Bild 11:
Auch Kirchtürme wurden als Stationen für optische Telegrafen benutzt.

Briefmarke der Deutschen Bundespost Berlin mit der St.-Annen-Kirche in Berlin Dahlem (Station 2) anlässlich des 150. Jahrestages der Eröffnung der preußischen optischen Telegrafienlinie.

kundlern wieder restauriert worden, oder es wird zumindest an sie erinnert (siehe Bilder 10 und 11). Hier bieten sich mit Sicherheit etliche unterrichtliche Anknüpfungspunkte an (vgl. den Beitrag von Michael Foth in diesem Heft, Seite 40 ff.). Eine ausführliche Liste der Stationen der preußischen optischen Telegrafienlinie ist bei Wikipedia zu finden (siehe Internetquellen am Ende des Beitrags).

Die sukzessiven technischen Verbesserungen in der elektromechanischen Morsetelegrafie ab den 1830er-Jahren läuteten jedoch das Ende der Ära des optisch-mechanischen Telegrafen ein. Die Morsetelegrafie war um ein Vielfaches schneller aufgrund ihrer höheren Zeichenübertragungsrates, war letztlich einfacher und billiger zu bauen als der optische Telegraf, weniger störungsanfällig und nicht abhängig von Wetter oder Tageszeit. Die Ablösung erfolgte gleitend; die beiden Systeme existierten während fast zwei Jahrzehnten bis in die 1850er-Jahre nebeneinander. Am 12. Oktober 1852 wurde der letzte Abschnitt der preußischen optischen Telegrafienlinie durch einen elektromechanischen Telegraf ersetzt. Und 1853 wurde der Betrieb der letzten optischen Telegrafienlinie Frankreichs eingestellt.

Allerdings werden in abgewandelter Form optische Telegrafen auch heute noch als Flügelsignale bei der Eisenbahn verwendet. Auch die oben erwähnten Flaggensignale werden in der Seefahrt trotz Funkmöglichkeiten immer noch benutzt.

Der Vollständigkeit wegen soll aber noch eine weitere Art der visuellen Fernkommunikation erwähnt werden: der Spiegel- bzw. *Heliograf*. Mit ihm wird eine reflektierende Fläche – im Allgemeinen ein Spiegel – dazu benutzt, das Sonnenlicht zu einem entfernten Beobachter zu lenken. Mit Lichtblitzen können dann vereinbarte Signale übertragen oder sogar ausgetauscht werden. Und wieder einmal waren wohl die Griechen die Ersten, die einen Heliografen verwendeten. Der aus Athen stammende Schriftsteller und Feldherr Xenophon (um 426 v. Chr. bis ca. 355 v. Chr.) dokumentierte dies in seinem Werk *Hellenika*. Er beschrieb, wie polierte Schilde benutzt wurden, um Signale in Schlachten zu übertragen. Ein paar weitere Beispiele:

- ▷ Der römische Kaiser Tiberius (42 v. Chr. bis 37 n. Chr.) soll von seiner Villa in Capri jeden Tag seine

Befehle an das acht Kilometer entfernte Festland mit einem Heliografen gesandt haben.

- ▷ Carl Friedrich Gauß entwickelte einen speziellen Heliografen für Vermessungszwecke.
- ▷ Das US-amerikanische Militär nutzte Heliografen, um mit einem Morsecode Botschaften zu übertragen, so z. B. bei der Jagd nach dem Apachen Geronimo in den 70er- und 80er-Jahren des 19. Jahrhunderts.
- ▷ Beim Aufstand der Herero während der Jahre 1904 bis 1908 benutzten die deutschen Truppen im damaligen Deutsch-Südwestafrika (heute: Namibia) Heliografen mit einer Übertragungreichweite von bis zu 70 km.
- ▷ Da Heliografen als relativ „abhörsicher“ galten, gehörten sie in Großbritannien bis 1960 zur Standardausrüstung des Militärs.

Vom Jodeln zur IP-Telefonie

Neben der visuellen Wahrnehmung wurde und wird für die Fernkommunikation auch von alters her die akustische angesprochen. Hier spielt die menschliche Stimme natürlich die primäre Rolle. Und so gab und gibt es in allen Regionen der Welt verschiedene Techniken, um mit Rufen weite Entfernungen zu überbrücken. Bereits in vorhistorischer Zeit verständigten sich beispielsweise Sammler, Hirten, Waldarbeiter und Köhler mit Jodlern. Jodel-Kommunikationsformen sind heutzutage noch auf allen Kontinenten verbreitet: unter anderem bei afrikanischen Pygmäen, bei den Inuit, in China, in Palästina, in den USA.

Trotz der stetigen Entwicklung von Musikinstrumenten – z. B. Trommeln – blieb die menschliche Stimme jahrtausendlang die einzige Möglichkeit der Kommunikation über größere Entfernungen. Doch nachdem 1833 in Göttingen durch Carl Friedrich Gauß (1777–1855) und Wilhelm Eduard Weber (1804–1899) die Übertragung von kodierten Signalen über elektrische Leitungen in der Praxis umgesetzt wurde, war die Idee geboren, auch die menschliche Stimme über solche Leitungen zu übertragen. Dieses anfänglich noch sehr umständliche und zeitaufwendige Verfahren wurde nach und nach von anderen weiterentwickelt und führte sowohl zur elektrischen Telegrafie wie auch zur Telefonie. Wir beschränken uns im Folgenden vorwiegend auf die Telefonie, da sie bedeutend näher am Alltag der damaligen, an ihrer Nutzung interessierten Bürger stand als die Telegrafie.

Die Geschichte der Entwicklung der Telefonie (vom Altgriechischen *tele* = fern und *phoné* = Stimme) muss hier sicherlich nicht im Einzelnen nacherzählt werden (Weiterführendes siehe z. B. bei Vilovic/Schramm, 2005). Ein paar besondere Ereignisse sollen jedoch hier aufgeführt werden.

In Anlehnung an den Begriff *Telegraph* wurde das Wort *Telephon* 1796 von Johann Sigismund Gottfried Huth (1763–1818), Professor für Physik und Mathematik in Frankfurt an der Oder, aus den griechischen

Wörtern für „fern“ und „Stimme“ geprägt. Huth wollte diesen Begriff für ein rein akustisches Sprachrohrsystem verwenden, das jedoch nie in die Praxis umgesetzt wurde. Erst 1854 brachte der französische Telegrafbeamte Charles Bourseul (1829–1912) die Idee vor, Schall auf elektrischem Weg zu übertragen. Wenig später gelang es Philipp Reis, einem Lehrer für Naturwissenschaften in der Nähe von Frankfurt am Main, „die Tonsprache selbst direkt in die Ferne mitzuteilen“. 1859 konnte er Töne über Entfernungen von bis zu hundert Metern übertragen. Um ein rein sinngemäßes Verstehen zu vermeiden, versuchte Reis bei den ersten Experimenten mit seinem Telefon Sätze wie „Die Sonne ist von Kupfer“ und „Das Pferd frisst keinen Gürkensalat“ zu übermitteln. Zwar konnte der Empfänger nur einen Teil dieser Botschaften verstehen, aber die prinzipielle Funktionstüchtigkeit des Apparats war damit erwiesen.

Zwei Jahre später, am 26. Oktober 1861, fand vor dem *Physikalischen Verein* in Frankfurt am Main die erste öffentliche Sprach- und Musikübertragung statt. Reis erklärte den versammelten Experten, es sei ihm gelungen, „einen Apparat zu konstruieren, mit welchem ich in der Lage bin, Töne verschiedener Instrumente, ja bis zu einem Grade auch die menschliche Stimme, zu reproduzieren“. Die Resonanz war jedoch gering, da Reis' Erfindung eher als technische Spielerei betrachtet wurde und niemand an eine kommerzielle Nutzung dachte, zumal inzwischen mit dem elektrischen Telegrafen ein mittlerweile bewährtes Kommunikationsmedium zur Verfügung stand. Reis resignierte verbittert (zit. nach Gunkel, 2011): „Ich habe der Welt eine große Erfindung geschenkt, anderen muss ich es überlassen, sie weiterzuführen, aber ich weiß, dass auch dies zu einem guten Ende kommen wird.“ Er unterließ es deshalb auch, einen Patentantrag zu stellen.

Reis sollte recht behalten: Am 14. Februar 1876 reichte der in Schottland geborene Amerikaner Alexander Graham Bell (1847–1922) das Prinzip eines Telefonsystems zum Patent ein, angeblich zwei Stunden, bevor sein Konkurrent, der berufsmäßige Erfinder Elisha Gray (1835–1901), ebenfalls ein eigenes Telefonsystem vorläufig patentieren lassen wollte. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Telefonen war, dass

Bells Erfindung im Gegensatz zu der von Gray nicht funktionierte. Während Bell in seinem Antrag auch nur sehr vage blieb, beschrieb Gray sein Telefon in einer ins Einzelne gehenden Dokumentation (vgl. Becker, 1994, S.52). Doch die damaligen Vorschriften des Patentamts sahen nicht vor, dass das angemeldete Patent auch funktionieren müsse. Besonders nachdem Bells Patent am 7. März 1876 – also nur drei Wochen nach dem Einreichen – erteilt worden war, wurden die Stimmen lauter, die eine illegale Verbindung zwischen Bell und dem Patentamt sahen. So war beispielsweise der Prüfer von Grays Patent, Zenas Fisk Wilber, ein Alkoholiker und darüber hinaus ein Jugendfreund des Bell'schen Anwalts und bei diesem verschuldet. Der Beamte beschuldigte sich selbst der Bestechung, widerrief aber später (vgl. Borns, 1888, S.231). Zu alledem stellte sich auch noch heraus, dass bereits 1860 der italo-amerikanische Erfinder Antonio Meucci einen Fernsprechapparat vorgestellt und dafür 1871 einen Patentantrag gestellt hatte. Nur konnte er für die endgültige Anmeldung die Kosten nicht aufbringen, und die Gültigkeit der Vormerkung war 1873 erloschen. Die ehemaligen Werkstätten von Meucci hatte Bell übernommen, war vermutlich auf dessen Materialien und Unterlagen gestoßen und konnte sie als Grundlage für sein Telefon nutzen. Als Meucci 1874 seine Gerätschaften und Unterlagen zurückforderte, wurde ihm mitgeteilt, man habe diese verloren. Meucci starb 1889 völlig verarmt. Die von Bell insgesamt geführten Prozesse aufgrund von Patentverletzungen hatten letztlich ein ähnliches Ausmaß wie diejenigen, die gegenwärtig von den Firmen *Apple* und *Samsung* geführt werden.

Am 10. März 1876 soll dann der erste deutlich zu verstehende Satz mit einem Bell'schen Telefon übertragen worden sein: „Watson, come here. I need you“ – Watson komm' her, ich brauche dich. Bell soll sich gerade vorher aus Versehen Säure über die Kleidung geschüttet und deshalb nach seinem Assistenten Watson gerufen haben.

Technische Grundlage des Bell'schen Telefons sind drei wesentliche Teile, die auch heute noch in entsprechend technisch modernisierter Weise existieren:

- ▷ Eine Apparatur, die Schall über ein Mikrofon in – damals – analoge elektrische Signale umsetzt und – beim Eintreffen von elektrischen Signalen – über eine Membran wieder zurück in Schall verwandelt. Mit den Komponenten zur Steuerung bildet dieses System den eigentlichen Telefonapparat (siehe auch Bilder 12 bis 14, teilweise auf der nächsten Seite),
- ▷ eine Fernsprech-Vermittlungsanlage, mit der die Verbindung vom Sender zum Empfänger hergestellt wird, und
- ▷ einen Übertragungskanal, ursprünglich einen mit Gleichstrom gespeisten Doppeldraht.

Bell hatte das Glück, in den Vereinigten Staaten die interessierte Öffentlichkeit zu finden, auf die Reis vergebens gewartet hatte: Trotz der vielen Prozesse, die Bell zu überstehen hatte, trat sein Telefon den Siegeszug um die Welt an, und Bell, der u. a. mit seinem Anwalt die *Bell Telephone Company* gegründet hatte, gehörte bald zu den reichsten Menschen der USA. Die



Bild 12:
Philipp Reis
zum
150. Geburtstag
gewidmet.

Quelle: LOG-IN-Archiv

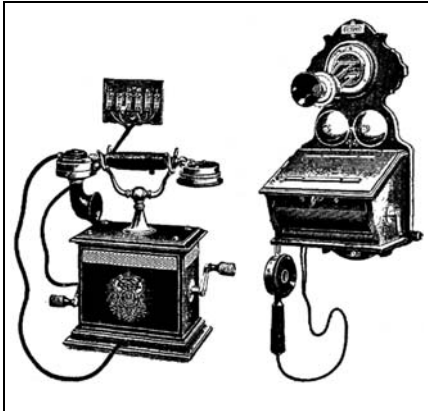


Bild 13:
Zwei Telefone
aus dem Jahr
1908 – links als
Tischgehäuse
und rechts in
Pultform.

Quelle: Lueger, ²1910,
Fig. 40 und 41



Bild 14:
Das Telefon
W48 wurde
1936 eingeführt
und bis 1960
hergestellt. Es
ist zu einem
Produktklassi-
ker geworden.

Foto: Siemens AG

Bell Telephone Company bildete 1885 den Grundstock bei der Gründung der *American Telephone and Telegraph Company* (AT&T), die zum größten Telefonanbieter der USA wurde.

Auch in Deutschland wurde man jetzt auf die Möglichkeiten der neuen Kommunikationstechnik aufmerksam. Die ersten Versuche der Reichspost mit Bell'schen Telefonen wurden bereits 1877 durchgeführt, und das erste deutsche Telefonnetz wurde am 1. April 1881 in Berlin in Betrieb genommen. Die Zahl der Teilnehmer war allerdings sehr bescheiden: Sie betrug 48. Im Jahr 1902 betrug – so wurde in *Meyers Großem Konversations-Lexikon* (⁶1905, S.448) festgestellt – die Gesamtzahl der Teilnehmeranschlüsse auf der ganzen Erde immerhin schon rund 4 Millionen,

Den Wandel der Telefonapparate im 20. Jahrhundert sollen die Bilder 13 und 14 dokumentieren.

Dass Telefone nicht nur zum Telefonieren, also zur Fernkommunikation mit einem anderen Menschen, benutzt werden können, setzte sich als Erkenntnis bei der damaligen Deutschen Post, die das Monopol für Telefone und Telefonnetze hatte, in den 1970er-Jahren langsam durch. Mit dem *Bildschirmtext* (kurz: BTX; in der Schweiz als *Videotex* bekannt) sollten zum Telefon eine Art des Fernsehens als Online-Dienst miteinander kombiniert werden. Obwohl es bereits das Internet und damit auch entsprechende Techniken und Protokolle gab, sollte im deutschsprachigen Bereich BTX mit speziellen Bildschirmtelefonen durchgesetzt werden (siehe Bild 15). Vorbild war ein in Großbritannien schon entwickeltes System: *PRESTEL*. Auch in Frankreich entstand ein ähnlicher, aber technisch in einigen Punkten unterschiedlicher Online-Dienst: *Minitel*.

Die Werbung für BTX war sehr intensiv (siehe z.B. einen damaligen Werbefilm bei *YouTube*: <http://www.youtube.com/watch?v=iBfvIh2K4G0>). Als am 1. Septem-



Bild 15:
Selbst die
pessimistischen
Prognosen zu
BTX-Anschlüssen
wurden von
der Realität
noch bei Wei-
tem unterboten.

Quelle: LOG-IN-Archiv

ber 1983 BTX offiziell in der damaligen Bundesrepublik Deutschland in Betrieb genommen wurde, rechnete man damit, dass es nach 1996 mindestens eine Million Teilnehmer geben würde, tatsächlich waren es aber dann nur rund 60 000. Nach einigen technischen und organisatorischen Änderungen wurde der BTX-Dienst schließlich am 31. Dezember 2001 offiziell abgeschaltet. Auch *Minitel* und *PRESTEL* sind mittlerweile eingestellt. Denn es hatte sich inzwischen ein Standard durchgesetzt, der nunmehr weltumspannend sein sollte: das Internet.

Was BTX, *Minitel* und *PRESTEL* jedoch gemeinsam hatten, war die Digitalisierung dieser Dienste. Die Daten wurden nicht mehr in analoger Form über die Leitungen versandt, sondern als digitale Impulse. Sofern BTX an einem Computerbildschirm dargestellt werden sollte, wurde dafür zu jener Zeit unter anderem ein Akustikkoppler bzw. ein Modem benötigt.

Nach der – auch im Beitrag von Mirko König (in diesem Heft, Seite 50) beschriebenen – Liberalisierung der Telekommunikation und der Privatisierung der Deutschen Post einschließlich der Auflösung des Postministeriums schritt die Umwandlung analoger in digitale Technik mit großen Schritten weiter voran, ebenso die Konversion verschiedener Dienste. Mittlerweile sind Telefon und Internet-Standards zur IP-Telefonie verschmolzen: das Telefonieren über ein Datennetz auf der Grundlage der Internetprotokoll-Familie TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*). IP-Telefonie verläuft heute in der Regel vom Internet zum bestehenden Festnetz oder umgekehrt; den Übergang zwischen den beiden Netzen stellt der Vermittlungsrechner eines Providers her. Auch direkte Telefonieverbindungen zwischen Internetnutzern sind mittlerweile möglich (z.B. mit *Skype*). Die Sprachinformationen werden durch einen Codec (ein Kunstwort aus den englischen Begriffen *coder* und *decoder*) zu Sprachdaten digitalisiert, komprimiert und in Datenpakete aufgeteilt, die genau wie andere Datenpakete übers Internet transportiert werden. Die Geräte des

Foto: Cisco Systems



Bild 16:
Das Cisco IP
Phone 8961 mit
neuester VoIP-
Technologie
und vielen
sonstigen Mög-
lichkeiten, die
das Internet
bietet.

Empfänger wandeln dann mit ihrem Codec die Sprachdaten wieder in hörbare Informationen um. Die Sprachqualität hängt vom verwendeten Codec ab sowie von der Bandbreite, die bei der Kodierung benutzt wurde. Das Transportverfahren wird auch als integrierte Sprachübermittlung durch *Voice over IP* (VoIP) bezeichnet (siehe auch Bild 16 – an VoIP sollte übrigens der oben erwähnte Aprilscherz IPoAC erinnern). Mittlerweile sind rund 5,7 Millionen der insgesamt 38,0 Millionen Festnetzanschlüsse in Deutschland auf die VoIP-Übermittlung umgeschaltet worden (vgl. Bundesnetzagentur, 2012, S. 70).

Die bislang für das Fernkommunizieren mit der eigenen Stimme beschriebenen Verfahren sind grundsätzlich leitungsgebunden. Nahezu parallel zur dieser leitungsgebundenen Telefonie begannen auch die ersten Versuche, Nachrichten drahtlos auf elektromagnetischer Basis zu übermitteln.

Im Jahr 1864 wurde vom schottischen Physiker James Clerk Maxwell (1831–1871) die Existenz von sogenannten Radiowellen vorausgesagt, d.h. von elektromagnetischen Wellen, deren Wellenlänge zwischen 10 Zentimeter und 100 Kilometer in einem Frequenzbereich von einigen Kilohertz (Längswellen) bis etwa 3 Gigahertz liegen kann – wo sich der Radar- und Mikrowellen-Bereich anschließen. 1888 wurden die Radiowellen von Heinrich Hertz (1857–1897) experimentell bestätigt. Zwar kommen Radiowellen auch natürlich vor, aber sie können nur mit bestimmten technischen Hilfsmitteln empfangen und nachgewiesen werden, da sie außerhalb der menschlichen Wahrnehmung liegen.

Erstmals künstlich erzeugt wurden Radiowellen mit einem Sender, der mit Funkstrecken arbeitete, also mit einem Entladungsraum zwischen zwei Leitern, bei dem ein Funke überspringt, sobald die Spannung zwischen diesen beiden Leitern auf die Überschlagsspannung ansteigt. Durch den Funken findet ein Kurzschluss und somit eine Entladung statt („Knallfunk“), was wiederum elektromagnetische Wellen auslöst. Der überspringende Funke hat im Übrigen der gesamten Technik seinen Namen gegeben: Funktechnik – und weitere Ableitungen, z.B. Rund„funk“, Hör„funk“, Amateur„funke“, Bord„funke“, „Funk“ausstellung, Mobil„funk“ u. v. a. m.

Eine der ersten Funkverbindungen gelang dem italienischen Ingenieur und Physiker Guglielmo Marconi (1874–1937) im Jahr 1896 mit einem Knallfunksender und dem Nachbau eines Empfängers von Alexander Stepanowitsch Popow über eine Entfernung von etwa 3 km vor Vertretern der Armee und Marine (vgl.

Lueger, ²1910, S.465). Auch hier kam es wieder zu Patentstreitigkeiten. Der russische Physiker Popow (1859–1905) hatte im Januar 1896 im *Journal der Russischen Gesellschaft für Physik und Chemie* einen Artikel unter dem Titel „Gerät zur Aufspürung und Registrierung elektrischer Schwingungen“ veröffentlicht, in dem er das Schema und eine detaillierte Beschreibung des weltweit ersten Radioempfängers lieferte. Eine erfolgreiche praktische Umsetzung des Geräts bewies, dass es tatsächlich elektromagnetische Wellen aus der Atmosphäre auffangen konnte. Am 24. März 1896 demonstrierte der Russe die drahtlose Übertragung von Signalen auf eine Entfernung von 250 Meter. Im Juni 1896 patentierte jedoch dann der Italiener Guglielmo Marconi in England eine Erfindung, die das Schema des zuvor in der Publikation Popows veröffentlichten Geräts wiederholte. Zwar wurde Popow seiner Erfindung wegen auf dem Pariser Elektrotechnischen Kongress im Jahr 1900 noch geehrt, im öffentlichen Bewusstsein galt jedoch weiterhin Marconi wegen seines Patents als Erfinder des Radios, zumal er 1909 zusammen mit dem deutschen Physiker Ferdinand Braun auch noch den Physik-Nobelpreis „für seine Verdienste um die Entdeckung der drahtlosen Nachrichtenübermittlung“ erhielt.

Noch im Jahr 1896 verlegte Marconi sein Labor auf die Kreideklippen der Isle of Wight und widmete sich als Geschäftsmann vorwiegend der Leitung seines 1897 gegründeten Unternehmens *Wireless Telegraph & Signal Co. Ltd.* (später: *Marconi's Wireless Telegraph Co. Ltd.*) in London. Weitere praktische Erprobungen seines Systems nahm Marconi im Mai 1897 in Gegenwart des Chefindingenieurs der Britischen Post, William Henry Preece, und dem Ordinarius für Elektrotechnik an der TH Charlottenburg, Adolf Slaby, zwischen Lavernock Point einerseits sowie Fiat Holm (5,5 km) und Brean Down (14 km) andererseits vor (vgl. Lueger, ²1910, S. 465). Schließlich gelang Marconi mit seinen Anordnungen die drahtlose Überbrückung ständig größerer Entfernungen: 1899 über den Ärmelkanal, 1901 über den Nordatlantik. Welchen Einfluss die Entwicklung der Funk- sowie der Sende- und Empfangsmöglichkeiten für die Telekommunikation hatten und immer noch haben, soll hier nicht weiter erörtert werden – sie bildet

Bild 17: Hundert Jahre Radio – Guglielmo Marconi gilt als sein Erfinder.



Quelle: LOG-IN-Archiv

Quelle: Corbis



Bild 18:
Marconis Funk-
versuche waren
um die Jahrhun-
dertwende Kult
– der Hersteller
von beliebten
Knallbonbons,
Thomas J.
Smith, widmete
1900/1901 den
„Marconi Mes-
sages“ eine ei-
gene Edition.

mittlerweile das Rückgrat des erdumspannenden Austauschs von Nachrichten zwischen allen Menschen und ist ein notwendiger Bestandteil des globalen Dorfs geworden.

Allerdings verbindet sich mit dem Funk-Pionier Guglielmo Marconi auch noch ein Ereignis, von dem man meinen könnte, dass es erst im Zeitalter des Internets auftreten könne: das erste „Hacken“ einer Nachricht (vgl. Patalong, 2012). Zwar war Marconis Funktechnik bereits um die Jahrhundertwende sehr bekannt (siehe Bild 18), aber es hatte sich mittlerweile eine Reihe von Konkurrenzfirmen auf dem Markt etabliert. Zudem begannen Zweifel aufzukommen, ob zwischen einem Sender und nur einem Empfänger die Botschaft davor sicher sei, nicht eventuell von anderen abgehört zu werden: Waren seine als „Aerogramme“ bezeichneten Botschaften wirklich abhörsicher? Zweifel kamen auf, weil ein Bühnenmagier namens Nevil Maskelyne mit Protokollen seine ersten, durchaus erfolgreichen Abhörversuche öffentlich gemacht hatte. Schließlich forderte er Marconi auf, das Gegenteil zu beweisen. Bislang hatte Marconi seine Versuche nur von Wissenschaftlern beobachten lassen, die die Abhörsicherheit bestätigten. Marconi und ein renommierter britischer Physiker ließen sich auf die Herausforderung Maskelynes ein – und wurden bis auf die Knochen blamiert: Noch ehe der geplante Austausch der Nachrichten erfolgte, wurde auf Marconis Station eine Nachricht gedruckt, die u.a. ein Spottgedicht auf Marconi enthielt. Maskelyne hatte in der Nähe der Marconi'schen Sende- und Empfangsstation einen eigenen Sender postiert. In einem Leserbrief an die Times rechtfertigte sich der Bühnenmagier wie ein heutiger Hacker: Er habe das Sicherheitsproblem des Marconi-Funksystems zum Wohle der Öffentlichkeit offenlegen wollen.

Für den bald nach Marconis Versuchen entstehenden privaten Funkverkehr gab es zunächst keine Regulierungen. Das führte in vielen Ländern zu einem Chaos auf den Frequenzen. Deshalb wurde bereits 1906 in Berlin die *Convention Radiotélégraphique Internationale* beschlossen. Trotzdem verlief in den einzelnen Staaten die Geschichte des Amateurfunkdienstes in dieser Anfangszeit noch sehr unterschiedlich. Viele

Länder, wie die USA, Großbritannien und Frankreich standen dem Thema sehr liberal gegenüber und förderten die Entwicklung. Andere Länder, wie beispielsweise Deutschland, sahen den Amateurfunk misstrauisch und waren eher bestrebt, die staatliche Fernmeldehoheit und das Postmonopol zu schützen.

Darüber soll hier nicht weiter berichtet werden, In dem Buch von Ernst Fendler und Günther Noack (1986) wird die Geschichte der direkten Fernkommunikation über Funk sehr gründlich und anschaulich wiedergegeben. Beeindruckend ist auch heute noch, mit welchem Enthusiasmus Amateurfunke in jenen Zeiten daran arbeiteten, mit Menschen am anderen Ende der Erde über den Funk kommunizieren zu können, und dann, wenn es klappte, darüber absolut glücklich waren.

Dass Telefon und Funk zu einer Einheit verbunden werden könnten, ist auch keine neue Idee, sondern erwuchs folgerichtig aus den gesammelten Erkenntnissen der Funktechnik und der drahtgebundenen Telefonie und Telegrafie.

Der Zeichner, Maler und Karikaturist Werner Arnold (1883–1953) reagierte 1926 bereits mit einer Karikatur auf den im selben Jahr kurz vorher eingerichteten Service der Deutschen Reichsbahn, einen mobilen Telefondienst auf der Strecke zwischen Berlin und Hamburg in der 1. Klasse anzubieten. Er entwarf ein visionäres Bild vom Telefonieren auf offener Straße (siehe Bild 19), wie es heutzutage gang und gäbe ist. Erst 1983 wurde das erste brauchbare Mobiltelefon auf den Markt gebracht (siehe Bild 20, nächste Seite), und es entstand eine neue Evolution technischer Geräte, aber auch völlig neuer Möglichkeiten der Fernkommunikation zwischen den Menschen.

Die Dynamik der Entwicklung von Mobiltelefonen ist aktuell kaum noch zu überschauen. Klar ist, dass die mit dem Begriff *Smartphone* gekennzeichneten Mobiltelefone nichts anderes mehr sind, als Minicomputer mit Möglichkeiten, die PCs auf (oder unter) dem Tisch

Bild 19: „Hier Kuschke zur Zeit Ecke Friedrich-Be-
renstraße ... gut – bon – gemacht – komme sofort!“ –
So stellte man sich bereits 1926 Mobiltelefone vor.



Zeichnung: Karl Arnold (1883-1953) in: Simplicissimus, 31. Jg. (1926), Heft 38, S. 498



Bild 20: Das erste tragbare Mobiltelefon der Welt, das Motorola DynaTAC 8000X wurde 1983 auf den Markt gebracht – hier mit Michael Douglas als Gordon Gekko im Film „Wall Street“, der im Jahr 1985 spielt.

nicht mehr bieten können. Auch für den Unterricht ergeben sich neue Aspekte, wie sie beispielsweise in von Jürgen Poloczek beschrieben werden (in diesem Heft, Seite 93 ff.).

Von der Tonscherbe zur Digitalisierung

Im letzten Abschnitt dieses Beitrags geht es vor allem darum, neben der menschlichen Wahrnehmung im Sehen und Hören beim Fernkommunizieren die Geschichte der Übermittlung von Dokumenten und somit von schriftlich fixiertem Wissen kurz darzustellen.

Der vermutlich für die menschliche Entwicklung größte Kulturschritt war die Erfindung der Schrift. Musste in den Anfängen der Menschheit das Wissen

mündlich überliefert und von der nächsten Generation im Gedächtnis behalten werden, um es dann wieder an die dritte Generation zu überliefern usw., so konnte mit der Schrift dieses Gedächtnis sozusagen ausgelagert und auch noch im Original den darauf folgenden Generationen zur Verfügung gestellt werden. Es entstanden Dokumente zunächst mit Zeichnungen, aber auch mit Zeichen, die als Kodierung der bis dahin sprachlichen Überlieferung des Wissens vereinbart wurden. Eine der ersten schriftlichen Überlieferungen ist eine Tonscherbe mit der Keilschrift aus Mesopotamien, auf der ein Rezept zum Bierbrauen zu finden ist (siehe Bild 21).

Auch in Ägypten entstanden mit den heute noch faszinierenden Papyri Dokumente, die über die Jahrtausende erhalten blieben. Letztlich wurden Dokumente nur durch Boten (siehe oben) im Original oder in einer mit Aufwand zu erstellenden Kopie an entfernte Empfänger übergeben.

Erst im ausgehenden Mittelalter wurde dies anders: Mit Johannes Gutenberg (ca. 1400–1468) brach in der Tat eine neue Ära an. Nicht ohne Grund wurde er seiner Erfindungen wegen im Jahr 2000 zum Mann des Jahrtausends gewählt: Die Erfindung des Buchdrucks hat – wie es auch Marshall McLuhan 1962 in seiner *Gutenberg Galaxy* formulierte – das Bewusstsein des menschlichen Lebens seit dieser Zeit bestimmt.

Mit der – wie auch immer ausgeführten – Telegrafie entstand zumindest erst einmal eine Methode, Schriftzeichen über eine mehr oder weniger weite Entfernung in einer bestimmten Kodierung zu übertragen. Im Gegensatz beispielsweise beim Telefonieren funktioniert Telegrafie jedoch nur in einer Richtung. Aber – wie oben schon dargestellt – mussten dabei die Schriftzeichen kodiert und dekodiert werden, was einen alltäglichen Gebrauch sehr erschwerte.

Die Idee, eine telegrafische Übertragung von Schriftzeichen ohne Kodierung – gewissermaßen für den Laien – zu entwickeln, hatte 1839 der britische Physiker Charles Wheatstone (1802–1875). Aber erst die Idee und Konstruktion des deutschen Erfinders August Ephraim Kramer (1817–1885) aus dem Jahr 1848 setzte sich durch, weil sie von Werner Siemens (1816–1892) und Johann Georg Halske (1814–1890) industriell hergestellt wurde (siehe Bild 22, nächste Seite). Zugleich begründete dieser Zeigertelegraf die Unternehmensgeschichte der Firma Siemens. Ab 1846 wurde der Siemens Zeigertelegraf auf der damals längsten europäischen Telegrafienlinie von Berlin nach Frankfurt am Main eingesetzt.

In der Tat wurde mit dem Zeigertelegrafen die Kommunikationstechnik revolutioniert; denn im Gegensatz zum Morse-Telegrafen wurde es durch den Zeigertelegraf erstmals auch einem ungeschulten Laien möglich, Textbotschaften zu übermitteln.

Da es aber nicht nur Textdokumente, sondern auch Bilddokumente gibt, war das Interesse an bildübertragender Fernkommunikation natürlich ebenfalls groß. Der italienische Physiker Giovanni Caselli (1815–1891) ließ 1855 zunächst in England und Frankreich, dann 1858 in den USA seine Erfindung namens *Pantelegraph* patentieren (vgl. Jäger/Heilbronner, 2010). Der Pantelegraph (siehe Bild 23, nächste Seite) war eine Art Kopiertele-



Bild 21: Auf dieser rund 5000 Jahre alten Tontafel aus Mesopotamien werden mit der Angabe der erforderlichen Ausgangsprodukte Berechnungen zur Herstellung von Bier dokumentiert.



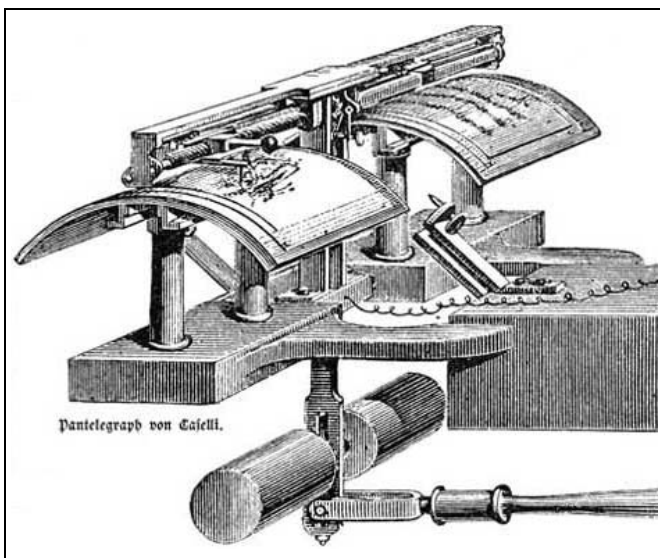
Bild 22:
Ein Zeigertelegraf der Firma Siemens. Mithilfe der Kurbel wird auf den Buchstaben auf der Scheibe gezeigt, der übertragen werden soll.

Foto: Siemens AG

graf, also ein Vorläufer der modernen Faxgeräte. Letztlich wurden Pantelegraphen nur ab 1860 in französischen Telegrafbüros auf den Linien Paris—Amiens (ca. 140 km) und Paris—Marseille (ca. 1000 km) bis zum Jahr 1871 vor allem für den Unterschriftenvergleich bei Banken eingesetzt.

Als einer der wichtigsten Pioniere des modernen Faxgeräts gilt der deutsche Erfinder Rudolf Hell (1901–2002), der einen Fernkopierer entwickelte, der auch bei Übertragungstörungen für den Empfänger noch les- und erkennbare Dokumente brachte. Mit dem aus dem Jahr 1929 stammenden sogenannten Hell-Schreiber wurde die Vorlage durch ein Raster in Pixel

Bild 23: Der Pantelegraf bestand aus einem Abtast- und einem Aufzeichnungsgerät. Für das Abtastgerät mussten die Zeichnungen vorher zuerst auf einer elektrisch leitfähigen Metallfolie mit einer elektrisch nicht leitfähigen Tinte abgebildet werden.



Quelle: W. Beck, 1897

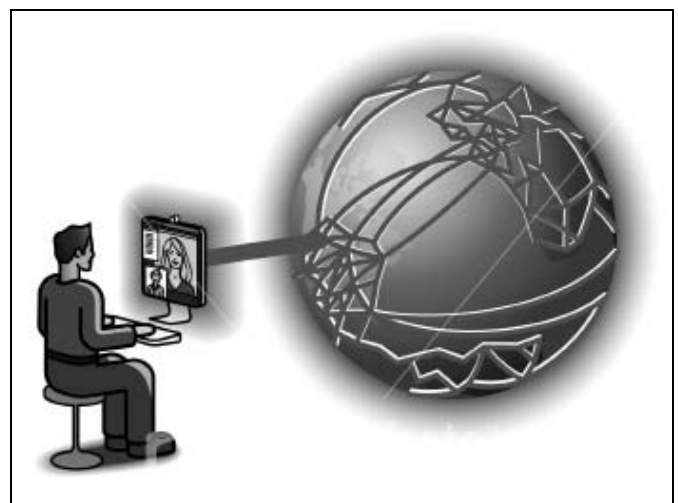
aufgelöst (die von Hell selbst noch „Quanten“ genannt wurden), um sie dann an das Empfangsgerät zu senden (vgl. Faatz/Müller, 2001).

Die Art und Weise, Dokumente mithilfe eines Rasers in einzelne Punkte zu zerlegen nutzte Rudolf Hell auch bei seiner Entwicklung des digitalen Fotosatzes, wie er im Grunde heute noch bei der Drucktechnik angewandt wird.

Überhaupt war der Schritt von analogen zu digitalen Verfahren der auslösende Grund für die heute überall zu findende und sich rasant weiterentwickelnde Informations- und Kommunikationstechnik, deren Basis wiederum die Erfindung des Computers war. Über die Mütter und Väter der modernen universell programmierbaren Rechenmaschinen ist in LOG IN bereits mehrfach berichtet worden; dies soll hier nicht wiederholt werden. Auch sind in dieser Zeitschrift etliche Aspekte des Themas *Internet und seine Geschichte* als mittlerweile zentrales Informations- und Kommunikationsmittel dargestellt worden. Die beiden Wikipedia-Stichwörter „Chronologie des Internets“ und „Geschichte des Internets“ geben darüber hinaus noch gute Zusammenfassungen dieser Entwicklung. Doch wie das Beispiel der Hell'schen Erfindungen zeigt, mussten zur Digitalisierung nicht erst Computer erfunden worden sein, aber mit ihnen und ihren Anwendungen gab es einen besonderen Schub für die Weiterentwicklungen. Die Digitalisierung hat dank der Informatik mittlerweile dazu geführt, dass bisher unterschiedliche Techniken zu einer Einheit zusammenschmelzen. Das Zusammenwachsen der Technologien – und vor allem der Märkte – für Telekommunikation, Computertechnik, Mobilkommunikation und Unterhaltungselektronik ist unübersehbar geworden. Und dieser Trend wird sich mit Sicherheit auch noch auf andere Bereiche ausdehnen.

Auch dies ist ein Grund dafür, dass die Erde zu einem globalen Dorf geworden ist, bei dem die Bedeutung der Entfernungen während des Kommunizierens

Bild 24: Die Bedeutung der Entfernungen beim Kommunizieren mit anderen Menschen ist unwichtig geworden.



Quelle: LOG-IN-Archiv

mit anderen Menschen und das Sich-selbst-Informieren nahezu unwichtig geworden ist. Trotzdem ist es zum Verständnis der in dieser Entwicklung innewohnenden Möglichkeiten und Gefahren wichtig, sich auch mit der Herkunft dieser „schönen neuen Welt“ auseinanderzusetzen. In den *Grundsätzen und Standards für die Informatik in der Schule* ist deshalb auch die folgende Aussage zu finden (AKBSI, 2008, S.10): „Deutlich wird, dass informatische Kompetenzen daher für alle Unterrichtsfächer relevant sind. Doch die gemeinsamen Grundlagen dazu werden im Informatikunterricht gelegt. Das Schulfach Informatik liefert die notwendigen Kompetenzen, um die durch Informatiksysteme veränderte Lebenswelt verstehen, beurteilen und mitgestalten zu können.“

Bernhard Koerber
Ingo-Rüdiger Peters
Freie Universität Berlin
Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie
Redaktion LOG IN
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin

E-Mail: koerber@log-in-verlag.de
E-Mail: peters@log-in-verlag.de

Literatur und Internetquellen

AKBSI – Arbeitskreis „Bildungsstandards“ der Gesellschaft für Informatik (Hrsg.): Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule – Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V. vom 24. Januar 2008. In: LOG IN, 28.Jg. (2008), Heft 150/151, Beilage.

Bauer, F.: Schweizer Armee mustert ihre Briefftauben aus. In: Die Welt, 06.07.1996.
<http://www.welt.de/print-welt/article650105/Schweizer-Armee-mustert-ihre-Briefftauben-aus.html>

Beck, W.: Die Elektrizität und ihre Technik – Eine allgemeinverständliche Darstellung der physikalischen Grundbegriffe und der praktischen Anwendung der Elektrizität. Leipzig: Ernst Wiest Nachf., 21897.

Becker, J.: Fern-Sprechen – Internationale Fernmeldegeschichte, -soziologie und -politik. Berlin: Vistas, 1994.

Beyrer, K. (Hrsg.): Zeit der Postkutschen – Drei Jahrhunderte Reisen 1600–1900. Eine Publikation des Deutschen Postmuseums, Frankfurt am Main, anlässlich der gleichnamigen Ausstellung. Karlsruhe: G. Braun, 1992.

Beyrer, K.; Mathis, B.-S. (Hrsg.): So weit das Auge reicht – Die Geschichte der optischen Telegrafie. Eine Publikation des Museums für Post und Kommunikation, Frankfurt am Main, anlässlich der gleichnamigen Ausstellung. Karlsruhe: G. Braun, 1995.

Borns, N.: Die Bell-Telephon-Prozesse. In: Elektrotechnische Zeitschrift, 9. Jg. (1888), H. 4, S. 231–240.
Siehe auch:
<http://www.deutsches-telefon-museum.eu/Bell-Prozesse.htm>

Brückner, V.: Optische Nachrichtentechnik – Grundlagen und Anwendungen. Wiesbaden: B. G. Teubner, 2003.

Bundesnetzagentur – Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hrsg.): Jahresbericht 2011. Bonn: 2012.
http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Presse/Berichte/2012/Jahresbericht2011.pdf.pdf?__blob=publicationFile

Burkart, G.: Handymania – Wie das Mobiltelefon unser Leben verändert hat. Frankfurt a. M.: Campus, 2007.

Chappe'scher optischer Telegraf – Animation:
http://www.sarganserland-walensee.ch/physik/nachrichtentechnik/Telegraph_Chappe.wmv

Charbon, P.: Entstehung und Entwicklung des Chappeschen Telegrafennetzes in Frankreich. In: Beyrer/Mathis, 1995, S. 29–54.

Faatz, H.; Müller, J.: Digitale Druckvorlagen – Rudolf Hell zerlegte Buchstaben, Zeichen und Bilder in Punkte. In: LOG IN, 21. Jg. (2001), H. 3/4, S. 109–112.

Fothe, M.: Lasst uns kleine Welten schaffen! – KARA, PUCK und die optische Telegrafie. In: LOG IN, 31. Jg. (2011/2012), Heft 172/173, S. 40–44 (in diesem Heft).

Fendler, E. (DL1JK); Noack, G. (DL7AY): Amateurfunk im Wandel der Zeit. Baunatal: DARC Verlag, 1986.

Gunkel, Chr.: Bei Anruf ausgelacht – 150 Jahre Telefon. In: SPIEGEL Online, 21.10.2011.
http://einestages.spiegel.de/static/topicalbumbackground/23742/bei_anruf_ausgelacht.html

Haberland, N.: Informatik in der Schule – das IOWO-Projekt. Arbeitspapier des Berliner Arbeitskreises „Informatik in der Schule“. Reihe „Berichte des Fachbereichs 20, Kybernetik“. Berlin: Technische Universität Berlin, 1973.

Hartl, J.: Geschichte der Telekommunikation bis 1999.
http://www.bayern-online.com/v2261/artikelliste.cfm?DID=203&Objectgroup_ID=4982

Jäger, K.; Heilbronner, F.: Lexikon der Elektrotechniker. Berlin; Offenbach: VDE Verlag, 2010.

Kersken, S.: Compendium der Informationstechnik. Reihe „Galileo Computing – Open Book“. Bonn: Galileo Press, 2004.
<http://openbook.galileocomputing.de/kit/index.htm>

Köhler, M.: Medien-Pioniere – Götterboten der Moderne. Bonn: Bouvier, 2004.

König, M.: Kommunikation als Thema im Informatikunterricht. In: LOG IN, 31. Jg. (2011/2012), Heft 172/173, S. 49–58 (in diesem Heft).

Larsen, A.; Haldorsen, K.: The highly unofficial CPIP WG. 28. April 2001.
<http://www.blug.linux.no/rfc1149/>

Lueger, O. (Hrsg.): Lexikon der gesamten Technik. Band VIII – Schwefelsäuresalze bis Zytase. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 21910.

Meyers Großes Konversations-Lexikon. Band 6 – Stichwort „Fernsprecher“. Leipzig; Wien: Bibliographisches Institut, 61905.

McLuhan, M.: Die Gutenberg-Galaxis – Die Entstehung des typographischen Menschen. Hamburg: Gingko Press, 2011 (Erstausgabe: *The Gutenberg Galaxy – The Making of Typographic Man*. Toronto u.a.: University of Toronto Press, 1962).

McLuhan, M.; Powers, B. R.: The Global Village – Der Weg der Medien-gesellschaft in das 21. Jahrhundert. Reihe „Medienanthropologie“, Band 1. Paderborn: Junfermann, 1995 (Erstausgabe: *The Global Village – Transformations in World Life and Media in the 21st Century*. New York; Oxford: Oxford University Press, 1989).

Patalong, F.: Funk-Pionier Marconi – Drahtlos ratlos. In: SPIEGEL Online, 12.10.2012.
<http://einestages.spiegel.de/s/tb/25684/guglielmo-marconi-gehackt-von-einem-zauberer.html>

Poloczek, J.: Programmieren mit dem App Inventor – Beispiele für den Informatikunterricht der Sekundarstufe I. In: LOG IN, 31. Jg. (2011/2012), Heft 172/173, S. 93–100 (in diesem Heft).

RFC 1149 – A Standard for the Transmission of IP Datagrams on Avian Carriers (1. April 1990).
<http://tools.ietf.org/html/rfc1149>

RFC 2549 – IP over Avian Carriers with Quality of Service (1. April 1999).
<http://tools.ietf.org/html/rfc2549>

Schletterer, M.: Die Taube im Wandel der Zeit – Biologische und historische Variationen. Uelvesbüll: Der Andere Verlag, 2004.