

Nachrichtentechnische Sammlung

Institut für Nachrichtentechnik

Layout: Elias Müller

Texte: Caroline Donner, Heribert Gilson, Johannes Ballé

Bilder: Myrjam Schiermeyer, Helmut Flasche

Die Nachrichtentechnische Sammlung

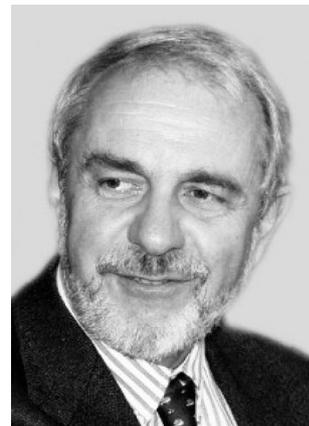
Seit Gründung des Instituts im Jahr 1950 werden am Institut für Nachrichtentechnik technische Geräte aus der Geschichte der Nachrichtentechnik gesammelt. Damals auf Initiative von Prof. Aschoff entstanden und von Prof. Lücke weiter ergänzt, bildet die Ausstellung heute weite Bereiche der historischen Entwicklung der Nachrichtentechnik ab. Unter der Leitung von Prof. Ohm wird die Dokumentation der Sammlung vollständig überarbeitet und über das Internet einer breiteren Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

Zu den Anliegen, die Prof. Aschoff gleich zu Beginn seiner Tätigkeit als Institutsdirektor verwirklichte, gehörte der Aufbau eines kleinen „Museums“ zur Geschichte der Nachrichtentechnik. Er wurde dabei unterstützt von Dr. Ziegler, dem damaligen akademischen Direktor des Instituts. Bereits 1952 wurden die ersten Vitrinen beschafft und in einem Gang des Rogowski-Instituts aufgestellt. Prof. Aschoff benutzte die Museumsstücke auch zur Ergänzung seiner Vorlesung „Einführung in die Nachrichtentechnik“. Zu dieser Vorlesung erschien 1968 sein Buch „Nachrichtenübertragungstechnik“ als Heidelberger Taschenbuch im Springer-Verlag. Später verfasste Prof. Aschoff das zweibändige Werk „Geschichte der Nachrichtentechnik“, in dem er viel Wissenswertes über die alte Technik festhielt.



Prof. Volker Aschoff

Prof. Lücke ergänzte die Sammlung systematisch durch weitere Sammlungsstücke und verfasste erklärende Texte an den Vitrinen, so dass sich auch spontane Besucher über die Ausstellungsstücke informieren konnten. Er setzte sich dafür ein, dass weitere Modelle in der Mechanischen Werkstatt gebaut wurden, wobei dem Feinmechaniker Siegfried Diederer besonders gute Repliken gelangen. Dazu gehört z.B. der Kopiertelegraf, der nach der Patentschrift von Bakewell gebaut wurde. Parallel dazu beschaffte Prof. Lücke technikhistorische Bücher z.T. antiquarisch für die Institutsbibliothek. Für interessierte Fachleute ist diese noch heute eine wahre Fundgrube und findet sogar Erwähnung in internationalen Publikationen.



Prof. Hans Dieter Lücke

Durch internationale Kontakte zu Sammlern und historisch interessierten Fachleuten wurden am Institut auch Modelle als Auftragsarbeiten angefertigt. So wurden die Modelle des Chappeschen Telegrafen und des Strowger-Wählers 1996 für das Heinz-Nixdorf-Museum in Paderborn repliziert. Unter Mitwirkung eines belgischen Sammlers, für den vorab auch einige historische Telegrafen nachgebaut bzw. restauriert worden waren, gelangten einige Sammlungsstücke des Instituts vorübergehend auf die Ausstellung „Télégraphie – une histoire branchée“ im

November/Dezember 1998 in Brüssel.

Literatur:

Volker Aschoff: Geschichte der Nachrichtentechnik, Band 1. Springer-Verlag, 2. Auflage, 1989.

Volker Aschoff: Geschichte der Nachrichtentechnik, Band 2. Springer-Verlag, 2. Auflage, 1995.

P. L. Butzer, M. M. Dodson, P. J. S. G. Ferreira, J. R. Higgins, O. Lange, P. Seidler, R. L. Stens, „Multiplex signal transmission and the development of sampling techniques: the work of Herbert Raabe in contrast to that of Claude Shannon“. In: Applicable Analysis, Volume 90, Issue 3 & 4, 2011.

Mediale Aufbereitung

Unter der Leitung von Prof. Ohm wird nun die gesamte Sammlung digital erfasst und auch viele Sammlungstücke, die in den letzten Jahrzehnten hinzukamen, erstmals dokumentiert.

An diesen Arbeiten und der Erstellung der Website ist ein Team von Mitarbeitern, Ehemaligen und studentischen Hilfskräften beteiligt.

Insbesondere wirken mit:

- Johannes Ballé, Konzeption und Koordination
- Caroline Donner, Literaturrecherche und Texte
- Helmut Flasche, Erfassung und Fotografie
- Heribert Gilson, Qualitätskontrolle
- Elias Müller, Gestaltung und Programmierung
- Myrjam Schiermeyer, Erfassung und Fotografie
- Mathias Wien, Koordination

Eine Übersicht über alle verfügbaren Videoaufnahmen der Exponate der Sammlung finden Sie hier.

Unterstützen Sie uns!

Viele der Prinzipien, die mit den ersten Telegrafien und Fernsprechern erkundet wurden, gelten heute wie vor 200 Jahren und sind ebenso wichtig wie damals für das Funktionieren unserer Kommunikationsmittel. Dennoch ist das letzte Wort zur Nachrichtentechnik auf absehbare Zeit noch nicht gesprochen. Die Digitaltechnik hat in den letzten Jahrzehnten zu einer stark beschleunigten Entwicklung geführt. Zudem konvergiert die Nachrichtentechnik mit Bereichen aus der Informatik und einer steigenden Anzahl von weiteren Disziplinen zu etwas, was heute verallgemeinert Informations- und Kommunikationstechnik genannt wird. Ein Beispiel dafür haben Sie gerade vor sich!

Aus diesen Gründen ist unsere Sammlung zwangsläufig unvollständig.

Wir legen großen Wert darauf, sie weiter auszubauen und unsere Dokumentation zu verbessern. Wenn Sie Interesse haben, uns dabei zu helfen, lassen Sie es uns wissen!

Nichtelektrische Nachrichtentechnik

Vitrine 1: Nichtelektrische Nachrichtentechnik

Die Notwendigkeit zur Übertragung von Informationen über weite Entfernungen besteht seit Menschengedenken. Beinahe ebensolang dürfte der Mensch einfache technische Hilfsmittel eingesetzt haben, um dieses Ziel zu erreichen.

Vor der Entdeckung der Elektrizität konnten Nachrichten im Wesentlichen nur optisch oder akustisch übertragen werden, wie z.B. durch Spiegelung des Sonnenlichts bzw. Trommellaute. Dazu mussten die Nachrichten in eine geeignete Form gebracht werden, d.h. *codiert* werden. Die Bedeutung der Signale musste also zwischen Sender und Empfänger vor der Nachrichtenübermittlung vereinbart werden. Bei komplexen Codes war es notwendig, ein sog. *Codebuch* zu verwenden. Dieses Grundprinzip gilt auch für moderne Kommunikationsmittel.

Die Möglichkeiten der nichtelektrischen Nachrichtentechnik sind begrenzt durch starke Abhängigkeit von den Wetterbedingungen. Die geringen Sicht- und Hörweiten machen es erforderlich, Relaystationen einzusetzen, d.h. dasselbe Übertragungsprinzip mehrfach hintereinander einzusetzen, um die gewünschte Entfernung überbrücken zu können. Zudem ist die Übertragungsgeschwindigkeit für heutige Verhältnisse extrem gering.

Vitrine 1: Nichtelektrische Nachrichtentechnik

Raum: Foyer

Nichtelektrische Nachrichtentechnik, also die Übertragung von Nachrichten durch optische oder akustische Signale, hat eine lange Geschichte. Bereits in der Antike benutzten Römer und Griechen Fackelzeichen, um Nachrichten zu signalisieren. Auch heute noch werden in Teilen der Erde Nachrichten auf nichtelektrische Weise übertragen. Hier zu sehen sind Holzinstrumente, teilweise mit Tierfellen bespannt, wie sie von Naturvölkern in Afrika, Amerika, Südostasien und Ozeanien verwendet werden. Bei den vom Yoruba-Stamm in Nigeria benutzten „sprechenden Trommeln“ wird die Tonhöhe der akustischen Signale durch Krafteinwirkung des Oberarmes verändert.

Die erste Telegrafienlinie, die auf optischer Nachrichtentechnik beruhte, wurde 1794 in Frankreich in Betrieb genommen. Die Nachrichten wurden mittels eines Codebuches wortweise codiert. Der Code wurde dann von einem Telegrafienstationsgebäude zum nächsten über eine auf dem Dach befestigte und veränderbare Konstruktion übertragen. Die Telegrafisten mussten ihre benachbarten Stationen durch ein Fernglas beobachten und die empfangene Nachricht durch entsprechende Einstellung ihrer Konstruktionen der nächsten Station übermitteln. Bereits zwei Jahre später wurde auch in England eine optische Telegrafienlinie errichtet. Anders als in Frankreich wurde hier die Nachricht buchstabenweise übertragen. Es handelte sich dabei um eine der ersten Anwendungen eines parallelen Binärcodes. Erst 1832 wurde die optische Telegrafie in Preußen eingeführt.

Sowohl Gauß' Heliotrop von 1821 als auch Mancos Heliograf von 1865 nutzten das Sonnenlicht, das mittels einer Spiegelkonstruktion reflektiert wurde. Durch Unterbrechen des Lichtstrahls wurden Nachrichten übertragen. Im militärischen Bereich fand diese Technik bis in die 1960er Jahre Anwendung.



Exponate

Optische Telegrafie in der Antike

Optische Telegrafie in Frankreich

Optische Telegrafie in England

Optische Telegrafie in Preußen

Heliotrop

Englischer Armeeheliograf mit Visierspiegel

Englischer Armeeheliograf mit Visier

Kentogan

Sprechende Trommel des Yoruba-Stammes (Nigeria)

Sprechende Trommel aus Westafrika

Elektrische Telegrafie

Vitrine 2: Telegrafie 1

Vitrine 3: Telegrafie 2

Vitrine 4: Bremer Telegraf

Vitrine 5: Baudot-Mehrfachtelegraf

Vitrine 6: Siemens-Schnelltelegraf 1

Vitrine 7: Siemens-Schnelltelegraf 2

Die Entdeckung der Elektrizität

Der griechische Naturforscher Theophrast schrieb um 300 v. Chr., dass Bernstein und der Edelstein Lynkurer, wenn sie gerieben werden, leichte Anziehungskraft entwickeln und Strohhalme, Reisig und Metall- und Eisenblättchen an sich reißen. Dies ist umso interessanter, da sich der Begriff *Elektrizität* vom griechischen Wort für Bernstein ableitet.

Wilhelm Gilbert (1544–1603) fertigte in seinem Werk „De magnete“ ein Verzeichnis derjenigen Substanzen an, die eine Reibungselektrizität aufweisen. Er testete nun die Bedingungen, unter denen der elektrostatische Effekt beobachtbar war. So kam er zu der Beobachtung, dass die „elektrischen Erscheinungen“ bei trockener Luft, beim Nord- und Ostwind und bei leichtem und hurtigem Reiben am stärksten waren. Er deutete die Beobachtungen so, dass elektrische Körper durch die beim Reiben erregten „Ausflüsse“ andere Substanzen berührten – wie zwei Tropfen Wasser, die ineinanderlaufen, wenn sie sich berühren.

Auch wenn die elektrostatischen Eigenschaften von bestimmten Stoffen erkannt worden waren, war eine technische Ausnutzung dieser Anziehungskräfte noch nicht möglich. Stattdessen wurden immer mehr elektrische Phänomene entdeckt. Jean Picard (1620–1682) entdeckte 1675, dass Quecksilber, das in einem (nahezu) luftleeren Raum des Barometers geschüttelt wird, zu leuchten beginnt. Francis Hauksbee (1666–1713) bezweifelte, dass das Quecksilber der entscheidende Faktor war und machte eigene Versuche, bei dem eine hohle und luftleere Kugel auf einer drehbaren Achse befestigt und anschließend gerieben wurde. Das Ergebnis war verblüffend: Die Kugel leuchtete. Diese Konstruktion, der Prototyp der sog. Elektrisiermaschine, wurde in der Folgezeit stetig verbessert. Sie bestand im Wesentlichen aus drei Bauteilen: einem geriebenen Körper, z.B. einem aufgeladenen Glasstab, Glaskugel, Glaszylinder oder Glasscheibe; einem Reibzeug, also der Hand oder einem Reibkissen; und einem isolierten Leiter (Konduktor), wie z.B. einem Rohr oder sogar einem elektrisch isolierten Knaben.

Die Nutzbarmachung der Elektrizität

Um die bei der Elektrisiermaschine entstanden Ströme nutzbar zu machen, war eine weitere Erfindung vonnöten. Ewald Georg von Kleist (1700–1748) und Pieter van Musschenbroek (1692–1761) erfanden die sog. Leidener Flasche. Kleist nahm eine mit Alkohol gefüllte Flasche, in deren Hals er einen Nagel steckte. Wenn er die Flasche, die er in der Hand hielt (und somit geerdet war), an den Konduktor der Elektrisiermaschine hielt und anschließend mit der anderen Hand den Nagel im Flaschenhals

berührte, erzeugte das einen Schlag. Dabei musste das Gefäß von innen und außen mit einer leitenden Schicht überzogen sein. Die Leidener Flasche konnte die elektrische Energie der Elektrisiermaschine sammeln und eine gewisse Zeit speichern.

Da die Leidener Flasche vergleichsweise hohe Spannung bei niedrigem Strom lieferte, war ein kontinuierliches Arbeiten nach wie vor nicht möglich. Dazu brauchte es die Erfindung des Italieners Alessandro Volta (1745–1827). Nach Versuchen seines Landsmanns Luigi Galvani (1737–1798) an Fröschen stellte er eigene Versuche an, wodurch er zu dem Schluss kam, dass Elektrizität aus dem Kontakt zweier unterschiedlicher Metalle mit einer leitenden Flüssigkeiten hervorgeht. Er unterschied zwischen Leitern 1. Klasse (z.B. Metalle) und 2. Klasse (z.B. Flüssigkeiten). Schließlich konstruierte er eine Säule aus übereinandergestapelten Zink-, Silberplatten und mit Wasser getränkten Lederstücken; diese Komponenten setzte er 20 Mal übereinander. Diese elektrochemische Stromquelle lieferte im Vergleich zur Elektrostatik hohen Strom bei fast konstanter Spannung; ein Nebenprodukt war die Elektrolyse – die Zersetzung des Wassers in Wasserstoff und Sauerstoff. Volta sprach von einer Batterie, wenn man mehrere Voltaschen Säulen parallel oder seriell schaltete.

Die Möglichkeit der Nutzung von Strom für wissenschaftliche Zwecke mit Hilfe der Volta-Säule führte zu weitreichenden Entdeckungen, so wie zur Entdeckung des Zusammenhangs von Elektrizität und Magnetismus. Der Däne Hans Christian Oersted (1777–1851) entdeckte 1820, dass eine Magnetnadel von einem waagrecht darüber oder darunter befindlichen Draht, durch den Strom fließt, abgelenkt wird. Johann S.C. Schweigger (1799–1857) führte diese Konstruktion weiter und führte den Draht mehrfach um die Nadel herum und vervielfachte so die Wirkung. Er nannte diesen Aufbau *Multiplikator*.

Elektrische Telegrafen

Anfang des 19. Jahrhunderts wurden diese Erkenntnisse nahezu zeitgleich auf die Telegrafie angewandt und führten zur Erfindung des elektrochemischen Telegrafen von Soemmering, des elektrostatischen Telegrafen von Ronalds und des Nadeltelegrafen von Canstatt. Die übertragenen Zeichen – Buchstaben oder Ziffern – konnten entweder direkt am Empfänger abgelesen werden oder wurden mit einem Binärcode übermittelt und mussten anschließend von Hand decodiert werden.

Nachdem sich die elektrische Telegrafie durch Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit bewährt hatte, wollte man den Nachrichtenaustausch auch über weite Strecken bewerkstelligen. Das stellte die Ingenieure jedoch vor schwerwiegende Probleme: neben der erforderlichen Zugfestigkeit und Bruchfestigkeit der Kabel vor allem die Leitungsverluste und das Übersprechen. Im Juli 1866, nach drei gescheiterten Versuchen,

gelang es, eine transatlantische Telegrafienverbindung von 4500 km Länge, einem Kabelgewicht von 4000 Tonnen über eine Tiefe bis zu 3 km herzustellen.

Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts standen die deutschen Telegrafieverbindungen unter staatlichem Monopol. Aus Angst vor einer oppositionellen Organisation verbot die Regierung unter dem preußischen König Friedrich Wilhelm IV. (1795–1861) die Installation privater Netze. Erst 1849 wurde zunächst die „Staatstelegraphie“ für den privaten Verkehr freigegeben, bevor 1855 auch privaten Unternehmen erlaubt wurde, eigene Telegrafienlinien zu betreiben. Mit zunehmender Nachfrage nach telegrafischer Dienstleistung folgten Effizienzsteigerungen. So wurden beispielsweise mehrere Telegrafien im Zeitmultiplex auf einer Leitung betrieben, oder Nachrichten wurden von mehreren Telegrafisten zunächst auf gestanzten Papierstreifen vorbereitet, damit sie nacheinander vom Sendergerät in schnellerer Abfolge eingelesen werden konnten. 1881 umfasste das Reichstelegrafiennetz 5460 km Leitungslänge.

vgl. Kloss, Albert: Von der Electricität zur Elektrizität. Ein Streifzug durch die Geschichte der Elektrotechnik, Elektroenergetik und Elektronik. Basel/ Boston/Stuttgart 1987; Sjobbema, D.J.W.: Geschichte der Elektronik. Vom Volta-Element zum digitalen Fernsehen. Aachen 1999; Lindner, Helmut: Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität. Reinbek 1985.

Vitrine 2: Telegrafie 1

Raum: Foyer

Soemmering nutzte für seinen elektrochemischen Telegraf den Effekt der Elektrolyse: Dieser verband die zehn Ziffern und 25 Buchstaben des Senders und Empfängers über 35 Einzelleitungen. Erstmals wurde eine Stromquelle, die Volta-Säule, verwendet, deren Strom auf der Empfängerseite Gasblasen produzierte und so Ziffern oder Buchstaben für den Empfänger sichtbar machte.

Der elektrostatische Telegraf des Engländers Ronalds bestand aus zwei Uhrwerken und einer Messingscheibe, die durch einen Schlitz einen Buchstaben, eine Ziffer und eine Anweisung freilegte. Es konnten sowohl zeichenweise Nachrichten als auch Steuersignale übertragen werden. Hier war nur eine Doppelader zwischen Sender und Empfänger notwendig.

Der Einnadeltelegraf Canstatts, der Induktionstelegraf Gauß' und Webers und der Dreinadeltelegraf Cookes übertrugen Nachrichten mit einem Binärkode. Die Binärzeichen wurden durch Nadeln – bzw. durch einen Stab im Falle Gauß' und Webers – angezeigt. Mit Steinheils Schreibtelegrafen (1836) wurden die Nachrichten nun auch erstmals automatisch schriftlich fixiert. Unabhängig von dem Deutschen erfand im gleichen Jahr in den USA Morse einen Schreibtelegrafen, der sich schließlich in der ganzen Welt durchsetzte.



Exponate

Elektrochemischer Telegraf

Elektrostatischer Telegraf

Canstatt-Einnadeltelegraf

Induktionstelegraf

Dreinadeltelegraf

Schreibtelegraf (Steinheil)

Schreibtelegraf (Morse)



Vitrine 3: Telegrafie 2

Raum: Foyer

Der Fünfnadeltelegraf Wheatstones zeigte die übertragenen Buchstaben direkt an und machte eine manuelle Decodierung überflüssig. Der erste Anwendungsbereich sowohl des Fünfnadeltelegrafen als auch der verschiedenen Zeigertelegrafen fand sich im Eisenbahnverkehr. Beispielsweise wurde der ebenfalls von Wheatstone erfundene Zeigertelegraf im Aachener Eisenbahnverkehr eingesetzt. In den folgenden Jahrzehnten kam es zu vielen Verbesserungen, die schließlich zu einer großen Verbreitung der Zeigertelegrafen führten. Der Zeigertelegraf von Werner von Siemens war sowohl handlich als auch schnell und einfach zu bedienen, da die Nachrichten buchstabenweise telegraphiert wurden.

Es ging nun nicht mehr darum, Telegrafie zu ermöglichen, sondern Kosten, Nutzen und Betriebssicherheit zu optimieren. Morsetaste und Klopfer waren zwar in der Anschaffung günstig, aber der Morse-Apparat schrieb die Nachrichten automatisch in einem Code aus Punkten und Strichen auf einen Papierstreifen. Beide Verfahren wurden daher den Anforderungen entsprechend eingesetzt.

Für die Telegrafie über transozeanische Kabel wurden das Doppelstromverfahren eingeführt und sehr empfindliche Empfangsschreiber entwickelt. Für kurze Landverbindungen setzte sich zunehmend der Hörempfang mit dem einfachen Morse-Klopfer durch.

Die Leitungstechnik wird in der nachrichtentechnischen Sammlung durch verschiedene Land- und Seekabel seit 1847 demonstriert, die Freileitungstechnik durch zwei Doppelglockenisolatoren. Zur Verstärkung und Regeneration der impulsförmigen Telegrafiesignale nutzte man die polarisierten Telegrafenrelais.

Exponate

Fünfnadeltelegraf
 Zeigertelegraf
 Zeigertelegraf für den Bahnbetrieb
 Aachener Eisenbahntelegraf
 Wheatstone-Einnadeltelegraf
 Siemens-Zeigertelegraf
 Morse-Schreibtelegraf
 Morse-Apparatesatz der Deutschen Reichsbahn
 Rekorder-Doppeltaste
 Kopie einer Buchseite zum Schwarzsreiber der Gebrüder Digney
 Siphonrekorder von Muirhead
 Empfangsschreiber für Transatlantikverkehr
 Morsetaste
 Klopfer
 Ferndrucker
 Unbewehrtes Telegrafenkabel der Köln-Minden-Thüringer-Eisenbahn
 Doppelglockenisolatoren für Freileitungen
 Telegrafen-Landkabel
 Telegrafen-Seekabel
 Polarisiertes Baudot-Relais
 Polarisiertes Relais
 Polarisiertes Dosenrelais

...

Vitrine 4: Bremer Telegraf

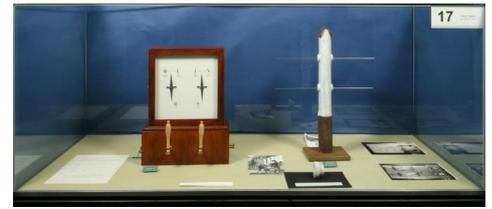
Raum: Institut (2. OG)

1844 konnten der Schiffskapitän Johann Wilhelm Wendt (1802–1847) und der Bremer Mechaniker Brüggemann ihren selbstkonstruierten elektrischen Telegrafen den Bremer Kaufleuten vorstellen und noch im gleichen Jahr – im April – erhielten sie vom Hannoverschen Ministerium des Inneren den Auftrag, eine Telegrafienlinie von Bremen nach Bremerhaven zu bauen.

Im November 1846 konnte der erste Probetrieb aufgenommen werden. Man telegraphierte folgende Zeilen:

Unser elektromagnetischer Telegraph zwischen hiesiger Stadt und Bremerhaven hat heute um 12 Uhr mittags seine wundersame Arbeit begonnen. Möge diese telegraphische Anlage sich zum allgemeinen Nutzen stets bewähren, der guten Nachrichten viel, der schlimmen so wenig als möglich bringen und so zu Bremens Flor und Gedeihen mitwirken und beitragen helfen.

Am 1. Januar 1847 nahm die Telegrafienlinie ihren Betrieb auf. Im ersten Jahr wurden 6.802 Schiffsberichte mit 177.973 Worten und 3.944 sonstige Nachrichten übertragen.



Exponate

Doppelnadeltelegraf

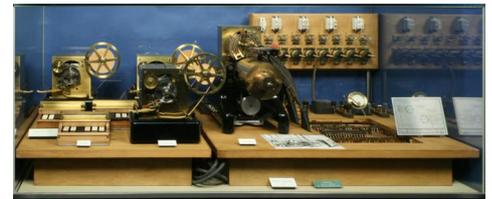
Original-Isolator der Linie
Bremen–Bremerhaven

Postkarte mit Cham, dem Telegrafen

Vitrine 5: Baudot-Mehrfachtelegraf

Raum: Foyer

Neben der Arbeitseinsparung durch Einführung von Typendruckern (s. Vitrine 12) wurde die ökonomische Ausnutzung der Telegrafienleitungen eine wichtige Aufgabe der technischen Entwicklung. Bei den sog. Mehrfachtelegrafen wurde eine bessere Leitungsnutzung durch ein Zeitmultiplex-Verfahren erzielt, bei dem mit Hilfe synchron umlaufender Verteiler vier (etwas abgewandelte) Morse-Telegrafen in regelmäßigem Wechsel auf eine gemeinsame Leitung geschaltet wurden. Ein Problem der Mehrfachtelegrafen bestand darin, dass die Eingabe der einzelnen Buchstaben genau synchron zum Takt des Verteilers geschehen musste.



Exponate

Baudot-Mehrfachtelegraf



Exponate

Handlocher zum
Siemens-Schnelltelegraf
Siemens-Schnelltelegraf: Sender

Vitrine 6: Siemens-Schnelltelegraf 1

Raum: Foyer

Eine weitere Möglichkeit, die Effizienz der Telegrafen zu steigern, wurde Anfang des 20. Jahrhunderts bei der Firma Siemens & Halske umgesetzt. Hier arbeiteten die elektromotorisch angetriebenen Sender und Empfänger so schnell, wie es die Bandbreite der Telegrafleitungen zuließen. Mit dem Gerät war es möglich, bis zu 1000 Zeichen pro Minute zu übertragen.

Da kein Telegrafist in der Lage war, in dieser Geschwindigkeit die Eingabetastatur zu bedienen, benutzte der Siemens-Schnelltelegraf senderseitig Lochstreifen, die auf mehreren Stanzgeräten gleichzeitig vorbereitet und dann nacheinander im Sender abgetastet wurden. Wie bei Baudot wurde ein fünfstelliger Binärcode verwendet.



Exponate

Siemens-Schnelltelegraf: Empfänger

Vitrine 7: Siemens-Schnelltelegraf 2

Raum: Foyer

Bei der hohen Telegrafiergeschwindigkeit konnte die zur Decodierung im Empfänger notwendige Speicherung nicht mehr rein mechanisch durchgeführt werden. Als Speicherzellen dienten polarisierte Telegrafrelais (s. Vitrine 3), deren Stellung durch die umlaufenden Bürsten einer Übersetzerscheibe abgefragt wurden und bei der jeweils gespeicherten Kombination den Druckvorgang auf dem Typenrad auslösten. Die Relaisspeicher waren doppelt vorhanden, die Übersetzerscheibe trug auf zwei Hälften die gleiche Unterteilung. So wurde während eines halben Umlaufes der eine Speicher abgefragt, während der andere Speicher durch die nächste übertragene Buchstabenkombination eingestellt wurde.

Fernsprechen

Vitrine 8: Telefonie

Vitrine 9: Vermittlungstechnik

Vitrine 10: Weitverkehrstechnik 1

Vitrine 11: Weitverkehrstechnik 2



Vitrine 8: Telefonie

Raum: Foyer

Exponate

Bindfadentelefon
 Helmholtz-Resonatoren
 Erste Versuche von Reis
 Versuchsaufbau von Reis
 Funktionsfähiger Nachbau des Telefons von Reis
 Telefon von Bell
 Endgültige Ausführung des Bell'schen Telefons
 „The Speaking Telephone“
 „Elektromotograph“
 „Telephon und Rufapparate mit magnetischer Gleichgewichtslage der schwingenden Theile“
 Elektrodynamisches Telefon
 Kohlemikrofon
 Wandfernsprecher mit Ortsbatterie
 Wandfernsprecher mit Wählscheibe
 Tischfernsprecher mit Ortsbatterie
 Tischfernsprecher für Zentralbatterie
 Tischfernsprecher mit Wählscheibe
 Tischfernsprecher
 Kurbelinduktor
 Ortsbatterie
 Fernhörer mit Ringmagnet
 Karte mit einer Zeichnung zur Benutzung des Telefons
 Karte mit dem Bild eines Wandfernsprechers
 ...

Das von Hooke 1667 neuerfundene Bindfadentelefon war in Europa eine große Attraktion. Diese äußerst primitive Ausführung bestand aus zwei Bechern, deren Böden elastische Membranen waren, die mit einem Faden verbunden wurden. Hierauf bauten alle folgenden Versuche auf. Philipp Reis leistete auf dem Weg zum elektrischen Telefon Pionierarbeit. Er baute als Sender ein menschliches Ohr nach und nutzte eine Geige auf der Empfängerseite als Verstärker. Reis arbeitete viele Jahre an der Verbesserung dieses Prototyps. 1864 machte er ein erstes funktionierendes Telefon öffentlich, doch blieb der Erfolg aus. Erst der von Alexander Graham Bell zwölf Jahre später gebaute Fernsprechapparat wurde auch im praktischen Nachrichtenverkehr eingesetzt. Es kam in der folgenden Zeit zu unterschiedlichsten Modellen von verschiedenen Erfindern: Dolbears „speaking telephone“ (1877), im gleichen Jahr Edisons „loud-speaking-telephone“, uvm.

1877 erfuhr das Deutsche Reichspostamt von der Erfindung des Fernsprechers durch einen Aufsatz im „Scientific American“ im Oktober 1877. In Deutschland wurde der Fernsprecher zunächst als Möglichkeit gesehen, das Telegrafennetz auf dem flachen Land auszubauen, da das Telefon im Gegensatz zu den verbreiteten Morseapparaten keine Ausbildung des Betriebspersonals erforderte und zudem günstiger war. Es wurden sowohl Privatmitteilungen als auch öffentliche Bekanntmachungen übertragen. Anfangs wurden Wörter, Namen und Zahlen von einem Telegrafenamtmann zum anderen durch Sprache vermittelt. Bei Eigennamen und Zahlen wurden diese zunächst gesprochen und anschließend buchstabiert bzw. die einzelnen Ziffern wiederholt. Von 1880 bis 1903 gab es sogar Codebücher, in denen jeder Buchstabe einer Zahl zugeordnet war: A = 1, B = 2, ...

Es wurde zwischen Wand- und Tischfernsprechern mit Orts- und Zentralbatteriebetrieb unterschieden. Die Ortsbatterie wurde beim Teilnehmer aufgestellt, die Zentralbatterie befand sich beim Vermittlungsamt.

Vitrine 9: Vermittlungstechnik

Raum: Foyer

Ein Vermittlungsamt umfasste um 1900 bis zu 10.000 Teilnehmernummern; 100 pro Arbeitsplatz. Drei – meist – Beamtinnen stellten per Hand eine Verbindung zwischen Anrufern und Angerufenen her. Der hohe Personalaufwand machte diese Vermittlungstechnik äußerst teuer, weshalb nach einer automatischen Lösung gesucht wurde. Im Jahr 1900 wurde das erste Selbstwählamt in Deutschland in Betrieb genommen. Dies machte eine Wählscheibe erforderlich, die zur Eingabe der gewünschten Teilnehmernummer diente. Es gibt verschiedene Techniken, um die richtige Nummer im Selbstwählamt auszuwählen: Hebdrehwähler, Viereckwähler, Motor-Koordinaten-Wähler, Kulissenwähler, Schrittschaltwähler. Bei den Schrittschaltwählern unterscheidet man zwischen direkten und indirekten Antrieb, Wälzanker und Schrittschaltmotor.



Exponate

Ausschnitt aus einer Handvermittlungsstelle
Erster Wähler von Strowger
Hebdrehwähler
Viereckwähler
Viereckwähler mit Wälzanker
Drehwähler
Drehwähler (S&H Bv1/5)
Drehwähler
Mix-und-Genest-Aktiengesellschaft
Drehwähler mit Wälzanker (B.V. 150)
Drehwähler mit Wälzanker (B.V. 180)
Drehwähler mit Schrittschaltmotor
Edelmetall-Motor-Koordinaten-Wähler (EMK-Wähler)
Edelmetall-Motor-Drehwähler (EMD-Wähler)
Fallwähler
Kulissenwähler
Fernsprechrelais
Gebührenzähler
Koppelfeld mit Edelmetall-Schnellkontakt-Relais
Schutzgaskontakt in Metallgehäuse
DeTeWe-Werbeschild
Rotary-Wähler (Maschinen-Wähler)
Koordinatenschalter (KS53)
Fernsprech-Ortskabel mit 1.000 Doppeladern
Flach-Schutzkontakt / FSK-Relais



Exponate

Symmetrische Niederfrequenzkabel
 Pupin-Spulen
 Krarup-Seekabel
 Kopplungsmesser
 Zeichnung von Freileitungen
 Transatlantik-Fernsprechkabel TAT II
 Symmetrisches Trägerfrequenzkabel
 Kombinierte symmetrische und
 koaxiale Kabel
 Koaxiale Seekabel
 Mehrfach-Koaxialkabel
 Lichtwellenleiter-Kabel
 Breitbandverstärker LV-120

Vitrine 10: Weitverkehrstechnik 1

Raum: Institut (2. OG)

Die Verbindung des Fernhörers von Bell mit dem Kohlemikrofon von Hughes ließ bereits 1887 die Fernsprechübertragung von Berlin nach Hamburg über symmetrische Freileitungen großen Querschnitts zu. Der Übergang zu den zuverlässigeren Kabeln war für gleiche Reichweiten erst nach der Erfindung der künstlichen Erhöhung der Leitungsinduktivität möglich, die, nach Vorarbeiten von O. Heaviside, von M. Pupin 1899 eingeführt wurde. Durch Zwischenschalten von Spulen in bestimmten Abständen, die Pupinisierung, konnte die Reichweite auf Kosten einer verringerten Grenzfrequenz um ein Mehrfaches erhöht werden. Alternativ schlug C. E. Krarup 1902 zur Induktivitätserhöhung die Umwicklung der Kupferadern mit dünnem Eisendraht vor, die besonders für Seekabel geeignet war. Entwicklung, Bau und Betrieb solcher hochentwickelter Kabel setzte eine entsprechende Messtechnik voraus. Die Einführung der Verstärkertechnik ermöglichte eine weitere Erhöhung der Reichweite und der Bandbreite (s. Vitrine 11). Hiermit konnte die Reichweite in den 20er Jahren auf Landverbindungen beliebig gesteigert und gleichzeitig der Materialaufwand für die Kabel auf ein Zehntel gesenkt werden.

Die erste Sprachübertragung über Transatlantikkabel war allerdings erst ab 1956 nach der Konstruktion zuverlässiger Tiefsee-Zwischenverstärker möglich (Die Weitverkehrstechnik auf ungerichteten oder gerichteten Funkstrecken und Satellitenstrecken wird hier nicht gezeigt).

Die Verstärkertechnik, insbesondere die Erfindung des gegengekoppelten und damit extrem linearen Verstärkers durch H. S. Black 1927, war auch Voraussetzung für die Mehrfachausnutzung der kostspieligen Fernkabel und damit für die Einführung des Massenverkehrs. Erste Versuche mit der Frequenzmultiplextechnik auf Fernleitungen wurden ab 1908 von E. Ruhmer in Berlin und G. O. Squier in Washington unternommen. In den 30er Jahren wurden einige Systeme mit zwei bis 24 Kanälen kommerziell genutzt.

Die breite kommerzielle Anwendung begann Anfang der 50er Jahre zunächst auf symmetrischen Kabeln, dann ab 1965 auf Koaxialkabeln. Es wurden trägerfrequente Systeme von 60 Kanälen (1951) bis zu 10.800 Kanälen (1975) entwickelt. Der Übergang auf Glasfaserkabel und digitale Übertragungs- und Multiplexverfahren (PCM-Zeitmultiplextechnik) begann Anfang der 80er Jahre.

Vitrine 11: Weitverkehrstechnik 2

Raum: Institut (2. OG)

Die Entwicklung geeigneter Verstärker bildete einen wesentlichen Grundpfeiler der Fernsprech-Weitverkehrstechnik (s. Vitrine 10). In ersten Versuchen wurde die Empfindlichkeit eines Kohlemikrofons benutzt, das mechanisch mit einem Fernhörer gekoppelt war. Ein solches, nicht sehr stabiles „Telefon-Relais“ von S. G. Brown (1911) erreichte eine etwa achtfache Verstärkung. Den Durchbruch schaffte erst die Erfindung der elektronischen Verstärkerröhre (R. von Lieben, L. de Forest 1906, s. Röhrensammlung des Hochfrequenztechnischen Instituts im Foyer). Erste Röhrenverstärker wurden im Fernsprech-Weitverkehr ab 1912 eingesetzt.

Ausgestellt sind u.a. zwei Niederfrequenzverstärker für militärische Zwecke: Der Siemens-Vierröhrenverstärker von 1916 für Abhörstationen und der Telefunken-Zweiröhrenverstärker von 1918 zum Anschluss an Funkempfänger. Zwischenverstärker für kommerzielle Fernsprechweitverbindungen wurden ab 1920 eingesetzt. Gezeigt wird ein Zweidrahtverstärker der Reichspost von 1925, mit dem über zwei eingebaute Brückenschaltungen eine Verstärkung in beiden Richtungen möglich ist.



Exponate

Telefon-Relais

Niederfrequenzverstärker „A“

Niederfrequenzverstärker
(Feldausführung)

Zweidrahtverstärker

Fernschreiben und Fernkopieren

Vitrine 12: Hughes-Typendrucker

Vitrine 13: Fernschreiber 1

Vitrine 14: Fernschreiber 2

Vitrine 15: Bildtelegrafie

Fernschreiben

Weil bei der Telegrafie speziell ausgebildetes Personal benötigt wurde, um die Codes in lesbaren Text zu übersetzen, suchte man nach Techniken, die Nachrichten direkt im Empfangsgerät alphabetisch aufzuzeichnen. Dazu meldete Alexander Bain (1811–1877) im Jahr 1843 den „automatischen Kopiertelegraphen“ als Patent an, bei dem auf der Senderseite ein Pendel mit elektrischem Kontakt über metallische Drucklettern glitt und die elektrischen Signale aus Kontakt und Nicht-Kontakt an das Empfangsgerät sendete. Dort strich ebenfalls ein Pendel über ein chemisch behandeltes Papier und zeichnete das Schriftbild der Sendenachricht auf. Der Durchbruch gelang jedoch erst David Edward Hughes (1831–1900) mit seinem Typendrucktelegraphen, der die übertragenden Zeichen direkt auf einen Papierstreifen abdruckte. In einem nächsten Schritt sollte die Zahl der übermittelten Zeichen pro Zeiteinheit erhöht werden. Dafür kombinierte man in den 1890er Jahre Hughes' Typendrucktelegraphen mit der neu hervorgebrachten Typentastmaschine. In den USA wurde 1915 die erste Fernschreibmaschine gebaut, die bis zu 396 Zeichen pro Minute übertragen hat. Zusätzlich konnte eine Nachricht nicht nur von einem Sender zu einem Empfänger übertragen werden, sondern gleich zu mehreren Empfängern. Der Fernschreiber verdrängte den Morsetelegraphen allmählich, das Telex (Teleprinter Exchange) nahm den Platz der Telegrafie ein.

Fernkopieren

Schon recht bald, noch vor der Mitte des 19. Jahrhunderts, wollte man nicht nur Nachrichten als Buchstaben und Ziffern übertragen, sondern als Schriftbild. Die sogenannten Faksimile-Schreiber übertragen das Schriftbild oder ein Foto als originalgetreue Reproduktion. Schon 1848 entwickelte Frederick C. Bakewell (1800–1869) den „elektrischen Telegraphen“, mit dem es ihm gelang, Hand- und Druckschriften, Bilder und Zeichnungen zu telegrafieren. 1878 erfand Constantin Senlecq (1842–1934) ein Gerät, bei dem eine dünne Platte aus Weicheisen, wie eine Membran beim Telefon, angeregt durch die elektrische Spannung zur Vibration gebracht wurde. Mit der Weicheisenplatte war ein Graphit-Stift verbunden, der Linien auf Papier zeichnete. Arthur Korn (1870–1945) entwickelte einen Fotokopierer, bei dem im Sender Licht auf ein Filmnegativ und auf die dahinterliegende Selenzelle traf. Die Signale wurden zum Empfänger gesendet, in dem das Abbild auf einen Fotofilm gebracht wurde.

Während diese analoge Übertragung von Grauwerten aufwendig,

störanfällig und relativ langsam vonstatten ging, war das digitale Fernkopieren (Telefax), das erst seit 1979 möglich war, durch Übertragung über das Telefonnetz zuverlässiger und schneller.

vgl. Domschke, Jan-Peter: Ströme verbinden die Welt. Telegraphie – Telefonie – Telekommunikation. Stuttgart/Leipzig 1997 (= Einblicke in die Wissenschaft); Abramson, Albert: Die Geschichte des Fernsehens. Mit einem Nachwort des Herausgebers zur Geschichte des Fernsehens von 1942 bis heute. München 2002, S. 1-10.



Exponate

Hughes-Typendrukker

Vitrine 12: Hughes-Typendrukker

Raum: Foyer

Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts waren Telegrafienlinien fast ausschließlich für betriebsinterne Aufgaben eingerichtet worden (Staatstelegrafen, Eisenbahntelegrafen). Als dann etwa ab 1850 der öffentliche Telegrammdienst eingeführt wurde, stieg die Zahl der zu befördernden Telegramme so schnell an, dass eine Optimierung des Telegrafienbetriebes vordringlich wurde, und zwar sowohl durch die Entwicklung arbeitssparender Sende- und Empfangsgeräte als auch durch die Einführung von Verfahren zur besseren Leitungsausnutzung.

Eine beträchtliche Arbeitseinsparung ermöglichten die Typendrukker, die auf der Empfängerseite das Telegramm direkt in Klartext druckten. Unter den vielen Entwicklungen jener Zeit gewann das von Hughes entwickelte Gerät die größte praktische Bedeutung.

David Edward Hughes, 1831 in London geboren, wurde 1851 Lehrer der Physik und Mechanik am Bardstown-College in Kentucky, USA. Er kehrte 1860 nach England zurück und starb 1900 in London. Sein Typendrukker wurde 1856 in Amerika und 1861 in Frankreich eingeführt. Die „Internationale Telegraphenconferenz“ in Wien beschloss die Zulassung auch auf langen, internationalen Telegrafienlinien.

Das Kontaktrad des Senders und das Typenrad des Empfängers müssen synchron umlaufen. Hughes löste die Aufgabe durch Fliehkraftregler bei Sender und Empfänger und durch eine zusätzliche Korrekturvorrichtung, mit deren Hilfe kleine Abweichungen der Phasenlage beim Abdruck jedes Buchstabens ausgeglichen werden konnten.

Vitrine 13: Fernschreiber 1

Raum: Institut (2. OG)

Etwa seit Beginn des 20. Jahrhunderts begann der Fernsprechverkehr in steigendem Maße den Telegrammverkehr abzulösen. Wollte man dem Telegrammverkehr auf lange Sicht noch eine Chance geben, mussten Geräte entwickelt werden, die wie der Fernsprecher bei jedem Kunden zu Hause aufgestellt und wie eine Schreibmaschine bedient werden konnten. An der Lösung dieser Aufgabe arbeiteten Anfang des 20. Jahrhunderts in Amerika E. E. Kleinschmidt und C. E. Krum. Kleinschmidt hatte 1898 in New York ein eigenes Entwicklungslabor gegründet. Krum war zuerst als Ingenieur in der Kühlhausgesellschaft Morton tätig, begann dann aber ab 1906 in der mit Morton gemeinsam gegründeten Firma Morkrum mit der Entwicklung von Telegrafengeräten.

Nach dem Ersten Weltkrieg waren beide Erfinder vom Ziel der Fernschreibmaschine technisch etwa gleich weit entfernt, befuhden sich aber gegenseitig zum Schaden ihrer wirtschaftlichen Entwicklung. Als beide Firmen kurz vor dem Bankrott standen, einigten sie sich endlich und gründeten 1924 die Morkrum-Kleinschmidt Corporation. Aus dem jetzt gemeinsamen Fundus an technischen Können und Patentbesitz entstand in kürzester Zeit die Fernschreibmaschine in der Form, in der sie sich dann in der ganzen Welt durchsetzen sollte: Schreibmaschinentastatur, Typenhebel-Druckmechanismus für Blattschreiben, Start-Stop-Verfahren zur Lösung der Gleichlaufprobleme, fünfstelliger Binärcode mit Umschaltung von Buchstaben auf Ziffern und umgekehrt, Sonderzeichen für Wagenrücklauf und Zeilenvorschub.

In Deutschland hatten nach dem Ersten Weltkrieg die Firmen Lorenz und Siemens ebenfalls mit der Entwicklung von Fernschreibmaschinen begonnen. 1926 schloss Morkrum-Kleinschmidt einen Lizenzvertrag mit Lorenz (feststehende Walze, beweglicher Typenkorb) und 1929 mit Siemens (feststehender Typenkorb, bewegliche Walze), so dass von da an ein öffentlicher Fernschreibverkehr möglich wurde. Hierzu wurden national und international die *Telex-Netze* aufgebaut, an die sich jedermann als Teilnehmer anschließen lassen konnte.



Exponate

Mechanischer Fernschreiber T36

Blattschreiber

Elektrische Fernschreibmaschine



Exponate

Kleinferschrreiber T68

Hell-Schreiber

Facsimile-Telegraph

Siemens-Hell-Feldferschrreiber

Vitrine 14: Fernschreiber 2

Raum: Institut (2. OG)

Telegrafengeräte, die einen fünfstelligen Binärcode verwenden (Baudot, Siemens-Schnelltelegraf, Fernschreibmaschine) eignen sich nicht für einen direkten Einsatz auf drahtlosen Übertragungstrecken. Wird nämlich in einer gerade gesendeten Fünferkombination nur ein einziges Element durch Störung verfälscht, so decodiert das Empfangsgerät einen falschen Buchstaben. Historisch wurde zunächst die Redundanz durch Übersetzung in einen siebenstelligen fehlererkennenden Code erhöht. Dadurch konnte zwar das Ausdrucken des falschen Buchstabens verhindert werden, die Sendung der richtigen Buchstaben musste aber wiederholt werden.

Eine noch größere Sicherheit gegen eine fehlerhafte Übertragung von alphanumerischen Texten über stark gestörte Kanäle boten Verfahren, bei denen die Buchstaben und Ziffern nicht codiert werden, sondern im Sinne einer vereinfachten Bildtelegrafie übertragen werden. Ein solches Verfahren hat Rudolf H. Hell 1930 in Form der nach ihm benannten Hell-Schreiber entwickelt.

Buchstaben und Ziffern werden in ein Bildraster aus 49 Elementen eingeordnet, ihre bildliche Darstellung wird im Sendegerät fest gespeichert und über eine Tastatur abgerufen. Auf der Empfängerseite erfolgt die Synthese mit Hilfe einer umlaufenden Schreibspindel. Die grafische Form des gesendeten Zeichens bleibt lesbar, auch wenn eine größere Zahl von Bildelementen während der Übertragung gestört werden. Durch gleichzeitigen Abdruck des Textes auf *zwei* untereinanderliegenden Zeilen kann der Synchronismus zwischen Sender und Empfänger von Hand geregelt werden; auch bei fehlendem Synchronismus bleibt der Text stets rekonstruierbar.

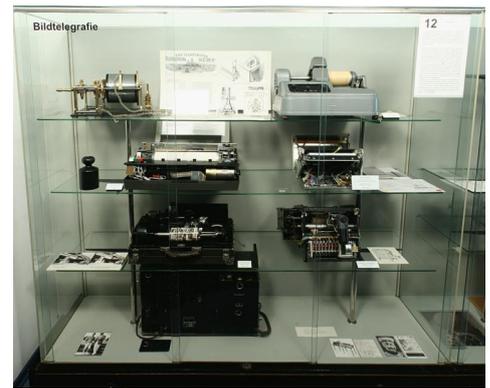
Vitrine 15: Bildtelegrafie

Raum: Institut (2. OG)

Um eine Vorlage originalgetreu zu kopieren, müssen die räumlich nebeneinander liegenden Bildelemente auf der Sendeseite in ein zeitliches Nacheinander elektrischer Signale umgewandelt werden (Bildabtastung). Auf der Empfängerseite muss aus den aufeinander folgenden Signalen eine zweidimensionale Konfiguration zurückgewonnen werden, die der Vorlage genügend genau entspricht (Bildsynthese). Zur Lösung dieser Aufgabe schlug F. C. Bakewell schon 1847 die Verwendung synchron umlaufender Zylinder im Sende- und Empfangsgerät vor, die von Kontaktstiften abgetastet bzw. beschrieben werden. Diese Stifte wurden ihrerseits von Schraubenspindeln parallel zur Zylinderachse fortbewegt. Da für Abtastung, Aufzeichnung und Synchronisierung damals noch keine befriedigenden Lösungen gefunden waren, konnte sich die Bildtelegrafie im 19. Jahrhundert mit Ausnahme eines kurzen Zwischenspiels in Frankreich durch G. Caselli 1865–70 nicht durchsetzen.

Die grundsätzliche Methode Bakewells führte dann aber in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts in Verbindung mit optischer Abtastung und fotochemischer Aufzeichnung zu Bildtelegrafien, die insbesondere nach den Verfahren von A. Korn und später unter Verwendung der Verstärkertechnik von A. Karolus auch Halbtonbilder (z.B. Pressefotografien) übertragen konnten. Ein moderneres Gerät zur Halbtonbildübertragung ist der Telebild-Empfänger von Hell.

Später strebte die Entwicklung vor allem Geräte an, die möglichst einfach zu bedienen waren und von jedermann benutzt werden konnte (Faksimile-Geräte). Dazu wurde vor allem auf der Empfängerseite die fotochemische Aufzeichnung durch andere Verfahren ersetzt (wärmeempfindliches Papier, elektromechanischer Druck, Xerografie). Beispiele sind das Siemens-Hell-Fax von 1953 sowie die Faxgeräte von Hell-Siemens und Fujitsu.



Exponate

Kopiertelegraf

Siemens-Hell-Fax KF 108

Fernkopierer System „Hell-Siemens“

Fernkopierer

Bild-Telegraf

„Telebild“-Empfänger

Verstärker aus dem System „Karolus“

Rundfunk und Tonaufzeichnung

Vitrine 16: Fernsehtechnik 1

Vitrine 17: Fernsehtechnik 2

Vitrine 18: Farbfernsehkamera

Vitrine 19: Elektroakustik

Vitrine 20: Hörfunkempfänger

Hörfunk

Die erste drahtlose Übertragung einer Stimme gelang 1900 dem Amerikaner Reginald Fessenden (1866–1932) über eine Distanz von etwa 2km. 1907 waren es bereits 300km, die überbrückt werden konnten. Im gleichen Jahr wurde in Nauen (nahe Berlin) der erste Radio-Großsender Deutschlands in Betrieb genommen. Allerdings beschränkte sich der Funkverkehr zunächst auf das Militär, die Schifffahrt und die Kolonien. So nahm z.B. der Pressedienst der Auslandsnachrichtenstelle des Auswärtigen Amtes den Sender in Nauen in Anspruch, um Nachrichten an die deutsche Botschaft in Washington zu senden. Neben der Tatsache, dass der Hörfunk drahtlos war, bestand der Vorteil darin, dass man eine Nachricht von einem Sender an mehrere Empfänger übertragen konnte.

Die Fernmeldehoheit lag bei der Regierung, bis die Nachrichtenübertragung über Funktelegrafie 1922 eingestellt wurde. Die Entwicklung der Telefonie war bereits so weit fortgeschritten, dass sie die Funktelegrafie ablösen konnte. Somit waren die entsprechenden Frequenzen frei für den Unterhaltungsrundfunk. Anfang 1922 schlossen sich mehrere Funkfirmen zusammen (darunter „Telefunken“ und „C. Lorenz AG“) und stellten einen Antrag bei der Reichstelegraphenverwaltung. Ihr Konzept war, Sende- und Empfangsanlagen in Teilen des Reiches zu errichten und keine Gebühren für ihre Sendungen zu erheben. Außer dem Kauf des Empfangsgerätes war es für die Rundfunkhörer kostenlos, die Sendungen zu empfangen. Die Firmen hatten weniger Interesse an der Verbreitung von Inhalten als vielmehr eine Absatzsteigerung der Rundfunkempfänger. Die ersten Sendungen waren nicht in ein Rundfunkprogramm eingebettet, sondern wurden vereinzelt versuchsweise gesendet. Es wurden Zeitungstexte vorgelesen, Schallplattenmusik gespielt oder Konzerte übertragen. Am 19. Oktober 1923 nahm der erste deutsche Hörfunksender mit einem vollständigen Programm seinen Sendebetrieb auf. 1924 gab es bereits mehr als 1 Million Radioempfänger in Deutschland, und 1931 wurden in den USA die ersten Autoradios verbaut.

Da die Geräte jedoch teuer waren, bauten sich viele selbst welche. Das NS-Regime zwang daher Rundfunkempfänger-Firmen dazu, sich zusammenzuschließen, um ein Einheitsgerät – den Volksempfänger – zu produzieren. Er entsprach zwar nicht dem damaligen Stand der Technik, konnte aber durch seine hohe Stückzahl preisgünstig angeboten werden. Die Zahl der Rundfunkempfänger stieg rasch an: 1933 – 4 Mio.; 1938 – 8 Mio.; 1943 – 16 Mio. Ein Grund dafür war, dass seit 1938 der „Deutsche Kleinempfänger“ für nur 35 Reichsmark erhältlich war. Beide Hörfunkempfänger konnten nicht auf Frequenzbereiche ausländischer

Sender eingestellt werden.

Elektroakustik und Tonaufzeichnung

Eine Konservierung der Sprache gelang erstmals Thomas Alva Edison (1847–1931) mit seinem „Phonographen“. Emil Berliner (1851–1929) erfand 1888 ein verbessertes mechanisches Tonaufzeichnungsgerät, das Grammophon. Der Rundfunk verdrängte das Grammophon trotz seines durchschlagenden Erfolgs Anfang der 1920er Jahre nicht vollständig, sondern führte durch die Entwicklung von Mikrofonen zu einer Verbesserung der Klangqualität auch bei Grammophonplatten. Zur Anfangszeit des Hörfunks wurden die einfachen Kohlemikrofone aus Telefonen verwendet, weshalb die Sendungen in Telefonqualität empfangen wurden. Wurde zunächst nur aus Studios gesendet, wurden Ende der 1920er Jahre auch Theateraufführungen, Opern und Sportveranstaltungen übertragen. Mit dem in den 1930er Jahren eingeführten Kondensatormikrofon verbesserte sich die Qualität stetig. Durch die Einführung der Magnettontechnik in den Rundfunk im Jahr 1938 konnten Beiträge beliebig oft abgespielt und die Klangqualität noch einmal erhöht werden.

Fernsehen

Sowohl der Hörfunk als auch das Kino können als Wegbereiter für den Erfolg des Fernsehens angesehen werden. Technisch gesehen haben Film und Fernsehen wenig gemein, werden doch im Kino die Bilder über mechanisch-chemische Wege übertragen. Das Fernsehen hingegen baut auf die Übertragungstechnik auf, die auch beim Hörfunk Anwendung findet. Auch in Bezug auf die Programmgestaltung und den Konsum in privaten Haushalten ähnelt das Fernsehen dem Radio.

Ursprünglich dachten die Erfinder beim Fernsehen an ein Medium, das die Gesprächspartner bei einem Telefonat unmittelbar sichtbar machen könnte. Schon 1832 arbeitete man daran, den Eindruck bewegter Bilder herzustellen. Simon Ritter von Stampfer (1792–1864) gelang dies mit seinem „Stroboskop“, in das jedoch nur eine Person blicken konnte. Franz von Uchatius (1811–1881) konnte 1849 durch Projektion auf eine größere Fläche ein größeres Publikum unterhalten. Bevor Paul Nipkow (1860–1940) im Januar 1884 sein Patent anmeldete, gab es bereits etliche Entwürfe und Konstruktionen. Zum Beispiel wurden zur Abtastung des Bilds Selenzellen verwendet, deren Signale *parallel*, über dedizierte Drähte, zum Empfänger übertragen wurden. Nipkow war der Erste, dem es gelang, das zweidimensionale Bild mit einer einzigen Zelle abzutasten und in eine eindimensionale Folge von Stromimpulsen umzusetzen, so dass nur noch eine einzige Leitung notwendig war. Zu einer praktischen Anwendung seines Entwurfes kam es allerdings nicht. Neben stetigen Verbesserungen dieser Technik wurden auch weitere Systeme erfunden.

Gleichzeitig etablierte sich der Kinofilm, obwohl niemand an einen kommerziellen Erfolg glaubte. Die Herausforderung der Aufnahme und Wiedergabe bewegter Bilder faszinierte zunächst nur die Techniker. Auch Edison, Erfinder des Kinetoskops, glaubte nicht daran, dass sich hunderte Personen unterhalten ließen, nur weil man einen Film auf eine Leinwand projizierte. Erst als nach der ersten Kinovorstellung der Welt am 28.12.1895 in Paris immer mehr Menschen in Wanderkinos strömten, wurde das Potenzial erkannt. Das Filmgeschäft organisierte sich mehr und mehr und aus den Kurzfilmen in kleineren lokalen Kinos wurden Langspielfilme in Kinopalästen. Anders als stets behauptet, wurden die frühen Filme nicht immer ohne Tonuntermalung konsumiert. Dies war eine spätere Folge aus den teilweise haarsträubenden Musikbegleitungen (Orchester oder Phonograf), die nicht immer passend zum Inhalt waren. Um dem Lärm zu entgehen, bevorzugten immer mehr Zuschauer den Stummfilm – ohne Kommentatoren, begleitende Musik oder Geräuscheffekte.

Drahtgebundenes Fernsehen wurde der Öffentlichkeit erstmals 1928 vorgeführt. Das Bild war 4×4 cm groß, bestand aus 900 Pixeln (Picture Elements – Bildelemente) und 30 Zeilen. Das Reichspostamt trieb anschließend die Entwicklung drahtloser Übertragung voran, so dass es im März 1929 zur ersten drahtlosen Fernsehsendung kam. Bis 1930 wurden die Bilder wie bei einer Nipkow-Scheibe mechanisch abgetastet und zusammengesetzt. Erst dann wurden die Bilder vollelektronisch mit Röhrentechnik abgetastet. Bis 1950 kann vom Fernsehen nicht als Massenmedium gesprochen werden, denn erst jetzt startete das reguläre Fernsehprogramm. Am 26.12. desselben Jahres wurde die erste deutsche Tagesschau ausgestrahlt. Während es 1954 erst 11.658 Teilnehmer gab, waren es zehn Jahre später schon 10 Millionen. Für die Übertragung von Farbbildern war damals noch die dreifache Kanalbandbreite nötig. Das Problem des Farbfernsehens konnte erst 1967 gelöst werden.

vgl. Domschke, Jan-Peter: Ströme verbinden die Welt. Telegraphie – Telefonie – Telekommunikation. Stuttgart/Leipzig 1997 (= Einblicke in die Wissenschaft); Elsaesser, Thomas: Filmgeschichte und frühes Kino. Archäologie eines Medienwandels. München 2002; Stuiber, Heinz-Werner: Medien in Deutschland. Bd. 2. Rundfunk. 1. Teil: Zum Rundfunkbegriff, Rundfunktechnik, Geschichte des Rundfunks, Rundfunkrecht. Konstanz 1988; Kloss, Albert: Von der Electricität zur Elektrizität. Ein Streifzug durch die Geschichte der Elektrotechnik, Elektroenergetik und Elektronik. Basel/ Boston/Stuttgart 1987; Abramson, Albert: Die Geschichte des Fernsehens. Mit einem Nachwort des Herausgebers zur Geschichte des Fernsehens von 1942 bis heute. München 2002.

Vitrine 16: Fernsehtechnik 1

Raum: Institut (2. OG)

Bis in die 20er Jahre des 20. Jahrhunderts wurde die damals noch utopische, dann experimentelle Fernsehtechnik als „schnelle Bildtelegrafie“ aufgefasst. Das in Vitrine 15 beschriebene Grundprinzip gilt damit ungeändert für die Bildfolgen des Fernsehens.

Das Hauptproblem bei der elektrischen Übertragung *sich bewegender* Bilder liegt darin, dass eine mehrdimensionale Nachricht mittels eines nur eindimensionalen Mediums übertragen werden muss. Daher muss ein Bild bzw. jedes einzelne Bild eines Films zerlegt und wiederzusammengesetzt werden. Dies erfolgt durch die sogenannte Rasterung, einer Diskretisierung der Zeit- und Ortskoordinaten eines Bildes. Das bedeutet, dass eine endliche Anzahl von Bildpunkten die vormals räumlich und zeitlich fließenden Übergänge der Helligkeitswerte repräsentieren. Anschließend werden die Helligkeitswerte seriell übertragen. Auf der Empfängerseite wird dieser Vorgang umgekehrt. Die nacheinander ankommenden Signale werden wieder zu einem Bild zusammengesetzt. Der erste, der dieses Prinzip theoretisch formulierte, war Paul Nipkow 1884. Allerdings konnte seine Idee erst nach Einführung der Verstärkertechnik mit dem Lochscheiben-Fernsehempfänger in den 1920er Jahren realisiert werden.

Pro Zeiteinheit müssen möglichst viele Einzelbilder übertragen werden, sodass das menschliche visuelle System den progressiven Aufbau des Bildes nicht erkennt. Man stellte fest, dass die Bildabtastung nicht langsamer als 1/50 Sekunde sein durfte, da sonst ein Bildflimmern wahrnehmbar war. Allerdings konnten Bilder in weniger als 1/50 Sekunde nicht übertragen werden. Mit einem Bildwechsel von 25 Bildern pro Sekunde und der Anwendung des Zeilensprungverfahrens seit 1936 konnte das Bildflimmern letztlich eingedämmt werden. Hierbei besteht jedes Bild aus zwei Halbbildern, die jeweils die ungeradzahligten bzw. die geradzahligten Zeilen enthalten.

Für die visuelle Qualität ist ebenfalls die Zeilenzahl ausschlaggebend: Je mehr Zeilen übertragen werden können, desto höher ist die Auflösung des Bildes. 1906 entwickelte Max Dieckmann die erste praktisch brauchbare Fernseheinrichtung für 20 Zeilen bei 10 Bildwechsel pro Sekunde. Am 31. August 1928 wurde der Telefunken-Karolus-Fernseher vorgeführt. Er stellte 96 Zeilen mit 10.000 Bildpunkten bei einer Bildgröße von 8 × 10 cm dar.

Die in den 30er Jahren eingeführte hochzeilige Fernsehtechnik setzte den Übergang zu rein elektronischen Lösungen voraus. Die Bildwiedergabe geschah mit Braunschen Röhren (K. F. Braun 1897), die



Exponate

„Elektrisches Teleskop“ DRP 30105
Anzeige zur Funkausstellung 1935
Lochscheiben-Fernsehempfänger
Fernseh-Bildröhre
Miniaturbildröhre und
Taschenfernsehgerät
Lichtpunktabtaster
Monitor mit Kontrolloszillograph
Fernsehempfänger

ab 1930 als Hochvakuumröhren mit Elektronenoptik und Helligkeitssteuerung durch den Wehneltzylinder bereitstanden . Die Bildaufnahme erfolgte zunächst mit dem Lichtpunkt-Abtaster nach M. von Ardenne für Dias und Filme.

vgl. Theile, Richard: Hinter dem Bildschirm. Aufnahme und Wiedergabe, Speicherung und Übertragung von Fernsehbildern. Stuttgart 1970, S. 13–21; Kirschstein, Friedrich und Günther Krawinkel: Fernsehtechnik. Stuttgart 1952 (= Monographien der elektrischen Nachrichtentechnik), S. 15–19.

Vitrine 17: Fernsehtechnik 2

Raum: Institut (2. OG)

Die elektrische Aufnahmetechnik durch Ikonoskop, Superorthikon oder Vidicon ersetzte die bis in die 1930er Jahre übliche Nipkow-Scheibe und das Zwischenfilmverfahren. Seit Anfang der 70er Jahre war es auch im privaten Bereich möglich, Filme zur Speicherung aufzunehmen. Das konnte durch einen mechanisch abtastenden Bildplattenspieler (mit nur wenigen Minuten Spieldauer) oder einen der ersten kleinen Videobandgeräte erfolgen.

Die Anfänge der digitalen Fernsehtechnik sind in dieser Vitrine durch die 1948 von R. W. Sears erfundene PCM-Codieröhre vertreten. Das von der Firma Siemens gestiftete Exemplar wurde in Deutschland erstmals 1960 eingesetzt.



Exponate

TED-Bildplattenspieler mit mechanischer Abtastung

Superorthikon-Aufnahmeröhre

ISDN-Bildfernsprechgerät

Codieröhre zur Digitalisierung von Videosignalen

Videobandgerät

Fernsehkamera

Vitrine 18: Farbfernsehkamera

Raum: Treppenhaus (3. OG)

Diese Farbfernsehkamera besteht aus drei optisch-elektrischen Bildwandlern, um die drei Farbwertsignale – rot, grün und blau – zu erzeugen. Das Bild wird mit einem dichroitischen Prisma zerlegt. Für jedes einzelne Farbwertsignal ist ein Verstärkerzug erforderlich, der je aus einem Vorverstärker, einer Aperturkorrektur, einer Störsignalkompensation, einer Matrix und einer Gradationsentzerrung besteht. Die Studiokamera enthält vier Plumbicons (Bildaufnahmeröhren), also verbesserten Vidicons.



Exponate

Farbfernsehkamera

Strahlenteiler



Vitrine 19: Elektroakustik

Raum: Treppenhause (3. OG)

Die Vitrine gibt einen Überblick über die Entstehung der Aufzeichnungsverfahren und der elektrostatischen Wandler für Tonsignale.

Exponate

Marmorblock-Mikrofon

Querstrom-Mikrofon

Bändchen-Mikrofon

„Neumann-Flasche“

Tauchspul-Mikrofon

Lautsprecher mit elektromagnetischem Wandler und Exponentialtrichter

Elektromagnetisches

Freischwingsystem mit Faltmembran

Riffellautsprecher

Elektromagnetisches

Freischwingsystem mit Konusmembran

Elektrodynamisches System mit Konusmembran

Gelochte Papierrolle für pneumatisches Klavier

Phonograf

Grammophon

Magnetophon KL65KS

Magnetische Tonabnehmer

Hörsprechkopf

Compact-Disc-Abspielereinheit

Tefifon (Chassis)

„Musikmaschinen“ wie das pneumatische und elektrische Klavier, die Drehorgel und die Spieldose können nur ein begrenztes Sortiment an Tönen und Musikstücken wiedergeben. Der Phonograf von Edison hingegen konnte nicht nur Musik in unterschiedlicher Tonhöhe und Rhythmus wiedergeben, sondern im Prinzip beliebige Schallereignisse. In seiner ursprünglichen Form handelte es sich dabei um einen Zylinder, der mit Zinnfolie überzogen war und mit der Hand gedreht wurde. Durch den Handbetrieb kam es zu Geschwindigkeitsschwankungen, die der Wiedergabe von den nach heutigen Maßstäben meist schlechten Aufnahmen zusätzlich schaden. Das Grammophon von Emil Berliner arbeitete mit einer ebenen kreisrunden Platte statt mit einer zylindrischen Walze. Auch nach Erfindung des Grammophons wurde der Phonograf – in verbesserter Form – noch viele Jahre lang benutzt, da das Nadelgeräusch beim Abspielen des Wachszyinders subjektiv weniger störend war als das der ersten Grammophonplatten.

Nachdem 1925 der Rundfunk Einzug hielt, konnten durch neue Mikrofone und Verstärkerröhren auch die Grammophone stetig verbessert werden. Einen großen Qualitätssprung brachte der magnetische Tonabnehmer. In den späten 30er Jahren und den 40er Jahren konnte man mit besseren Plattenspielern einen Frequenzbereich von ca. 100 Hz bis 5 kHz wiedergeben. Mit den Verbesserungen der Aufnahmeapparatur wurden auch Aufnahmen von Tönen mit größerer Lautstärke möglich. Sollen die die Wiedergabequalität maßgeblich beeinflussenden Obertöne bei der Wiedergabe mitklingen, müssen Frequenzen bis mindestens 16 kHz wiedergegeben werden.

Mit Tonbandgeräten werden Musik und Sprache auf einem Magnetband aufgezeichnet, was eine deutlich längere Spielzeit ermöglicht. Die Anfang der 1980er Jahre eingeführte Compact Disc (CD) verdrängte als optischer Speicher sowohl die analogen Speicher wie die Compact Cassette als auch die Schallplatte. Die Weiterentwicklung der optischen Speichertechnik und die Digitalisierung ermöglichte es schließlich, Speicher wie CD, DVD oder Blu-Ray universell einzusetzen.

Die ausgestellten Lautsprecher umfassen ein breites historisches Spektrum: Von einem Trichterlautsprecher aus der Anfangszeit der Rundfunktechnik mit elektromagnetisch angetriebener Membran (wie

bei der Telefon-Hörkapsel) und aufgesetztem Exponentialtrichter über einen Freischwingerantrieb mit Faltmembran bis zum elektrodynamischen Lautsprecher mit Konusmembran.



Vitrine 20: Hörfunkempfänger

Raum: Treppenhaus (3. OG)

Am 29. Oktober 1923 startete der deutsche Rundfunk. In den folgenden Jahren entstand eine neue Industrie, die Rundfunkempfänger in großen Stückzahlen auf den Markt brachte.

Es begann mit den Geradeempfängern der 20er Jahre; sie wurden zuerst mit Kopfhörern, später mit externen Lautsprechern betrieben. Der Übergang von Batteriespeisung zum Netzanschluss erfolgte Ende der 20er Jahre. In den 30er Jahren setzte sich bei den höherwertigen Geräten der Überlagerungsempfänger durch; im Billigsegment dominierten weiter die Einkreiser (z.B. der Volksempfänger). Alle Geräte besaßen jetzt eingebaute Lautsprecher. In der Nachkriegszeit hatten sich bereits ab Anfang der 60er Jahre Überlagerungsempfänger mit UKW-FM-Technik durchgesetzt. Elektroakustisch hochwertigere Geräte bereiteten die Einführung des stereofonen Rundfunks 1963 vor. Transistoren lösten die Elektronenröhren ca. ab 1957 zunächst in tragbaren Geräten ab.

Exponate

Arcolette

Werbetafel für das Radio- und Fernsehtechnikerhandwerk

Arcolette 3

Telefunken 40W spez.

Telefunken 33W

Nora W2

Telefunken Bayreuth 653 GLK

Radiogeräte-Prospekt 1934/35

VE 301

Aachen Super D 52

AM-Geradeempfänger DKE

Baby

Braun 4648W

Werbeprospekt „Zukunftssicher durch UKW“

Graetz 153 W

Kleinsuper SK 2

Pinguin U56

Funkschau Nr. 16

Radio+Fernseh-Magazin Nr. 10

Grundig 4085

Super A 60

Transita

Steuergerät R205

Hitachi TH-621

...

Rechnertechnik

Seit seiner Gründung im Jahr 1950 werden am Institut für Nachrichtentechnik Rechenmaschinen genutzt. Anhand des Analogrechners konnten in den 1950er und 1960er Jahren Schaltungen mit geringem Aufwand simuliert werden. 15 Jahre lang tat der erste große Laborrechner PDP11/40 seinen Dienst. 1973 war er mit 32 KB Magnetkernspeicher und 2,5 MB Festplattenspeicher ausgestattet. Der Rechner wurde immer wieder erweitert, so dass er schließlich über 128 KB RAM und 160 MB Festplattenspeicher verfügte.

Als erster Vorlesungsrechner diente der 1978 angeschaffte Commodore PET. Bereits fünf Jahre später wurde der Laborrechner VAX-11/750 installiert, der 1 MB RAM besaß, was im Laufe der Zeit auf die Maximalausstattung von 8 MB ausgebaut wurde. Die Grenze beim Festplattenspeicher lag bei 512 MB. Nach der Anschaffung des ersten IBM-kompatiblen PCs 1986 wurden immer mehr Büros damit ausgestattet.

Durch den Anschluss an das Hochschulnetz 1990 konnten in der Folgezeit auch E-Mails verschickt und das Internet genutzt werden. Im Jahr 2000 stellten die hauseigenen Server 40 GB Datenspeicher zur Verfügung.

vgl. Institut für Elektrische Nachrichtentechnik (Hrsg.): 50 Jahre Institut für Elektrische Nachrichtentechnik: 1950–2000. Aachen 2000.

Vitrine 21: Historische Rechner am IENT



Vitrine 21: Historische Rechner am IENT

Raum: Treppenhaus (3. OG)

Die Vitrine zeigt einige Rechengерäte, die am Institut benutzt wurden.

Jahrhundertlang hielten sich analoge mechanische Rechenhilfen, die dem Menschen große Dienste leisteten. Der Rechenschieber war bis Anfang der 1970er Jahre das „Symbol des Ingenieurs“. Für genauere Berechnungen – wie Filterentwurf – wurde ab Ende der 1950er Jahre ein elektromechanischer Rechner (Monroe) mit vielstelliger Produktsammenbildung benutzt. Bis in die 1960er Jahre war die Analogrechnertechnik aktuell, wie man an dem Programmierbrett und den zwei Operationsverstärkern eines PACE-Rechners erkennen kann.

Die 1970er Jahre hielten viele Neuerungen bereit: Zunächst kam der erste programmierbare Kleinrechner, wie der Tischrechner Cintra, auf den Markt. Außerdem wurden Minicomputer, wie bspw. der 1959 veröffentlichte PDP-1, nun in Taschenrechnern, wie dem Texas Instruments SR 52, eingebaut. Zusätzlich wurden in den 70er Jahren Mikroprozessoren stetigen Weiterentwicklungen unterzogen: Im Abstand von zwei Jahren vergrößerte sich die Anzahl der Transistoren und verringerte sich die Gatterverzögerung kontinuierlich.

1984 kam der kleine und tragbare Apple IIc auf den Markt. Durch seine CMOS-Technologie war er zudem vergleichsweise energieeffizient. Außerdem konnte seit 1983 erstmals via anschließbarem Monitor kommuniziert werden.

Der erste Minicomputer am Institut war der Commodore PET mit fester BASIC-Programmierung. Es folgten der PDP 11/40 und der VAX 750, der bis 1994 in Betrieb war.

Exponate

Rechenschieber mit Exponential- und Winkelfunktionen

Monro-Matic

Analogrechner PACE

Vierspeziesrechner Divisumma 24

Polyoperator

Cintra Scientist 909 mit Programmier 926

Texas Instruments SR 52

Minicomputer PDP 11/40

Mikroprozessor 8080

ZX81

Commodore PET 2001

Apple IIc

Minicomputer VAX 11/750

Messtechnik

Hier werden verschiedene umschaltbare Widerstände, Brückenschaltungen und spezielle Messgeräte für Übertragungsleitungen der alten Technik gezeigt.

Vitrine 22: Klassische Messtechnik 1

Vitrine 23: Klassische Messtechnik 2



Vitrine 22: Klassische Messtechnik 1

Raum: Treppenhaus (4. OG)

Die Vitrine zeigt verschiedene umschaltbare Widerstände, Brückenschaltungen und spezielle Messgeräte für Übertragungsleitungen der alten Technik.

Exponate

Messgerät für Neben- und Gegennebensprechdämpfung von Viererseilen

Messschaltung nach Kühle

Stöpsel-Messbrücke

Wagnersche Hilfsbrücke



Vitrine 23: Klassische Messtechnik 2

Raum: Treppenhaus (4. OG)

Die Vitrine zeigt verschiedene umschaltbare Widerstände, Brückenschaltungen und spezielle Messgeräte für Übertragungsleitungen der alten Technik.

Exponate

Stöpselwiderstand 0,1–1000 Ohm

Kurbelwiderstand $11 \times 1 \text{ k}\Omega$

Schiebewiderstand

Manganin-Schiebewiderstand

Stöpselwiderstand

Veränderbarer

Manganin-Spannungsteiler

