

## Vorwort

Stephan Hloucal, Erfurt

Bislang war es unvorstellbar, dass sich ein hochansteckendes Virus weltweit verbreitet und auch in Deutschland das gesellschaftliche und wirtschaftliche Leben nahezu zum Erliegen bringt. Auch wenn Bundes- und Landesregierung nun „Rettungsschirme“ zur Minderung sozialer und wirtschaftlicher Folgen „aufspannen“, sind die langfristigen Auswirkungen noch nicht abzusehen. Die staatlicherseits angeordneten epidemiologischen Kontaktbeschränkungen führten für uns zu zeitlichen Verzögerungen bei der Vorbereitung der Wanderausstellung „100 Jahre öffentlicher Rundfunk in Deutschland“ und erschwerten auch die Arbeiten im Depot.

Wann die, von der Thüringer Staatskanzlei und der Gesellschaft der Freunde der Geschichte des Funkwesens e.V. (GFGF) geförderte Ausstellung, eröffnet werden kann, ist ungewiss und hängt letztlich auch davon ab, ob wir für den finanziellen Eigenanteil noch Sponsoren finden. Drei angesprochene (öffentliche) Fördermittelgeber hatten uns Absagen erteilt. Der MDR-Thüringen hat jedenfalls Interesse signalisiert, die Ausstellung im Erfurter Landesfunkhaus zu eröffnen. Die Corona-Seuche hat dies nun jedoch in weite Ferne rücken lassen. Auch begonnene Zeitzeugengespräche konnten nicht mehr weitergeführt werden. Die für dieses Jahr geplanten Vortragsveranstaltungen und Gespräche mit Wirtschaftsunternehmen sind auf unbestimmte Zeit verschoben.

Der Museumsverband Thüringen e.V. (MVT) hat anlässlich des Jubiläums „100 Jahre Freistaat Thüringen“ dazu aufgerufen, für ein virtuelles, digitales Landesmuseum Exponate bereit zu stellen. Aus unseren überregional bedeutenden Sammlungen haben wir drei Objekte vorgeschlagen:

1. den Mikrochip des Taschenrechnerschaltkreises U 820 D;
2. die Delta-Glocke – ein historischer Porzellan-Isolator aus Hermsdorf und
3. das Transistorradio „Sternchen“ aus Sonneberg.

Die Wahl des MVT fiel auf das „Sternchen“! Obwohl es das erste vollständig mit Transistoren bestückte Radio der DDR war, ist es industriehistorisch gesehen, für Thüringen eher von nachrangiger Bedeutung. Die Delta-Glocke hingegen repräsentiert ab 1897 in Hermsdorf eine weit über Thüringen hinausreichende technische Porzellanindustrie, die auch Weltgeschichte schrieb. Mit dem, im ehemaligen VEB Funkwerk Erfurt entwickelten Taschenrechnerschaltkreis, U 820 D, gelang vor 45 Jahren der Durchbruch zur VLSI-Technologie, die grundlegende Voraussetzung für die Herstellung von Mikroprozessoren ist. Erfurt entwickelte sich so zum Zentrum der Mikroelektronik in der DDR.



Taschenradio „Sternchen“

## Inhalt

- Vorwort
- Aktuelles
- 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 7. 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 7.2020 wurde erstellt mit freundlicher Unterstützung der TEAG Thüringer Energie AG, Erfurt und der SWE Energie GmbH, Erfurt.

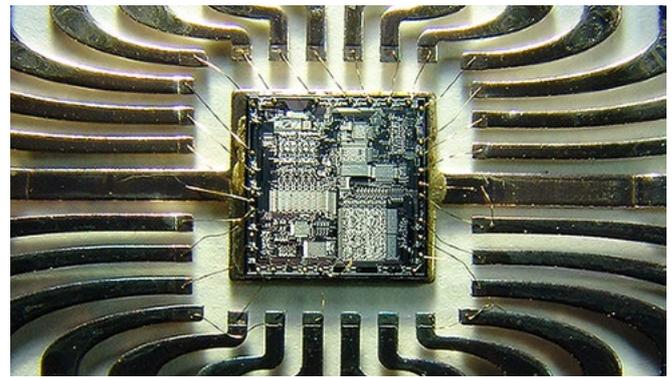
Die Thüringer Staatskanzlei hat gemeinsam mit der Historischen Kommission für Thüringen zur Teilnahme an einem Forschungswettbewerb aufgerufen und lobt in drei Kategorien einen „Landesgeschichtlichen Preis für Industriekultur“ aus. Ein entsprechender Beitrag



Delta-Glocke Hochspannungsisolator

ist in Vorbereitung. Bereits seit vier Jahren beteiligen wir uns, als eines, von wenigen Thüringer Museen, an dem weltweiten Festival der Kulturinstitutionen in den Sozialen Medien, der #Museum-Week, welche in diesem Jahr vom 11. bis zum 17. Mai stattfand.

Erstmals wurde der am 17. Mai 2020 der Internationale Museumstag zu einem virtuellen Ereignis im Internet und den Sozialen Medien, sodass wir mit einigen Impressionen aus vergangenen und aktuellen Ausstellungen präsent sein konnten.



Chip des Taschenrechner-Schaltkreises U 820 D

## AKTUELLES

### Netzwerk Industriekultur Thüringen

Stephan Hloucal, Erfurt

Das von uns initiierte Netzwerk Industriekultur Thüringen wächst weiter. So haben der VDI-Bezirksverein Thüringen e.V., der Verein Ilmenauer Glas-tradition e.V. und der Verein der Ingenieure und Techniker in Thüringen e.V. (VITT) Interesse an der Zusammenarbeit signalisiert. Außerdem wurden kürzlich Kontakte zur IG Technische Zeitzeugen e.V. in Greiz geknüpft, die sich insbesondere um die Geschichte der Textilindustrie der vogtländischen Region bemühen. Ebenso zum Technik- und Geschichtsmuseum in der Alten Mälzerei in Gotha konnte ein erster Kontakt hergestellt werden. Die „Netzwerker“ wollen auf dem Gebiet der Industriegeschichte enger zusammenarbeiten und unterstützen ein Landesmuseum für Industrie-, Technik- und Sozialgeschichte in der Defensionskaserne auf dem Erfurter Petersberg, welches dort nach der Bundesgartenschau 2021 entstehen könnte.



Defensionskaserne auf dem Erfurter Petersberg

### Ausstellung

Da wir nicht über Räume für Dauerausstellungen verfügen, gestalteten wir schon seit einigen Jahren gemeinsam mit der TEAG Thüringer Energie AG thematische Ausstellungen, die zu bestimmten Jubiläen oder Anlässen an verschiedenen Orten in Thüringen zu sehen waren. Unsere Wanderausstellung „Elektrizität in jedem Gerät – Elektrogeräte erobern den Haushalt“ wartet weiterhin auf interessierte Besucher. Seit dem 4. August 2019 – nun wieder nach der Winterzeit und den Corona-Kontaktbeschränkungen – ist die Ausstellung mit zahlreichen interessanten Exponaten aus unserem Fundus im Technikmuseum Berka/Werra zu sehen. Sie widmet sich der historischen Entwicklung von Haushaltsgeräten aus den Bereichen, Kochen, Backen, Kühlen, Reinigen, Hygiene und Körperpflege.

#### Technikmuseum Waldenberger Hof

Lappengasse 5  
99837 Berka/Werra

<https://www.berka-waldenbergerhof.com>

#### Öffnungszeiten:

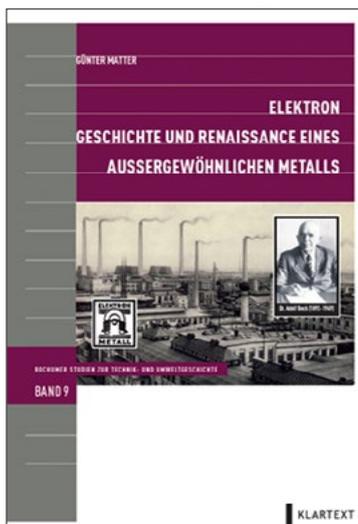
Jeden 1. Sonntag im Monat von 15:00 Uhr-18:00 Uhr und nach Vereinbarung und Anmeldung über [technikmuseum-berka@web.de](mailto:technikmuseum-berka@web.de)

## Buchvorstellung

### Elektron - Geschichte und Renaissance eines außergewöhnlichen Metalls

Ende des 19. Jahrhunderts wurde in Deutschland mit der industriellen Produktion von Magnesium begonnen. In der ersten Blütezeit der Entwicklung und Anwendung von Magnesium und seiner Legierungen, die bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs andauerte, spielte Mitteldeutschland eine besondere Rolle. Die weltweit bedeutendsten Anlagen für die Erzeugung von Magnesium befanden sich zu dieser Zeit in Bitterfeld, Aken und Staßfurt. Unter dem Markennamen „Elektron“ wurden hier technisch wie ökonomisch erfolgreich Magnesium-Werkstoffe entwickelt.

Der vorliegende Band 9 der „Bochumer Studien zur Technik- und Umweltgeschichte“ beleuchtet die Geschichte und die technischen Leistungen der mitteldeutschen Magnesium-Industrie in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Anhand noch vorhandener Sach- und Zeitzeugen sowie durch die Auswertung historischer Dokumente werden die Verbindungen von technologischen Entwicklungen, Wirtschafts- und Zeitgeschichte rekonstruiert.



Zahlreiche historisch realisierte Anwendungen zeigen die vielfältigen Potentiale von Magnesium-Werkstoffen auf. Die Tatsache, dass Magnesium-Werkstoffe auch in vielen Alltagsgegenständen eingesetzt wurden, relativiert einige heute noch verbreitete Vorurteile in Bezug auf ihre Brennbarkeit und Korrosionsneigung. Die technologischen

Vorteile der Magnesium-Legierungen – Festigkeits-Masseverhältnis, Recyclierbarkeit, Geräusch- und Vibrationsdämpfung, Beulsteifigkeit – tragen heute wieder im bedeutenden Maße zu einem kosteneffizienten, industriellen Leichtbau, vor allem im Automobil- und Flugzeugbau, bei. Die aktuellen Entwick-

lungen auf dem internationalen Markt werden im Buch aufgezeigt.

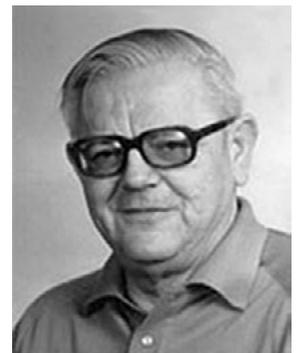
Vor dem Hintergrund, der sich abzeichnenden Renaissance des Magnesiums ist, es das Anliegen des Autors, das Andenken an die mitteldeutschen Pioniere des ersten Magnesium-Zeitalters zu bewahren und besonders zu würdigen. Der vorliegende Band bietet dabei nicht nur eine Rückschau auf herausragende technische Leistungen mitteldeutscher Forscher und Ingenieure, sondern liefert auch zahlreiche Anregungen für zukünftige Entwicklung.

Autor: Günter Matter  
Herausgeber: Helmut Maier, Universität Bochum  
Verlag: Klartext-Verlag, Essen  
Umfang: 391 Seiten mit 194 Abbildungen  
Preis: 34,95 EUR  
ISBN: 978-3-8375-2125-2

## Kurzbiografie

### Karl Rothammel - Thüringer Antennenspezialist mit weitreichender Wirkung *Gerhard Roleder, Erfurt*

Belauscht man Funkamateure in Gesprächen untereinander, egal ob im Äther oder bei persönlichen Treffen, bekommt man wiederholt den Ratschlag zu hören „... schlag doch mal im Rothammel nach“. Mit „dem Rothammel“ ist ein umfangreiches Nachschlagewerk über Theorie und Praxis von Antennen gemeint. Karl Rothammel, Autor des Fachbuches „Antennenbuch“, wie es bis 1989 hieß, wurde 1914 in Fürth geboren, wurde 1932 lizenzierter Kurzwellenhörer, war während des 2. Weltkrieges Funker bei der Deutschen Luftwaffe und kam nach dem Krieg nach Sonneberg. Zehn Jahre arbeitete er im funktechnischen Bereich der Deutschen Post. Die längste Zeit seines Berufslebens, 25 Jahre ohne Unterbrechung, war Karl Rothammel als Mitarbeiter im Bereich Vorabgleich Kofferradios und später in der Informations- und



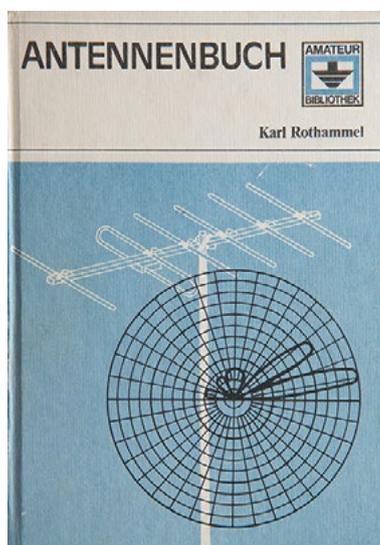
Karl Rothammel  
(Foto: Chronik des DARC-OV Sonneberg)

Dokumentationsstelle im VEB Stern-Radio Sonneberg beschäftigt. Im Jahr 1954 absolvierte er die Prüfung zur Amateurfunkgenehmigung.



Karl Rothammel an der Klubstation DM3KBK Ende der 1950er Jahre  
(Foto: Chronik des DARC-OV Sonneberg)

Die erste Auflage des Antennenbuches erschien 1959 im Verlag Sport und Technik Berlin. Bereits 1960 brachte der Franckh-Kosmos Verlag Stuttgart eine Lizenzausgabe in der BRD heraus. Bis 1989 kam es zu elf Ost- und neun Westauflagen. Insgesamt wurden in dieser Zeit über 200.000 Exemplare in der DDR und 50.000 Exemplare in der BRD gedruckt. Inhaltlich unterscheiden sich Ost- und Westauflagen nur geringfügig voneinander. Bis 1990 wurden außerdem 315.000 fremdsprachige Exemplare hergestellt, davon 260.000 Stück in russischer Sprache.



11. Auflage des Antennenbuches,  
Militärverlag der DDR, 1989  
(Foto: G. Roleder)

Basis-Bauformen, Speiseleitungen und Problemen der wechselstrommäßigen Anpassung von Antennen an Empfänger und/oder Sender. In diesem Teil erhält man eine Übersicht, nach welchen Prinzipien Antennen konstruiert sind. Den weitaus größten Umfang des Buches beanspruchen detaillierte Beschreibungen unterschiedlichster Bauformen, wie Dipole,

Worin besteht das Erfolgsgeheimnis des Antennenbuches? Vermutlich ist es die Ausführlichkeit in Verbindung mit ständiger Ergänzung neuer Erkenntnisse und neuer Bauformen. In den Anfangskapiteln werden wesentliche Merkmale und Ausbreitungseigenschaften elektromagnetischer Wellen beschrieben. In einem umfangreichen Zwischenteil geht es um grundlegende Eigenschaften von

Langdraht-, Vertikal-, Ganzwellenschleifen-Antennen und Richtstrahler - und das alles von Langwelle bis UKW. Die typische Herangehensweise bei der



Diese drehbare Richtantenne des Typs „Cubical Quad“ für Kurzwelle basiert auf Vorgaben des Antennenbuches. Es handelt sich um einen Eigenbau von Mitgliedern der Klubstation DA0HQ in Ilmenau. Die Mannschaft von DA0HQ erreichte bei der Kurzwellen-Weltmeisterschaft der International Amateur Radio Union im Jahr 2019 den zweiten Platz.  
(Foto: G. Roleder)

Beschreibung eines bestimmten Antennentyps besteht im Antennenbuch darin, dass zuerst die Strom- und Spannungsverteilung entlang der Antenne beschrieben wird. Es folgen Erklärungen zur elektrischen Funktionsweise, Prinzipskizzen mit Formeln zur Längenberechnung sowie Horizontal- und Vertikal-Diagramme zur Richtwirkung. Abschließend erhält man eine Maßzeichnung für einen bestimmten Frequenzbereich.

Im Anhang des Buches findet man unter anderem Tabellen für die wechselseitige Umrechnung zwischen Dezibel und Spannungs-, Strom- oder Leistungsverhältnissen. Diese Thematik führt immer wieder zu Missverständnissen. Im Gegensatz zu den vielen mit Vorsicht zu genießenden Umrechnungshilfen im Internet kann man im Buch von einer fehlerfreien Darstellung ausgehen, die überdies in ihrer Gesamtansicht zu einem besseren Verständnis beiträgt.

Das anfänglich als eine Art Hilfebuch für Funkamateure gedachte Antennenbuch sprengte frühzeitig seinen zunächst eng gesteckten thematischen



*Logarithmisch periodische Dipolantennen für das UKW-Band II (87,5 MHz bis 108 MHz), hier als Antennen für Ballempfang am Antennenmast einer Rundfunk-Sendestelle; Antennen dieses Typs sind ebenfalls Thema des Antennenbuches (Foto: G. Roleder)*

Rahmen, was nicht allein daran lag, dass auch Antennen für Hörfunk und Fernsehen beschrieben werden. Aufgrund der Tatsache, dass Amateurfunkantennen in modifizierter Form für andere Funkanwendungen geeignet sind und umgekehrt, entwickelte sich das Antennenbuch zu einem Nachschlagewerk für Amateure und Profis unterschiedlicher Spezialisierungsrichtungen. Karl Rothammel tauschte sich nicht nur mit Funkamateuren aus, sondern auch mit Vertretern der Industrie. In der 11. Auflage von 1989 findet man zum Beispiel ein Werksfoto aus dem VEB Antennenwerke Bad Blankenburg, das einen Dipol mit Winkelreflektor für den UHF-Fernsehbereich zeigt.

Von 1957 bis 1962 war Karl Rothammel der verantwortliche Redakteur des UKW-QTC in der Zeitschrift „Funkamateure“. Darüber hinaus war er als Autor oder Mitautor an weiteren Publikationen beteiligt. Dazu gehören die im Militärverlag veröffentlichten

Broschüren „Praxis der Fernsehantennen“ Teil 1 und 2 aus der electronica-Reihe und das Antennen-Kapitel im „Taschenbuch der Amateurfunkpraxis“. Nach dem Tod von Karl Rothammel im Jahr 1987 übernahm der in München lebende Funkamateur Alois Krischke die Autorenschaft für erweiterte und aktualisierte Auflagen von „Rothammels Antennenbuch“. Krischke war als Diplom-Ingenieur von 1968 bis 1996 bei Rohde & Schwarz in München beschäftigt. Bereits zu Lebzeiten von Karl Rothammel lieferte er Beiträge zum Antennenbuch. Die jüngste Ausgabe von „Rothammels Antennenbuch“ stammt aus dem Jahr 2013 und ist inzwischen auf einen Umfang von 1500 Seiten angewachsen.

Autor:	Alois Krischke
Titel:	Rothammels Antennenbuch
Verlag:	DARC-Verlag, 13. Auflage 2013
ISBN:	3886920658

# AUS AKTUELLEM ANLASS

## Der Aufbau des FK 501

Stephan Hloucal, Erfurt

In ON.LINE-6/2019 berichteten wir über die spektakuläre Bergung von Resten des weltweit ersten Weitverkehrs-Breitbandkabels FK 501 aus der Elbe bei Breitenhagen. Ein etwa 45 cm langes Stück dieses Kabels wurde zwischenzeitlich von dem Berliner Kabelexperten, Uwe Metzler, [1] fachgerecht abgesetzt, sodass der innere Aufbau analysiert werden kann.



Breitband-Fernkabel FK 501, abgesetzt

Das 85 Jahre im Flussbett der Elbe gelegene Kabel zeigte sich erstaunlicherweise wie neu. Das innen liegende Koaxialkabel ist aus heutiger Sicht sehr komplex aufgebaut. Den 4 mm dicken massiven Kupfer-Innenleiter umgibt ein 1,5 mm dicker Styroflexdraht, der auf 4 mm gewandelt, wiederum in Wendeln um den Innenleiter gewickelt ist. Anschließend folgen zwei Lagen Styroflexfolie. Der koaxiale Außenleiter besteht aus 10 Kupferflachdrähten von 0,5 mm x 10 mm, die schraubenförmig mit großer Ganghöhe und einer Haltefolie aus 0,1 mm x 10 mm Kupfer, die gegenläufig gewickelt sind, wobei Letztere in einem offenen Wendel geführt ist. Das Ganze ist mit zwei Lagen Lackleinenband stabilisiert und mit einem 1 mm dicken Bleimantel wasserdicht umschlossen. Nun schließt sich der sogenannte „Beipack“ an, der aus zwei Gruppen von je fünf Viererseilen Telefonkabeln aus 1,5 mm Kupferdraht bestehen, und zwei Paaren abgeschirmten Rundfunkkabeln, ebenso aus 1,5 mm Kupferdraht. Die Telefon- und Rundfunkleitungen sind mit einer Kabelpapierisolierung versehen. Die zusätzliche Abschirmung der Rundfunkleitungs-paare erfolgt mit Aluminium kaschiertem Papier und einer Kupferfolie, die ebenso entgegengesetzt gewickelt sind. Eine Gürtelisolierung aus Kabelpapier umschließt Beipack und Koaxialkabel. Das Ganze ist wiederum wasserdicht mit einem weiteren 2 mm dicken Bleimantel umschlossen. Diesen Bleimantel umschließt eine Polsterung aus Bitumen getränkten Kabelpapierlagen und eine Armierung mit

Eisenflachdrähten von 1,7 mm x 6 mm. Dem schließt sich eine Schicht aus Bitumen getränkten dicken Jute-fäden an. Die darauf folgende Armierung besteht aus eisernen Z-Profildrähten, wie sie damals bei schweren See- bzw. Flusskabeln verwendet wurden. Die äußere Schutzschicht besteht aus zwei gegenläufig gewickelten, mit Bitumen getränkten Jute-Dickfäden.



Querschnitt des FK 501

Das Kabel wurde 1935 von der Siemens & Halske AG in Berlin hergestellt. Die Masse pro Meter beträgt 15 kg und der Gesamtdurchmesser 80 mm. [2] Die Fertigung von seetauglichen Fernsprechkabeln war damals Stand der Technik. Neu war jedoch das innere Koaxialkabel, bei dem der damals neue thermoplastische „Kunststoff“, Styroflex, als Isolator und Dielektrikum zum Einsatz kam. Technologisch gesehen, war die maschinelle Herstellung des Koaxialkabels aus einzelnen Bändern, Folien, Flach- und Runddrähten, sicher nicht ganz trivial.



Detailaufnahme des FK 501, Fernseh-Koaxialkabel und geschirmte Rundfunkkabel

Im Februar dieses Jahres wurden in Rosdorf südlich von Göttingen bei Tiefbauarbeiten unter einer Bahntrasse weitere Fernkabelreste und eine der sehr seltenen Kabelmuffen gefunden. Dabei handelt es sich um das Breitband-Fernkabel, FK 504, welches

ab 1938 von Berlin über Braunlage nach Frankfurt am Main ausgelegt wurde, mit je einem Abzweig zu den geplanten Fernsehsendern (441 Zeilen) auf dem Brocken im Harz und dem Feldberg im Taunus. Bei der Kabelstrecke Braunlage - Frankfurt/Main ersetzte man wegen der kriegsbedingten Rohstoffknappheit bei den Fernmeldeleitungen Kupfer teilweise durch Aluminium. Das aufgefundene Kabel verfügt nur über eine einfache eiserne Flachdrahtarmierung, hat aber ansonsten den gleichen Aufbau, wie das FK 501. [2], [3]



Breitband-Fernkabel FK 504 (Jürgen Bauch)



Querschnitt des FK 504 (Jürgen Bauch)

#### Quellen:

[1] [www.kabelmuster.de](http://www.kabelmuster.de)

[2] Zeitzeugeninterviews mit Gerhard Bauch und Uwe Metzler, 2019/2020

[3] Die Breitbandfernkanäle des Deutschen Reiches 1930-1945, Band III Das Breitband Fernkabel FK504 (Berlin-Frankfurt/Main), Jürgen Bauch, Verlag: Books on Demand, 2018

## „Windelektrische Aggregate“

Stephan Hloucal, Erfurt

Im Sommer 2017 entdeckte ich im rumänischen Semenic-Gebirge (Banat), auf etwa 1.350 m Höhe über NN, zwei verrostete Windkraftanlagen (WKA). Auffällig war die etwas eigenartige Konstruktion einer Anlage, die nicht nur durch eine relativ große Gondel auffällt, sondern deren runder Stahlrohrturm auf einer vierfüßigen Unterkonstruktion ruht. Meine technische Neugier war sofort geweckt!



Windelektrische Aggregate auf dem Semenic



Pilotanlage mit Aufgang zur Gondel

Von einem Gebäude am Turmfuß gelangt man über eine Wendeltreppe bis zur Maschinengondel. Diese ist sehr geräumig und bis auf den fehlenden Generator, das nicht mehr vorhandene Getriebe, sowie die geplünderten Schaltschränke, relativ gut erhalten, wenn auch ziemlich verrostet. An einer Seite der Gondel fehlt ein Stück der Außenhülle, wahrscheinlich um Platz für die Demontage von Getriebe und Generator zu schaffen. Auf einem in Windrichtung zeigenden Rohr dreht sich noch eines von zwei Schalen-Anemometern, was darauf hindeutet, dass die Anlage als Leeläufer konzipiert ist. Das bedeutet, dass der Dreiblatt-Rotor in Windrichtung gesehen, hinter der Gondel läuft. Die äußere Hülle der Rotorblätter besteht aus geschweißten Stahlblechen. Die Rotorblätter besitzen eine gemeinsame mechanische Pitch-Verstellung, womit der Anstellwinkel der Blätter zur Windrichtung verändert werden kann, was für Anlagen dieser Leistungsklasse eher ungewöhnlich war.



*Blick von der Pilotanlage zum Piatra Gozna (1.447 m)*

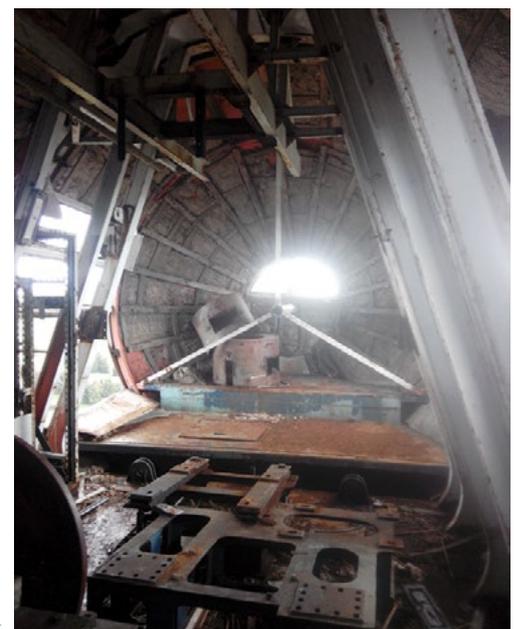
druck vermittelt und als Luvläufer ausgelegt ist. Die Blätter dieser Stall-geregelten Anlage, bestehen aus glasfaserverstärktem Kunstharz. An vielen Stellen tritt jedoch schon das Glasgewebe zutage und an den Blatthinterkanten sind tiefe Risse erkennbar. Auch in dieser Anlage sind Kupferkabel und Generator längst verschwunden. Lediglich das Getriebe ist hier noch vorhanden. Die Vermutung liegt nahe, dass diese WKA bereits eine Weiterentwicklung des Prototyps ist.

Zwei weitere WKA-Standorte sind etwa 300 m entfernt in nördlicher Richtung zu erkennen. Eine Anlage scheint über das Aufbaustadium nicht hinausgekommen sein. Der Turm, der sich von der Form her



*Windkraft auf Nabenhöhe mit Blick zum Sender auf dem Piatra Gozna (1.447 m)*

Dänische Windkraftanlagen derselben Leistungsklasse waren zu damaligen Zeit mit einer Stall-Regelung ausgestattet, bei der die Rotorblätter in einem festen Anstellwinkel an der Nabe befestigt sind. Eine Leistungsbegrenzung erfolgt allein durch die Aerodynamik der Rotorblätter. Unterhalb der Gondel befindet sich am Turm eine umlaufende Galerie, die über eine Turmluke erreichbar ist und wahrscheinlich der Wartung des Azimutlagers diente. Bei einem geschätzten Rotordurchmesser von etwa 25 m könnte eine Generatorleistung von über 100 kW erzielt worden sein. Daneben ist eine weitere stillgelegte WKA zu besichtigen, die allerdings einen etwas moderneren Ein-



*Pilotanlage, vorn Getriebelager, dahinter Generatorlager*

von den anderen unterscheidet, ist errichtet und die Maschinengondel liegt daneben auf der Wiese. Die vierte WKA war schon einmal vollständig errichtet. Im Internet sind Bilder zu finden, wonach diese einfach wie ein Baum „gefällt“ wurde, indem der Turm etwas oberhalb des Fundaments mit einem Schneidbrenner abgetrennt wurde. Sicher eine nicht ungefährliche Aktion!

Informationen zu Hintergründen oder technischen Daten sind schwer zu ermitteln. Lediglich in einer Quelle [1] sind Hinweise zu finden, wonach der rumänische Diktator, Nicolae Ceaușescu, in den 1980er Jahren die Energieversorgung des Landes auf dezentrale Füße stellen wollte. So wurden überall im Land zahlreiche kleine Wasserkraftanlagen neu errichtet. Nicht der Klimaschutz war Grund für diese Entscheidung, sondern die schwindenden eigenen Kohlevorräte, die in absehbarer Zeit die Stromversorgung nicht mehr würden sichern können. Daher wurde die Stahlbaufirma ICM in Bocșa (Bokschan) beauftragt, Windkraftanlagen zu entwickeln. Diese Entwicklung erfolgte völlig eigenständig, ohne jegliche Hilfe aus dem Ausland und stellte die Ingenieure vor enorme, aber auch interessante Herausforderungen.

Auf einem Hochplateau im Semenice-Gebirge wurde der Prototyp des „windelektrischen Aggregats“ errichtet und unmittelbar daneben ein Kontrollgebäude, von dem man einen direkten, wettergeschützten Zugang zur WKA hatte. So konnte die Pilotanlage jederzeit gewartet und überwacht werden. Immerhin liegt auf dem Semenice über die Hälfte des Jahres eine geschlossene Schneedecke! Überliefert sind

Schwierigkeiten beim Aufbau der Anlage im Juni 1989, der offenbar mit einfachen Kränen und mit Spezialgerüsten erfolgte. Auch im Testbetrieb gab es Probleme, durch dynamische Unwuchten des Rotors und vermutlich auch durch auf das Lee-konzept zurückzuführende Schwingungen, da die Rotorblätter periodisch vom Windschatten des Turmes erfasst und so kurzzeitig etwas abgebremst werden. Das war sicher auch der Grund dafür, dass die folgenden Anlagen völlig anders konzipiert wurden.

Geplant war, dass die ICM Bocșa monatlich 10 „windelektrische Aggregate“ produzieren sollte. Etwa 300 Windkraftanlagen sollten an das rumänische Stromnetz angeschlossen werden. Jedoch nur die Pilotanlage und die danebenstehende liefen tatsächlich im Netzparallelbetrieb. Nach dem Sturz des Diktators wurde 1992 die Finanzierung für dieses Projekt eingestellt und die Windkraftanlagen wurden aufgegeben. Die Projektentwickler gingen entweder in Rente oder suchten sich anderswo Arbeit. Dass zumindest zwei Windkraftanlagen auf dem Semenice zeitweilig in Betrieb waren, belegt eine Studie [2] der Energieverwertungsagentur – the Austrian Energy Agency (E.V.A.), aus dem Jahr 2003, in der die Leistung dieser WKA mit jeweils etwa 100 kW, angegeben wird. Die beiden „windelektrischen Aggregate“ vom Semenice können jederzeit, auch von innen, besichtigt werden – die Zugangstüren stehen immer offen – und erinnern in etwas skurriler Weise an den Forschergeist der Ingenieure aus dem Banat. Nicht nur aus heutiger Sicht muss man diesen Windpionieren höchsten Respekt zollen!



Pilotanlage Südansicht



Südansicht der windelektrischen Aggregate

Neue Windkraftanlagen werden auf dem für die Windenergie bestens geeigneten Semenic-Gebirge wohl nicht mehr errichtet werden, da dieses Gebiet mittlerweile als Nationalpark ausgewiesen ist. Es bleibt zu hoffen, dass die „windelektrischen Aggregate“ irgendwann unter Denkmalschutz gestellt werden, damit sie nicht weiter dem Verfall preisgegeben sind.

**Quellen:**

- [1] <http://jurnalul.ro/stire-special/agregatul-aeroelectric-un-proiect-falimentar-512578.html>
- [2] Endbericht „Energie in Mittel- & Osteuropa“ MOE3W, GZ. 562015/37-V/6/02, Wien, Dezember 2003

## 25 Jahre „Elektrische Wiedervereinigung“ Deutschlands

Walter Schossig, Lindau

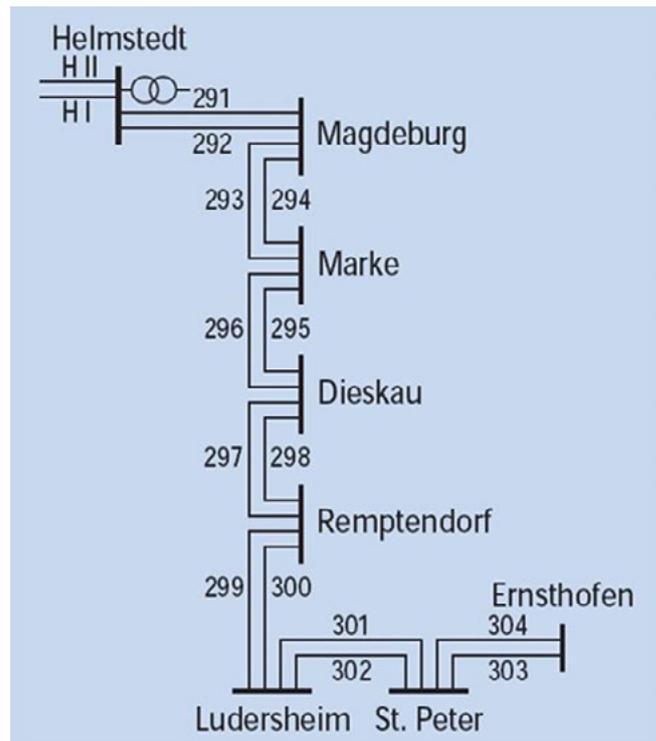
Im Jahre 1995 kam es nach einer 40jährigen Trennung des elektrischen Verbundnetzes sowie nach einer 50jährigen Trennung des Bahnstromnetzes zur „Elektrischen Wiedervereinigung“. Erinnert wird mit diesem Beitrag an die Entstehung des Verbundnetzes, der Abtrennung Westberlins und der Verbindungsleitungen DDR-BRD, die Netz-Entwicklung in Ost und West sowie die Netz-Parallelschaltung.

### Beginn des Verbundnetzes

Die Entwicklung von der ortsgebundenen Versorgung zur Überlandversorgung – sie fiel in die Zeit etwa von der Jahrhundertwende bis zum Beginn des Ersten Weltkrieges – war durch die Kleinstaaterei gehemmt. Nach der Errichtung der Mittelspannungsnetze machte sich nach dem Ersten Weltkrieg deren Verknüpfung durch Hochspannungsleitungen dringend notwendig. Dem diente das Reichsgesetz von 1919, welches das Reich ermächtigte, das Eigentum oder das Recht der Ausnutzung von Anlagen, welche zur Fortleitung mit 50 kV und mehr, bzw. Erzeugung mit Leistungen von 5 MW und mehr, zu übernehmen.

Gemäß einem Vertrag von 1924 zwischen der Thüringer Elektrizitäts-Lieferungs-Gesellschaft AG (ThELG), Gotha und der Preußischen Elektrizitätswerk A.-G. kam es 1925 zum Bau einer 60-kV-Kuppelleitung zwischen dem Kraftwerk (KW) Breitungen (Thüringen) und dem KW Borken (Hessen). Ein Jahr später erfolgte mit der Inbetriebnahme der 100-kV-Leitung Jena-Zeitz-Böhlen die netztechnische Anbindung Thüringens an Sachsen. Nachdem 1936 ein Übereinkommen der Bayernwerk A.-G. (BAG) mit der Thüringenwerk A.-G. über eine gegenseitige Stromlieferungshilfe getroffen wurde, ermöglichte bereits ein Jahr später die Inbetriebnahme der 110-kV-Leitung Neuhaus-Kulmbach den Stromaustausch zwischen Thüringen und Bayern. 1941 wurde das mitteldeutsche Braunkohlengebiet durch die 220-kV-Doppel-

leitung Remptendorf (Thüringen)–Ludersheim (Bayern)–Ernsthofen (A) mit den bayerischen und österreichischen Wasserkraftwerken verbunden.



220-kV-Reichssammelschiene, 1941

### Trennung des Verbundnetzes in Ost und West

Mit der Kapitulation des Deutschen Reiches und dem Wirksamwerden des Potsdamer Abkommens beginnt die unterschiedliche Entwicklung in den einzelnen Besatzungszonen. Dies führte im April 1946 im Umspannwerk (UW) Remptendorf zur Demontage der Abgänge Haupt- und Regeltransformator 1 und der Leitung nach Ludersheim im Rahmen der Reparationsleistungen an die Sowjetunion.

Am 5. März 1952 veranlasste die DDR-Regierung die Abtrennung Westberlins innerhalb von wenigen Stunden sowie die Unterbrechung der Elektroenergielieferung aus dem KW Breitungen zum Überlandwerk Rhön ohne Vorankündigung. 1954 erfolgt die Trennung des DDR-Verbundnetzes vom BRD-Netz, indem die 110-kV-Leitung Hagenow-Boizenburg-Bleckede vor der Elbkreuzung durchtrennt und die 110-kV-Leitung KW Harbke-UW Helmstedt sowie die 220-kV-Leitung Magdeburg-Helmstedt jeweils vor der Grenze unterbrochen wurden. Außerdem wurde die „220-kV-Reichssammelschiene“ beim UW Remptendorf getrennt. Das BRD-Netz wurde 1951 Bestandteil der Union für die Koordinierung der Erzeugung und des Transportes elektrischer Energie (UCPTE) und das DDR-Netz ab 1962 Teil der Vereinigten Energiesysteme (VES) „Frieden“ des Ostblocks.

Langfassung mit Quellenangaben unter: <https://www.ak-stromgeschichte-thueringens.de>

## Stromlieferung von Ost nach West

Im Gegensatz zu dieser großen Linie wurde die Stromlieferung von Thüringen in die damalige BRD nie ganz unterbrochen.

Zurückzuführen ist dies auf einen Vertrag des Herrn von Scharfenberg aus dem Jahre 1913 über Lieferung von Strom von den Wasserkraftwerken Falken (Thüringen) und Wanfried (Hessen) zur Überlandzentrale (ÜLZ) Mühlhausen. Daraus wurde später ein Liefer- und Rückliefervertrag mit den „Werramühlen Wanfried“. Die ÜLZ Mühlhausen betrieb über die



Auszug aus der „HNA“ 18.04.1984

Landesgrenzen Thüringen-Hessen die 10-kV-Leitungen Döringsdorf-Spinnhütte-Wanfried sowie Großburschla-Altenburschla und das Elektrizitätswerk (EW) Wanfried die 10-kV-Leitung Wanfried-Falken-Mihla.

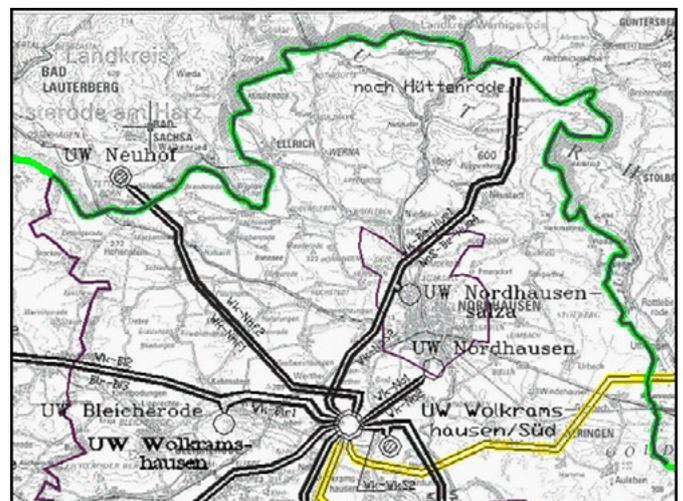
Als 1952/53 die grenzüberschreitenden Stromversorgungsleitungen außer Betrieb genommen wurden, blieben diese Leitungen für den „Energieexport“ aus der DDR bestehen. Durch das Energiekombinat Erfurt (EKE) wurden 1970 und 1980 zum Zweck der Versorgung von Wanfried zwei 30-kV-Leitungen vom UW Katharinenberg (Thüringen) zum EW Wanfried (Hessen) errichtet.

Im Harz versorgte die Energieversorgung Bleicherode die Licht- und Kraftwerke Harz (LKH) und das Stadtwerk Bad Sachsa. Diese waren ebenfalls schon vor 1945 Kunden der ÜLZ Bleicherode. Die Versorgung erfolgte nun vom UW Klettenberg und vom Elektrizitätswerk (EW) Ellrich über 10 bzw. 15 und später 20 kV. Im EW Ellrich wurde 1983 zur Verbesserung der Spannungsverhältnisse extra ein 20 kV ± 16 %/20-kV-Regeltransformator, 10 MVA, zur



Distanzschutz RD10, EAW, UW Katharinenberg, 30-kV-Leitung Wanfried

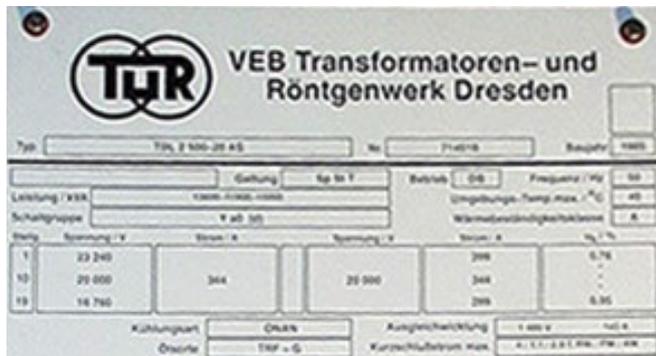
Speisung von Röseberg (BRD) in Betrieb genommen. Mit steigender Leistung wurde zusätzlich vom UW Wolframshausen (Thüringen) zum UW NeuhoF (Niedersachsen) im Jahr 1985 eine 110-kV-Doppelleitung errichtet und beim LKH in NeuhoF ein Frequenzumrichter, bestehend aus zwei Asynchron-



110-kV-Doppelleitung Wolframshausen - NeuhoF

motoren 5,2 MW, aufgestellt, um die Frequenzschwankungen des osteuropäischen Netzes auszugleichen.

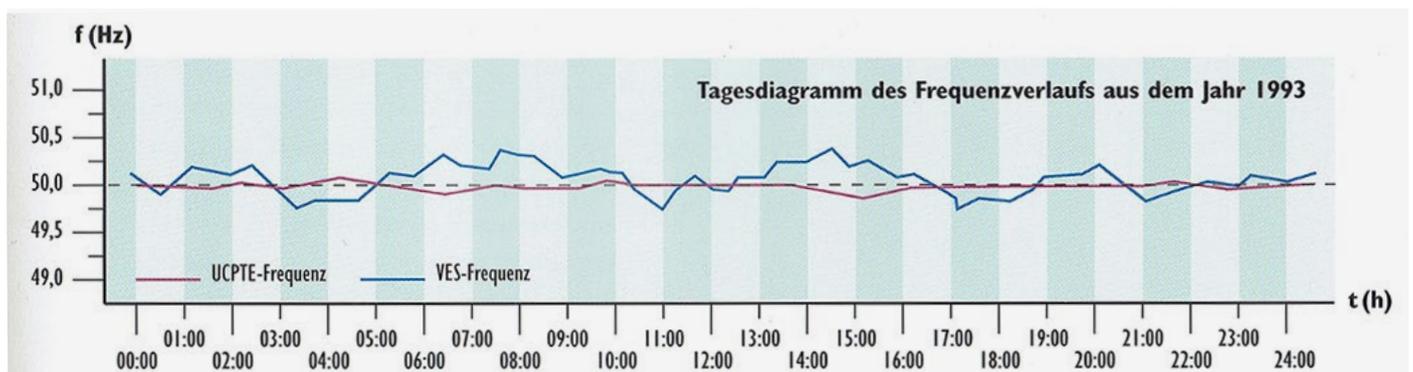
Diese so genannte „Westversorgung“ besaß für die DDR-Wirtschaft eine hohe Priorität. Zum einen durften Fehler im BRD-Netz keine Auswirkungen auf das DDR-Netz haben und zum anderen war wegen der



Typenschild, Regeltrafo EW Ellrich, Ausschnitt



UW Wolframshausen, 110-kV-Schaltfeld Neuhof 1



Tagesdiagramm des Frequenzverlaufs aus dem Jahr 1993

für die DDR sehr wichtigen Devisen eine hohe Versorgungszuverlässigkeit gefordert. Die über das BRD-Gebiet verlaufende 110-kV-Doppelleitung vom UW Remptendorf nach Neuhaus-Schierschnitz (Thüringen) musste stillgelegt und 1980 durch eine neu zu bauende 110-kV-Doppelleitung UW Taubenschnee-Sonneberg (zum s. g. „Europa-Knoten“, einem Leitungsknoten bei Sonneberg) ersetzt werden. Da Material in der DDR immer einen Engpass

1951	ca. 38 GWh
1952	ca. 15 GWh
1955	ca. 15 GWh
1960	ca. 20 GWh
1970	ca. 34 GWh
1980	ca. 70 GWh
1986	ca. 170 GWh
1989	ca. 175 GWh

darstellte, wurde extra eine Störreserve für die Westversorgung vorgehalten. Die Entwicklung der Energielieferungen vom Energiekombinat Erfurt (EKE) in die Bundesrepublik Deutschland von 1951 bis 1989 zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Lieferung des EKE in die BRD

### Elektrische Wiedervereinigung

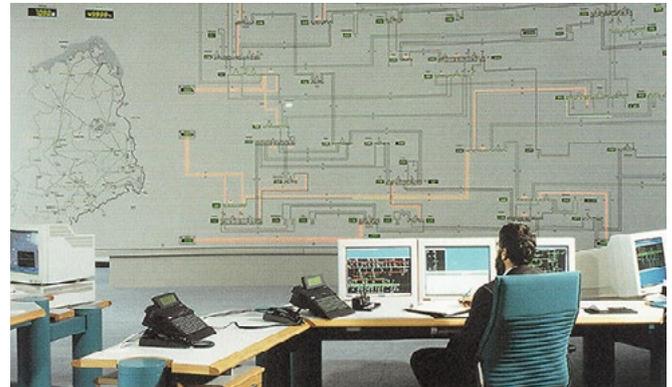
Im März 1988 kam es zu einem Vertrag zwischen der PreussenElektra AG, der Berliner BEWAG und der DDR-Außenhandels-gesellschaft INTRAC über den Bau einer 380-kV-Leitung Helmstedt-Wolmirstedt bei Magdeburg-Berlin (West) und der Einrichtung einer Gleichstromkurzkupplung in Wolmirstedt (Sachsen-Anhalt) zur Kupplung mit dem 220-kV-Netz der DDR. Während die Gleichstromkurzkupplung (GKK) mit der Wiedervereinigung Deutschlands gegenstandslos und dessen Bau abgebrochen wurde, stellte die 380-kV-Leitung auch weiterhin eine wichtige Verbindung für die Ankoppelung des DDR-Netzes an das UCPTE-Netz dar.

Als erster Teilabschnitt des im März 1988 geschlossenen Vertrages ging am 3. Oktober 1989 die 380-kV-Leitung Helmstedt (Niedersachsen)-Wolmirstedt (Sachsen-Anhalt) zunächst mit 220 kV für einen Richtbetrieb, d.h. Energielieferung aus der BRD in die DDR, in Betrieb. Nach den 1989/1990 eingetretenen Veränderungen war elektrische Leistung im VEAG-Netz (VEAG = Vereinigte Energiewerke AG, heute 50Hertz Transmission) frei und diese Leitung wurde unter Einbeziehung eines Systems der 380-kV-Leitung Ragow-Wolmirstedt für einen 220-kV-Richtbetrieb von Blöcken des KW Lübbenau in Richtung Helmstedt benutzt.

Im August 1990 wurde der Stromvertrag zwischen der DDR, der Treuhandanstalt, der PreussenElektra AG, dem Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk AG (RWE) und der Bayernwerk AG (BAG) abgeschlossen. Im Dezember 1993 sind die Voraussetzungen in den Kraftwerken der VEAG, so u. a. Regelfähigkeit nach UCPT- Anforderungen und 520-MW-Primär- und 380-MW-Sekundärregelleistung, für die Parallelfahrweise mit dem UCPT-Netz, abgeschlossen.

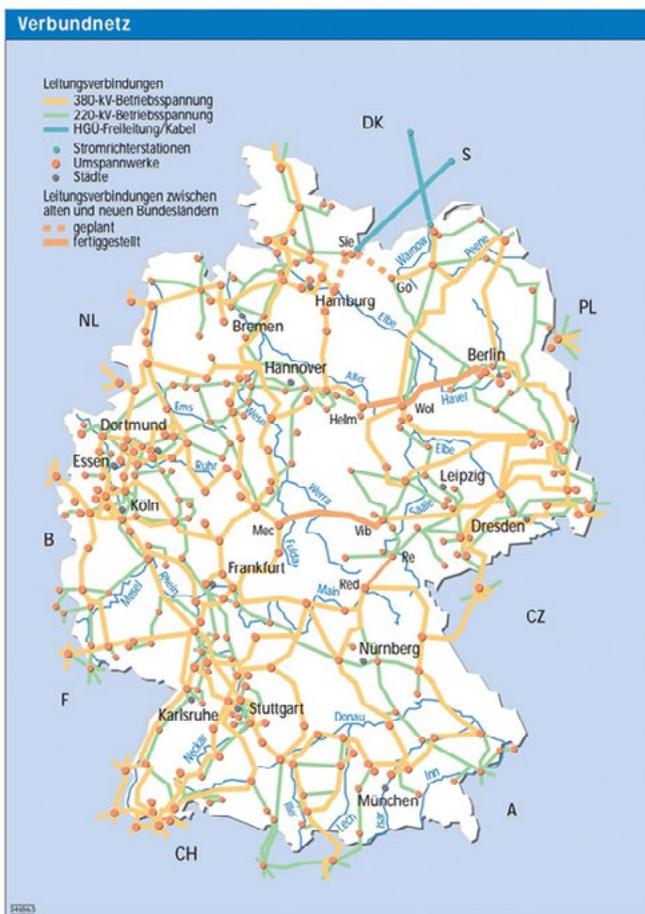
Auf den Tag genau 51 Jahren nach der ersten Leitung zwischen Bayern und Mitteldeutschland ging schließlich am 20. Dezember 1991 die 380-kV-Verbindung Redwitz-Remptendorf (zunächst nur mit 220 kV) in Betrieb. Mit der Fertigstellung der drei 380-kV-Verbindungsleitungen

- Helmstedt (Niedersachsen)-Wolmirstedt (Sachsen-Anhalt)
- Mecklar (Hessen)-Vieselbach (Thüringen) und
- Redwitz (Bayern)-Remptendorf (Thüringen) und umfangreichen Regelversuchen sowie Nachrüstung von Frequenzsteuereinrichtungen in den Kraftwerken der VEAG in Ostdeutschland waren die



Zentrale VEAG-Steuerstelle in Berlin, 1995

Voraussetzungen für die Parallelschaltung gegeben. Der Bau der 380-kV-Leitung Mecklar-Vieselbach hatte sich auf hessischem Gebiet erheblich verzögert. Am 8. September 1995 konnte schließlich das Unter-Spannung-Setzen dieser Leitung mit Prüfung der Phasengleichheit erfolgen. Am Mittwoch, dem 13. September 1995, wurde um 9:31 Uhr die Insel-schaltung des VEAG-Netzes hergestellt. Um 9:34 Uhr wurde die Parallelschaltung über die 380-kV-Leitung Helmstedt-Wolmirstedt im UW Helmstedt durch Einschaltung des 380-kV-Kuppelschalters mit dem UCPT-Netz (heute ENTSO-E) vorgenommen. Danach erfolgte die Einschaltung der 380-kV-Verbindung Mecklar-Vieselbach und der mit 220 kV betriebenen 380-kV-Leitung Redwitz-Remptendorf. Damit war die „Elektrische Wiedervereinigung Deutschlands“ vollzogen.



Deutsches Verbundnetz, Stand: 1.1.1996, (Quelle DVG, mod.)



Schutztafeln im UW Remptendorf, 220(380)-kV-Abgang Redwitz 253/254, Hauptschutz Distanzrelais PD551 mit AWE-Zusatz RM1-80, AEG und Reserveschutz Leitungsdiff. 7SD512 mit Signalübertragungsgerät SWT2000D, Siemens

# HISTORISCHES

## EL34 - ein Dauerbrenner unter den Elektronenröhren

Gerhard Roleder, Erfurt

Der große Durchbruch für Elektronenröhren kommt mit der Erfindung der Triode. Zwischen Katode und Anode wird eine Gitterelektrode eingefügt, so dass sich der Elektronenstrom steuern lässt und eine Verstärkungswirkung erreicht werden kann. Eine industrielle Herstellung der Vakuum-Triode lässt nicht lange auf sich warten. Es stellt sich bald heraus, dass durch das Einfügen weiterer Gitterelektroden die technischen Daten verbessert werden können. Die Mehrgitter-Röhren ermöglichen einen besseren Wirkungsgrad, größere Verstärkung, bessere Klangeigenschaften und schließlich auch eine längere Lebensdauer.

Für viele Anwendungen erweisen sich Röhren mit fünf Elektroden als optimal. Zusätzlich zum Steuergitter gewährleistet ein Schirmgitter die Abschirmung des Steuergitters von der Anode, und ein Bremsgitter hält Sekundäremissionen der Anode vom Schirmgitter fern. Die Pentoden werden unter anderem in Endverstärkern eingesetzt, in denen das NF-Signal endgültig verstärkt wird bevor es durch einen Lautsprecher in Schallwellen gewandelt wird.

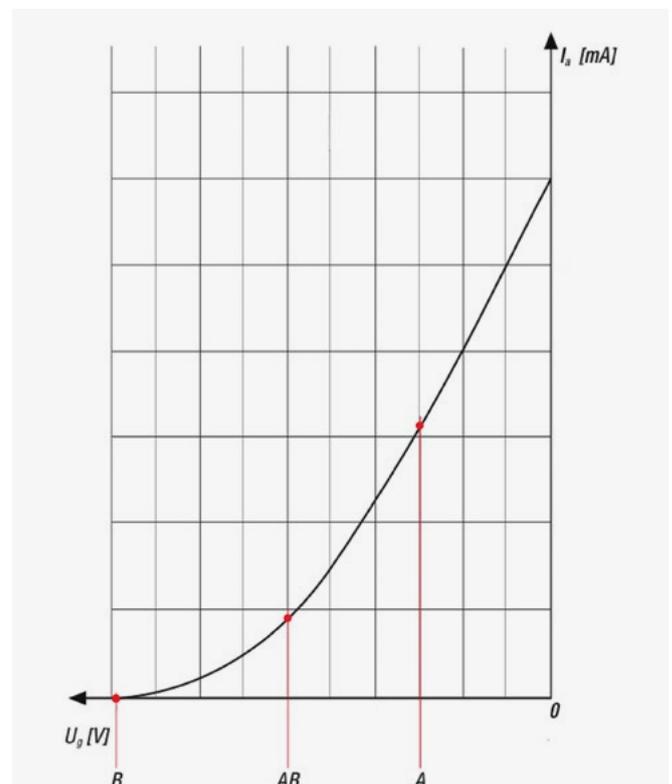
Eine der ersten industriell hergestellten Pentoden wird durch Philips im Jahr 1927 herausgebracht. Der Philips-Typ B443 hat eine Anodenverlustleistung von 3 W, was Ausgangsleistungen von 1,2 W bis 1,5 W ermöglicht. Telefunken zog ein Jahr später mit der optimierten Pentode RES164 nach. Die Röhre RES164 wurde von 1933 bis 1944 in großen Stückzahlen in der Wechselstromversion des Volksempfängers VE301 verwendet.

Nach mehreren Zwischenschritten in der Entwicklung von leistungsfähigen Endpentoden kreiert Philips im Jahr 1949 die EL34 als Glasröhre mit 8-poligem Bakelit-Sockel. Bei einer Anodenverlustleistung von 25 W kommt diese Röhre ohne Ventilator Kühlung aus, erfordert jedoch einen ausreichenden Wärmeaustausch durch Konvektion. Die EL34 zeichnet sich durch einen weiten Arbeitsbereich aus. Bei Verwendung einer einzelnen Röhre mit 250 V Anodenspannung im A-Betrieb, bei dem sich der Arbeitspunkt im linearen Teil der Anodenstrom-Gitterspannungs-Kennlinie befindet, können 11 W Ausgangsleistung erreicht werden. Mit zwei Röhren im Gegentakt-AB-Betrieb, bei dem sich der Arbeitspunkt am Übergang zum nichtlinearen Teil der Kennlinie befindet, können mit 355 V Anodenspannung 35 W Ausgangsleistung erreicht werden. Bis zu 100 W Ausgangsleistung sind mit



Entwicklungsmuster einer EL34 aus dem Werk für Fernmeldewesen Berlin, 1957 (Foto: Archiv Industriesalon Schöneeweide e.V.)

zwei Röhren bei 800 V Anodenspannung im Gegentakt-B-Betrieb möglich, in welchem der Arbeitspunkt so eingestellt wird, dass bei einer negativen Gittervorspannung der Anodenstrom Null wird. Nach Philips entwickeln auch andere Hersteller, wie ITT, RCA, Telefunken, Tesla, Valvo eigene Ausführungen.



Qualitativer Verlauf des Anodenstroms in Abhängigkeit von der Gittervorspannung mit Arbeitspunkten für A-, AB- und B-Betrieb (Grafik: G. Roleder)

Im VEB Werk für Fernmeldewesen Berlin (WF) beginnt die Entwicklung der EL34 Anfang 1956. Produktionsbeginn ist im Herbst 1957. Für die Jahre 1957 und 1958 wird mit einem Gesamtbedarf von 24.000 Stück gerechnet. Größter Abnehmer ist der VEB Funkwerk Kölleda. Dort werden die Endpentoden in 25-W-Kraftverstärkern verwendet, die als Gestelleinschübe ausgeführt sind. Jeder Verstärker enthält zwei EL34 in Gegentaktschaltung, bei der jede Röhre eine Halbwelle verstärkt. Mit 25 W Ausgangsleistung bleiben in der verwendeten Schaltungsart noch Leistungsreserven. Vermutlich wollten die Entwickler den Röhren eine lange Lebensdauer gönnen.

Das Funkwerk in Kölleda lieferte komplette Beschaltungsanlagen mit den Signalquellen Mikrophon, Radio, Tonband und/oder Plattenspieler. Der NF-Verstärker war Bestandteil jeder Gerätekombination, die nach Kundenwunsch zusammengestellt wurde. Die Anlagen fanden weite Verbreitung in Schulen, Jugendherbergen, Kulturhäusern, Sportstätten und anderen öffentlichen Einrichtungen.

In der Industrieelektronik kommt die EL34 in den 1950er und 1960er Jahren bei speziellen Anwen-

dungen zum Einsatz, zum Beispiel als Treiberröhre leistungsstarker Ultraschallgeneratoren und bei NF-Generatoren zur Schwingungsuntersuchung von Dampfturbinen.

Das Werk für Fernsehlektronik bleibt nicht lange Hersteller der EL34. Anfang der 1960er Jahre wird die Produktion in den VEB Röhrenwerk Mühlhausen verlagert. Als in den 1970er Jahren die Röhrenherstellung für viele Firmen nicht mehr lukrativ ist, beliefert das Mühlhäuser Werk Hersteller in Westeuropa und den USA. Auf dem Weblink <http://www.jogis-roehrenbude.de/EL34-Story/EL34-Story-Seite4.htm> sind Abbildungen von RFT-Röhren mit Firmenlogos von Siemens, Telefunken, Westinghouse und anderen zu finden.

Unter den RFT-Telefunken-Röhren gibt es auch solche mit dem Logo des Bundeswehrbeschaffungsamtes. Ein Unterscheidungsfehler ist nicht möglich, denn die EL34 aus Mühlhausen sind an zwei Merkmalen einfach zu erkennen: An der Oberseite der Glasgehäuse befindet sich ein „Grübchen“. Während die Anodenbleche bei den meisten Herstellern durch Punktschweißung miteinander verbunden sind, sind bei RFT und Telefunken die Bleche rein mechanisch durch Laschen in Schränk-schlitzten zusammengefügt. Die RFT-Röhren haben auf jeder Seite vier Schränk-schlitzte, bei den echten Telefunken-Röhren sind es drei oder fünf.



(\* 25-W-Kraftverstärker aus dem VEB Funkwerk Kölleda (Foto: G. Roleder)



(\* Rückseite des 25-W-Kraftverstärkers, vorn rechts die beiden EL34 (Foto: G. Roleder)



(\* EL34 aus dem VEB Röhrenwerk Mühlhausen mit jeweils vier Schränk-schlitzten rechts und links (Foto: G. Roleder)



(\* Alle EL34 von RFT sind an dem Grübchen auf dem Glaskörper zu erkennen (Foto: G. Roleder)



(\*) EL34 von RFT, Tesla und Valvo; im Unterschied zu RFT sind bei Tesla und Valvo die Anodenbleche durch Punktschweißung verbunden (Foto: G. Roleder)

Das Phänomen der EL34 als Dauerbrenner im beinahe wörtlichen Sinn ist im Wesentlichen auf Anforderungen durch die Musikszene zurückzuführen. Die im Jahr 1962 im englischen Bletchley gegründete Firma Marshall Amplification plc verwendet diesen robusten Röhrentyp bis heute in ihren Gitarrenverstärkern. Firmengründer Jim Marshall arbeitete direkt mit einigen Musikern zusammen. Sie kamen auf die Idee, die sonst unerwünschten und durch Übersteuerung verursachten nichtlinearen Verzerrungen in einem gewissen Maß zu nutzen und perfektionierten diese Klangbeeinflussung durch eine getrennte Regelung von Vorstufe und Endstufe. Musiker wie Jimi Hendrix und Eric Clapton, Bands wie AC/DC, Led Zeppelin, The Who und viele andere haben zum Mythos „Marshall-Sound“ beigetragen.

Originäre europäische Röhrenhersteller sind heute die Firmen Svetlana Tubes in Russland und JJ Electronic in der Slowakei. Bei den aktuell weit verbreiteten



100-W-Gitarrenverstärker von Marshall aus dem aktuellen Sortiment (Foto: Marshall Amplification plc)



Röhrenbestückung eines Marshall-Gitarrenverstärkers: 4 x Doppeltriode ECC83 und 4 x Endpentode EL34 (Foto: G. Roleder)

Röhren mit den Bezeichnungen „Groove Tubes“ und „TAD“ handelt es sich um reine Markennamen.

Der Verfasser der oben genannten Website schreibt zur Qualität der Mühlhäuser Röhren: „Am bekanntesten waren aber wohl die RFT-Produkte. Es war die EL34 schlechthin, mit der jahrzehntelang sämtliche Dynacord, Marshall, Rivera, Reußenzahn und viele andere Verstärker bestückt wurden. ... Sie unterscheiden sich in elektrischer Hinsicht in keiner Weise von den im Westen hergestellten EL 34, sie erfüllen in jeglicher Hinsicht die Spezifikationen von Philips und Telefunken.“

(\*) Objekte aus der Sammlung des Thüringer Museums für Elektrotechnik, Elektromuseum Erfurt

## Vor 100 Jahren: Ein hoher Gast in der Porzellanfabrik Hermsdorf

Friedmar Kerbe, Hermsdorf

Er gehörte wohl zu den bekanntesten Persönlichkeiten, die je in der Porzellanfabrik Hermsdorf in deren über 130-jährigen Firmengeschichte weilten: Seine Exzellenz Staatskommissar Oskar von Miller besuchte am 21. Juni 1920 das Versuchsfeld der Hermsdorfer Fabrik (heute Stadthaus). Der Grund für diesen hohen Besuch geht aus dem Lebenswerk Oskar von Millers hervor, zu dessen Schwerpunkten die Erzeugung, Übertragung und Verteilung von Elektroenergie zählten.

Bereits 1882 organisierte von Miller die erste deutsche Elektrizitätsausstellung in München, die durch die Gleichstrom-Übertragung von Miesbach nach München über 57 km großes Aufsehen erregte. Von 1883 bis 1889 war er technischer Direktor bei der von Emil Rathenau gegründeten Deutschen Edison-Gesellschaft, der späteren AEG. 1890 gründete er ein eigenes Ingenieurbüro, das zu einem der bedeutendsten europäischen Planungsbüros für Kraftwerke aufstieg. Ausgangspunkt der Projekte war sein Ideal von einer flächendeckenden Stromversorgung zu rentablen und verbraucherfreundlichen Preisen. Seine damals größte internationale Anerkennung erfuhr von Miller mit der Organisation der „Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung“ 1891 in Frankfurt/Main.

Aus deren Anlass wurde die erste Drehstrom-Kraftübertragung mit bis zu 15 kV vom Zementwerk in Lauffen nach Frankfurt/Main über ca. 175 km durchgeführt, und zwar unter Einsatz von Oel-Isolatoren, gefertigt in der „Margarethenhütte“ in Großdubrau bei Bautzen. Mit diesem „aufregendsten Experiment“ der Ausstellung wurde „der schwierigste und großartigste Versuch realisiert, der auf dem Gebiet der Elektrotechnik gemacht worden ist, seit jene geheim-

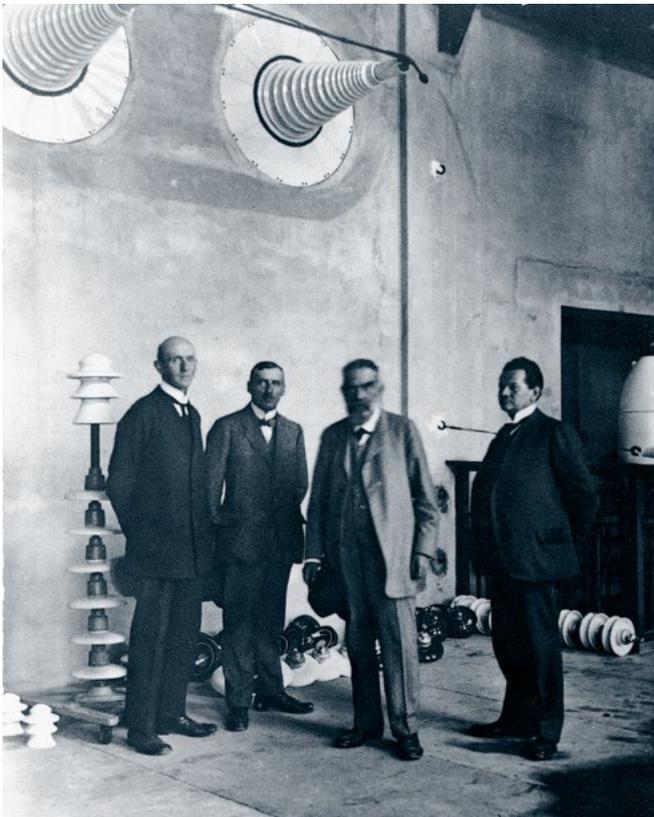
nisvolle Naturkraft, die wir Electricität nennen, der Technik dienstbar gemacht wurde.“ Dieser gelungene Versuch war wohl auch der bedeutendste Impuls für die historische Entscheidung in der Porzellanfabrik Hermsdorf, die Fertigung von Porzellan-Isolatoren im Sommer 1892 aufzunehmen.

Bedeutsam für unsere Thüringer-Technologieregion ist noch die zweite Seite im Lebenswerk des Oskar von Miller: die von ihm 1903 initiierte Gründung

eines „Museums für Meisterwerke der Naturwissenschaften und der Technik“, d.h. des heutigen „Deutschen Museums“ in München. Es sollte einen enzyklopädischen Überblick über alle Gebiete der Technik und der exakten Naturwissenschaften vermitteln. Und in dieser Mission bemühte er sich von Anfang an um eine anschauliche Demonstration von Himmelsvorgängen in seinem Museum. Für die Realisierung seiner Projekte erschien ihm das Zeiss-Werk in Jena am geeignetsten.

Ein Treffen am 24. Februar 1914 in Jena mit den Zeissianern wurde zur „Geburtsstunde des Projektions-Planetariums“. Nach Unterbrechung und Neubeginn nach dem Krieg erreichte diese Entwicklung ihren Höhepunkt mit einer Aufsehen erregenden und sehr erfolgreichen Demonstration am 21. Oktober 1923 im Deutschen Museum. Dem folgte im Juli 1924 die erstmalige öffentliche Vorführung in einer Betonkuppel auf dem Dach der Zeisswerke.

Von Millers Visite in Hermsdorf fiel in jene Zeit wenige Wochen nach der am 1. Mai 1920 erfolgten Gründung des Landes Thüringen, dessen elektrizitätswirtschaftliche Zerrissenheit nur durch Schaffung eines übergeordneten Stromversorgungsunternehmens und Durchsetzung eines einheitlichen Stromversorgungskonzepts für ganz Thüringen verwirklicht war – ganz in Analogie zu anderen von ihm projektierten überregionalen Hochspannungsnetzen, wie etwa dem des Bayernwerkes. Von diesem Leitgedanken her führte von Millers Versorgungskonzept am 17. Oktober 1923 in Weimar zur Gründung der Thüringischen Landeselektrizitätsversorgungs-AG „Thüringenwerk“, in deren historischer Tradition in heutiger Zeit auch die TEAG Thüringer Energie AG in Erfurt steht.



*Oskar von Miller (2. von rechts) vermutlich in Begleitung des damaligen Direktors der Porzellanfabrik, Elektro-Ingenieur Johannes Dönitz (ganz rechts), 21. Juni 1920 (Quelle: Technikverein)*

# Hans Christian Ørsted (1777-1851) -

**Mit einem Vorlesungsexperiment wurde vor  
200 Jahren der Zusammenhang zwischen  
Strom und Magnetismus gefunden**

*Dr. Peter Glatz, Erfurt*

## Studium und Promotion in Kopenhagen

Hans Christian Ørsted wurde am 14. August 1777 in Rudkøbing auf der Insel Langeland (Dänemark) als Sohn eines Apothekers geboren. Seinen ersten, jedoch sehr unregelmäßigen Unterricht erhielt er bei seinen Eltern und bei Freunden der Familie. Die Mithilfe in der Apotheke des Vaters weckte frühzeitig sein Interesse für die Chemie und Physik. Im Frühjahr 1793 ging er zusammen mit seinem ein Jahr jüngeren Bruder Anders Sandøe an die Universität Kopenhagen zum Studium. Beide bestanden nach privatem Unterricht im Oktober 1794 das Aufnahmeexamen (Examen Artium). Während sein Bruder sich den Rechtswissenschaften widmete, wandte sich Hans Christian den Naturwissenschaften, insbesondere der Pharmazie, zu. 1797 bestand er das Pharmazeutische Examen.

Ørsteds Interessen gingen aber stets auch über die Naturwissenschaften hinaus. So gewann er 1796 eine Preisaufgabe in Ästhetik über die Grenzen zwischen der prosaischen und der poetischen Sprache. Diese Anregung führte dazu, dass er auch später in seinen wissenschaftlichen Schriften und Vorlesungen immer großen Wert auf ihre sprachliche Gestaltung legte. 1799 promovierte er im Alter von 22 Jahren über Kants Naturphilosophie zum Dr. phil. mit einer Abhandlung „Über die Architektonik der Naturmetaphysik“ („Dissertatio de forma metaphysica naturae exterioris“). [1]



*Portrait Ørsteds,  
nach 1842*

## Begegnung mit Johann Wilhelm Ritter in Oberweimar

Nach einer kurzen Tätigkeit als Pharmazeut ging Ørsted 1801 mit Unterstützung eines Stipendiums auf eine erste große Studienreise durch Europa, bei der er auch in Thüringen Station machte. Hier war die Begegnung mit Johann Wilhelm Ritter (1776-1810), der in Oberweimar wohnte, für seine spätere naturwissenschaftliche Orientierung von entscheidender Bedeutung. Ritter verkehrte im Jenaer Romantikerkreis um den Philosophen Friedrich Schelling (1775-1854) und die Brüder Schlegel und war stark vom Dynamismus geprägt. Über Ritter war Ørsted in Weimar auch mit Goethe bekannt geworden. [1], [2], [8] Die Anhänger der naturphilosophischen Schule des Dynamismus hielten die Elektrizität, den Magnetismus, das Licht, die Wärme und auch die chemische Bindung für spezielle, ineinander umwandelbare Ausprägungen einer einzigen „Naturkraft“ (mit der eigentlich schon die Energie gemeint war). Aufgabe des Naturforschers sei es, diese Verwandlung auch experimentell nachzuweisen.

Im Gegensatz zu dieser Schule stand die des Atomismus, bei dem nicht eine „Kraft“, sondern der „Stoff“, die „Substanz“ als primäre Naturgegebenheit angenommen wurde. Für die Atomisten (der Atom-Begriff wurde natürlich noch nicht im heutigen Sinne verwendet) waren Elektrizität, Magnetismus, Licht, Wärme unwägbare Stoffe, sog. Imponderabilien, die voneinander wesensverschieden sind und sich am gleichen Ort gegenseitig ohne Wechselwirkung durchdringen. So sprach man z. B. vom „galvanischen Fluidum“ und vom „Wärmestoff“. Diese Stoffe sollten nach Meinung der Atomisten durch spezifische Kräfte in Bewegung gesetzt werden, woran z. B. heute noch der Begriff der „elektromotorischen Kraft“ (EMK) erinnert. [4], [5]

Ritter, der sich im Sinne des Dynamismus unter anderem mit dem Zusammenhang von chemischer und elektrischer „Kraft“ bei der Voltaschen Säule befasst hat, gilt deshalb auch als einer der Mitbegründer der Elektrochemie. Die Diskussionen Ritters mit dem etwa gleichaltrigen dänischen Gelehrten regten diesen zu seinen späteren Experimenten über den Zusammenhang von Elektrizität und Magnetismus an. Beide hatten einen regen Briefwechsel und blieben auch persönlich bis zum Tode Ritters im Jahr 1810 freundschaftlich verbunden.

## Professor für Physik

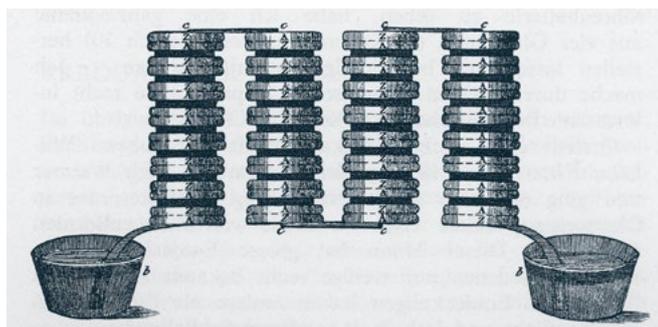
Über Holland und Frankreich kehrte Ørsted 1804 von seiner Auslandsreise nach Kopenhagen zurück und wurde 1806 Außerordentlicher Professor für Physik an der dortigen Universität. Auf ihn wartete ein riesiges Arbeitspensum in Gestalt von Vorlesungen und der Ausarbeitung von Lehrbüchern. 1811 erschien als eine Art Programmklärung zu seinen Vorlesungen die „Erste Einleitung zur allgemeinen Naturlehre, eine

Einladungsschrift zu Vorlesungen über diese Wissenschaft“. Im Vorwort heißt es dort: „Wie ich pflege, gestatte ich gern Unvermögenden, auch außerhalb der eigentlichen, studierenden Klasse, freien Zutritt.“ [1]

Ørsteds Glaube an die volkserzieherische Bedeutung der Naturwissenschaften war so stark, dass er es seit 1815 einrichtete, jeden Monat einen Vortrag über die neuesten Fortschritte der Physik und Chemie zu halten. Und das 30 Jahre lang! Im Jahr 1823 schlug der Gelehrte die Gründung einer „Gesellschaft zur Verbreitung der Naturlehre“ vor, die heute ihren Sitz im Hans-Christian-Ørsted-Institut der Universität Kopenhagen hat. Diese Gesellschaft schenkte 1931 dem Deutschen Museum München eine Gedenktafel. [1]



Gedenktafel, 1929 von A. J. Bundgaard gestaltet, 1931 an das Deutsche Museum München übergeben



Voltaische Säule

## In Reaktion auf Galvani und Volta

Nach ersten Untersuchungen zur Elektrostatik (Reibungselektrizität) gab der italienische Anatom Luigi Galvani (1737-1798) den Anstoß zur Erzeugung stationärer Ströme. In seiner 1791 erschienenen Abhandlung „Über die Kräfte der Elektrizität bei der Bewegung der Muskeln“ verlegte er die Quelle der Elektrizität in von ihm untersuchte Froschschenkel. Galvani glaubte damit, dem Geheimnis der „Lebenskraft“ auf der Spur zu sein.

1794 gelangte sein Landsmann Alessandro Volta (1745-1827) im Gegensatz zu Galvani zu der Erkenntnis, dass für das Zustandekommen einer „galvanischen Aktion“ zwei Metalle sowie ein Elektrolyt als Mittler notwendig seien und der Froschschenkel nur als Indikator diene (Kontakttheorie). Er stellte eine Spannungsreihe der Metalle auf und prägte den damals noch unscharfen Begriff der elektrischen Spannung.

Den Höhepunkt von Voltas Forschungen bildeten 1800 die Konstruktion der sog. „Tassenkrone“ (in Reihe geschaltete Silber-Zink-Elemente in Tassen oder Gläsern mit einer elektrolytischen Flüssigkeit) und der „Voltaschen Säule“ (übereinandergelegte Silber- bzw. Kupfer- und Zinkplatten mit dazwischenliegenden feuchten Filzstücken als Elektrolyt). Das waren die Urformen der Batterie, die Volta im November 1801 in Paris auch Napoleon vorgestellt hat. Die Voltasche Säule gestattete im Gegensatz zur bisher bekannten Reibungselektrifiziermaschine ein kontinuierliches Arbeiten mit niedriger Spannung bei höheren Stromstärken. Deshalb begannen nun in vielen Ländern Physiker und Chemiker die Wirkungen des „galvanischen Stromes“ zu untersuchen. [6]

So ist auch Ørsteds 1812 erschienene Schrift „Ansicht der chemischen Naturgesetze“ zu bewerten, in der er die chemischen Elemente, Verbindungen und Reaktionen nach neuen, in der Elektrochemie gerade gewonnenen Gesichtspunkten ordnete. Das Büchlein war stark geprägt vom romantisch-naturphilosophischen Gedankengut Schellings und Ritters. Dennoch hat Ørsted im Gegensatz zu Ritters gewagten Hypothesen nie die Grenzen einer soliden Naturforschung überschritten. [3]

## Ørsteds Grundversuch zum Elektromagnetismus

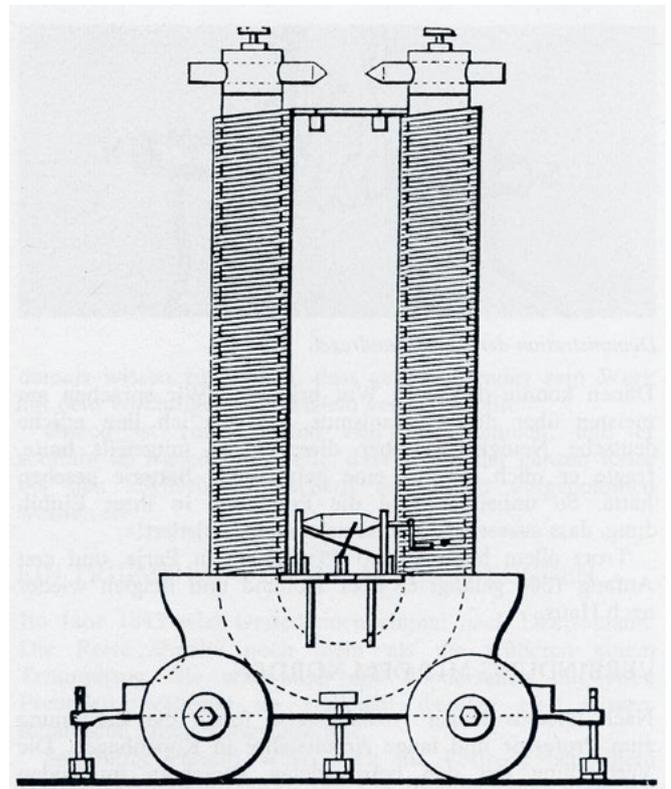
Ørsted und Ritter haben bei ihren Treffen oft auch über den Zusammenhang von Elektrizität und Magnetismus diskutiert. Sie unternahmten Versuche, um an galvanischen Elementen Magnetismus nachzuweisen. Aber erst im April 1820 stellte Ørsted, der inzwischen Ordinarius für Physik an der Universität Kopenhagen war, bei einem Vorlesungsversuch fest, dass eine Magnetnadel durch einen stromdurchflossenen Leiter etwa proportional zur Stromstärke aus ihrer Nord-Süd-Lage abgelenkt wird. Die Ablenkung geschah in unterschiedlichen Richtungen, je nachdem ob die Nadel über oder unter dem Draht angeordnet war. Am 21. Juli 1820 veröffentlichte er seine Entdeckung in lateinischer Sprache in der Flugschrift „Versuche über die Wirkung des electrischen Conflicts auf die Magnetnadel“ („Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam“).

Er erklärte den Effekt durch die Annahme, dass durch den „Konflikt“ der im Draht fließenden positiven und negativen Elektrizität andere „Naturerscheinungen“, z.B. Wärme, aber auch Magnetismus hervorgebracht werden, die den Stromleiter spiralgig umgeben und auf die Pole der Magnetnadel wirken. Der „Konflikt“ war ein gängiger Terminus aus dem Begriffsschatz der romantischen Naturphilosophie. Er ist gleichbedeutend mit der Wechselwirkung von Kräften oder Tätigkeiten im Raum. [3]

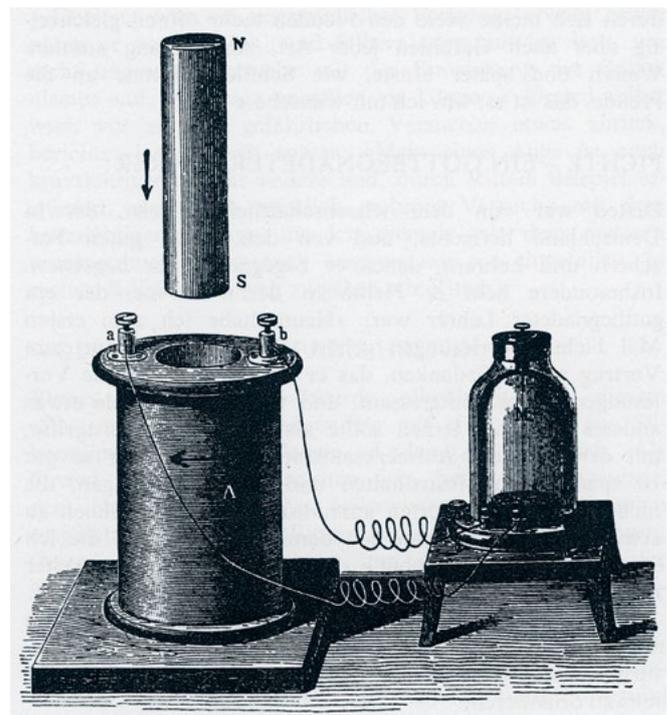
Diese Entdeckung erregte bei den Naturforschern weltweit Aufsehen, so dass sich in der folgenden Zeit viele Physiker dem Elektromagnetismus widmeten. Noch im September 1820 konnte André Marie Ampère (1775-1836) der Französischen Akademie der Wissenschaften seine Beobachtungen über die Anziehungs- und Abstoßungskräfte zwischen parallelen stromdurchflossenen Leitern mitteilen. Mit seiner „Schwimmerregel“ beschrieb er den Zusammenhang zwischen Stromrichtung und Ablenkung der Magnetnadel. Weiter wies Ampère nach, dass eine stromdurchflossene schraubenförmige Drahtspule, von ihm Solenoid genannt, wie ein Stabmagnet wirkt. Ein in sie eingebrachter Stahlstift wurde magnetisch. Hieraus ergaben sich alsbald zwei wichtige technische Anwendungen: das Galvanometer als erstes Messgerät für elektrische Ströme (Schweiggers Multiplikator, 1820) und der erste technisch anwendbare Elektromagnet, der das 20fache seines Eigengewichts tragen konnte (Sturgeon, 1825). [5], [6]



Demonstration der Rechtenhandregel



Ørsteds großer Magnet



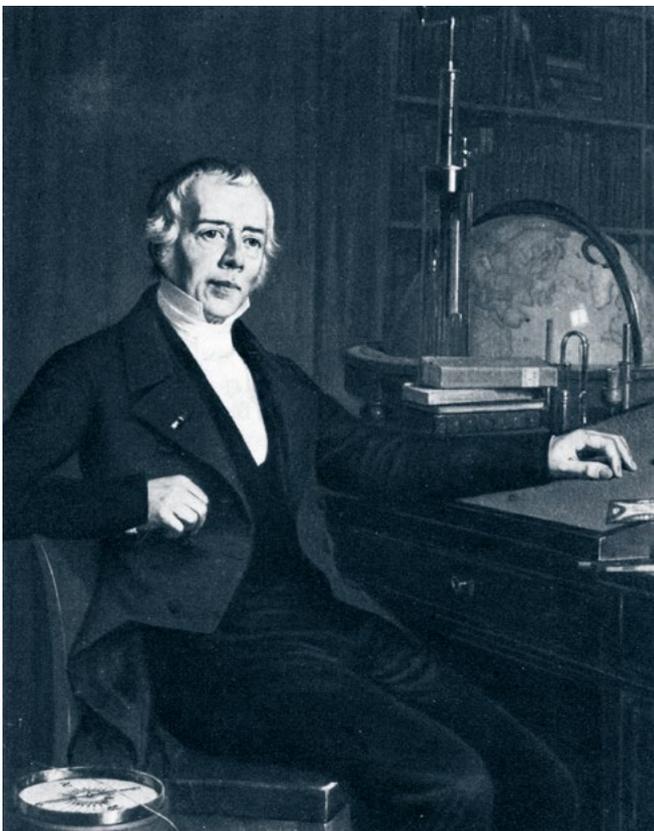
Magnetoelektrische Induktion

## Die Polytechnische Lehranstalt

Durch seine Entdeckung war Ørsted in der Physik eine Berühmtheit geworden und auf einer weiteren großen Europareise (Ende 1822 bis Sommer 1823) ein gefragter Gesprächspartner. Er beschreibt, dass er überall mit Respekt und großer Freundlichkeit aufgenommen wurde. In Berlin hat ihm Thomas Johann Seebeck (1770-1831) die von diesem entdeckte

Thermoelektrizität experimentell vorgeführt. In Paris traf er u. a. mit Dominique F. J. Arago (1786-1853) und Ampère zusammen, in England mit Sir Humphrey Davy (1778-1829), dem Förderer von Michael Faraday (1791-1867) an der Royal Institution.

Über die vielen Einzelgespräche und fachlichen Diskussionen hinaus haben ihn die Bestrebungen dieser Länder beeindruckt, Institutionen zur Förderung von Naturwissenschaften und Technik zu gründen, wie z. B. die École Polytechnique in Paris. Deshalb hat er nach der Rückkehr in seine Heimat sich zunächst für die Gründung der „Gesellschaft zur Verbreitung der Naturlehre“ eingesetzt. Später sah er eines seiner Lebensziele verwirklicht, als am 27. Januar 1829 durch Königliche Verordnung in Dänemark eine Polytechnische Lehranstalt aus der Taufe gehoben wurde, die heutige Technische Universität Kopenhagen. Ørsted war der erste Direktor dieser Hochschule (ein Posten, den er bis zu seinem Tode bekleidete) und war dort auch neben seiner Professur an der Universität Lehrer der Physik.



Ørsted in seiner Studierstube

In ihrem Statut hieß es: „Ihr Zweck ist die Vermittlung eines solchen Einblicks in die Mathematik und die experimentelle Wissenschaft und einer solchen Fertigkeit in der Anwendung dieses Einblickes, dass ihre Studenten dadurch für gewisse Zweige des Staatsdienstes sowie zur Leitung industrieller Anlagen vornehmlich brauchbar werden“. [1]

## Begegnung mit Faraday

1846 unternahm der Gelehrte seine letzte große Auslandsreise, bei der er, inzwischen 69 Jahre alt, von seiner jüngsten Tochter Mathilde begleitet wurde. In London traf er Michael Faraday, dem 1831 mit dem Nachweis der elektromagnetischen Induktion gewissermaßen die Umkehrung des Ørsted'schen Versuchs gelungen war. Man konnte jetzt also auch „Magnetismus“ in „Elektrizität“ verwandeln (Generator-Prinzip). Das unterstützte die Denkweise des Dynamismus, der Faraday 1834 in einem Vortrag mit dem Titel „Beziehungen von chemischer Affinität, Elektrizität, Wärme, Magnetismus und anderen Kräften der Materie“ deutlichen Ausdruck gab. Beide Naturforscher waren sich einig in der Überzeugung vom inneren Zusammenhang und der gegenseitigen Umwandelbarkeit der „Naturkräfte“. Diese Haltung war kurze Zeit später eine der Grundlagen für die Formulierung des Energiesatzes, z. B. bei Julius Robert Mayer (1814-1878). [4], [6]

Von London reiste Ørsted zu einer internationalen Naturforschertagung nach Southampton. Dort würdigte der berühmte Astronom Johan Herschel (1792-1871) sein Lebenswerk mit den Worten: „In der Wissenschaft gibt es nur eine einzige Richtung, die die Magnetnadel nehmen kann, wenn sie auf den europäischen Kontinent zeigt, und das ist die Richtung auf meinen hochgeschätzten Freund Professor Ørsted“. [1]

## Spätere Arbeiten

Ørsted's wissenschaftliche Leistungen waren nicht nur auf die Elektrizitätslehre beschränkt. Er beschäftigte sich u. a. auch mit der Kompressibilität (Zusammendrückbarkeit) von Flüssigkeiten und Gasen. 1822 führte er mit einem von ihm konstruierten Messgerät, einem Piezometer, erste Messungen an Flüssigkeiten aus. Das Bild zeigt ihn, an seinem Schreibtisch sitzend, mit den beiden wichtigsten Geräten seines wissenschaftlichen Lebens, dem Magneten (links vorn) und dem Piezometer (rechts hinten). [1]



Ørsted's Kompass

In seinen späten Jahren fasste Ørsted in dem Werk „Der Geist in der Natur“ seine Gedanken zur Naturphilosophie noch einmal zusammen. Darin bestätigte der Gelehrte nochmals seine Auffassung von der Einheit aller „Naturkräfte“ als heuristisches Prinzip der Naturforschung. [6], [9]

## Gesellschaftliche Anerkennung

Ørsted's Verdienste wurden noch zu seinen Lebzeiten weltweit gewürdigt. Er war mehrfacher Ehrendoktor und Mitglied vieler wissenschaftlicher Akademien und Gesellschaften, z. B. ab 1821 der berühmten Royal Society of London. Als Stifter und Teilnehmer der Skandinavischen Naturforscher-Tagungen von 1839 bis 1847 hielt er beachtete Vorträge. Zu seinen vielen Anerkennungen und Auszeichnungen gehörte auch der preußische Orden Pour le mérite, den er 1842 bekam.

Mit seiner Autorität und Kompetenz hat Ørsted insbesondere durch die Gründung der Naturforscher-Gesellschaft sowie der Polytechnischen Lehranstalt die Wissenschaftslandschaft Dänemarks über seine Zeit hinaus entscheidend mitgestaltet. Nach seinem Tod am 9. März 1851 würdigte das Land den großen Gelehrten und Visionär mit einer würdevollen Trauerfeier im Kopenhagener Dom. Seit 1876 erinnert in der Stadt ein Bronzestandbild an sein Wirken. Zu seinem 200. Geburtstag im Jahr 1977 erschien ein Sonderheft der Zeitschrift „Dänische Rundschau“. [1]

An Ørsted's Wirken als Physiklehrer erinnert jährlich die American Association of Physics-Teachers (AAPT), die seit 1936 weltweit die Hans-Christian-Ørsted-Medaille für bemerkenswerte Beiträge zur Lehre im Fach Physik vergibt. Zu den Preisträgern gehören viele Nobelpreisträger. Die Auszeichnung im Jahr 1960 bekam z. B. der Physiker und bekannte Lehrbuch-Autor Robert Wichard Pohl aus Göttingen.

Seit 2017 trägt ein Dänischer Energiekonzern seinen Namen. Er ist der Weltmarktführer im Bereich Off-shore-Windenergie und auch in Deutschland vertreten, z. B. in den Windparks Gode Wind und Borkum-Riffgrund. So wird also auch in unserer Zeit durch den vom Ørsted-Konzern produzierten Strom jeden Tag an die Anfänge des Elektromagnetismus vor 200 Jahren erinnert.

## Die physikalische Maßeinheit „Ørsted“

Zu Ørsted's Zeiten und in den Jahren danach hatten die in der Elektrotechnik führenden Länder noch keine gemeinsamen Maßeinheiten. Erst auf dem 1. Internationalen Elektrikerkongress, der sich 1881 an die Pariser Weltausstellung anschloss, wurden fünf Einheiten als „absolute praktische elektrische Einheiten“ vereinbart und mit Namen von bedeutenden Wissenschaftlern belegt: Ampere, Volt, Ohm, Farad und Coulomb. Das Prädikat „absolut“ sollte darauf hinweisen, dass diese Einheiten über die im Raum jeweils verursachten Kräfte an die drei mechanischen Einheiten Centimeter, Gramm und Sekunde ange-bunden wurden. So gab es das elektrostatische und das elektromagnetische CGS-System. Später wurden Realisierungsvorschriften für die Einheiten Ampere, Volt und Ohm durch entsprechende Normale fest-gelegt: „Internationale Einheiten“. [10]

Im Jahr 1927 wurde die Betreuung der elektrischen und magnetischen Einheiten von den Organen der Internationalen Meterkonvention übernommen. Erst auf der Tagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) im Sommer 1930 in Skandinavien gelang es, für die Einheit der magnetischen Feldstärke den Namen Ørsted durchzusetzen. Diese Festlegung hatte aber einen wichtigen Nachteil. Sie wurde in einem elektromagnetischen CGS-System, also in einem Dreier-System, getroffen: 1 Oe ist diejenige magnetische Feldstärke, bei der auf einen magnetischen Einheitspol die Kraft 1 dyn wirkt. Diese Definition besitzt im Internationalen Einheitensystem (SI), in dem die Elektrizitätslehre mit dem Ampere eine eigene Basiseinheit hat, keine Entsprechung und gilt seit 1970 nicht mehr als offizielle Einheit. Als Umrechnung gilt: 1 Oe  $\approx$  80 A/m. [11]

In der Praxis wird zur quantitativen Beschreibung von Magnetfeldern meistens die magnetische Flussdichte mit der Einheit Tesla (T) benutzt: 1 T = 1 V·s/m<sup>2</sup>. Ein Magnetfeld von 1 Oe ist sehr schwach. Einer magnetischen Flussdichte von 1 T entspricht im Vakuum ein Magnetfeld von 10.000 Oe. Zum Vergleich: Klinische Magnetresonanz-Tomographen (MRT-Anlagen) arbeiten bis zu 3 T. Das Erdmagnetfeld hat etwa 10  $\mu$ T.

### Quellen:

[1] Dänische Rundschau. Sonderausgabe anlässlich der 200jährigen Wiederkehr des Geburtstages des dänischen Wissenschaftlers H. C. Ørsted am 14. April 1977. Herausgegeben vom Dänischen Außenministerium, Kopenhagen, 1977

[2] Richter, Klaus: Das Leben des Physikers Johann Wilhelm Ritter. Ein Schicksal in der Zeit der Romantik, Weimar, 2003

[3] Wiederkehr, Karl Heinrich: Faradays Feldkonzept und Hans Christian Ørsted, in: Physikalische Blätter 47(1991)9, S. 825 - 830

[4] Hermann, Armin: Der Dynamismus - ein Paradigma Anfang des 19. Jahrhunderts, in: Physikalische Blätter 37(1981)10, S. 322 - 324

[5] Lindner, Helmut: Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität, Reinbek bei Hamburg 1985

[6] Schreier, Wolfgang: Die Entwicklung der Elektrophysik im 19. Jahrhundert, in: W. Schreier (Hrsg.): Geschichte der Physik. Ein Abriss, Berlin / Diepholz 2002, S. 262 - 282

[7] Hartmann, R.: Hans Christian Ørsted, in: Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ-A) 98(1977)12, S. 833

[8] Rettig, A.: Über Hans Christian Ørsted und die Geisteshaltung hinter der Entdeckung des Elektromagnetismus anno 1820, Hausarbeit im Lehrstuhl Wissenschaftsgeschichte der Universität Regensburg, 27. April 2009

[9] H. C. Ørsted: Der Geist in der Natur. 6 Bände, Berlin 1850/1851

[10] Kind, Dieter: Zur Geschichte der elektrischen Einheiten im Internationalen Einheitensystem, in: Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ-A) 98(1977)12, S. 800 - 803

[11] Glatz, Peter: Zur Geschichte der elektrischen Einheiten. Vor 120 Jahren wurde in Deutschland „Das Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten“ erlassen, in: ON.LINE 4/2018, S. 6 - 11

## AUTORENVERZEICHNIS

### Dipl.-Ing. Stephan Hloucal

wstudierte 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 Halbleiterbauelementepüffeld und im Messgerätewerk. Von 1987 bis 1991 lehrte er nebenberuflich als Dozent an der Ingenieurschule Eisleben Mess- und Prüftechnologie. Von 1990 bis 2006 war er Beamter in der Thüringer Staatskanzlei und dem Thüringer Kultusministerium. Ab 2006 berufliche Selbstständigkeit im Bereich Erneuerbarer Energien und Speichertechnologien. Seit 1990 ist er Vorsitzender des Thüringer Museums für Elektrotechnik e.V.

### Dipl.-Ing. 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 von 2003 bis 2019 Account Manager für Produkte der Glasfaser- und Netzwerkübertragung bei GE/UTC Fire & Security. Mitglied im Thüringer Museum für Elektrotechnik e.V., Funkamateurl seit 1971 Mitglied im Thüringer Museum für Elektrotechnik e.V., Funkamateurl seit 1971.

### Dipl.-Ing. (FH) Walter Schossig

war nach dem Studium an der Ingenieurschule für Elektroenergie Zittau Elektroingenieur im Kraftwerk Bleicherode, danach Ing. für Technik und Netze und ab 1967 bis zum Eintritt in den Vorruhestand Ing. für Relaischutz bei der TEAG Thüringer Energie AG in Erfurt. Er arbeitete im VDEW-AA „Relais- und Schutztechnik“, im Normenausschuss DKE K434 „Messrelais und Schutzeinrichtungen“ und im Bayernwerk-AK „Schutzeinrichtungen“ mit; ist heute noch

aktiv im VDE-AK „Mittelspannungsschutz“. Er ist Vorstandsmitglied beim VDE Thüringen, ist Mitglied im VDE-AK Geschichte der Elektrotechnik/Elektronik und seit 1997 Mitglied im AK Stromgeschichte Thüringens der TEAG; schreibt an der „Chronik der Geschichte der Elektroenergieversorgung mit Schwerpunkt Schutz- und Leittechnik“.

### Dipl.-Ing. Friedmar Kerbe

war nach dem Studium an der ehemaligen Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar, Fachrichtung Baustoffingenieurwesen, und am Mendelejew-Institut in Moskau von 1967 bis 1996 in der Industrieforschung der Keramischen Werke Hermsdorf (KWH) bzw. der TRIDELTA auf dem Gesamtgebiet der Oxidkeramik tätig. Er ist Mitglied im Redaktionsbeirat von Fachzeitschriften und veröffentlicht kontinuierlich zur Oxidkeramik und zur Geschichte der Keramischen Technik, wofür ihm 2019 die Ehrenmitgliedschaft der Deutschen Keramischen Gesellschaft (DKG) verliehen wurde. Als Mitbegründer des Vereins für Regional- und Technikgeschichte e.V. Hermsdorf gehört er gleichzeitig ab 1997 dem Arbeitskreis „Stromgeschichte Thüringens“ der TEAG Thüringer Energie AG an.

### 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 Pädagogischen Instituts Erfurt, der späteren Pädagogischen Hochschule (PH) 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](http://www.elektromuseum.de)

Mail: [info@elektromuseum.de](mailto: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 enthaltene 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 2020 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!