

Vorwort

Stephan Hloucal, Erfurt

Wir freuen uns, Ihnen die 10. ON.LINE-Ausgabe präsentieren zu können. Für uns ist das ein kleines Jubiläum. Jahrestage und Jubiläen sind immer eine gute Gelegenheit einen Blick in den Rückspiegel zu werfen, denn unsere moderne Informations- und Industriegesellschaft ist ohne die Grundlagen, die in der Vergangenheit dafür gelegt wurden, nicht denkbar. Deshalb erinnern wir an den 1. Internationalen Elektrikerkongress, der vor 140 Jahren in Paris, verbunden mit der 1. Internationalen Elektrizitätsausstellung, stattfand. In jener Zeit entstanden die Definitionen und Maßeinheiten, die die Elektrizität kennzeichnen. Wir stellen das Internationale Weston Normalelement vor, welches bis 1990 in der Elektrotechnik und Elektronik als Referenzspannungsquelle diente. Außerdem würdigen wir historische Persönlichkeiten, die in besonderer Weise mit Thüringen verbunden sind. Natürlich vergessen wir nicht moderne Rundfunktechnologien, denn seit 10 Jahren gibt es das digitale Radio DAB+, welches angetreten ist, den analogen UKW-Rundfunk abzulösen.

Wir wünschen Ihnen eine frohe, gesegnete Weihnachtszeit sowie viel Freude bei der Lektüre. Bleiben Sie uns gewogen.



Grüß zur Adventszeit aus dem Nachrichtenblatt der Überlandzentrale Langenberg, Nr.12, Dezember 1930, 3. Jg.

Inhalt

- Vorwort
- Aus aktuellem Anlass
- 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 10. 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 10.2021 wurde erstellt mit freundlicher Unterstützung der TEAG Thüringer Energie AG, Erfurt und der SWE Energie GmbH, Erfurt.

AUS AKTUELLEM ANLASS

Zehn Jahre DAB+

Gerhard Roleder, Erfurt

Im Jahr 2011 begannen in Deutschland reguläre Rundfunksendungen auf Basis des Standards „ETSI EN 300 401 Digital Audio Broadcasting to mobile, portable and fixed receivers“, genannt DAB+. [1] Das „+“-Symbol steht für optimierte Audiokomprimierung, beinhaltet jedoch nicht einen eigenständigen Standard gegenüber dem ursprünglichen DAB-Standard. Als Synonym wird auch die Bezeichnung „Digitalradio“ verwendet. Neu an diesem System ist die digitale Modulation und die damit verbundene Sendetechnik. Die Arbeit in den Rundfunkstudios wurde bereits vor längerer Zeit digitalisiert.



Zwei Sender für DAB+ in der Sendestelle Ettersberg bei Weimar, der ersten Sendestelle für DAB+ in Thüringen, November 2011

Im analogen Rundfunk wird auf Lang-, Mittel- und Kurzwelle die Amplitude einer sinusförmigen Trägerfrequenz mit einem Audiosignal beeinflusst (moduliert). Im UKW-Bereich von 87,5 MHz bis 108 MHz wird zwecks besserer Signalqualität anstelle der Amplitude die Frequenz einer Trägerwelle moduliert, um Sprache und Musik zu übertragen. Die digitale Modulation ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl von Trägern in der Amplitude oder der Frequenz oder der Phase moduliert werden. Der für DAB+ angewendete Standard basiert auf dem Orthogonalen Frequenzmultiplexverfahren, in welchem das Maximum eines Trägers mit dem Nulldurchgang der benachbarten Träger zusammenfällt. In einem Kanal von 1,5 MHz Bandbreite sind bis zu 1.500 Träger verteilt. In jedem Kanal können 12 bis 18 Programme übertragen werden. Für DAB+ steht das UKW-Band III von 174 MHz bis 230 MHz zur Verfügung. Die früher für das analoge Fernsehen verwendeten Kanäle 5 bis 12 mit je 7 MHz Bandbreite sind für DAB+ in ein neues Raster unterteilt, das aus vier Blöcken der früheren Kanäle besteht. Der digitale Hörfunk erreicht auf diese Weise eine vorher nie dagewesene Frequenzökonomie. Während analoge Signale bezüglich ihrer Größe und ihres



Funkturm der Sendestelle „Messegrund“ in Leipzig während der Bauphase, November 2015



Antennenmontage auf dem Dach des MDR-Funkhauses in Erfurt, Oktober 2021

zeitlichen Verlaufes aus kontinuierlichen Werten bestehen, können digitale Signale nur bestimmte diskrete Werte annehmen, weshalb von einem „Datenstrom“ die Rede ist. Im digitalen Hörfunk werden Datenströme übertragen, die neben der Audioinformation auch Verwaltungsdaten und Signale von Zusatzdiensten, wie Textinformationen und Alarmierungen, enthalten.

Bei DAB+ werden deutschlandweite und regionale Programmpakete im Sinne der Frequenzökonomie in Gleichwellennetzen übertragen. Geringfügige Laufzeitunterschiede, verursacht durch den Empfang mehrerer Sender aus unterschiedlichen Entfernungen, werden durch das Zeitregime aufgefangen. So ist zum Beispiel das Programmpaket des Deutschland-Multiplex auf Kanal 5C deutschlandweit hörbar, ohne dass am Empfänger ein Sendersuchlauf gestartet werden muss. Die Gleichwellennetze ermöglichen moderate Sendeleistungen. In den beiden deutschlandweit ausgestrahlten Programmpaketen auf den

Kanälen 5C und 5D betragen die effektiven Strahlungsleistungen (ERP) maximal 10 kW je Sendestelle.

Die Ausbreitungseigenschaften von digitalen Signalen unterscheiden sich nicht grundlegend von denen in analoger Form. Für Send- und Empfangsantennen kommen somit die gleichen Bauformen für das UKW-Band III zur Anwendung, wie sie aus analogen Zeiten bekannt sind. Auch die Planung der Gleichwellennetze zur möglichst lückenlosen Abdeckung der jeweiligen Zielgebiete folgt einem bekannten Prinzip: An exponierten Standorten sorgen Sender großer Leistung für eine großflächige Abdeckung. In Gebieten, die von den leistungsstarken Sendern nur mit schwachen Signalen oder gar nicht erreicht werden, schaffen zusätzliche Füllsender mit geringerer Leistung und geringerer Reichweite Abhilfe. In vielen Fällen können bei Sendestellen für DAB+ Gebäude und Antennenträger bestehender Sendestellen für UKW-Band II und Fernsehen mit genutzt werden. Bei Neubauten, wie zum Beispiel der Sendestelle

„Messegrund“ an der Kreuzung Richard-Lehmann-/Zwickauer Straße in Leipzig, setzt man auf Unauffälligkeit. Diese Sendestelle besteht aus einem containerähnlichen Gebäude für die Sendetechnik und einem 191 m hohen Stahlgitterturm, der aufgrund seiner schmalen Verstrebungen aus gewisser Entfernung beinahe durchsichtig erscheint.

Im Vergleich zum Rundfunk im Band II sind die höheren Frequenzen im Band III mit einer stärkeren Freiraumdämpfung verbunden, sodass tendenziell eine etwas größere Netzdichte erforderlich ist. In der Praxis hat sich gezeigt, dass nicht allein Tallagen, sondern auch dicht bebaute Stadtgebiete entsprechend berücksichtigt werden müssen. Die bestehenden Gleichwellennetze wurden in der jüngeren Vergangenheit mit Sendern geringerer Leistung von 1 kW bis 2 kW ERP ergänzend ausgebaut. Dadurch sind beispielsweise allein in Bayern 80 Sendestellen mit Sendeleistungen zwischen 1 kW und 25 kW ERP entstanden, die auf Kanal 11D die Programme des Bayerischen Rundfunks und von Antenne Bayern übertragen. In Erfurt gibt es inzwischen zwei Sendestellen, die eigens zur Verbesserung des Empfangs von DAB+ im Stadtbereich errichtet wurden. Seit Dezember 2020 wird die Sendestelle Erfurt-Hochheim in der Chamissostraße für DAB+ durch die Media Broadcast GmbH genutzt. Auf den Kanälen 5C und 5D werden von hier die beiden Deutschland-Multiplexe mit je 0,5 kW ERP übertragen. Als Antennen werden zwei vertikal polarisierte Logperiodics verwendet. Der MDR betreibt seit November 2021 einen Sender auf Kanal 8B mit 2 kW ERP im Landesfunkhaus Thüringen, um sämtliche MDR-Hörfunkprogramme übertragen zu können. Als Antenne wurden vierfach gestockte Vertikaldipole auf dem Dach des Funkhauses errichtet.



Vierfach gestockte Dipole für DAB+ auf dem MDR-Funkhaus in Erfurt, Inbetriebnahme im November 2021

Wirtschaftlich sinnvoll ist die Nutzung von Senderstandorten in der Nähe eines anderen Bundeslandes für jeweils beide Bundesländer bzw. ARD-Sendeanstalten. Zum Beispiel werden vom Funkturm auf dem Kulpenberg/Kyffhäuser das Programmpaket von MDR Thüringen auf Kanal 8B und das von MDR Sachsen-Anhalt auf Kanal 6B übertragen. Der Sender Kreuzberg in der Bayerischen Rhön versorgt sowohl den Nordwesten Bayerns als auch den Südwesten Thüringens. Für die Übertragung auf mehreren Kanälen bei gleicher Antennen-Richtcharakteristik kann jeweils eine Antenne über Frequenzweichen gespeist werden, da die Antennenkonstruktionen im gesamten Frequenzband ohne nennenswerte Gewinneinbußen betrieben werden können.



Dipolgruppe für DAB+ am Antennenturm auf dem Großen Inselsberg, Kanäle 5C und 8B

Obwohl die ARD-Sendeanstalten nur den Empfang der jeweils eigenen Programme für ein bestimmtes Bundesland gewährleisten, gelingt auch der Empfang anderer Sendeanstalten in größerer Entfernung von Landesgrenzen. Gute Voraussetzungen für das Gelingen des Weitempfangs sind freie Sicht und eine zusätzliche Zimmerantenne. In Erfurt ist zum Beispiel „Westempfang“ des vom Hohen Meißner ausgestrahlten Programmpaketes des Hessischen Rundfunks auf Kanal 7B möglich. Es gelingt hier auch der Empfang von Programmen privater Anbieter, die vom Brocken auf Kanal 11C ausgestrahlt werden.

Gegenstand von Diskussionen ist die Audioqualität von DAB+. Das von den Programmanbietern immer nur erwähnte Nicht-Vorhandensein des Rauschens stellt allein noch keinen hochwertigen Klang dar. Fakt ist, dass die Programme in DAB+ mit unterschiedlichen Datenraten zwischen 64 kbps und 112 kbps übertragen werden, woraus sich zwangsläufig unterschiedliche Klang-Qualitäten ergeben. Macht man mit einem guten Stereo-Empfänger den praktischen Versuch und schaltet zwischen UKW-FM und DAB+

eines Programmanbieters mit hoher Datenrate um, stellt man gehörmäßig keinen Klangunterschied fest. Dieser Fakt spricht nicht gegen DAB+, sondern für UKW-FM, dessen heutige Klangqualität das Ergebnis einer 70-jährigen technischen Entwicklung ist. Wenn Programmanbieter mit der angeblich besseren Klangqualität von DAB+ argumentieren, diskreditieren sie damit indirekt die Arbeit derjenigen, die für den heutigen guten UKW-FM-Klang sorgen. Einen technischen Nachweis des besseren Klangs von DAB+ gegenüber UKW-FM sind die Programm-anbieter bislang schuldig geblieben.



Die Flutkatastrophe des vergangenen Sommers dürfte gezeigt haben, dass die Verbreitung von Rundfunk über das Mobilfunknetz einen inakzeptablen Unsicherheitsfaktor darstellt. Die bestehenden Rundfunk-Sendestellen mit eigenen Gebäuden, eigenen Antennenträgern und zum Teil mit Notstromversorgung bieten dagegen eine relative Sicherheit. Auch gegen Hackerangriffe ist die bestehende Rundfunk-Infrastruktur immer noch sicherer als eine 5G-Billigvariante für das Mobilfunknetz. In den Jahren 2019/2020 lief in Sachsen-Anhalt ein Feldversuch mit dem vom Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen entwickelten Warnsystem „Emergency Warning Functionality“ (EWF). Eine Endlos-Schleife mit Informationen über EWF wird bis heute unverändert in dem Programmpaket privater Anbieter in Sachsen-Anhalt auf Kanal 11C übertragen.



Eine in Sachsen-Anhalt ausgestrahlte Information über den EWF-Test kann auch in Erfurt empfangen werden

Bedienfront eines Senders für zwei Kanäle DAB+ in der Sendestelle Dequede (Sachsen-Anhalt)

Die Landesmedienanstalten haben Anfang September 2021 den Digitalisierungsbericht Audio 2021 veröffentlicht. [2] Danach erreicht die Ausstattung der Haushalte mit Radios für den Empfang von DAB+ einen Wert von insgesamt 21,7 Mio. Empfängern. Das sind 30 % mehr als im Vorjahr. Der Anteil von UKW-FM ist auf 57,9 % gesunken, bleibt aber die meistgenutzte Empfangsart. Den zweiten Platz der meistgenutzten Empfangsarten belegt Webradio mit 16,6 %. Es folgt DAB+ mit 12,5 % auf Platz drei. Der im Oktober 2021 eröffnete zweite Deutschland-Multiplex auf Kanal 5D bringt neue Programme, jedoch wenig inhaltliche Vielfalt. Die privaten Anbieter des neuen Programmpaketes setzen überwiegend auf Musik im Mainstream-Format. Vielleicht wäre neben dem Verkauf von Werbezeit eine Berücksichtigung von unterschiedlichen Hörerinteressen angebracht, um bei der meistgenutzten Empfangsart ein paar Prozentpunkte zuzulegen.

Quellen:

[1] https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300400_300499/300401/02.01.01_60/en_300401v020101p.pdf

[2] <https://www.die-medienanstalten.de/publikationen/digitalisierungsbericht-audio/digitalisierungsbericht-audio-2021>

Alle Bildrechte: Gerhard Roleder

Standort	Effektive Strahlungsleistung (ERP)
Kulpenberg/Kyffhäuser	10 kW
Weimar/Ettersberg	10 kW
Gera-Langenberg	10 kW
Jena-Oßmaritz	5 kW
Großer Inselsberg	5 kW
Remda/Großer Kalmberg	10 kW
Bleißberg	10 kW
Bad Lobenstein/Sieglitzberg	10 kW

Leistungsstarke Sender für den Deutschland-Multiplex in Thüringen (Kanal 5C)

HISTORISCHES

Zum 1. Internationalen Elektrikerkongress 1881 in Paris

Dr. Peter Glatz, Erfurt

Vor 140 Jahren wurden die ersten internationalen Vereinbarungen über elektrische und magnetische Maßeinheiten getroffen

Grundlage jeden Messens ist die Vereinbarung von Maßeinheiten. Über lange Zeit wurden im Rahmen des Handels und der handwerklichen Produktion nur die mechanischen Einheiten für Länge und Masse (bzw. Gewicht) vereinbart und im nationalen Bereich vom Eichwesen betreut. Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts erforderte der wissenschaftliche und technische Fortschritt auch internationale Übereinkünfte bezüglich der Definition dieser Maßeinheiten. Ein wichtiger Schritt hierfür war die am 20. Mai 1875 von Vertretern von 17 Staaten unterzeichnete „Internationale Meterkonvention“, die sich um verbindliches „Maß und Gewicht“, also um eine international verein-

barte Definition der Einheiten Meter und Kilogramm bemühte. [1] Die Betreuung der elektrischen und magnetischen Einheiten geschah zunächst (bis zum Jahr 1927) allerdings nicht im Rahmen der Meterkonvention. Diese Einheiten wurden in einer Reihe von internationalen Fachkonferenzen vereinbart und präzisiert. Die erste dieser Konferenzen fand vor 140 Jahren in Paris statt, der 1. Internationale Elektrikerkongress (Congrès international des Électriciens), der im Rahmen der 1. Internationalen Elektrizitätsausstellung (Exposition internationale d'Électricité) organisiert wurde.

Unterschiedliche Vorschläge für die Widerstands-Einheit

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 suchten sie auch Möglichkeiten für die quantitative Beschreibung von elektrischen und magnetischen Erscheinungen. Gauß untersuchte die „Intensität der

erdmagnetischen Kraft“ (den Erdmagnetismus) für beliebige Orte der Erdoberfläche. Weber dagegen suchte ein „Maß der Stromintensität“ (der Stromstärke), wobei er sowohl die elektromagnetischen Wirkungen (Auslenkung 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 beiden Gelehrten davon überzeugt, dass man die gesuchten Maßeinheiten auf das System der mechanischen Einheiten Centimeter, Gramm und Sekunde zurückführen muss (elektromagnetische CGS-Einheiten, absolute Einheiten). [2], [3]

Die rasante Entwicklung der Starkstromtechnik brachte Werner von Siemens im Jahre 1879 dazu, für die „angewandte Elektrizitätslehre“ den Begriff „Elektrotechnik“ als eigenständige technische Disziplin vorzuschlagen. Für den praktischen Gebrauch hatten die in dieser Disziplin führenden Länder bis dahin jedoch noch keine durch Realisierungsvorschriften festgelegten gemeinsamen elektrischen Maßeinheiten. So wurden zeitweise zwölf unterschiedliche Spannungseinheiten, zehn Einheiten der Stromstärke und bis zu 15 verschiedene Einheiten des elektrischen Widerstands verwendet. Die internationale Verflechtung der elektrotechnischen Industrie forderte jedoch dringend vereinheitlichende Festlegungen. Erste Versuche dazu wurden auf den Pariser Elektrizitäts-Kongressen der Jahre 1881 bis 1884 unternommen. [4]



Hermann von Helmholtz (PTB Infoblatt, März 2021)

Wie wichtig solche Vereinbarungen zur damaligen Zeit waren, betonte Hermann von Helmholtz im Dezember 1881 in einem Vortrag im Elektrotechnischen Verein zu Berlin, der im Jahr zuvor gegründet worden war: „Die Elektrotechnik hat sich allmählich so weit entwickelt, dass sie jetzt ungeheure Kapitalien in Anspruch nimmt und eine außerordentlich rege Industrie repräsentiert. Unter diesen Umständen kann es nicht fehlen, dass Streitigkeiten, welche dieselbe betreffen, vor die Gerichte kommen und sich die Notwendigkeit fühlbar macht, die Sache gesetzlich zu ordnen, namentlich die Maßeinheiten festzustellen, auf die man bei solchen Entscheidungen zurückgehen kann.“ [5, S. 295]

Helmholtz weist am Beispiel der Einheit für den elektrischen Widerstand aber auch auf Unterschiede zwischen der Situation in England und der in Deutschland hin: „Es hat sich namentlich in England und in den englisch sprechenden Ländern herausgestellt, dass eine gesetzliche Ordnung nötig geworden sei. Dort scheint eine große Verschiedenheit der Widerstandsmaße, welche von verschiedenen Fabrikanten geliefert wurden, eingetreten zu sein. So sind Verlegenheiten für die Gerichte bedingt worden, welche eine Entscheidung treffen und den Verkehr sichern sollen.“ [5, S. 296]



Werner von Siemens (PTB Infoblatt, März 2021)



Die Situation in Deutschland schätzt Helmholtz wesentlich günstiger ein: „Wir waren in Deutschland verhältnismäßig in guter Lage, weil wir ein sehr genau ausführbares Maß für den Widerstand hatten, vorgeschlagen von Herrn Dr. Werner Siemens, dessen Fabrik fast die einzige war, welche Widerstandsetalons in größerer Menge lieferte.“ [5, S. 296]

In Deutschland, Österreich sowie einer Anzahl östlicher Länder war nämlich die von Siemens bereits 1860 vorgeschlagene Quecksilber-Einheit des Widerstandes, die Siemens-Einheit (SE) in Gebrauch, welche durch den Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt bei 0 °C dargestellt wird. Diese Einheit wurde auch bei der Deutschen Post bis 1893 verwendet.

oben: Blick in die Internationale Elektrizitätsausstellung, Paris 1881

In den englisch sprechenden Ländern dagegen und in Frankreich benutzte man die im Auftrag des Board of Trade in England hergestellte sogenannte British Association Unit (B.A.U.). Diese Einheit wurde durch den Mittelwert einer Reihe von Drahtwiderständen aus Platinsilber und ähnlichen Legierungen gebildet und sollte das absolute Ohm des elektromagnetischen CGS-Systems darstellen, war aber um 1 % kleiner als dieser Wert. [6, S. 617]

So waren hinsichtlich der Widerstandseinheit zwei Lager vorhanden, hier SE, dort B.A.U, und eine Einigung wurde gesucht. Ähnlich verworren waren die Verhältnisse bei der Stromstärkeeinheit. Der Name Ampere existierte noch nicht. In Deutschland und einigen anderen Ländern war für die Stromstärke die Einheit Weber in Gebrauch; in England aber unter demselben Namen eine zehnmal so große Einheit, die sich aus Volt/Ohm ergibt. Auch hier war dringend eine Klärung notwendig.

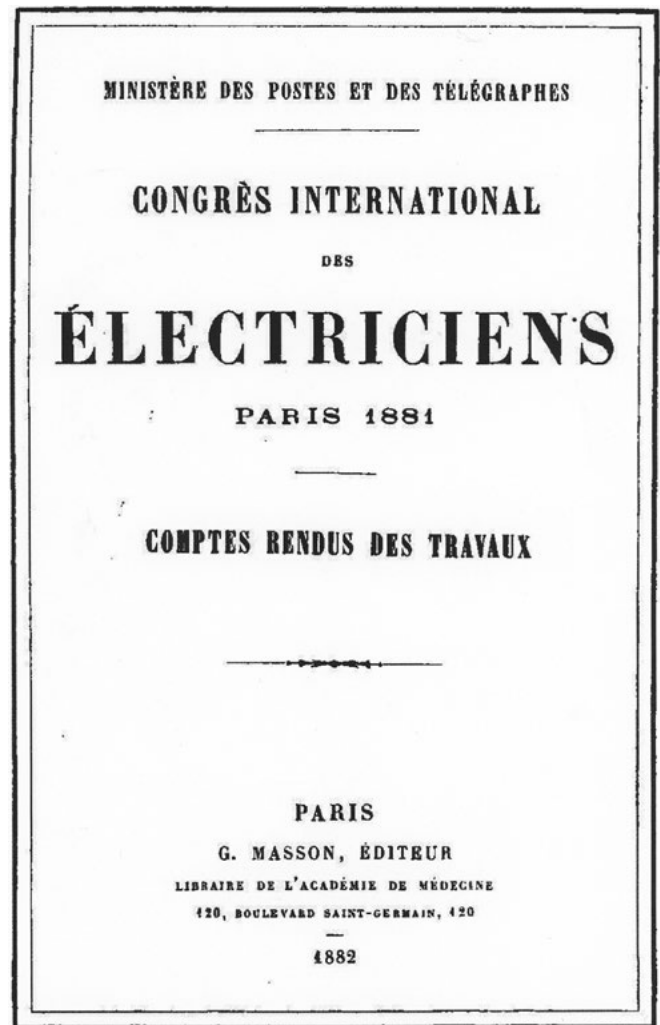
Der 1. Internationale Elektrikerkongress

Um bei der Definition und Darstellung der gemeinsamen elektrischen Maßeinheiten einen Schritt voran zu kommen, fand vom 15. September bis zum 7. Oktober 1881 in Paris der 1. Internationale Kongress der Elektriker statt, der in der Literatur auch Elektrizitätskongress bzw. Elektrotechnischer Kongress genannt wird. Unter den etwa 220 Teilnehmern aus 28 Ländern befanden sich neben Regierungsbeamten und Technikern auch viele Physiker, die bereits Beiträge zur Entwicklung des elektrischen Messwesens erbracht hatten. Die internationale Bedeutung des Tagungs-Themas kann man auch daraus entnehmen, dass alle Teilnehmer von den Regierungen ihrer Länder delegiert worden waren.

An der Spitze der deutschen Delegation stand der Militärattaché der diplomatischen Vertretung in Paris. Zu den weiteren 13 deutschen Delegierten gehörten Hermann von Helmholtz, Gustav Wiedemann, Rudolf Clausius, Gustav Kirchhoff, Wilhelm Förster als Direktor der Kaiserlichen Normal-Eichungs-Kommission sowie auch Werner von Siemens. Letzterer schrieb im August 1881 an seinen Bruder Wilhelm in London: „Ich bin vom Reichskanzler aufgefordert, als deutscher Delegierter ... zum elektrischen Kongress nach Paris zu gehen und ich habe mich schließlich auch dazu bereit erklärt ... Hoffentlich wirst Du auch als englischer Delegierter erscheinen. Es scheint mir dringend nötig, dass wir dabei sind, dass nicht Beschlüsse gefasst werden, die unseren Interessen widersprechen.“ [7, S.17]

Diese Beschlüsse waren jedoch noch sehr lückenhaft und sahen nach zum Teil sehr kontroversen Diskussionen schließlich so aus:

1. Als Grundeinheiten der elektrischen Maße gelten das Zentimeter, die Masse des Gramm, und die Sekunde.
2. Die bis jetzt angewandten Einheiten, das Ohm und Volt, behalten ihre gegenwärtige Bedeutung:
Ein Ohm = 10^9 el. magn. CGS-Einheiten des Widerstandes
Ein Volt = 10^8 el. magn. CGS-Einheiten der Spannung
3. Die Widerstandseinheit Ohm wird dargestellt durch eine Quecksilbersäule von 1 qmm bei 0°C .
4. Eine internationale Kommission soll beauftragt werden, durch neue Versuche die Länge der Quecksilbersäule zu bestimmen, welche den Wert 1 Ohm repräsentiert.
5. Man nennt Ampere die Stromintensität, welche ein Volt in einem Ohm hervorruft.
6. Man bezeichnet Coulomb als die Elektrizitätsmenge, welche durch ein Ampere in der Sekunde geliefert wird.
7. Man definiert als Farad die Kapazität, welche durch die Bedingung charakterisiert ist, dass ein Coulomb in einem Farad ein Volt ergibt. [8, S. 28-29]



Titelseite eines Tagungsberichts

Auf diesem Kongress wurden die früheren Namen Ohm und Volt im Rahmen des elektromagnetischen CGS-Systems bestätigt und die von den Engländern vorgeschlagenen neuen Namen Ampere, Coulomb und Farad angenommen. Alles andere wurde offen gelassen und auf spätere Vereinbarungen verschoben. [8, S. 29]

Diese und weitere auf den nachfolgenden Kongressen aufgeworfenen Probleme verstärkten in Deutschland die Überzeugung, dass man für die weitere Entwicklung und die Betreuung des elektrischen Messwesens eine mit entsprechenden Vollmachten ausgestattete staatliche Institution benötigt. So wurde 1887 in Berlin das erste metrologische Staatsinstitut der Welt gegründet, die Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR), deren erster Präsident Hermann von Helmholtz wurde. Die PTR war u. a. 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.



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

Die von Helmholtz auf dem 1. Elekrikerkongress formulierte Forderung nach „gesetzlicher Ordnung“ wurde in Deutschland, u. a. durch die Vorarbeiten in der PTR, in einem ersten Schritt erreicht, als mit dem „Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten“ vom 1. Juni 1898 erstmalig in unserem Land elektrische Einheiten gesetzlich festgelegt wurden [9]:

- Das Ohm wurde definiert durch den Widerstand einer Quecksilbersäule von der Temperatur des schmelzenden Eises, deren Länge bei durchweg gleichem, einem Quadratmillimeter gleich zu achtendem Querschnitt 106,3 Zentimeter und deren Masse 14,4521 Gramm beträgt.
- Das Ampere wurde dargestellt durch den unveränderlichen elektrischen Strom, welcher beim 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 definiert, wodurch eine Überbestimmung vermieden wurde. Die in der Ampere-Definition verwandte Zeiteinheit „Sekunde“ war gesetzlich nicht definiert.

Die 1. Internationale Elektrizitätsausstellung

Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts präsentierten die fortgeschrittensten Länder ihre neuesten Entwicklungen in der Technik, Wirtschaft und auch in der Kunst

in einem neuen Ausstellungsformat, den Weltausstellungen. Diese waren nicht nur Fachmessen, sondern auch, besucht von vielen Staatsoberhäuptern, gesellschaftliche Großereignisse mit Millionen von Besuchern und einer Vielzahl von Veranstaltungen. Deshalb waren sie auch nur in Großstädten möglich, z. B. in London, Paris, Wien, Philadelphia, Chicago [10].

Die Elektrotechnik spielte entsprechend ihrer Entwicklung in diesen Veranstaltungen zunächst nur eine Nebenrolle. So waren auf der 1. Weltausstellung 1851 in London außer einigen medizinischen Geräten und Telegrafen nur noch wenige elektrische Apparate zu sehen. Auf den nachfolgenden Ausstellungen waren die Telegrafie, die Galvanotechnik sowie die Leuchtfener für die Navigation die wichtigsten elektrischen Anwendungsgebiete.

Auf der Weltausstellung von 1878 in Paris wurde erstmals eine elektrische Straßenbeleuchtung mit Jablochhoff-Kerzen vorgeführt. Hier wurde auch das verbesserte Telefon von Bell erstmals in Europa gezeigt. Lang beschreibt die Wirkung auf die Zuschauer: „Telephon und elektrisches Licht verkörpern für den durchschnittlichen Besucher den Inbegriff von märchenhaftem Luxus. Diese Erfindungen ließen erahnen, dass die künstliche Erhellung der Nacht und die Verkürzung von Raum und Zeit das Leben grundlegend verändern würden.“ [11, S. 68]

Auf der Veranstaltung von 1878 wurde angeregt, ab dem Jahre 1881 der Elektrotechnik neben den Weltausstellungen auch noch eigenständige Fachausstellungen von internationalem Zuschnitt zu widmen. So fand vom 15. August bis zum 15. November 1881 in Paris im Palais de l'Industrie die 1. Internationale Elektrizitätsausstellung statt, in die der oben beschriebene Elekrikerkongress eingefügt war. Diese Veranstaltung vermochte über 1.000 Aussteller und rund 10 Millionen Besucher anzuziehen. Die Elektrotechnik war in folgende Hauptgruppen unterteilt [11]:

1. Historische Exponate zur Elektrotechnik
2. Wissenschaftliche Geräte und Messinstrumente
3. Telegraphen
4. Telephone
5. Maschinen und Anlagen zur Stromerzeugung und Kraftübertragung
6. Elektrische Beleuchtung
7. Elektrochemische Apparaturen
8. Eisenbahntechnische Anwendungen



Erste elektrische Bahn der Welt, vorgeführt von Siemens und Halske auf der Berliner Gewerbeausstellung 1879

Zu den wichtigsten Erfindungen jener Zeit gehörte die von Siemens vorgeführte erste elektrische Straßenbahn mit Stromzufuhr durch eine Oberleitung, womit erstmalig der Nutzen der Elektrizität für den Nahverkehr demonstriert werden konnte. Besondere Aufmerksamkeit erntete Thomas Alva Edison mit seinen gerade erst patentierten und erstmals in Europa gezeigten Glühlampen samt allen zu ihrem Betrieb nötigen Maschinen und Apparaten. Edison wollte nicht nur die Lampen, sondern komplette Beleuchtungssysteme darstellen. Er zeigte hier erstmals Pläne einer öffentlichen Elektrizitätsversorgung, die er zu dieser Zeit mit seiner Station in der New Yorker Pearl Street aufgebaut hatte. Sein „Jumbo“ mit einer Leistung von 150 PS war die damals größte dynamoelektrische Maschine der Welt und versorgte bis zu 1.200 parallel geschaltete Glühlampen mit Strom.

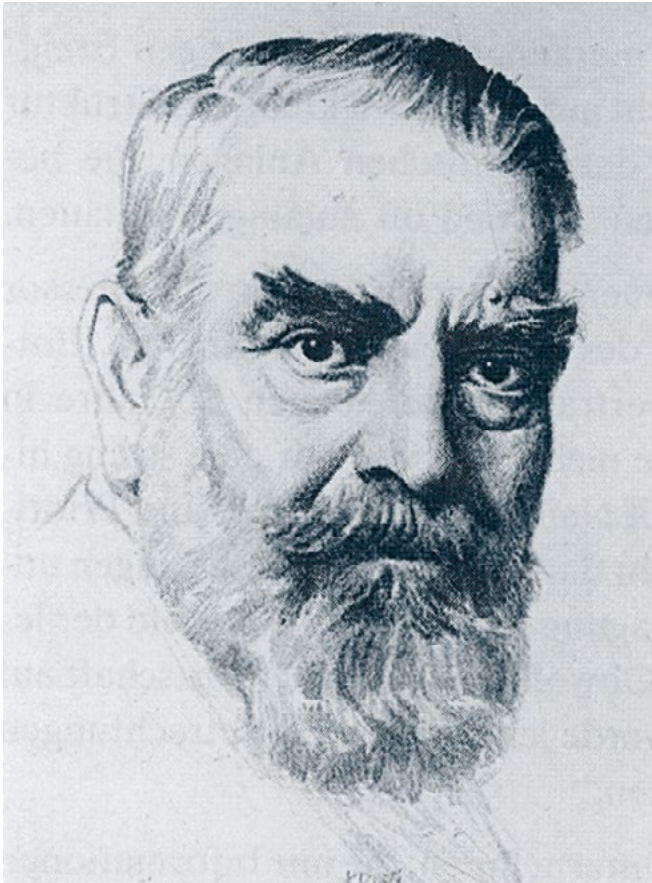
Die Ausstellungs-Besucher waren von all dem technischen Fortschritt sehr beeindruckt: „Man sah die erste Trambahn laufen - ohne Pferde oder Dampf, getrieben von einer unsichtbaren Kraft, die den meisten Besuchern trotz aller Erklärungen ein Rätsel blieb. Das Telephon war neu, die telephonische Übertragung der Großen Opernaufführungen erregte unbändiges Staunen. Die Lichtfülle der Bogenlampen aller Systeme machte die Nacht zum Tage, man hatte ein so massenhaftes Aufgebot bis dahin in Europa nicht gekannt. Noch mehr Bewunderung aber weckte die kleine Glühlampe Edisons, die zum ersten Male vorgeführt wurde. Zu vielen Hunderten drängten sich die Besucher und warteten geduldig, bis auch an sie die Reihe kam, die Wunderlampe aus- und anzuknippen.“ [12, S. 6]

Ein begeisterter Besucher der Ausstellung: Oskar von Miller

Sehr beeindruckt von dieser Ausstellung war auch der damals im bayerischen Staatsdienst tätige 26-jährige Baupraktikant Oskar von Miller, der in Paris für ihn wichtige persönliche Kontakte knüpfen konnte. So begegnete er auf einem der zahlreichen Diskussionsabende dem Berliner Unternehmer Emil Rathenau, der sich um den Erwerb der Edison-Patente für Deutschland bemühte und der Miller später nach Berlin in die Direktion der „Deutschen Edisongesellschaft für angewandte Elektrizität“ (DEG, ab 1887: AEG) holte.

Für Millers weitere persönliche und berufliche Entwicklung wurde die Begegnung mit dem französischen Ingenieur Marcel Deprez entscheidend. Der hatte in einem Vortrag, den Miller besuchte, die damals noch sehr kühne These formuliert, „dass man eine beliebig große Kraft auf beliebig weite Entfernungen mit beliebig dünnen Drähten und großem Nutzeffekt übertragen könne, sofern nur die elektrische Spannung hoch genug gewählt sei“. [13, S. 44]. Obwohl diese Aussage von den anwesenden Fachleuten stark bezweifelt wurde, erkannte Miller hier ein Potenzial „zur Übertragung großer oft wertloser Naturkräfte (Wasserfälle, Ebbe, Fluth, Wind)“ für eine nützliche technische Anwendung. [13, S. 44]

Miller gelang es dank seines ausgeprägten Organisationstalents, bereits ein Jahr später (1882) im Auftrag der Stadt München die 2. Internationale Elektrizitätsausstellung in seine Heimatstadt zu holen und nach



Oskar von Miller (Deutsches Museum)

seinen Vorstellungen zu gestalten. Sie war die erste Ausstellung dieser Art, die in Deutschland stattfand. Krönung dieser Schau im Münchener Glaspalast war die von Deprez konzipierte Gleichstromübertragung von Miesbach in den 57 km entfernten Glaspalast (Technischer Weg: Dampfmaschine auf dem Gelände des Knorrshachts des Miesbacher Bergwerks von Carl Fohr, Dynamomaschine 2 PS, Spannung von 1.500 bis 2.000 Volt, Übertragung auf Telegrafentangen nach München, am Ausstellungsort Betrieb eines 2 m hohen Wasserfalls). [14]

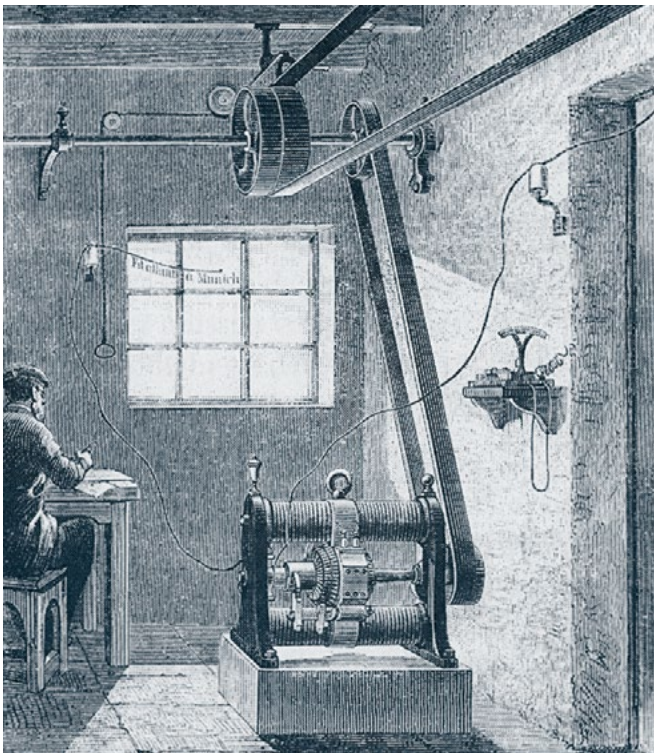
Füßl schreibt: „Mit dem Rauschen des Wasserfalls war die von Deprez in Paris 1881 theoretisch postulierte Möglichkeit einer Kraftübertragung praktisch bewiesen. Seit der Miesbach-Münchener Kraftübertragung wurde es technisch möglich, Kräfte an weit entfernte



Marcel Deprez (Deutsches Museum)

Orte zu übertragen. Deprez als Ideengeber und Miller als Organisator des Versuchs hatten damit einen Meilenstein in der Geschichte der Elektrotechnik gesetzt.“ [13, S. 55]

Millers weitere berufliche Laufbahn war damit vorgegeben. Nach seiner Tätigkeit in Berlin von 1883 bis 1890 gründete er in München ein eigenes Ingenieurbüro, von dem aus bald deutliche Impulse für den Ausbau der Elektrizitätswirtschaft in Deutschland ausgingen. Auch für Thüringen hat das Büro wichtige Vorschläge ausgearbeitet und damit eine Verbindung der Veranstaltungen von 1881 zu unserem Land geschaffen. [15] In seinem Beitrag im ON.LINE 7.2020 berichtete F. Kerbe bereits über einen Besuch Millers in der Porzellanfabrik Hermsdorf im Juni 1920. [16]



Generatorstation Miesbach der Gleichstrom-Übertragung Miesbach-München (ETZ 1932, H.24)



Wasserfall in der Münchener Ausstellung (aus „Oskar von Miller“, 1932)

Quellen:

- [1] Internationale Meterkonvention. Vom 20. Mai 1875, Reichsgesetzblatt 1876, S. 191-212
- [2] Glatz, Peter: Zur historischen Entwicklung vom Metrischen System zum Internationalen Einheitensystem (SI) In: Physik in der Schule 13(1975)12, S. 513-521
- [3] 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
- [4] Kind, Dieter: Zur Geschichte der elektrischen Einheiten im Internationalen Einheitensystem, In: etz-a 98 (1977) 12, S. 800-803
- [5] Helmholtz, von, Hermann: Über die elektrischen Maßeinheiten nach den Beratungen des Elektrischen Kongresses, versammelt zu Paris 1881, In: Vorträge und Reden. Zweiter Band, S. 293-309, Braunschweig, 1903
- [6] Jaeger, Wilhelm: Die Bedeutung des diesjährigen Internationalen Elektrizitätskongresses als 50-Jahr-Feier In: Elektrotechnische Zeitschrift 53(1932)26, S. 716
- [7] Buchheim, Gisela: Die Entwicklung des elektrischen Messwesens und die Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, In: NTM-Schriftenreihe zur Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin, 14(1977)1, S. 16-32
- [8] Jaeger, Wilhelm: Die Entstehung der internationalen Maße der Elektrotechnik (Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik. 4. Band. Herausgegeben vom Elektrotechnischen Verein E.V.) Berlin 1932
- [9] Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten. Vom 1. Juni 1898, In: Reichsgesetzblatt 1898, S. 905-907
- [10] Lindner, Helmut: Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität, Reinbek bei Hamburg 1985
- [11] Lang, Norbert: Die Elektrotechnik an den Weltausstellungen 1851-1900, In: Ferrum. Nachrichten aus der Eisenbibliothek. Stiftung der Georg Fischer AG 66(1994), S. 65-74
- [12] Kalkschmidt, Eugen: Oskar von Miller. Ein Führer deutscher Technik, Stuttgart, 1924
- [13] Füßli, Wilhelm: Oskar von Miller 1855-1934. Eine Biographie, München, 2005
- [14] Lehnhaus, Friedrich: Von Miesbach-München 1882 zum Strom-Verbundnetz, (Deutsches Museum. Abhandlungen und Berichte 51(1983), H. 3), München 1983
- [15] Glatz, Peter: Oskar von Miller als Wegbereiter für ein landesweites Stromnetz in Thüringen, In: ON.LINE 2.2017. Aktuelles und Historisches für Freunde und Förderer des Thüringer Museums für Elektrotechnik, S. 15-16
- [16] Kerbe, Friedmar: Vor 100 Jahren: Ein hoher Gast in der Porzellanfabrik Hermsdorf, In: ON.LINE 7.2020. Aktuelles und Historisches für Freunde und Förderer des Thüringer Museums für Elektrotechnik, S. 16-17

Das Internationale Weston Normalelement

Stephan Hloucal, Erfurt

Im Jahr 1881 fand in Paris der erste internationale Elekrikerkongress statt, der sich mit dem Zustand der elektrischen Messung und den Maßeinheiten beschäftigte. Zu jener Zeit waren die Methoden zur Messung von elektrischen Größen noch in ihrer Entwicklung begriffen (s. auch vorheriger Beitrag). International vergleichbare Standards und die Definitionen der Maßeinheiten befanden sich in einer zum Teil heftigen Diskussion internationaler Wissenschaftler. Auch wenn es dann verbindliche Definitionen gab, so bedurfte es immer noch einer amtlichen Stelle, die diese auszuführen und zu überwachen hatte. Eine solche Institution, die Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR), geht u. a. auf die Initiative von Werner von Siemens zurück, für deren Gründung er 1884 eine halbe Million Mark an Grundkapital aus seinem Privatvermögen zur Verfügung stellte. Die dann im Oktober 1887 gegründete PTR war weltweit die erste ihrer Art. Eine der PTR-Außenprüfstellen befindet sich seit 1889 im thüringischen Ilmenau. Erst 15 Jahre später wurde in England das staatliche National Physical Laboratory (NPL) und 1904 das amerikanischen Bureau of Standards (BSt), gegründet. [1]

Zur Messung der elektrischen Grundgrößen, Strom, Spannung, Widerstand bzw. der Leistung, wurden seinerzeit direkt anzeigende Ausschlaginstrumente, beispielsweise Galvanometer, verwendet, die jedoch eine verlässliche Eichung aufweisen mussten, für die deren Hersteller verantwortlich waren.

Eine hohe Eichgenauigkeit war mit der Kompensationsmethode, mit einer Genauigkeit von 0,1 Promille, schon damals darstellbar. Kompensationsapparate bestehen aus einer Reihe von Präzisionswiderständen, einem geeichten Normalelement und einem anzeigenden Instrument. Die damals gebräuchlichen galvanischen Zellen, wie das Volta-Element (0,75 Volt), das Daniell-Element (1,1 Volt) oder das Leclanché-Element (1,5 Volt), lieferten eine Gleichspannung, die jedoch aufgrund mangelnder Langzeitstabilität und ihres Temperaturverhaltens für präzise Eichzwecke ungeeignet waren. Es mussten also Standardzellen bzw. Normalelemente entwickelt werden, die eine konstante, jederzeit reproduzierbare

elektromotorische Kraft (EMK), mit möglichst geringer Temperaturabhängigkeit, bereitstellen. Das erste brauchbare Normal für die elektrische Spannung wurde vom Engländer Josiah Latimer Clark entwickelt.



Horizontal-Galvanometer, Hartmann & Braun, um 1895



Clark-Normalelement, Otto Wolff, Berlin 1897 (Bild: Wissenschaftliche Sammlung Alexander Kusdas)

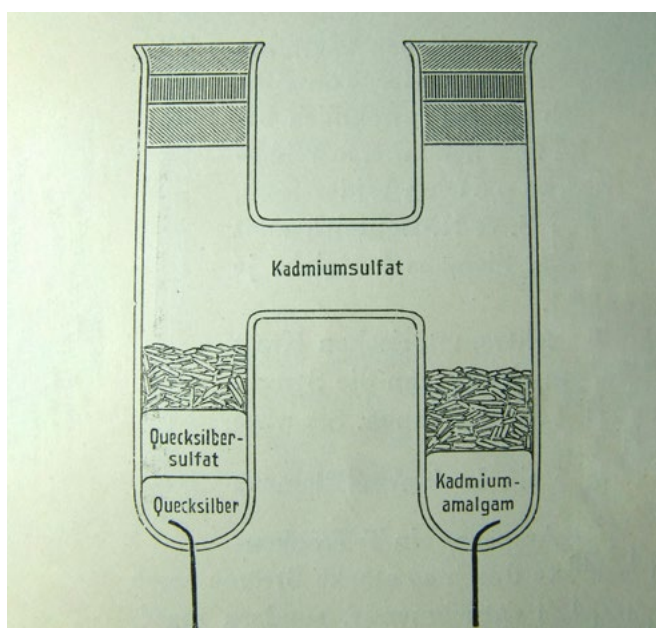
Das Clark-Element, eine galvanische Zelle, stellt bei einer Temperatur von 15 °C eine Leerlaufspannung von 1,438 Volt bereit, die allerdings noch mit einer gewissen Temperaturabhängigkeit behaftet ist. Die Anode des Clark-Elements besteht aus einem Amalgam aus Zink und Quecksilber und die Kathode aus Quecksilber. Als Elektrolyt dient eine gesättigte Zinksulfatlösung und als Depolarisator Quecksilbersulfat. [2] Von 1893 bis 1908 diente das Clark-Element als internationale Referenzspannungsquelle. Abgelöst wurde das Clark-Element durch das vom englischen Chemiker Edward Weston 1893 erfundene Normalelement, welches seither auch seinen Namen trägt, das Internationale Weston-Normalelement. Diese spezielle galvanische Zelle kann leicht hergestellt werden. Der deutsche Physiker, Prof. Dr. Leo Graetz, beschreibt 1928 die Herstellung wie folgt: „In ein H-förmiges Reagenzglas bringt man auf den Boden des einen Schenkels eine Schicht reinen Quecksilbers, über diese einen Teig, der durch Zusammenreiben von Quecksilbersulfat mit Kristallen von schwefelsaurem Kadmium und Quecksilber gebildet ist. In den anderen Schenkel wird Kadmiumamalgam gefüllt, welches aus 90 Teilen Quecksilber und 10 Teilen Kadmium besteht. Da das Amalgam bei gewöhnlicher Temperatur fest ist, wird es heiß eingefüllt, um dann zu erstarren. Über die Paste in dem einen Schenkel und das Amalgam in dem anderen Schenkel werden Kristalle von schwefelsaurem Kadmium geschüttet und das Ganze in beiden Schenkeln mit konzentrierter Kadmiumsulfatlösung übergossen. Die Gläser werden in der Weise verschlossen, dass auf die Kadmiumsulfatlösung heißes Paraffin gegossen, darauf ein Kork in jeden Schenkel eingesetzt und die Mündung mit Marineleim ausgegossen wird. In die Gläser ist unten je ein Platindraht eingeschmolzen, welcher zur Zuleitung dient. Die elektromotorische Kraft (EMK) dieses Elements ist 1,0183 Volt bei 20 °C und ändert sich nur in der fünften Stelle bei Temperaturen zwischen 10 und 20 °C.“ [3]



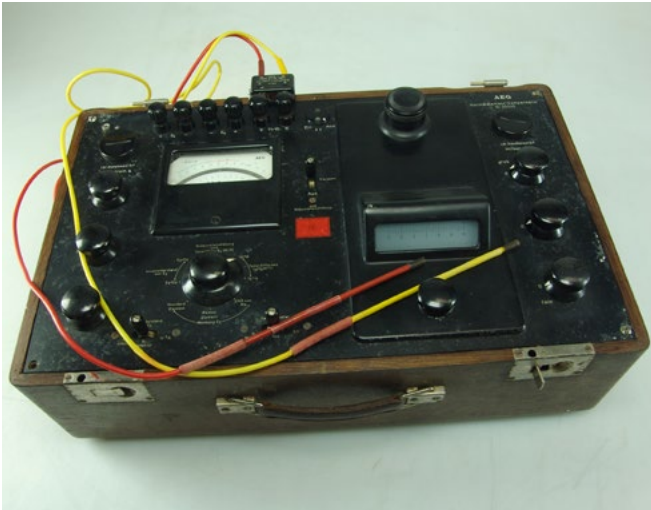
Weston-Normalelement geöffnet (Bild: Wissenschaftliche Sammlung Alexander Kudas)

Chemisch gesehen wandern bei einem Stromfluss Cadmiumionen zur positiven Quecksilberelektrode. Damit es dort nicht legiert und dadurch beide Elektroden mehr oder weniger gleich werden, befindet sich über der Quecksilberelektrode eine Mischung von Quecksilber(I)-sulfat (Hg_2SO_4) und Cadmiumsulfatkristallen. Aus den Cadmiumionen und dem Quecksilber(I)-sulfat bilden sich bei Stromfluss Cadmiumsulfat und metallisches Quecksilber. Zwischen den beiden Elektroden ist bei einer Temperatur von 20 °C eine Leerlaufspannung $U_{20} = 1,01865 \pm 0,0001$ Volt zu messen, deren Temperaturabhängigkeit ziemlich gering ist. Gemäß den Technischen Richtlinien der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB), Ausgabe 12/1984, darf sich die Spannung um nicht mehr als 0,00001 Volt pro Jahr ändern. [4] Für die Verwendung zu Eichzwecken waren die Weston-Normalelemente von den jeweiligen amtlichen Prüfstellen zu prüfen und der genaue Wert der EMK bei verschiedenen Temperaturen zu bestimmen. Kompensationsmethoden sind die genauesten elektrischen Messverfahren und werden zum Eichen von Präzisionsinstrumenten angewendet sowie bei Spannungsquellen, die nicht belastet werden dürfen. Zur Überprüfung der Normalelemente standen auch spezielle Normalelement-Kompensatoren zur Verfügung. Ein solcher Kompensator aus AEG-Produktion, Baujahr 1957, befindet sich in unserer Sammlung.

Dieser dient der genauen Messung von Normalelementen im Vergleich mit der EMK eines bekannten Elements sowie zur Prüfung der Brauchbarkeit von Normalelementen bezüglich ihres Innenwiderstands und ihrer Belastbarkeit. In dem Kompensator kommen ein hochempfindliches Spiegel-Galvanometer, ein Strommesser, Präzisions-Normalwiderstände, zwei Hilfsspannungsquellen (1,5-Volt-Batterien) und zwei Kupfer-Konstantan Thermolemente zum Einsatz.



Aufbau des Weston-Normalelements, aus [4]



Normalelement-Kompensator, AEG, 1957

Zur Steigerung der Messgenauigkeit können Temperaturkorrekturen durchgeführt werden. Mit dem Kompensationsverfahren kann die Größe einer Spannung sehr präzise bestimmt werden, ohne die Spannungsquelle zu belasten. Zu diesem Zweck schaltet man der bekannten Spannung eines „Eich“-Normalelements, die unbekannte Spannung eines Normalelements

in ihrer Polarität entgegen und verändert diese so lange, bis zwischen beiden Spannungsquellen kein Ausgleichsstrom mehr fließt, was mit dem empfindlichen Spiegel-Galvanometer als Nullindikator angezeigt wird, dann ist die unbekannte Spannung gleich der bekannten. [5]

Über 80 Jahre lang, von 1910 bis 1990, stellte das Internationale Weston-Normalelement den verbindlichen internationalen Standard für die elektrische Spannung dar und wurde in Wissenschaft, Forschung und Produktion eingesetzt, immer dann, wenn eine präzise Referenzspannung zur Kalibrierung von Gleichstrom-Kompensationsmesseinrichtungen und Spannungsmessgeräten erforderlich war. Sowohl die PTR als auch die PTB spielten eine maßgebliche Rolle bei der Weiterentwicklung der Weston-Elemente. Ihre grundlegenden Arbeiten galten sowohl einem geeigneten Aufbau als auch der optimalen Chemie. So galt es, die Langzeitstabilität sowie das Temperatur- und Hystereseverhalten zu verbessern. Erst in den 1970er Jahren waren Elemente aus der PTB-Herstellung so weit ausgereift, dass sie relative Alterungsraten von $<10^{-7}/a$ erreichten und als hochwertige Spannungsnormale weltweit geschätzt wurden.

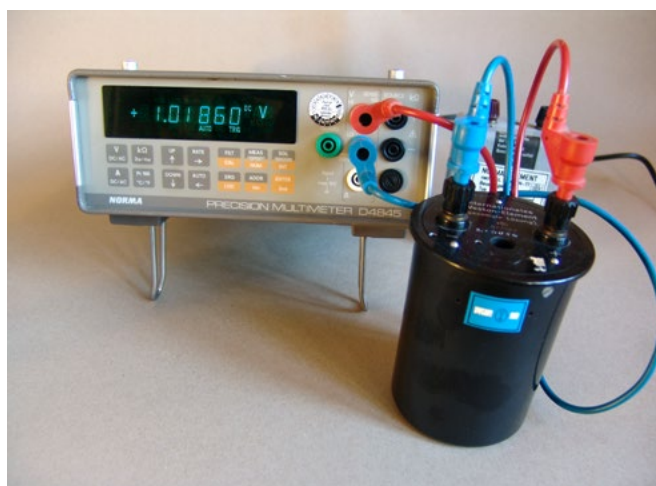


Internationale Weston-Normalelemente aus der Sammlung des Thüringer Museums für Elektrotechnik

Die Weston-Normalelemente wurden nicht ausschließlich von der PTR, sondern auch von verschiedenen Unternehmen, hergestellt. Letztere bedurften allerdings immer noch einer amtlichen Beglaubigung. 1992 wurden von der PTB in Berlin-Friedrichshagen die letzten Normalelemente hergestellt. Damit endeten nach 100 Jahren die Arbeiten auf einem traditionellen Forschungs- und Entwicklungsgebiet, die 1893 in der PTR begonnen und von der PTB sowie dem Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung (ASMW) der DDR erfolgreich fortgesetzt wurden. [6]

In unserer Sammlung „Elektronische Messtechnik“ befinden sich Internationale Weston-Normalelemente deutscher, sowjetischer und englischer Hersteller. Die äußere Gehäusebauform der Normalelemente variierte je nach Anwendung, zumal diese nicht nur auf Labortischen zu finden waren, sondern auch in elektronischen Messgeräten, z. B. Digital-Voltmetern, fest eingebaut wurden. Im VEB Funkwerk Erfurt, einem der wichtigsten Hersteller von elektronischen Präzisionsmessgeräten in der DDR, waren Internationale Weston-Normalelemente als Referenzspannungsquellen sowohl in der Fertigung von Messgeräten als auch in Kalibrier- und Prüflabors im Einsatz.

Normalelemente aus sowjetischer und englischer Produktion sind in Präzisions-Digitalvoltmetern, z. B. 4014a oder G-1212.500, fest eingebaut, sodass die Genauigkeit der Spannungsmessung jederzeit überprüft werden und gegebenenfalls mit einem händischen Abgleich korrigiert werden konnte. Erstaunlich ist, dass einige Normalelemente aus unserem Bestand nach mehr als 70 Jahren die Spannung noch immer in der geforderten Genauigkeit bereitstellen!



EMK des Weston-Normalelement, PTR, um 1940

Das Internationale Büro für Maße und Gewichte führte ab 1990 eine neue verbindliche Referenz für die elektrische Spannung ein, welche auf dem quantenmechanischen Josephson-Effekt basiert und sich damit von einer wesentlich genaueren Frequenzmessung ableiten lässt. Nicht immer ist eine Referenzspannung mit höchster Genauigkeit erforderlich, sodass im Zuge der weiteren Entwicklung der Mikroelektronik auch zunehmend Referenzspannungsquellen auf Halbleiterbasis an Bedeutung gewannen. Spezielle Zener-Dioden oder temperaturkompensierte Zweipol-Bandgap-Referenzspannungsquellen, zum Beispiel AD589 mit 1,235 Volt und einem Temperaturkoeffizienten von etwa $50 \times 10^{-6}/K$, LM336 mit 2,49 Volt und einem Temperaturkoeffizienten von etwa $7 \times 10^{-6}/K$, oder LT1021CCN8-5 mit 5,000 Volt $\pm 0,05\%$ und einem Temperaturkoeffizienten von etwa $3 \times 10^{-6}/K$, sind in großen Stückzahlen zu geringen Preisen am Markt verfügbar.

Hochwertige Weston-Normalelemente haben über 100 Jahre lang in staatlichen Instituten und Kalibrierlaboratorien die Bewahrung und Weitergabe der nationalen Einheit der elektrischen Spannung sichergestellt. In der elektronischen Messtechnik sind sie obsolet geworden. Da sie Gifte der Abteilung 1, wie Cadmium und Quecksilber, enthalten, sind die Elemente sehr schnell entsorgt worden und heutzutage nur noch in einigen technischen Museen oder bei privaten Sammlern historischer Messtechnik zu finden, z. B. www.historische-messtechnik.de. Gelegentlich findet man noch solche Artefakte historischer Metrologie auf einschlägigen Versteigerungsplattformen im Internet.

Quellen:

- [1] Die Entstehung der internationalen Maße der Elektrotechnik, Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik, Band 4, Wilhelm Jaeger, Julius Springer, 1932
- [2] Die Elektrizität und ihre Anwendung, Prof. Dr. Leo Graetz, 8. Aufl., J. Engelhorn, Stuttgart 1900
- [3] Die Elektrizität und ihre Anwendung, Prof. Dr. Leo Graetz, 23. Aufl., J. Engelhorns Nachf. Stuttgart, 1928
- [4] Messgeräte für Elektrizität, Technische Richtlinien der Physikalisch Technischen Bundesanstalt, Ausg. 12/1984, E 24
- [5] Bedienungsanweisung für den Normalelement-Kompensator, AEG Messwesen, 1957
- [6] 100 Jahre Normalelemente in der PTR/PTB, Hans Bachmair, PTB-Mitteilungen, 103 5/1993

Wegbereiter einer landesweiten Stromversorgung Thüringens - Zum 140. Geburtstag von Oberbaurat Dipl.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Herbert Kyser

Dr. Peter Glatz, Erfurt

Der Aufbau einer einheitlichen landesweiten Stromversorgung Thüringens ab 1923 wurde geprägt von Personen vom Format des Oberbaurats Kyser.

Tätigkeit in der Industrie

Herbert Kyser wurde am 7. August 1881 in Graudenz (Westpreußen, heute: Polen) geboren. Nach dem Besuch des Gymnasiums seiner Heimatstadt studierte er von 1899 bis 1905 Elektrotechnik und Maschinenbau



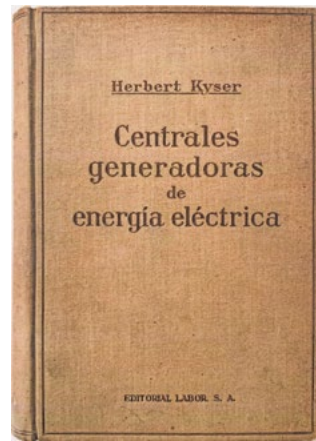
Oberbaurat Dipl.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Herbert Kyser, um 1930

an der TH Karlsruhe. Zu seinen Lehrern zählten u. a. die Elektromaschinenbauer E. Arnold und J. L. la Cour. Kysers erste berufliche Tätigkeit als junger Diplom-Ingenieur führte ihn in verschiedene Bereiche der Siemens-Schuckert-Werke, von wo er 1906 in die Hauptverwaltung des Unternehmens nach Berlin wechselte. Hier übernahm er sehr bald als Oberingenieur die Leitung der Abteilung Elektrische Kraftwerke und Kraftübertragung. Von hier aus wurde Kyser 1922 als Direktor zur Elektrizitäts-A.G. vorm. Schuckert & Co. und der Continental-Gesellschaft für elektrische Unternehmungen nach Nürnberg berufen.

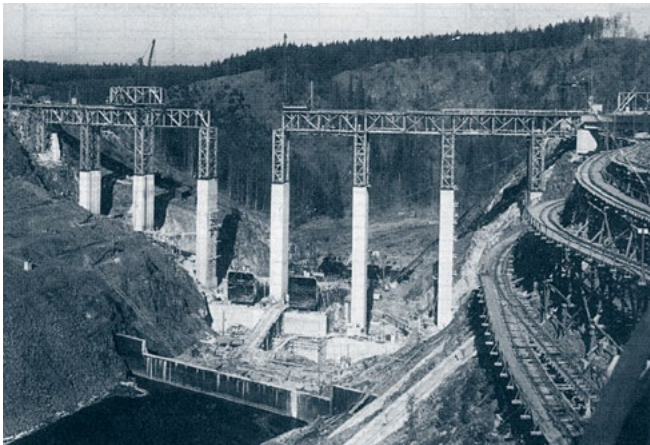
Neben seiner beruflichen Tätigkeit war Kyser stets auch ein erfolgreicher Autor. 1907 erschien sein erstes Buch „Die elektrischen Bahnen und ihre Betriebsmittel“. Zu diesem Thema schrieb er auch einen längeren Beitrag im Lehrbuch von A. Wilke „Die Elektrizität. Ihre Erzeugung und ihre Anwendung“ (Leipzig 1914). 1912 erschien die erste Auflage von Kysers zweibändigem Lehrbuch „Die elektrische Kraftübertragung“, das in mehreren Auflagen und in französischer, spanischer sowie russischer Sprache sogar international Beachtung fand. Das Werk wurde von ihm regelmäßig bearbeitet und gehörte über Jahrzehnte zum festen Bestandteil der Ingenieurausbildung. In der Siemens-Zeitschrift des Jahrgangs 1921 veröffentlichte Kyser die Aufsätze „Die mechanische Ausführung von Hochspannungs-Fernleitungen“ sowie „Die Ausrüstung kleinerer Wasserkraftwerke mit Asynchron- oder Synchrongeneratoren im Parallelbetrieb mit großen Dampfkraftwerken“. Beide Arbeiten waren eine gute Empfehlung für seine späteren Aufgaben in Thüringen.

Aufbau des Thüringenwerks

Am 1. März 1924 holte ihn die Thüringische Landesregierung nach Weimar zum Aufbau einer einheitlichen Landesenergieversorgung. Die Verwirklichung dieses Auftrags wurde Kysers Lebenswerk. Als technisches Vorstandsmitglied der Thüringischen Landesenergieversorgung A.-G. Thüringenwerk beeinflusste er in den folgenden Jahren entscheidend die Gestaltung des leistungsfähigen Hochspannungsnetzes des Landes, den Bau der beiden großen Saale-Talsperren (Bleiloch- und Hohenwarte-Talsperre) sowie der dort installierten Wasserkraftwerke.



Deutsche und spanische Ausgabe des Lehrbuchs

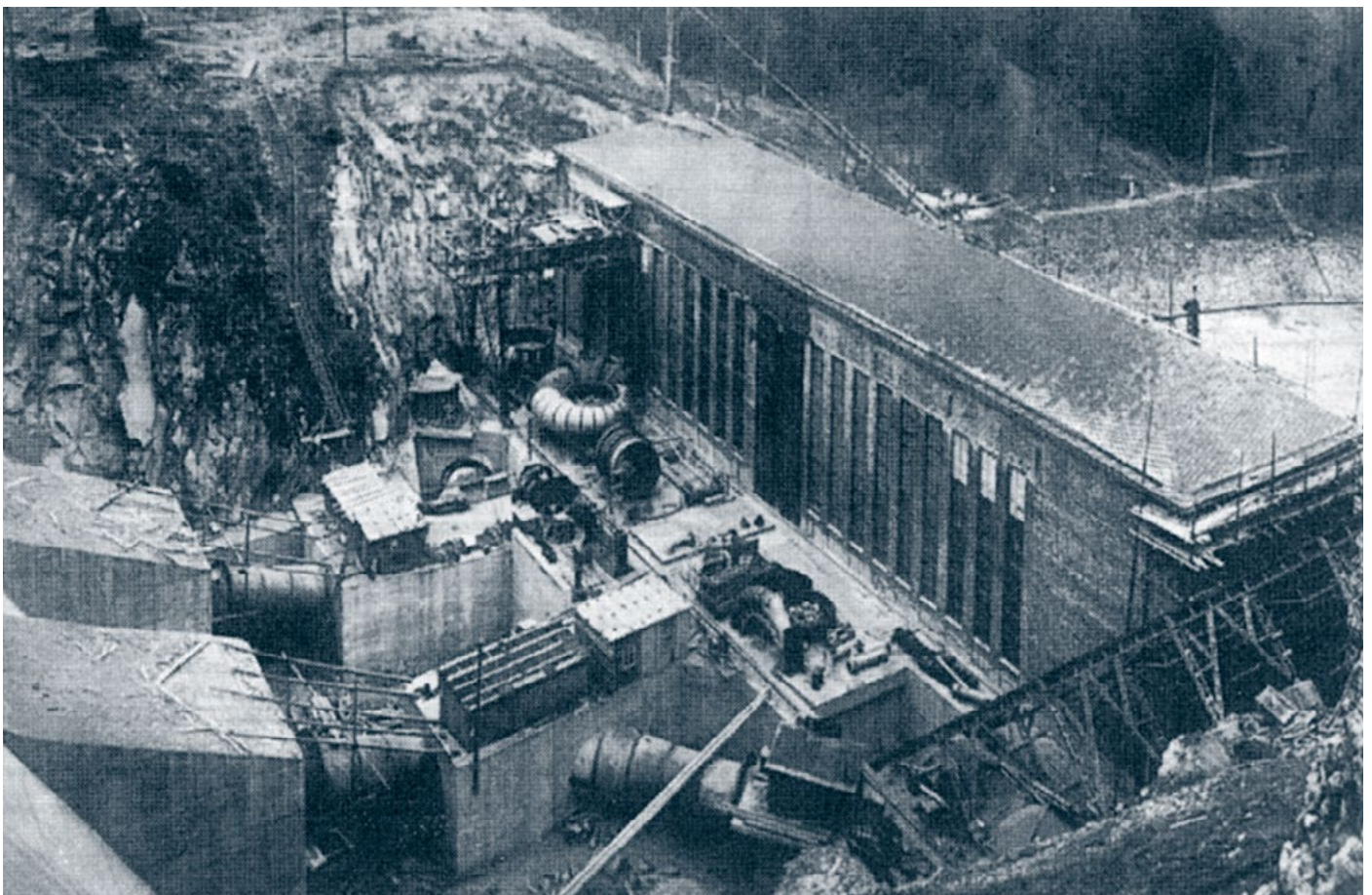


Bau der Bleilochtalsperre, um 1930

Bei der Konzipierung der Talsperren mussten neben der kostengünstigen Gewinnung elektrischer Energie auch noch die Forderungen nach einer zeitgenauen Zuschusswasser-Zuführung an die Elbe sowie der Hochwasserschutz für das untere Saale-Gebiet beachtet werden. Das alles konnte unter Kyser's wesentlicher Mitwirkung durch eine sinnvolle Kombination von Laufwasser- und Pumpspeicher-Kraftwerken, der sogenannten Saalekaskade, realisiert werden. Die Anlagen der Bleilochtalsperre wurden von 1925 bis 1932 und die der ersten Ausbaustufe der Hohenwarte-Talsperre von 1935 bis 1945 gebaut. Das waren die damals größten Talsperrenanlagen Europas. Seit 1925 war Kyser auch Vorstandsmitglied der A. G. Obere Saale (AGOS), die 1938 in Saaletalsperren A. G. (Saalag) umbenannt wurde, sowie der Großkraftwerk Erfurt AG und der Schleizer Kleinbahn AG.

Über diese technischen Großprojekte berichtete Kyser in mehreren Zeitschriften-Beiträgen, z. B.

- „Die Saaletalsperren“ (ETZ 1930/H. 28),
- „Die öffentliche Elektrizitätswirtschaft im Lande Thüringen“ (ETZ 1934/H. 6),
- „Die zweite Saaletalsperre bei Hohenwarte“ (Elektrizitätswirtschaft 1936/H. 2),
- „Die obere Saale und ihre Kraftwerke“ (Elektrotechnik 1949/H. 9).



Bau des Bleilochkraftwerks, 1931

Es ist Kyser's besonderer Initiative zu verdanken, dass die Talsperren 1945 vor der sinnlosen Zerstörung bewahrt wurden und das Land Thüringen in den schweren Nachkriegsjahren auch daraus mit Strom versorgt werden konnte (s. H. Mittelsdorf, S. 270). Der thüringischen Stromversorgung widmete er sich nach 1948 bis zu seiner Pensionierung im Jahre 1952 weiter als Technischer Direktor der Betriebsdirektion des Energiebezirks Süd in Weimar.

Würdigung seiner Verdienste

Nachdem er schon 1914 einen Ruf an die TH Wien als Professor für Kraftwerke und Kraftübertragungen ausgeschlagen hatte, lehnte Kyser 1923 auch einen Ruf an die TH München ab. 1953 verlieh ihm die TH Dresden anlässlich ihrer 125-Jahr-Feier die Würde eines Dr.-Ing. E.h. Die Begründung der Fakultät Elektrotechnik lautete: „In Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um die Entwicklung der elektrischen Kraftübertragung und des Kraftwerkbaus“.

Kyser ist am 1. Mai 1954 im Alter von 73 Jahren in Weimar verstorben. In zahlreichen Nachrufen wurde sein erfolgreiches berufliches Wirken gewürdigt. Sein langjähriger Kollege beim Thüringenwerk, Dipl.-Ing. Bernd Koetzold, schrieb in der ETZ: „Wer das Glück hatte, dem Menschen Herbert Kyser nahezustehen, trägt in sich eine Erinnerung an eine starke Persönlichkeit von mitreißendem Schaffensdrang, aber auch an einen Menschen lauterem Charakters und warmen Herzens.“



Würdigung des OB Kyser (r.), Anfang der 1950er Jahre

Quellen:

- Nachruf Herbert Kyser. In: Elektrotechnik 8(1954), S. 273
- in memoriam Herbert Kyser. In: ETZ-A 77(1956), S. 567-568
- S. Neuhaus, P. Glatz, K. Will: Das Thüringenwerk. Ein Rückblick in die Stromgeschichte Thüringens. Herausgegeben von der TEAG, 2003
- Harald Mittelsdorf: Die Geschichte der Saale-Talsperren (1890-1945), 2007
- Peter Glatz: Herbert Kyser. In: Lexikon der Elektrotechniker, 2010, S. 253-254
- Dietrich Schwarz: Die Energieversorgung in Ostthüringen 1945-1990, Teil 2, 2010
- Private Mitteilung von Dipl.-Phys. Klaus Kyser, Nürnberg, 21.5.1997

Ein Leben für die Kybernetik und seine Hochschule

Stephan Hloucal, Erfurt

Unter dieser Überschrift würdigte Prof. em. Dr.-Ing. habil. Horst Puta anlässlich einer Ehrenveranstaltung der Fakultät für Informatik und Automatisierung an der Technischen Universität Ilmenau zum 100. Geburtstag von Prof. em. Dr.-Ing. habil. Dr. E.h. Karl Reinisch dessen hohe Verdienste und Pionierleistungen um die Entwicklung der Automatisierungs- und Systemtechnik an der Technischen Hochschule Ilmenau.

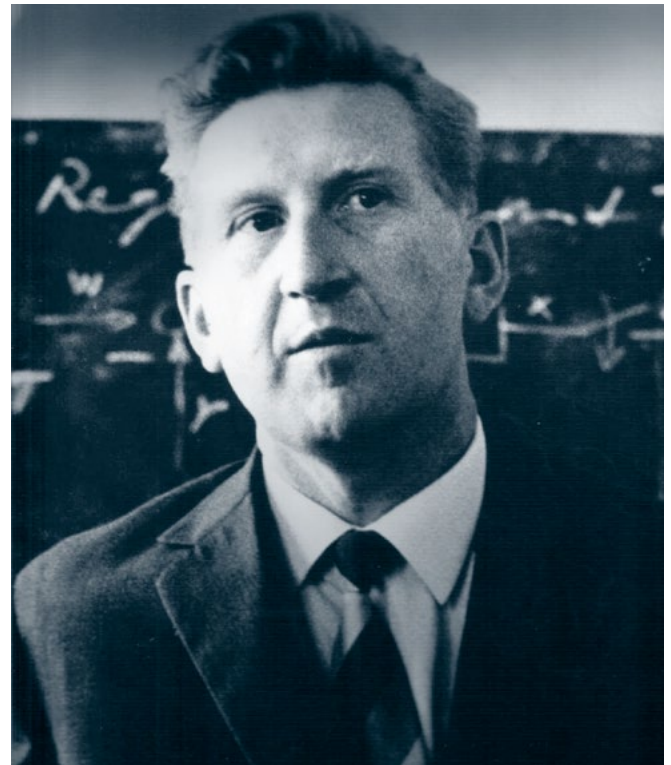


Prof. em. Dr.-Ing. habil. Dr. e.h. Karl Reinisch, 1986

Wer war Karl Reinisch? [1]

Karl Reinisch wurde am 21. August 1921, als ältestes von drei Kindern der Eheleute Max und Gertrud Reinisch, in Dresden geboren. Die Schulzeit beendete er 1940 mit dem Abitur und nach einem kurzen Praktikum im Sachsenwerk begann für den damals 19-Jährigen der Kriegsdienst, den er unversehrt überstand. Zum Wintersemester 1946 begann er ein Studium der Elektrotechnik, Fachrichtung Schwachstromtechnik, an der Technischen Hochschule Dresden. Im März 1951 erhielt er das Diplom für eine „Messapparatur für Ultraschallgeschwindigkeit“. Der damalige Direktor des Instituts für Allgemeine Elektrotechnik an der Fakultät Elektrotechnik der Technischen Hochschule Dresden, Prof. Dr. phil. habil. Georg Mierdel, riet Reinisch, sich mit der neuen Regelungswissenschaft zu

beschäftigen. Ab 1952 begann er eine Lehrtätigkeit am dortigen Institut für Elektrotechnik, Lehrgebiet: „Theoretische Elektrotechnik“. Karl Reinisch promovierte 1957 bei Prof. Dr. Dr. E.h. Heinrich Kindler, über einen „Beitrag zur Strukturoptimierung linearer stetiger Regelkreise“. Das war die erste Promotion über ein regelungstechnisches Thema in der DDR. Danach begann er als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der neu geschaffenen und von Prof. Kindler geleiteten Arbeitsstelle für Steuerungs- und Regelungstechnik an der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Dresden. Von 1957 bis 1958 gab Karl Reinisch Gastvorlesungen über „Regelungstechnik und Nachrichtenverarbeitung“ an der Hochschule für Verkehrswesen Dresden und von 1959 bis 1960 Vorlesungen über „Elektrische Messung nichtelektrischer Größen und Regelungstechnik“ an der Hochschule für Schwermaschinenbau in Magdeburg. Am 1. März 1960 erfolgte die Beauftragung mit der Wahrnehmung einer Professur mit Lehrauftrag für das Fachgebiet der Regelungstechnik sowie der Wahrnehmung der Geschäfte des Direktors des Instituts für Regelungstechnik an der Hochschule für Elektrotechnik in Ilmenau.



Dr.-Ing. Karl Reinisch, 1958

Das Institut, welches zunächst provisorisch in einer Baracke auf dem Ilmenauer Ehrenberg untergebracht war, musste aufgebaut und inhaltlich profiliert werden. Folgende Vorlesungen wurden angeboten: „Einführung in die Regelungstechnik“, „Regelungen und Steuerungen I, II, III, IV“ mit den Schwerpunkten: linearisierte stetige Systeme, Schaltsysteme, spezielle linearisierte Systeme und nichtlineare Systeme, sowie Einwirkungen stochastischer Signale, analoge und diskrete Tastregelungen, selbststellende Systeme, „Kybernetische Grundlagen der Technik“ und



Prof. Karl Reinisch zusammen mit Prof. Hans-Joachim Mau, Rektor der TH Ilmenau und Prof. Eugen Philippow, TH Ilmenau, anlässlich eines Besuchs in der UdSSR, 1967

„Optimale dynamische Steuerung“. Zugleich wurden Praktika eingerichtet, in denen „Bauelemente der Regelungs- und Steuerungstechnik“, „Regelungen und Steuerungen“ sowie „Pneumatische und hydraulische Steuerungen“, untersucht werden konnten.

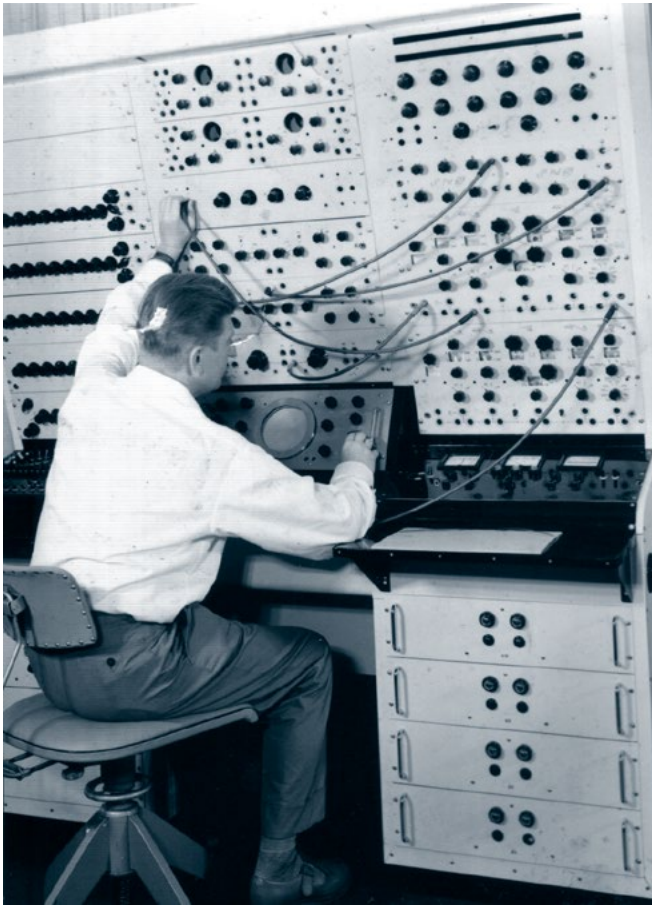
Am 11. Mai 1965 habilitierte sich Karl Reinisch an der Fakultät für Elektrotechnik der Technischen Universität Dresden mit dem Thema: „Ein Verfahren zur Bemessung kontinuierlich wirkender und getasteter Regelkreise einschließlich Totzeit und einiger Nichtlinearitäten“ zum Dr.-Ing. habil. Am 1. September 1965 wurde er zum Professor mit Lehrauftrag für das Fachgebiet der Regelungstechnik und als Direktor des Instituts für Regelungstechnik an der Technischen Hochschule Ilmenau berufen. Am 16. September 1968 wurde er zum Gründungsdirektor der von ihm konzipierten Sektion „Technische und Biomedizinische Kybernetik (TBK)“ berufen. Seine Berufung zum

ordentlichen Professor für Technische Kybernetik (Automatische Steuerung) erfolgte am 1. September 1969. Am 14. März 1972 erfolgte die Verleihung des Dr. sc. techn. auf dem Gebiet der Automatischen Steuerung. Von 1971 bis zu seiner Emeritierung 1986 war er Leiter des Wissenschaftsbereichs Automatische Steuerung der Sektion Technische und Biomedizinische Kybernetik an der Technischen Hochschule Ilmenau. Soweit die „technischen“ Daten zu Karl Reinisch und seiner wissenschaftlichen Laufbahn. [2]

Was war nun das Besondere an Karl Reinischs wissenschaftlichem Wirken?

Karl Reinisch war ein herausragender Wissenschaftler, mit hoher fachlicher Kompetenz, internationaler Anerkennung und persönlicher Integrität – der übrigens nie Mitglied der DDR-Staatspartei SED war – und der mit großer Weitsicht interdisziplinäre Ansätze

in Forschung und Lehre verfolgte, dabei Motivation vorlebte, zugleich aber auch immer menschlich und bescheiden geblieben war. Stets war er bereit, Neuland zu betreten und Brücken zu bauen. Davon zeugt nicht nur die erste „regelungstechnische“ Dissertation in der DDR.



Dr.-Ing. Karl Reinisch am Arbeitsplatz

Mit der Etablierung eines Industriepraktikums im VEB Erdölverarbeitungswerk Schwedt für Studenten des 8. Semesters der Fachrichtung Regelungstechnik, betrat Karl Reinisch 1964 ebenso Neuland und begründete damit das Industriepraktikum für alle Hochschulen in der DDR. Im Zuge der DDR-Hochschulreform 1968 nutzte Reinisch diese, um aus den Instituten Regelungstechnik, Allgemeine und optische Messtechnik, Maschinelle Rechentechnik sowie elektromedizinische und radiologische Technik aus verschiedenen Strukturbereichen die neue Sektion „Technische und Biomedizinische Kybernetik“ (TBK) zu entwickeln und auch personell zu realisieren. Vom DDR-Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen wurde die Sektion TBK als Modellsektion für die Hochschulreform auserwählt. Damit gelang ihm eine einmalige wissenschaftsorganisatorische Meisterleistung, die in der damaligen gesamtdeutschen Hochschullandschaft ein Novum war und in der sich auch international formierende Systemwissenschaften entwickeln konnten. Damit errichtete er zugleich das Fundament für die Fakultät für Informatik und Automatisierung an der heutigen Technischen Universität Ilmenau.

Ein Schwerpunkt seiner Arbeit lag in den 1970er und 1980er Jahren in der Modellbildung und Steuerung sogenannter „Großer Systeme“, welche in der „optimalen Führung komplexer Prozesse in dezentralen, insbesondere hierarchischen Strukturen mit Anwendung u. a. in der Wasserwirtschaft (z. B. Fernwasserversorgungssystem Südthüringen und Hochwassersteuerung des Werrabeckens) und der Landwirtschaft (z. B. optimale Strategien für das Wachstum von Gurken und Tomaten in Gewächshäusern)“ erforscht und erprobt wurde. [3] „Diese Systeme mit ihren inneren Wechselwirkungen und ihrer Dynamik besser zu verstehen und dafür mathematische bzw. Rechnermodelle zu schaffen, sodass man sie flexibler, effektiver, energiesparender steuern kann, erkannte Karl Reinisch als Herausforderung für Forschung, Anwendung und Lehre.“

Systemisches Denken zu lehren, lag ihm besonders am Herzen. Daher entwickelte er in seinem Institut neue Studienfächer, wie Modellentwicklung, statistische und dynamische Optimierung, numerische Simulation sowie Steuerung und hierarchische Optimierung. [1] Karl Reinisch verstand es Fachleute verschiedener Sichtweisen zusammenzuführen. So beförderte er die Zusammenarbeit analoger und digitaler Ausrichtungen als Notwendigkeit für eine moderne Ingenieurausbildung. Von ihm ist überliefert: „Die Kybernetik wäre denkbehindert, verstünde sie nicht, die hervorragenden Werkzeuge der Informatik einzubeziehen. Die Informatik wäre sichtbehindert, verzichtete sie auf die ganzheitliche Systemdenkweise der Kybernetik.“ [1]



Prof. Karl Reinisch anlässlich seiner Amtseinführung als Direktor der Sektion TBK, 1968

Bis zu seiner Emeritierung 1986 arbeitete er an (s)einer „Regelungstechnischen Schule“, die nicht auf administrativem Wege organisiert, sondern von Wissenschaftlern mit Ideen, Visionen und Engagement gelebt wird. Seine Liste an wissenschaftlichen Aufsätzen und Veröffentlichungen in Fachzeitschriften sowie Vorträgen auf internationalen Kongressen, Tagungen und Symposien ist lang. Er verfasste Buchbeiträge zur Regelungstechnik und zur Theorie der automatischen Steuerung in dem berühmten „Philippow“, dem Taschenbuch der Elektrotechnik, welches von Prof. Eugen Philippow in sechs Bänden herausgegeben wurde. Mit den Titeln: „Kybernetische Grundlagen und Beschreibungen kontinuierlicher Systeme“ (1974) und „Analyse und Synthese kontinuierlicher Steuerungssysteme“ (1977) verfasste er zwei Lehrbücher, die sich zum Standard etablierten und auch internationale Beachtung fanden.

Seine Expertise war in wissenschaftlichen Gremien in der DDR gefragt, so zum Beispiel in verschiedenen Kommissionen der Akademie der Wissenschaften, des Forschungsrats, der Kammer der Technik sowie Arbeitsgruppen und Beiräten des Ministeriums für Hoch- und Fachschulwesens. Nicht nur mit seinen herausragenden wissenschaftlichen Leistungen erwarb sich Karl Reinisch internationale Anerkennung, sondern auch durch aktive Mitarbeit in der internationalen und interdisziplinären Wissenschaftsorganisation „International Federation of Automatic Control“ (IFAC), deren Mitglied er seit 1967 war. Mit seinem Engagement wollte er „die Wirksamkeit der IFAC bei der internationalen Kooperation zur besseren Beherrschung von Prozessen im industriellen Bereich und besonders auch im nichtindustriellen Bereich erhöhen.“ [3] Von 1978 bis 1984 war er Mitglied des IFAC-Präsidiums und ab 1984 stellvertretender Vorsitzender des Technical Board der IFAC. Karl Reinisch nahm an zahlreichen IFAC-Weltkongressen teil, sowohl als Sitzungsleiter als auch als Vortragender. Damit trug er wesentlich dazu bei, dass die Technische Hochschule Ilmenau und die wissenschaftlichen Arbeiten „seiner“ Sektion TBK international wahrgenommen wurden und dass in der Zeit des Kalten Krieges, des Eisernen Vorhangs und der damit verbundenen, von der DDR-Staatsführung selbst gewählten, internationalen Isolation. Seine Sektion TBK gewann international den Ruf als das „Reinisch-Institut Ilmenau“. [1]

Einige seiner Studenten folgten nach ihrem Diplom Karl Reinisch und so konnte er von 1965 bis 1986 erfolgreich 67 Promotionen begleiten. Einige der Promoventen lebten den Gedanken der regelungstechnischen Schule weiter und wurden selbst Lehrstuhlinhaber, so zum Beispiel die Herren Professoren Engmann, Günther, Puta und Wernstedt in Ilmenau und Lunze in Hamburg, um nur einige zu nennen. So manchem Absolventen des „Reinisch-Instituts“ war das systemische Denken ein hilfreiches Werkzeug in ihrer beruflichen Laufbahn.



Prof. Reinisch anlässlich der Einweihung des Prof. Schönfeld-Hörsaals an der Technischen Universität Dresden, 1994

Auch nach seiner Emeritierung im Jahr 1986 blieb Karl Reinisch wissenschaftlich aktiv und hielt bis 1996 Spezialvorlesungen. Ein Höhepunkt und gleichzeitig der Abschluss seiner internationalen Arbeit, war die Ausrichtung des IFAC-Symposiums „Theorie und Anwendung komplexer Steuerungssysteme“ im August 1989 in Berlin. Wenige Wochen danach gingen die Menschen mit Kerzen auf die Straße und stellten den Vormachtanspruch der SED- und Staatsführung in Frage. Auch hier wurde Karl Reinisch politisch aktiv und übernahm in der CDU Verantwortung. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands war Karl Reinisch's Expertise in der Hochschulstrukturkommission beim Freistaat Thüringen gefragt, galt es doch die (alte) DDR-Hochschullandschaft zu evaluieren und zukunfts-fähig zu strukturieren. Dabei setzte er sich für die Stärkung der universitären Einrichtung der Technischen Hochschule und für die Sicherung ihrer, für die zukünftigen Entwicklungen von Naturwissenschaft und Technik essentiellen Wissenschaftsgebiete, ein. [3]

Die Technische Hochschule Ilmenau wurde 1992 in den Rang einer Technischen Universität erhoben. Anlässlich der Festveranstaltung beschrieb seine älteste Tochter, Dr. Andrea Trabert, das Anliegen ihres Vaters: „Sein Herzensanliegen ist es stets gewesen, über alle naturwissenschaftlichen, politischen und religiösen Grenzen hinweg, Brücken zu bauen und einen interdisziplinären Dialog zu führen, um so ethische Rahmenbedingungen für die Forschung zu geben und zu einer friedenssichernden Verständigung beizutragen.“ Am 24. Januar 2007 verstarb Karl Reinisch im Alter von 85 Jahren. Der Autor konnte

während seines Studiums an der TH Ilmenau und auch danach, Prof. Reinisch bei Vorträgen und in Gesprächen persönlich kennen und schätzen lernen, war er doch der Katholischen Studentengemeinde in Ilmenau sehr eng verbunden. Zudem waren seine Tochter Andrea und der Autor Kommilitonen der Matrikel 72 an der TH. Prof. Reinisch nannten wir einfach nur „Papa Reinisch“. Anlässlich seines 100. Geburtstags erinnern wir uns in Dankbarkeit an den großen Lehrer, exzellenten Wissenschaftler, Brückenbauer und freundlichen Wegbegleiter, Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. E.h. Karl Reinisch.

Quellen:

- [1] Zum 100. Geburtstag von Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. E.h. Karl Reinisch, Horst Puta, Ilmenau, 2021, unveröffentl. Redemanuskript
- [2] Zum 65. Geburtstag von Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. E.h. Karl Reinisch, Festschrift des Wissenschaftsbereichs Automatische Steuerung, Ilmenau 1986

- [3] „Zu meinem 80. Geburtstag“, Karl Reinisch, Ilmenau 2001, unveröffentl. Redemanuskript

- [4] Gespräche mit Zeitzeugen von Prof. Reinisch

Bilder: Privatarchiv Karl Reinisch

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 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.

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. 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., Funkamateurliebling 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 Speicherung in elektronische Systeme.

© Thüringer Museum für Elektrotechnik e.V., bei den Autoren und Fotografen 2021. 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 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!