

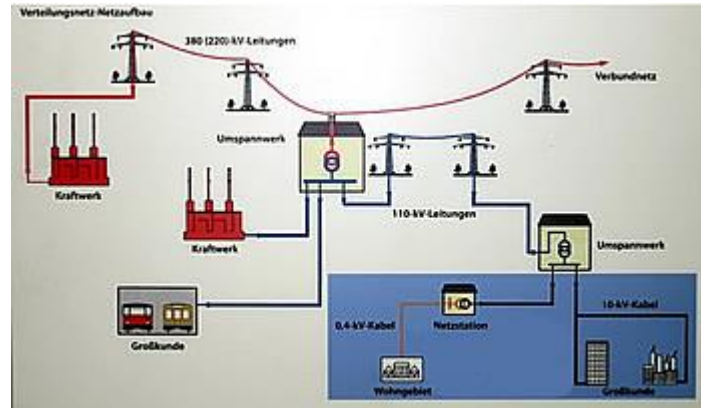
MESS- UND RECHENTECHNIK

Was ist Messtechnik?

In der Messtechnik wird eine physikalische Größe mit Hilfe geeigneter Instrumente oder Einrichtungen erfasst, dargestellt und ggfs. mit einer definierten Einheit verglichen. Die große Bedeutung der elektrischen Messtechnik beruht darauf, dass man praktisch alle physikalischen Größen schnell und genau messen, registrieren und fernübertragen kann.

Die Entwicklung der Messtechnik

Das Messen geschah im Laufe der Zeit - je nach Entwicklungsstand - auf recht unterschiedliche Weise. Von den ersten Beobachtungen elektrostatischer und magnetischer Vorgänge durch die alten Griechen, ca. 600 vor Chr., dauerte es noch etwa 1000 Jahre bis der Kompass als erstes Messgerät von chinesischen und arabischen Seefahrern genutzt wurde.



Aufbau eines Elektroenergie-Versorgungssystems

Die großen Entdecker Volta, Ohm, Faraday, Wheatstone und Ferraris, um nur einige zu nennen, legten die Grundlagen für die klassische elektrische Messtechnik etwa bis zum Jahr 1880.

Die Zeit bis ca. 1970 war hauptsächlich durch konstruktive Verbesserungen, neue Materialien und höhere Genauigkeit der Messgeräte geprägt. Als neue Entwicklungen kamen Elektronenmikroskope, Messverstärker, Analog-Digital-Wandler und digitale Messgeräte hinzu. Schließlich veränderte die rechnergestützte, digitale Datenerfassung die Messtechnik grundlegend.

Geräte anderer Messtechniken werden in den entsprechenden Fachbereichen gezeigt.

Messtechnik im Energie-Museum Berlin

Viele Exponate des Energie-Museums Berlin sind eng mit der Geschichte der Bewag, dem langjährigen ehemaligen Energieversorger Berlins, verknüpft. Gegründet im Jahre 1884 als „Städtische Elektrizitätswerke“ markiert sie den Beginn der öffentlichen Elektrizitätsversorgung in Deutschland. Die meisten Ausstellungsstücke stammen aus den Betriebsstellen der Kraftwerke, der Netze und der Fernwärme.



Blick in einen der Ausstellungsräume

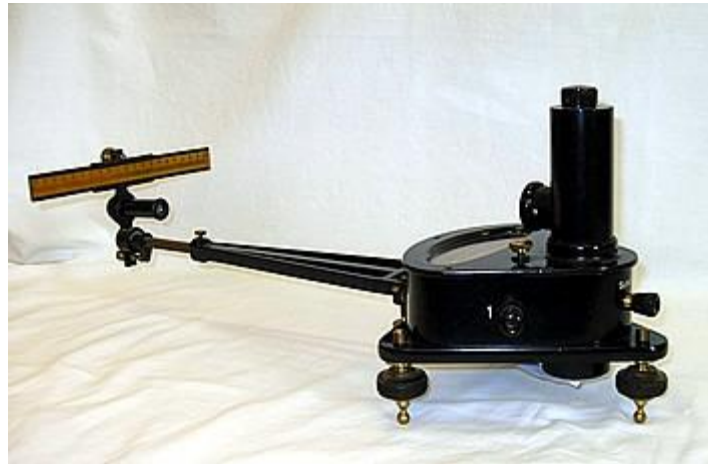
Auf einer Ausstellungsfläche von ca. 130 m² werden etwa 400 Messgeräte und Prüfeinrichtungen gezeigt, die sowohl die Entwicklung der elektrischen Messtechnik als auch die Vielfalt ihrer Anwendungsgebiete widerspiegeln.

Strom- und Spannungsmessung

In diesem Bereich gibt es aufgrund der vielfältigen Verwendung von Labor-, Betriebs- und Schalttafelinstrumenten eine große Auswahl von Exponaten. Gezeigt werden Instrumente, die über einen Zeitraum von über 100 Jahren produziert und mit unterschiedlichsten Messbereichen eingesetzt wurden.

Für den betrieblichen Prüf- und Reparatursatz sind die Vielfach- und Mehrbereichs-Instrumente mit den Klassikern „Multavi“ und „Multizet“ ebenso vertreten wie Präzisionsinstrumente für Labor und Forschung.

Eine Besonderheit ist das Lichtzeiger-Galvanometer mit zusätzlichem mechanischen Zeiger von der Firma Felten & Guillaume Carlswerk AG, hergestellt um 1900. Es ist eines der wenigen noch komplett existierenden Exemplare.



Lichtzeiger-Galvanometer von F&G Carlswerk AG (ca. 1900)



Spiegel-Leistungsmessgerät aus dem Jahre 1898

Leistung- und Leistungsfaktormessgeräte

Aus 100 Jahren Messgerätebau wurden Exponate für die unterschiedlichsten Einsatzbereiche zusammengetragen. Ein Beispiel hierfür ist das Präzisions-Leistungsmessgerät, das 1898 von der Berliner Firma Union Electricitäts - Gesellschaft hergestellt und für einen Messbereich von 150 Watt ausgelegt wurde. Es wurde in New York von der dortigen General Electric Co. kalibriert und zertifiziert.

Messbrücken

Anfangs wurden Brückenschaltungen (Kompensatoren) zur Ermittlung ohmscher Widerstände aus Einzelbauteilen, wie Stöpselrheostaten, Schaltern und Galvanometern, aufgebaut. Später wurden die von Wheatstone und Thomson entwickelten Messbrücken in kompakte Gehäuse eingebaut. Die einzelnen Entwicklungsstufen werden im Museum gezeigt.

Ausgestellt werden unterschiedliche Schering-Brücken zur Verlustfaktormessung. Solche Geräte wurden in der Kabeltechnik und in elektrotechnischen Laboratorien benutzt. Das folgende Bild zeigt eine Hochspannung-Scheringbrücke, deren Bauelemente sich auf Hochspannungspotenzial befinden und mittels Isolierstangen von der Bedienseite (im Bild rechts) eingestellt werden können.



Hochspannungs-Scheringbrücke

Umfangreiches Zubehör, wie Wandler, Shunts, Normalwiderstände, Stöpsel- und Schiebewiderstände, Messgeneratoren, Stroboskope, Messverstärker und mehr aus vielen Epochen der Elektrotechnik ergänzt die ausgestellten Messgeräte.

Oszillografen und Oszilloskope

Zur Aufzeichnung zeitlich veränderlicher Größen, zum Beispiel dem Erfassen von Überspannungen bei Schaltvorgängen, wurden Schleifenzillografen eingesetzt. Kathodenstrahl-Oszilloskope haben diese Technik abgelöst, wurden später aber durch rechnergestützte Messeinrichtungen ersetzt. Geräte unterschiedlicher Epochen werden gezeigt.

Registrierende Messgeräte

Registrierende Spannungs-, Strom- und Leistungsmesser finden in elektrischen Anlagen breite Anwendung. Die gebräuchlichsten Aufzeichnungsmedien, wie Papier, Metallfolien und Fotopapier sind ebenfalls ausgestellt.

Weitere Messgeräte und Prüfeinrichtungen aus den unterschiedlichsten Bereichen von Erzeugung, Verteilung und Verbrauch elektrischer Energie werden ausgestellt und beschrieben.

ZÄHLERTECHNIK

Was sind Zähler?

Elektrizitätszähler, kurz Zähler genannt, dienen der Messung der elektrischen Energie, die aus einem elektrischen Netz an ein anderes Netz abgegeben wurde, z.B. den Verbrauch einer Kundenanlage. Da der maximale Leistungsbedarf der Verbraucher sehr unterschiedlich ist, gibt es unterschiedliche Zähler für die verschiedenen Anwendungsfälle. Die Bandbreite des Energieverbrauchs reicht von etwa einer kWh/Tag bis zu mehreren hundert MWh/Tag. Deshalb werden z.B. kleine Haushaltsanlagen nur mit einphasigem Wechselstrom versorgt; dort werden Wechselstromzähler eingesetzt. Bei größerem Leistungsbedarf (Gewerbe, Industrie) erfolgt die Versorgung mit Drehstrom (dreiphasigem Wechselstrom), und für solche Anlagen gibt es entsprechende Drehstromzähler.



Blick in die Zähler-Ausstellung

Da die Zähler nur für begrenzte Spannungs- und Strombereiche gebaut werden können, müssen bei sehr großem Leistungsbedarf oder bei Hochspannungs-Versorgung (≥ 1 kV) Messwandlerzähler eingesetzt werden. Die Messwandler setzen den Strom und/oder die Spannung auf Werte herab, die vom Zähler verarbeitet werden können. An die Genauigkeit und Linearität der Messwandler werden dabei dieselben hohen Anforderungen gestellt wie an die Zähler selbst, um die geforderte Messgenauigkeit zu erreichen.

Zur Messung der Energiemenge treten häufig Sonderfunktionen hinzu. Zähler können z.B. mit Einrichtungen versehen werden, die eine Fernablesung des Zählerstandes ermöglichen, oder sie werden mit einem zweiten Zählwerk ausgestattet und erlauben dann die Ermittlung der Energiemengen getrennt nach Hoch- und Niedertarifzeit.

Wenn die Zählwerte im geschäftlichen Verkehr zur Abrechnung benutzt werden, müssen die Zähler amtlich geeicht werden (Eichpflicht). Die Einhaltung der gesetzlich geforderten „Verkehrsfehlergrenzen“ muss über viele Jahre gewährleistet werden: Die Eichgültigkeitsdauer beträgt für elektronische Zähler 8 Jahre, für elektromechanische Messwandlerzähler 12 Jahre und für elektromechanische Zähler 16 Jahre. Sie kann durch Stichprobenprüfungen verlängert werden. Zuständige Eichbehörde ist die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), die jedoch Prüfstellen der Hersteller, der Stromversorgungsunternehmen und spezialisierter Messstellenbetreiber autorisieren kann.

Die Bedeutung der Zähler veranschaulicht eine Zahl: In Deutschland werden jährlich über 70 Milliarden Euro über Elektrizitätszähler abgerechnet.

Die Entwicklung der Zählertechnik

- 1881 entwickelten **Edison** und **Kenelly** ein neuartiges Messgerät, einen Elektrolytzähler
- 1884 baute **Hermann Aron** den ersten brauchbaren Pendelzähler
- 1886 wurde von **Werner von Siemens** der erste Magnetmotorzähler entwickelt
- 1887 entwickelte **Georg Hummel** einen Gleichstrom-Motorzähler
- 1888 baute **Galileo Ferraris** einen Wechselstromzähler. Zähler dieses Typs sind bis heute millionenfach eingesetzt
- 1899 stellte **Siemens & Halske** in Berlin den ersten Drehstromzähler her

Seitdem wurden die Ferraris-Zähler weiter entwickelt in Richtung Genauigkeit und Langzeit-Zuverlässigkeit. Nach einer nunmehr über 100 Jahre währenden Entwicklung sind mit vertretbarem Kostenaufwand keine Verbesserungen mehr zu erreichen.

Mit der Einführung der elektronischen Schaltungen in allen Bereichen der Technik werden, etwa seit 1970, auch elektronische Zähler angeboten. Diese waren zunächst sehr teuer und kamen deshalb nur bei speziellen Anwendungen zum Einsatz, z.B. an Messstellen, an denen der elektrische Energiefluss unterschiedliche Richtungen haben kann (Bezug – Abgabe).

Inzwischen sind elektronische Zähler nur noch unwesentlich teurer als die elektromechanischen Geräte. Sie sind aber in der Lage, zusätzliche Verbrauchsdaten zu liefern. Es wird erwartet, dass sich beim flächendeckenden Einsatz solcher Geräte das Verbraucherverhalten im positiven Sinne verändert, z.B. durch Verlagerung des Verbrauchs in lastschwache Zeiten. Deshalb müssen in der Bundesrepublik Deutschland seit dem 1. Januar 2010 bei Neubauten oder großen Sanierungen im Altbaubestand elektronische Zähler eingebaut werden. Bisher ist allerdings weder eine einheitliche Aufgabenbeschreibung für diese jetzt „intelligente Zähler“ oder "Smart Meter" genannten Geräte bekannt, noch eine Datenschnittstelle standardisiert.

Zählertechnik im Energie-Museum Berlin

Im Energie-Museum findet man Gleichstromzähler, Wechselstromzähler, Drehstromzähler, Messwandlerzähler, Doppeltarifzähler, Elektronische Zähler, Münzzähler, Fernzählgeräte, Drucker, Schaltuhren und Zusatzgeräte. Darüber hinaus zeigt das Museum einen funktionsfähigen Zählerprüfplatz, der bis in die 1960er Jahre zur Eichung von Zählern benutzt wurde.



Gleichstromzähler - Motorzähler



Drehstromzähler (1969)



Wechselstromzähler - Ferrariszähler (ca. 1980)

UHREN

Was sind Uhren?

Uhren sind Zeitmessgeräte. Sie dienen der Anzeige eines Zeitpunkts oder der Messung einer bestimmten Zeitdauer. Sonnenuhren waren die ersten gebräuchlichen Uhren. Die Zeitdifferenz zwischen zwei aufeinander folgenden Höchstständen der Sonne wurde Tag genannt und willkürlich in 24 Stunden eingeteilt.

Ursprünglich konnten nur analoge Techniken zur Zeitmessung genutzt werden – die vermeintliche Bewegung der Sonne um die Erde oder das Ausfließen von Sand oder Wasser durch einen gegebenen Querschnitt. Auch Kerzen- und Öllampen-Uhren waren bekannt, bei denen der messbare Verbrauch des Brennstoffs ein Maß für die Zeit gab.

Anfang des 14. Jahrhunderts wurde die mechanische Hemmung erfunden, eine Vorrichtung, mit der der kontinuierliche Ablauf eines Zahnradgetriebes in diskrete, gleiche Zeitschritte aufgeteilt werden konnte. Damit konnten Räderuhren gebaut werden, die, wie alle später gebauten mechanischen Uhren, aus den Hauptkomponenten Energiespeicher, Räderwerk, Taktgeber und Zeitanzeige bestanden.

Die Entwicklung der Uhren

Nach der Erfindung der mechanischen Hemmung um 1300 setzte eine stürmische Entwicklung der Räderuhren ein. Sie wurden zuerst vorzugsweise auf Türmen aufgestellt, um die Zeitanzeige weithin sichtbar zu machen. Bald wurden Schlagwerke ergänzt, um die Zeit durch Schlag auf eine Glocke auch denen mitzuteilen, die das Zifferblatt nicht sehen konnten.

Als Gangregler wurde zunächst das Foliot eingesetzt, eine Art Drehpendel. Die noch unzureichende Ganggenauigkeit machte es erforderlich, die Uhr täglich nach dem Sonnenstand zu stellen. Die Weiterentwicklung führte zu kleineren Uhrwerken mit größerer Genauigkeit. Im frühen 15. Jahrhundert wurde die Feder als Energiespeicher eingeführt und löste den Gewichtsantrieb ab. Dadurch wurden die Uhren Standort-unabhängig, d.h. sie mussten nicht mehr auf Türmen installiert werden.

1504 gelang es Peter Henlein, eine Uhr mit Federantrieb auf Taschenformat zu verkleinern. Immer neue Hemmungsarten wurden erfunden. Die entscheidende Verbesserung aber war das Pendel. Galileo Galilei hatte 1583 die Pendelgesetze entdeckt. Die praktische Anwendung gelang 1656 Christiaan Huygens, der den Isochronismus entdeckt hatte, die Tatsache, dass die Schwingungsdauer eines Pendels (Periodendauer) unabhängig von der Schwingungsweite (Amplitude) ist. Er liess Salomon Coster eine Pendeluhr bauen, die zum Vorbild für viele Entwicklungen der Folgezeit wurde, weil man nun eine Gangabweichung von wenigen Sekunden pro Tag erreichen konnte. Nun wurde erstmals auch der Minutenzeiger eingeführt. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts entwickelten dann Riefler und Strasser & Rhode Präzisionspendeluhren, die hauptsächlich für astronomische Beobachtungen eingesetzt wurden.

Die Entwicklung der Elektrotechnik machte auch vor dem Uhrenbau nicht halt. Zunächst wurde der Handaufzug der Uhren durch einen Elektromotor abgelöst. Bald wurde aber auch erfolgreich versucht, eine elektromagnetische Gangregelung der Uhren einzuführen.

Die schnelle Ausbreitung der Eisenbahn verlangte nach einer zentralen einheitlichen Zeitangabe. Die konnte durch Uhrenanlagen realisiert werden, bei denen eine Hauptuhr eine Vielzahl von Nebenuhren durch Übermittlung eines elektrischen Impulses steuerte. Auf diese Weise wurde die vormals übliche „Ortszeit“ durch eine regional einheitliche Zeitangabe ersetzt.

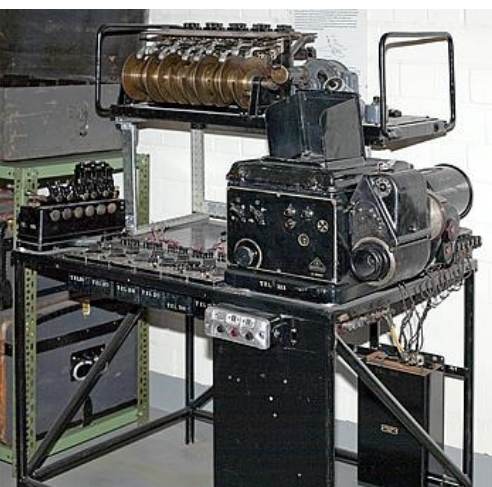
Mit dem Aufbau der Wechselstromnetze in der öffentlichen Versorgung verbreiteten sich auch die Synchronuhren. Diese werden von einem Synchronmotor angetrieben; das „Zeitnormal“ ist die Netzfrequenz, die in Europa bekanntlich mit hoher Genauigkeit auf 50 Hertz geregelt wird. Synchronmotoren können sehr kostengünstig hergestellt werden, und da solche Uhren im Betrieb niemals nachgestellt werden mussten, wurden sie in den meisten öffentlichen Uhren eingesetzt.

Im Zuge der Entwicklung der Funktechnik wurden seit den 1920er Jahren Schwingquarze als Frequenznormale benutzt. Durch verbesserte Messtechnik gelang es in den 1960er Jahren, miniaturisierte, weitgehend temperaturunabhängige Schwingquarze mit hoher Genauigkeit herzustellen. Das führte zur Entwicklung billiger Armbanduhren, aber auch in Uhrenanlagen wurden bald Quarzwerke eingesetzt.

Der nächste Entwicklungsschritt bescherte uns die Funkuhren. Auch hier handelt es sich um ein Quarzwerk hoher Genauigkeit, das aber in bestimmten Zeitabständen, z.B. sechsmal pro Tag, durch ein Funksignal synchronisiert wird. Das Funksignal stammt von dem Langwellensender DCF 77, der von Mainflingen bei Aschaffenburg aus die amtliche Zeit verbreitet. Das dazu erforderliche Zeitsignal wird von einer Cäsium-Atomuhr der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig zur Verfügung gestellt. Cäsium-Atomuhren sind das genaueste Zeitnormal, das heute zur Verfügung steht: Die Ungenauigkeit liegt bei 10^{-15} , das bedeutet eine Zeitabweichung von einer Sekunde in 20 Millionen Jahren!

Die Entwicklung der Uhren

Im Energie-Museum liegt der Fokus natürlich auf Uhren, die im Rahmen der Energieversorgung benutzt wurden, also auf Uhren und Uhrenanlagen aus den letzten ca. 120 Jahren. Genau gehende Uhren waren wichtig, um die Güte der Frequenzregelung zu überwachen, um mit Kunden sekundengenau abrechnen zu können, um die Arbeitszeit der Mitarbeiter zu erfassen, um die Gleichzeitigkeit bestimmter Maßnahmen beim Netzbetrieb zu gewährleisten, etc.



Schleifenoszillograph

Für die Messung kurzer Vorgänge im Millisekundenbereich, z.B. Ausschaltzeiten des Anlagenschutzes, Schaltzeiten von Schaltgeräten, etc. sind spezielle Zeitmesseinrichtungen erforderlich. Das Energie-Museum hat Beispiele für alle diese Anwendungen.



Arbeitszeit-Erfassungsgerät

RECHENHILFSMITTEL

Was sind Rechenhilfsmittel

Unter Rechenhilfsmitteln verstehen wir Gegenstände und Vorrichtungen, die Menschen das Rechnen erleichtern oder abnehmen. Im Energie-Museum ist der Fokus auf Rechenhilfsmittel gerichtet, die zur schnellen Lösung technischer und wirtschaftlicher Probleme benutzt wurden.

Die Entwicklung der Rechenhilfsmittel

Die Entwicklung beginnt mit Hilfsmitteln zum Abzählen. Dazu wurden – neben den Fingern – schon in prähistorischer Zeit z.B. Kerbhölzer benutzt. Das älteste wirkliche Rechen-Hilfsmittel ist wohl der Abakus, der seit etwa 1100 v. Chr. bekannt ist. Das Rechenbrett, das im Mittelalter in Europa weite Verbreitung fand und von Adam Ries („Rechnen auf den Linien“) propagiert wurde, ist eine Ausführungsart des Abakus.

1617 publizierte John Napier (Neper) die Anwendung der nach ihm benannten Neperschen Stäbchen. Sie waren die Basis der 1623 von Wilhelm Schickard entwickelten Rechenmaschine, mit der – wie mit den Neperschen Stäbchen – alle vier Grundrechenarten ausgeführt werden konnten.

Nach dem Bekanntwerden der ebenfalls von John Napier 1614 – unabhängig von Joost Bürgi - publizierten Logarithmenrechnung gab Edmund Gunter ein Verfahren zur schnellen Ausführung nautischer Berechnungen an: Gunters Scale bestand aus einem Buchsbaumlineal mit logarithmischen Skalen. Zur Addition bzw. Subtraktion von Strecken dieser Skalen wurde ein Stechzirkel benutzt. 1624 beschrieb William Oughtred eine Vereinfachung: Er benutzte statt des Stechzirkels zwei gegeneinander verschiebbare Lineale – der Rechenschieber war erfunden. Daneben verbreiteten sich Logarithmentafeln, die immer dort eingesetzt wurden, wo hohe Genauigkeitsansprüche an die Rechenergebnisse gestellt wurden.

Die Entwicklung der Rechenmaschinen hingegen kam nicht recht voran. Nach Schickard gab 1641 Blaise Pascal eine Maschine für Addition und Subtraktion an. 1673 erfand Gottfried Wilhelm Leibniz die Staffelwalze, aber erst ab 1818 begann Charles Xavier Thomas in Colmar mit der Serienproduktion seines „Arithmometre“ nach dem Vorbild der Leibnizschen Maschine. In der Folge entstanden in Europa viele Unternehmen, die mechanische Rechenmaschinen mit unterschiedlichen Funktionsprinzipien herstellten.

Eine verbreitete Anwendung der Rechenschieber blieb zunächst auf England und Frankreich beschränkt. Erst 1880 wurde in Deutschland mit ihrer industriellen Produktion begonnen.

1890 entwickelte Hermann Hollerith eine Lochkartengesteuerte Zählmaschine für die 11. Volkszählung in den Vereinigten Staaten. 1941 baute Konrad Zuse in Berlin den ersten funktionsfähigen programmgesteuerten Rechenautomaten. Nach dem 2. Weltkrieg setzte dann eine stürmische Entwicklung der Universalrechner ein – zunächst mit Elektronenröhren, dann mit Transistoren, und dann mit integrierten Schaltungen mit immer höherem Integrationsgrad.

Etwa ab 1970 erlaubte die Integration einer immer größeren Zahl von Halbleiterelementen den Bau von Taschenrechnern mit beliebigen Funktionen. Damit war das Ende der Rechenschieber besiegelt – interessanterweise bezeichnete die Firma Texas Instruments ihre Taschenrechner als SR**, dabei bedeutet SR: slide rule = Rechenschieber.

Die hohe Integration und die dadurch sinkenden Kosten erlaubten dann auch, kleine dezentral einsetzbare Universalrechner, so genannte Personal Computer (PC) auf den Markt zu bringen. Inzwischen ist deren Funktion als Rechenhilfsmittel vielfach in den Hintergrund getreten, weil die Geräte immer neue Anwendungen in der Büroorganisation, im Multimedia-Bereich und im Bereich der Kommunikation erschließen.

Das Energie-Museum besitzt eine Vielzahl der erwähnten Rechenhilfsmittel. Eine kleine Auswahl ist im Rahmen der messtechnischen Sammlung ausgestellt.

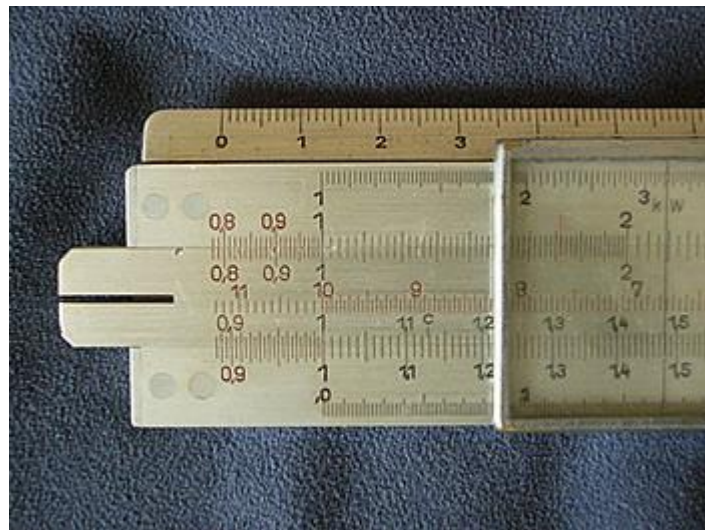
Rechenhilfsmittel im Energie-Museum Berlin

Rechenschieber (Rechenstäbe, -scheiben und -walzen)

In der Anfangszeit der elektrischen Energieversorgung wurden Anlagen und Komponenten meist nach empirisch gewonnenen Informationen bemessen und ausgelegt. Dabei wurden naturgemäß große Sicherheitsfaktoren einkalkuliert, was häufig unnötig hohe Kosten verursachte.

Abhilfe konnte nur durch Berechnung geschaffen werden. Dazu standen den Ingenieuren zunächst nur Logarithmentafeln und Rechenschieber, ggfs. auch mechanische Rechenmaschinen für die Grundrechenarten, zur Verfügung. Rechenschieber waren seit 1624 bekannt, hatten aber zunächst nur in England und Frankreich eine nennenswerte Verbreitung gefunden. Ein Beispiel dafür sind die Soho-Sliderules, die James Watt in großer Zahl für seine Mitarbeiter herstellen ließ.

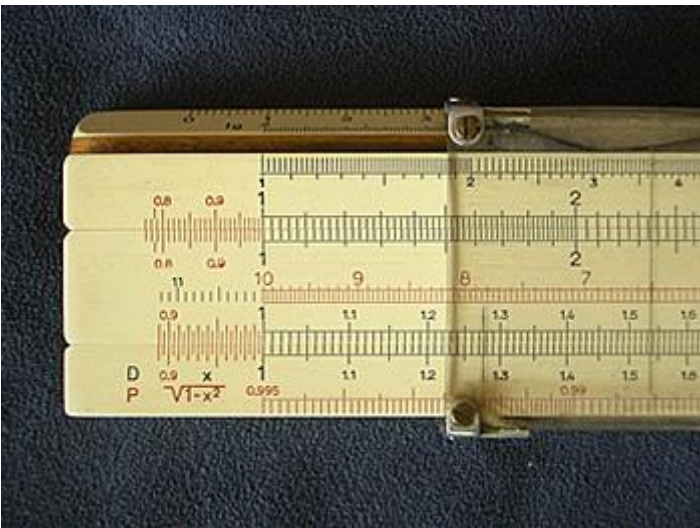
In Deutschland begann eine eigenständige Produktion erst etwa 1882. Zunächst wurden überwiegend Rechenstäbe „System Mannheim“ hergestellt. Dabei handelt es sich um eine einfache Skalierung mit je einer x - und x^2 -Skala auf Körper und Zunge, die von dem französischen Artillerieoffizier und späterem Mathematik-Professor Amedée Mannheim angegeben wurde.



REISS System Rietz linke Seite

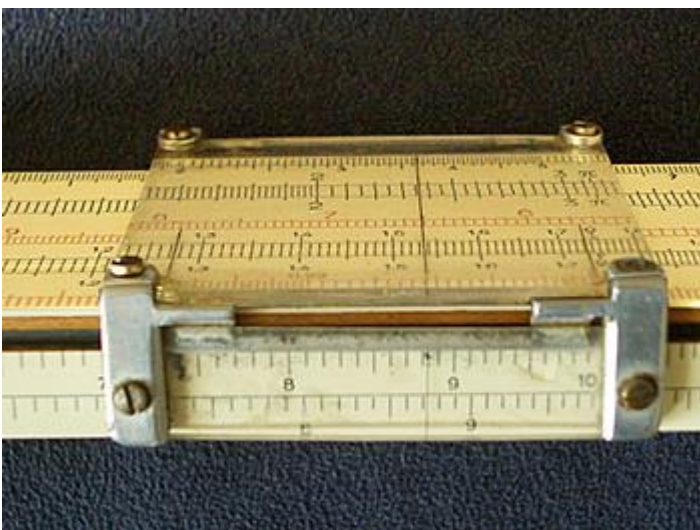
Der Erfurter Ingenieur Max Rietz gab 1902 die nach ihm benannte Skalierung an, die eine universelle Verwendung des Rechenschiebers ermöglichte und weltweite Verbreitung fand. Er ergänzte die Mannheim-Skalierung um eine x^3 -Skala und eine Mantissenskala und fügte auf der Rückseite der Zunge Skalen für Sinus und Tangens und für kleine Winkel hinzu. Später wurde auf der Vorderseite der Zunge meist noch die Inversskala $1/x$ ergänzt.

Daneben wurde von den Elektropraktikern die „Elektro“-Skalierung geschätzt – die verkauften Stückzahlen standen denen des Typs Rietz kaum nach. Dabei wurde das System Rietz durch Skalen für den Wirkungsgrad elektrischer Maschinen und für die Spannungsfall-Berechnung auf Leitungen ergänzt. Diese Skalen wurden aus Platzmangel üblicherweise auf dem Boden des Stabkörpers unter der Zunge angeordnet. Stäbe mit Elektro-Skalierung wurden, wie das System Rietz, von fast allen Rechenschieber-Herstellern weltweit produziert.



Faber-Castell System Darmstadt linke Seite

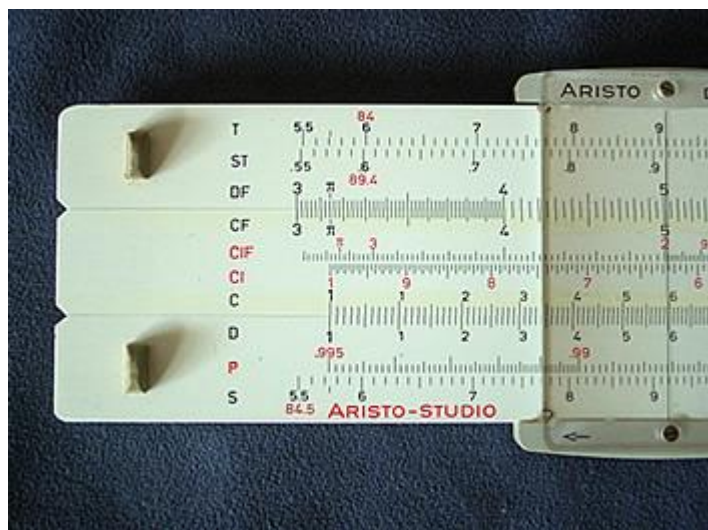
Ein wichtiger Entwicklungsschritt war die 1934 von Prof. Alwin Walther an der TH Darmstadt entwickelte „Darmstadt“-Skalierung. Walther ergänzte den Rietz-Stab um eine pythagoreische Skala $[\sqrt{1-x^2}]$, verlegte die Winkelfunktionsskalen auf die Stabvorderseite und nutzte die Zungenrückseite zur Ergänzung von drei loglog-Skalen $[e^x]$. Damit war eine universell nutzbare Skalenanordnung geschaffen, die ebenso wie die zuvor genannten weltweit von nahezu allen Rechenschieber-Herstellern übernommen wurde.



Faber-Castell System Darmstadt Läuferdetail

Nach dem zweiten Weltkrieg setzte sich in Europa der in den U.S.A. schon seit der Jahrhundertwende übliche Duplexstab durch, bei dem durch die Nutzung beider Stabseiten viel mehr und z.T. ganz spezielle Skalen aufgebracht werden konnten. Das wohl bekannteste Beispiel für diese Duplex-Rechenstäbe ist der Aristo „Studio“.

Logarithmische Rechenschieber haben einen großen Nachteil: Man kann mit ihnen weder addieren noch subtrahieren. Die Firma Faber-Castell versuchte diesen Mangel zu beheben, indem auf den Rückseiten der Stäbe ein Addiator, ein Gerät zur mechanischen Addition und Subtraktion, montiert wurde. Hybride kennzeichnen auch das Ende der Rechenstab-Entwicklung: In den 1970er Jahre entwickelte Faber-Castell Rechenstäbe, die rückseitig einen elektronischen Vier-Spezies-Taschenrechner trugen.

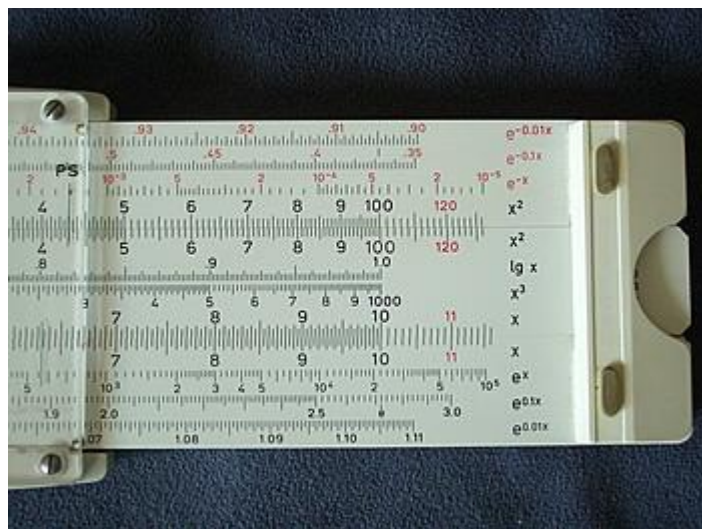


Aristo Studio Vorderseite links

Mit dem Erscheinen immer leistungsfähigerer elektronischer Taschenrechner Mitte der 1970er Jahre war dann die Ära der Rechenschieber beendet.

Rechenmaschinen

In den Anfängen der Entwicklung waren Rechenmaschinen Einzelstücke – von „Instrumentenmachern“ kunstvoll gestaltete Geräte, Geschenke für Fürsten und Könige. Mit dem Beginn der Industrialisierung wuchs der Bedarf an zuverlässigen komfortablen Rechenhilfsmitteln in Industrie, Verwaltung und Versicherungswesen. 1818 begann die erste Serienproduktion einer Staffelwalzen-Maschine nach dem schon 1673 von Leibniz angegebenen Prinzip durch Charles Xavier Thomas in Colmar; ca. 1.500 dieser „Arithmometre“ genannten Maschinen wurden verkauft.



Aristo Studio Rückseite rechts

Mit der Erfindung des Sprossenrades durch den in St. Petersburg lebenden Schweden Willgodt T. Odhner (1874) und gleichzeitig in den USA durch Frank S. Baldwin konnten Rechenmaschinen für die vier Grundrechenarten kleiner, leichter und billiger hergestellt werden. Damit wurde ihre weite Verbreitung erleichtert. Ein wesentliches Element von Odhners Erfindung war der schrittweise 10er-Übertrag, durch

den eine problemlose Addition von $9999999 + 1$ ermöglicht wurde. 1892 gab Odhner Lizenzen an die Nähmaschinenfabrik Grimme, Natalis & Co. in Braunschweig, die die Maschinen unter dem Namen BRUNSVIGA verkaufte. Odhner produzierte in St. Petersburg bis 1917. Im Zuge der Oktober-Revolution wurde er enteignet und seine Fabrik von St. Petersburg nach Moskau verlagert. Die Leitung wurde Felix Dzerzhinsky (später Chef des KGB) übertragen und die Maschinen wurden nun unter der Bezeichnung FELIKS vertrieben. Odhner ging nach Göteborg und fertigte dort seine Maschinen unter der Bezeichnung ORIGINAL-ODHNER.



Original-Odhner Modell 27 Foto © C. M. Hamann

In den aufblühenden Rechenmaschinenmarkt traten weitere Mitbewerber ein, die Sprossenrad-Maschinen nach dem Odhner-Prinzip produzierten, z.B. FACIT, SCHUBERT, THALES, TRIUMPHATOR, WALTHER. Zahlreiche Verbesserungen wurden eingeführt, z.B. wurden die Umdrehungszähler mit 10er-Übertrag ausgestattet, was eine vereinfachte „abgekürzte“ Multiplikation erlaubte. Eigene Wege ging der geniale Erfinder Christel Hamann in Berlin: Sein motorisiertes Proportionalhebel-Prinzip (1910) wurde von der Büromaschinenfabrik MERCEDES erfolgreich vertrieben. Eine andere von Hamann erfundene Mechanik ist das Schaltklinken-Prinzip (1925). Rechner mit dieser Mechanik wurden unter seiner Leitung von der Deutsche Telephonwerke & Kabelindustrie (DeTeWe) hergestellt.



Hamann Manus E Foto © C. M. Hamann



Monroe LX-160 Foto © C. M. Hamann

In den USA erfand Frank S. Baldwin zusammen mit Jay R. Monroe (1912) eine weitere Rechenmechanik, die geteilte Staffelwalze. Mit ihren leichten Volltastatur-Maschinen eroberte die Fa. MONROE den Markt.

Während 4-Spezies-Maschinen z.B. in Ingenieurbüros benötigt wurden, brauchte die Buchhaltung vor allem druckende Addiermaschinen. In diesem Marktsegment war die amerikanische Fa. VICTOR sehr erfolgreich. Nach den Volltastaturen wurde später als Eingabetastatur der 10er-Block bevorzugt. Das Problem dabei war die Umsetzung von der seriellen Eingabe zur parallelen Ausgabe.

Den Höhepunkt der Entwicklung mechanischer Rechenmaschinen stellt die CURTA dar, die kleinste mechanische 4-Spezies-Rechenmaschine der Welt. Sie wurde von Kurt Herzstark im Konzentrationslager Buchenwald erdacht. Die Maschine verwendet ein modifiziertes Staffelwalzen-Prinzip. Als Spitzenprodukt der Feinmechanik ist sie heute ein sehr begehrtes Sammelobjekt.



CURTA Foto © C. M. Hamann



FACIT CM2-16 Foto © C. M. Hamann