

Vorwort

Stephan Hloucal, Erfurt

Nun können wir Ihnen schon die vierte Ausgabe unseres ON.LINE - News letters auf den weihnachtlichen Gabentisch legen und hoffen, Ihnen damit eine interessante Lektüre zu bieten.

Das Jahr 2018 stand im Zeichen des Europäischen Jahres des Kulturellen Erbes und des Thüringer Themenjahres „Industrialisierung und soziale Bewegungen“. Das Thüringer Museum für Elektrotechnik hatte für die Leitausstellung „Erlebnis Industriekultur - Innovatives Thüringen seit 1800“ eine ganze Reihe von Exponaten aus seinem Fundus bereitgestellt. Wir geben hier einen kurzen zusammenfassenden Bericht über die Leitausstellung. Unter www.industriekultur-thueringen.de bleibt die Ausstellung nach deren Abbau weiterhin sichtbar. Die Impulse dieser „Industriekultur“ wollen wir gemeinsam mit Kooperationspartnern aufnehmen und in die Zukunft tragen, die ein Thüringer Landesmuseum für Industrie- und Technikgeschichte in der Landeshauptstadt Erfurt zum Ziel hat. Dazu ein Bericht über den Abschluss einer Kooperationsvereinbarung.

Zum Vorwort weiter auf Seite 2.

„Wir wünschen Ihnen eine Frohe Weihnachtszeit und ein gesundes Neues Jahr“



Titelseite der Mitteilungen der THELG, 2. Jg., Heft 2, Dez.1925, Gotha, 1925

Inhalt

- Vorwort
- Aktuelles
- Historisches
- Autorenverzeichnis, Quellen, Copyrights, Impressum

„ON.LINE“

Englische Fachbegriffe sind dem Elektrotechniker/Elektroniker hierzulande 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 4. 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



Instagram

Das ON.LINE 4.2018 wurde erstellt mit freundlicher Unterstützung der TEAG Thüringer Energie AG, Erfurt und der SWE Energie GmbH, Erfurt.

Fortsetzung Vorwort

Peter Glatz würdigt das Jubiläum der Erlassung des wilhelminischen Gesetzes "Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten" vor 120 Jahren und das aktuelle Ringen um die nationale und internationale Einheitlichkeit der Maße. Vor genau 45 Jahren wurde der erste im VEB Funkwerk Erfurt entwickelte, elektronische Taschenrechner minirex 73 vorgestellt, der zugleich mit der einhergehenden Entwicklung des Taschenrechnerschaltkreises U820D, den Startpunkt der hochintegrierten Mikroelektronik in der DDR markiert. Gastautor Hartmut Lorenz aus Schönebeck

hat sich intensiv mit der Historie der Taschenrechner, made in GDR, beschäftigt. Er beschreibt in Fortsetzung aus ON.LINE 3.2018 nun die zweite Taschenrechnergeneration. Aus jetzt erst aufgefundenen Quellen und nach Zeitzeugengesprächen, können wir nun auch die Entwicklungsphase des minirex 73 im VEB Funkwerk Erfurt etwas näher beleuchten. Eine spektakuläre Erkundung des ehemaligen Conrod-Kraftwerkes an der Saale, soll Ihnen einmalige Einblicke in die Geschichte der Wasserkraftnutzung in Thüringen verschaffen.

AKTUELLES

Leitausstellung „Erlebnis Industriekultur - Innovatives Thüringen seit 1800“

Matthias Wenzel, Erfurt

Vom 6. Juni bis zum 9. September 2018 lud die Leitausstellung zur Begegnung mit der Industriegeschichte Thüringens nach Pößneck in die Shedhalle ein. Mehr als 600 Schauobjekte aus dem Freistaat erzählten vom Wandel der Arbeitswelt, Lebenswelt und Umwelt in der Zeit zwischen 1800 und 1920. Ergänzt wurde diese Ausstellung durch begleitende Ausstellungen in anderen Museen in Thüringen mit deren spezieller Sicht auf das Thema. Ein umfangreiches Begleitprogramm umrahmte die Leitausstellung in Pößneck für Erlebnisorientierte bzw. besonders Interessierte.

Das Fazit zu Beginn: Die Leitausstellung war eine in vielen Facetten professionelle Präsentation und ein überaus zu würdiger Versuch einer Auseinandersetzung mit der Geschichte des Industrielandes Thüringen und ein Mosaikstein innerhalb der Diskussion zur Neubewertung von Industriekultur in Thüringen. Letztere ist so wenig abgeschlossen wie die Leitausstellung im Nachhinein eine stete Bewegung zur Gestaltung einer Thüringer Industrieschau von Vergangenheit bis Zukunft (Thüringer Industriemuseum) auslöste. Den Ausstellungsmachern ist mit einem geringen Budget gelungen, was die Thüringer Landesregierung scheinbar nicht für erkennbar hält, die Technik- und Industriegeschichte an einem zentralen (und sogar nicht an der Thüringer Hauptmagistrale gelegenen) Ort bewegt Menschen, Jung und Alt. Man muss es nur tun, darf kreativ sein. Natürlich bedingte die kurze Vorbereitungszeit und die sehr überschaubare Kreativ-Mannschaft auch Fehler/Fehlerchen in der Präsentation, was sicher aber nur den absoluten Themen-Insidern auffiel. Es bleibt, der erste - ein guter - Schritt ist gegangen; weitere sollten unbedingt schon in naher Zukunft folgen. Es gibt in den nächsten Jahren eine Reihe von Jubiläen (nicht nur in den Nachbarländern mit zu erwartenden



Thematische Inseln verstärkten den Eindruck der Vielfalt thüringischer Innovationen und Erzeugnisse

hohen Besucherzahlen) - schon beginnend mit der Bauhaus-Erinnerung - die durchaus in den Kontext eines neuen Thüringer Technik- oder Industriemuseums eingebunden sein könnten.

Und noch weiter und mehr: Dirk Schaal schrieb in seinem Beitrag „Industriekultur in Thüringen?“ im Ausstellungskatalog zur Leitausstellung: „Jedoch ist die gemeinsame Kultur- und Wirtschaftsgeschichte gerade in Thüringen wichtige Klammer für eine gemeinsame Landesidentität über historische Binnengrenzen hinweg. Thüringen versteht sich heute zugleich als Kulturland und innovative Industrieregion. Die derzeitige Landesregierung will dynamisches und umweltverträgliches Wirtschaftswachstum verbinden, neue attraktive Arbeitsplätze schaffen und die Innovationskraft der Thüringer Wirtschaft stärken. Das Bewusstmachen der eigenen Industriekultur und deren Vermittlung (auch als schulische und außerschulische Lernorte, d.A.) kann eine notwendige Basis für die Entwicklung zu einer wissensbasierten, ressourcenschonenden Ökonomie schaffen. Auch die Einmaligkeit und Authentizität vieler industriekultureller

Orte spricht dafür, sich intensiver und zielgerichteter mit dem Thema Industriekultur in Thüringen zu beschäftigen und entsprechende Orte mit ihren Geschichten als Ressource für Bildung und das Erleben nutzbar zu machen.“ Unsere Nachbarländer sind hier deutlich weiter.



Marmorschalttafel, Holzmastkopf und Motorwagen aus dem Fundus des Elektromuseums

Die Pößnecker Ausstellung fußte für die Präsentation thüringischer Innovationen und Produkte auf dem Zeitrahmen 1800 bis 1920; ging aber ganz bewusst für den Blick in Gegenwart und

Zukunft punktuell darüber hinaus. Immer wieder konnten interessante Zusammenhänge in Firmengeschichten vom Besucher nachvollzogen werden. „Geläufige und unerwartete thematische Schlaglichter“ konkretisierten dabei innerhalb von Themeninseln deren Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an den „Markt“ und die gesellschaftlichen Herausforderungen. Gezeigt wurde so, dass neben den allbekannten Leuchttürmen wie der Fa. Carl Zeiss in Jena außerordentliche Innovationskraft bei vielen Unternehmen im Thüringer Land zu sehen war (und ist). Die Färberei C.L. Hirsch in Gera probierte schon 1877 elektrischen Strom für die Beleuchtung in einer neuen Fabrikhalle aus und nutzte ihn daraufhin auch. Gera war dann auch die erste Stadt in Thüringen und zweite in Deutschland nach Halle/Saale, in der eine elektrische Straßenbahn durch die Stadt fuhr. Mit Ehrendiplomen und Goldmedaillen honorierte Saatgutreinigungsmaschinen aus Nordhausen beinhalten Schlüsseltechnologien mit Weltruf (Petkus). Knorr und Maggi kopierten Rudolf Schellers Fertigprodukte und Würze für Suppen aus Hildburghausen und drängten ihn erst durch bessere Werbung aus dem Markt.

Der erste deutsche Betrieb zur Herstellung von Waschmaschinen existierte ab 1888 in Saalfeld.

Aus dem Porzellanland Thüringen stammte zu Beginn des 20. Jahrhunderts fast die Hälfte des in Deutschland produzierten Gebrauchsporzellans. Sonneberg und das Meininger Umland entwickelten sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zu einem Weltzentrum der Spielwarenproduktion. Der Thüringer Glasmacher, Kunstaugenbläser und Pionier der deutschen Augenprothetik, Ludwig Müller-Uri, entwickelte 1835 in Lauscha der anatomischen Augenform perfekt nachempfundene menschliche Glasaugen. Mit der Entwicklung der Delta-Glocke im Jahr 1897, einem damals revolutionierenden Hochspannungsisolatoren-Konzept, spezialisierte sich die Porzellanfabrik Hermsdorf auf die Entwicklung und Herstellung von Produkten der Technischen Keramik. Die Delta-Glocke war der erste Porzellanisolator für Hochspannungsfreileitungen, der gezielt auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse konstruiert wurde. Durch sie gilt Hermsdorf als „Wiege der Hochspannungskeramik“. Die Aufzählung thüringischer Innovationen und Spitzenpositionen ließe sich noch Ausstellungskatalog dick weiter fortsetzen.

Das Thüringer Museum für Elektrotechnik stellt eine ganze Reihe von interessanten Exponaten, teilweise mittlerweile auch fast Unikate wie eine 3-kV-Blech-Trafostation. Diese kam im Stadtnetz von Erfurt zum Einsatz, wurde in Handarbeit hergestellt. Von diesen Stationen gibt es heute nur noch zwei Exemplare. Mit den elektrotechnischen Exponaten (Motoren, STIA-Zähler, Marmorschalttafel, Motorwagen, ...) spannt sich bildlich das Netz der Elektrifizierung des späten 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts durch die Ausstellungshalle, verbanden gleichsam die einzelnen Themeninseln. Der in vergleichbaren Ausstellungen häufig vergessene Energiebereich wurde hier seine Bedeutung gerecht. Die neue elektrische Energie revolutionierte Produktion und Leben der Thüringer, was 1920 nicht beendet war.



Der Kurator, Dr. Andreas Christoph, bei einer Führung

Thüringer Industriekultur und Technikgeschichte mit Zukunft

Stephan Hloucal, Erfurt

Anlässlich des Themenjahres „Industrialisierung und soziale Bewegungen – 2018“ fand vom 6. Juni bis zum 9. September 2018, in Pößneck die Impulsausstellung „Erlebnis Industriekultur- Innovatives Thüringen seit 1800“ statt, in der das Thüringer Museum für Elektrotechnik eine ganze Reihe von Exponaten präsentieren konnte. Den Impuls dieser „Industrieausstellung“ wollten wir aufnehmen und weiter in die Zukunft tragen. So wurde die Idee geboren, eine Kooperation zwischen verschiedenen Partnern zu initiieren, die sich in besonderer Weise mit der Industrie- und Technikgeschichte Thüringens verbunden fühlen. Ganz bewusst wollten wir den Kreis nicht nur auf Museen beschränken, sondern auch Privatpersonen, Vereinigungen und Archive einbeziehen. Der Arbeitskreis Stromgeschichte bei der TEAG Thüringer Energie AG, der VDE-Bezirksverband Thüringen - Arbeitskreis Geschichte der Elektrotechnik/Elektronik, der Verein für Technik- und Regionalgeschichte Hermsdorf e. V., der Verein Fernmeldemuseum Mühlhausen e. V., der Verein zur Erforschung der Wasserkraftnutzung der oberen Saale e.V., der Förderverein Geißlerhaus Neuhaus am Rennweg e.V., das Historische Glasapparatemuseum Cursdorf, die Interessengemeinschaft Geschichte des Röhrenwerks Mühlhausen, ein Privatsammler zu Geschichte des Antennenwerks Bad Blankenburg, der Verein der Gehlberger Glastradition e. V., das Funkwerkzeugmuseum Kölldeda, das Thüringer Wirtschaftsarchiv e. V. und das Thüringer Museum für Elektrotechnik e. V. wollen sich stärker vernetzen und zukünftig enger zusammenarbeiten. Insbesondere wollen sie sich bei der Erforschung und Erschließung der vielfältigen Samm-



lungen zur Industrie- und Technikgeschichte Thüringens mit Schwerpunkt Energietechnik/-versorgung, Elektrotechnik, Nachrichtentechnik, Elektronik und Mikroelektronik, sowie angrenzender Fachgebiete, gegenseitig unterstützen und bei der Durchführung von Veranstaltungen kooperieren. So ist eine gemeinsame thematische Website angedacht und im kommenden Frühjahr könnte gemeinsam eine öffentliche Veranstaltung vorbereitet werden, die sich mit dem, für Thüringen industriegeschichtlich bedeutsamen, kulturellen Erbe, beschäftigt. Des Weiteren wollen sich die Kooperationspartner für den Aufbau eines Landesmuseums für Industrie- und Technikgeschichte in der Landeshauptstadt Erfurt einsetzen und dieses zukünftig durch wissenschaftlich-fachliche Beratung unterstützen. Der zuvor zwischen den Partnern abgestimmte Text der Kooperationsvereinbarung wurde im Rahmen einer Pressekonferenz, am Freitag, dem 7. September 2018, in der Impulsausstellung in Pößneck, unterzeichnet. Die Presse und das Thüringen-Journal des MDR-Fernsehens, berichteten darüber. Die Thüringer Landesregierung will zukünftig Kooperationen verstärkt fördern, sodass berechtigte Hoffnung besteht, professionelle Hilfe für die Vernetzungsaktivitäten der Kooperationspartner, beispielsweise gemeinsame Ausstellungen, Projekte oder Veranstaltungen, in Anspruch nehmen zu können. Wir freuen uns auf die Zukunft.



Keine alltägliche Kombination aber wirkungsvoll: Sitzendorfer Porzellan auf Euro-Palette



Vertreter der Kooperationspartner

Stiftung Industriekultur Thüringen auf der Zielgeraden

Stephan Hloucal, Erfurt

Die Mitglieder des Thüringer Museums für Elektrotechnik e. V. hatten in ihrer Mitgliederversammlung am 21. Februar 2017 beschlossen, die Gründung einer Stiftung zu unterstützen. Nun wird dies Realität. Aus der Mitte der Bürgergesellschaft heraus, gründet sich gegenwärtig die Stiftung Industriekultur Thüringen, die sich insbesondere der Bewahrung des kulturellen Erbes der Industrie- und Technikgeschichte Thüringens und des mitteldeutschen Wirtschaftsraumes, widmen will. Zu diesem Zweck will die Stiftung museale Einrichtungen, Archive und Bildungseinrichtungen unterhalten. Als Erstes wird sie den überregional bedeutsamen Sammlungen und Archivalien des Thüringer Museums für Elektrotechnik eine gesicherte und dauerhafte Zukunft geben. Stiftungszweck ist, neben der Pflege des identifikationsstiftenden kulturellen Erbes der Industriekultur und Technikgeschichte Thüringens, auch die mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung junger Menschen und den interdisziplinären Dialog zwischen Geistes- und Naturwissenschaften, zu befördern. Mit Prof. Dr. em. Olaf Werner, dem ehemaligen Leiter des Abbe-Instituts für Stiftungswesen an der Friedrich-Schiller-Universität Jena, konnte ein ausgewiesener Experte auf diesem Rechtsgebiet gewonnen werden, der die Stifter bei der Erstellung von Satzung und Stiftungsgeschäft, sowie in der Genehmigungsphase unterstützt.

Fachgruppe Rundfunktechnik gegründet

Wir wollen eine Plattform für den fachlichen Austausch und eine engere Vernetzung zwischen dem Thüringer Museum für Elektrotechnik und allen am Thema Rundfunktechnik interessierten, schaffen. Daher ist die Fachgruppe Rundfunktechnik ins Leben gerufen worden, die sich hauptsächlich mit technischen Aspekten der Sende- und Empfangstechnik des Hörfunks beschäftigt wird. Dabei sollen möglichst viele Facetten von Langwelle bis UKW, von Amplitudenmodulation bis DAB+, von Geradeausempfänger bis Software Defined Radio (SDR),

betrachtet werden. Wir wollen so einen Raum schaffen, in dem ein ungezwungener, toleranter Erfahrungs- und Gedankenaustausch über die Technik des Hörfunks, ermöglicht wird. Angesprochen sind Interessenten, die sich beruflich oder in ihrer Freizeit mit Rundfunktechnik beschäftigen und an einem regelmäßigen Austausch mit Gleichgesinnten interessiert sind. Interessenten melden sich bitte über:

info@elektromuseum.de



Turmkopf des Fernsehsenders Kulpenberg

Vortragsreihe des Thüringer Museums für Elektrotechnik

Unsere Herbst-Vortragsreihe im Klub Kalif Storch, im Erfurter Zughafen Kulturbahnhof, hatte ein kleines, breitgefächertes Programm. Mit dabei waren Gerhard Roleder zur Geschichte von bekannten und unbekanntem Sendeanlagen im Osten Deutschlands, Dr. Peter Glatz zur Gründung des Thüringenwerks vor 95 Jahren und Hartmut Lorenz mit der Würdigung des 45-Jahres-Jubiläums „Taschenrechner minirex 73“. Das Vortragsangebot zu Themen der Geschichte von Elektrotechnik und Elektronik wird im Frühjahr 2019 fortgesetzt. Neben noch unbekanntem historischen Fakten und Hintergründen beim Bau von Wasserkraftwerken an der oberen Saale, wollen wir auch den Blick auf moderne Technologien richten. Dabei soll die Weiterentwicklung der vom Transrapid her bekannten Magnetschwebetechnologie eine besondere Rolle spielen. Die Information zu Termin und Thema des jeweiligen Vortrages erfolgt über alle konventionellen und modernen Medienkanäle.

HISTORISCHES

Zur Geschichte der elektrischen Einheiten

Dr. Peter Glatz, Erfurt

Vor 120 Jahren wurde in Deutschland das "Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten" erlassen.

Ein wichtiger Bestandteil der Entwicklung von Produktion und Handel, von Naturwissenschaften und Technik war die stete Präzisierung des Messens, der Messtechnik sowie der Messmethoden und damit auch die Definition von entsprechenden Maßeinheiten. Nur so konnten natürliche, aber auch wissenschaftliche Zusammenhänge gefunden und Gesetzmäßigkeiten formuliert werden. Historisch kamen Handwerk, Gewerbe und auch das gesamte öffentliche Leben zunächst mit den nur lokal vereinbarten mechanischen Einheiten der Länge (z. B. Fuß, Elle, Meile usw.), des Volumens (z. B. Eimer, Scheffel usw.) und der Masse (z. B. Pfund, Zentner usw.) aus. Auf Märkten achteten die sogenannten Marktmeister auf „gerechtes Maß und Messen“ als Grundlage des lokalen Handels.

Erst am Ausgang des 18. Jahrhunderts erforderten die wirtschaftliche Entwicklung sowie die Fortschritte in den Naturwissenschaften und der Technik 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 das „Metrische System“, das nach dem Willen seiner Schöpfer „für alle Zeiten und für alle Völker“ gelten sollte. Entsprechend dem Stand der Physik wurden in diesem System aber noch keine elektrischen oder thermischen Einheiten, sondern nur die mechanischen Einheiten Meter und Kilogramm sowie deren dezimale Vielfache und Teile definiert. Ein Meter wurde als der zehnmillionste Teil eines Meridianviertelkreises der Erde festgelegt. Als Masseinheit 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.

Mit dem Metrischen System wurde auch das Dezimalsystem in das Messwesen eingeführt. Die Bezeichnungen der (zunächst je drei) dezimalen Vielfachen und Teile der metrischen Einheiten 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, Zenti, Milli). Man wollte damit keine lebende Sprache bevorzugen. Heute sind Vorsätze bis 10^{24} (Yotta) sowie 10^{-24} (Yokto) möglich.

Zusammenstellung der abgekürzten Maß- & Gewichts-Bezeichnungen		
<small>nach Beschluß des Bundesraths vom 8. October 1877.</small>		
A. Längenmaße:	Kilometer	km
	Meter	m
	Centimeter	cm
	Millimeter	mm
B. Flächenmaße:	Quadratmeter	qm
	Hektar	ha
	Ar	a
	Quadratmeter	qm
	Quadratcentimeter	qcm
	Quadratmillimeter	qmm
C. Körpermaße:	Kubikmeter	cbm
	Hektoliter	hl
	Liter	l
	Kubikcentimeter	ccm
	Kubikmillimeter	cmm
D. Gewichte:	Tonne	t
	Kilogramm	kg
	Gramm	g
	Milligramm	mg

1. Den Buchstaben werden Schlußpunkte nicht beigelegt.
2. Die Buchstaben werden an das Ende der vollständigen Zahlensdrücke — nicht über das Decimalkomma derselben — gesetzt, also 5,37 m — nicht 5m37 und

Zusammenstellung der neuen Schreibweise der Mass- und Gewichtsbezeichnungen (Quelle: Verein von Gas- und Wasser-Fachmännern Deutschlands - Separatdruck aus dem Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, Anlage, München, 1878)

Die Internationale Meterkonvention

Das Metrische System hat sich sowohl praktisch als auch in der Gesetzgebung der Länder nur sehr zögernd durchgesetzt. Erst mit der am 20. Mai 1875 von 17 Staaten unterzeichneten Internationalen Meterkonvention wurde ein erstes internationales metrologisches Vertragswerk vereinbart, in dessen Rahmen Delegierte aller Mitgliedsstaaten regelmäßig (früher alle sechs, inzwischen alle vier Jahre) zur Generalkonferenz für Maß und Gewicht (Conférence Générale des Poids et Mesures; CGPM) zusammen treffen. Die entscheidenden Beschlüsse dieser Konferenzen werden vom Internationalen Komitee für Maß und Gewicht (CIPM) und seinen Beratenden Komitees vorbereitet. Als wissenschaftliches Institut der Meterkonvention wurde das Internationale Büro für Maß und Gewicht (BIPM) in Sèvres bei Paris eingerichtet, das unter der Aufsicht des CIPM arbeitet und bis heute „die weltweite Einheitlichkeit der physikalischen Maße zu gewährleisten“ hat [1].

Die 1. Generalkonferenz wählte im September 1889 aus der Reihe der Meter- und Kilogrammverkörperungen, die aus einer Platin-Iridium-Legierung hergestellt worden waren, je ein Exemplar aus und erklärte es zum Internationalen Prototyp für das Meter („Urmeter“) bzw. für das Kilogramm („Urkilogramm“). Die übrigen Exemplare wurden durch Auslosung an die Mitgliedsstaaten der Meterkonvention verteilt. Inzwischen hat die Konvention 57 Mitgliedsstaaten sowie weitere 40 Staaten und internationale Organisationen als assoziierte Mitglieder. Im November 2018 fand in Paris die 26. Generalkonferenz statt.

Nachdem zunächst ausschließlich die Betreuung der mechanischen Maßeinheiten im Mittelpunkt ihrer Arbeit stand, haben die Organe der Meterkonvention sich seit den 1920er Jahren zunehmend auch um die Einheiten der anderen physikalischen Disziplinen und damit auch um die Bildung eines geschlossenen internationalen Einheitensystems bemüht. Im Jahre 1927 wurde der Wortlaut der Meterkonvention den

1918 gegründete Reichsanstalt für Maß und Gewicht (RMG) im Oktober 1923 per Gesetz in die Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR) eingegliedert.

Die „absoluten elektrischen CGS-Einheiten“

Die Anfänge der Definition der elektrischen und magnetischen Maßeinheiten gehen u. a. auf die Arbeiten von Gauß und Weber in Göttingen zurück. Sie hatten 1833 den elektromagnetischen Telegrafen erfunden und gemeinsam erprobt. In diesem Zusammenhang beschäftigten sie sich auch mit Problemen der quantitativen Beschreibung von elektrischen und magnetischen Erscheinungen. Gauß untersuchte die „Intensität der erdmagnetischen Kraft“ (den Erdmagnetismus) für beliebige 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) in Betracht zog. Im Sinne des damals dominanten „mechanischen Weltbildes“ waren die Gelehrten davon überzeugt, dass man die gesuchten Maßeinheiten auf das System der mechanischen Einheiten zurückführen muss. Dazu gingen sie von den Arbeiten des französischen Physikers Coulomb aus, der 1785 ein Gesetz über die Kräfte zwischen Punktladungen gefunden hatte, das er vier Jahre später auch auf Kräfte zwischen Magnetpolen übertragen hat. Aus den beiden Coulomb-Gesetzen und den Untersuchungen von Ampère über Kräfte zwischen Strömen im Jahr 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 Stromstärkeinheit“ $\text{cm}^{1/2} \cdot \text{g}^{1/2} \cdot \text{s}^{-1}$. Diese Einheiten hatten natürlich nur einen theoretischen Wert. Technisch waren sie nur schwer handhabbar.



Blick auf den Gebäudekomplex der PTR in Berlin nach der Fertigstellung im Jahr 1897 (Quelle: PTB, Cahen 4 3 0337)

gewachsenen Bedürfnissen angepasst [2]. Für einige Disziplinen wurden Beratende Komitees eingesetzt, z. B. noch im gleichen Jahr das Comité Consultatif d'Electricité (CCE).

In Deutschland wurde in diesen Jahren nicht nur die Betreuung der Maßeinheiten, sondern auch das gesamte staatliche Eichwesen in eine Hand gegeben. So wurde die nach dem 1. Weltkrieg, im Dezember

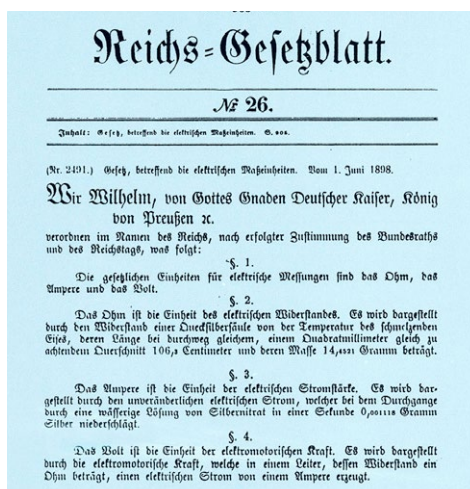
Die „internationalen elektrischen Einheiten“

Bis zum Jahre 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 vereinheitlichende Festlegungen. Erst auf dem 1. Internationalen Elekrikerkongress, 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.

Die Darstellung dieser Einheiten durch Normale war zunächst messtechnisch noch längst nicht ausgereift. Erst auf einem späteren Internationalen Elekrikerkongress, 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 [3].

Zwei dieser sogenannten „internationalen elektrischen Einheiten“ wurden in das deutsche „Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten“ vom 1. Juni 1898 übernommen [4]:

- Das Ohm wurde definiert 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 den unveränderlichen elektrischen Strom, welcher bei dem Durchgang durch eine wässrige Lösung von Silbernitrat in einer Sekunde 0,001 118 Gramm Silber niederschlägt.
- Die Spannungseinheit Volt wurde in diesem Gesetz nicht unabhängig von den beiden anderen Maßeinheiten durch ein Normalelement, sondern über das Ohmsche Gesetz mit Hilfe von Ohm und Ampere



Ausschnitt aus dem Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, 1.6.1898

definiert.

Mit diesem Gesetz sind vor 120 Jahren erstmalig in Deutschland elektrische Einheiten gesetzlich festgelegt worden. Für die Betreuung des gesamten elektrischen Messwesens war die 1887 gegründete Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR) zuständig [5]. Sie war z. B. 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.

Die internationalen Bestrebungen zur Vereinheitlichung der elektrischen Einheiten zwischen den großen Industriestaaten gingen weiter. Nach dem Muster der PTR wurde 1900 in Großbritannien das National Physical Laboratory (NPL) in Teddington 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. So wurde der Vorschlag gemacht, ein Internationales elektrisches Laboratorium zu gründen, dessen Arbeit von einer Internationalen Kommission für elektrische Maße gefördert und überwacht werden sollte.

In den Jahren nach dem 1. Weltkrieg haben die Organe der Meterkonvention diese internationale Zusammenarbeit übernommen. Auf der 7. Generalkonferenz für Maß und Gewicht im Jahre 1927 wurde das Aufgabenfeld der Konvention um die elektrischen und magnetischen Einheiten erweitert [2]. Im Rahmen des Beratenden Komitees für Elektrizität (CCE) begann man 1931 mit dem internationalen Vergleich der Normalwiderstände und Normalelemente der verschiedenen Staatsinstitute, daran beteiligt auch die deutsche PTR. Die Mittelwerte dieser Vergleichsmessungen wurden als das „mittlere internationale Ohm“ (Ω_{int}) und „mittlere internationale Volt“ (V_{int}) bezeichnet und seit 1933 regelmäßig veröffentlicht.

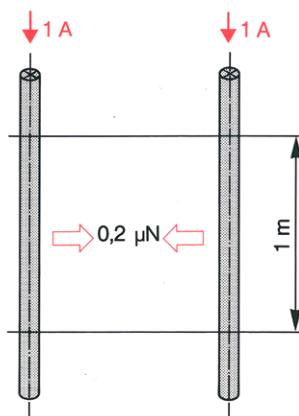
Die „absoluten elektrischen MKSA-Einheiten“

Die internationalen elektrischen Einheiten sind während einer gewissen Entwicklungsphase der Elektrotechnik den an sie gestellten Anforderungen offensichtlich gerecht geworden. Gegen ihre weitere Verwendung und die Art ihrer Darstellung wurden im Laufe der Zeit von verschiedenen Seiten erhebliche Einwände erhoben [6]:

- Vom Standpunkt eines allgemeinen physikalischen Einheitensystems setzte sich immer mehr die Auffassung durch, dass nach Kenntnis und Darstellungsart der Elektrodynamik neben drei Grundeinheiten der Mecha-

nik nur eine elektrische Grundeinheit zu treten habe.
- Daneben wurde kritisiert, dass die Energieeinheit der internationalen elektrischen Einheiten, das internationale Joule, weder mit der Energieeinheit Erg des CGS-Systems noch mit der Energieeinheit Joule des MKS-Systems (Meter-Kilogramm-Sekunde-Systems) betragsmäßig übereinstimmt oder durch einen einfachen und feststehenden Zahlenfaktor verknüpft ist. (Die Umrechnung erfolgte durch die experimentell ermittelten Wärmeäquivalente.)
- Weiter war festzustellen, dass die magnetischen Einheiten nach wie vor im CGS-System definiert wurden.
- Schließlich gab es auch rein messtechnische Bedenken gegen die beiden „internationalen“ Normale.

Die wegen der Kriegereignisse erst im Jahr 1948 durchgeführte 9. Generalkonferenz für Maß und Gewicht beachtete diese Bedenken und bestätigte den Grundsatz, dass die internationalen elektrischen Einheiten durch sogenannte absolute Einheiten abgelöst seien. Das absolute Ampere wurde als einzige elektrische Grundeinheit im MKSA-System angenommen. 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

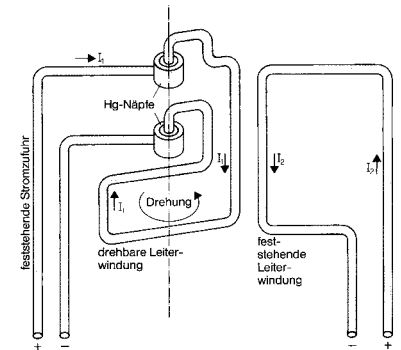


Festlegung der SI-Einheit der elektrischen Stromstärke (Quelle: PTB)

von vernachlässigbar kleinem, kreisförmigen Querschnitt fließend, zwischen diesen Leitern je ein Meter Leiterlänge die Kraft $2 \cdot 10^{-7}$ Newton hervorrufen würde“. Diese Definition ist identisch mit der Festsetzung der magnetischen Feldkonstanten $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$. In Abhängigkeit von dieser Definition wurde die Definition der anderen elektrischen Einheiten Volt, Ohm, Coulomb, Farad, Henry und Weber festgelegt.

Die Wahl des Ampere als elektrische Grundeinheit

war eine willkürliche Entscheidung. Triftige Gründe hätten sich auch für die Widerstands- oder die Spannungseinheit anführen lassen. Astin schrieb dazu: „Den Vorzug erhielt die Stromstärkeeinheit bei dieser Wahl vorwiegend deshalb, weil man mit verhältnismäßig



„Amperesches Gesetz“ zum Nachweis der Kraftwirkung zwischen stromdurchflossenen Leitern (Quelle: PTB)

einfachen Mitteln in der Lage ist, die Stromstärkeeinheit auf die mechanischen Einheiten zu beziehen und weil sich die Widerstands- und die Spannungseinheit verhältnismäßig einfach unter Zugrundelegung der Stromstärkeeinheit definieren lassen“ [7]. Als Nachteil dieser Ampere-Definition nennt Astin, dass sie sich nicht in einem konstanten und tragbaren Normal verkörpern lässt. Man war deshalb sowohl national als auch international auf zwischen den metrologischen Staatsämtern vereinbarte Widerstands- und Spannungsnormale angewiesen.

Das Internationale Einheitensystem (SI)

Neben den elektrischen und magnetischen Maßeinheiten wurden auch die Zeiteinheiten sowie die thermischen und photometrischen Einheiten im Rahmen der Meterkonvention zunächst nicht bearbeitet. Sie waren deshalb auch nicht in die Maß- und Gewichtsgesetzgebung sowie in das Eichwesen einbezogen worden. In Deutschland wurden erst 1898 die ersten elektrischen und 1924 die ersten thermischen Einheiten (die thermodynamische Celsius-Skala und die Wärmeeinheit Kilokalorie) in die Gesetzgebung übernommen.

Die Übertragung der Arbeit der Meterkonvention auf die anderen Disziplinen ist aus der Gründung der Beratenden Fachausschüsse zu entnehmen: Elektrizität (1927), Photometrie (1933), Thermometrie und Kalorimetrie (1937), Definition des Meters (1952), Definition der Sekunde (1956), Messungen an ionisierenden Strahlungen (1958), Einheiten (1964).

Auf der 10. Generalkonferenz 1954 wurde das „Praktische Einheitensystem“ mit sechs Grundeinheiten angenommen. Auf den weiteren Generalkonferenzen kamen die Wellenlängendefinition des Meter (1960), die Neudefinition der Sekunde auf atomarer Grundlage (1964), 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.

Die Bedeutung des SI soll in folgenden Punkten zusammengefasst werden:

- 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.
- Die Basiseinheiten, die ergänzenden Einheiten und die abgeleiteten Einheiten bilden eine kohärente Gesamtheit und damit ein relativ leicht zu überschauendes System.
- Das SI ist ein im klassischen Sinne absolutes Einheitensystem, da in ihm alle Kräfte und Energien in der im System gültigen mechanischen Kraft- bzw. Energieeinheit ausgedrückt werden. Es wird nicht mehr zwischen mechanischen, elektrischen und thermischen Energieeinheiten unterschieden, die über das mechanische bzw. das elektrische Wärmeäquivalent ineinander umzurechnen waren. Es gilt: $1 \text{ N}\cdot\text{m} = 1 \text{ W}\cdot\text{s} = 1 \text{ J}$.
- Im Bereich der Elektrodynamik ist das SI dem sog. rationalen Vierersystem angepasst. Die Geometriefaktoren 2π bzw. 4π treten also nur dort auf, wo sie als Folge der Zylinder- bzw. der Kugelsymmetrie zu erwarten sind. Z. B. gehört die früher oft benutzte Einheit Oersted für die magnetische Feldstärke $1 \text{ Oe} = [10^3/4\pi] \cdot \text{A/m} \approx 80 \text{ A/m}$ nicht zum SI.
- Das Kelvin ist nun insofern auch eine gleichberechtigte Basiseinheit, als es mit SI-Vorsätzen versehen werden und sowohl für die Angabe von Temperaturen als auch von Temperaturdifferenzen verwendet werden kann.

Das SI entstammt den Bedürfnissen der Wissenschaft, ist aber inzwischen auch das vorherrschende Maßsystem in Wirtschaft, Technik, Handel und allen Bereichen des gesellschaftlichen und persönlichen Lebens. In Deutschland sind die SI-Einheiten als gesetzliche Einheiten für den amtlichen und geschäftlichen Verkehr eingeführt. Einzelheiten hierzu sind im „Einheiten- und Zeitgesetz“ [8] formuliert. Um die nationale und internationale Einheitlichkeit der Maße zu sichern, sind die Aufgaben der Darstellung, Bewahrung und Weitergabe der Einheiten im Mess-

wesen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig, der Nachfolgerin der PTR, dem nationalen Metrologieinstitut Deutschlands übertragen worden. Es geht darum, eine international akzeptierte und leistungsfähige messtechnische Infrastruktur für Industrie und Handel, Wissenschaft und Gesellschaft bereitzustellen ([5], [9]).

Der Übergang zum neuen SI

Gegenwärtig werden die sieben Basiseinheiten des SI auf sehr unterschiedliche Weise definiert. Man verwendet einen Metallzylinder (Kilogramm), eine idealisierte Messvorschrift (Ampere), Materialeigenschaften (Kelvin, Mol), festgelegte Faktoren (Candela) oder Naturkonstanten (Sekunde, Meter). Seit längerer Zeit sind sich die Metrologen darüber im Klaren, dass die Definition aller Basiseinheiten 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 den aktuellen Ansprüchen. Die Definitionen der anderen Basiseinheiten weisen jedoch erhebliche Mängel auf [10].

Namensgeber elektrischer Einheiten im veralteten CGS-System					
Physikalische Größe	Einheit	Einheitenzeichen	Namensgeber	Geb.	Gest.
magnetische Spannung	Gilbert	Gb	William Gilbert	1544	1603
elektrische Ladung	Franklin	Fr	Benjamin Franklin	1706	1790
elektrischer Strom	Biot	Bi	Jean Baptist Biot	1774	1862
magnetische Induktion, Flusddichte	Gauß	Gs, G	Carl Friedrich Gauß	1777	1855
magnetische Feldstärke	Oersted	Oe	Hans Christian Ørsted	1777	1851
magnetischer Fluss	Maxwell	Mx	James Clerk Maxwell	1831	1879
Namensgeber elektrischer SI-Einheiten (Basiseinheiten und abgeleitete SI-Einheiten mit besonderem Namen)					
Physikalische Größe	Einheit	Einheitenzeichen	Namensgeber	Geb.	Gest.
elektrische Ladung	Coulomb	C	Charles Augustin de Coulomb	1736	1806
Leistung	Watt	W	James Watt	1736	1819
elektrische Spannung	Volt	V	Alessandro Volta	1745	1827
elektrischer Strom	Ampere	A	André Marie Ampère	1775	1836
elektrischer Widerstand	Ohm	Ω	Georg Simon Ohm	1789	1854
elektrische Kapazität	Farad	F	Michael Faraday	1791	1867
elektrische Induktivität	Henry	H	Joseph Henry	1797	1878
magnetischer Fluss	Weber	Wb	Wilhelm Eduard Weber	1804	1891
elektrischer Leitwert	Siemens	S	Werner von Siemens	1816	1892
Energie, Arbeit	Joule	J	James Prescott Joule	1818	1889
magnetische Flusddichte, Induktion	Tesla	T	Nikola Tesla	1856	1943
Frequenz	Hertz	Hz	Heinrich Hertz	1857	1894

Insbesondere die Kilogramm-Definition bedarf einer dringenden Revision, da der in Paris aufbewahrte Metallzylinder, das „Urkilogramm“, über die Jahre hinweg einen Masseverlust im Mikrogramm-Bereich aufweist. Dadurch ändern sich auch die Werte für alle Vergleichsmassen, z. B. auch die Angaben für die Protonenmasse, die Elektronenmasse und die anderer Elementarteilchen. Das ist ein auf Dauer unhaltbarer und im Detail noch unverstandener Effekt. Auch die Ampere-Definition muss verändert werden. Neben der idealisierten Messvorschrift („unendlich lange

Leiter“ „vernachlässigbar kleiner Leiterquerschnitt“) ist ihr entscheidender Nachteil, dass hierbei das Ampere über die Kraft mit dem Kilogramm verknüpft ist.

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 Einheiten-system wird nun „der Spieß umgedreht“. Mit Hilfe von sieben festgelegten Naturkonstanten (z. B. die Lichtgeschwindigkeit c , die Elementarladung e , die Planck-Konstante h , die Boltzmann-Konstante k und andere) werden die sieben Basiseinheiten definiert. Dabei wird bei der Realisierung eine relative Messunsicherheit von wenigen 10^{-8} gefordert, die sich erreichen lässt, indem man für die Messungen Quanteneffekte ausnutzt. Durch den Einsatz mehrerer unterschiedlicher Messverfahren verringert man die Gefahr, dass systematische Fehler nicht erkannt werden.

Das Ampere wird künftig definiert, indem der numerische Wert der Elementarladung e festgelegt wird zu $e = 1,602\ 176\ 634 \cdot 10^{-19}$ A·s, wobei die Sekunde über eine spezifische Cäsiumfrequenz definiert ist. Die Realisierung des Ampere erfolgt mit einer elektronischen Schaltung, die den elektrischen Strom misst, indem sie die Elektronen „zählt“, die in einem Zeitintervall die Schaltung passieren. Bei diesem Messverfahren erreicht man die geforderte relative Unsicherheit von wenigen 10^{-8} . Alternativ zu dieser Realisierung kann man den Strom mit der gleichen Genauigkeit bestimmen, indem man den Widerstand mit Hilfe des Quanten-Hall-Effekts und die Spannung mit dem Josephson-Effekt misst [11].

Durch die zahlenmäßige Festlegung der sieben Naturkonstanten, die den Einheiten-Definitionen zugrunde liegen, wird erreicht, dass bei genaueren Messungen auch die Einheiten genauer realisiert werden können – ohne Änderung der Definition. Diese technische Offenheit gegenüber allen zukünftigen Genauigkeitsfortschritten ist ein großer Gewinn des neuen SI. Es ist damit „für alle Zeiten und an jedem Ort“ offen für alle technologischen Innovationen [12]. Und noch eine gute Nachricht: Diese Änderungen an der Systematik des SI werden im täglichen Leben unbemerkt bleiben. Im Alltag wird gemessen wie bisher.

Fazit

Als im Jahr 1875 die Internationale Meterkonvention für „Maß und Gewicht“ abgeschlossen wurde, gab es zwischen den führenden Industrieländern noch keine Vereinbarungen über gemeinsame elektrische Einheiten. Erst mit dem „Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten“ sind 1898 innerhalb Deutschlands entsprechende Festlegungen getroffen worden. Für die Betreuung des gesamten elektrischen Messwesens war die 1887 gegründete Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR) zuständig. 1927 wurden auch die elektrischen Einheiten von den Organen der Meterkonvention übernommen. Seit 1971 sind sie mit der Basiseinheit Ampere Bestandteil des Internationalen Einheitensystems (SI). Im „neuen SI“ wird das Ampere nicht mehr über die Kräfte zwischen Strömen, sondern über die Elementarladung e definiert. Offiziell in Kraft treten soll das neue SI an einem Jahrestag der Meterkonvention, am 20. Mai 2019 – dem Weltmetrologietag. 200 Jahre nach den grundlegenden Experimenten von André Marie Ampère.

Literatur

- [1] Internationale Meterkonvention. Vom 20. Mai 1875, Reichsgesetzblatt 1876, S. 191 - 212
- [2] Gesetz über die Abänderung der am 20. Mai 1875 in Paris unterzeichneten Internationalen Meterkonvention und des ihr beigefügten Reglements. Vom 25. Mai 1927, Reichsgesetzblatt 1927, II, S. 409
- [3] Kind, Dieter: Zur Geschichte der elektrischen Einheiten im Internationalen Einheitensystem, etz-a 98(1977)12, S. 800 - 803
- [4] Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten. Vom 1. Juni 1898, Reichsgesetzblatt 1898, S. 905 - 907
- [5] PTR / PTB: 125 Jahre metrologische Forschung, PTB - Mitteilungen 122(2012)2, Sonderdruck
- [6] Stille, U.: Messen und Rechnen in der Physik, Braunschweig, 1961
- [7] Astin, A. V.: Die Einheit der elektrischen Stromstärke, Zeitschrift für angewandte Physik 16(1964)1, S. 69 - 80
- [8] Gesetz über die Einheiten im Messwesen und die Zeitbestimmung (Einheiten- und Zeitgesetz) Neufassung vom 22. Februar 1985, Bundesgesetzblatt I, S. 1185, Ausführungsverordnung zum Gesetz über die Einheiten im Messwesen und die Zeitbestimmung (Einheitenverordnung), vom 13. Dezember 1985, Bundesgesetzblatt I, S. 2272
- [9] Physikalisch-Technische Bundesanstalt: Die gesetzlichen Einheiten in Deutschland (Faltblatt), Braunschweig, Juni 2015
- [10] Experimente für das neue SI, Heft 2 der PTB-Mitteilungen 126 (2016)
- [11] Scharf, Rainer; Middelmann, Thomas: Paradigmenwechsel im Internationalen Einheitensystem (SI), PTB-Mitteilungen 126(2016)2, S. 5 - 15
- [12] Das neue Internationale Einheitensystem (SI), Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Braunschweig 11/2017

Die Ersten und die Letzten - 18 Jahre Taschenrechner aus Mühlhausen (Teil 2)

Hartmut Lorenz, Schönebeck/Elbe

Die zweite Generation

Zum Ende der 1970er Jahre war die rasante Entwicklung der Taschenrechner zum Abschluß gekommen. Japanische Firmen dominierten den Massenmarkt. Sie entwickelten zur "Vermeidung" amerikanischer Patente Taschenrechner-Schaltkreise in CMOS-Technik und dauerhaft funktionierende Flüssigkristall-Anzeigen (LCD). Ein solcher Taschenrechner hatte als elektronische Komponenten nur noch den Schaltkreis und die Anzeige. So konnten die Produktionskosten minimiert werden. Zugleich ermöglichte der extrem niedrige Energiebedarf dieser Kombination die Speisung aus Solarzellen. Den ersten Taschenrechner in derartiger Ausführung stellte die japanische Firma Sharp mit dem **EL 8026** 1976 vor (Einführungspreis 24 800 ¥, ca. 100 US\$). Auch die amerikanischen Firmen HP und TI ließen ihre Taschenrechner jetzt hauptsächlich in Fernost produzieren und gaben nur noch die Gestalt und Funktionalität vor. Das umfassende Angebot von Taschenrechnern ließ kaum noch Wünsche offen und reichte

- von einfachen Vierspezies-Rechnern üblicher Weise bereits mit Wurzel- und Prozentfunktion sowie einem Speicher,
- über Rechner mit vielfältigen wissenschaftlichen oder finanztechnischen Funktionen,
- bis hin zu BASIC-programmierbaren Taschencomputern.

Der VEB Röhrenwerk Mühlhausen fertigte auch die zweite Generation der DDR-Taschenrechner. Die Schaltkreise dafür wurden im VEB Halbleiterwerk Frankfurt/Oder (HFO) und die Flüssigkristall-Anzeigen im VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin (WF) auf der Grundlage von Lizenzverträgen mit japanischen Firmen hergestellt. Auch wesentliche Teile der Produktionsausrüstung wurden in diesem Zusammenhang importiert. Produziert wurden vier Typenreihen, die in den Folgejahren durch eine unterschiedliche äußere Gestaltung variiert wurden. Zunächst beinhalteten diese Taschenrechner noch japanische Schaltkreise und Anzeigen, die jedoch, sowie diese bereitgestellt werden konnten, durch in den DDR-Betrieben gefertigte ersetzt wurden. Die



Produktionsvorbereitung und -überführung erfolgte bei gleichzeitig stetig steigenden Stückzahlen der noch in der Herstellung befindlichen Modelle der ersten Generation. Das war für alle beteiligten Betriebe eine enorme Herausforderung. So ist es nicht verwunderlich, daß es zunächst einige Leiterkarten-Varianten gab, bis die vorgesehene, "endgültige" gefertigt wurde.

Als erste Typen wurden der MR 410 und der MR 411 auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1979 gezeigt. Sie entsprachen in der Funktionalität ihrer Kategorie zu diesem Zeitpunkt dem internationalen Stand und erhielten deshalb das Gütezeichen "Q" und eine Messegoldmedaille. Der **MR 410** beherrschte die vier Grundrechenarten bei 8stelliger Genauigkeit. Er hatte einen saldierenden Speicher und die "Ingenieur"-Funktionen $1/x$, \sqrt{x} , x^2 , x^n sowie %. Zusätzlich konnte er die Konstante π und konnte das Ergebnis auch im Festkommaformat (mit zwei Nachkommastellen) anzeigen oder die letzte Stelle aufrunden. Der **MR 411** rechnete in den vier Grundrechenarten mit 8stelliger Genauigkeit, hatte einen saldierenden Speicher und kannte die Prozentrechnung sowie Quadratwurzelfunktion. Darüber hinaus war er um einen Uhrenteil mit Weckerfunktion und Stoppuhr erweitert. Der Leistungsbedarf war mit $60 \mu\text{W}$ angegeben, was einen Dauerbetrieb über Jahre(!) mittels zweier Silberoxidzellen SR44 o.ä. ermöglichte. Sein Einführungspreis betrug 395 M.

Bereits zur Leipziger Herbstmesse 1979 wurde der **MR 610** vorgestellt, ein erweiterter wissenschaftlicher Taschenrechner mit 35 mathematischen Funktionen, darunter u.a. hyperbolische und einfache



Statistik-Funktionen sowie zwei Umrechnungen. Bei algebraischer Eingabemethodik mit zwei Klammer-ebenen, aber ohne Berücksichtigung von Punkt- vor Strichrechnung mit möglicher Exponentialdarstellung der Eingabe und des Ergebnisses (achtstellige Mantisse, zweistelliger Exponent) konnte auch ein rechner-der Speicher genutzt werden. Für eine hohe Rechengenauigkeit sorgte eine Schutzstelle.

1980 betrug sein Preis 730 M, dieser wurde bis 1985 auf 205 M gesenkt. Zu Ehren des X. Parteitags der SED 1981 wurde der **MR 511** entwickelt, in die Produktion überführt und im Handel angeboten. (Die Delegierten des Parteitags erhielten je ein Exemplar einer Sonderedition. Was sie jedoch nicht erfuhren: Taschenrechnerschaltkreis und Anzeige waren noch aus Japan.) Obwohl nur Scheckkarten groß und 7mm dick, hatte er den gleichen Funktionsumfang wie der MR 411. Den Strom lieferten zwei flachere Silberoxidzellen SR54.

Ebenfalls seit 1981 wurde der **MR 4110** produziert, eine weitere Ableitung vom MR 411 in quer liegender Pultform. Er wurde aus zwei Mignonzellen (AA) gespeist. (Diese verrotteten eher im Gehäuse, als daß sie elektrisch entladen waren.) Auf Grund seiner Funktionalität fand man ihn als kleinen „Tischrechner“ auf so manchem Schreibtisch. Diese ersten Modelle

der zweiten Generation der DDR-Taschenrechner wurden vorgestellt und erläutert von D. Ehrsam in: [Kreul, H., Leupold, W., Horn, T.: Kleinstrechner Tips; VEB Fachbuchverlag Leipzig 1985, Heft 3, Seiten 4-19 (von 68)]

Ab 1982 wurde der **MR 609** produziert, ein wissenschaftlicher Taschenrechner mit Winkelfunktionen und Logarithmen sowie deren Inversen. Weiterhin hatte er einen saldierenden Speicher, die Funktionen $\%$, $1/x$, \sqrt{x} , x^2 , y^x und kannte die Konstanten π und e . Gerechnet wurde mit bis zu 9stelliger Genauigkeit, Eingabe und Ergebnisanzeige konnten auch in Exponentialschreibweise erfolgen. Als Taschenrechner-Schaltkreis kam der auf der Grundlage eines Lizenzabkommens mit der japanischen Firma Toshiba in der DDR entwickelte U824 zum Einsatz. Er hatte kein äquivalentes Vorbild, sondern zu jener Zeit nicht allgemein übliche Eigenschaften (Schutzstelle, Punkt-vor Strichrechnung, automatische Abschaltung). Zum Schuljahr 1984/85 wurde dieser Rechner zunächst für die 11. Klassen der erweiterten Oberschulen (heutige Gymnasien) als Schulrechner **SR 1** in den Unterricht eingeführt. Der VEB Mikroelektronik Mühlhausen lieferte dafür die ersten 50.000 Taschenrechner dieses Typs aus. Die Schüler konnten ihn für den subventionierten Preis von 123 M erwerben. Ab dem Schuljahr 1985/86 wurde er bereits in den 9. Klassen aller Schulen eingesetzt. Dazu mußten jährlich mehr als 100.000 Stück allein dieses Typs bereitgestellt werden!

Eine „abgerüstete“ Version des MR 609 (ohne Winkelfunktionen und Logarithmen; gleicher Schaltkreis und gleiche Anzeige nur die zugehörigen Tasten fehlen) wurde ebenfalls ab 1982 als **MR 412** verkauft und löste den Typ MR 410 ab.

Zur Leipziger Frühjahrsmesse 1983 wurde der **MR 510** im Scheckkartenformat vorgestellt. Er beherrschte neben den vier Grundrechenarten in 8stelliger Genauigkeit die Prozentrechnung, hatte die Quadratwurzelfunktion und einen saldierenden

Speicher. Es kam der sowjetische CMOS-Taschenrechner-Schaltkreis K5145BX3-2 zum Einsatz. Dieser benötigte nur 1,5 V Betriebsspannung. Den mit diesem Schaltkreis ausgestatteten sowjetischen Taschenrechner **elektronika MK 60** (ab 1982) speisten sogar Solarzellen. Seine Exportversion **elorg 60** wurde auch in der DDR verkauft (1987 für 135 M).

1984 begann im Halbleiterwerk Frankfurt/Oder die Produktion des modifizierten Taschenrechner-Schaltkreises U827. Im Unterschied zu seinem Vorgänger U825 ermöglichte er bei der Weck- und Zeitanzeige die im Mitteleuropa übliche 24-Stunden-Darstellung. Damit ausgestattete Taschenrechner mit Uhrenfunktion bereicherten so die Angebotspalette des VEB Mikroelektronik Mühlhausen um die Typen **MR 413** (normales hochkant Format), **MR 4130** (Pultform) und **MR 513** (Scheckkartengröße). Sie waren jetzt alle mit ausschließlich DDR-Bauteilen bestückt. Der Unterschied zum jeweiligen 11er-Vorgänger bestand außer im verwendeten Schaltkreis, nur im Aufdruck und einem vergrößerten Betätigungsknopf des Weckerschalters.

Auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1987 wurde der **MR 420** (vier Grundrechenarten in achtstelliger Genauigkeit, Prozentrechnung, Quadratwurzelfunk-

tion und saldierender Speicher) vorgestellt. Er hatte ein neues Äußeres und war nur 5 mm dünn. Die weißen Tasten waren größer und eckig, die Funktion auf ihre angeraute Oberfläche gedruckt. Ein modifizierter Taschenrechner-Schaltkreis U828 wurde aus einer (eingelöteten!) Lithiumzelle gespeist. Auf einen trennenden EIN/AUS-Schalter wurde verzichtet. Nach ca. 9 min Nichtbenutzung schaltete er sich automatisch ab. Sogar 2018 findet man noch funktionierende MR 420 mit originaler Lithiumzelle!

Als letzter in der DDR in Serie produzierter, elektronischer Taschenrechner wurde der **MR 6090** zur Leipziger Frühjahrsmesse 1988 erstmalig gezeigt. In Fortführung des neuen Designs (MR420) hatte er eine quer liegende Pultform mit abgewinkelter Anzeige. Eine Leiterfolie verband die Rechnerleiterkarte mit der Flüssigkristallanzeige und den zwei Primärelementen. Die Tastatur verwendete eine Kunststoffolie mit leitfähigen Kontaktflächen. Der Funktionsumfang entsprach weitgehend dem MR 609, zwei Umrechnungen der Zahlendarstellung kamen hinzu. Auf Schiebeschalter und trennende EIN-/AUS-Schaltung wurde verzichtet. Mehr als 100.000 Stück wurden noch hergestellt und für 160 M verkauft.



Die DDR-Taschenrechner der zweiten Generation werden charakterisiert durch den Einsatz von CMOS-Schaltkreisen und Flüssigkristallanzeigen. Wegen des sehr niedrigen Energiebedarfs erfolgte die Stromversorgung durch Primärzellen.

Die Taschenrechner-Schaltkreise wurden in einer 3µm-metalgate-CMOS-Technologie gefertigt. Sie stellten wieder eine Einchip-Mikrocontroller-Architektur mit ROM, RAM und einer 4bit-BCD-Arithmetik-Logik-Verarbeitungseinheit dar, die um eine für die Ansteuerung der Flüssigkristall-Anzeige sowie die Tastaturabfrage erforderliche Baugruppe erweitert war.

Um die Bauhöhe klein zu halten, wurden die Schaltkreise in einer Aussparung der Leiterkarte montiert und manuell (!) eingelötet. Die Verbindung zwischen Leiterkarte und Anzeige wurde mittels eines elastischen Silikongummi-Elements hergestellt, das abwechselnd leitende und nicht leitende Zonen aufwies. Für die Tastatur kam eine profilierte, leitende Elastomermatte zum Einsatz. Produziert wurde dieses Teil im VEB Gummiwerk Berlin. Eine Lochschablone aus Kunststoff verhinderte Kurzschlüsse.

Bei allen Taschenrechnern mit Uhrenteil war der Taktgenerator mit einem 32-kHz-Quarz stabilisiert, der zur Erhöhung der Ganggenauigkeit mittels Trimmkondensator abgeglichen wurde. Das Wecksignal erzeugte ein Piezotongebner aus dem VEB Keramische Werke Hermsdorf.

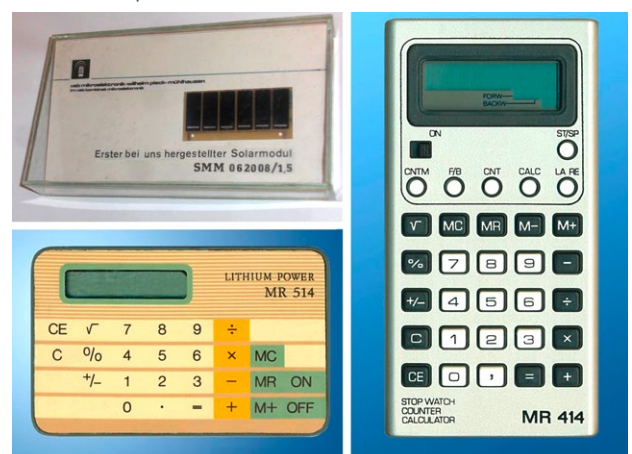


Eine funktionelle Weiterentwicklung der Taschenrechner fand während des Produktionszeitraumes nur begrenzt statt:

- Zunächst wurden auf der Grundlage des modifizier

ten Taschenrechner-Schaltkreises U827 die Modelle MR 413, MR 4130 und MR 513 mit der in Mitteleuropa üblichen 24h-Zeitangabe produziert.

- Dann wurde der Schaltkreis U825 so verändert, daß bei Verzicht auf die Uhrenfunktion ein manuell betätigbarer, einkanaliger Vor-/Rückwärtszähler ergänzt wurde. Dabei konnten der Zählerstand und der Stand der Stoppuhr in den Rechnerteil übernommen werden. Mit diesem Schaltkreis wurde dann eine Kleinserie des Modells **MR 414** hergestellt.
- Im Bereich Forschung und Entwicklung des im Januar 1982 in VEB Mikroelektronik "Wilhelm Pieck" Mühlhausen umbenannten Röhrenwerkes fanden auch Arbeiten zur alternativen Stromversorgung der Taschenrechner mittels Solarzellen statt. Dazu wurden entsprechende Solarzellen selber hergestellt und damit Funktionsmuster ausgestattet. Nach ökonomischer Bewertung erfolgte aber auf "höhere" Weisung keine Übernahme in die Serienproduktion.
- Da der Leistungsbedarf der mit den CMOS-Schaltkreisen bestückten Taschenrechner im "Schlafmodus" sehr niedrig war, verzichtete man auf einen trennenden EIN/AUS-Schiebeschalter (realisiert bei den Modellen MR 420 und MR 6090).
- Entwicklungsarbeiten für einen programmierbaren Taschenrechner bzw. einen Taschenrechner im Scheckkarten-Format mit Folientastatur (**MR 514**) wurden wegen der politischen Ereignisse 1989/90 nicht mehr produktionswirksam.



Von fast allen Taschenrechnermodellen der zweiten Generation wurden Varianten mit sowohl unterschiedlicher farblicher Gestaltung des Gehäuses und/oder der Tasten, als auch des Aufdrucks herge-

stellt. Sie kamen in einer allseitig bedruckten Pappfaltschachtel in den Handel. Diese enthielt neben dem Taschenrechner noch die Bedienungsanleitung und eine Garantiekunde. Auch deren Aufmachung variierte im Laufe der Herstellung.

Nach Abarbeitung bestehender Lieferverträge wurde die Fertigung elektronischer Taschenrechner noch 1990 wegen mangelnder Profitabilität auf Weisung der Treuhandanstalt eingestellt. Von 1973 bis 1990 verließen das Mühlhäuser Werk mehr als 6 Millionen elektronischer Taschenrechner in 20 Typen und zwei etwas abgewandelten Ausführungen (geschätzt nach dokumentierten Gerätenummern, für die Modelle MR 413, MR 4130 und SR 1 wurden Gerätenummern > 1 Million gefunden). Wobei am Ende der 1980er Jahre ca. 800.000 Taschenrechner jährlich hergestellt wurden. Ein nicht unerheblicher Teil davon wurde exportiert. Z.B. sind von den Typen MR 4110, MR 609 und MR 610 mit „MBO“ bedruckte bekannt, einer bundesdeutschen Handelsfirma von Büroartikeln.

Zusammen mit dem tschechischen Finalproduzenten TESLA wurden auf vertraglicher Basis viele Taschenrechner-Modelle der zweiten Generation zum Teil in leicht veränderter Ausführung hergestellt. Bei einigen Typen war z.B. der Gehäuseboden pultförmig gestaltet, so daß zwei Mignonzellen zur Stromversorgung eingesetzt werden konnten. Die Leiterkarten waren aus Gornsdorfer Fertigung und wurden in Mühlhausen bestückt. Auch die komplette Frontseite wurde in Thüringen hergestellt.

Zur Entwicklung des Taschenrechners minirex 73 in Erfurt

Stephan Hloucal, Erfurt

Aus heutiger Sicht kaum noch nachvollziehbar ist, dass die volkseigenen Betriebe in der DDR über ihre Forschungs- und Entwicklungsvorhaben oft nicht, oder nur eingeschränkt, selbst bestimmen konnten und viele Vorhaben vom zuständigen Minister oder dem ZK der SED direkt angeordnet wurden. So auch bei der Entscheidung des Ministers für Elektrotechnik und Elektronik, Otfried Steger, der am 4. Februar 1972, dem Kombinatdirektor des VEB Kombinat Funkwerk Erfurt (K-FWE), einen von einer Regierungsreise aus Japan mitgebrachten Taschenrechner, Busicom Handy LE-120A, übergab. Das K-FWE sollte eine Analyse durchführen und prüfen, unter welchen Voraussetzungen die Entwicklung und Produktion eines elektronischen Kleinstrechners möglich wäre. Mit dem Handy LE-120A lag das damals weltweit innovativste Produkt aus japanischer Fertigung auf

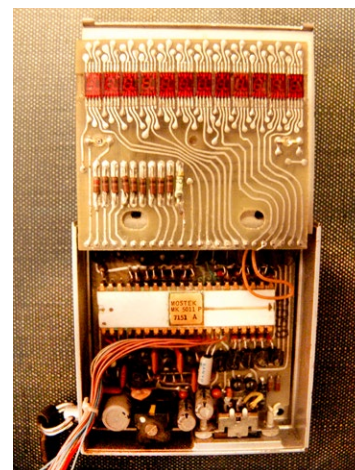
(Welchen Produktionsanteil der Partner TESLA leistete und wie die sechsstelligen Gerätenummern in die Mühlhäuser Zählung einzubeziehen sind, ist dem Autor nicht bekannt.)



Anmerkung:
Vorstehende Ausführungen stellen einen temporären Kenntnisstand des Autors dar. Alle angeführten Fakten sind mit Quellen belegt oder fotografiert in der bisher unveröffentlichten "Dokumentation zu den in der DDR hergestellten Taschenrechnern". Mehr als 27 Jahre nach Produktionsende sind aber einige Aussagen und Fakten trotz aufwändiger Recherche kaum mehr aufklärbar.

Besonderer Dank gilt der IG Geschichte des VEB Röhrenwerk/Mikroelektronik Mühlhausen für das zur Verfügung gestellte Material.
Fotos und Montagen vom Autor

dem Tisch eines Expertenkollektivs aus den Betrieben: Robotron, Zentronik, Werk für Fernsehelektronik Berlin und dem Funkwerk Erfurt. Der im Januar 1971 auf dem japanischen Markt erschienene Taschenrechner, war der erste mit einem einzigen Rechner-Schaltkreis, MK6010, in MOS LSI-Technologie, von der US-amerikanischen Firma Mostek und einer LED-Siebensegmentanzeige. Für die damalige Zeit war er



Busicom Handy LE-120A, Innenansicht

unglaublich klein und kompakt, denn er passte mit 72 × 124 × 24 mm tatsächlich in eine Westentasche, was anderen Herstellern seinerzeit noch nicht gelang. Er beherrschte die vier Grundrechenarten und verfügte über eine 12-stellige LED-Anzeige. Für die Herstellung eines solchen Kleinstrechners war in der DDR keinerlei Basis vorhanden, denn es fehlte sowohl an Miniaturschalter, Tastatur, Miniaturkondensatoren, den Festkörper-Anzeigebau-elementen, als auch an den Rechner- und Anzeigeansteuerungs-Schaltkreisen.

Das alles musste innerhalb kürzester Zeit im Rahmen von Staatsplanaufgaben neu entwickelt werden. Doch bereits am 11. Februar 1972 wurde dem Minister für Elektrotechnik und Elektronik eine erste Einschätzung zur Realisierbarkeit eines elektronischen Taschenrechners vorgelegt. In kürzester Entwicklungszeit sollte ein Taschenrechner zunächst mit Importbauelementen hergestellt werden, die dann bis 1974 aus Eigenaufkommen ersetzt werden sollten. Einbezogen waren die Betriebe: VEB Robotron Karl-Marx-Stadt, VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin (WF), VEB Elektronische Bauelemente Gornsdorf, VEB Röhrenwerk Neuhaus, VEB Carl Zeiss Jena, VEB Pentacon Dresden, die Arbeitsstelle für Molekularelektronik Dresden (AMD) und der VEB Funkwerk Erfurt (FWE).

Am 15. April 1972 nahm im FWE ein Entwicklerkollektiv seine Tätigkeit auf. Die Ministervorlage mit der Konzeption, den Zielstellungen und Terminen für die Ablösung der Importbauelemente durch Eigenprodukte innerhalb zweier Jahre, sowie aller zur Realisierung benötigten Mittel, Investitionen und Importbauelementen, wurden am 10. Mai 1972 von



Basicom Handy LE-120A mit Gestaltungsmuster des minirex 73 [1]

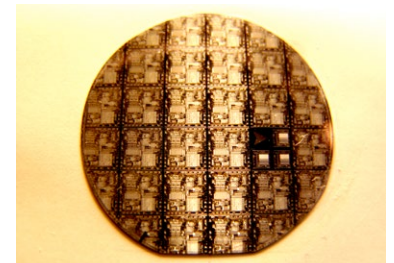
Minister Otfried Steger bestätigt. Gleichzeitig wurde der Generaldirektor des K-FWE zum Gesamtverantwortlichen für Entwicklung und Produktion des Taschenrechners „minirex 73“ benannt.

Der Zyklus 1 für die Entwicklung des Rechner-Schaltkreises U820D sollte von der AMD übernommen werden, Zyklus 2, 3 und die Serienproduktion sollten im FWE erfolgen. Für die Entwicklung einer

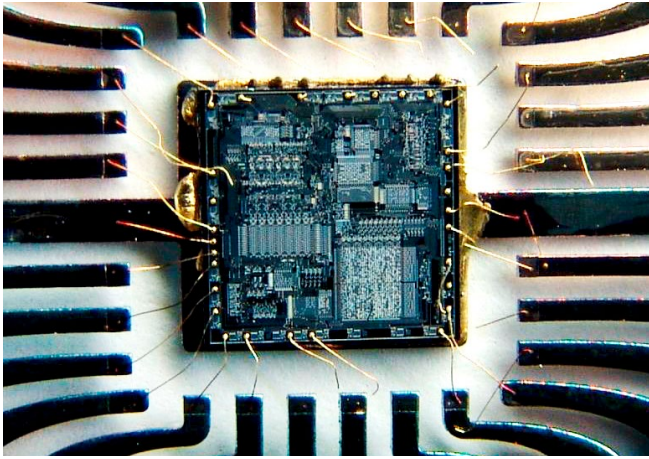


Taschenrechner-Schaltkreis U820D [7]

Symbolanzeige wurde das WF-Berlin beauftragt. Der Produktionsdirektor des FWE zeichnete verantwortlich für die Entwicklung des Taschenrechners und für die Serienproduktion wurde das Röhrenwerk Mühlhausen festgelegt. Die Schaltungsentwickler im FWE hatten sich erfolgreich dagegen gewehrt, auch den Zyklus 1 für den Rechnerschaltkreis zu realisieren, da sie damals bereits mit der Entwicklung des Mikroprozessors U808D ausgelastet und froh waren, dass das AMD sich mit der Analyse des etwas anspruchsvolleren Fremdmuster-Schaltkreises TMS0105NC von der Texas Instruments Inc., zu beschäftigen hatte, der als Vorbild für den U820D diente. Auf dem 36 mm² großen Silizium-Kristall des TMS0105NC waren etwa 6.000 Transistor-äquivalente realisiert. Der im April 1972 auf dem internationalen Markt erschienene Intel 8008, das Vorbild für den U808D, war dagegen mit etwa 3.500 Transistoren vergleichsweise übersichtlicher strukturiert.



36 mm Siliziumscheibe mit U820D-Chips [7]



U820D-Chip auf Trägerstreifen gebondet [7]

Für den Minirex-Taschenrechner entschied man sich für die Nachentwicklung des TMS0105NC, da dieser in vielen Taschenrechnermodellen auf dem internationalen Markt erfolgreich eingesetzt wurde. Um den internationalen Anschluss nicht zu verlieren, musste die sonst übliche Geräteentwicklungszeit von 20 auf 5 Monate verkürzt werden, sodass bereits am 20. Juni 1972 ein erstes Labormuster funktionsfähig war, einen Monat später alle elektrische Unterlagen und bis zum 10. August 1972 alle Typprüfungen und die DAMW-Begutachtung vorlagen. Sämtliche für die Fertigungsvorbereitung erforderlichen technologischen Unterlagen, wurden am 30. August 1972, an das Röhrenwerk Mühlhausen zur Vorbereitung der dortigen Fertigung übergeben. Die äußere Form des Rechners hatte das Atelier für Formgestaltung Karl Marx Stadt gestaltet. Die Verteidigung des Entwicklungsthemas „minirex 73“ fand am 20. September 1972 statt, bei der auch die ersten 10 Funktionsmuster übergeben wurden.



Labormuster des minirex 73

Aus Gründen einer antropometrisch richtigen Eingabe und um das sogenannte Blindrechnen zu ermöglichen, hatten sich die FWE-Entwickler für ein größeres Tasteneingabefeld entschieden, als es bei dem Busicom

LE-120A der Fall war und trafen dabei den Trend anderer westlicher Hersteller von Taschenrechnern, die nur die vier Grundrechenarten beherrschten. Da zu Beginn der 1970er Jahre in der DDR noch keine Nickel-Cadmium Akkumulatoren im R6-Format, was dem heutigen internationalen AA-Format entspricht, verfügbar waren, entschied man sich zum Einsatz von NiCd-Knopfzellen (1,2 V, 500 mA) aus dem VEB Grubenlampenwerk Zwickau. Zudem verwarf man die Verwendung von R6-Alkali-Batterien, weil diese

damals nur im westlichen Ausland hergestellt wurden und wegen des relativ hohen Stromverbrauchs des Rechners nach etwa 10 Betriebsstunden zu wechseln waren. Da man zunächst vorrangig den Rechnereinsatz im ständigen Büroeinsatz im Blick hatte, wurde ein spezielles Netzteil entwickelt, in welches der Taschenrechner eingesteckt und die NiCd-Akkus zur Verlängerung ihrer Lebensdauer abgeschaltet wurden. Die Nullserienfertigung des minirex 73 sollte im März 1973 im Röhrenwerk Mühlhausen starten. Geplant war die Produktion von 2.000 Stück im Jahr 1973, 1974 sollten 10.000 Stück und im Jahr 1975 25.000 Stück produziert werden. Der Weltöffentlichkeit vorgestellt wurde der minirex 73 auf der Leipziger Frühjahrs-Messe 1973.

International war es durchaus nicht ungewöhnlich, Taschenrechner mit Bauelementen herzustellen, die auf dem Weltmarkt gekauft wurden. Da für die DDR damals jedoch internationale Importbeschränkungen (COCOM) für Produkte der Hochtechnologien galten, war man gezwungen die benötigten Bauelemente selbst zu entwickeln. Bevor der U820D, die LED-Anzeigen und die Treiberschaltkreise aus eigener Produktion in entsprechenden Stückzahlen zur Verfügung standen, musste die laufende Produktion zunächst mit Bauelementen abgesichert werden, die nur über kreative Handelsaktivitäten unter Umgehung der Embargo-Bestimmungen möglich waren. [2]



minirex 73 im überlieferten Gebrauchszustand [7]

Doch auch in Westdeutschland wurden zu jener Zeit Taschenrechner entwickelt und produziert. In der westdeutschen Elektronikzeitschrift „Funkschau“, die zumindest an DDR-Hochschulen, der Deutschen Bücherei in Leipzig und in einigen Betrieben verfügbar war, wurde im August 1972 der Selbstbau eines Taschen- und eines Tischrechners mit dem Rechnerschaltkreis TMS0105NC von Texas Instruments beschrieben [3]. Ab September 1972 verkaufte die, in der Nähe von Nürnberg ansässige Firma, FG Elektrogeräte, Dipl.-Ing. Franz Grigelat, einen Bausatz für den Taschenrechner „Multiplus“, zum Preis von 339 DM, auf Basis des TMS0105NC [4], und im Oktober 1972 brachte die Hamburger Firma Dennert & Pape den Taschenrechner ARIS-TO M27, ebenso mit



Taschenrechner „Multiplus“ [8]

dem TMS0105NC, aus eigener Serienfertigung, auf den Markt [5], [6].



Taschenrechner „Aristo M 27“ [8]

Resümee: Ganz so weit weg vom Weltstand waren die Funkwerk-Entwickler nicht, auch wenn der minirex 73 doch nicht so recht in eine Westentasche passen mochte. Das sozialistische Kollektiv „Taschenrechner minirex 73“ erhielt für seine vorbildliche Entwicklungsarbeit den Orden „Banner der Arbeit“. Der minirex 73 war mit einer der ersten in Deutschland hergestellten Taschenrechner.

Quellen:

[1] Vorschlag zur Auszeichnung des sozialistischen Kollektivs „Taschenrechner Minirex 73“ mit dem Orden „Banner der Arbeit“, Ordner FWE, 18. Oktober 1972

Erkundung des Conrod-Kraftwerks

Stephan Hloucal, Erfurt

Wegen notwendiger Instandhaltungsmaßnahmen an der Bleilochtsperre musste ab September 2018 an der Hohenwartetsperre ein Hochwasserschutzraum geschaffen und dazu der Stauseepegel um 5 bis 6 m abgesenkt werden. Dies reichte aus, dass der Druckstollen des ehemaligen Conrod-Kraftwerks an der Saale bei Ziegenrück, der sonst ständig unter Wasser steht, wieder begehbar wurde. Am 20. November 2018 konnte unter sachkundiger Führung des Leiters des Vattenfall-Wasserkraftmuseums Ziegenrück,

[2] div. Zeitzeugengespräche, 2018

[3] Funkschau, Jahrgang 1972, Heft 16 und 17

[4] Technische Informationen Taschenrechner „Multiplus“, FG Elektrogeräte, September 1972

[5] Dennert & Pape ARISTO 1872-1978, Zuckschwerdt Verlag München, 2004

[6] Collectors Guide to Pocket Calculators, Wilson/Barnett Publishing, Tustin USA, 1997

[7] Sammlung „Halbleitertechnik“ im Thüringer Museum für Elektrotechnik

[8] Sammlung „Rechentechnik“ im Thüringer Museum für Elektrotechnik

In eigener Sache

Unsere überregional bedeutsame Sammlung „Hochvakuumelektronik“ weist noch Lücken auf, die wir gern schließen möchten. Wir sind sehr daran interessiert das gesamte Entwicklungs- und Produktionsspektrum des VEB Funkwerk Erfurt der Nachwelt zu erhalten. So suchen wir noch folgende Röhrentypen: S11S1, MR01, MR03, KR6, B13S702, B13S10, B13S15, B13S21, B16P1, B23M2, ORP1/100/2, OR1/100/2/6, OR2/100/2, OR2/100/2/6, OR2/160/2, OR2/160/2/6 und ebenso jegliche Funkwerk-Röhren, die im ZLE entwickelt wurden, gekennzeichnet mit dem Zusatzstempel ZLE. Des Weiteren suchen wir zur Vervollständigung der Sammlung „Elektronische Messtechnik“ folgende im Funkwerk Erfurt hergestellten Geräte: Tieftongenerator 2012, Zählfrequenzmesser 3006, Geradeauszähler 3501, Zählfrequenzmesser 3505, Ionisationsmanometer 7004, Fernsehmodulationszusatz 7005, Frequenzumsetzer 7012. Angebote nehmen wir gern per E-Mail unter info@elektromuseum.de entgegen.

Herrn Andreas Schmidt, eine einmalige Erkundung stattfinden, denn das letzte mal zugänglich war der Stollen im Jahr 2001. Ausgerüstet mit Wagemut, Entdeckergeist, Wat-Stiefeln, Stirnlampe und Photoapparat, machte sich eine kleine Gruppe von Interessenten, darunter auch der Autor, auf den Weg in das Innere des Conrod-Berges. Nach dem engen Einstieg am Einlaufbauwerk und über eine verrostete Leiter, gelangten wir in den riesigen untertägigen Einlaufrichter, in dessen Mitte, etwa 3 m tiefer,



Einlaufbauwerk zum Druckstollen

der Druckstollen (Durchmesser ca. 3,50 m) beginnt. Da der Stollen seit Jahrzehnten unter Wasser steht, hatte sich überall eine dicke Schlamm- schicht abgelagert, die es zu Beginn zu überwinden galt. In der Stollenmitte hatte jedoch ab- fließendes Wasser eine Rinne in die Schlamm- schicht gespült und so konnten wir durch

teilweise fast knietiefes Wasser waten. Durch den Schlamm hätten wir keine Chance gehabt. Nach etwa 640 m mündet der Stollen in einen vertikalen Verteilerschacht, von dem das Wasser in die beiden, noch etwa 15 m unter dem Stollenniveau liegenden, Francis-Hauptturbinen, geleitet wurde. Etwa 10 m vor dem Stollenende zweigt ein Stollen ab, der eine dritte, kleinere Turbine speiste. Das Schluckvermögen des Stollens war auf 20 m³/s ausgelegt. Bei Vollast betrug die Gesamtleistung der drei Maschinen etwa 2,5 MW. Über, in der betonierte Stollenwand eingelassene, rostige Trittstufen, konnte man in das imposante ringförmige Wasserschloss hinauf klettern, welches bei einem Schnellschluss der Maschinen, den entstehenden Druckstoß und damit verbunde- nen Wasserschwall aufnehmen und gegebenenfalls auch gefahrlos ablei- ten musste. Letztes geschah über zwei im Wasserschloss befindliche Über- lauftrichter, die die überschießenden Fluten über einen separaten Stollen ableiten konnten.



Im Wasserschloss



Überlauftrichter im Wasserschloss



Conrod-Krafthaus bei abgesenktem Stauspiegel November 2018

Durch den Stau der Hohenwartetalsperre ab den 1940er Jahren, stieg der Wasserspiegel soweit an, sodass das Gefälle zwischen Ober- und Unterwas- ser immer geringer wurde und so den Kraftwerksbetrieb zu- nehmend einschränkten und dann gänzlich unmöglich machten. Das Conrod-Kraftwerk wurde 1960 endgültig stillgelegt. Heute steht die ganze Anlage unter Denkmalschutz [1], [2]. Das Krafthaus und das Einlaufbauwerk befinden sich im Privatbesitz und sind nicht frei zugänglich.

Anmerkung

Geehrter Leser, der aktuelle Eigentümer des Conrod - Kraftwerks, ein Zahnarzt aus München, hat uns gebeten eine Text- passage und ein Bild aus diesem Artikel zu entfer- nen. Teile des Artikels sind daher geschwärzt dar- gestellt.

Wir bitten um Ihr Verständnis.

Dieser Kurzbericht soll neugierig machen, auf eine ausführlichere Beschreibung des Conrod-Kraftwerks. Die technischen Daten, die interessanten Vorplanungen und weitere bislang unbekannte Fakten, sollen einem weiterführenden Beitrag von Herrn Andreas Schmidt, vom Vattenfall Wasserkraftmuseum vorbehalten bleiben, der in einer der nächsten ON.LINE-Ausgaben erscheinen wird.

Quellen

- [1] Unveröffentlichtes Manuskript zum Conrod-Kraftwerk, Andreas Schmidt, Ziegenrück
- [2] <https://de.wikipedia.org/wiki/Conrod-Kraftwerk>

AUTORENVERZEICHNIS

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 Funkwerk Erfurt tätig und beschäftigte sich mit elektronischer Messtechnik im Halbleiterbauelementepfärdfeld, sowie ab 1980 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., sowie seit 2018 Vorstand der Stiftung Industriekultur Thüringen (i.G.).

Dipl.-Ing. Matthias Wenzel

studierte von 1978 bis 1983 Elektrotechnik an der Technischen Universität Dresden. Von 1983 bis 1986 war er Technologe für piezokeramische Erzeugnisse im VEB Elektronik Gera in Gera. Mit dem Wechsel in den Direktionsbereich Energie- und Brennstoffökonomie des VEB Energiekombinat Gera im Jahr 1986 begann eine bis heute andauernde Beschäftigung in der Thüringer Energiewirtschaft (OTEV, TEAG, E.ON Thüringer Energie AG, TEAG Thüringer Energie AG) in verschiedenen Bereichen und Funktionen. Er vertritt die TEAG von Beginn an im Thüringer Museum für Elektrotechnik e.V., ist Mitglied im Arbeitskreis Stromgeschichte Thüringens der TEAG sowie im VDE-Arbeitskreis Geschichte der Elektrotechnik/Elektronik.

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 Elektroglass 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., Funkamateurl seit 1971.

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.

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: 0176 44445822

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.

Der Newsletter 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 2018. 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. Ihre Zustimmung vorausgesetzt, senden wir ihnen diese ON.LINE-Ausgabe per E-Mail zu. Wenn Sie unsere ON.LINE nicht mehr empfangen möchten, informieren Sie uns bitte per E-Mail. 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. über ihre Internetpräsenz, 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.

Falls Ihnen die ersten Ausgaben von ON.LINE abhandeltommen sind, so Sie 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!