

Vorwort

Stephan Hloucal, Erfurt

Jedes Jahr am 20. Mai wird der Welttag der Metrologie begangen, der in diesem Jahr unter dem Motto „Metrologie stärkt das Vertrauen in die Politik“ stand. Damit soll die Bedeutung des Messens und die der Wissenschaft vom Messen, der Metrologie, für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft sowie der gesamten Gesellschaft ins Bewusstsein gerufen und gestärkt werden. Zum besseren Verständnis ist es wichtig, den Blick für die geschichtliche Entwicklung der Metrologie nicht zu verlieren, was wir in dieser Ausgabe des ON.LINE-Magazins tun wollen. Thüringen ist reich an materiellen Stätten des kulturellen Welterbes. 2002 hat die UNESCO die Konvention über das immaterielle Kulturerbe verabschiedet, zu der seit 2014 auch das Morse gehört. Die Morse-Telegrafie ist eine Form der menschlichen Kommunikation, die spezielle Fertigkeiten und technisches Wissen voraussetzt und heutzutage nur von wenigen Zeitgenossen als solche wahrgenommen und gepflegt wird. Mit einem Abstecher in die Republik Armenien schauen wir weit über unseren Tellerrand hinaus und erinnern an die Herkunft von (politischen) Witzen, die einem Radiosender zugeschrieben werden. Korrektes Messen von elektrischen Größen hat in Erfurt eine lange industrielle Tradition. Zunehmende Miniaturisierung von Bauelementen und die Mikroelektronik ermöglichten die Entwicklung und Produktion handlicher batteriebetriebener Messgeräte, die beschrieben werden. Die Elektroenergieerzeugung erfolgte im Prozess der Industrialisierung nicht nur mit Wasserkraft oder Dampfturbinen, sondern auch mit Verbrennungsmotoren. Ein Fakt mit historischer Bedeutung, auf den wir besonders eingehen.



**Jede einfache Messung
kann unmöglich werden.
wenn vorher genug
Meetings stattfinden.**

Abschließend versichern wir, dass diese Ausgabe gänzlich ohne KI (Künstliche Intelligenz) erstellt wurde und wünschen Ihnen erholsame Urlaubstage. An regnerischen Tagen haben Sie sicher etwas Muße, um sich in die Lektüre dieser Ausgabe zu vertiefen. Aber auch bei Sonnenschein ist das natürlich möglich. Gern können Sie diese ON.LINE-Ausgabe an Ihre Freunde und Kollegen weitergeben. Über Ihre Kritik und Anregungen würden wir uns sehr freuen. Am besten per E-Mail: info@elektromuseum.de oder auch in Morse-Code ;-)

Bleiben Sie uns gewogen.

https://www.instagram.com/p/DZ_CHDUNfcC/

Inhalt

- Vorwort
- VDI-Aufruf
- Literaturempfehlung
- Aus aktuellem Anlass
- Historisches
- Autorenverzeichnis, Quellen, Copyrights, Impressum

„ON.LINE“

Englische Fachbegriffe sind dem Elektrotechniker/Elektroniker hieszulande durchaus geläufig. Online steht übersetzt für gekoppelt, verbunden, abrufbereit, angeschlossen. Mit „to go on line“ / „online gehen“ gehen wir ans Netz oder gehen neudeutsch online.

Wir haben mit der ON.LINE 1.2017 den modernen on.line-Weg eingeschlagen, wollen uns mit der nunmehr 19. Ausgabe ON.LINE weiter zusammenschalten, bieten eine (Leitung) Verbindung zum fachlichen Austausch an, informieren und wünschen uns Ihren Anschluss.

Wir freuen uns über Ihre Rückkopplung.

Folgen Sie uns



Das ON.LINE 19.2026 wurde erstellt mit freundlicher Unterstützung der TEAG Thüringer Energie AG, Erfurt.

Zukunft braucht Herkunft VDI sucht Preisträgerinnen und Preisträger

„Technikgeschichte erklärt, warum bestimmte technische Wege beschritten wurden, und eröffnet so auch Möglichkeitskorridore für die Technik von morgen“, so erläutert Dr. Michael Hascher (Landesamt für Denkmalpflege, Esslingen), Vorsitzender des Interdisziplinären Gremiums Technikgeschichte des VDI e.V., das Potenzial der Beschäftigung mit Technikgeschichte. Herausragende technikhistorische Arbeiten würdigt der VDI alle zwei Jahre mit dem von ihm ausgeschriebenen Conrad-Matschoß-Preis.

Der VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. lädt zum zehnten Mal zu Einreichungen für den Conrad-Matschoß-Preis für Technikgeschichte ein. Dieser ist mit insgesamt 4.000 Euro dotiert und prämiert mit je 2.000 Euro Preisgeld zwei Ausrichtungen: die populärwissenschaftliche Vermittlung von Technikgeschichte sowie die fachwissenschaftliche Erarbeitung neuer Erkenntnisse. Die Preisvergabe und Ehrung findet während der Technikgeschichtlichen Tagung 2027 des VDI statt, die am 18. und 19. Februar 2027 als gemeinsame Tagung mit dem Zentralverband des Deutschen Handwerks e.V. (ZDH) in dessen Berliner Räumlichkeiten unter dem Thema „Technische Expertise: Bildung, Praxis, Zusammenarbeit. Handwerk und Ingenieurwesen in der Geschichte“ stattfinden wird.

Mit dem Conrad-Matschoß-Preis will der VDI als größter Ingenieurverein Europas das Interesse für Technikgeschichte stärken, Beiträge zur besseren Verständlichkeit der Technikgeschichte fördern und die technikhistorische Forschung unterstützen. Der Preis zielt darauf, die historische Analyse und Darstellung von Technik, Industrie und Ingenieurwesen zu fördern, deren historische Entwicklung im Kontext von Gesellschaft, Wirtschaft, Wissenschaft und Umwelt zu verstehen und solche technikhistorischen Erkenntnisse einer breiten Öffentlichkeit zu erschließen.

Es sollen hervorragende technikgeschichtliche Arbeiten ausgezeichnet werden. Zum einen sollen populärwissenschaftliche Darstellungen einem weiten Kreis technikhistorische Fragen und ihre Relevanz näherbringen, zum anderen fachwissenschaftliche Arbeiten innovative Beiträge zur Disziplin leisten. Bewerben können sich sowohl Personen aus der Forschung und Lehre an Hochschulen, in Museen und in der Denkmalpflege als auch aus dem Journalismus und dem Ingenieurwesen. Die ausgezeichneten Arbeiten müssen den Standards der Wissenschaft und ihres Genres genügen und in der fachlichen und publizistischen Qualität überzeugen.



Die ausgezeichneten Arbeiten müssen den Standards der Wissenschaft und ihres Genres genügen und in der fachlichen und publizistischen Qualität überzeugen.

Prämiert werden Publikationen (z.B. wissenschaftliche Qualifikationsarbeiten, umfassende Dokumentationen, Fernseh- und Videoproduktionen, Hörfunkbeiträge, Audio-Features und Websites/Apps), die zwischen dem 15. September 2024 und dem Zeitpunkt der Bewerbung veröffentlicht wurden und in deutscher Sprache zugänglich sind.

Der Umfang der Arbeiten soll in der Regel 400 Seiten, bei Film- und Tonbeiträgen 90 Minuten Spieldauer nicht überschreiten. Jedem Beitrag sind beizufügen:

- eine Kurzfassung (Abstract) von maximal zwei Seiten
- ein beruflicher Lebenslauf
- eine Erklärung, dass die Arbeit von der Verfasserin/ dem Verfasser stammt
- eine Telefonnummer und eine E-Mail-Adresse, unter der wir Sie erreichen können

Schriftliche Arbeiten sind einzureichen

- in drei gedruckten Exemplaren (diese gehen mit der Einreichung ins Eigentum des VDI über)
- sowie in elektronischer Form (Übermittlung nach Absprache).

Bei prämierten Arbeiten räumen die Bewerbenden dem VDI das Recht ein, Teile der Arbeit unter Nennung der Autorinnen und Autoren öffentlich vorzustellen.

Eigenbewerbungen oder Vorschläge müssen bis zum 1. September 2026 vollständig vorliegen.

Bewerbungen und/oder Fragen sind zu richten an:

Interdisziplinäres Gremium Technikgeschichte
im VDI e.V.
c/o Dr. Christoph Sager
VDI-Platz 1
40468 Düsseldorf
Tel. 0211/6214 - 404
E-Mail: technikgeschichte@vdi.de

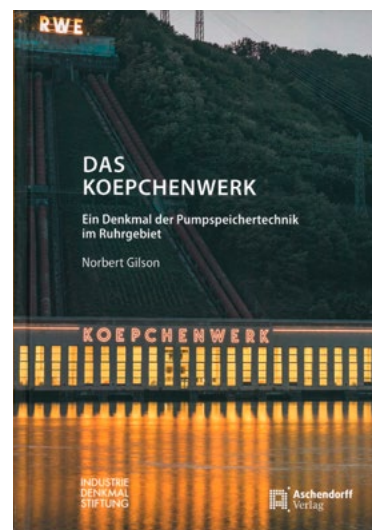
LITERATUREMPFEHLUNG

Das Koepchenwerk. Ein Denkmal der Pumpspeichertechnik im Ruhrgebiet

Dr. Peter Glatz, Erfurt

Das von dem Technikhistoriker Norbert Gilson im Jahr 2025 vorgelegte Buch ist auch für die Thüringer Stromgeschichte in mehrfacher Hinsicht interessant und anregend. Der Autor beschreibt in einem sehr großen historischen Bogen die Möglichkeiten und Probleme der Speicherung von elektrischer Energie durch die Pumpspeichertechnik, aber auch den Aufstieg der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk AG (RWE) zu einem Großversorgungsunternehmen und die betriebswirtschaftlichen Überlegungen des RWE für den Bau und den Betrieb eines Pumpspeicherwerks (PSW) und schließlich – nach Stilllegung des PSW – die Bedeutung eines Industriedenkmals für unsere heutige Zeit und für ihre Geschichtskultur.

Das nach Arthur Koepchen, dem damaligen technischen Vorstand des RWE benannte Pumpspeicherkraftwerk in Herdecke im Ruhrtal nahm im März 1930 mit einer Leistung von 132.000 kW seinen Betrieb auf. Sein Einsatz im RWE-Versorgungsnetz diente insbesondere der Versorgung des nahen Ruhrgebietes.



Etwa zur gleichen Zeit ging das sächsische PSW Niederwartha in Dresden mit einer etwas geringeren Leistung ans Netz. 1932 nahm das vom Thüringenwerk errichtete PSW an der Bleilochtalsperre mit einer Kraftwerksleistung von 40.000 kW seinen Betrieb auf.

Der Autor beschreibt sehr detailliert die Aufbauzeit, den Betrieb des PSW bis 1945 und seinen Einsatz im westdeutschen Verbundnetz. Nach dem Bau einer neuen Anlage (Pumpspeicherkraftwerk Herdecke) wurde das Koepchenwerk im Jahre 1994 endgültig stillgelegt.

2016 übernahm die Stiftung Industriedenkmalpflege und Geschichtskultur das Werk in ihr Stiftungseigentum. Heute stellt es für eine breite Öffentlichkeit ein Zeugnis für die Entwicklung der Elektrotechnik und der Elektrizitätswirtschaft im Ruhrgebiet dar. Ein umfangreiches Veranstaltungsangebot macht dieses technische Denkmal zu einem lebendigen Begegnungsort in der Region.

Das Buch ist klar gegliedert und reich illustriert. Es enthält viele Tabellen und Übersichten, die den Text gut ergänzen. Ein ausführliches Quellen- und Literaturverzeichnis regt zu weiteren Studien an.

Norbert Gilson:
Das Koepchenwerk. Ein Denkmal der Pumpspeichertechnik im Ruhrgebiet
Aschendorff Verlag Münster 2025
ISBN: 978-3-402-25207-9

AUS AKTUELLEM ANLASS

Zur Geschichte der Definition der Basiseinheit Ampere Ein Beitrag zum Inter- nationalen Tag des Messens (Weltmetrologietag)

Dr. Peter Glatz, Erfurt

Seit dem Jahr 2000 wird jährlich, jeweils am 20. Mai, der Weltmetrologietag begangen. An diesem Tag wurde im Jahr 1875, also vor über 150 Jahren, eine grundlegende internationale Vereinbarung über „Maß und Messen“, die Internationale Meterkonvention unterzeichnet. Der Weltmetrologietag wird jährlich gemeinsam vom Internationalen Büro für Maß und Gewicht (BIPM) und der Internationalen Organisation für das gesetzliche Messwesen (OIML) ausgerichtet. Er soll auf die Bedeutung des Messens und der Wissenschaft vom Messen, der Metrologie, für alle Teile der Wirtschaft, der Technik sowie der gesamten Gesellschaft hinweisen. In den USA wird dieser Tag mit der gleichen Zielsetzung unter dem Namen Weights and Measures Day begangen.

Das Motto dieses Tages für 2026 ist bzw. war: Metrologie stärkt das Vertrauen in die Politik. Hierbei geht es darum, das Messen als Grundlage für fundierte und transparente Entscheidungen in allen Lebensbereichen darzustellen, vom GPS über die Industrienormen, die moderne Medizintechnik bis zum Alltag als Verbraucher, Kunde oder Patient. So werden z.B. in der Elektrotechnik intelligente Messsysteme (Smart Meter) für die digitale Erfassung des Energieumsatzes und die entsprechende Datenübertragung in Kommunikationsnetzen zunehmend von Bedeutung.

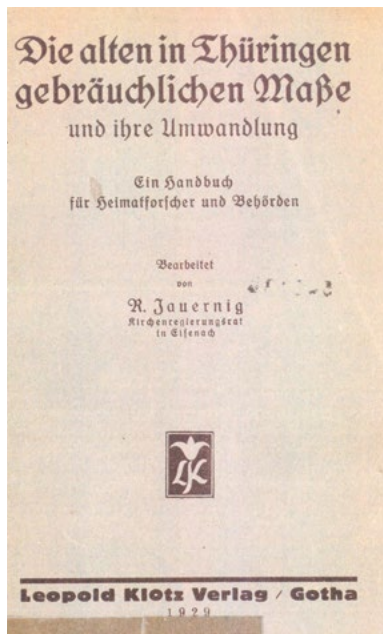


Ein grundlegender Baustein in der Geschichte der Metrologie war und ist die Definition und Darstellung von Maßeinheiten und die Konstruktion von Einheitensystemen als Bezugssysteme für alle Arten der Vermessung. Im folgenden Beitrag soll das an den Entwicklungsetappen und den vier unterschiedlichen Definitionen der Maßeinheit der elektrischen Stromstärke, des Ampere, beschrieben werden.

Die mechanischen Maßeinheiten

Historisch wurden die ersten Maßeinheiten für Größen der Mechanik festgelegt. Zunächst kamen Handwerk, Gewerbe und auch das gesamte öffentliche Leben mit den nur lokal vereinbarten mechanischen Einheiten der Länge (z. B. Fuß, Elle, Rute, Meile usw.), des Volumens (z. B. Kanne, Eimer, Schefel usw.) sowie der Masse (z. B. Mark, Pfund, Zentner usw.) aus. Auf Märkten achteten die sogenannten Marktmeister auf „gerechtes Maß und Messen“.

Diese Vielfalt an Maßeinheiten wurde für eine lange Zeit den an sie gestellten Anforderungen durchaus gerecht. Als ein Beispiel für die lokale Verwendung von Maßeinheiten in unserer Region sei hier auf den Titel von R. Jauernig „Die alten in Thüringen gebräuchlichen Maße und ihre Umwandlung“ hingewiesen. [1]



Titel des Buches von R. Jauernig (1929)

Das Metrische System (1799)

Am Ausgang des 18. Jahrhunderts erforderten die wirtschaftliche Entwicklung und die Fortschritte in den Naturwissenschaften und der Technik sowie die Internationalisierung in allen Lebensbereichen grundsätzlichere Bemühungen um die nationale und internationale Vereinheitlichung von „Maß und Gewicht“.

So entstand nach der Französischen Revolution im Jahre 1799 in Frankreich nach langwierigen Vorarbeiten durch die Akademie der Wissenschaften das „Metrische System“, das nach dem Willen seiner Schöpfer „für alle Zeiten und für alle Völker“ gelten sollte. Entsprechend dem Entwicklungsstand von Physik und Technik wurden in diesem System aber zunächst noch keine elektrischen oder thermischen Einheiten, sondern nur die mechanischen Einheiten Meter und Kilogramm sowie deren dezimale Vielfache und Teile definiert.



Titel des Buches des französischen Mathematikers und Schriftstellers Denis Guedj, das 1987 in Frankreich und 1991 in deutscher Übersetzung erschienen ist

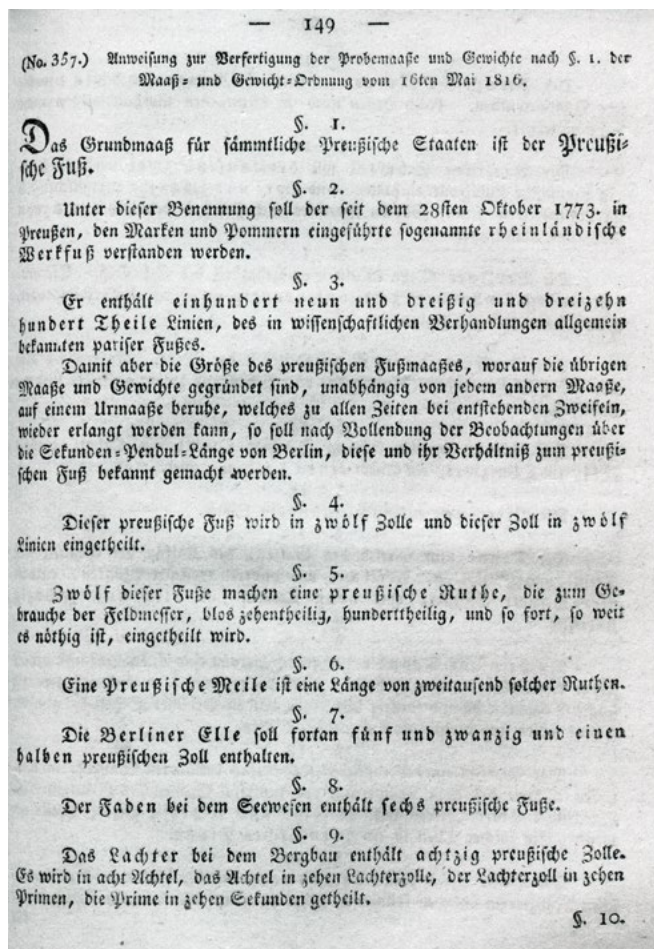
Da man damals die Abmessungen des Erdballs als „Naturkonstante“ ansah, hat man die Längeneinheit von der Erde abgeleitet. Nach ausführlichen Vermessungen wurde ein Meter als der zehnmillionste Teil eines Meridianviertelkreises der Erde festgelegt. Als Masseeinheit Kilogramm (damals sprach man jedoch immer von Gewichtseinheit) vereinbarte man die Masse eines Kubikdezimeters destillierten Wassers bei seiner größten Dichte. Für beide Einheiten schuf der Pariser Mechaniker Fortin Verkörperungen aus Platinschwamm, das Ur-Meter und das Ur-Kilogramm. [2] [3] [4]

Mit dem Metrischen System wurde auch das Dezimalsystem in das Messwesen eingeführt. Die Bezeichnung der (zunächst je drei) dezimalen Vielfachen und Teile wurden zwei alten Sprachen entnommen; für die Kennzeichnung der Vielfachen Silben aus dem Griechischen (Deka, Hekto, Kilo) und für die Kennzeichnung der Teile Silben aus dem Lateinischen (Dezi, Centi, Milli). Man wollte damit keine lebende Sprache bevorzugen. Heute sind Vorsätze bis 10^{30} (Quetta) sowie 10^{-30} (Quekto) möglich.

Übernahme in die deutsche Gesetzgebung (1871)

Obwohl die französischen Arbeiten zum Metrischen System das Messwesen sehr gefördert haben, hat sich das System in den deutschen Ländern nur sehr zögernd durchgesetzt. So war z.B. in der Maß- und Gewichtsordnung für die preußischen Staaten von 1816 nicht der (bzw. das) Meter, sondern der Preußische Fuß mit 12 Zoll die grundlegende Längeneinheit:

1 Preußischer Fuß = 12 Zoll, 1 Zoll = 12 Linien,
12 Preußische Fuß = 1 Preußische Rute,
1 Preußische Meile = 2.000 Preußische Ruten [5]

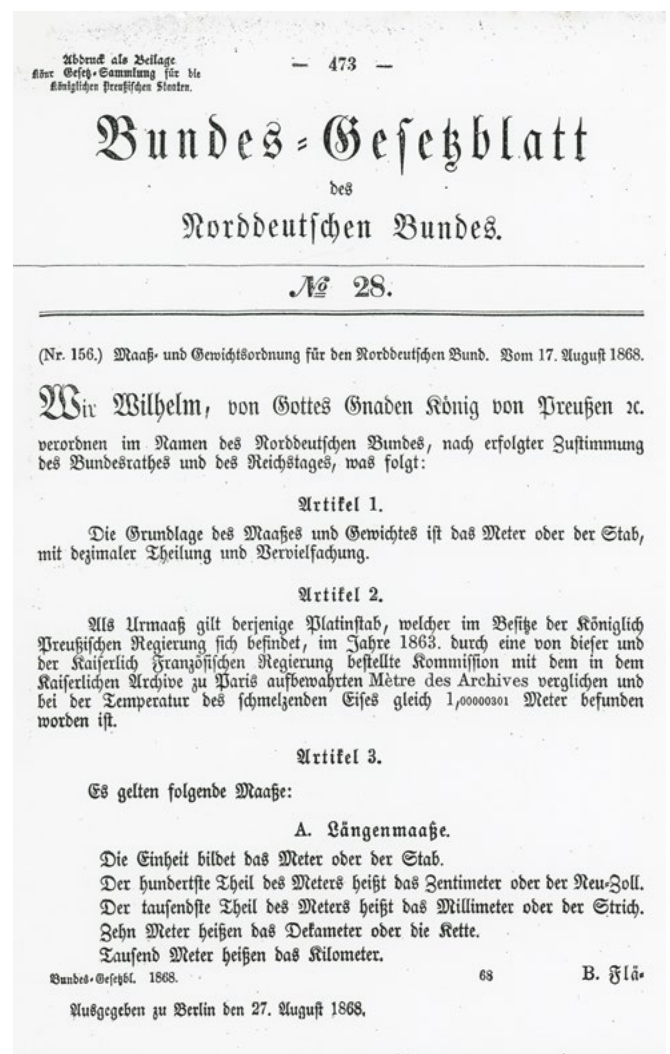


Ausschnitt aus der Anweisung zur Verfertigung der Probemaße und Gewichte nach § 1 der Maß- und Gewichtsordnung für die Preussischen Staaten vom 16. Mai 1816

Diese Verordnung von 1816 enthielt jedoch zwei für die weitere Entwicklung des Messwesens wichtige Festlegungen:

- Unter Aufsicht einer Kommission von Sachverständigen, die sich seit den 1920er Jahren Königlich Preussische Normal-Eichungs-Kommission nannte, sollte ein Satz von Probe-Maßen und -Gewichten gefertigt und im Ministerium der Finanzen und des Handels aufbewahrt werden. Diese waren die einzig autorisierten Originale von Maßen und Gewichten für alle preußischen Staaten.
- In den einzelnen Regierungsdepartements (d. h. in den Regierungsbezirken) waren Eichkommissionen einzurichten und mit Probemaßen und -gewichten auszustatten. Diese regionalen Kommissionen sollten wiederum die Eichämter in den verkehrsreichsten Städten mit den entsprechenden Maß- und Gewichtssätzen versorgen.

Damit wurde für die preußischen Staaten der Aufbau einer metrologischen Infrastruktur festgelegt, die die weitere Entwicklung des Messwesens in Deutschland prägte.



Maß- und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund vom 17. August 1868

Am 17. August 1868 wurde durch den preußischen König die Maß- und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund verabschiedet. Sie erklärte für einen großen Teil Deutschlands das Metrische System als gesetzlich verbindlich. Im Artikel 1 heißt es: „Die Grundlage des Maßes ist das Meter oder der Stab, mit dezimaler Teilung oder Vervielfachung.“ [6]

Diese Maß- und Gewichtsordnung wurde vom 1871 gegründeten Deutschen Reich in das Reichsgesetz über die Maß- und Gewichtsordnung vom 1. Januar 1872 übernommen.

Die Internationale Meterkonvention (1875)

Die Bemühungen um die Anerkennung und Verbreitung des Metrischen Systems mündeten in der am 20. Mai 1875 in Paris von 17 Staaten unterzeichneten Internationalen Meterkonvention, mit der ein erstes internationales Vertragswerk vereinbart wurde. Das Deutsche Reich hat das Zustandekommen dieses Vertrages sehr unterstützt, zumal das Metrische System bereits mit Wirkung vom 1. Januar 1872 in Deutschland eingeführt worden war. [7]

Der Vertrag sieht vor, dass in seinem Rahmen Delegierte der Mitgliedsstaaten regelmäßig (zunächst alle sechs, inzwischen alle vier Jahre) zur Generalkonferenz für Maß und Gewicht (Conférence Générale des Poids et Mesures, CGPM) in Paris zusammen treffen. Die entscheidenden Beschlüsse dieser Konferenzen werden vom Internationalen Komitee für Maß und Gewicht (CIPM) vorbereitet. [3]

Als wissenschaftliches Institut der Meterkonvention wurde das Internationale Büro für Maß und Gewicht (BIPM) in Sèvres bei Paris eingerichtet, das unter der Aufsicht des CGPM arbeitet und seit 1875 „die weltweite Einheitlichkeit der physikalischen Maße zu gewährleisten hat“. Seine Aufgabe war zunächst die Anfertigung und Bewahrung der internationalen Prototypen für das Meter und das Kilogramm. Durch Vergleichsmessungen von „Ur-Meter“ und „Ur-Kilogramm“ mit Kopien für die Mitgliedsländer sollte die Einheitlichkeit von Messungen weltweit gesichert werden. [3]

Aus den 17 Gründer-Staaten sind bis heute über 100 geworden; 64 Mitglieds- und 37 assoziierte Staaten. Alle Industrieländer und wirtschaftlichen Schwellenländer sind vertreten, sodass diese Gemeinschaft heute zu deutlich über 90% zur Weltwirtschaftsleistung beiträgt.

Die ersten elektrischen Maßeinheiten

Die Anfänge der Definition von elektrischen und magnetischen Maßeinheiten gehen u. a. auf Arbeiten von Gauß (1777–1855) und Weber (1804–1891) in Göttingen zurück. Die beiden Wissenschaftler hatten 1833 den elektromagnetischen Telegrafen erfunden und gemeinsam erprobt. In diesem Zusammenhang beschäftigten sie sich auch mit der quantitativen Beschreibung von elektrischen und magnetischen Erscheinungen. Gauß untersuchte die „Intensität der erdmagnetischen Kraft“ (den Erdmagnetismus) für einzelne Orte der Erdoberfläche. Weber suchte ein „Maß der Stromintensität“ (der Stromstärke), wobei er sowohl die elektromagnetischen (Ablenkung einer Magnetnadel), die elektrodynamischen (Kräfte zwischen Strömen) als auch die elektrolytischen Wirkungen (chemische Aufspaltung von geeigneten Flüssigkeiten) des elektrischen Stroms für eine Messung in Betracht zog.

Im Sinne des damals dominanten „mechanischen Weltbildes“ waren die beiden Gelehrten davon überzeugt, dass man die gesuchten Maßeinheiten auf das System der mechanischen Einheiten zurückführen muss. Aus dem Coulomb-Gesetz über Kräfte zwischen Punktladungen (1785) und den Untersuchungen von Ampère über Kräfte zwischen Strömen (1820) ergaben sich mit Hilfe der mechanischen Einheiten Zentimeter (damals: Centimeter) und Gramm sowie der Sekunde das elektrostatische bzw. das elektrodynamische CGS-System, in denen Gauß und Weber die elektrischen und magnetischen Maßeinheiten beschrieben haben. So ergab sich z. B. für die absolute elektromagnetische Stromstärkeeinheit „ $\text{cm}^{\frac{1}{2}} \cdot \text{g}^{\frac{1}{2}} \cdot \text{s}^{-1}$ “. Diese Einheiten hatten natürlich nur eine theoretische Bedeutung. Technisch waren sie nur schwer handhabbar. [8] [9] [10]

Elektromagnetische Dreiergrößen			
Größe Dim.-Produkt	elektromagnetische CGS-Einheit	Quadranten- Einheit	Praktische Einheit
Stromstärke I $L^{1/2} M^{1/2} T^{-1}$	$cm^{1/2} g^{1/2} s^{-1}$	$10^{-1} cm^{1/2} g^{1/2} s^{-1}$	*Ampere
Spannung U $L^{3/2} M^{1/2} T^{-2}$	$cm^{3/2} g^{1/2} s^{-2}$	$10^8 cm^{3/2} g^{1/2} s^{-2}$	*Volt
Widerstand R $L T^{-1}$	$cm s^{-1}$	$10^9 cm s^{-1}$	*Ohm
Ladung Q $L^{1/2} M^{1/2}$	$cm^{1/2} g^{1/2}$	$10^{-1} cm^{1/2} g^{1/2}$	*Coulomb
Kapazität C $L^{-1} T^2$	$cm^{-1} s^2$	$10^{-9} cm^{-1} s^2$	*Farad
Induktivität L L	cm	$10^9 cm$	**Quadrant ***Henry
Leistung P $L^2 M T^{-3}$	$cm^2 g s^{-3}$	$10^7 cm^2 g s^{-3}$	**Watt
Arbeit W $L^2 M T^{-2}$	$cm^2 g s^{-2}$	$10^7 cm^2 g s^{-2}$	**Joule
Zu Spalte 4: * Annahme auf dem Internationalen Elektrizitäts-Kongress 1881. ** Annahme auf dem Int. E.-Kongress 1889. *** Quadrant wurde 1893 durch Henry ersetzt.			

Ausschnitt aus der Arbeit von Alfred Warner (Lit. [10], S. 3)

Das „elektrolytische“ Ampere (1898)

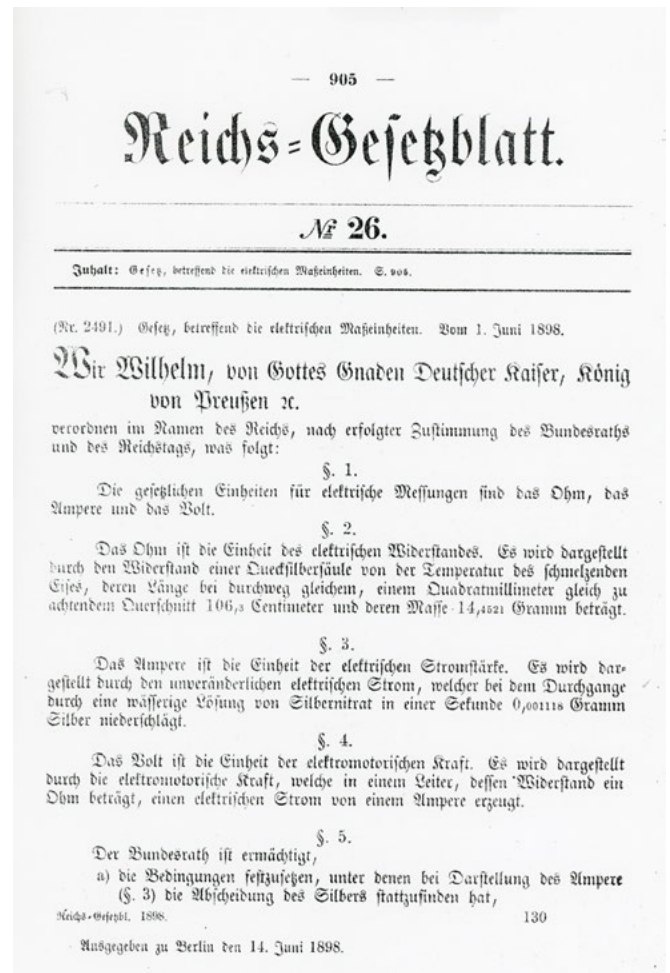
Bis zum Jahr 1880 hatten die in der Elektrotechnik führenden Länder keine gemeinsamen elektrischen Maßeinheiten. Die rasche Entwicklung der elektrotechnischen Industrie sowie die zentralisierte Erzeugung großer Mengen von Elektroenergie und die Verteilung an Abnehmer aller Art erforderten jedoch dringend international verbindliche Festlegungen. Erst auf dem 1. Internationalen Elektrikerkongress, der sich 1881 an die Pariser Weltausstellung anschloss, wurden fünf Einheiten als sogenannte „absolute praktische elektrische Einheiten“ vereinbart und mit Namen von bedeutenden Wissenschaftlern belegt: Ampere, Volt, Ohm, Farad und Coulomb. Das Prädikat „absolut“ sollte wieder an die Anbindung an das CGS-System hinweisen. [8] [9] [10]

Die Darstellung dieser Einheiten durch Normale war zunächst messtechnisch noch längst nicht ausgereift. Erst auf einem späteren Internationalen Elektrikerkongress, der 1893 anlässlich der dortigen Weltausstellung in Chicago stattfand, vereinbarte man Realisierungsvorschriften für die Einheiten des elektrischen Widerstands, der elektrischen Stromstärke und der elektrischen Spannung.

Zwei dieser sogenannten „internationalen elektrischen Einheiten“ wurden in das deutsche „Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten“ vom 1. Juni 1898 übernommen:

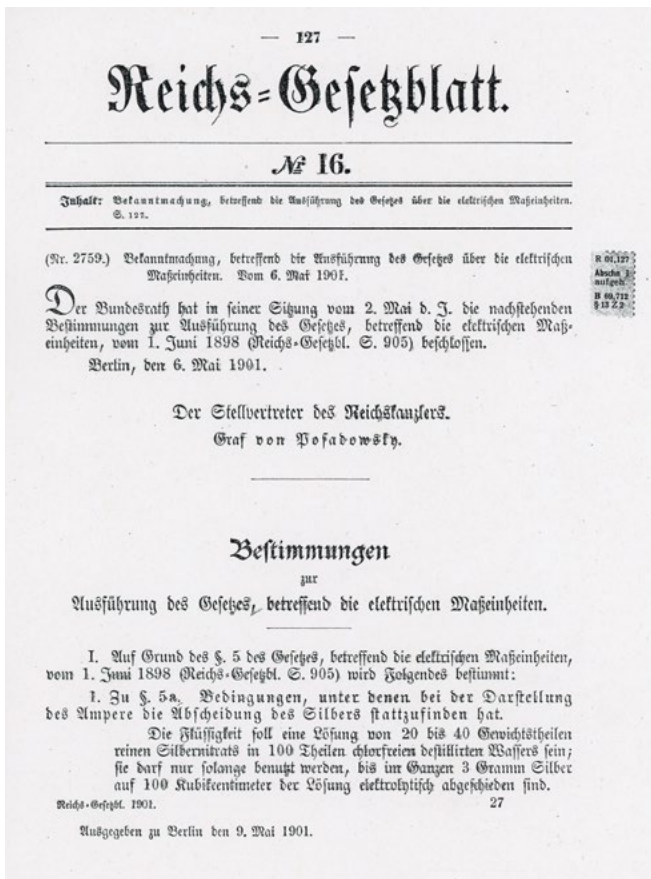
- Das Ohm wurde dargestellt durch den Widerstand einer Quecksilbersäule von der Temperatur des schmelzenden Eises, deren Länge bei durchweg gleichem, einem Quadratmillimeter gleich zu achtenden Querschnitt 106,3 Zentimeter und deren Masse 14,4521 Gramm beträgt.

- Das Ampere wurde dargestellt durch einen unveränderlichen elektrischen Strom, der beim Durchgang durch eine wässrige Lösung von Silbernitrat in einer Sekunde 0,001118 Gramm Silber niederschlägt.
- Die Spannungseinheit Volt wurde in diesem Gesetz nicht unabhängig von den beiden anderen Einheiten durch ein Normalelement, sondern über das Ohmsche Gesetz mit Hilfe von Ohm und Ampere definiert. [11] [12]



Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten vom 1. Juni 1898

Mit diesem Gesetz sind vor 128 Jahren erstmalig in Deutschland elektrische Einheiten gesetzlich festgelegt worden. Für die Definition der Stromstärkeeinheit Ampere ging man also von der elektrolytischen Wirkung des Stroms aus („Silber-Ampere“). Für die Betreuung des gesamten elektrischen Messwesens war die 1887 gegründete Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR) in Berlin zuständig. Sie war z. B. auch für die Ausgabe amtlich beglaubigter Widerstände und galvanischer Normalelemente zur Ermittlung von Stromstärken und Spannungen verantwortlich. Weiterhin hatte sie die amtliche Prüfung und Beglaubigung der elektrischen Messgeräte zu überwachen.



Ausschnitt aus den Bestimmungen vom 6. Mai 1901 zur Ausführung des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten. Hier wurden die Einzelheiten der Silber-Abscheidung festgelegt.

Die internationalen Bestrebungen zur Vereinheitlichung der elektrischen Einheiten gingen weiter. Nach dem Muster der PTR wurden 1900 in Großbritannien das National Physical Laboratory (NPL) in Teddington bei London und 1901 in den USA das National Bureau of Standards (NBS) in Washington gegründet. Von einer 1908 in London tagenden Internationalen Konferenz über elektrische Einheiten und Normale gingen weitere wichtige Impulse aus.

Das „elektrodynamische“ Ampere (1948)

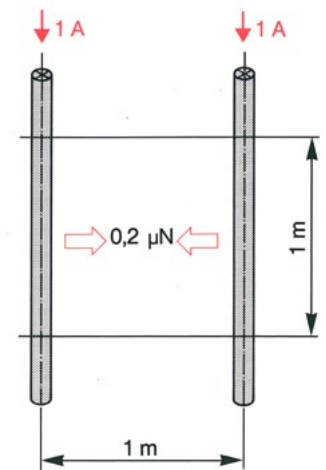
In den Jahren nach dem 1. Weltkrieg wurde von den Organen der Meterkonvention auch die Betreuung der elektrischen Einheiten übernommen. So wurde auf der „7. Generalkonferenz für Maß und Gewicht“ im Jahre 1927 ihr Aufgabenfeld um die elektrischen und magnetischen Einheiten erweitert. Im Rahmen

des inzwischen gegründeten „Beratenden Komitees für Elektrizität (CCE)“ begann man 1931 mit dem internationalen Vergleich der Normalwiderstände und Normalelemente der verschiedenen Staatseinstitute, daran beteiligt auch die deutsche PTR.

Bei der weiteren Diskussion um die Konstruktion eines allgemeinen physikalischen Einheitensystems setzte sich immer mehr die Auffassung durch, dass nach Kenntnis und Darstellungsart der Elektrodynamik neben drei Grundeinheiten der Mechanik nur eine elektrische Grundeinheit zu treten habe (Giorgi-System). Das bestätigte die wegen der Kriegereignisse erst im Jahre 1948 durchgeführte 9. Generalkonferenz für Maß und Gewicht, indem sie das Ampere als einzige elektrische Grundeinheit im MKSA-System annahm.

Seine Definition:

„Das Ampere ist die Stärke eines konstanten elektrischen Stromes, der durch zwei parallele, geradlinige, unendlich lange und im Vakuum im Abstand von einem Meter voneinander angeordnete Leiter von vernachlässigbar kleinem, kreisförmigem Querschnitt fließend, zwischen diesen Leitern je ein Meter Leiterlänge die Kraft $2 \cdot 10^{-7}$ Newton hervorrufen.“



Darstellung der Ampere-Definition im MKSA-System

Diese Definition war z. B. auch schon in der „Anordnung über die Tafel der gesetzlichen Einheiten“ der DDR vom 31. Oktober 1958 enthalten. [13]

Auf der 10. Generalkonferenz 1954 wurde das „Praktische Einheitensystem“ mit sechs Grundeinheiten angenommen, zu denen das Ampere gehörte. Auf den weiteren Generalkonferenzen kamen die Wellenlängendefinition des Meters (1960), die Neudefinition der Sekunde auf atomarer Grundlage (1967), der einheitliche Name Kelvin für die Einheit der Temperatur und der Temperaturdifferenz (1967) sowie das Mol als Einheit der Stoffmenge (1971) hinzu. Die 14. Generalkonferenz im Jahre 1971

bestätigte schließlich das Internationale Einheitensystem (Système international d'unités; abgekürzt in allen Sprachen: SI) mit den sieben Basiseinheiten Meter, Kilogramm, Sekunde, Ampere, Kelvin, Mol und Candela.

Lfd. Nr.	Name der Einheit	Kurzzeichen	Definition der Einheit
1	2	3	4
20.1	Ampere	A	20. Elektrische Stromstärke Das Ampere ist die Stärke eines zeitlich unveränderlichen elektrischen Stromes durch zwei geradlinige, parallele, unendlich lange Leiter der relativen Permeabilität 1 und von vernachlässigbarem Querschnitt, die einen Abstand von 1 m haben und zwischen denen die durch den Strom elektrodynamisch hervorgerufene Kraft im leeren Raum je 1 m Länge der Doppelleitung $2 \cdot 10^{-7} \text{ m kg s}^{-2}$ beträgt.
21.1	Volt	V	21. Elektrische Spannung Das Volt ist die elektrische Spannung zwischen zwei Punkten eines homogenen und gleichmäßig temperierten metallischen Leiters, in dem bei einem zeitlich unveränderlichen Strom der Stärke 1 A zwischen den beiden Punkten eine Leistung von 1 W umgesetzt wird.
22.1	Ohm	Ω	22. Elektrischer Widerstand Das Ohm ist der elektrische Widerstand zwischen zwei Punkten eines homogenen und gleichmäßig temperierten metallischen Leiters, durch den bei der Spannung 1 V zwischen den beiden Punkten ein zeitlich unveränderlicher Strom der Stärke 1 A fließt.
23.1	Siemens	S	23. Elektrischer Leitwert Das Siemens ist der elektrische Leitwert eines Leiters vom Widerstand 1 Ω.

Ausschnitt aus der AO über die Tafel der gesetzlichen Einheiten der DDR vom 31. Oktober 1958, S. 16

Das Internationale Einheitensystem (SI) (1971)

Das SI ist das erste in den Naturwissenschaften und der Technik allgemeingültige Einheitensystem. Es gestattet die Ablösung vieler Einheitensysteme, die jeweils nur in einem Teil der Physik oder der Technik galten, wie z.B. die elektrischen Einheitensysteme. In Deutschland sind die SI-Einheiten als gesetzliche Einheiten für den amtlichen und geschäftlichen Verkehr eingeführt. Einzelheiten sind im „Einheiten- und Zeitgesetz“ geregelt.

Um die nationale und internationale Einheitlichkeit der Maße zu sichern, sind die Aufgaben der Darstellung, Bewahrung und Weitergabe der Einheiten im Messwesen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig übertragen worden. Sie ist als Nachfolger der PTR das nationale Metrologieinstitut Deutschlands. Es geht darum, eine national stringente und international akzeptierte leistungsfähige messtechnische Infrastruktur für Industrie und Handel, Wissenschaft und Gesellschaft bereitzustellen. [14] [15]

Der Übergang zu den „definierenden Konstanten“ (2019)

Bis 2019 waren die sieben Basiseinheiten des SI auf sehr unterschiedliche Weise definiert. Man verwandte einen Metallzylinder (Kilogramm), eine idealisierte Messvorschrift (Ampere), Materialeigenschaften (Kelvin, Mol), festgelegte Faktoren (Candela) oder Naturkonstanten (Meter, Sekunde). Das musste in unserer hochtechnisierten Welt, in der längst das (bzw. der) Nanometer Einzug gehalten hat, dringend verändert werden. Seit langer Zeit sind sich die Metrologen weltweit darüber im Klaren, dass die Definition der Basiseinheiten sich mit dem Fortschreiten der Messgenauigkeit nicht immer wieder ändern darf, sondern einheitlich über festgelegte Naturkonstanten erfolgen muss.

Bei der Sekunde war das mit dem Bezug auf einen Elektronenübergang im Cäsiumatom (im Jahr 1967) und beim Meter mit dem Bezug zur Lichtgeschwindigkeit (im Jahr 1983) schon erreicht. Diese Festlegungen genügen also, wie auch die Definition der Lichtstärke-Einheit Candela, der aktuellen Forderung.

Ergänzend zur Abschaffung der völlig veralteten Kilogramm-Definition musste auch die Ampere-Definition verändert werden. Neben der idealisierten Messvorschrift („unendlich lange Leiter“, „vernachlässigbar kleiner Leiterquerschnitt“) war ihr entscheidender Nachteil, dass hierbei das Ampere über die Kraft mit dem „unsicheren“ Kilogramm verknüpft war.

Durch diese und andere Unsicherheiten änderten sich die offiziellen Werte der Naturkonstanten ständig und mussten regelmäßig angepasst werden. So bekam z.B. auch die Elektronenladung alle vier Jahre einen neuen Zahlenwert, obwohl sie sich real natürlich nicht geändert hat. Im neuen Einheitensystem wird nun „der Spieß umgedreht“: Mit Hilfe von sieben numerisch festgelegten Naturkonstanten (z. B. der Lichtgeschwindigkeit c , der Elementarladung e , der Planck-Konstanten h , der Boltzmann-Konstanten k und anderen) werden die sieben Basiseinheiten auf einheitliche Weise definiert. [17] [18]



PTB. Die gesetzlichen Einheiten in Deutschland (seit 2019)

- die „absolute“ elektromagnetische Stromstärkeinheit im CGS-System
- das „elektrolytische“ Ampere im „Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten“ von 1898
- das „elektrodynamische“ Ampere als elektrische Grundeinheit im MKSA-System (1948)
- das über die Elementarladung e und eine spezifische Cäsiumfrequenz definierte Ampere im neuen SI (2019)

Das Ampere ist damit eine der sieben Basiseinheiten des (neuen) durch sieben Naturkonstanten getragenen Internationalen Einheitensystems (SI).

Eine interessante Bewertung durch die frühere Bundeskanzlerin (2019)

Sehr interessant ist, dass auch die ehemalige Bundeskanzlerin, die ja gelernte Physikerin ist, sich in einer politischen Rede zu dem beschriebenen Paradigmenwechsel der Einheiten-Definitionen geäußert hat. Die 49. Jahrestagung des Weltwirtschaftsforums im Januar 2019 in Davos widmete sich dem Thema: Wie sieht die globale Architektur im Zeitalter der vierten industriellen Revolution aus? In ihrem Redebeitrag wies Frau Dr. Merkel dort auf ein aus ihrer Sicht sehr gelungenes Beispiel für internationales Zusammenwirken hin:

„Am 16. November – ich weiß nicht, ob Ihnen das aufgefallen ist – hat eine Revolution in Versailles in Frankreich stattgefunden. Da hat nämlich die Generalkonferenz für Maße und Gewichte stattgefunden. Mit dieser Konferenz werden das alte Kilogramm, das Ampere und andere Einheiten insofern ausgedient haben, als sie durch Naturkonstanten neu definiert werden. Das ist in der Welt der Maße und Gewichte wirklich eine Revolution. Die Staatengemeinschaft hat sich gemeinsam darauf eingelassen. Ab dem 20. Mai 2019 werden wir alle grundsätzlichen Einheiten neu definiert haben. Dann wird das Urkilogramm aus dem Jahr 1889 nicht mehr schrumpfen, sondern wir werden immer ein ordentlich definiertes Kilogramm haben.“ [19]

Als Schlussfolgerung formuliert die Politikerin: „Das sollte uns ermutigen, auch weiter einen reformatorischen Ansatz zu pflegen und die Gedanken der Neuzeit aufzunehmen.“

Quellen:

- [1] Jauernig, R.: Die alten in Thüringen gebräuchlichen Maße und ihre Umwandlung. Ein Handbuch für Heimatforscher und Behörden, Gotha 1929
- [2] Guedj, Denis: Die Geburt des Meters. Oder wie die beiden Astronomen Jean-Baptiste Delambre und Pierre Méchain aus dem Geist der Aufklärung in den Wirren der Französischen Revolution das neue Maß aller Dinge fanden, Frankfurt (Main)/New York 1991
- [3] Hoppe-Blank, Johannes: Vom Metrischen System zum Internationalen Einheitensystem. 100 Jahre Meterkonvention Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig 1975
- [4] Glatz, Peter: Zur physikalisch-technischen Herausbildung der Definition und Darstellung der Basiseinheiten des Internationalen Einheitensystems (SI)
In: msr. messen/steuern/regeln 22(1979)7 und folgende
- [5] Maß- und Gewichts-Ordnung für die Preußischen Staaten vom 16. Mai 1816
In: Gesetzessammlung für die Königlichen Preußischen Staaten 1816, S. 142-148
- [6] Maß- und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund vom 17. August 1868
In: Bundesgesetzblatt des Norddeutschen Bundes 1868, S. 473-478
- [7] Kind, Dieter: 125 Jahre Meterkonvention, ein globales Jubiläum
In: PTB-Mitteilungen 110(2000)2, S. 103-110
- [8] Glatz, Peter: Zur Geschichte der elektrischen Einheiten
In: ON.LINE. Aktuelles und Historisches für Freunde und Förderer des Thüringer Museums für Elektrotechnik 4/2018, S. 6-11
- [9] Kind, Dieter: Zur Geschichte der elektrischen Einheiten im Internationalen Einheitensystem, in: etz-a 98(1977)12, S. 800-803
- [10] Warner, Alfred: Der Beitrag von Elektrotechnikern zur Internationalisierung der Maßeinheiten
In: Strom ohne Grenzen. Internationale Aspekte der Elektrotechnik (VDE-Reihe Geschichte der Elektrotechnik, Band 23) VDE-Verlag GmbH Berlin/Offenbach 2008, S. 21-42
- [11] Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten vom 1. Juni 1898. Reichsgesetzblatt 1898, S. 905-907
- [12] Bestimmungen zur Ausführung des Gesetzes, v die elektrischen Maßeinheiten, Reichsgesetzblatt 1901, S. 127-129
- [13] Anordnung über die Tafel der gesetzlichen Einheiten Vom 31. Oktober 1958, Gesetzblatt der DDR, Sonderdruck Nr. 289, 15. Dezember 1958
- [14] Geschichte der elektrischen Messtechnik. Messen mit und von Elektrizität (VDE-Reihe Geschichte der Elektrotechnik, Band 25) VDE-Verlag GmbH Berlin/Offenbach 2014
- [15] Physikalisch-Technische Bundesanstalt: Die gesetzlichen Einheiten in Deutschland Braunschweig, Juni 2012 (Broschüre)
- [16] Physikalisch-Technische Bundesanstalt: Die gesetzlichen Einheiten in Deutschland Braunschweig, September 2019 (Broschüre, 3. Auflage)
- [17] Das neue Internationale Einheitensystem (SI)
In: Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Braunschweig 5/2020
- [18] Simon, Jens: Naturkonstanten als Maß aller Dinge
In: Physik konkret, Nr. 34, September 2018
Herausgeber: Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V., Bad Honnef 2018
- [19] Rede von Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel bei der 49. Jahrestagung des Weltwirtschaftsforums am 23. Januar 2019 in Davos
In: Bulletin der Bundesregierung Nr. 10-2 vom 23. Januar 2019

HISTORISCHES

Kulturerbe Morsetelegrafie

Gerhard Roleder, Erfurt

Die UNESCO hat im Jahr 2003 ein Übereinkommen zum Schutz des Immateriellen Kulturerbes verabschiedet. Das Immaterielle Kulturerbe umfasst neben Bräuchen und Darstellungen auch Wissen und Fertigkeiten einschließlich der damit verbundenen Instrumente, Objekte und Artefakte. Deutschland ist dem Übereinkommen erst im Jahr 2013 als 153. Mitglied beigetreten. Seitdem gibt es vom Bund und von den einzelnen Bundesländern definierte Errungenschaften des Immateriellen Kulturerbes.

Seit 2014 ist die Morsetelegrafie durch Beschluss der Kultusministerkonferenz im nationalen Verzeichnis des Immateriellen Kulturerbes gelistet. [1] Sie stellt



eine Form menschlicher Kommunikation dar, die technisches Wissen und spezielle Fertigkeiten erfordert. Morsetelegrafie ermöglicht damals wie heute internationale, transkulturelle Verständigung.

Kurze und lange Zeichen

Das Erlernen der Morsetelegrafie erfordert für die sichere Kommunikation eine intensive Ausbildung der Tastfunker. Ähnlich wie beim Lesen und Schreiben müssen die akustisch oder optisch wiedergegebenen Zeichen nahezu ohne Zeitverzögerung aus dem „Effe“ erkannt werden. Versierte Funker senden mit einer Geschwindigkeit von 80 bis 100 Buchstaben pro Minute. Auf der Empfangsseite müssen die Funker in der Lage sein, die Zeichen in diesem Tempo per Hand oder mit der Schreibmaschine mitzuschreiben. Ab den 1950er Jahren verbreiten sich allmählich elektronische Morsetasten, die Folgen von kurzen und langen Zeichen automatisch erzeugen, sodass nur noch deren Anzahl per



Klassische Morsetaste

Hand gesteuert werden muss. Rein mechanische Hubtasten sind bis heute nicht völlig aus der Mode gekommen.

Für handschriftliche Aufzeichnungen mussten die Funker eine etwas modifizierte Schreibschrift lernen, die darauf abzielt, Verwechslungen zu vermeiden. [2] Zum Beispiel wird das „e“ in Funkschrift wie das griechische Epsilon geschrieben, um nicht für ein kleines „L“ in Schreibschrift gehalten zu werden. Beim Buchstaben „q“ wird der senkrechte Strich waagerecht durchkreuzt, um Verwechslungen mit dem „g“ auszuschließen. Die Ziffer Null wird mit einem Schrägstrich versehen, um nicht für den Buchstaben „o“ gehalten zu werden. In schriftlichen Empfangsbestätigungen von Amateurfunkstationen mit der Ziffer Null im Rufzeichen wird vielfach die Schreibweise „Ø“ verwendet, wie zum Beispiel bei DAØHQ, einer Head Quarters Station (Nationalmannschaft) bei der Amateurfunk-Weltmeisterschaft. Mit heutiger Technik lässt sich der gesamte Vorgang des Sendens und Empfangens von Morsezeichen automatisieren. Ein nennenswerter wirtschaftlicher Nutzen entsteht dabei nicht, da die Datenrate zu gering bleibt.

Von den 1830er Jahren bis in die 1980er Jahre war Morsetelegrafie bei vielen Anwendungen, wie Schifffahrt, Luftverkehr, Wetterdienst, eine weit verbreitete Art der Kommunikation. Das weite Anwendungsspektrum ergab sich insbesondere



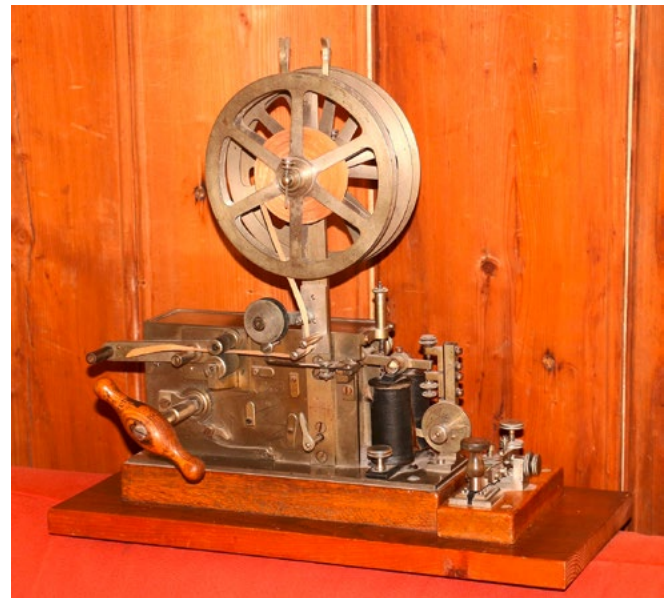
Empfangsbestätigung von DA0HQ, mehrmaliger Gewinner der Kurzwellen-Weltmeisterschaft; die Ziffer Null im Rufzeichen ist in Funkerschrift dargestellt. (Foto: DA0HQ)

daraus, dass die ursprüngliche drahtgebundene Übertragung Ende des 19. Jahrhunderts durch die drahtlose Übertragung per Funk ergänzt bzw. ersetzt wurde. Es musste ein großer Personenkreis ausgebildet werden, der das Morsealphabet sicher beherrschte. Für das Erlangen von Funkzeugnissen im professionellen und im Amateurbereich war Morsetelegrafie Prüfungsgegenstand.

Die grundlegende Idee zu dem in der Telegrafie verwendeten Alphabet hatte der US-amerikanische Erfinder Samuel Finley Breese Morse (1791-1872). Das Prinzip beruht darauf, dass Kombinationen aus kurzen und langen Zeichen bestimmten Buchstaben zugeordnet werden. Das von Morse erdachte Alphabet war wenig praxistauglich. Zur endgültigen Anwendung kam das seit 1865 bis heute international gültige Morsealphabet in einer stark überarbeiteten Version des deutschen Schriftstellers und Musikers Friedrich Clemens Gerke (1801-1888). In dem von Gerke erdachten System findet die Häufigkeitsverteilung von Buchstaben Berücksichtigung. Das Verhältnis von Zeichenlängen und Pausen zwischen den Zeichen ist übersichtlich definiert. Die Funktionsweise der anfänglich verwendeten drahtgebundenen Schreibtelegrafen besteht darin, dass durch Schließen und Öffnen eines Stromkreises mittels Morsetaste ein Hebel mit Schreibstift über einen Elektromagneten betätigt wird. Auf einer sich gleichmäßig bewegendem Papierrolle unter dem Schreibstift werden die kurzen und langen Zeichen sichtbar gemacht.

Siegeszug der Drahtlos-Telegrafie

Die klassische drahtlose Telegrafie wird auch als „tonlos“ bezeichnet, da die Morsesignale als unmodulierte Hochfrequenz-Signale gesendet werden. Bei Verwendung eines Audion-Empfängers, bei dem ein Teil der Energie aus dem Empfangsschwingkreis abgezapft, verstärkt und wieder eingespeist wird, muss nur die Stärke der Rückkopplung so eingestellt werden, dass die Hochfrequenz durch die Erzeugung eines Mischproduktes hörbar wird. Um hochfrequente Morsesignale in Überlagerungsempfängern



Von Gustav Adolf Hasler (1830-1900) entwickelter Schreibtelegraf der Gotthardbahn (Foto: Hp. Baumeler via Wikipedia)

(Superhets) hörbar zu machen, benötigen diese einen Telegrafieüberlagerer als zusätzliche Baugruppe. Die auch als Hilfsoszillator oder Beat Frequency Oscillator (BFO) bezeichnete Baugruppe schwingt permanent 600 bis 800 Hz neben der Zwischenfrequenz (ZF). Bei Vorhandensein eines ZF-Signals entsteht als hörbares Mischprodukt ein Ton von 600 bis 800 Hz. In manchen professionellen Empfängern kann die Tonhöhe des Telegrafieüberlagerers variiert werden, was in schwierigen Empfangssituationen helfen kann, einen schwach einfallenden Sender besser mitlesen zu können. In der etwas weniger häufig praktizierten tönenden Telegrafie wird das getastete hochfrequente Signal mit einem niederfrequenten Signal moduliert, wodurch sich ein Telegrafieüberlagerer erübrigt. Diese Betriebsart wurde im Flugfunk und Seefunk vor allem dann angewendet, wenn das Empfangsgerät möglichst einfach konstruiert sein musste.

Als Anfang des 20. Jahrhunderts die drahtlose Übertragung von Sprache und Musik möglich wurde, diente Sende- und Empfangstechnik der Morsetelegrafie als Ausgangspunkt für diese technische Entwicklung. Beispielsweise handelte es sich bei den ersten im Jahr 1920 in Königs Wusterhausen verwendeten Rundfunksendern um umgebaute Telegrafie-sender.

Trotz der Möglichkeit der Sprachübertragung blieb die Morsetelegrafie gegenüber der drahtlosen Telefonie im professionellen Funk lange Zeit die überwiegende Betriebsart. Grund war die mit drahtloser Telegrafie erzielbaren großen Reichweiten. Im Frequenzspektrum beansprucht Morsetelegrafie weniger Bandbreite als drahtloser Sprechfunk. Die ZF-Stufen von Telegrafie-Empfängern haben üblicherweise Bandbreiten von 100 Hz bis 300 Hz.

Für den Empfang von amplitudenmoduliertem Sprechfunk mit vollem Trägersignal sind 5 kHz Bandbreite üblich. Einseitenband-Sprechfunk mit unterdrücktem Träger erfordert ZF-Bandbreiten von 2,3 kHz bis 3 kHz. Rundfunkempfänger haben in den amplitudenmodulierten Bereichen ZF-Bandbreiten von 6 kHz bis 10 kHz. Die mit Telegrafie-Aussendungen verbundenen geringen Bandbreiten ermöglichen bessere Signal-Rausch-Abstände als breitbandige Sprechfunk-Übertragungen. Dieser Effekt ist einer der Gründe, weshalb auf Kurzwelle interkontinentale Verbindungen in Telegrafie mit geringen Sendeleistungen von 5 bis 10 W möglich sind. Ein weiterer Pluspunkt ist die Eigenschaft des menschlichen Gehirns, von Störungen im Äther beeinträchtigte „Piepsignale“ besser selektieren zu können als gestörte Sprachsignale.



Funkoffizier auf der MS Leipzig. Das 10.000-Tonnen-Frachtschiff fuhr von 1959 bis 1980 bei der Deutschen Seereederei. Unten rechts ein Allwellenempfänger Typ Dabendorf 1340. (Foto: seefunkstelle.de)



Mit Morsezeichen und Funkschrift ist es in der praktischen Betriebsabwicklung des Funkverkehrs nicht getan. Um immer wiederkehrende Begriffe und Redewendungen zeitsparend in Telegrafie zu übertragen, werden von der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) festgelegte, aus jeweils drei Buchstaben bestehende Q-Gruppen verwendet. Darüber hinaus sind weitere Abkürzungen im Gebrauch, die nicht von der ITU festgelegt sind, sich aber als eine Art Alltagsverständigung international durchgesetzt haben. In den Tabellen 1 und 2 sind einige Beispiele angegeben.

Q-Gruppe	Bedeutung
QAM	Wetterbericht
QRG	genaue Frequenz
QRM	Störungen durch fremde Sender
QRN	atmosphärische Störungen
QSL	Empfangsbestätigung
QSO	Verbindung
QSY	Frequenzwechsel
QTH	Standort
QTR	Uhrzeit

Q-Gruppen für Telegrafie

Abkürzung	Bedeutung
ant	Antenne
cfm	bestätigen
conds	Ausbreitungsbedingungen
cq	allgemeiner Anruf
pse	Bitte
tkx, tnz	Danke
rx	Empfänger
tx	Sender
vy 73	Viele Grüße

Internationale Abkürzungen für Telegrafie

Allwellenempfänger Dabendorf 1340.14, Baujahr 1959
Bedienelemente auf der rechten Hälfte (v.l.n.r.): Betriebsart (tonlose Telegrafie, tönende Telegrafie, amplitudenmodulierter Sprechfunk mit vollem Träger), HF-Regelung, Tonhöhe des Telegrafieüberlagerers, Bandbreite (0,1 kHz, 0,3 kHz, 5 kHz)

Seenotfrequenz 500 kHz

Funkausrüstung für Notfälle ließ und lässt sich für Telegrafie mit einfachen technischen Mitteln und geringem Energiebedarf realisieren. Auf der Internationalen Funktelegrafiekonferenz in Berlin im Jahr 1906 kam es zu ersten Regulierungen. Staatssekretär des Reichspostamtes Reinhold Kraetke empfing Delegationen aus 27 Ländern im Berliner Reichstag, was dafür spricht, dass man der Konferenz eine gewisse Bedeutung beimaß. Hauptsächlich ging es darum, Funksignale unterschiedlicher technischer Systeme gegenseitig zu akzeptieren, nachdem Marconi versucht hatte, ein Monopol zu errichten. Völlig selbstlos war die Gastgeberchaft nicht. Teil des Konferenzprogramms war auch ein Besuch der durch Telefunken ausgerüsteten und kurz zuvor in Betrieb gegangenen Großfunkstelle Nauen. Im Abschlussprotokoll wurde als internationales Telegrafie-Notzeichen die Buchstabenfolge „SOS“ vereinbart. Auf dieser Konferenz wurde auch die Frequenz 500 kHz für den Seefunkdienst vorgeschlagen. Als Lehre aus der Titanic-Katastrophe musste auf größeren Schiffen ab 1912 die Frequenz 500 kHz ununterbrochen überwacht werden. Neben Notrufen von Schiffen nutzten Küstenfunkstellen die Frequenz zur Ankündigung von Warnungen und Eisberichten, um sie dann auf einer anderen Frequenz zu senden. Etwa 80 Jahre lang war die Frequenz 500 kHz über Ländergrenzen und politische Differenzen hinweg ein Rettungsanker im Äther. Heutige Notrufsysteme nutzen andere Frequenzen. Seit einigen Jahren gibt es Bestrebungen von Berufsfunkern und Funkamateuren, die Frequenz 500 kHz $\pm$ 5 kHz zu einem virtuellen Funkdenkmal zu erklären und nicht mehr kommerziell zu nutzen. Mit dem Kulturerbe Morsetelegrafie würde sich beides gegenseitig ergänzen.



Batteriebetriebener Schiffsfunk-Notempfänger der 1950er Jahre, bestückt mit Batterieröhren des VEB Röhrenwerk Neuhaus am Rennweg

Thüringer Industrie

Die in Thüringen ansässige Industrie war wesentlich beteiligt an der Herstellung von Produkten, die für Morsetelegrafie benötigt wurden. Dabei gehört zur

historischen Wahrheit, dass die Morsetelegrafie auch im militärischen Bereich intensiv genutzt wurde. Die in Erfurt und Neuhaus am Rennweg befindlichen Telefunken-Zweigstellen produzierten von 1937 bis 1945 Sende- und Empfängerröhren, die zu einem beträchtlichen Teil in der Militärtechnik Verwendung fanden. Eines der Standard-Produkte war die in HF- und NF-Baugruppen verwendete Universalpentode RV 12P 2000. Diese durch geringe Abmessungen von 21 mm Kolbendurchmesser und 51 mm Höhe gekennzeichnete Röhre war eine der ersten Telefunken-Röhren, in welcher der Quetschfuß durch einen Pressglasteller ersetzt wurde. Bis Kriegsende wurden in Neuhaus am Rennweg 815.000 Stück hergestellt. Bis Mitte der 1960er Jahre waren es insgesamt 2,45 Millionen Stück. [3] Die Röhre RV 12P 2000 kam in militärischen Sendern und Empfängern aller Wellenbereiche zum Einsatz.



Die Universalpentode RV 12P 2000 wurde bis Mitte der 1960er Jahre im VEB Röhrenwerk Neuhaus (Neuhaus a. Rwg.) hergestellt.

Die Olympia Büromaschinenwerke AG in Erfurt war von 1943 bis 1945 einer der unter Geheimhaltung stehenden Hersteller des Funkschlüssels „Enigma M4“, eines für die U-Boot-Kommunikation verwendeten Gerätes zur Ver- und Entschlüsselung durch Morsetelegrafie übertragener Funksprüche.

Nach dem 2. Weltkrieg setzten die Hersteller VEB Funkwerk Erfurt und VEB Röhrenwerk Neuhaus am Rennweg die Produktion von Sende- und Empfängerröhren für professionelle Funktechnik fort. Morsetelegrafie spielte in den 1950er Jahren noch eine wichtige Rolle. Die Herstellung von Senderöhren lief in Erfurt bis 1959 – ein Fakt, der heute kaum noch bekannt ist. Zum damaligen Sortiment gehörte unter anderem die strahlungsgekühlte Sendepentode RS 384, die nach einer neuen Systematik in SRS 502

umbenannt wurde. Die Röhre erfordert eine Heizspannung von 12,6 V. Der Heizstrom beträgt 9 A. In Abhängigkeit von Frequenz und Arbeitspunkt lässt sich mit 2,5 bis 3 kV Anodenspannung in der Betriebsart Telegrafie eine Ausgangsleistung von 800 W erreichen. Im Datenblatt ist vermerkt, dass die Temperatur des Glaskolbens 350 °C nicht überschreiten darf. Bei Bedarf muss die Verlustwärme durch ein Gebläse abgesaugt werden. In den 1960er Jahren übernahm der VEB Phönix Röntgenröhrenwerk Rudolstadt die Herstellung. Der Typ RS 384/SRS 502 wurde unter anderem in den Mittelwellen- und Kurzwellensendern der von 1957 bis 1961 auf der Warnowwerft Warnemünde gebauten 10.000-t-Frachtschiffe verwendet. Die meisten dieser Mehrzweck-Frachtschiffe erhielten Städtenamen. Im Mai 1959 wurde die MS Erfurt in Dienst gestellt, im Dezember 1960 die MS Gera. Auf erfurt-web.de sind einige Fotos der MS Erfurt abgebildet. [4]

Die C. Lorenz AG errichtete im Jahr 1937 in Mühlhausen ein Röhrenwerk. Mit Blick auf die Fertigungsstätten außerhalb des Hauptwerkes in Berlin heißt es in einer Festschrift zum 75-jährigen Firmenjubiläum: „Schon vor Beginn des zweiten Weltkrieges wurde aus Sicherheitsgründen von den Rüstungslenkungsstellen gefordert, die Fertigung kriegswichtiger Geräte zu dezentralisieren.“ [5] In Mühlhausen wurden unter anderem Batterieröhren für Tornisterfunkgeräte hergestellt. Ein Teil dieser transportablen Geräte war für Telegrafie geeignet. Zu den in Mühlhausen hergestellten Röhren gehört die Pentode RL 2,4 P2, eine Senderöhre kleiner Leistung für 2,4 V Heizspannung und 130 V Anodenspannung. Mit zwei Röhren dieses Typs in Gegentaktschaltung wird auf Kurzwelle eine Ausgangsleistung von etwa 3 W erreicht. Im Unterschied zu Erfurt und Neuhaus konnte die Produktion nach Kriegsende nicht einfach fortgesetzt werden, da US-amerikanische Besatzungstruppen die Ausrüstung nach Westdeutschland abtransportiert hatten. Der VEB Röhrenwerk Mühlhausen begann 1952 mit der Herstellung von Empfängerröhren.



Deckblatt einer Produktinformation zur Sendepentode RS 384/SRS 502, 1950er Jahre (Foto: Fritz Traxler)



Kurzwellen-Pentode RL 2,4 P2 der C. Lorenz AG (Foto: Patric Sokoll)

Heutige Anwendungen

Mit der großtechnischen Einführung des reichweitenstarken und energetisch effektiveren Einseitenband-Sprechfunks in den 1960er Jahren ging der Anteil der Morsetelegrafie zurück, blieb aber weiterhin in der praktischen Nutzung. [6] Morsetelegrafie findet heute noch Anwendung für die Kennung von Flughäfen durch ungerichtete Funkfeuer sowie im Amateurfunk. In den von nationalen Fernmeldeverwaltungen festgelegten Amateurfunk-Bandplänen wird der Morsetelegrafie eine große Bandbreite eingeräumt. Während für Sprechfunk und andere Betriebsarten nur Teilbereiche innerhalb der einzelnen Frequenzbänder zulässig sind, steht für die Morsetelegrafie fast die gesamte Bandbreite zur Verfügung. Heute sind es ausschließlich die Funkamateure, die Morsetelegrafie in größerem Umfang für weltweite Kommunikation nutzen und damit eine Tradition mit überwiegend moderner Technik lebendig halten. Funkfeuer, auch Funkbaken genannt, gibt es ebenfalls im Amateurfunk. Sie senden mit geringer Leistung ihr Rufzeichen, ihren Standort und gegebenenfalls Informationen zum Funkwetter in Telegrafie. Einen Sonderfall stellte die Funkbake DI2AM dar, die von 2007 bis 2012 von Funkamateuren betrieben wurde. Die Funkbake sendete vom Traditionsschiff MS Dresden in Rostock auf Mittelwelle 505,180 kHz. Diese Frequenz ist für Versuche zugelassen, gehört jedoch nicht zu den Frequenzbändern des Amateurfunks. Eine Langdrahtantenne, befestigt zwischen den beiden Signalmasten in 35 m Höhe über der Wasseroberfläche, ermöglichte eine verlustarme Abstrahlung. Mit einer effektiven Strahlungsleistung von nur 9 W war das Signal bei guter Raumwellenausbreitung auch in Erfurt zu empfangen. Das Experiment mit DI2AM sollte Interesse wecken für Amateurfunk auf Mittelwelle. Seit 2012 ist in Deutschland mit dem 630-m-Band der Frequenzbereich von 472 kHz bis 479 kHz für Amateurfunk zugelassen. In diesem schmalen Bereich sind Ausstrahlungen mit einer maximalen Bandbreite von 800 Hz und einer effektiven Strahlungsleistung von maximal 1 W erlaubt. Aufgrund der geringen Bandbreite kommen nur Telegrafie und computer-gestützte Datenformate für diesen Frequenzbereich infrage. Während des Kulturhauptstadtjahres 2025 in Chemnitz beteiligten sich Funkamateure mit Sonderrufzeichen an der Werbung für die Europäische Kulturhauptstadt. Dazu gehörten auch Funkverbindungen in Telegrafie im 630-m-Band.



Empfangsbestätigung der Funkbake DI2AM (Foto: DI2AM)

Morsezeichen in der Musik

Komponisten unterschiedlicher Genres haben den Reiz der Morsezeichen für die Verbindung mit Musik längst entdeckt. Der russisch-amerikanische Komponist Vladimir Ussachevsky (1911–1990) schrieb im Jahr 1960 mit „Wireless Fantasy“ ein Stück elektronischer Musik, das überwiegend aus Morsezeichen besteht. Karl-Heinz Stockhausen (1928–2007) komponierte 1968 „Kurzwellen“ für sechs Spieler und Kurzwellenempfänger. Große Bekanntheit erreichte die Band Kraftwerk mit ihrem 1975 veröffentlichten Titel „Radioactivity“. Zwischen den Textpassagen wird „radioactivity is in the air for you and me“ in Morsezeichen eingespielt. Auch andere Musiker, wie zum Beispiel Reinhard Mey, Mike Oldfield und Roger Waters, haben gelegentlich kurze Einblendungen von Morsezeichen in ihren Kompositionen verwendet. In der ersten Version der Erkennungsmelodie des ZDF Heute Journals ist „heute“ in Morsezeichen zu hören.

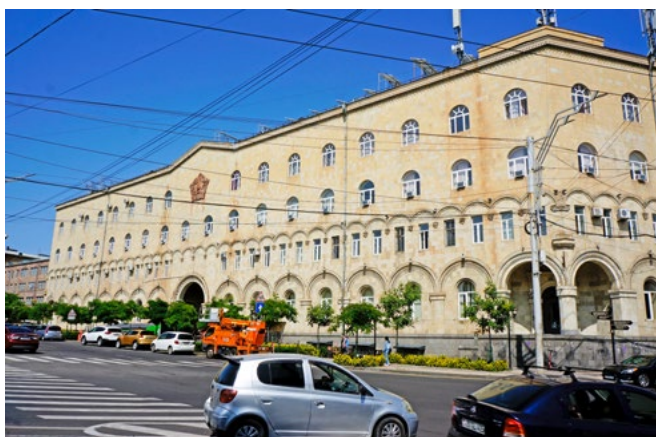
Vom immateriellen Kulturerbe Morsetelegrafie besteht eine direkte inhaltliche Verbindung zum materiellen Kulturerbe. Die schwedische Funkstation SAQ in Grimeton, die 1924 zur Übertragung von postalischen Telegrammen in die USA errichtet wurde, gehört seit dem Jahr 2004 zum UNESCO-Weltkulturerbe. [7] Mehrmals jährlich überträgt SAQ auf Längstwelle 17,2 kHz Funksprüche in Telegrafie für die Öffentlichkeit. Morsetelegrafie als immaterielles und materielles Kulturerbe ist somit neben der historischen Erinnerung weiterhin mit unserem Alltagsleben verbunden.

Quellen:

- [1] <https://www.unesco.de/staette/morsetelegrafie/>
- [2] <https://de.wikipedia.org/wiki/Funkerschrift>
- [3] Das „Röhrenwerk“ in Neuhaus am Rennweg, Heimatverein Neuhaus am Rennweg e.V., 2016
- [4] https://erfurt-web.de/Typ_IV
- [5] Autorenkollektiv: 75 Jahre Lorenz, Festschrift der C. Lorenz AG, Stuttgart 1955
- [6] <https://de.wikipedia.org/wiki/Einseitenbandmodulation>
- [7] Gerhard Roleder: 100 Jahre Längswellenstation Grimeton, ON.LINE 16.2024

Bildrechte:

Wenn nicht anders angegeben, liegen die Bildrechte beim Autor.



Rundfunkgebäude des Armenischen Rundfunks, 2025



Logo des Armenischen Rundfunks aus Sowjetzeiten, 2025

Anfrage an Radio Jerewan

Stephan Hloucal, Erfurt

Vielen ist Radio Jerewan (Eriwan, Yerevan) noch in guter Erinnerung, jedoch weniger als Radiosender in Armenien, sondern eher als schier unerschöpfliche Quelle von politischen Witzen aus der Sowjetunion und aus Ländern hinter dem Eisernen Vorhang. Doch einen gleichnamigen Rundfunksender gab es tatsächlich. Am 1. September 1926 wurde das erste Rundfunkprogramm als „Voice of Yerevan“ ausgestrahlt. Anfänglich war die Reichweite des Senders auf Jerewan und Umgebung beschränkt. Ein regelmäßiges Rundfunkprogramm, welches vom Republikanischen Rundfunkkomitee geleitet wurde, gab es ab 1929. Zusätzlich wurden ab 1947 auf Kurzwelle Programme für die im Ausland lebenden Armenier ausgestrahlt. Armenien gelangte zu Beginn der 1920er Jahre in die Einflussphäre der Sowjetunion und bestand bis zu deren Zerfall als Armenische Sozialistische Sowjetrepublik. [1] [2]

Erwähnenswert sind die ab Mitte der 1950er Jahre vom Armenischen Rundfunk ausgestrahlten Programme in kurdischer Sprache. Über die armenischen Landesgrenzen hinaus wurde so kurdische Kultur und Identität gestärkt, die seinerzeit in der benachbarten Türkei und anderen Ländern verboten war.

In der heutigen Alex Maoocian Street (No. 5), Ecke Sayat-Nova-Avenue, wurde in den 1950er Jahren ein neues Sendehaus gebaut. Ein monumentales Gebäude, welches heute nur noch zu einem Teil für Rundfunkzwecke genutzt wird. Zu sowjetischen Zeiten war das anders, aber die Zeiten des Rundfunks haben sich in den letzten Jahrzehnten stark verändert. Über dem Haupteingang ist an der Fassade noch ein großes fünfeckiges Logo aus Sowjetzeiten erhalten. Darauf sind Hammer und Sichel im Sowjetstern zu sehen, die von Funkstrahlen und Granatäpfeln umkränzt sind. Das Logo aus rotbraunem Tuffstein hebt sich gut sichtbar aus der hellen Tuffsteinfassade heraus.

Vor dem linken Gebäudeeingang ist eine bronzene Klangskulptur platziert. Aus einem in der Skulptur befindlichen Lautsprecher ist das aktuelle Radioprogramm des armenischen Rundfunks zu hören. Die öffentlich-rechtliche Rundfunkanstalt Armeniens hat hier ihren Sitz. Sie ist Teil des Auslandssenders Armenien Radio Intercontinental „Voice of Armenia“, die ebenso in dem alten stattlichen Rundfunkgebäude untergebracht ist. Etwa zwei Kilometer südöstlich der Rundfunkanstalt befindet sich der 311 m hohe Fernsehturm, welcher 1977 in Betrieb genommen wurde, eine Stahlfachwerkkonstruktion mit dreieckiger Gitternetzstruktur.

Kaum zu glauben, dass ab 1960 die Radio-Jerewan-Witze von der Redaktion des armenischen Rundfunks ersonnen und gesendet wurden. Manche Witze, die



Blick zum Fernsehsender in Jerewan, 2025

man sich damals auf der Straße erzählte, wurden von den Redakteuren aufgenommen und später kamen aus dem Ausland weitere hinzu. Warum aber entstanden die Witze ausgerechnet in Armenien? Die Armenier sind bekannt für ihren ausgesprochenen Humor. Auch wenn es hin und wieder empörte Kritik von Parteikadern gab, wurde im Witzeteam fleißig gearbeitet. Außerdem war der Kreml in Moskau weit weg und hinter dem Großen Kaukasus fühlte man sich freier und sicherer. Zudem war das armenische Sowjetsystem weit weniger repressiv als das anderer Sowjetrepubliken. Dennoch gehörte ein gewisser Mut dazu, sich über die alltäglichen Missstände und Pannen des real existierenden Sozialismus lustig zu machen. Diese wurden mit subversivem Humor aufs Korn genommen und ins Lächerliche gezogen. Und das noch dazu über den Rundfunk! Die Radio-Jerewan-Witze leben davon, dass sie sich selbst widersprechen. Dadurch wird die Anfangsaussage unsinnig. Mit diesem Sprachspiel werden widersinnige Situationen sogar noch auf die Spitze getrieben. Die Witze folgen einem immer gleichen Muster: Auf eine neugierige oder kritische Anfrage an Radio Jerewan folgt eine zweideutige Antwort, zumeist im hölzernen Ton der Sowjetpropaganda. Begonnen wird der Witz immer mit einer Frage, deren Antwort mit „Im Prinzip ja“ oder „Im Prinzip nein“ eingeleitet wird. Es sind nur wenige Ausnahmefälle bekannt, in denen Radio-Jerewan mit einer Gegenfrage antwortet.

Verbreitung fanden die Sender-Jerewan-Witze nicht nur über den armenischen Rundfunk, sondern auch über die Zeitschrift „Sputnik“, die von der sowjetischen Presseagentur Ria Novosti ab 1967 in vielen

Sprachen verbreitet wurde. Die deutschsprachige „Sputnik“-Ausgabe wurde in Ost- und Westdeutschland gelesen. Auch wurden die Radio-Jerewan-Witze an die früheren DDR-Verhältnisse und den hier real existierenden Sozialismus adaptiert. Nicht immer hatten die Witze einen politischen Hintergrund. Manche rutschten in die unterste Schublade, auf die der Autor hier besser nicht eingehen wird.



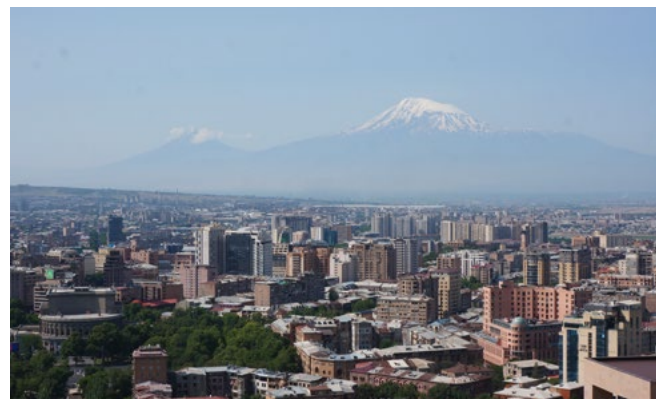
Öffentlich-rechtlicher Rundfunk Armeniens, 2025



Logo des öffentlich-rechtlichen Rundfunks Armeniens, 2025



Eingang zum öffentlich-rechtlichen Rundfunk Armeniens mit Klangskulptur, 2025



Blick über Jerewan zum kleinen und großen Ararat (5.137 m), 2025

Mit dem Zusammenbruch der ehemaligen Sowjetunion erlangte am 21. September 1991 die Republik Armenien ihre volle staatliche Selbstständigkeit. Damit schwand auch die Bedeutung der Radio-Jerewan-Witze, obwohl sie immer noch erheitern und teilweise aktueller sind denn je:

Anfrage an Radio Jerewan:

Stimmt es, dass Iwan Iwanowitsch in der Lotterie ein rotes Auto gewonnen hat?

Antwort:

Im Prinzip ja. Aber es war nicht Iwan Iwanowitsch, sondern Pjotr Petrowitsch. Und es war kein rotes Auto, sondern ein blaues Fahrrad. Und er hat es nicht gewonnen, sondern es ist ihm gestohlen worden. Alles andere stimmt.

Anfrage an Radio Jerewan:

Ist es möglich, auch in einem hochindustrialisierten Land den Sozialismus einzuführen?

Antwort:

Im Prinzip ja, aber es wäre schade um die Industrie.

Anfrage an Radio Jerewan:

Gibt es in der Sowjetunion eine Pressezensur?

Antwort:

Im Prinzip nein. Es ist uns aber leider nicht möglich, auf diese Frage näher einzugehen.

Anfrage an Radio Jerewan:

Ich habe gehört, dass bei uns nicht mehr so viele Betten produziert werden wie früher. Stimmt das?

Antwort:

Im Prinzip ja. Wozu auch? Die Intelligenz ist auf Rosen gebettet, die Aktivisten ruhen sich auf ihren Lorbeeren aus, die Arbeiter, Bauern und Soldaten halten Friedenswacht, der Klassenfeind schläft nicht, und der Rest sitzt.

Anfrage an Radio Jerewan:

Darf ich jetzt wieder Äpfel aus Tschernobyl essen?

Antwort:

Im Prinzip ja. Aber die Kerne müssen Sie danach in einem Bleifass vergraben.

Anfrage an Radio Jerewan:

Stimmt es, dass auch Flöhe und Wanzen eine Revolution machen könnten?

Antwort:

Im Prinzip ja, denn auch in ihnen fließt das Blut der Arbeiterklasse.

Anfrage an Radio Jerewan:

Können Sozialistische Leiter sozialistisch leiten?

Antwort:

Diesmal müssen wir mit einer Gegenfrage antworten: Können Zitronenfalter Zitronen falten?

Quellen:

- [1] https://de.wikipedia.org/wiki/Rundfunk_in_Armenien
- [2] https://de.wikipedia.org/wiki/Armenische_Sozialistische_Sowjetrepublik
- [3] https://de.wikipedia.org/wiki/Radio_Eriwan
- [4] <https://www.cicero.de/aussenpolitik/eine-frage-radio-eriwan/42601>
- [5] <http://www.arradio.am/about.html>
- [6] <https://en.armradio.am/>

Bildrechte:

Wenn nicht anders angegeben, liegen die Bildrechte beim Autor.

Digitale „Handheld“-Multimeter aus Erfurt – eine historische Einordnung

Stephan Hloucal, Erfurt

Der VEB Funkwerk/Mikroelektronik Erfurt (FWE/MME) war der wichtigste Hersteller von digitalen elektronischen Messgeräten in der ehemaligen DDR. Präzisions-Digitalvoltmeter und Frequenzzähler aus Erfurt waren nicht nur in den wissenschaftlichen Laboratorien von Universitäten, Hochschulen, Forschungseinrichtungen und den DDR-Industriebetrieben gefragt. Auch in den RGW-Ländern waren sie sehr begehrt. In den 1980er Jahren sollte auch dem steigenden Bedarf an digitalen Messgeräten für den Servicebereich entsprochen werden. Für Servicearbeiten ist die hohe Genauigkeit eines Präzisionsmessgeräts nicht erforderlich, sodass man sich in der Entwicklungsabteilung des Gerätewerks im FWE Gedanken machte. Ein sogenannter Weltstandsvergleich stand immer am Anfang eines Entwicklungsvorhabens. In der Regel wurde die verfügbare westliche Fachliteratur, wie Electronics, Funkschau oder Elektronik, ausgewertet. Manchmal gelangten auch interessante Messgeräte über kreative Handelswege in die DDR, sodass eine „Fremdmusteranalyse“ durchgeführt werden konnte. Auf internationalen Messen wie Leipzig, Brunn oder Hannover waren gegen Ende der 1970er Jahre bereits handliche Digitalmultimeter verschiedener Hersteller zu sehen. Mit Batterien betrieben wurden sie für den mobilen Einsatz beworben. Die Messwertanzeige erfolgte mittels 7-Segment-LED oder LCD-Anzeigen. Diese Geräte hatten ein geringes Gewicht und ein handliches Format, sodass man beim mobilen Arbeiten keinen Krampf in der haltenden Hand befürchten musste. Mit den sogenannten „Handhelds“ sind also (schnurlose) Messgeräte gemeint. Einige der damals auf dem internationalen Markt verfügbaren Handheld-Multimeter werden hier vorgestellt, ohne den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

1977 – Fluke 8020A

Die Geschichte der digitalen Handmultimeter beginnt in den USA mit einem integrierten Schaltkreis (IC), der zunächst die schlichte Teilenummer 429100 trägt. Er wird als ICL7106 Elektronikgeschichte schreiben. Die US-amerikanische John Fluke MFG. Co., Inc. brachte 1977 das Handmultimeter Fluke 8020A auf den Markt. Damit setzte Fluke internationale Maßstäbe! Klein, handlich, robust und nur 370 Gramm leicht. Für den harten Einsatz im Service, auf Baustellen und in der Werkstatt genau das Richtige. Auch der Preis von 169 US\$ konnte überzeugen.

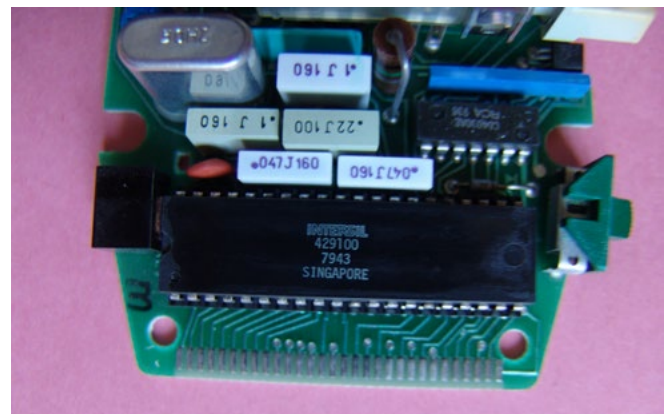


Multimeter Fluke 8020A

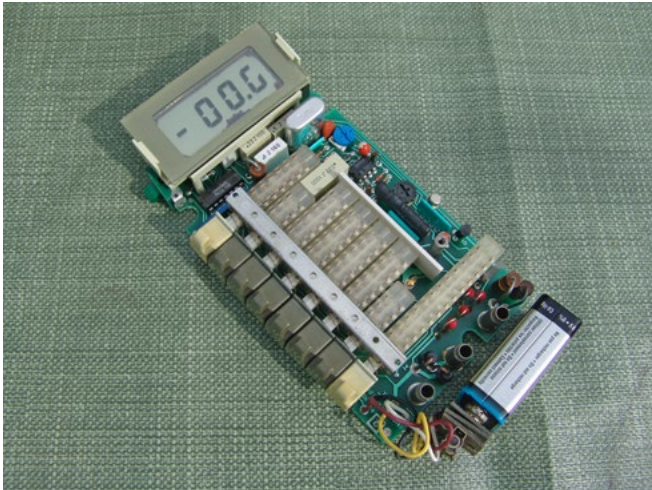
Das Fluke 8020A verfügt über folgende Messbereiche:

- Gleichspannung: 100 μ V–1.000 V (+/- 0,1 % + 1 Digit)
- Wechselspannung: 100 μ V–750 V, (+/- 0,75 % + 2 Digit)
- Gleichstrom: 1 μ A–2 A (+/- 0,75 % + 1 Digit)
- Wechselstrom: 1 μ A–2 A (+/- 1,5 % + 2 Digit)
- Widerstände: 0,1 Ω –20 M Ω (+/- 0,1 % + 1 Digit)
- Leitwert: 0,1 nS–2 mS (+/- 0,2 % + 1 Digit)

Mit einer 9 Volt Alkaline-Batterie sind bis zu 200 Stunden kontinuierlicher Betrieb möglich. In allen Messbereichen wird eine automatische Nullpunkt-korrektur realisiert. Außerdem wird die Polarität der angelegten Spannung automatisch erkannt und eine Batteriezustandsanzeige signalisiert einen rechtzeitig zu veranlassenden Wechsel der Batterie. Varistoren und Sicherungswiderstände schützen die Eingangsschaltung vor unzulässigen Spannungen. Der nach dem Doppel-Flanken-Integrations-(Dual-Slope) Verfahren arbeitende Analog-Digital-Converter (ADC) mit integriertem LCD-Treiber, vom Typ 429100, benötigt nur wenige periphere passive Bauelemente. Dieser IC war eine spezielle Entwicklung der Intersil Inc. gemeinsam mit Fluke für das Multimeter 8020A.



Analog-Digital-Converter IC Intersil 429100

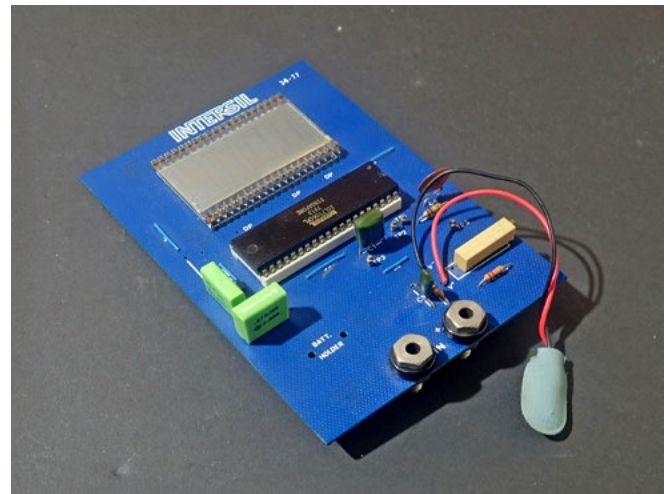


Multimeter Fluke 8020A, Innenansicht

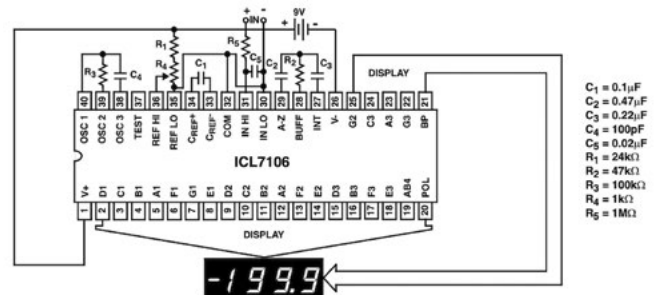
Ab 1978 vermarktete Intersil von diesem IC eine geringfügig modifizierte Version unter der Typenbezeichnung ICL7106. Dabei wurde offenbar ein Fluke-Patent verletzt. Eine außergerichtliche Einigung verhinderte langwierige Prozesse, sodass der 429100 von Fluke auch weiterhin in seinen Digitalmultimetern verbaut werden konnte und der Vermarktung des ICL7106 durch Intersil nichts im Wege stand. Schaut man sich das Innere des 8020A an, so fällt auf, dass nur wenige aktive und passive Bauelemente benötigt werden. Die Leiterplatte wird von dem Tastensatz für die Messbereichs- und Betriebsartenwahl dominiert. Der ADC-IC 429100 und zwei weitere ICs sind neben Widerstandsnetzwerken, Kondensatoren und einem Quarz zu finden. Die Flüssigkristallanzeige mit einer Ziffernhöhe von 12 mm ist direkt über dem IC 429100 angeordnet.

Der ICL7106 (429100) ist ein stromsparender 3½-stelliger A/D-Wandler mit integriertem 7-Segment-decoder, Anzeigetreiber, einer Referenzspannung und einem Taktgenerator. Er ist für den direkten Anschluss an eine Flüssigkristallanzeige (LCD) ausgelegt und verfügt über einen Multiplex-Backplane-Treiber. Auf einem Chip sind hohe Genauigkeit, Vielseitigkeit und Wirtschaftlichkeit vereint: mit einer automatischen Nullpunktkorrektur auf weniger als 10 µV, einer Nullpunktdrift von weniger als 1 µV/°C, einem Eingangsstrom von maximal 10 pA und einem Rollover-Fehler von weniger als einem Zählwert. Mit den echten Differenzeingängen und der internen Referenz sind Messungen von Differenzsignalen, z.B. mit Wägezellen, Dehnungsmessstreifen, Thermo-

elementen und anderen Brückenaufnehmern, möglich. Intersil bot zudem 1977 ein Evaluations-Kit für weniger als 30 US\$ an, bestehend aus dem ICL7106, den erforderlichen passiven Bauelementen und der 3½-stelligen LCD-Anzeige. Damit wurde für eine rasche Verbreitung des ICL7106 in der Elektronikwelt gesorgt.



Evaluations-Kit Intersil ICL7106, Bild aus [1]



Schaltbild des ICL7106 mit LCD-Anzeigen, Bild aus [17]

Im Laufe der Jahre entwickelte Intersil weitere ADC-IC's mit verbesserten Kennwerten:

- ICL7106: 3½ Stellen, 7-Segment-LCD
- ICL7107: 3½ Stellen, 7-Segment-LED
- ICL7109: 12-Bit-ADC
- ICL7116: 3½ Stellen, 7-Segment-LCD, Anzeige mit HOLD-Funktion
- ICL7117: 3½ Stellen, 7-Segment-LED, Anzeige mit HOLD-Funktion
- ICL7126: verbesserter ICL7106 (CMOS), Versorgungsstrom 100 µA, Batterielaufzeit 8.000 h
- ICL7136: verbesserter ICL7126 (CMOS)
- ICL7135: 4½ Stellen, BCD-codierte Ausgänge

Auch andere Chip-Hersteller wie Harris, Cyprestek oder Maxim produzierten diesen überaus erfolgreichen Analog-Digital-Wandler IC. Im damaligen Ostblock stellten in der Tschechoslowakei Tesla den MHB7106, in der DDR das FWE/MME den U7106D, das Halbleiterwerk Frankfurt/Oder den C7136D und in der Sowjetunion den KP572ПВ5 her. Renesas, der Nachfolger von Intersil, bietet diesen erfolgreichen IC heute noch an. Erhältlich ist der ICL7106 in einem 40-poligen DIL-Gehäuse. Aber auch als PDIP, MQFP und COB wird er produziert. Besonders die Chip-on-Board-Version (COB) ist ideal für den Einsatz in kostengünstigen Multimetern, die heute in fast jedem Baumarkt angeboten werden. Seit nunmehr fast 50 Jahren wird dieser erfolgreiche ADC-IC hergestellt. Ab 1984 brachte Fluke das weiterentwickelte Multimeter 8020B auf den Markt.



Multimeter Philips PM2517E und PM2517X

Schaltungstechnisch sind einige Besonderheiten festzustellen. Die Umwandlung des analogen Eingangssignals in digitale Signale erfolgt mit einem Sigma-Delta-Wandler. Dieser besteht aus dem Sigma-Delta-Modulator, der aus dem Eingangssignal ein bitserielles Signal erzeugt, aus welchem sich dann in einem Tiefpassfilter der Mittelwert vom Eingangssignal gewinnen lässt. Der Mittelwert des bitseriellen Signals entspricht dem Eingangssignal und kann digital weiterverarbeitet werden. Eine ausführliche Erklärung des Sigma-Delta-Verfahrens ist in [7] zu finden.

Messbereiche der Multimeter PM2517E/X:

- Gleichspannung: 999,9 mV–999,9 V (+/- 0,2 % + 1 Digit)
- Wechselspannung: 99,99 V–999,9 V (+/- 0,5 % + 1 Digit)
- Gleichstrom: 99,99 mA–9,999 A (+/- 0,5 % + 1 Digit)
- Wechselstrom: 99,99 mA–9,999 A (+/- 0,8 % + 1 Digit)
- Widerstände: 999,9 Ω –9,999 M Ω (+/- 1 % + 1 Digit)
- Temperatur: -60 °C + 200 °C (+/- 1 % + 2 °C)

Öffnet man das Gehäuse, was äußerlich einem Brikett nicht unähnlich ist, so ist eine Leiterplatte mit dem Drehschalter für die Messartenwahl, drei Tastenschalter für die Messbereichswahl, sechs ICs, diverse passive Bauelemente, Transistoren und die Anzeigeleiterplatte zu sehen. Diese verdeckt die beiden großen ICs, die für die AD-Wandlung zuständig sind. Die integrierten Schaltkreise wurden speziell für dieses Multimeter entwickelt. Für andere Anwender standen diese nicht zur Verfügung.

1979 - Normatest D1210 - Siemens B1000

Die österreichische Norma Messtechnik GmbH, mit Sitz in Wien, stellte 1979 das 3½-stellige Multimeter DM1210 vor. Die analogen Multimeter, die Norma damals herstellte, waren mit einem Drehschalter für die Messbereichswahl und einem Schiebeschalter

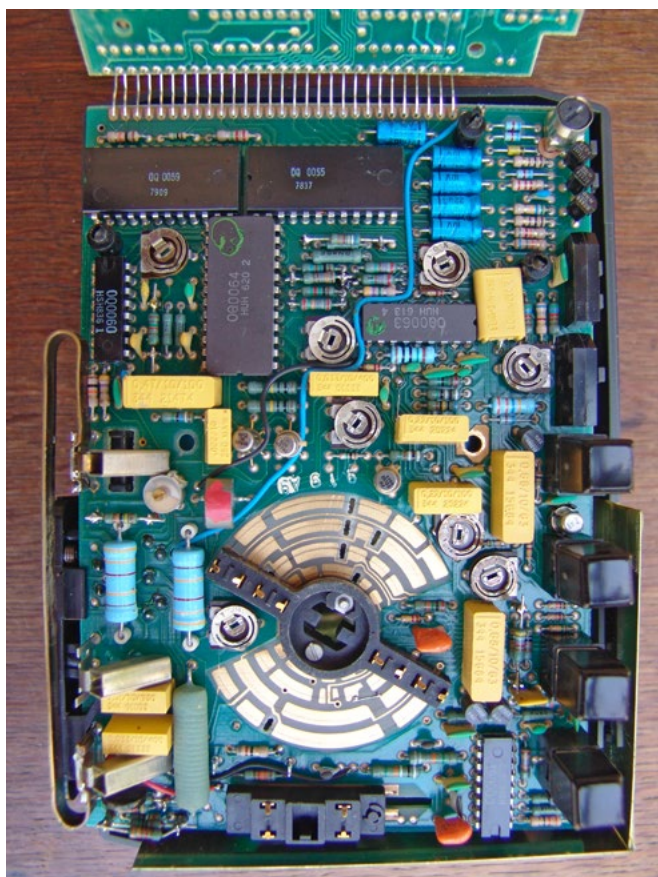


Multimeter Fluke 8020B

In den folgenden Jahren ergänzte Fluke das Sortiment der „Handhelds“ um weitere Modelle. [2] [3] [4] Noch heute ist Fluke auf dem internationalen Markt der Handmultimeter mit innovativen Produkten aktiv. Der seitliche Tastensatz ist jedoch längst einem zentralen Drehschalter gewichen.

1978 - Philips PM2517E und PM2517X

Die Firma Philips N.V. mit Sitz im niederländischen Eindhoven, brachte 1978 die automatischen Digitalmultimeter PM2517E und PM2517X auf den Markt. Diese konnten mit vier 1,5-V-Baby-Batterien (R14) netzunabhängig oder mit einem Niederspannungsnetzgerät betrieben werden. Bei beiden Multimetern sind die Analogteile identisch. Schaltungstechnische Unterschiede bestehen im Digitalteil und bei der Anzeige. Für den Analogteil hatte die Halbleiter-Sparte von Philips vier und für den Digitalteil zwei spezielle integrierte Schaltkreise entwickelt. Das PM2517E verfügt über eine vierstellige 7-Segment-LED-Anzeige und das PM2517X über eine vierstellige 7-Segment-LCD-Anzeige. Mit einer Länge von 120 mm, einer Höhe von 62 mm, einer Breite von 170 mm und einem Gewicht von 960 Gramm (inklusive Batterien), kann man diese Geräte eher als transportable Aktentaschen- oder Tischmultimeter bezeichnen. Der Preis lag damals bei 690 DM. [6]



Multimeter Philips PM2517E, Innenansicht

für die Auswahl der Messart ausgestattet. Letzterer fungiert gleichzeitig als Ein/Aus-Schalter. Diese Konfiguration wurde bei der digitalen Variante übernommen und statt des Zeigerinstruments eine LCD-Anzeige mit 18 mm Ziffernhöhe verbaut. Eine bemerkenswerte Lösung ist die federbelastete Arretierung der Messleitungen an den Messbuchsen des D1210. Bei Zugbelastung können die, möglicherweise spannungsführenden, Bananenstecker nicht herausgezogen werden. Als ADC wurde der bewährte ICL7106 eingesetzt und mit der LCD-Anzeige entstand ein kleines handliches Digital-Multimeter, welches von Norma als D1210 und für die Siemens AG mit der Typenbezeichnung B1000 angeboten wurde.

Abmessungen: 160 mm x 98 mm x 50 mm, Gewicht 420 g inklusive Batterien, vier Stück 1,5-V-IEC-R6-Zellen.



Multimeter Normatest D1210

Messbereiche des Normatest D1210:

- Gleichspannung: 100 μ V–1.000 V (+/- 0,1 % + 1 Digit)
- Wechselspannung: 100 μ V–750 V (+/- 1 % + 1 Digit)
- Gleichstrom: 1 μ A–20 A (+/- 0,6 % + 1 Digit)
- Wechselstrom: 1 μ A–10 A (+/- 1 % + 1 Digit)
- Widerstände: 0,1 Ω –20 M Ω (+/- 1 % + 1 Digit)

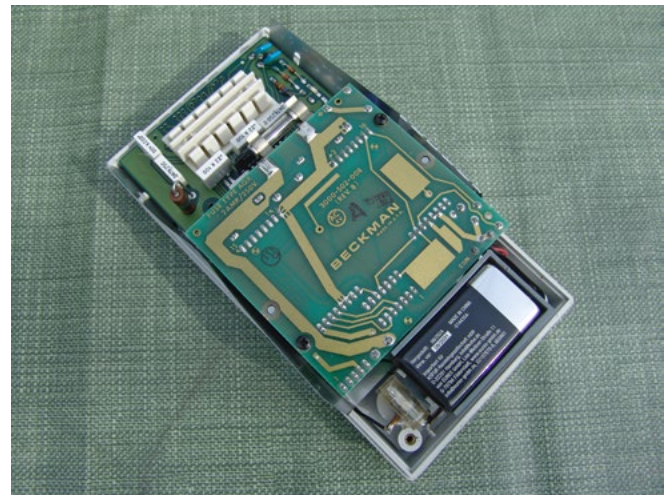
1979 - Beckman BP3020

Die US-amerikanische Beckman Instruments Inc. brachte Ende der 1970er Jahre drei Modelle von Handheld-Multimetern auf den Markt: die Modelle BP3010, BP3020 und RMS3030. Mit dem RMS3030 konnten echte Effektivwertmessungen von Wechselspannungen und Wechselströmen durchgeführt werden. Diese wichtige Option konnten andere Hersteller von Handheld-Multimetern seinerzeit nicht anbieten.

Die Modelle BP3010 und BP3020 unterscheiden sich lediglich in der Genauigkeit. Eingesetzt wurde darin der Chip Nr. 270-100, ein COB-Bauelement, das direkt die LCD-Anzeige antreibt. Den Aufbau der LCD-Anzeige mit dem COB-Schaltkreis in Form eines Stapels erscheint etwas umständlich, und in Anbetracht des Alters der Plastik-Klammer hat der Autor es nicht versucht, diese Anordnung näher zu untersuchen. Funktionell scheint sich hinter dem Klecks Epoxidharz ein Chip ähnlich dem ICL7106 zu verbergen.



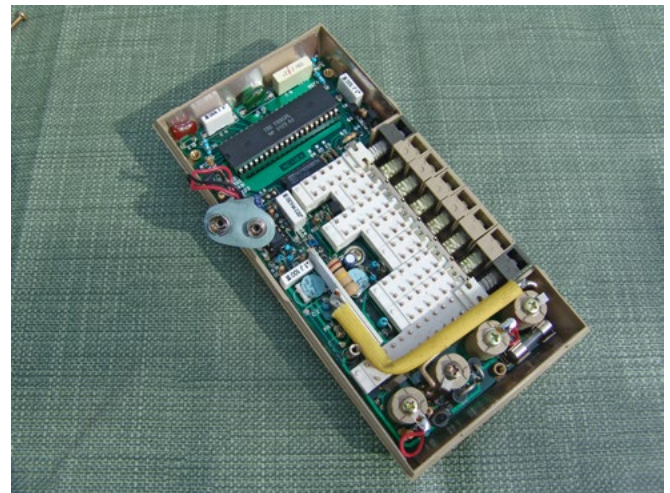
Multimeter Beckman BP3020



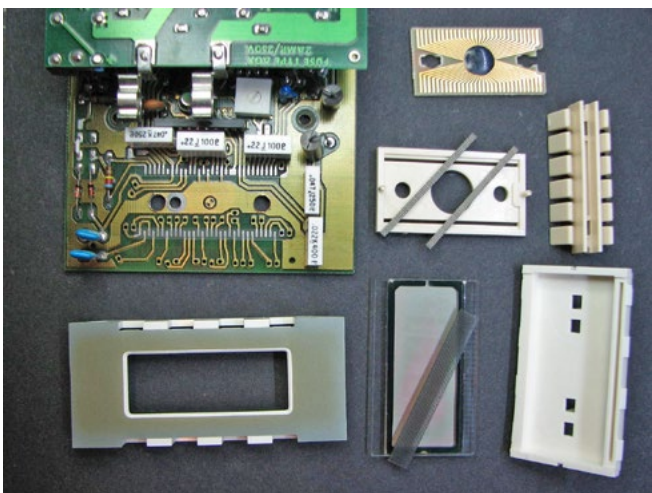
Multimeter Beckman BP3020, Innenansicht



Multimeter Voltcraft 6010



Multimeter Voltcraft 6010, Innenansicht



ADC-Baugruppe Beckman BP3020, rechts oben das COB-Bauelement, Bild aus [18]

Abmessungen: 174 mm x 93 mm x 46 mm, Gewicht 453 g inklusive Batterie. [15]

Messbereiche des Beckman BP3020:

- Gleichspannung: 100 μ V–1.500 V (+/- 0,1 % + 1 Digit)
- Wechselspannung: 100 μ V–1.000 V (+/- 0,6 % + 3 Digit)
- Gleichstrom: 1 μ A–10 A (+/- 0,35 % + 1 Digit)
- Wechselstrom: 1 μ A–10 A, (+/- 0,9 % + 1 Digit)
- Widerstände: 0,1 Ω –20 M Ω , (+/- 0,3 % + 1 Digit)

1980 - Voltcraft 6010

Basierend auf der Grundidee des Fluke 8020A, mit dem seitlichen Tastensatz und unter Verwendung des ICL7106, kam zu Beginn der 1980er Jahre das Voltcraft 6010 auf den Markt. Äußerlich sind nur wenige Unterschiede zu dem Fluke 8020A auszumachen. Das Gerät ist geringfügig kleiner als das Fluke 8020A und wiegt betriebsfertig nur 325 Gramm.



Multimeter Siemens B1002

1983 - Siemens B1002

Auch die Siemens AG erkannte ihre Chance auf dem Markt der Handmultimeter, nachdem sich die von Norma hergestellten B1000 gut verkaufen ließen. Mit dem B1002 stellte Siemens ein eigenes Digitalmultimeter auf Basis des TSC7126 von der Taiwan Semiconductor Company, Ltd und mit einer 12,7 mm LCD-Anzeige her. Der TSC7126, der dem ICL7126 entspricht und eine Weiterentwicklung des ICL7106 ist, wurde bekanntlich auch von verschiedenen anderen Halbleiterproduzenten angeboten. Dank CMOS-Technologie konnte die Stromaufnahme deutlich gesenkt und die Batterielaufzeit erheblich verlängert werden. Anders als bei den Multimetern von Fluke und Voltcraft, blieb Siemens jedoch dem zentralen Drehschalter für die Messbereichs- und Messartenwahl treu.

Das hier vorgestellte Modell wurde 1983 hergestellt, wiegt betriebsfertig 325 Gramm und ist mit 174 mm x 94 mm x 43 mm kaum größer als das Fluke 8020A. Interessant gelöst ist die Frage der Befestigung der beiden Plastikgehäuseschalen gänzlich ohne Schrauben mittels zweier Rastnasen. Zum Öffnen, z.B. bei Batteriewechsel, sind nur mit einem dünnen Gegenstand die zwei Rastnasen zur Seite zu drücken und die Unterseite trennt sich vom Messgerät. Eine clevere Lösung. Neben der Messung von Strom, Spannung und Widerstand, ist auch der Test von Dioden und eine Durchgangsprüfung möglich.



Multimeter Siemens B1002, Innenansicht

Zusätzlich wurden für das B1002 Hochspannungstastköpfe bis 30 kV, Hochfrequenzastköpfe bis 800 MHz, eine Strommesszange und ein Temperaturastkopf angeboten.

Messbereiche des B1002:

- Gleichspannung: 100 μ V - 1.000 V (+/- 0,1 % + 1 Digit)
- Wechselspannung: 100 μ V - 750 V (+/- 0,75 % + 3 Digit)
- Gleichstrom: 1 μ A - 20 A (+/- 0,75 % + 1 Digit)
- Wechselstrom: 1 μ A - 10 A (+/- 1,5 % + 2 Digit)
- Widerstände: 0,1 Ω - 20 M Ω (+/- 0,3 % + 1 Digit)

Meratronik V561

Gegen Ende der 1980er Jahre gelangten in geringen Stückzahlen auch Multimeter des Typs V561 von der polnischen Firma Meratronik in die DDR. Heute sind diese sehr selten zu finden. Das V561 basiert im Wesentlichen auf dem Fluke 8020B und ist ebenso mit dem A/D-Wandler Intersil ICL7106 und einer LCD-Anzeige ausgestattet. [8] [9]

Auch die Firma PolMed aus der VR Polen stellte Multimeter her, über die heute jedoch nur wenige Informationen zu finden sind. Vermutlich wurden die Typen DM51, DM53 und DM56A nur in Polen verkauft und kamen dort vorrangig im medizinischen Bereich zum Einsatz.



Multimeter Meratronik V561, Bild aus [8]

1984 - Das Multimeter G-1004.500 aus dem Funkwerk Erfurt

Bereits 1980 begannen die Entwicklungsarbeiten für einen Prototypen eines Taschenmultimeters Typ G-1004. Im Rahmen eines KdT-Projekts sollte die „Schaffung der Voraussetzungen für die Produktion eines Taschenmultimeters als hochwertiges Konsumgut des VEB FWE zur Absicherung des Auf- und Ausbaus der Wartungs- und Servicekapazitäten für hochwertige Erzeugnisse mit mikroelektronischen Bauelementen“ untersucht werden. [19] Den Anstoß dazu gab die Absatzabteilung im FWE, deren „Reisekader“ Messen und Ausstellungen im westlichen Ausland besuchen durften und den internationalen Trend aufmerksam verfolgten. Zunächst musste untersucht werden, mit welchen aktiven und passiven Bauelementen aus DDR-Produktion ein Handmultimeter hergestellt werden könnte. Eine diesbezügliche Auswertung von Fachliteratur und westlicher Elektronikzeitschriften sowie eine Analyse der notwendigen elektrischen und mechanischen Erfordernisse wurden in einem schriftlichen Bericht zusammengefasst. Auf dieser Basis konnte 1983 im Rahmen einer Studie ein Labormuster entwickelt werden, das „URI-fix“, welches in ON.LINE 17.2025 [5] beschrieben ist. Darin kam der ICL7106 von Intersil zum Einsatz. Beschafft wurden seinerzeit über die DDR-Handelsvertretung in Bonn drei Stück des ICL7106. Einer davon wurde einer „Fremdmusteranalyse“ im FWE-Halbleiterwerk unterzogen und für die Messgeräteentwicklung des URI-fix standen die beiden anderen zur Verfügung. Obwohl das Ergebnis der Studie erfolversprechend war und auf dem Weltmarkt verschiedene Multimetervarianten angeboten wurden, entschied sich die Messgeräteentwicklung für ein Multimeter auf Basis des ICL7106. Dieser war auf dem Weltmarkt verfügbar, im Gegensatz zu den kundenspezifischen Schaltkreisen von Philips bzw. dem kundenspezifischen COB-Bauelement von Beckman.



Multimeter G-1004.500

Eines der Entwicklungsmuster befindet sich in der Messgerätesammlung des Thüringer Museums für Elektrotechnik. Es ist in einem aus einem PVC-Stück gefrästen Gehäuse eingebaut. Die Spritzgussformen für die Gehäuse der Serienfertigung waren damals noch nicht fertig. Als Vorbild diente sicher das Fluke 8020A, denn es wurde einiges von der Funktionalität des Fluke-Multimeters übernommen, z. B. die seitlich angeordneten Tastenschalter für die Betriebsarten- und Messbereichswahl und eine 3½-stellige digitale 7-Segment-Flüssigkristall-Anzeige. Statt der 9-V-Batterie kamen die preiswerteren IEC-R6-Zellen, heute AA-Batterien, zum Einsatz, was jedoch zu einer etwas größeren Gehäusebauform führte. In dem Batteriefach finden sechs Stück der 1,5-V-Batterien Platz. Neben der Messung von Spannungen, Strömen und Widerständen, konnten auch akustische Durchgangsprüfungen und Diodentests vorgenommen werden:

- Gleichspannung: 100 μ V–1.000 V (+/- 0,25 % + 2 Digit)
- Wechselspannung: 100 μ V–1.000 V (+/- 1 % + 4 Digit)
- Gleichstrom: 100 nA–10 A (+/- 0,5 % + 1 Digit)
- Wechselstrom: 100 nA–10 A (+/- 1,25 % + 4 Digit)
- Widerstände: 0,1 Ω –20 M Ω (+/- 0,5 % + 3 Digit)

Zentrales Bauelement im G-1004.500 sollte der Analog-Digital-Wandler-IC ICL 7106 sein, der 1978 von der US-amerikanischen Firma Intersil Inc. angeboten wurde. Die grundlegende Beschaltung des ICL7106 war im Wesentlichen von Intersil vorgegeben. Für das Multimeter mussten jedoch verschiedene mechanische und elektronische Bauelemente von Kooperationspartnern neu entwickelt werden, da diese bislang nicht in deren Fertigungsprogramm verfügbar waren. Der VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin (WF), der schon 7-Segment-LED-Anzeigen und LCD-Anzeigen für Armbanduhren herstellte, sollte eine Flüssigkristallanzeige für das Erfurter Multimeter entwickeln. Diesbezügliche grundlegende For-

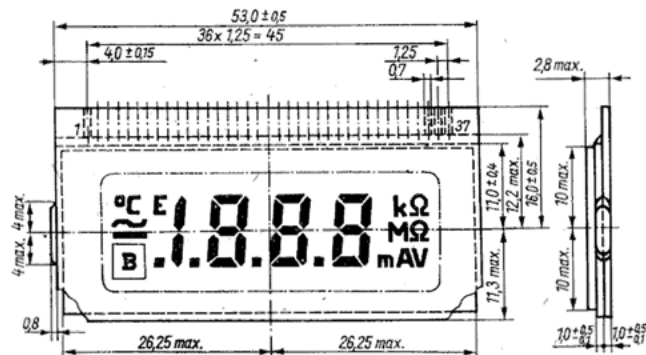
schungen begannen im WF bereits 1981, jedoch die notwendigen Stückzahlen der LCD-Anzeige FAR09A standen erst ab 1984 zur Verfügung. [11] Die Entwicklungsabteilungen vom WF und dem FWE-Gerätewerk arbeiteten dabei eng zusammen, sodass Wünsche der Erfurter bei der Entwicklung der LCD-Anzeigen Berücksichtigung fanden. Das WF lieferte die LCD-Anzeigen komplett mit Polarisationsfolien und den Kontaktleitgummies.



Multimeter G-1004.500, Innenansicht

Dem Autor, der damals in der Wareneingangskontrolle des Messgerätekwerks als Kontrollingenieur tätig war, kam die Aufgabe zu, ein Prüfgerät für die Funktionskontrolle der vom WF gelieferten LCD-Anzeige FAR09A zu konstruieren. Das Prüfgerät war bis 1990 erfolgreich eingesetzt, wobei an den Flüssigkristallanzeigen nie Funktionsausfälle oder Fehler zu verzeichnen waren. Einige passive Bauelemente mussten damals für das FWE neu entwickelt werden. Tastenschalter mit einem Rastermaß von 10 mm standen damals noch nicht zur Verfügung. Im Werkzeugbau des FWE wurde daher ein Werkzeug entwickelt, mit dem im VEB Elektrotechnik Eisenach (ETE) Schaltkammern für einen Tastensatz produziert werden konnten, die dann im FWE mit einer passenden Schaltkulisserie komplettiert wurden. Der VEB Keramische Werke Hermsdorf (KWH) stellte für das FWE-Multimeter Widerstandsnetzwerke in Dünnschichttechnik in der geforderten Genauigkeit her. Der Shunt für die Strommessung wurde im FWE gefertigt, kam es doch darauf an, dass auch bei längerer Strommessung keine unzulässigen Temperaturfehler auftreten sollten.

FAR 09 A

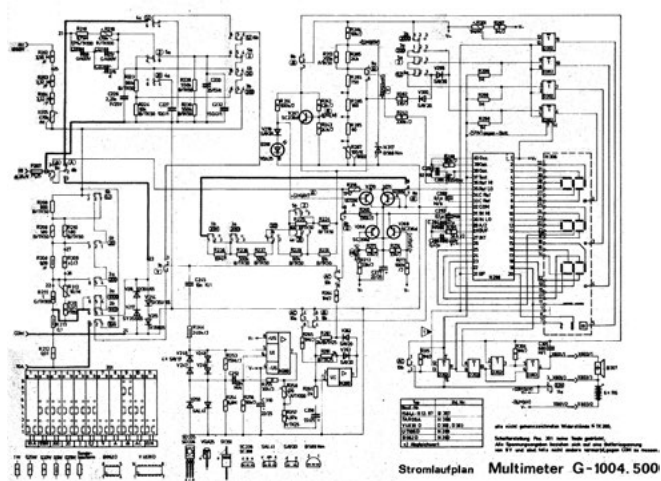


Kontakt	Belegung Rückelektrode	Kontakt	Belegung Rückelektrode
1	Rückelektrode	19	e3
2	P4	20	g3
3	P3	21	f3
4	P2	22	a3
5	(B)	23	b3
6	(°C)	24	c3
7	(~)	25	d3
8	(-)	26	e4
9	(E)	27	g4
10	P1	28	f4
11	b1, c1	29	a4
12	e2	30	b4
13	g2	31	c4
14	f2	32	d4
15	a2	33	(MΩ)
16	b2	34	(kΩ)
17	c2	35	(V)
18	d2	36	(A)
		37	(m)

LCD-Anzeige FAR09A, Bild aus [13]

Im Halbleiterwerk wurde der ICL-Schaltkreis als U7106D „nachentwickelt“, sodass ab 1985 das Multimeter G-1004.500 in Serie produziert werden konnte. Das FWE wollte das Multimeter eigentlich als sogenanntes Konsumgut zu einem Preis von unter 500 DDR-Mark verkaufen. Dem widersprach jedoch das Ministerium für Elektrotechnik und legte den Verkaufspreis mit 960 DDR-Mark fest. Aus diesem Grund kam 1986 mit dem G-1007.500 eine etwas abgerüstete Variante für den Konsumgütersektor hinzu. Die elektrischen Kennwerte sind mit denen des G-1004.500 identisch, lediglich auf den akustischen Durchgangsprüfer und die Diodentestfunktion wurde verzichtet. Der Preis von 729 DDR-Mark (1989) war für viele Elektronikbastler jedoch immer noch unerschwinglich. Mit einem Gewicht von 560 g (mit Batterien) und einem durchaus noch handlichen Format von 210 mm x 95 mm x 45 mm, ist das G-1004.500 allerdings etwas größer und schwerer als das Fluke-Vorbild. Ausgeliefert wurde das Multimeter in einer Pappschachtel mit Bedienungsanleitung, Schaltplan, Garantieurkunde, zwei Messleitungen und zwei Prüfspitzen, jeweils in roter und blauer

Farbe. Das G-1004.500 entwickelte sich zum Verkaufsschlager. Bis 1988 wurden mehr als 45.000 Geräte hergestellt.



Elektrisches Schaltbild des Multimeters G-1004.500

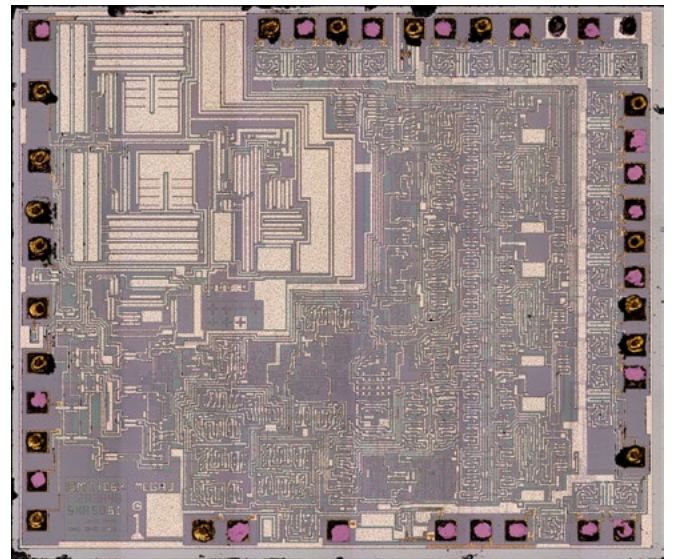


Multimeter G-1004.500 in Verkaufsverpackung

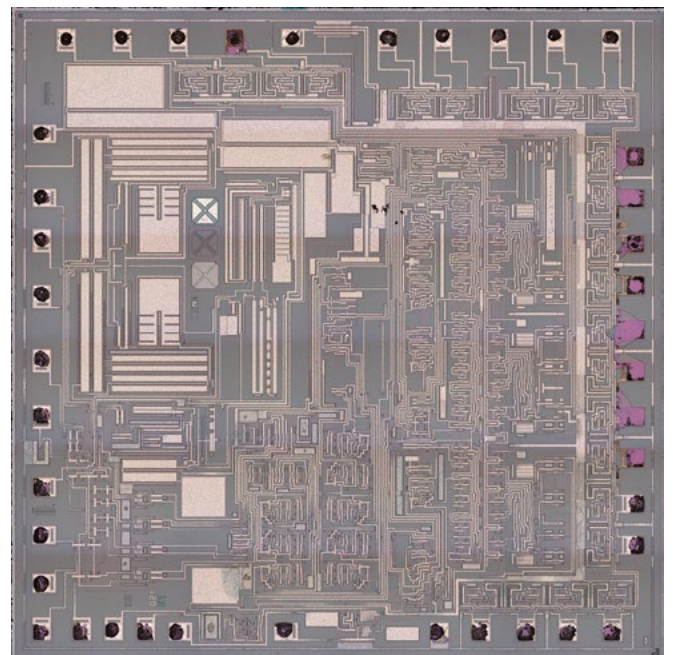
Zur weiteren Verminderung der Stromaufnahme wurden die Nachfolgemodelle G-1004.501 und G-107.501 mit dem C7136D ausgestattet, der im VEB Halbleiterwerk Frankfurt/Oder (HFO) in CMOS-Technologie hergestellt wurde. Damit konnte die Batterielaufzeit auf über 2.000 Stunden erhöht werden. Die Überleitung des G-1004.501 in die Produktion erfolgte im Sommer 1989. Die Nullserie des G-1007.501 wurde im Sommer 1990 mit 50 Stück realisiert. Das schlichte dunkelgrüne Gehäuse des G-1004.500 wurde in ein etwas freundlicheres hellgrau und auch die Frontansicht farblich verändert.

Interessant ist ein Vergleich der Chips vom ICL7106 und dem U7106D. Dabei fällt auf, dass nicht nur die Größen der Chips unterschiedlich sind. Der Erfurter Chip weist auch eine etwas geänderte Topologie auf. Für die Schaltkreisentwickler im FWE, die bislang unipolare digitale Schaltkreise beherrschten, war es eine gewisse Herausforderung, auf einem Chip

neben den digitalen Logikstrukturen auch Operationsverstärker, Stromspiegel und analoge Schalter zu platzieren. Obwohl die logische Struktur des ICL7106 gut nachvollziehbar war, führte dies zu einer veränderten Topologie und einem etwas größeren Chip. Auch fehlten damals für den U7106D entsprechende Testmöglichkeiten, da die Mikroelektronik bislang nur mit digitalen Testern zu tun hatten. So wurde kurzerhand improvisiert und ein Prüfgerät für den AD-Wandlerschaltkreis (U7106D/C1736D) konstruiert. Das in einem schlichten Blechgehäuse untergebrachte Prüfgerät diente zur Kontrolle verschiedener Referenzspannungen und Grenzwerte der AD-Wandler U7106D und C7136D. Dieses Testgerät ist in einem betriebsfähigen Zustand überliefert und Bestandteil der Sammlung elektronische Messtechnik im Thüringer Museum für Elektrotechnik.



Chip des ICL7106 (Intersil), Bild Richard Kaußler



Chip des U7106D (FWE), Bild Richard Kaußler



Prüfgerät für U7106D/C7136D



Labormuster des RLC-Meters G-0815.500

Handheld-Labormuster aus dem FWE

Der AD-Wandler U7106D war so interessant, dass die kreativen Messgeräteentwickler ohne Auftrag der Werksleitung ihren Ideen mit weiteren Labormustern freien Lauf ließen. Damit sollte vor allem der „Konsumgütermarkt“ bedient werden. Über den Labormusterzustand hinaus gelangten diese jedoch nicht.

RLC-Meter G-0815.500

In einem alten Mustergehäuse des G-1004.500 wurde der Prototyp eines RLC-Messgerätes entwickelt und erprobt. Damit war ein handliches netz-unabhängiges Gerät zur schnellen Messung von elektrischen Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten sowie für die Prüfung von Dioden entstanden. Aus Spaß nannten es die Entwicklungsingenieure G-0815.500. Zu einer Weiterentwicklung und Produktion kam es jedoch nicht, da dieses Labormuster das Missfallen der Werksleitung erregte. Das RLC-Meter G-0815.500 verschwand schnell in der Labortischschublade des Entwicklungsingenieurs. Nicht nur auf dem DDR-Markt hätte dieses Gerät sicher einen guten Absatz gefunden. Aber immerhin ist dieses Labormuster der Nachwelt erhalten geblieben.

Kfz-Tester

Mit dem Kfz-Tester, der wunderbar in das Gehäuse des G-1004.500 passte, konnten wichtige Kennwerte aus dem Kraftfahrzeugbereich bestimmt werden:



Labormuster des Kfz-Testers

Gleichspannungen in zwei Messbereichen von 20 bis 200 V, Gleichströme bis 20 A, Widerstände in zwei Messbereichen von 200 Ω bis 20 k Ω sowie die Motordrehzahl von 4- und 6-Zylinder-Viertaktmotoren und von Zweitaktmotoren. Auch die Bestimmung des Schließwinkels an Ottomotoren und eine akustische Durchgangsprüfung waren mit dem Kfz-Tester möglich. Ein Gerät, welches sicher nicht nur einschlägige Kfz-Handwerksbetriebe, sondern viele DDR-Fahrzeugbesitzer erfreut hätte, da viele Reparaturen an Wartburg, Trabant und Co. selbst erledigt werden mussten. Es blieb jedoch bei diesem Labormuster.



Labormuster des Thermometers

Thermometer

Eingebaut in das Gehäuse eines G-1007.500 diente das Gerät der Temperaturmessung an zehn verschiedenen Messstellen. Als Messfühler wurden Siliziumtransistoren SC316 verwendet, deren PN-Übergänge von der Basis zum Emitter eine relativ gute lineare Temperaturabhängigkeit aufweisen. Jeweils fünf Temperaturfühler können gemeinsam mit einem DIN-Diodenstecker an das Thermometer angeschlossen werden. Die Auswahl der Messstellen erfolgt über die zehn Tastenschalter. Eine automatische Auswahl der Messstellen und eine Messwertspeicherung waren nicht vorgesehen. Auch dieses Labormuster wurde nicht weiterentwickelt.

1990 - RLC-Messgerät B-5304

Im Rahmen der Wiedervereinigung Deutschlands kam es 1990/91 auch im VEB Kombinat Mikroelektronik Erfurt zu tiefgreifenden wirtschaftlichen Umstrukturierungen. Es erfolgte die Privatisierung bzw. Abwicklung einzelner Betriebsteile. Der Stammbetrieb firmierte als Ermic GmbH. Der Rest wurde in der MTG Mikroelektronik und Technologie GmbH zusammengefasst. Der Absatz von elektronischen Messgeräten in der DDR und in den Ländern des RGW brach zusammen. Das Messgerätewerk versuchte sich ab Sommer 1990 mit neuen verbesserten Messgeräten am nun offenen Weltmarkt zu positionieren. Elektronische Bauelemente, die früher aus Embargogründen nicht oder nur über kreative Handelswege beschaffbar waren, waren nun frei verfügbar. Schnell wurde nun die alte „Schubladenentwicklung“ des G-0815.500 überarbeitet und es entstand das RLC-Messgerät B-5304, welches über folgende Messbereiche verfügt:

- Widerstände: 10 mΩ - 20 MΩ (+/- 2 % + 6 Digit)
- Induktivitäten: 1 μH - 20 H (+/- 1 % + 4 Digit)
- Kapazitäten: 0,1 pF - 20 μF (+/- 1 % + 4 Digit)

Hoffnungsvoll wurden neue Werbeprospekte gedruckt, die damals ohne den alten Firmennamen, nur mit dem Slogan „Messgeräte aus Erfurt“ warben.



RLC-Messgerät B-5304

1991 startete die Serienproduktion des B-5304, die allerdings nach 200 Stück beendet wurde. Große Marktchancen waren offenbar für dieses Messgerät und auch für die anderen Messgerätereuentwicklungen nicht mehr gegeben. Vielleicht lag es auch daran, dass sich für die Ausgründung der Messgerätesparte aus dem sich auflösenden Mikroelektronikbetrieb keine entschlossene Persönlichkeit fand, die die Produktion hochwertiger Messtechnik, mit allen damit verbundenen unternehmerischen Risiken, hätte weiterführen können bzw. wollen. Mit der Liquidation der MTG Mikroelektronik und Technologie GmbH wurde die Messgeräteproduktion nicht mehr fortgeführt.

Die geplante Entwicklung eines Handmultimeters, G1010.500 mit 4½-stelliger Anzeige, echter Effektivwertmessung (RMS) und einem Drehschalter für die Messbereichswahl, konnte nicht mehr realisiert werden. 1993 endete das für Thüringen industriehistorisch bedeutende Kapitel der Produktion elektronischer Messgeräte. Ein ehemaliger Leiter aus der Entwicklungsabteilung im Messgerätewerk des FWE übergab uns neben den oben genannten Labormustern auch den Prototypen des RLC-Messgerätes G-0815.500 und ein B-5304 aus der 1. Serienproduktion sowie weitere technologische Unterlagen, damit diese Geräte und das Wissen um deren Entwicklung der Nachwelt erhalten bleiben. [10]

Handheld-Digitalthermometer DTM 1010

Der VEB Thermometerwerk Geraberg war der bedeutendste Hersteller von Thermometern aller Art in der DDR. In den 1980er Jahren begann auch in diesem „analogen“ Betrieb der Einzug der Digitaltechnik. Hierfür waren natürlich der im FWE produzierte U7106D bzw. dessen westliche Äquivalente, prädestiniert. Mit dem DTM1010 wurde ein leichtes „Handheld“-Digitalthermometer hergestellt, welches je nach Temperaturfühler von -30 °C bis +1100 °C messen kann. Der Messfehler liegt bei +/- 0,5 K +/- 1 Digit bzw. ab 100 °C bei 0,5 % v.M. +/- 1 Digit. Die Auflösung beträgt im Bereich bis 199,9 °C 0,1 K



Digitalthermometer DTM1010

und darüber 1 K. Die Messbereichswahl erfolgt automatisch. Für die Stromversorgung werden sechs Stück IEC-R6 Batterien (heute Typ AA) benötigt. Warum in dem gezeigten Gerät (Baujahr 1988) der ICL7136 verbaut wurde und nicht der C7136D, lässt sich aus heutiger Sicht nicht klären. An der 3½-stelligen LCD-Anzeige wird genau die Temperatur angezeigt, die an der Spitze des Temperaturfühlers herrscht. Für den Bereich von -30 °C bis +600 °C können die mitgelieferten Oberflächen- und Tauchtemperaturfühler angeschlossen werden. Für den Temperaturbereich von 600 °C bis 1100 °C kommen verschiedene Thermoelemente zum Einsatz. [12] Abmessungen: 150 mm x 75 mm x 35 mm, Gewicht: 325 g.

Infrarot-Thermometer IT203

Aus dem ehemaligen VEB Elektrogas Ilmenau, der Glasdurchführungen für die Elektronik und Mikroelektronik herstellte, gründete sich zu Beginn der 1990er Jahre die Il-Metronic Sensortechnik GmbH aus, die bis heute innovative Glasdurchführungen herstellt. Die Il-Metronic Sensortechnik produzierte zu Beginn der 1990er Jahre außerdem ein Infrarotthermometer, in welchem der TSC7106 von der Taiwan Semiconductor Company, Ltd, steckte. Verwendet wurde das Gehäuse vom DTM1010. Der Infrarotmesskopf konnte nicht in das Gehäuse integriert werden und ragt daher etwa 25 mm aus der Stirnseite heraus.



Infrarotthermometer IT203

Besser spät als nie.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die Erfurter „Handhelds“ einige Jahre der internationalen Entwicklung von digitalen Handmultimetern hinterherhinkten. Die Gründe dafür mögen vielfältig gewesen sein. Interessant ist jedoch, dass die Initiative zu dem G-1004.500 aus dem Funkwerk selbst kam und nicht, wie z. B. beim Taschenrechner Minirex 73, vom Minister für Elektrotechnik. Dabei ist die enge Zusammenarbeit zwischen den Entwicklungsingenieuren aus dem Messgerätewerk und denen aus dem Halbleiterwerk im FWE/MME besonders hervorzuheben. Der dem ICL7106 „nachentwickelte“ U7106D, der hinsichtlich der oben geschilderten Unterschiede zum Intersil-Vorbild durchaus als Eigenentwicklung gelten kann, stand nach zweijähriger Entwicklungszeit zur Verfügung. Bemerkenswert ist auch, dass der VEB Funkwerk/Mikroelektronik Erfurt der einzige Hersteller von digitalen „Handheld“-Multimetern in der ehemaligen DDR war. Das G-1004.500 und deren Weiterentwicklungen entsprachen dem damaligen internationalen Stand der Technik. Die elektrischen Kenndaten sind denen der westlichen Modelle ebenbürtig. Die Erfurter Handhelds sind robust, intuitiv bedienbar und nach dem Einsatz des C7136D reicht ein Batteriesatz eine gefühlte Ewigkeit. Digitale (Hand-)Multimeter sind aus der modernen Elektrotechnik und Elektronik nicht mehr wegzudenken. Doch heute sind sie sehr viel leistungsfähiger als vor 50 Jahren. Unter den

Herstellern sind zwar noch renommierte Firmen, wie Fluke, vertreten, aber längst haben fernöstliche Hersteller die Nase vorn. Aus der aktuellen Vielfalt der internationalen Angebote soll hier nur das DST-210 von der Shenzhen FNIRSI Technology Co., Ltd. aus der VR China gezeigt werden. Das DST-210 vereint Oszilloskop, Signalgenerator und Multimeter in einem Gerät. [14] Was will der Elektronikingenieur noch mehr?

Anmerkung: Der VEB Funkwerk, später Mikroelektronik „Karl Marx“ Erfurt, bestand aus drei selbstständigen Werksteilen, die jeweils von eigenen Werksdirektoren geleitet wurden: dem Röhrenwerk, welches bis 1983 Empfängerröhren und bis 1990 Oszillographen-, Radar- und Sichtspeicherröhren herstellte, dem Halbleiterwerk, welches Siliziumdioden, integrierte unipolare Schaltkreise, Mikroprozessoren und Speicher produzierte und dem Messgeräthewerk, welches seit 1948 Messgeräte herstellte. Diese drei Werksdirektoren unterstanden einem Betriebsdirektor. Im allgemeinen Sprachgebrauch, bei den Erfurter Einwohnern und den Werksangehörigen konnte die Betriebsbezeichnung „Mikroelektronik“ nie so richtig das alte „Funkwerk“ verdrängen. Auch viele der „Mikroelektroniker“ fühlten sich eher dem „Funkwerk“ Erfurt zugehörig.

Danksagung

An dieser Stelle ein herzliches Danke an Herrn Richard Kaußler, der die ADC-Schaltkreise ICL7106 und U7106D unter seinem Mikroskop seziert und davon Fotos angefertigt hat. [16]

Bildrechte:

Wenn nicht anders angegeben, liegen die Bildrechte beim Autor.

Quellen:

- [1] <http://www.projects.scorchingbay.nz/dokuwiki/electronic/equipment/icl7106>
- [2] https://media.fluke.com/419e80ed-c6be-4793-9c91-b10800bec494_original%20file.pdf
- [3] <https://www.sbprojects.net/mylab/fluke8020a/>
- [4] <https://www.allaboutcircuits.com/news/intersil-icl7106-07-the-40-pin-dip-that-built-a-million-multimeters/>
- [5] https://www.elektromuseum.de/publication/newsletter/elektromuseum_magazin_172025.pdf
- [6] Philips Technical Review, Volume 38, 1978/79, Nr. 7/8
- [7] https://www.beis.de/Elektronik/DeltaSigma/DeltaSigma_D.html
- [8] <http://multimetry.tzok.eu/multimetr.php?typ=V561>
- [9] <https://www.microgeek.eu/viewtopic.php?t=1732>
- [10] diverse Zeitzeugengespräche
- [11] <https://www.industriesalon.de/wp-content/uploads/2021/03/THL.pdf>



DST-201, Handheld 3-IN-1 Multimeter Oscilloscope Signal Generator, FNIRSI, 2026

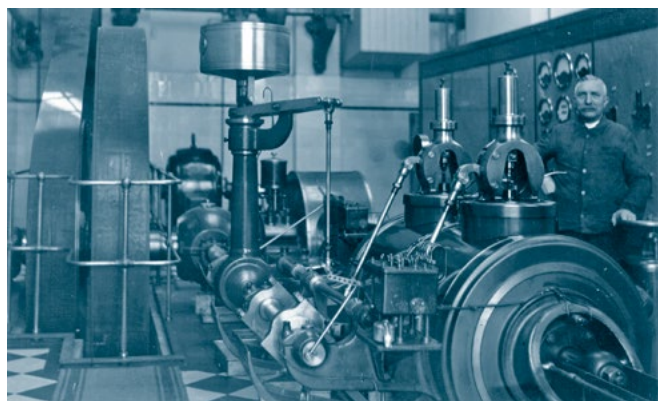
- [12] Digitalthermometer DTM 1010, Anwenderdokumentation, Ausgabe 2/1988, VEB Thermometerwerk Geraberg
- [13] <http://www.hellsoft.cz/ok1ike/soubory/ddr/index.htm> (FAR09A)
- [14] <https://www.fnirsi.com/de/collections/multifunction-devices>
- [15] https://www.casa.co.nz/equipment/instruments/meters/3030-Beckman-Data_6p.pdf
- [16] <https://www.richis-lab.de/ADC13.htm>, <https://www.richis-lab.de/ADC14.htm>
- [17] <https://www.renesas.com/en/document/apn/an023-low-cost-digital-panel-meter-designs-and-complete-instructions-lcd-and-led-kits>
- [18] <http://mrmodemhead.com/blog/beckman-3020-dmm-repair/>
- [19] Entwicklung und Bau eines Prototyps eines digitalen Taschenmultimeters Typ G-1004. KdT-Objekt, Erfurt, den 16. April 1980.

Verbrennungsmotoren zur Elektroenergieversorgung

Hans Rauchhaus, Erfurt

In den Anfängen der Elektrifizierung in Gebieten, in denen keine Wasserkräfte zur Verfügung standen, wurden bei Vorhandensein von Stadtgas Gleichstrom-Inselgebiete mit Sauggasmotoren versorgt. Beispielsweise wurde 1886/87 die elektrische Beleuchtung für das 1882 vollendete neue Rathaus in Erfurt und den vorgelagerten Fischmarkt durch einen 20-PS-Gasmotor mit Dynamo aus dem Haus Rathausgasse 2 bereitgestellt. Das Stadtgas wurde dafür aus dem Stadtgasnetz der Stadt Erfurt (erstes Gaswerk am Kohlenmarkt/Herrenbreitengasse von 1856/57) geliefert.

Bekannt sind größere Gasmotoren-Anlagen im heutigen thüringischen Gebiet ab 1892 in Weimar mit drei Gasmotoren (zwei mit 100 PS und einer mit 60 PS) am Kirschberg und ab 1905 in Bleicherode in der Talstraße/Braugasse mit einer Sauggasanlage mit Brikettfeuerung (System Körting) und einem 50-PS-Sauggasmotor als Antriebsmaschine für zwei Gleichstromgeneratoren mit einer Nennspannung von 440–460 V sowie einer Akkumulatorenbatterie bestehend aus 260 Zellen und einer Kapazität von 260 Ah. Die Anlage stellte über ein 2 x 220-V-Dreileitersystem Lichtstrom-Abnehmern 220 V und 440 V für Elektromotoren zur Verfügung.



Maschinenraum im Elektrizitätswerk Bleicherode, um 1906

Um 1860 waren die Grundlagen der Elektrizitätslehre durch Ampere, Volta, Faraday, Ohm und Kirchhoff erforscht und veröffentlicht. Im Systemstreit zwischen Gleich- und Wechselstrom/Drehstrom (Tesla vs. Westinghouse) setzte sich Tesla und damit Schritt für Schritt Wechselstrom durch.

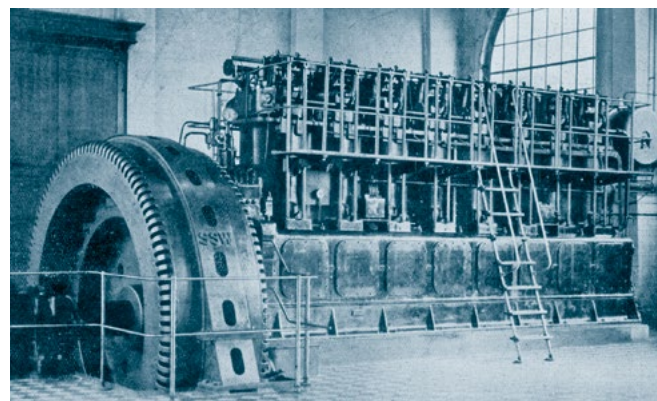
1862/64: Nikolaus Otto entwickelte den Verbrennungsmotor mit Fremdzündung

1866: Entdeckung des elektrodynamischen Prinzips der Stromerzeugung durch Drehbewegung eines elektrischen Leiters in einem Magnetfeld durch Werner v. Siemens und Westinghouse

1892: Rudolf Diesel entwickelte den Dieselmotor mit Selbstzündung

Weitere große Motorenanlagen zur Ergänzung bzw. Notstromversorgung in den Netzen waren u. a. in Mühlhausen mit einem 1.000-kW-Dieselmotor der Fa. Deutz (zuvor bereits eine 400-kW-Dieselmachine), in Weimar mit vier Gasmotoren mit 460 PS und in Bleicherode im Kraftwerk Ost mit einem 1.000-PS-Dieselmotor in Betrieb.

1907 errichtete Mühlenbesitzer Hugo Albert Liebe in Bretleben/Unstrut (im damaligen Regierungsbezirk Merseburg der preußischen Provinz Sachsen, heute Kyffhäuserkreis) an seiner Getreidemühle eine



Dieselmotorkraftanlage Mühlhausen mit 1.000-kW-Diesellaggregat 1 von der Fa. Deutz, links der Drehstrom-Synchrongenerator mit Erregermaschine, 1936

Drehstrom-Kraftzentrale mit zwei Francis-Turbinen, einer Dampfmaschine (250 PS) und einem Dieselmotor (mit direkt gekoppeltem Dynamo von 160 PS) mit zusammen fast 700 PS. Der Dieselmotor sollte dabei als Reserve dienen. Die genossenschaftliche Überlandzentrale Bretleben gehörte zu den ersten auf dem späteren thüringischen Boden, die das Drehstromsystem für Übertragung und Verteilung installierten.

Dieselmotoren als Alternative

In Orten ohne Stadtgasangebot setzten thüringenweit Gewerbetreibende, Mühlenbesitzer, Gaststätten- und Hotelbesitzer teilweise lange vor der örtlichen Elektrifizierung Dieselmotoren zur Bereitstellung von Strom, besonders für Beleuchtungsanlagen, ein. Der Gastwirt und Kramladenhändler Böttger versorgte beispielsweise bereits seit 1898 seinen Gasthof „Zum Schwan“ in Mihla/Werra über einen Dieselmotor mit Generator elektrisch. Erst 1911 wurde dann der Ort Mihla elektrifiziert. Als im April 1905 das Herzogliche Staatsministerium in Meiningen eine Umfrage nach Eigenerzeugungsanlagen durchführte, meldete der Gräfenthaler Bürgermeister zwei dieselmotorische Anlagen: die Brauerei „Zum Pappenheimer“ und die Porzellanfabrik Weiß, Kühnert & Co. Der Bau der letztgenannten Anlage war bereits im November 1902 genehmigt worden. Auch der Gräfenthaler Maschinenfabrikant Otto Häßner erhielt 1906 die Baugenehmigung für eine solche Eigenerzeugungsanlage. Versagt wurde ihm aber die Stromabgabe an weitere Ortseinwohner. Erst Ende 1910 ging in der Stadt ein privates Elektrizitätswerk für die öffentliche Versorgung in Betrieb. 1910 wurden dann auch dort für die Stromerzeugung zunächst ein, nach einer Erweiterung insgesamt zwei Zweizylinder-Dieselmotoren mit je 150 PS genutzt.

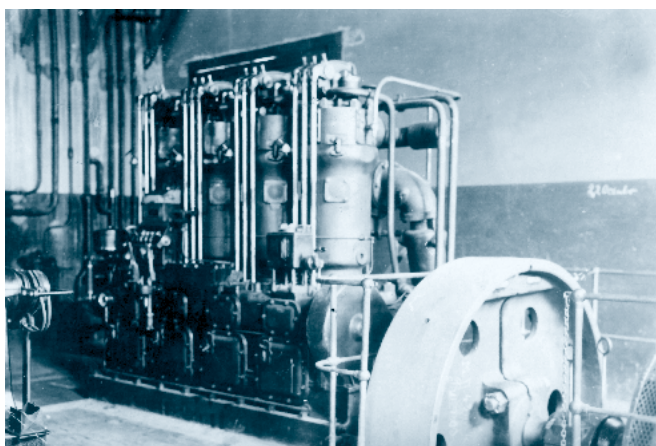
1907 gründet die Vereinigte Electricitätswerke GmbH, Berlin, in Wandersleben eine Überlandzentrale und errichtet ein kleines Drehstromkraftwerk mit Dieselmotor. Es kam Paraffinöl zum Einsatz.

Die Erfurter Firma Wolf & Gräfe errichtete für Creuzburg/Werra im Jahr 1908 ein Elektrizitätswerk mit einem Dieselmotor.

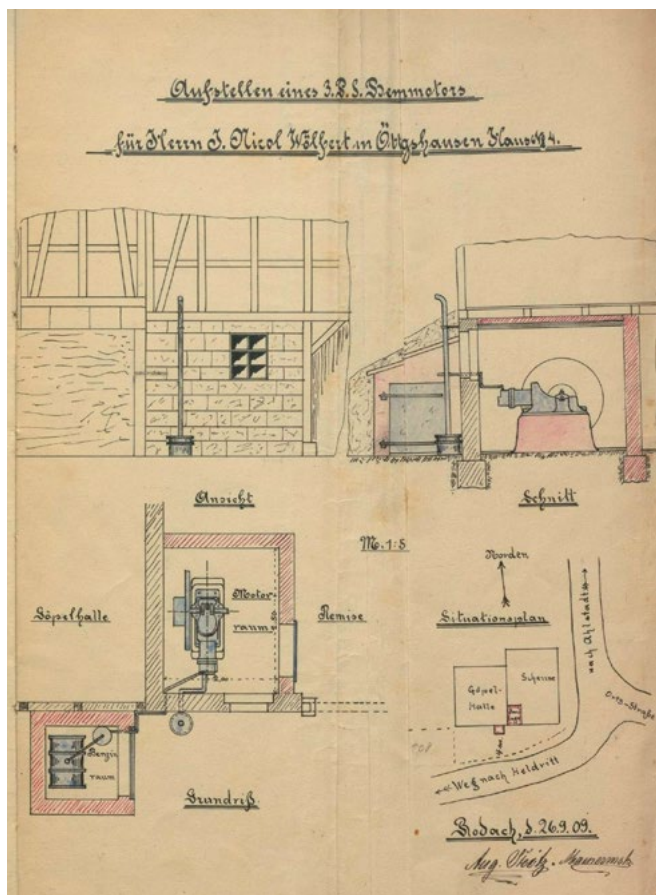
In der Elektrotechnischen Zeitschrift von 1907 war über den Einsatz von Dieselmotoren zu lesen: „Es gibt kaum eine Maschine, die in den letzten Jahren ein so allgemeines Interesse erregt und eine so ausgedehnte Verbreitung gefunden hat, wie der Diesel-Motor. Besonders für kleine und mittlere Elektrizitätswerke hat der Diesel-Motor sich als äußerst zweckmäßige und vorteilhafte Maschine erwiesen und tritt immer mehr in solchen Werken der Dampfmaschine und dem Sauggas-Motor als ernsthafter Wettbewerb in den Weg, ja fängt sogar an beide zurückzudrängen. Die Gründe sind mannigfacher Art. Vor allem ist die sofortige Betriebsbereitschaft des Dieselmotors (ca. innerhalb von 8 Minuten), die für E-Werke große Bedeutung hat, dann ist auch die größte Wärmeausnutzung (bis 35 %) zu erreichen und die beanspruchte Grundfläche ist geringer als bei irgendeiner anderen Maschine. Der Betrieb ist äußerst sauber, da keine Kohle und das Wegfallen jeder Feuerung und des Schornsteins. Zum Einsatz kommt Paraffinöl – Kosten ab Fabrik 725 M pro 10.000 kg. Kühlwasserbedarf ca. 10 l je PS.“

Am 29. Mai 1911 wurde im Elektrizitäts- und Überlandwerk Rodach (Hrzt. Coburg, heute Bad Rodach zu Bayern) der 80-PS-Dieselmotor (Zweizylinder, Fa. Deutz) mit einer 53-kW-Dynamomaschine erstmalig für einen 30-stündigen Probelauf in Betrieb genommen. Im Juli 1913 musste durch die große Bedarfssteigerung bereits ein zweiter Dieselmotor, diesmal mit einer Leistung von 160 PS, installiert und zugeschaltet werden. Viele Bewohner der umliegenden Ortschaften von Rodach, vor allem Landwirte, Handwerksbetriebe und Mühlenbesitzer, rechneten um diese Zeit jedoch nicht mit einem kurzfristigen Anschluss an das Elektrizitätswerk (was sich bewahrheiten sollte). Sie schafften sich daher eigene Strom- und Kraftanlagen an. Es waren zumeist mit „Rohöl“ getriebene Motoranlagen.

In der Stadtmühle Heldburg waren bereits vor 1919 eine von dem Flüsschen Kreck getriebene Francis-Turbine mit etwa 5 PS und ein Rohöldieselmotor mit einer Leistung von etwa 20 PS installiert. Bei dem Dieselmotor handelte es sich um einen sogenannten Einblasediesel mit liegendem Zylinder, Typ MKD 145, bei dem der Brennstoff mittels komprimierter Luft in den Verbrennungsraum eingespritzt wurde. Diese Bauart wurde zwischen 1910 und 1918 nur von der Firma Deutz hergestellt. Der Dieselmotor wurde bis zur Einstellung des Mühlenbetriebes Anfang der 1950er Jahre betrieben und danach stillgelegt. Auch in der Mühle im benachbarten Lindenau war ein Dieselmotor zur Stromerzeugung im Einsatz.



Dieselmotor in der Eigenerzeugungsanlage der Brauerei „Zum Pappenheimer“, Gräfenthal, um 1925



Aufstellansichten für den Benzinmotor von Nicol Wölfert, Öttinghausen bei Rodach, 1909



Gehäuse und Schwungrad des Dieselmotors MKW 145 aus der Stadtmühle Heldburg. Der in den 1950er Jahren stillgelegte Motor wurde zum Zeitpunkt der Fotoaufnahme restauriert. 2019

DDR-Dieselmotorenprogramm nach 1945

In den 1960er Jahren wurden nach einem verlorenen Lizenzprozess in der BRD zwischen der MAN Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg (BRD) und dem VEB Maschinenbau Halberstadt (DDR) normalverdichtende (d. h. ohne Aufladung) Schiffsdieselmotoren vom Typ 8NVD66A mit 2.640 PS, 300 U/min, 60.000 kg Gewicht verfügbar. Es war allerdings ein Exportverbot durch das Patentgericht der BRD gemäß des in der europäischen Wirtschaft geltenden Alleinvertragsanspruchs der BRD für Schiffe mit diesem Antriebsmotor ausgegeben.

In den Jahren 1961/62 wurden für die Netzausläufer und besondere Bedarfsträger wie Funk- und Sendestationen vom DDR-Ministerium für Kohle und Energie bzw. der Hauptlastverteilung HLV, Sitz Berlin, ein Dieselmotorenprogramm aufgelegt.

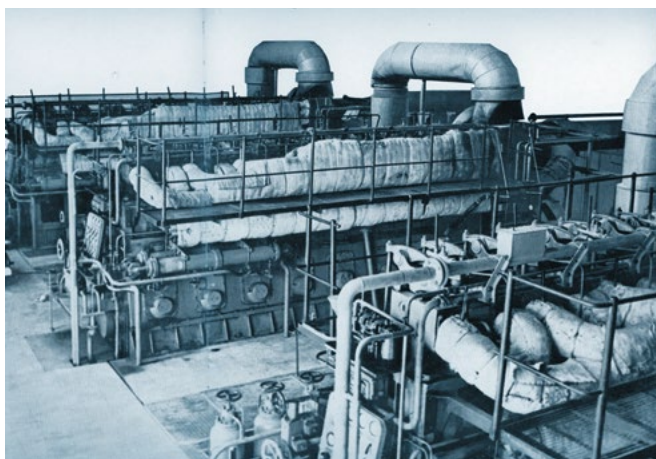
Das Anfahren der Motoren erfolgte mit Druckluft, die in handelsüblichen Stahl-Druckluftflaschen gespeichert und mit einem extra zugehörigen Kompressor aufgeladen wurden. Jährlich musste eine besondere Wartung durch Fachingenieure stattfinden. Dabei erfolgte die Aufnahme eines Druckdiagramms mit Einstellung der Ventile und des Zündzeitpunktes gemeinsam mit den örtlichen Maschinisten.

In Thüringen ging 1961, nach einjähriger Bauzeit, als erstes das Dieselmotorenwerk Hildburghausen mit drei 1,8-MW-Dieselmotoren mit 2,4-MVA-Generatoren (Gesamtleistung 5,4 MW) in Betrieb. Bauleiter war Ing. Alfred Döhrer, der auch später den Aufbau der Gasturbinenwerkwerke (GTKW) Grimmenthal I und II leitete. Damit war ein Typenprojekt geschaffen, was in Thüringen und später in der gesamten DDR mehrfach wiederholt wurde.

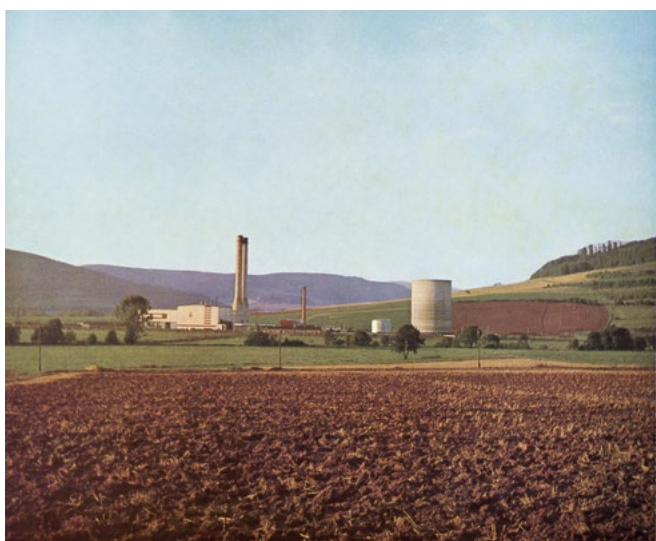
Es schlossen sich 1961 der Aufbau des Dieselmotorenwerkes Mühlhausen mit einem 1,8-MW-Dieselmotor der Maschinenfabrik Halberstadt im vorhandenen alten Maschinenhaus des Mühlhäuser Elektrizitätswerkes, die Errichtung des Dieselmotorenwerkes Weimar mit zwei 1,8-MW-Motoren am Standort Weimar-Kirschberg im alten Dampfturbinen-Maschinenhaus (heute eine Spielstätte des Theaters Weimar) und des



Dieselskraftwerk Hildburghausen, um 1970



1961 konnte nach einjähriger Bauzeit das Dieselskraftwerk Hildburghausen in Betrieb genommen werden, um 1970



Gasturbinenkraftwerk Grimmenthal, um 1970



Dieselaggregat 2 (2,5 MVA Generatorleistung) der Dieselskraftanlage Mühlhausen, rechts im Bild der Drehstrom-Synchrongenerator mit Erregermaschine

Dieselskraftwerkes Apolda mit zwei 1,8-MW-Motoren am Standort Heidenberg im alten Dampfturbinenhaus an. Als Bauleiter der Energieversorgung Erfurt waren dafür Ing. Peter Grünenwald und Ing. Willi Seidenberg verantwortlich.

Das Dieselskraftwerk Döbritschen/Saale mit einem 1,8-MW-Dieselmotor bildete 1962 den Abschluss des Programms in Thüringen. Geplant war noch ein Dieselskraftwerk in Eisenach, was aber aufgrund fehlender Investmittel nicht zur Ausführung gelangte. In der DDR entstanden auf der Basis dieses Typenprojekts Werke u. a. in Potsdam und auf dem Brocken im Harz.

In der Energieversorgung (EV) Erfurt wurde in der Zentralen Reparaturabteilung (ZRA) für Kraftwerksanlagen zur Umsetzung des Dieselmotorenprogramms eine Arbeitsgruppe für Dieselmotoren gebildet (Standort Hohenwindenstraße in Erfurt beim VVB Kraftwerke Reparaturwerk Clara Zetkin – später ZRA in Erfurt-Ost, Schwerborner Straße 30 – Montagehalle westliches Gebäude mit Anbau 1980). In der Fachabteilung Betrieb Kraftwerke der EV Erfurt bzw. Energiekombinat Süd war der Stellv. Abteilungsleiter Ing. Erich Starke (Schiffsing. der Ingenieurschule Stettin mit Patent C6 – Chief für große Fahrt u. a. bei Hapag Lloyd) für Dieselskraftwerke ab 1960 fachlich zuständig.

Der Einsatzauftrag dieser Dieselskraftwerke in Thüringen erfolgte zur Netzsteuerung durch die Bereichslastverteilung (BLV) Erfurt mit dem Kennwort „D9“. Die regionalen Netzbetriebe hatten keinen generellen Zugriff auf die Dieselanlagen. Nur für besondere Notstromversorgungen war ein Zugriff in Absprache mit der BLV vorgesehen und möglich. Alle Dieselskraftwerke des DDR-Programms wurden 1988 stillgelegt.

Gasmotoreneinsatz nach 1990

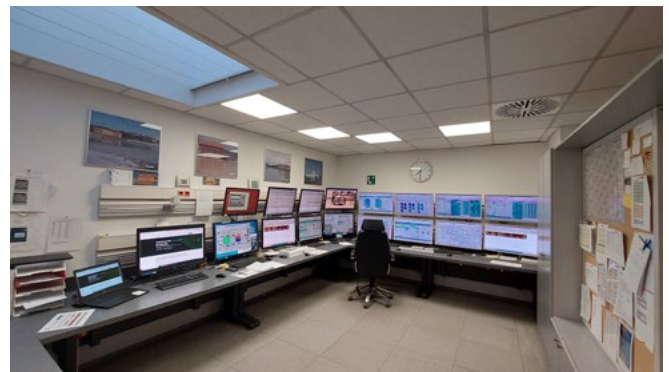
Zur Verwertung vorhandener Restgasbestände aus thüringischen Erdgas-Förderfeldern wurden in Sollstedt und in Merxleben bei Mühlhausen (1.500-kW-Viertakt-Otto-Motor) Gasmotorenanlagen installiert. In der 1997 in Betrieb genommenen Anlage in Merxleben kam ein Gasmotor der Fa. Deutz vom Typ TBG 620 V 16 K-TEM-EVO mit 16 Einzelzylindern mit je zwei Einlass- und Auslassventilen (1.500 kW mechanisch, 1.464 kW elektrisch, 1.500 U/min., 400-V-Generator) zum Einsatz. Das Projekt erfolgte gemeinsam mit der EEG Erdöl-Erdgas Gommern GmbH, die Eigentümerin des Erdgas-Förderfeldes „Kalte Else“ bei Merxleben ist.

Im Gasturbinenkraftwerk Grabe bei Mühlhausen (Unstrut-Hainich-Kreis) gingen im Jahr 2014 zwei neue Gasmotoren mit je 2.450 kW in Betrieb. Die beiden rund 30 t schweren 16-Zylinder-Kolbenmotoren ersetzen nach Absinken des Sonden-drucks im Erdgasfeld zwei Gasturbinen vom Typ Solar Taurus 60 mit je 4.731 kW, die von 1996 bis 2013 über angeschlossene Generatoren elektrischen Strom erzeugten. Auch an diesem Standort verwertet die TEAG Thüringer Energie AG (TEAG) die letzten Thüringer Erdgasvorkommen zur Stromerzeugung. Die Steuerung und Überwachung der Gasturbinen bzw. der späteren Gasmotoren erfolgt von der TEAG-Warte im HKW Bad Salzungen.

In den letzten Jahren wurden im Heizkraftwerk (HKW) Bad Salzungen und im HKW Jena der TEAG Großmotoren der neuesten Generation installiert. In Bad Salzungen wurde im Jahr 2017 ein Viertakt-Otto-Motor der Firma Wärtsilä vom Typ 20V34SG mit einstufiger Turboaufladung (10 MW, 10,5 kV, Erdgas H) in Betrieb genommen. Im HKW Jena-Süd sind in einer ersten Ausbaustufe fünf 12,6 MW starke Gasmotoren vom Typ MAN 20V35/44G TS mit einer Gesamtkapazität von rund 63 MW installiert worden. Die Errichtung einer zweiten, vollständig H₂-fähigen Gasmotorenreihe ist in Planung.



Über eine Speziallafette wird die 13 m lange und 130 t schwere Motor-Generator-Einheit in die Endposition im Maschinenhaus des HKW Bad Salzungen der TEAG gezirkelt, 2017



Die moderne Leitwarte im HKW Bad Salzungen der TEAG, 2024

Weitere Gas-Motoren in Blockheizkraftwerken sind in Anlagen u. a. der Thüringer Stadtwerke Weimar, Nordhausen, Gotha im Einsatz. Auch das Heizwerk Erfurt-Marbach, Silo-Standort hatte zeitweise zwei Gasmotoren mit je 4,2 MW in Betrieb. Angeschlossen war ein kleines Fernwärme-Inselnetz. Nach der Stilllegung erfolgte der Anschluss an das Netz der Erfurter Stadtwerke.

Anmerkung

PS = Pferdestärke

1 PS = 736 W (Watt) = 0,736 kW

Quellen:

Brücher, H.: Herren über Wärme, Kraft und Licht, Hrsg. VEB Energieversorgung Suhl, 1970
Neuhaus, S.; Engelmann, D.; Will, K.: 100 Jahre Energiestandort Bleicherode, Hrsg. TEAG Thüringer Energie AG, Erfurt, 2. Aufl. 2001
Wenzel, M.; Hochheim, R.: 100 Jahre Licht und Kraft in Wandersleben, Hrsg. E.ON Thüringer Energie AG, Erfurt, 2008
Neuhaus, S.; Haase, J.: 100 Jahre Elektrizitätswerk in Mühlhausen Hrsg. E.ON Thüringer Energie AG, Erfurt, 2. Auflage 2008
Wenzel, M.; Bechtoldt, H.: 100 Jahre Strom für Gräfenenthal, Hrsg. E.ON Thüringer Energie AG, Erfurt, 2010
Wenzel, M.; Baum, P.: Wie der Strom nach Creuzburg kam 105 Jahre Elektrizität, Hrsg. E.ON Thüringer Energie AG, Erfurt, 2013

Axmann, R.; Rindelhardt, U.; Wenzel, M.: Hochspannung im Rodachtal – „Die Gemeinden sind also Erbauer, Unternehmer und Erhalter“ Die Geschichte der Elektrifizierung im Rodachtal von 1900-1935, Hrsg. TEAG Thüringer Energie AG, Erfurt, 2019
Filleböck, T.; Wenzel, M.; Schreiber, M.; Volkmar, E.: 50 Jahre Heizkraftwerk Bad Salzungen, Hrsg. TEAG Thüringer Energie AG, 3. veränd. Auflage 2025
Neuhaus, S.; Wenzel, M.; Lämmerhirt, R.: Das Wasserkraftwerk Mihla an der Werra, Hrsg. TEAG Thüringer Energie AG, Erfurt, 2. veränd. Auflage 2026
Hist. Archiv des AK „Stromgeschichte Thüringens“ der TEAG Thüringer Energie AG, Erfurt
Private Sammlung des Autors

Die Bildrechte liegen beim AK „Stromgeschichte Thüringens“ der TEAG Thüringer Energie AG, Erfurt.

In eigener Sache

Wir arbeiten ehrenamtlich. Jedoch sind unsere Bemühungen um die Bewahrung und Erforschung Thüringer Industriegeschichte nicht kostenfrei. Für die Unterbringung der Sammlungen und des Thüringer Industriearchivs fallen Miet- und Betriebskosten an, die allein aus Mitgliedsbeiträgen und den bisherigen Spenden nicht gedeckt werden können. Sie können unsere Arbeit mit einer finanziellen Zuwendung unterstützen, für die wir Ihnen gern eine Spendenbescheinigung ausstellen.

Unsere Bankverbindung:
Thüringer Museum für Elektrotechnik
IBAN: DE87 8205 1000 0130 0842 98
BIC: HELADEF1WEM
Kontakt:
<https://www.elektromuseum.de/impressum.html>.

Ihnen und unseren bisherigen Spendern
ein herzlicher Dank für Ihre Hilfe.

AUTORENVERZEICHNIS

Dr. Peter Glatz

studierte von 1952 bis 1956 Physik und Mathematik an der Universität Jena. Nach einer mehrjährigen Tätigkeit als Fachlehrer in Freiberg/Sa. und Sondershausen ab 1960 Mitarbeit im Bereich Physik des PI Erfurt, der späteren Pädagogischen Hochschule Erfurt. 1975 Promotion an der PH Potsdam mit einer Arbeit zur historischen Entwicklung der physikalischen Einheiten und Einheitensysteme. Ab 1987 Hochschuldozent für Geschichte der Physik an der PH Erfurt, ab 1998 einige Jahre Gastdozent an der TU Ilmenau. Er ist Gründungsmitglied des Thüringer Museums für Elektrotechnik e.V. und seit 1997 Mitglied im Arbeitskreis Stromgeschichte Thüringens der TEAG. Beteiligung am Aufbau des historischen Archivs der TEAG.

Dipl.-Ing. Stephan Hloucal

(Regierungsdirektor a. D.)

studierte von 1972 bis 1976 Informationstechnik und Theoretische Elektrotechnik an der Technischen Hochschule Ilmenau. Von 1976 bis 1990 war er im VEB Funkwerk Erfurt (FWE) tätig. Er beschäftigte sich mit elektronischer Messtechnik im Halbleiterbauelemente-Prüffeld und im Messgerätewerk. Von 1987 bis 1991 lehrte er nebenberuflich als Dozent an der Ingenieurschule Eisleben, Mess- und Prüftechnologie. Von 1990 bis 2006 war er Beamter in der Thüringer Staatskanzlei und dem Thüringer Kultusministerium. Ab 2006 berufliche Selbstständigkeit im Bereich Erneuerbarer Energien und Speichertechnologien. Seit 1990 ist er Vorsitzender des Thüringer Museums für Elektrotechnik e.V.

Dipl.-Ing. Hans Rauchhaus

übte in seiner langjährigen Tätigkeit in der Energiewirtschaft nach dem Studium des Maschinenwesens/Dampf- und Gasturbinen viele wichtige Funktionen aus, u. a. als Projektleiter, Abteilungsleiter, Hauptingenieur, Direktor für Wärmeversorgung und Elektroenergieerzeugung, Direktor für Forschung und Technik sowie als stellv. Generaldirektor des Energiekombinats Erfurt. 1986/87 fungierte er als Betriebsdirektor der Energieversorgung Erfurt (Betriebsteil I) und 1987/88 als Generaldirektor des Energiekombinats Erfurt jeweils für ein Jahr. Als Baustellendirektor hatte er maßgeblichen Anteil am Bau der Heizwerke I, IV und III in Erfurt-Ost. Auch nach der politischen Wende bekleidete er Funktionen für zentrale Aufgaben, wie z. B. als Abteilungsleiter im Technik-Bereich für zentrale Aufgaben und für die Vorbereitung eines neuen Heizkraftwerks in Erfurt-Ost. Von April 1992 bis August 1993 war er als Hauptsachbearbeiter Strategie Wärmeversorgung eingesetzt. Er ist Mitglied des Thüringer Museums für Elektrotechnik e.V. und im Arbeitskreis Stromgeschichte Thüringens der TEAG.

Dipl.-Ing. Gerhard Roleder

studierte von 1975 bis 1979 Physik und Elektronische Bauelemente an der Technischen Hochschule Ilmenau. Von 1979 bis 1989 war er Technologe und Entwicklungsingenieur im VEB Elektrogas Ilmenau bzw. im VEB Mikroelektronik „Karl Marx“ Erfurt. Von 1990 bis 1995 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Hygieneinstitut, danach Vertriebsingenieur bei Electronicon Gera und seit 2003 Account Manager für Produkte der Glasfaser- und Netzwerkübertragung bei GE / UTC Fire & Security. Mitglied im Thüringer Museum für Elektrotechnik e.V., Funkamateur seit 1971.

IMPRESSUM

Herausgeber:

Thüringer Museum für Elektrotechnik e.V.
(Der Newsletter erscheint zweimal jährlich ausschließlich in elektronischer Form.)

V.i.S.d.P.:

Stephan Hloucal

Redaktion:

Matthias Wenzel, Stephan Hloucal

Anschrift: Thüringer Museum für Elektrotechnik e.V.,
Hohe Str. 24, D-99094 Erfurt

www.elektromuseum.de

Mail: info@elektromuseum.de

Facebook: Thüringer Museum für Elektrotechnik

Twitter: ElektromuseumEF

Instagram: elektromuseum

Fon: 01 76 44 44 58 22

Bank: IBAN DE87820510000130084298
BIC HELADEF1WEM
Finanzamt Erfurt 151/141/18963
Amtsgericht Erfurt VR160490

Haftungsausschluss:

Herausgeber und Redaktion übernehmen keine Forderungen, die aus Rechten Dritter zu einzelnen Beiträgen entstehen.

Für unverlangt eingesandte Texte, Fotos und Materialien wird keine Haftung übernommen.

Das ON.LINE-Magazin und alle in ihm enthaltende Beiträge, Fotos und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts

ist ohne Zustimmung der Autoren oder der Rechteinhaber bzw. der Redaktion unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen jeder Art, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

© Thüringer Museum für Elektrotechnik e.V., bei den Autoren und Fotografen 2026. Falls nicht anders vermerkt, liegen die Nutzungsrechte an den Fotos beim Thüringer Museum für Elektrotechnik e.V.

Datenschutzerklärung - personenbezogene Daten:

Im Zuge der neuen EU-Datenschutz-Grundverordnung gelten strengere Regeln für die digitale Kommunikation. Ohne Ihre Zustimmung können wir Ihnen die nächsten ON.LINE-Ausgaben nicht mehr zusenden. Wir legen großen Wert auf den verantwortungsvollen Umgang mit Ihren Daten. Personenbezogene Daten wie z.B. Name und E-Mail-Adresse werden nicht erfasst, es sei denn, Sie geben uns diese Informationen freiwillig, z.B. zur Bearbeitung von Anfragen, bei Kommentaren, bei der Newsletter-Anmeldung. Die freiwillig gegebenen Daten werden ausschließlich für den Zweck verwendet, für den sie überlassen wurden und werden nicht an Dritte weitergegeben. Wenn Sie unser ON.LINE nicht mehr empfangen möchten, informieren Sie uns bitte per E-Mail. Ihnen steht das Recht zu, Ihre Einwilligung jederzeit mit Wirkung für die Zukunft gegenüber uns zu widerrufen. Dieser Widerruf kann formlos per E-Mail erfolgen.

Falls Ihnen die ersten Ausgaben von ON.LINE abhandengekommen sind, so finden Sie diese zum Herunterladen unter:
<https://www.elektromuseum.de/newsletter.html>.

Wir freuen uns, wenn Sie ON.LINE auch an interessierte Freunde, Bekannte und Kolleginnen und Kollegen weitergeben. Aktuelles von uns finden Sie auf Facebook, Twitter und Instagram!