

## Vorwort

*Stephan Hloucal, Erfurt*

Die Generalversammlung der Vereinten Nationen hat das Jahr 2022 zum Internationalen Jahr des Glases erklärt. Glas, ein sprödes durchsichtiges Material, ist seit etwa viertausend Jahren bekannt und in besonderer Weise mit der Elektrotechnik, Elektronik und Nachrichtentechnik verbunden. In dieser und auch in der kommenden Ausgabe von ON.LINE werden wir uns daher mit diesem Thema beschäftigen.

Nun lassen wir Sie in das Thüringer Industriearchiv schauen und präsentieren Kunstwerke, die mit der Thüringer Industriekultur verbunden sind. Was es mit der „Meininger Sonne“ auf sich hat, darüber informieren wir Sie und ebenso, wie sich zu Beginn des 20. Jahrhunderts, im Zuge der Elektrifizierung Thüringens, Stromnetze, Elektrizitätswerke und die Versorgungsunternehmen, auf dem Hintergrund der vielen Herzogtümer und in unterschiedlichen Unternehmensstrukturen, entwickelten.

Wir wünschen Ihnen eine unterhaltsame Lektüre, erholsame Urlaubstage und freuen uns, wenn Sie uns weiterempfehlen. Bleiben Sie uns gewogen.

## Inhalt

- Vorwort
- Aus aktuellem Anlass
- Kunst und Technik
- 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.

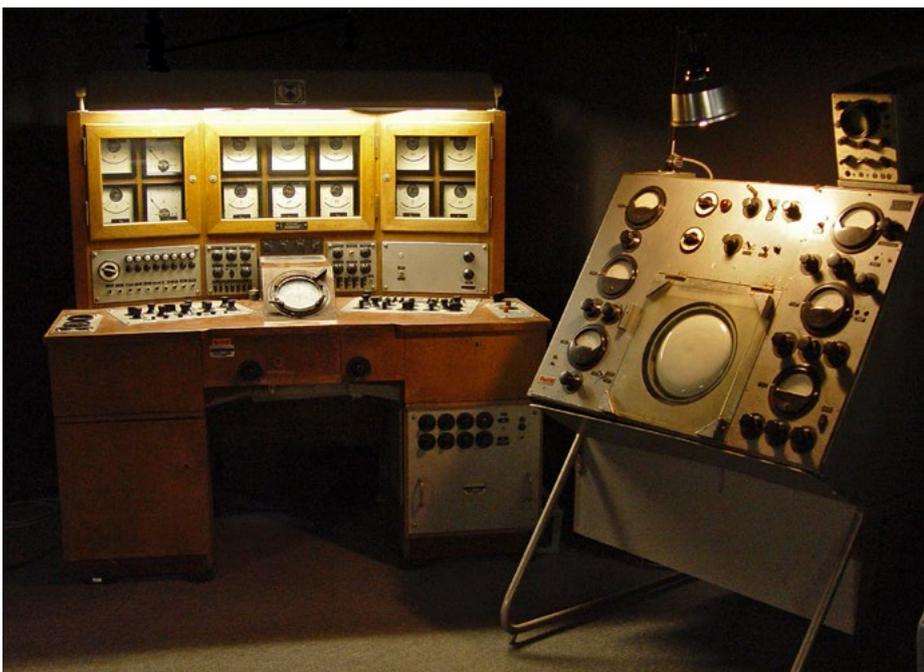
Wir haben mit der ON.LINE 1.2017 den modernen on.line-Weg eingeschlagen, wollen uns mit der nunmehr 11. Ausgabe ON.LINE weiter zusammenschalten, bieten eine (Leitung) Verbindung zum fachlichen Austausch an, informieren und wünschen uns Ihren Anschluss.

Wir freuen uns über Ihre Rückkopplung.

Folgen Sie uns



Das ON.LINE 11.2022 wurde erstellt mit freundlicher Unterstützung der TEAG Thüringer Energie AG, Erfurt.



Oszillographen- und Rundsichtrohrenprüfgerät aus dem Funkwerk Erfurt in der ehem. Ausstellung des Elektromuseums Erfurt, 2000

# AUS AKTUELLEM ANLASS

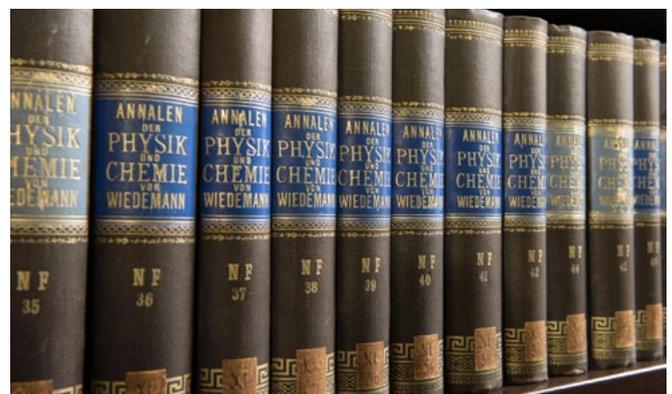
Stephan Hloucal, Erfurt

Nach zweimaliger coronabedingter Verschiebung, fand am 20. Juni 2022 in der Shedhalle in Pöbneck die Preisverleihung für den Landesgeschichtlichen Preis für Industriekultur 2020 und 2021 statt. Wir hatten uns an der Ausschreibung mit wissenschaftlichen Beiträgen beteiligt, die wir in unserem elektronischen ON.LINE-Magazin veröffentlicht hatten und konnten damit die wissenschaftliche Jury der Historischen Kommission für Thüringen überzeugen. Aus der Hand des Thüringer Ministers für Kultur, Bundes- und Europaangelegenheiten und Chef der Thüringer Staatskanzlei, Prof. Dr. Benjamin-Immanuel Hoff, konnten wir den Landesgeschichtlichen Preis für Industriekultur 2020 in der Kategorie III entgegennehmen. Das ist eine große Ehre für uns und wir nehmen das als Ansporn für weitere industriehistorische Forschungen. Erfreulich war auch, dass der Arbeitskreis Stromgeschichte bei der TEAG Thüringer Energie AG, mit dem wir eng zusammenarbeiten, ebenso in dieser Kategorie den Landesgeschichtlichen Preis erringen konnte.



Landesgeschichtlicher Preis für Industriekultur 2020, Sieger in der Kategorie III, Shedhalle Pöbneck, 20. Juni 2022

Seit mehr als 30 Jahren haben wir, neben den musealen Sammlungen, auch Archivalien mit technischer, wissenschaftlicher und industriehistorischer Hintergrund zusammengetragen. So hatte das Thüringer Museum für Elektrotechnik bereits 1991 das Bildarchiv des ehemaligen VEB Funkwerk/Mikroelektronik Erfurt übernommen und außerdem eine große Anzahl von technologischen Produktdokumentationen, wissenschaftlichen und Fachpublikationen aus den Bereichen: Hochvakuumelektronik, Mess- und Prüftechnik, Industrieelektronik, Energie- und Kraftwerkstechnik, Halbleitertechnik und Mikroelektronik, elektrische Maschinen, elektrische Schienenbahnen und Antriebe, Bergbautechnik, Audio- und Videotechnologien sowie angrenzender Gebiete, teilweise in letzter Minute, vor der Vernichtung gerettet. In der diesjährigen Jahreshauptversammlung haben die Vereinsmitglieder eine Archivsatzung beschlossen und damit diesen Archivalien den Status „Thüringer Industriearchiv“ verliehen. Aufgabe des Thüringer Industriearchivs (TIA) ist die dauerhafte Aufbewahrung und Sicherung von Materialien, die heute und zukünftig zum Verständnis der industriellen, wissenschaftlichen und sozialen Entwicklung Thüringens und des mitteldeutschen Wirtschaftsraums erforderlich sind.



Historische wissenschaftliche Periodika im Thüringer Industriearchiv, 2022

Das Thüringer Industriearchiv beherbergt mehr als 30.000 Fotos, Film-, Video- und Magnettonträger. Darüber hinaus stehen mehr als 20.000 Fachbücher und Fachperiodika, diverse Unterlagen aus Forschung und Entwicklung, Diplomarbeiten und Habilitationsschriften, Prüf- und Arbeitsanweisungen, Schaltungsunterlagen, Datenblätter, Produkt- und Bauelementekataloge, Bedienungs-, Wartungs- und Reparaturanleitungen, Firmenschriften, Firmenprospekte sowie Lehrmaterialien zur Verfügung. Zukünftig sollen die Bestände neu erschlossen und Recherchemöglichkeiten entwickelt werden. Das TIA soll künftig für Wissenschaftler, Journalisten, Studenten, Schüler, für die Öffentlichkeit, und damit für alle Interessierten, zugänglich werden.

<http://archive-in-thueringen.de/de/archiv/view/id/238>

## Buchempfehlung

*Stephan Hloucal, Erfurt*

„Empfängerröhren aus Thüringen und ihre Anwendungen“, so lautet der Titel des Buches, welches unser Vorstandsmitglied, Gerhard Roleder, kürzlich veröffentlicht hat. Noch ein Röhrenbuch, werden manche Zeitgenossen, insbesondere aus der Gilde der Radio- und Röhrensammler, denken. Davon gibt es doch schon genug und außerdem kann man damit heute „keinen Hund mehr hinter dem Ofen hervorlocken“. Doch weit gefehlt! Denn dem Autor gelingt es, Geschichten zu erzählen. Geschichten, die Empfängerröhren geschrieben haben, Geschichten der vielfältigen Anwendung von Empfängerröhren und Geschichten von Innovationen sowie Hintergründe, die manchem kaum bekannt sein dürften. Dabei konnte er teilweise auf die Sammlungen und Archivalien des Thüringer Industriearchivs im Thüringer Museum für Elektrotechnik zurückgreifen. Auf etwa 95 reich bebilderten Seiten spannt er, gut recherchiert, einen weiten Fächer des Einsatzes von Empfängerröhren aus den drei Thüringer Röhrenwerken, in Erfurt, Mühlhausen und Neuhaus am Rennweg, auf. Hinzu kommen noch einige Seiten an Bild- und Quellenachweisen, Danksagung, ein Anhang mit Datenblättern und ein Glossar, in dem er gut verständlich bestimmte Fachbegriffe erklärt, sodass auch der Elektronik-Laie nicht unwissend zurückgelassen wird. Doch lesen Sie selbst!

Das Buch ist von der Gesellschaft der Freunde der Geschichte des Funkwesens (GFGF) e.V. in der Schriftenreihe zur Funkgeschichte, Band 29, herausgegeben worden. Zu beziehen ist es über den Buchhandel unter ISBN 978-3-9822340-2-1.



## Zum International Year of Glass (IYOG) der UN: 2022

### Thüringer Glas in der Hochvakuumelektronik *Stephan Hloucal, Erfurt*

Glas, ein sprödes durchsichtiges Material, ist seit etwa viertausend Jahren bekannt. Seit dem späten 12. Jahrhundert entstanden in Thüringen an den Klosterstandorten in Breitungen an der Werra (1183) und Klosterlausnitz (1196) Glashütten. Nicht zuletzt durch den Waldreichtum sowie der Möglichkeit der Gewinnung von Pottasche und kieselsäurehaltigem Quarzsand, entwickelte sich der Thüringer Wald zu einer der bedeutenden Glasregionen Mitteleuropas. [1] [2]

Der folgende Beitrag soll sich nur einem kleinen Ausschnitt der Glasverarbeitung widmen, die im Zuge der Industrialisierung und der Entwicklung der Elektrotechnik entstand und für die Thüringer Industriegeschichte für mehr als 60 Jahre prägend sein sollte, dem technischen Glas für Elektronenröhren.



Fischerhütte in Ilmenau, 2019

Schwingungsvorgänge haben in der Elektrotechnik, insbesondere in der Rundfunk- und Nachrichtentechnik, eine grundlegende Bedeutung. Diese sichtbar zu machen und qualitativ zu bestimmen, war eine große Herausforderung an die Wissenschaftler des 19. und 20. Jahrhunderts. Grundlegende Vorarbeiten lieferte Prof. Julius Plücker, der 1858 den Stromdurchgang in (Glas)gefäßen mit verdünnter Luft untersuchte. 1869 entdeckte Prof. Wilhelm Hittorf die Elektronenstrahlen, die von einer Kathode im Vakuum ausgehen. Ihm gelang auch der Nachweis der magnetischen Ablenkung dieser Strahlen, die Prof. Eugen Goldstein 1876 Kathodenstrahlen nannte. Als 1897 in den Annalen der Physik und Chemie Prof. Ferdinand Braun in einem fast unscheinbaren Aufsatz „über ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufes variabler Ströme“ berichtete, ahnte wohl kaum jemand, dass das die Geburtsstunde der Elektronik bedeuten sollte. Und hier führen die Wurzeln auch nach Thüringen, denn seine Röhre ließ Ferdinand Braun von Franz Müller, dem Nachfolger des aus Igelshieb bei Neuhaus am Rennweg stammenden Apparateentwicklers und Glastechnikers Dr. Heinrich Geissler, in Bonn herstellen. [3]

Voraussetzungen für Brauns Entdeckung waren die 1856 erstmals durch Friedrich Wilhelm Florenz realisierte Einschmelzung von Platindrähten in eine Glasröhre und die Erfindung der Quecksilber-

12. Ueber ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufes variabler Ströme; von Ferdinand Braun.

1. Die im Folgenden beschriebene Methode benutzt die Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen durch magnetische Kräfte. Diese Strahlen wurden in Röhren erzeugt, von deren einer ich die Maasse angebe, da mir diese die im allgemeinen günstigsten zu sein scheinen (Fig. 1). *K* ist die Kathode aus Aluminiumblech, *A* Anode, *C* ein Aluminiumdiaphragma; Oeffnung des Loches = 2 mm. *D* ein mit phosphorescirender Farbe überzogener Glimmerschirm. Die Glaswand *E* muss möglichst gleichmässig und ohne Knoten, der phosphorescirende Schirm

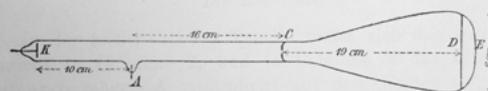


Fig. 1.

so angebracht sein, dass man durch das Glas und den Glimmer hindurch den von den Kathodenstrahlen hervorgebrachten Fluoreszenzleck sehen kann. — Für manche Versuche ist es zweckmässig, den Glimmerschirm unter  $45^\circ$  gegen die Rohraxe zu stellen. — Es empfiehlt sich, um das Rohr in der Nähe des Diaphragmas Stanniol zu wickeln, welches zur Erde geleitet ist (besser noch würde voraussichtlich directe Ableitung des Diaphragmas wirken)<sup>1)</sup>.

Die Röhren hatte Hr. Franz Müller (Dr. Geissler's Nachfolger) in Bonn die Freundlichkeit in bekannter vorzüglicher Weise herzustellen und können solche von ihm bezogen werden.

Beschreibung der Braunschen Röhre in [3]

Vakuumpumpe durch den Thüringer Dr. Heinrich Geißler 1857. [4] Die Braunsche Röhre wurde seinerzeit mit einer hohen Spannung, ca. 10.000 Volt, zwischen Anode und Kathode betrieben, die mit einem Funkeninduktor erzeugt wurde. Aus der negativen Kathode werden durch Gasionenbeschuss Elektronen herausgelöst, die durch das elektrische Feld beschleunigt werden und durch das Loch in der Anode weiter zum Leuchtschirm fliegen und dort einen dem Strahldurchmesser entsprechenden Fluoreszenzleck erzeugen. Die Strahlablenkung erfolgte auf magnetischem Wege und mit einem rotierenden Spiegel konnten außerhalb der Röhre periodische Signale beobachtet werden.

1905 verbesserte Prof. Arthur Wehnelt durch die Einführung einer Glühkathode die Braunsche Röhre. Außerdem ordnete er hinter der Kathode einen Zylinder an, der gemeinsam mit der Anode einen Kathodenstrahl erzeugte, an dem alle aus der Glühkathode austretenden Elektronen beteiligt sind. Prof. Philipp Lenard gelangen wegweisende Arbeiten über die Leuchtmechanismen verschiedener Phosphoreszenz-Stoffe, sodass „langsame“ Kathodenstrahlen sehr helle Leuchterscheinungen erzeugen konnten. [6] Die Weiterentwicklung der Braunschen Röhre zu einem qualitativ hochwertigen Messinstru-

ment erfolgte unter folgenden Aspekten: Ein möglichst kleiner, scharf umgrenzter, heller Leuchtfleck sollte mittels horizontaler und vertikaler Ablenkplatten, mit möglichst großer Ablenkempfindlichkeit, eine möglichst große Auslenkungsamplitude auf dem Leuchtschirm erzeugen.

Auf die Beschreibung der hierzu erforderlichen elektronischen Komponenten, wie Netzstromversorgung, Hochspannungsnetzteil, vertikale und horizontale Zeitablenkung sowie Signalverstärkung, die insgesamt einen Oszillographen als Messgerät kennzeichnen, soll hier nicht eingegangen werden. Mit Verbreitung der „neuen Technologien“ des Rundfunks und der Nachrichtentechnik entwickelte sich die bekannte Form der Oszillographenröhre, die aus einem konischen rotationsymmetrischen Glaskörper mit einem sphärischen Bildschirm besteht, der innen mit einer Leuchtschicht belegt ist, und einem Röhrenhals, in dem das Strahlerzeugungs-, das elektronenoptische und das Ablenkungssystem untergebracht sind. Der deutsche Wissenschaftler Manfred von Ardenne verwendete eine solche Röhre 1930 als Bildwiedergaberöhre für das weltweit erste vollelektronische Fernsehen. Ob er diese Röhre von der Fischerhütte in Ilmenau oder der Gundelachhütte in Gehlberg herstellen ließ, ist bis heute umstritten.

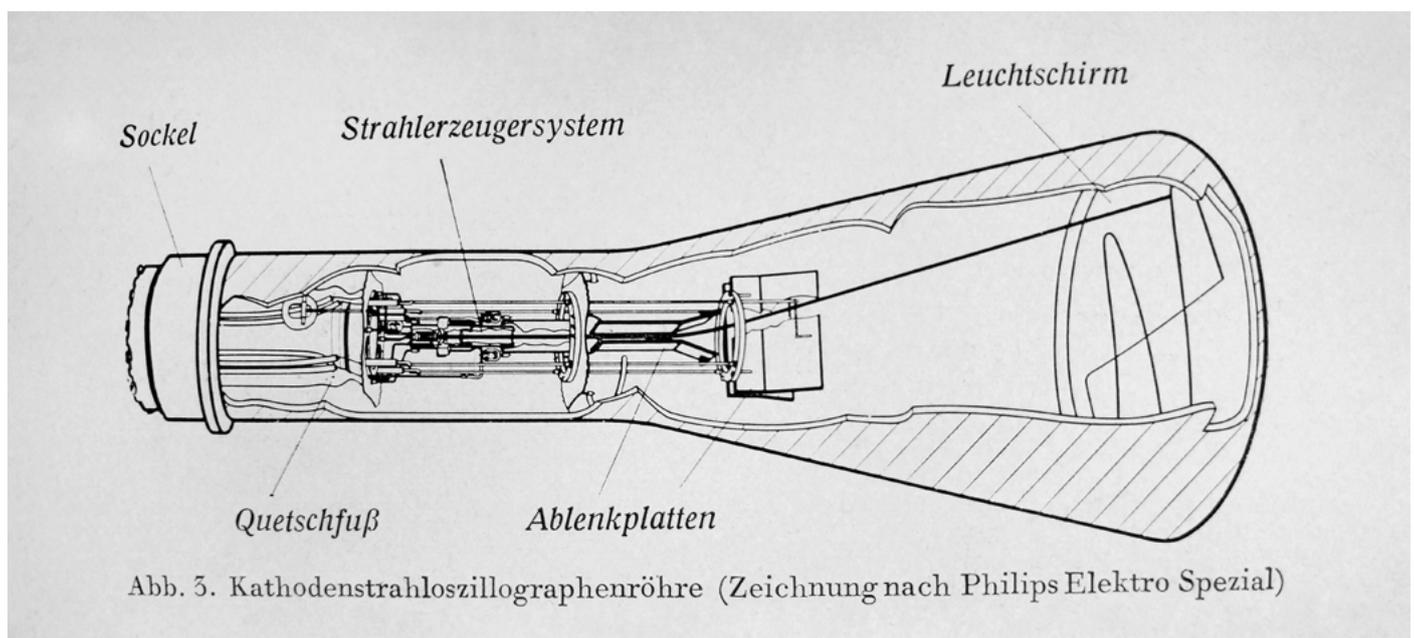


Abb. 3. Kathodenstrahloszillographenröhre (Zeichnung nach Philips Elektro Spezial)

Kathodenstrahloszillographenröhre um 1938 aus [12]



Rohkolben für Oszillographenröhren um 1930, Fischerhütte Ilmenau, Sammlung Verein Thüringer Glastradition Ilmenau e.V.

Die günstigste chemische Zusammensetzung der Gläser, die in den Glashütten erschmolzen wurden, war meist auf empirischem Wege ermittelt worden und wurde als Betriebsgeheimnis streng gehütet. Ausgangsmaterialien sind Kieselsäure, z.B. Quarzsand, gemischt mit Alkalioxyd, z.B. Soda, und Erdalkalioxyd, z.B. Kalk. In einem Schmelzofen aus feuerfesten Steinen wird das Gemenge meist in einem Hafen, einem tiegelartigen Gefäß aus Schamotte oder feuerfestem Ton, über einen Zeitraum von 10 bis 30 Stunden auf 1.400 °C bis 1.500 °C so lange erhitzt, bis die Schmelze „geläutert“, also blasenfrei, ist. Die Materialkonstanten des Glases, wie spezifisches Gewicht, Druck-, Biege-, und Torsionsfestigkeit, thermischer Widerstandskoeffizient, Wärmeleitfähigkeit, spezifischer elektrischer Widerstand und Durchschlagsfestigkeit, Ausdehnungskoeffizient sowie Dielektrizitätskonstante und dielektrische Verluste, werden durch die Beigabe von Zuschlagsstoffen in die Glasschmelze bestimmt. Hauptbestandteile technischer Gläser sind, neben der Kieselsäure, die sogenannten Glasbildner, Oxyde von Natrium, Kalium, Magnesium, Barium, Zink, Platin, Eisen, Aluminium, Phosphor oder Blei. Außerdem können noch weitere Salze zur Färbung, Trübung oder Entfärbung zugesetzt werden. Je nach chemischer Zusammensetzung des Glasgemenges unterscheiden sich die chemisch technischen Eigenschaften des Glases. Für vakuumtechnische Anwendungen werden Weichgläser (Silikate), mittelharte Gläser (Alumosilikate), Hartgläser (Borosilikate) und Spezialgläser (Alumoborosilikatgläser) verwendet. [5] Die Rohglaskolben für Oszillographenröhren wurden in den Glashütten manuell in eine Form geblasen, wobei anfänglich der sphärische Schirm bereits angeblasen war. Später setzte sich jedoch ein flaches Schirmglas durch, welches in einem separaten Arbeitsgang an den Kolben angeschmolzen wurde. Bei großen Schirmdurchmessern geschah dies auf Vertikaleinschmelzmaschinen.



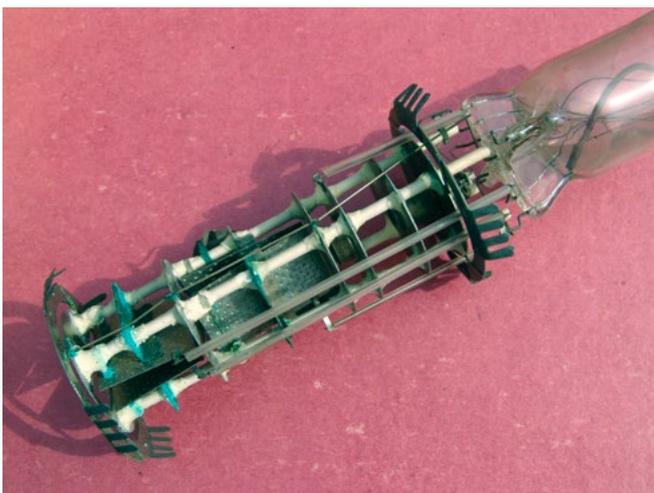
Arbeit an der Vertikaleinschmelzmaschine, um 1955

Der Glaskolben einer Oszillographenröhre und die Metalleinschmelzungen müssen dauerhaft vakuumdicht sein und es dürfen keine Gase aus den eingebauten Metallteilen und dem Glas austreten, die das Hochvakuum im Inneren der Röhre sonst negativ beeinflussen würden. Die an der Glasoberfläche befindliche Wasserhaut und anhaftende Gase müssen während des Produktionsprozesses durch thermisches Ausheizen beseitigt werden. Die Vorentgasung der Metalle erfolgte im VEB Funkwerk Erfurt (FWE) auf einem Hochfrequenzvakuumglühstand, in dem die Systemeinzelteile bei einer Temperatur von 500 °C bis 1.000 °C im Vakuum über eine bestimmte Zeit geglüht wurden. So konnte eine genügende Gasfreiheit der Systemteile und eine ausreichende Zersetzung von anhaftenden Oxydverbindungen erreicht werden. Als problematischste Stelle einer Oszillographenröhre hat sich von Anfang an die vakuumdichte Verbindung von Glas und Metall, also die Glas-Metall-Verschmelzung, erwiesen. Waren wesentliche Kriterien, wie weitgehende Spannungsfreiheit des Einschmelzglases, die vakuumdichte Anhaftung des Glases an der Metalloberfläche und eine blasenfreie Einschmelzstelle, nicht erfüllt, konnte es zu Spannungsrissen und zu sogenannten „Luftziehern“ kommen, was die Röhre unbrauchbar machte. [7] Als nahezu ideales Glas-Metall-Paar gilt Platin, da dessen Ausdehnungskoeffizient mit dem des Glases gut zusammenpasst. Aus wirtschaftlichen Gründen

gewannen jedoch andere Metalle und Legierungen an Bedeutung, wobei diese immer an die Ausdehnungskoeffizienten der jeweiligen Gläser speziell angepasst waren und zudem auch nur geringe Korrosionsneigung bei dem thermischen Verschmelzungsprozess zeigen durften. Beispielsweise zu nennen wären: Cu-Manteldraht (Finkdraht), Chromeisen, Fernico, Wonico oder Chromnickel. Bei Oszillographenröhren sind die elektrischen Anschlüsse des vom im Röhrenhals eingebauten Systems nach außen zu führen. Zweckmäßigerweise erfolgt das über den Scheibenfuß zu einem Sockel mit entsprechenden Kontakten. In den 1930er Jahren dominierten Formquetschfüße, in die die Einschmelzdrähte eingebettet waren. [5]



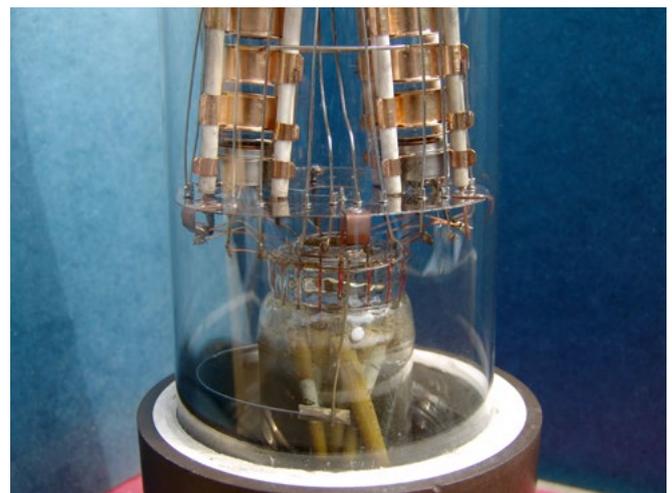
Fertiger Scheibenfuß für B13S5 und dessen Bestandteile



System mit Kreuzquetschfuß einer OPTA-Oszillographenröhre um 1935

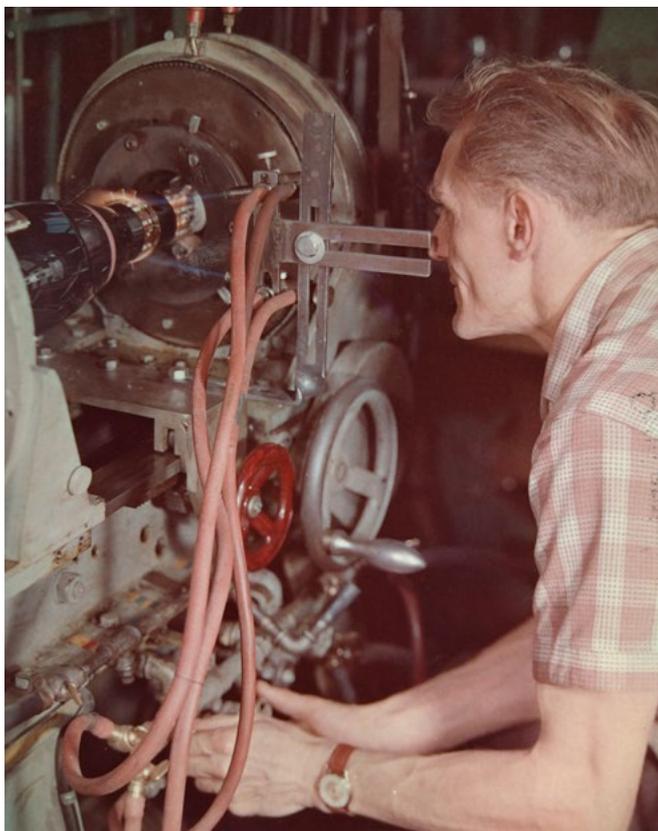
Als nachteilig erwiesen sich dabei deren Herstellung und die Bauart bedingten Leitungsinduktivitäten, die die Grenzfrequenz der Röhre herabsetzten. Um kürzere, induktionsärmere Verbindungen von den Ablensystemen realisieren zu können, ging man einerseits zu flachen Glaspresstellern über und andererseits wurden bei speziellen Röhren die Anschlüsse der Ablenkplatten seitlich mit speziellen Halskontakten direkt nach außen geführt. [14]

Die Rohglaskolben für die im FWE ab 1946 produzierten Oszillographenröhren wurden zunächst im VEB Glaswerk Weißwasser und ab 1960er Jahren im VEB Glaswerk Gräfenroda hergestellt. Das erste Kolbenglas, das bleifreie Geräteglas 900 bzw. Typ 106c, wurde 1959 in Gräfenroda in einem 10er



Ringquetschfuß einer AEG-Zweistrahloszillographenröhre um 1940

Hafenofen und später in einem separaten 2er Hafenofen erschmolzen. Die Bestandteile des Glasgemenges wurden von den jeweiligen Zulieferbetrieben fertig, pulverförmig oder granuliert, angeliefert und in einer Mischanlage für den Schmelzprozess vorbereitet. Hauptbestandteil war mit etwa 70% der aus dem VEB Sand- und Tonwerke Weferlingen stammende Quarzsand. Weitere Bestandteile waren: Aluminiumoxid, Soda, Kaliumoxid und Kalk. Der Schmelzprozess im Hafen dauerte etwa 20 Stunden. Vor deren Verarbeitung musste die Glasschmelze blasenfrei „geläutert“ sein. Dieser Prozess konnte mit verschiedenen Mitteln beschleunigt werden, u.A. wurde der Schmelze eine bestimmte Menge Flussspat ( $\text{CaF}_2$ ) oder Arsen (III)oxid (Arsenik) zugegeben. Die Anzahl, Verteilung und Größe von Blasen im Glas sind wesentliche



Einschmelzen seitlicher Halskontakte auf Glasdrehbank, um 1960

Qualitätsmerkmale für Oszillographenröhrenkolben. Toleriert wurden gemäß Technischen Lieferbedingungen für Oszillographenröhren, nach TGL12187, Blasen mit einem Durchmesser von kleiner 0,2 mm, wobei ein gegenseitiger Abstand von 10 mm nicht unterschritten werden durfte. Ketten- und Nesterbildung waren jedoch unzulässig. [9] Die Bauart des mit Stadtgas beheizten Schmelzofens, die Feuerführung und das Hafennmaterial ließen damals eine hohe Glasqualität noch nicht zu. Erst die Auskleidung der Schmelzhäfen mit Elektroporzellan aus dem Porzellanwerk Neuhaus-Schierschnitz führte in den 1980er Jahren zu wesentlichen Verbesserungen. Zu diesem Zweck wurde ein zusätzlicher Tiegel aus Elektroporzellan in den Hafen eingesetzt. Da die Schmelze nun keinen direkten Kontakt mit der Hafennwand mehr hatte, konnte sie auch keine Gase aus dem Schamottmaterial aufnehmen. [10] Der Glaskörper einer Oszillographenröhre hat verschiedene Bedingungen zu erfüllen. Zunächst sollte das Glas einen hohen spezifisch elektrischen Widerstand aufweisen sowie blasen- und schlierenfrei sein. Besonderes Augenmerk gilt dabei der extrem genauen Wanddickenverteilung. Dies bedurfte bei den manuell geblasenen Röhrenkolben besonderer langjähriger Erfahrung der Glasmacher. Mit der Spitze der Blaspfeife, einem langen Metallrohr mit einem Mundstück, wird aus dem Hafen eine bestimmte Menge (Posten) der zähflüssigen Glasschmelze aufgewickelt. Der Glasmacher bläst nun daraus eine kleine hohle Kugel, mit der er, sobald sie formstabil abgekühlt ist, eine weitere Glasmenge aus dem Hafen entnimmt und nun die Hohlkugel größer bläst. Durch ständiges

Drehen, weiteres gezieltes Blasen und Schwenken, formt der Glasmacher, unter geschickter Nutzung der Erdbeschleunigung, ein längliches, birnenförmiges Kübel, welches unter ständigem Drehen in eine senkrechte geteilte Gusseisenform in die endgültige Form geblasen wird. Darin kühlt das Kübel soweit ab, dass es formstabil ist, von der Blaspfeife abgeschlagen und in einem Kühllofen eingetragen werden kann. [11] Eine gleichmäßige und langsame Abkühlung des Rohkolbens verhindert Spannungsrisse im Glas. Noch in der Glashütte wurden Anblasstutzen und die Schirmseite abgesprengt und die Absprengflächen geschliffen.



System der Oszillographenröhre B7S401, 1990

Die Qualität der Rohkolben war von den Erfahrungen und Fertigkeiten, sowohl des Schmelzers als auch des Glasmachers, abhängig. So konnte die Ausschussquote der Rohkolben zwischen 10% und 60% liegen. Aufgabe des Schmelzers war die Beschickung des Schmelzofens mit dem vorbereiteten Gemenge, dessen Temperaturführung, der Läuterungsprozess und die Freigabe der Schmelze für die Glasmacher. Anhand der Röhre B7S401, die im VEB Funkwerk Erfurt (FWE) bis 1990 hergestellt wurde, soll beispielhaft der Aufbau einer kleinen Oszillographenröhre gezeigt werden.



Fertige Oszillographenröhre B7S401, 1990



Rohkolben und fertige Oszillographenröhre B7S2-01

Bei dieser Röhre wurde der Planschirm, bestehend aus einer Flachglasscheibe aus dem VEB Flachglaswerk Torgau, später aus dem VEB Glaswerk Uhmansdorf, manuell an den Glaskolben angeschmolzen. Im gleichen Arbeitsgang erfolgte auch die Einschmelzung des Anodennapfkontaktes aus NiCo 506. Die Scheibenfüße mit den Anschlussstiften für die Oszillographenröhren wurden im FWE auf einer großen Einzelpresse in einem einzigen Glaspressvorgang hergestellt.

Dabei wurde das aus dem VEB Spezialglaswerk Weißwasser stammende Pumpstengelglas und ein Glaspressring mit den Finkdrahtdurchführungen vakuumdicht verschmolzen (s. auch Bild Seite 7 rechts oben). Das Weißwasser-Fußglas, Typ V3, enthielt 28% Bleioxid. Das Gräfenrodaer Kolbenglas war so ausgelegt, dass es gerade noch, sowohl an das Planscheibenglas als auch an das Fußglas sowie mit dem Einschmelzmaterial der Hohlkontakte Socosil 104, verträglich war. Als vierte Glassorte kamen bei den Oszillographenröhren mit seitlich herausgeführten Kontakten für die Ablenkplatten Glasperlen für die Finkdrahtdurchführungen zum Einsatz. [11] Aus glastechnischer Sicht war die Herstellung von Oszillographenröhren deshalb nicht ganz trivial, dennoch traten mögliche Glasfehlanspassungen zumeist schon in der Fertigung, durch „Planscheibenabringler“, Fußrisse oder Implosionen auf dem Pumpstand, auf. [8] Glasstäbe dienten auch als Halterung für die Systemteile. Die Glasstrebeneindrücktechnologie hatte sich



Große Einzelpresse PG121, 1964

international in den 1960er Jahren durchgesetzt, weil damit der Systemaufbau, quasi um den Elektronenstrahl herum, zentriert montiert werden konnte. Das ermöglichte eine wesentlich höhere Präzision bei der Abbildung des Elektronenstrahls auf dem Leuchtschirm. Für die Systemmontage und die damit verbundenen unterschiedlichen Arbeitsschritte dienten verschiedene Montagevorrichtungen, die uns teilweise überliefert worden sind. Das Bild (Seite 10 links oben) zeigt eine Montagevorrichtung, mit der die elektrischen Verbindungen eines fertigen Systems einer B7S2 mit den Anschlussstiften im Scheibenfuß mittels Punktschweißung hergestellt werden.



Montagevorrichtung für B7S2 mit einschiebefertigem System, Muster 1979

Mit der früheren, von der AEG eingeführten, Schellentechnologie, bei der der Systemaufbau durch Schellen an Glas- bzw. Keramikstäben realisiert wurde, konnte nicht diese hohe Genauigkeit erzielt werden. Die AEG-Technologie wurde 1948 vom FWE übernommen und bei einigen Typen, z. B. der B13S5, sogar bis 1990 angewendet. Der mit der Planscheibe und dem Anodennapfkontakt versehene Röhrenkolben erhält auf der Innenseite der Planscheibe den Leuchtschirm und der Kolbeninnenseite einen leitfähigen Graphitbelag, der auch den Anodennapfkontakt einschließt. Nun wird das System in den Kolben eingeschoben, und auf einer Einschmelzmaschine werden Kolben und Fuß miteinander verschmolzen.

Die Röhre wird sodann auf einem Pumpstand evakuiert und dabei zusätzlich von außen beheizt. Nach Erreichen des geforderten Vakuums erfolgt das Abschmelzen des Pumpstutzens, und das am System befestigte Getter wird mittels Hochfrequenz zum Verdampfen gebracht, „abgeschossen“. Dadurch werden die im Röhrenvakuum noch eventuell vorhandenen Restgase chemisch gebunden. In der Röhre entsteht so ein Hochvakuum besser als  $10^{-7}$  Torr. Von 1946 bis 1990 sind im FWE etwa 35 verschiedene Typen an Oszillographen-, Polarkoordinaten-, Rund-sicht- und Sichtspeicherröhren entwickelt und hergestellt worden. Viele Forschungs- und Entwicklungsthemen, wie zum Beispiel Napfscheiben für Oszillographenröhren [13], Höchsthochfrequenzoszillographenröhren mit Wendelablenkung B13S15, Leuchtschirm mit Innenraster oder Kleinstoszillographenröhren zur Darstellung alphanumerischer Zeichen, wurden nie in die Produktion eingeführt. Eine Vielzahl von Entwicklungsberichten sind zu diesem Thema im Thüringer Industriearchiv überliefert. In unserer Sammlung „Hochvakuumelektronik“ sind aus dem ehemaligen VEB Funkwerk Erfurt verschiedene



10-teilige Einschmelzmaschine PG122, 1960

Maschinen, Werkzeuge, Vorrichtungen, Spezialmess- und Prüfgeräte sowie auch Entwicklungsmuster, Serien- und Vergleichsröhren überliefert, mit denen die Technologie der Oszillographen-, Rund-sicht-, Polarkoordinaten- und Sichtspeicherröhren umfassend beschrieben werden kann. Museal und industriehistorisch gesehen, stellt das ein internationales Alleinstellungsmerkmal dar.



Einschmelzen einer B16S22 auf der Vertikaleinschmelzmaschine, um 1955



Verteiliger Pumpstand, PG111, „Abschießen“ der Getter, B13S5, um 1965



Herstellung einer modernen Röntgenröhre im Röntgenwerk Rudolstadt, 2021

#### Quellen:

- [1] rot. grün. blau. Experimente mit Farbe und Licht; Begleitbuch zur gleichnamigen Ausstellung in der Fischerhütte in Ilmenau, November 2008, Konrad Scheurmann (Herausgeber), Druckhaus Gera GmbH, 2008
- [2] Glastradition im Thüringer Wald, Broschüre zur Wanderausstellung, Interessengemeinschaft Glastradition im Thüringer Wald (Herausgeber), Brandt-Druck Stützerbach, 2007
- [3] Annalen der Physik und Chemie, Band 60, Wiedemann, Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1897, Seite 552 bis 559
- [4] Dr. Heinrich Geißler, Zum 200. Geburtstag des Glastechnikers und Erfinders, Dörfel u.A. Neuhaus am Rennweg, 2014
- [5] Werkstoffkunde der Hochvakuumtechnik, W. Espe und M. Knoll, Verlag Julius Springer, Berlin, 1936
- [6] Annalen der Physik, Band 12, Paul Drude (Herausgeber) Verlag v. Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1903, Seite 449 bis 490
- [7] Hochvakuumtechnik, Günther Christian Mönch, Rudolf A. Lang Verlag Pössneck, 1950
- [8] Vakuumelektronik, H. G. Schneider (Herausgeber), Akademie-Verlag Berlin, 1978
- [9] Standardisierungsplanaufgabe 1303 26 553, „Oszillographenröhre B13S5“, Schreiben des FWE an VEB Messelektronik Berlin, vom 31. August 1966, Thüringer Industriearchiv, Konvolut AEG/TPW Arbeitsvorschriften
- [10] Rohkolben für Oszillographenröhren und Radarröhren, unveröffentlichtes Manuskript und Zeitzeugengespräch mit der Interessengemeinschaft „Glaswerk Gräfenroda“, 24. Juni 2022
- [11] Herstellung der letzten Rohkolben für die Oszillographenröhre B7S2 im Glaswerk Gräfenroda, Juni 1990, VHS-Video, Thüringer Industriearchiv
- [12] Grundlagen der Kathodenstrahlröhren, Teile, Weyres, Lehrbücher der Luftwaffe, Band 3, Walter de Gruyter & Co., Berlin, 1944
- [13] Untersuchung zur Herstellung und Anwendung von Napfscheiben für Oszillographenröhren, Abschlussbericht, 1966, VEB Funkwerk Erfurt, Zentrallaboratorium für Empfängerröhren, Thüringer Industriearchiv Nr. 234
- [14] Entwicklung und Fertigungsüberleitung der Kathodenstrahlröhre B13S5, Abschlussbericht, 1958, VEB Funkwerk Erfurt, Zentrallaboratorium für Empfängerröhren, Thüringer Industriearchiv Nr. 102



# KUNST UND TECHNIK

## Kunstwerke im Thüringer Industriearchiv

Gerhard Roleder, Erfurt

Im Depot des Thüringer Museums für Elektrotechnik werden Tausende von Einzelteilen, Baugruppen und Geräten aufbewahrt, die sich unterschiedlichen technischen Kategorien zuordnen lassen. Die Palette reicht vom Widerstand bis zum Mikroprozessor, vom Detektorempfänger bis zur HiFi-Anlage. Zum Fundus gehören auch einige wenige Objekte, die als Kunst im engeren Sinne gelten.

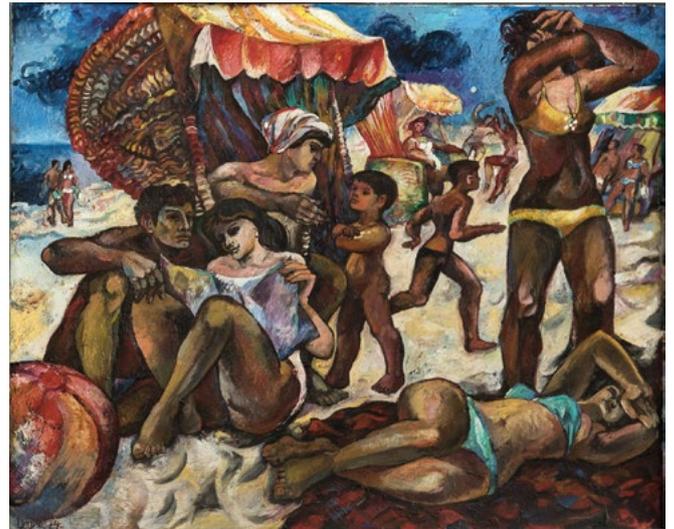
## Robert Werner Wagner - Schaffensorte in Thüringen, an der Ostsee und im Ruppiner Land

Im Thüringer Industriearchiv befinden sich unter anderem zwei Ölgemälde des in Leipzig geborenen Malers Robert Werner Wagner (1936-2021). Eines dieser Gemälde zeigt eine Gruppe von Mitarbeitern, die das Werksgelände zum Feierabend verlässt. Im Hintergrund ist das Anfang der 1960er Jahre fertiggestellte und in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre abgerissene Funkwerk-Hauptgebäude in der Erfurter Rudolfstraße zu erkennen. Die im Bild dargestellten Frauen und Männer tragen unauffällige Straßenkleidung und werden dadurch nicht plakativ einer bestimmten Berufsgruppe zugeordnet. Die Szene ist insofern realistisch, als im Funkwerk der Anteil schwerer körperlicher Arbeit im Vergleich zu Betrieben anderer Industriezweige gering war. Die Belegschaft bestand zu einem beträchtlichen Teil aus Ingenieuren und Technikern. Dieser Fakt wird im Bild dadurch angedeutet, dass einer der Mitarbeiter ein Buch unter dem Arm trägt. Das Gemälde hat eine Größe von etwa 2 m x 1,5 m und ist auf das Jahr 1966 signiert. Es befand sich im Speisesaal des VEB Funkwerk/Mikroelektronik.



Dieses Gemälde von Robert Werner Wagner befand sich im Speisesaal des VEB Funkwerk/Mikroelektronik, Titel unbekannt, Signatur „Wag 66“  
Foto: Gerhard Roleder

Ein zweites Gemälde von Robert Werner Wagner hat eine Abmessung von 1,5 m x 1,5 m und ist mit „Wagner 74“ signiert. Es zeigt Urlauber am Strand. Das Motiv erinnert an einen Ostsee-Urlaub. Im Bild sind, perspektivisch gedrängt, jüngere Erwachsene und Kinder mit Freizeitbeschäftigungen an einem Sommertag dargestellt. Der ehemalige genaue Ausstellungsort dieses Gemäldes ist den Mitgliedern des Fördervereins nicht bekannt. Hinweise von Lesern des Magazins ON.LINE hierzu sind willkommen.



Signatur „Wagner 74“, Titel unbekannt | Foto: Gerhard Roleder

Gemälde mit großen Abmessungen und in kräftigen Farben sind charakteristisch, jedoch kein ausschließliches Merkmal für das Gesamtwerk von Robert Werner Wagner, der von 1953 bis 1957 an der Ingenieurschule für Bauwesen, der heutigen Fachhochschule Erfurt, studierte. Neben einer Tätigkeit als Architekt begann er nach dem ersten Studium ein Abendstudium an der Hochschule für Grafik und Buchkunst Leipzig. Von 1962 bis 1993 lebte er in Weimar. Wagner wurde 1964 freischaffender Maler und Grafiker und erhielt von 1964 bis 1970 einen Fördervertrag mit dem VEB Funkwerk Erfurt. Von 1967 bis 1983 bekleidete er die Funktion des Vorsitzenden bzw. stellvertretenden Vorsitzenden der Sektion Maler und Grafiker im Verband Bildender Künstler des Bezirkes Erfurt. Für seine grafischen Arbeiten bei der Neugestaltung des Goethe-Nationalmuseums erhielt Robert Werner Wagner im Jahr 1982 den Literatur- und Kunstpreis der Stadt Weimar. Seine Serie grafischer Arbeiten zum Thema „Faust“ wird heute durch die Klassik Stiftung Weimar aufbewahrt und kann in digitalisierter Form in der Anna-Amalia-Bibliothek betrachtet werden.



„Faust I. Vor dem Tor“, Grafik von Robert Werner Wagner, 1984  
Foto: Klassik Stiftung Weimar



„Den Kindern gewidmet“ in Nordhausen bleibt der Öffentlichkeit verborgen  
Foto: Heide Lore Kneffel



Robert Werner Wagner in seinem Atelier in Neuruppin, 2006  
Foto: Günter Rieger

Im Jahr 1994 ging Robert Werner Wagner dauerhaft nach Neuruppin, wo er mit seiner Lebensgefährtin an der Rekonstruktion des Fontane-Geburtshauses beteiligt war. In einem Teil des Fontane-Hauses richtete sich Wagner ein Atelier ein. Ab der zweiten Hälfte der 1990er Jahre arbeitete er verstärkt an Radierungen und Buchillustrationen. In Grafiken, Ölgemälden und Pastellen zeigte er seine neue Heimat. Im Jahr 2010 erhielt er den Fontane-Kulturpreis der Stadt Neuruppin. Einen eigenwilligen Umgang mit dem kulturellen Erbe pflegt die Stadt Nordhausen. Die Städtische Wohnungsbaugesellschaft Nordhausen hat es vorgezogen, das Wandbild „Den Kindern gewidmet“ von Robert Werner Wagner ohne technische Erfordernisse einzumauern. Heimatforscherin Heide Lore Kneffel aus Nordhausen hat in mehreren Pressegesprächen darauf hingewiesen, dass das 1983 entstandene Bild in der Stolberger Straße unberechtigt der Öffentlichkeit vorenthalten wird.

Ein gänzlich anderer Umgang mit dem Werk von Robert Werner Wagner lässt sich im Künstlerort Ahrenshoop feststellen. Private Sammler und kleine Galerien besitzen, präsentieren und offerieren bis heute Gemälde und Grafiken von Wagner. In einer Online-Petition für den Erhalt eines historischen Fischerhauses wird Robert Werner Wagner neben Paul Müller-Kaempff und Elisabeth von Eicken als einer derjenigen Maler genannt, die dem Ort ihr künstlerisches Gepräge gegeben haben.

Zur Verhinderung dieser Willkür und zum Erhalt dieses historischen Gebäudes benötigen wir Ihre Unterstützung! Helfen Sie mit, diesen wunderbaren Ort vor weiterer Zerstörung zu bewahren.

Initiative zum Erhalt des historischen Ahrenshoop

**Bitte unterstützen Sie unsere Petition zur Rettung dieses Hauses:**

[www.rettet-dieses-haus.de](http://www.rettet-dieses-haus.de)





Paul Müller-Kaempff  
(Bildnerische Darstellung des Hauses vor Erbauung des Boddenhauses und des Hafens)



Elisabeth von Eicken



Robert Werner Wagner

Robert Werner Wagner als Referenz in einer Online-Petition für die Erhaltung eines Fischerhauses in Ahrenshoop | Foto: Gerhard Roleder



Wandbild (Ausschnitt) von Erich Enge in der Mainzer Straße in Erfurt  
Foto: Gerhard Roleder

## Erich Enge - ein langjähriger Erfurter

Der Maler Erich Enge, geboren 1932 in Rochlitz an der Iser, einem Dorf im tschechischen Teil des Riesengebirges, lebt seit 1971 in Erfurt. Kunstinteressierte kennen ihn als Dozent an der Volkshochschule. Eines seiner bekanntesten Werke ist das 102 m lange und 6 m hohe Wandbild „Die Idee wird zur materiellen Gewalt, wenn sie die Massen ergreift“ in der Mainzer Straße in Erfurt. Das im Jahr 1976 entstandene Bild steht seit 1993 auf der Liste kulturhistorischer Denkmale der Stadt Erfurt. Erich Enge studiert in den 1950er Jahren unter anderem bei Willi Sitte an der Hochschule Burg Giebichenstein in Halle. Einzelausstellungen von ihm waren 1973 in Erfurt und 2016 in Sangerhausen zu sehen. Zwischen 1967 und 1983 war Erich Enge auf den Kunstausstellungen in Dresden vertreten. Das Erfurter Angermuseum ist im Besitz von einigen Bildern von Erich Enge. In Zusammenarbeit mit dem Stadtmuseum Erfurt organisierte er im Frühjahr 2015 eine Benefizausstellung, deren Erlös Flüchtlingskindern und Flutopfern zugutekam.

Das im Thüringer Industriearchiv befindliche Bild „Frauen im VEB Mikroelektronik“ ist auf das Jahr 1986 datiert. Das Bild hat eine Abmessung von 2 m x 1,35 m und zeigt in leicht abstrahierter Darstellung zwei Frauen, die an Mikroskop-Arbeitsplätzen Bauteile, vermutlich Chips oder Wafer, begutachten. Bei einem Besuch in seinem Atelier erzählt Erich Enge von seinen Erinnerungen an die letzten Wochen des 2. Weltkrieges. Sein Elternhaus befand sich außerhalb des Dorfkerns auf einem Hügel. Im jugendlichen Alter fand er trotz des offiziellen Verbotes schnell heraus, dass aufgrund der freien Lage seines Wohnortes die Sendungen der BBC mit dem „Volksempfänger“ ohne Schwierigkeiten zu empfangen waren, so dass er sich gut informiert fühlte. Als politisch interessierter Künstler macht ihm heute der Krieg in der Ukraine gedanklich zu schaffen, was er in seinen aktuellen Arbeiten zum Ausdruck bringt.

Die im Besitz des Fördervereins Thüringer Museum für Elektrotechnik e.V. befindlichen Kunstwerke widerspiegeln wie die Technik-Objekte als Kunstwerke im übertragenen Sinn das jeweilige gesellschaftliche Umfeld. Sie alle hätten es verdient, dem Dasein im Thüringer Industriearchiv entrissen und öffentlich in ihren geschichtlichen Zusammenhängen präsentiert zu werden.



„Frauen im VEB Mikroelektronik“, 1986 | Foto: Gerhard Roleder



Maler Erich Enge in seinem Atelier; im Hintergrund ein in Arbeit befindliches Bild über den Krieg in der Ukraine | Foto: Gerhard Roleder

## HISTORISCHES

### Die „Meininger Sonne“

#### Zur Geschichte der Entdeckung und Nutzbarmachung des Hochstromkohlebogens durch den Meininger Forscher und Entwickler Heinrich Beck (1878-1937)

*Ulrich Liebold, Erfurt*

Sehr erfreut dürfte der Pfarrer von Queienfeld (im heutigen Landkreis Schmalkalden-Meiningen) nicht gewesen sein, als er seinen 1878 noch in (Bad) Salzungen geborenen jüngeren Sohn Heinrich nach wenigen, nicht allzu erfolgreichen Jahren wieder vom Gymnasium in Meiningen abmelden musste. Er hatte den Jungen dorthin geschickt, damit dieser eine der väterlichen Berufslaufbahn ähnliche Karriere einschlagen sollte. Nicht, dass Heinrich der Lehrerschaft nicht aufgefallen wäre, aber eben nicht wegen herausragender Kenntnis von alt-griechischen und lateinischen Vokabeln, sondern wegen seiner technischen Begabung und seiner ausgeprägten Ausdauer und Geschicklichkeit beim Bau selbst erdachter Maschinen. So hatte Heinrich bereits mit dreizehn Jahren eine Dynamomaschine gebaut, die sogar als Anschauungsmittel für den Fundus des Gymnasiums angekauft wurde.

Der Vater gab ihn also in eine handwerkliche Lehre bei einem Meininger Schlossermeister, der ihn allerdings schon nach zwei Lehrjahren zum Gesellen erklärte, da er „zum Lehrling zu gescheit sei“. [1] Für eine fundierte theoretische Ausbildung reichten jedoch die finanziellen Mittel der inzwischen verwitweten Mutter nicht aus. Immerhin konnte Heinrich einige Semester lang das Polytechnikum in Hildburghausen besuchen und machte auch während dieser Zeit Furore in der Residenzstadt. Das „Meininger Tageblatt“ schrieb am 23. April 1896, offenbar gleichermaßen begeistert über zwei miteinander in Verbindung stehende Ereignisse: „Der im dritten Semester stehende Schüler des Technikums zu Hildburghausen Heinrich Beck, [...] , hat in seinen Freistunden und während der Ferienzeit zum Zweck

der elektrischen Beleuchtung der G. Eichhornschen Maschinenfabrik hier eine durchaus sauber gearbeitete Dynamomaschine nach der neusten Konstruktion fertiggestellt, welche ihre Bestimmung zur vollsten Zufriedenheit erfüllt. Der mit dieser Maschine verbundene Scheinwerfer wirkt glänzend auf weite Entfernungen. [...] Hiermit hat die elektrische Beleuchtung unseres Wissens zum zweiten Mal - vor einigen Monaten erhielt nämlich eine Galerie des Residenzschlosses bereits elektrisches Licht - in hiesiger Stadt ihren Einzug gehalten, und voraussichtlich wird in kurzem eine weitere Ausbreitung dieser modernen Errungenschaft hier erfolgen.“ [1]

Die „moderne Errungenschaft“ einer hellen, stetigen Beleuchtung großer Gebäude und Flächen auf der Basis elektrischer Prinzipien muss Heinrich damals als Möglichkeit erschienen sein, für sich selbst einen auskömmlichen Lebensunterhalt zu schaffen, und diese Empfindung hat ihn nicht getäuscht.

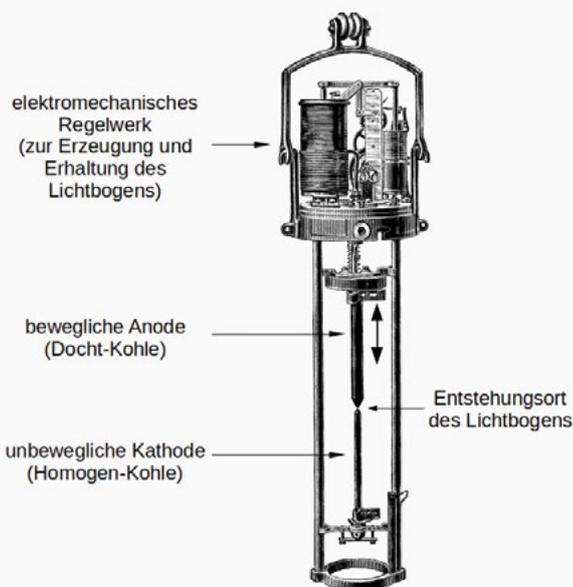
### Von schummrig zu strahlend hell

Die Menschheitsgeschichte ist untrennbar mit dem durch die Nutzung des Feuers entdeckten Phänomen der „Beleuchtung“ verbunden. Über Jahrtausende änderte sich wenig an der menschlichen Fähigkeit, Licht künstlich zu erzeugen. Der Kienspan und die Pechfackel, tierische und pflanzliche Fette, Öle und Wachse in Öllampen und Kerzen und Gaslicht aus Karbid oder Steinkohle existierten mit all ihren unterschiedlichen Nachteilen wie Kurzlebigkeit, hohem Brandrisiko, gesundheitlichen Belastungen durch starkes Rußen, teilweise hohen Beschaffungs- und Herstellungskosten sowie (bei Steinkohlengaslicht) Aufwand für Leitungssysteme viele Jahrhunderte nebeneinander. „Doch was damals als hell galt, würden wir heute wohl als intim oder schummrig bezeichnen“ [2], und es war keineswegs geeignet die Beleuchtungsbedürfnisse der durch die industrielle Revolution entstandenen wirtschaftlichen Zentren und damit verbundenen Großstädte zu erfüllen, zumal der zunehmende Einsatz von nicht ruhebedürftigen Maschinen zu einer Verlängerung und Intensivierung von nächtlicher Arbeit führte.

In dieser Situation richtete sich das Interesse der Forscher und Entwickler auf eine Lichtquelle, die schon um 1800 wegen ihres strahlend hellen, große Reichweiten erzielenden Lichtes Aufmerksamkeit erregt hatte, die Kohlebogenlampe. In einer solchen Lampe stehen sich zwei stabförmige Graphitelektroden (im Alltagsgebrauch „Kohlen“ genannt) gegenüber. Werden sie von Strom durchflossen, beginnen die Kohlen weiß zu glühen und abzubrennen. Der Strom für diesen Vorgang musste durch Generatoren erzeugt werden. Durch den Abbrennvorgang wird die Luft in der Lampe erhitzt und steigt nach oben; sie breitet sich bogenförmig aus. Daher rührt die englische Bezeichnung „arc lamp“. Ihr Erfinder war der Brite Dawy. Das deutsche Pendant wurde als „Bogenlampe“ bezeichnet. (Heute würde wohl jeder, den man fragte, was denn eine „Bogenlampe“ sei, an mehr oder weniger weit geschwungene Straßenlaternen denken, deren Bogen in erster Linie eine Folge der angestrebten Beleuchtungsfläche, des Designs und der Materialkosten ist.) Bei Dawy und seinen Nachfolgern, den Engländern Staite und Petrie (um 1840) und dem Russen Jablotschkow (in den 70er Jahren des 19. Jahrhunderts), ging es immer darum, vorhandene Nachteile (wie das ungleichmäßige Abbrennen der Elektroden und das notwendige Nachschieben der Kohlen in relativ kurzen Zeiträumen) zu verringern oder zu beseitigen und die Antriebsmaschinen zu optimieren, denn erst das versprach eine lukrative Vermarktung. Vgl. [3]

Das durch Kohlebogenlampen erzeugbare sehr helle Licht war immer ihr größtes Plus, ohne dass ihre Nachteile völlig verschwanden. Durch den Abbrand änderte sich der Abstand der Elektroden und sie mussten daher nachjustiert werden. Es bestand bei insgesamt nicht allzu langer Lebensdauer immer die Gefahr der Instabilität des Lichtbogens. Bei Wechselstrom brannten beide Elektroden gleichmäßig ab. Bei Gleichstrom brannte die Anode jedoch ungefähr zweimal so schnell nieder. Sie musste daher einen etwa zweimal so großen Durchmesser haben wie die Kathode. Und dennoch: Das repräsentativ Strahlende der Kohlebogenlampe zog diejenigen, die es sich leisten konnten und auf Repräsentation Wert legten, an. Die schon länger vorhandene Gasbeleuchtung der Berliner Innenstadt an der Kreuzung Friedrichstraße/Unter den Linden wurde 1879 durch Kohlebogenlampen ersetzt und der neu erbaute „Centralbahnhof“ in München erhielt von vornherein eine solche Beleuchtungsanlage, die ihm das Attribut „erster elektrisch beleuchteter Bahnhof Deutschlands“ einbrachte. Hierbei kamen die von Werner (von) Siemens erdachten Differentialbogenlampen zum Einsatz, die den Vorteil hatten, dass die Kohlestäbe automatisch regulierbar waren und ein Generator eine Reihe von Lampen mit Energie versorgen konnte.

### Gleichstrom-Kohlenbogenlampe



Hersteller: Körting & Mathiesen, Differentiallampe Modell J, um 1900

Darstellung des Prinzips einer Kohlebogenlampe mit Regelwerk am Beispiel der Differentiallampe Modell J der Fa. Körting & Mathiesen [4]



Bogenlampenbeleuchtung mit Differentiallampen von Siemens vor dem Mansion House, London [5]

In den darauf folgenden Jahren interessierten sich zunehmend auch Klein- und Mittelstädte für die elektrische Beleuchtung häufig für ihre Bahnhofsbereiche. Zum Beispiel meldete die damals aufblühende Kleinstadt Sangerhausen in Nordthüringen (heute Sachsen-Anhalt) mit 12.000 Einwohnern 1907 den Bedarf an 44 Bogenlampen an. „Sangerhausen hatte Gaslicht, eine eigene Gasanstalt gab es seit 1873, doch z.B. am Bahnhofsvorplatz wollte man dann doch elektrische Bogenlampen.“ [6]

## Mit klarem Ziel

Bei gelegentlichen Aufenthalten in Berlin, bei denen Heinrich Beck als Gasthörer auch Vorlesungen des damals schon berühmten Elektrotechnikers und späteren ersten ordinierten Professors für Elektrotechnik an der Königlich Technischen Hochschule in Charlottenburg, Adolf Slaby (1849-1913), verfolgte, konnte er viele elektrische Anwendungsfelder in natura studieren. In Meiningen arbeitete Beck weiter daran, sich ein Auskommen, wenn nicht Wohlhabenheit, durch die Installation von elektrischen und Maschinenbau-Fabrikanlagen zu schaffen. Aber die Bedingungen in der kleinen, fernab gelegenen Residenzstadt boten ihm nicht genug, sodass er eine Stellung in einem ähnlich gelagerten Betrieb in Hamburg annahm und dort natürlich auch Berührung mit den Anforderungen des Schiffahrtswesens hatte. Licht und Beleuchtung stellten sich ihm hier unter neuen Gesichtspunkten dar, denn „selbst die stärksten Leuchtfeuer wurden damals mit Petroleum oder allenfalls Gas gespeist. ... [Beck] mag schon damals erkannt haben, welche Wirkung sich bei Vorhandensein einer wirklich intensiven Lichtquelle erzielen lässt.“ [1]

1902 lernte Heinrich Beck seine spätere Frau kennen, was ihn wiederum - jetzt aber mit vielerlei neuen Erfahrungen und Ideen - in die Heimat zurückzog, natürlich nur noch stärker motiviert, ein Auskommen zu erarbeiten, das auch eine Familie ernähren konnte. Entsprechend seinem Naturell, das wohl vor allem das eines Tüftlers und Bastlers war, lieh er sich 1903 eine kleinere Summe, mit deren Hilfe er Räumlichkeiten im Keller eines Gasthauses etwas außerhalb von Meiningen mietete und dort ein Versuchslaboratorium einrichtete. Der unschätzbare Vorteil dieser Räumlichkeiten war, dass das Haus zur Eigenbeleuchtung einen Gasmotor mit Dynamo besaß und Beck erlaubt war, ihn tagsüber für seine Experimente zu verwenden. Er arbeitete zielgerichtet an der Kohlebogenlampe. „Das komplizierte Regelwerk dieser Lampen war seinem Sinn, der aus jeder Erscheinung stets das einfache und grundlegende herauszuschälen versuchte, [...] zuwider, und in diese Zeit fällt nachweislich sein Vorsatz, eine Lampe zu bauen, die ohne jedes Regelwerk arbeitet, also eine sogenannte ‚uhrwerklose‘ Lampe.“ [1]

## Für einen intensiven Effekt

Bei seinen Versuchen benutzte Beck jetzt von vornherein auch „Effektkohlen“. Sie waren von dem Wuppertaler Hugo Bremer erfunden worden, der mit seinem „Bremer Licht“ die höchste Auszeichnung auf der Pariser Weltausstellung des Jahres 1900 erhalten hatte, denn es „übertraf alle anderen damaligen elektrischen Lampen.“ [7] Effektkohlen besaßen mit einer Drahteinlage (Metallader) aus leicht verdampfenden Metallen wie Aluminium, Zink und dergleichen einen metallischen Docht. Später wurden auch der Ummantelung der Kohlen metallische Zusätze beigefügt, was natürlich die Stromleitung intensiviert und damit den Bogen, aber eben leider auch die Schlackenbildung. Das führte zu einer größeren Unruhe des Lichtes. Für eine - wie von Beck gewollte - regelwerklose Lampe war besonders Letzteres eine Herausforderung. So stellte er für seine Versuche eine große Anzahl von Kohlen mit verschiedenen Dochten her. Gleichzeitig untersuchte er, wie das erzeugte Licht durch die Hinzufügung von Salzen gefärbt werden konnte, was bei Präsentationsbeleuchtungen durchaus von Nutzen war. Bei all seinen Versuchsreihen kam Heinrich Beck zupass, dass er wegen seiner handwerklichen Ausbildung immer in der Lage war, entsprechende Versuchsanordnungen zu ersinnen, selbst zu bauen und so seine erdachten Unikate selbst herzustellen.

Das Hauptziel blieb aber, die Kohlebogenlampe regelwerklos betreiben zu können und der Erfinder experimentierte mit verschiedenen Stellungen der Elektroden zueinander, wie es schon andere vor ihm getan hatten. Aber ... „auch hier kam der Erfolg von der Kohlenseite, indem das bisher allein übliche Kreisprofil verlassen wurde und eine sog. Rippenkohle zur Anwendung kam. Die dünne, aus dem Kreisprofil vorstehende Rippe, ebenfalls aus Kohle bestehend und mit der Kohle in einem Arbeitsgang gepresst, stützte sich auf eine unverbrennliche, metallisch leitende Auflage, durch welche der Strom zugeführt wurde. Durch die Übergangswärme erhitze sich der untere Teil der dünnen Rippe schließlich bis zur Weißglut, krümelte zu einem geringen Teil ab, worauf die Kohle infolge ihres Eigengewichtes um den entsprechenden Betrag heruntersank. So war auf einfachste Weise erreicht, dass das leuchtende



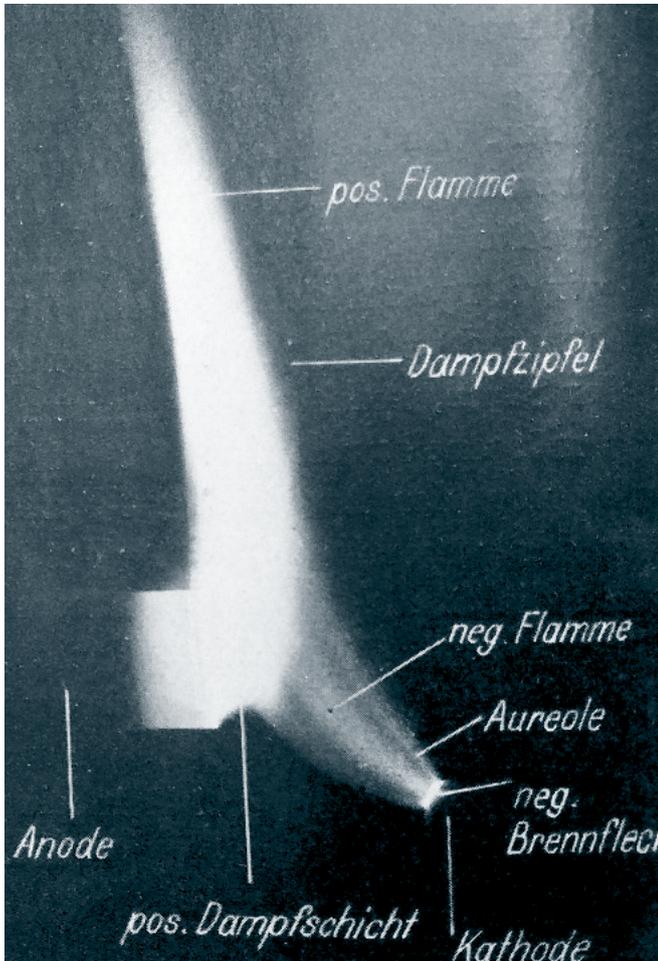
Heinrich Beck in seinem Meiningener Laboratorium, um 1910 [12]

Kohleende stets am gleichen Fleck stehen blieb, und zwar weitgehend unabhängig von der Stromstärke, da bei höherem Strom eine stärkere Erwärmung der Stützrippe eintrat, wodurch wiederum das Abkrümmeln beschleunigt wurde und somit die Kohle ihrem höheren Abbrand entsprechend schneller vorge-schoben wurde.“ [1]

Nach vielen Detailanpassungen und auch nicht wenigen Rückschlägen bei seinen Versuchen war Beck um 1906 in der Lage, funktionierende markt-reife Produkte anzubieten. Er hatte auch Geldgeber gefunden, sodass die Deutsche Beck-Bogenlampen-Gesellschaft in Frankfurt am Main gegründet werden konnte. Diese trat bald auch mit selbstständigen Niederlassungen in England, Italien und Amerika auf. Der Erfinder war als ihr technischer Direktor tätig. Er fühlte sich aber bald aufgerieben zwischen Patent-verletzungsklagen gegen Nachahmer, Reise- und Beratungstätigkeit für Kunden, Auseinandersetzungen mit Gesellschaftern und seinem eigentlichen Bedürfnis nach forschender Tätigkeit, zumal er auch erkannte, dass die Glühlampe mit Metallfaden auf dem Vormarsch war. Der geschäftliche Erfolg der Jahre in Frankfurt ermöglichte ihm jedoch, sich aus der Firma zurückzuziehen und in einer neu erbauten

Villa in Meiningen ein gut ausgestattetes, modernes physikalisch-technisches Laboratorium einzurichten, das seinen Vorstellungen entsprach.

Der Entwickler hatte sich bereits in Frankfurt mit Gas-entladungslampen befasst, um neuere Lichtquellen als die bekannten zu analysieren. Einen praktischen Nutzen brachten diese Arbeiten damals aber noch nicht, und die Entwicklungsrichtung auf dem Gebiet der Großraum- und öffentlichen Beleuchtung zeigte weiterhin zur Glühlampe. Es blieb also auch im Meiningener Laboratorium einiges zu tun, um dem „Forschungskern“ Becks, dem „Beck-Lichtbogen“, neue ausgereifte Anwendungen zu geben. Der sogenannte „Beck-Effekt“ (entdeckt 1910) meint „die starke Intensivierung des Anodenflammen-Lichtes in einem Lichtbogen durch Verwendung von positiver Dochtkohle und Zusatz von Salzen der Seltenerd-metalle zur Anode (Beck-Bogen). Besonders eignet sich Cer-Salz. Der Effekt tritt bei Überschreiten einer gewissen Stromstärke auf, wobei eine leuchtend weiße Flamme vor dem Krater der positiven Kohle erscheint. Die Strom-Spannungs-Kennlinie des Bogens hat an dieser Stelle einen Knick nach oben. Dieser Spannungsanstieg um einige Volt geht vermutlich auf die Verdampfung der Leuchtsalze zurück.“ [8]



200-Ampere-Beckbogen mit lichttechnisch üblicher Bezeichnung der verschiedenen Bogenteile | Aufnahme von Harald Beck [13]

## Neu im Fokus: Marinescheinwerfer

Becks Interesse richtete sich nun auf Scheinwerfer, und die erste industrielle Partnerin war die Bogenlampenspezialfabrik von Körting und Mathiesen in Leipzig, die 1912 mit dem Ingenieur einen Patentnutzungsvertrag für seine Scheinwerfertechnik abschloss. Sie beruhte auf dem o. g. Prinzip der Überlastung der aus Metallverbindungen bestehenden Dochte der Elektroden.

Es waren die Jahre der Flottenausrüstung im deutschen Kaiserreich. Die Leipziger Firma glaubte, die Kaiserliche Marine würde sich für die neuen Schein-

werfer interessieren. Allerdings meldete die Kriegsmarine allerlei Kritikpunkte an (das Licht sei ungeeignet, neblige und dunstige Atmosphären zu durchdringen, die langen dünnen Kohlen seien für den militärischen Gebrauch zu bruchanfällig u. a. m.). Sie war sogar so eindeutig desinteressiert, dass sie Angebote an ausländische Interessenten ausdrücklich erlaubte, darunter vor allem solche an die USA. Tatsächlich gab es in Meiningen im Mai 1914 eine Scheinwerfervorführung für Sachverständige der US-Regierung, die im Zusammenhang mit der Prüfung der Lichtmessergebnisse dazu führte, dass eine weitere Vorführung unter „gefechtsmäßigen“ Bedingungen an Bord eines US-Kriegsschiffes anberaumt wurde. Die Leipziger Firma baute dafür einen Musterscheinwerfer.

Im Juli 1914, also kurz vor Ausbruch des 1. Weltkrieges, fand in Anwesenheit von Heinrich Beck in der Marinewerft Brooklyn eine Vorführung statt, die dann auf einem Schlachtschiff wiederholt werden sollte. Dazu kam es jedoch nicht mehr, denn der Meiningener Ingenieur zog es vor, am 1. August 1914 mit seiner Frau nach Deutschland zurückzukehren, zumal sich auch seine Kinder dort befanden. Sein Schiff wurde jedoch von den Engländern am Ärmelkanal angehalten und alle Männer im wehrfähigen Alter zunächst in Liverpool interniert. Man nahm Beck seine mitgeführten Papiere ab und verhörte ihn. Zu seiner Verwunderung erhielt er aber die Patent- und Konstruktionspapiere – offenbar unangesehen – zurück. Er musste sich entscheiden, ob er in die USA zurückkehren oder als Internierter bis Kriegsende im Vereinigten Königreich ausharren wollte. Da er auch seine Kinder in die USA nachholen durfte, fiel ihm die Entscheidung nicht schwer. Inwiefern damals US-Kreise die Ausreiseerlaubnis von den schon im Krieg befindlichen Engländern beeinflusst hatten, bleibt unklar. Ein später geäußertes Ansinnen der englischen Marine, der Ingenieur solle sein Patent nun doch an die Engländer verkaufen, lehnte er ab. Allerdings konnte die deutsche Industrie auch nicht davon profitieren. Die US-Marineverwaltung verlangte, dass sich amerikanische Firmen mit dem Bau der Beckschen Scheinwerfer befassen sollten. Die Aufträge gingen an die General Electric Co. in Schenectady, die die Geräte in Lizenz produzierte.



General Electric Beckscheinwerfer 150 cm Spiegel, 1916 [14]

Beck siedelte mit seiner Familie dorthin über und hatte anfangs auch einen Beraterposten inne. Es kam allerdings sehr bald zu einer Nachahmung des Beck-Scheinwerfers durch die Firma Sperry Syroscope Co., die die deutsche Entwicklung nachahmend als die ihre ausgab. Beck war als Einzelperson und „feindlicher Ausländer“ (spätestens seit 1917) nicht in der Lage, diese Behauptung zurückzuweisen. Nur General Electric konnte durch eine Patentverletzungs- und Nichtigkeitsklage erreichen, dass Beck als Erfinder anerkannt wurde. Wirtschaftlich hatte die Familie nicht zu leiden, die Beckschen Söhne Heinz und Harald besuchten die Schule in Schenectady und fühlten sich anders als ihr Vater vom Leben dort angezogen. Aber Heinrich Beck zog die Mentalität seiner

thüringischen Heimat vor. Nachdem die USA offizieller Kriegsgegner geworden waren, fühlte er sich auch seinen patriotischen Gefühlen verpflichtet. Er sehnte sich wohl auch nach einem selbstbestimmten Forscherleben zurück. 1920 kehrte er mit seiner Familie heim nach Deutschland.

Auch die deutsche Marine setzte gegen Ende des 1. Weltkrieges zunehmend Scheinwerfer auf der Basis des Beckschen Lichtbogenprinzips ein, denn die nun größere Reichweite der Geschosse verlangte jetzt auch lichtintensivere Suchscheinwerfer.

## Scheinwerfer auf der Villa Beck

Damit wäre die Scheinwerferproduktion für Schiffe in Deutschland wahrscheinlich das weitere Hauptbetätigungsfeld des Ingenieurs gewesen, aber unter den Bedingungen des Versailler Vertrags war daran natürlich nicht mehr zu denken. Er fand jetzt aber Gelegenheit, ein einziges Mal in seinem Forscherleben, seine praktische Arbeit in einer theoretischen Schrift zusammenzufassen. 1921 erschien in der Elektrotechnischen Zeitschrift ab Seite 993 ff. sein Aufsatz „Die Theorie des Becklichtbogens“. Der Musterscheinwerfer, der 1914 zur Vorführung nach Amerika gekommen war, konnte nach einigen Verhandlungen nach Meiningen zurückgeholt werden und wurde auf dem bei Gebäuderenovierungen erhöhten Versuchsturm erneut aufgestellt. Dort wurden weiterhin Messungen zu verschiedenen Tages- und Helligkeitszeiten unternommen, was mitunter die Vögel irritierte und dem Gerät den Beinamen „Meiningener Sonne“ einbrachte. 1923 stellte das thüringische Unternehmen Carl Zeiss in Jena, das über eine holländische Tochterfirma Scheinwerferlampen produzierte, den Kontakt zu Heinrich Beck her, um ihn für eine Zusammenarbeit zu gewinnen. Seine Scheinwerfer-Patente waren jedoch inzwischen (wie vom Versailler Vertrag verlangt) an die Siemens-Schuckertwerke gegangen. Vgl. [9]

1937 starb Heinrich Beck unerwartet und noch relativ jung in Meiningen an den Folgen eines Herzinfarkts. In einem Nachruf auf ihn erinnerte sich der Meiningener Einwohner M. Lang: „Wenn die Zimmerlampe plötzlich dunkler brannte, dann wussten wir, daß die stromverzehrende ‚Meiningener Sonne‘ ans Netz angeschlossen war. Wie war es uns doch zur Selbstverständlichkeit geworden, daß der Scheinwerfer in den letzten bewegenden Minuten eines scheidenden Jahres die Türme der Stadtkirche anstrahlte, solange die Glocken das neue Jahr feierlich einläuteten. – Und unvergessen jene spätsommerliche Septembernacht 1929, als der ‚Graf Zeppelin‘ nach seiner glückhaft vollendeten Weltfahrt bei Glockengang und Scheinwerferlicht über unser Tal flog!“ [10]

**XI. Bogenlampen.**  
**Bogenlicht. Scheinwerfer.**

**Wie entsteht das Bogenlicht?**  
Wenn man 2 Kohlenstäbe, die mit der + und – Leitung einer Stromquelle in Verbindung stehen, mit einander in Berührung bringt, so kommen die Kohlenspitzen zum Glühen.

**Welche Spannung muß aber vorherrschen?**  
Mindestens eine Spannung von 36 Volt.

**Was geschieht nun, wenn die Kohlen aneinandergebracht werden?**  
Es entsteht ein außerordentlich helles Licht.

**Wie entsteht dieses Licht?**  
Die Enden der Kohlen kommen in Weißglut, es springen kleine Kohlenpartikelchen von der + Kohle zur – Kohle über und diese kommen mit der Luftschicht zum Glühen zu einer bläulich-weißen Flamme.

**Wie bildet sich der Lichtbogen bei wagerechter Lage der Kohlen?**  
Er nimmt eine nach oben gekrümmte Form an, weshalb man dieses Licht auch Bogenlicht nennt.

**Wie brennen die Kohlenspitzen nun ab?**  
Die + Kohle höhlt sich trichterförmig aus, die negative brennt dagegen spitz zu; hierbei fliegen fortwährend kleine Kohletheilchen von der + zur – Kohle, die den elektr. Strom leiten.

**Was wird geschehen, wenn die Kohlen längere Zeit brennen?**  
Sie werden nach und nach kürzer werden und bei einem gewissen Abstände wird der Lichtbogen erlöschen.

Auszug aus dem „*Hilfsbuch für den Unterricht in Borelektrotechnik. Anhang zum Instruktionbuch Technische und Militärische Themata*“ [15]



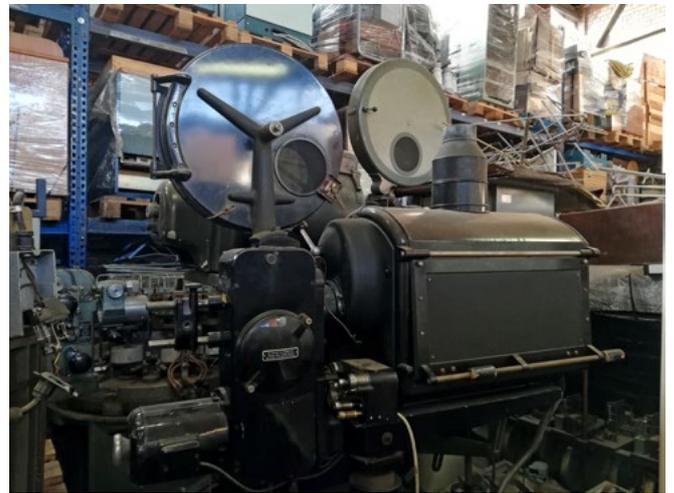
*Beleuchtung der Meiningener Stadtkirche mit einem Beckscheinwerfer Silvester 1937 [16]*

Becks Söhne Heinz und Harald waren zu dieser Zeit bereits studierte und erfahrene Entwicklungsingenieure, die beide eine Zeit lang auch im Institut ihres Vaters tätig gewesen waren. Sie setzten das Werk Heinrich Becks in Zusammenarbeit mit der AEG fort, zu der das Beckische Laboratorium schon seit dem Beginn der 1930er Jahre gehört hatte. Das bedeutete mit der Wiederaufrüstung ab 1933 eine Arbeit vor allem an der Entwicklung von Flugabwehr-Scheinwerfern. Vgl. [9]

## Anwendungen des Beck-Bogens

Ein weiteres großes Anwendungsfeld des Beck-Bogens, das spätestens in den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts stetig an Bedeutung gewann und seinen Höhepunkt vor und unmittelbar nach dem 2. Weltkrieg erlebte, war die Kino-Projektionstechnik. Das Thüringer Elektromuseum Erfurt e.V. besitzt dafür einige Belege, nämlich einen Kinoprojektor vom Typ ZEISS IKON Ernemann VIIB aus dem VEB Kinowerke Dresden, dem DDR-Nachfolger der Zeiss-Ikon AG in Dresden, die 1947 enteignet und in einen VEB überführt worden war. Diese Geräte wurden dort von 1949 bis 1952 gebaut und hatten eine hohe Qualität. Ihre Objektive stammten von Zeiss aus Jena. Hier kamen die Expertisen bei der Erzeugung von sehr hellem Licht (Lichtbogen) und bei der Fabrikation von optischen Komponenten zusammen. Die Projektoren konnten über eine relativ große Distanz scharfe Bilder in (bei entsprechendem Ausgangsmaterial) hoher Farbbrillanz erzeugen.

Außerdem befinden sich im Fundus des Elektromuseums zwei Kinoprojektoren der Fa. Eugen Bauer GmbH, Stuttgart-Untertürkheim, die auch das Prinzip des Kohlelichtbogens ausnutzen, nämlich ein Bauer B8 und ein Bauer B5A. Der B8 wurde zwischen 1938 und 1953 produziert und der B5A in den Jahren 1953-1956.



*Kinoprojektor vom Typ ZEISS IKON Ernemann VIIB im Depot des Thüringer Elektromuseum Erfurt e.V. (Foto Autor)*



*Beck-Lampe mit Projektionsspiegel im ZEISS IKON Ernemann VIIB Kinoprojektor, Depot des Thüringer Elektromuseum Erfurt e.V. (Foto Autor)*

Das einstmals so bewunderte strahlend helle Licht des Lichtbogens ist längst übertroffen worden von Xenon-Lampen und LEDs, mit denen der Enkel Heinrich Becks, Dr. Rasmus Beck, die Tradition seines Großvaters hinsichtlich der Scheinwerfer fortsetzte. Von den vielfältigen Anwendungen des Beck-Bogens ist heutzutage nur ein Relikt geblieben, das Lichtbogenschweißen, bei dem der Bogen zwischen dem zu schweißenden Werkstück als Kathode und einer sich verbrauchenden Anode entsteht und das Werkstück an den Rändern zum Schmelzen bringt.

In Heinrich Becks Laboratorium wurde die Arbeit nach dem 2. Weltkrieg fortgesetzt. Es „wurden die Arbeiten an der Scheinwerferentwicklung von Harald Beck mit wissenschaftlicher Zielsetzung (z. B. in der Atmosphärenforschung) weitergeführt. Andere Lichtbogen- und Plasmaanwendungen kamen hinzu; so z. B. das thermische Plasmaspritzen von hochschmelzenden Metallen. Die Meiningener Forschungsstätte wurde 1955 in ein Institut der Akademie der Wissenschaften der DDR umgewandelt und auf dem Dach eine kleine Sternwarte eingerichtet. 1968 übernahm die Technische Hochschule in Ilmenau die Labore in Meiningen, ...“ [10] Sie blieben eine Außenstelle der TH bis 1991.

Harald Beck war 1956 zum Gründungsdirektor des neu geschaffenen Instituts für Lichttechnik an der TH Ilmenau (heute TU) berufen worden und war auch Institutsdirektor in Meiningen. Er füllte diese Funktionen bis 1962 aus, als er in einer aus damaliger Sicht abenteuerlichen Weise nach den Weihnachtsferien nicht mehr nach Ilmenau zurückkehrte, sondern über Ungarn, Jugoslawien und Österreich in die Bundesrepublik Deutschland übersiedelte. „Mehr als 20 Jahre bis zum Ende der DDR untersuchte das Wissenschaftlerteam in Meiningen technisch nutzbare Plasmen, wobei vornehmlich anwendungsnahe Industrieprojekte verfolgt wurden. Die dabei erzielten Ergebnisse konnten sich auch im internationalen Vergleich durchaus sehen lassen.“ [11] „1994 konnte der Enkel des Institutsgründers, Dr. Rasmus Beck ... das stark renovierungsbedürftige Haus [in Meiningen] vom Land Thüringen zurückkaufen. Zunächst mit Vereinsstatus als Auftragsforschungsinstitut für Lasertechnik e.V. firmiert[e] es ab 2003 als Heinrich-Beck-Institut GmbH.“ [9] Diese Firma hat ihre Tätigkeit inzwischen beendet und die Meiningener Villa befindet sich in Privathand.

#### Dank

Der Autor dankt für freundliche Unterstützung: Frau Andrea Tischer, Stadtverwaltung Meiningen, Fachbereich Kultur Herrn Dr. Klaus Schroeder, Deutsches Marinemuseum Wilhelmshaven

#### Quellen:

[1] Erinnerungen von Harald Beck. Stadtarchiv Meiningen, Bestand Heinrich-Beck-Institut, Laufzeit 1907-1922



Ehemaliges Institut von Heinrich Beck in Meiningen, 2010 [17]

- [2] „Geschichte der Beleuchtung“. Wikipedia, 25. Januar 2022, [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Geschichte\\_der\\_Beleuchtung&oldid=219544638](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Geschichte_der_Beleuchtung&oldid=219544638)
- [3] „Kohlebogenlampe“. Wikipedia, 10. Januar 2022, <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kohlebogenlampe&oldid=219033536>
- [4] Das Bogenlicht und seine Anwendungen. Körting & Mathiesen Bogenlampenfabrik Leutzsch - Leipzig, 1899, Seite 23
- [5] Propyläen Technikgeschichte, Bd. 4. Berlin, 1990-1992, S. 322 | [www.becklaser.de/heinbeck/bl-mansion-house.html](http://www.becklaser.de/heinbeck/bl-mansion-house.html)
- [6] Schmölling, Andreas, und Schmölling, Klaus. 90 Jahre Elektrizitätswerk Bretleben. Mitteldeutsche Energieversorgung Aktiengesellschaft (MEAG), 1996. Seite 21
- [7] „Hugo Bremer“. Wikipedia, 17. Mai 2021, [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hugo\\_Bremer&oldid=212059642](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hugo_Bremer&oldid=212059642)
- [8] Beck-Effekt. <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/beck-effekt/1339>. Zugegriffen 17. März 2022
- [9] Beck, Tilmann. Heinrich Beck: Ein Erfinder und sein Vermächtnis. Meiningen, 2012
- [10] Heinrich Beck - Zum Gedächtnis. <http://www.becklaser.de/heinbeck/hb-zgedaechtnis.html>. Zugegriffen 17. März 2022
- [11] Heinrich Beck: Der Beckscheinwerfer. <http://www.becklaser.de/heinbeck/bscheinwframeset.html>. Zugegriffen 18. März 2022
- [12] [https://de.wikipedia.org/wiki/Heinrich\\_Beck\\_%28Ingenieur%29#/media/Datei:Heinrich\\_Beck\\_LCCN2014698600.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Beck_%28Ingenieur%29#/media/Datei:Heinrich_Beck_LCCN2014698600.jpg)
- [13] Finkelnburg, Wolfgang. Hochstromkohlebogen - Physik und Technik einer Hochtemperatur-Bogenentladung. Springer-Verlag / Berlin • Göttingen • Heidelberg J. F. Bergmann/München, 1948. Seite 6
- [14] <http://www.becklaser.de/heinbeck/bscheinwframeset.html>
- [15] Verlag von Carl Lohse Nachf., Wilhelmshaven. 1923 Bestand des Deutschen Marinemuseums Wilhelmshaven
- [16] <http://www.becklaser.de/heinbeck/bscheinwframeset.html>
- [17] [https://de.wikipedia.org/wiki/Heinrich\\_Beck\\_%28Ingenieur%29#/media/Datei:Nachtigallen13.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Beck_%28Ingenieur%29#/media/Datei:Nachtigallen13.jpg)

## Elektrifizierung Thüringens mit „Rang und Namen“

Matthias Wenzel, Erfurt

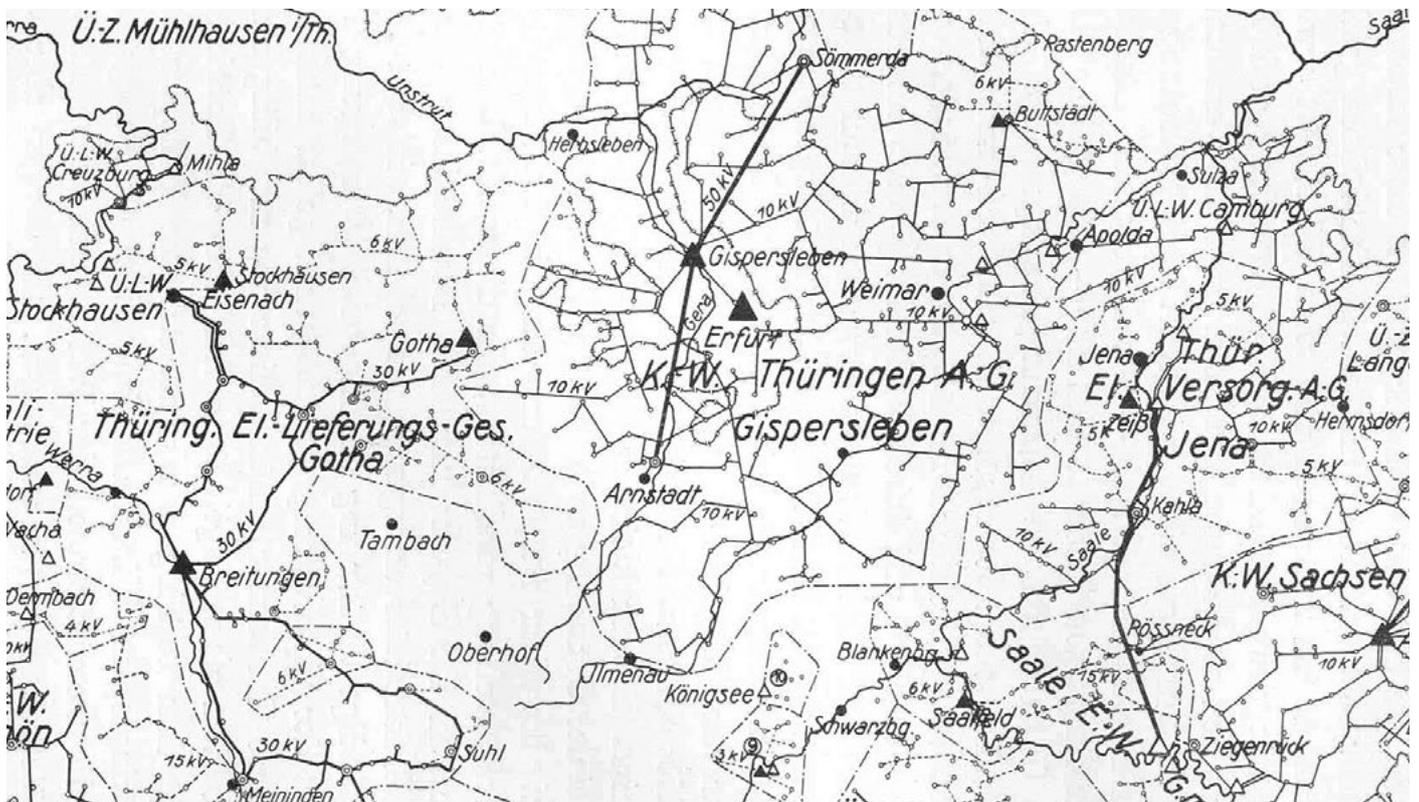
### Kurzer Überblick: Elektrifizierung von kompromisslos bis staatlich sanktioniert

In den ersten zwei Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts lieferte sich ein Teil der thüringischen Elektrizitätswerke mit Überlandwerk-Ambitionen einen harten Netzausbau-Wettbewerb. Besonders aktiv waren in Mittelthüringen das Elektrizitätswerk Oberweimar Überlandzentrale GmbH und das Elektrizitätswerk Gispersleben AG. Sie fusionierten 1915 zum Kraftwerk Thüringen AG mit Sitz in Gispersleben (heute Stadtteil von Erfurt). Beide Unternehmen trieben schnell und auf möglichst kürzestem Weg Stickleitungen bis zur Bildung eines Netzes vor und elektrifizierten die Ortschaften innerhalb der Ringe teilweise dann erst viele Jahre später. Kleinere E-Werke auf dem Ausbau-Weg wurden dabei auf-

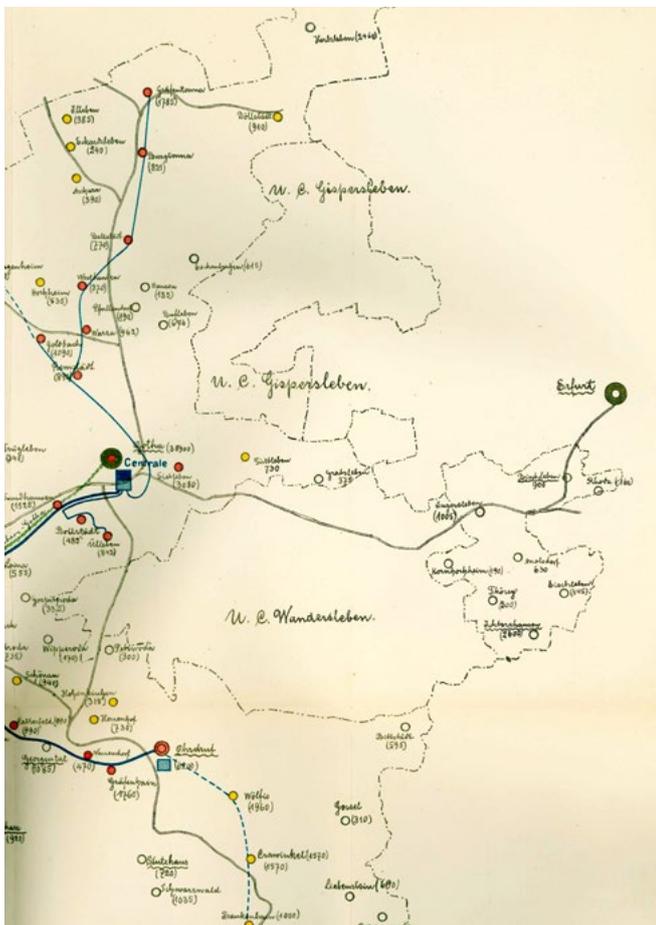
gekauft (bspw. die Überlandzentralen Blankenhain und Vieselbach oder das Elektrizitätswerk Greußen). Mit dem Erwerb der Überlandzentrale Wanderleben im Jahr 1910 erreichten die Oberweimarer fast die Stadtgrenze Gothas und damit ihre größte Ausdehnung. Die betriebswirtschaftlich ausgelegte Netzausbaustrategie war so erfolgreich, dass über die Jahre eines der größten und leistungsfähigsten thüringischen Überlandwerke entstand, welches sogar die Netzausdehnung des Städtischen E-Werkes Erfurt verhindern konnte.



EVU-„Landschaft“ in Mittelthüringen, Ausschnitt, um 1925



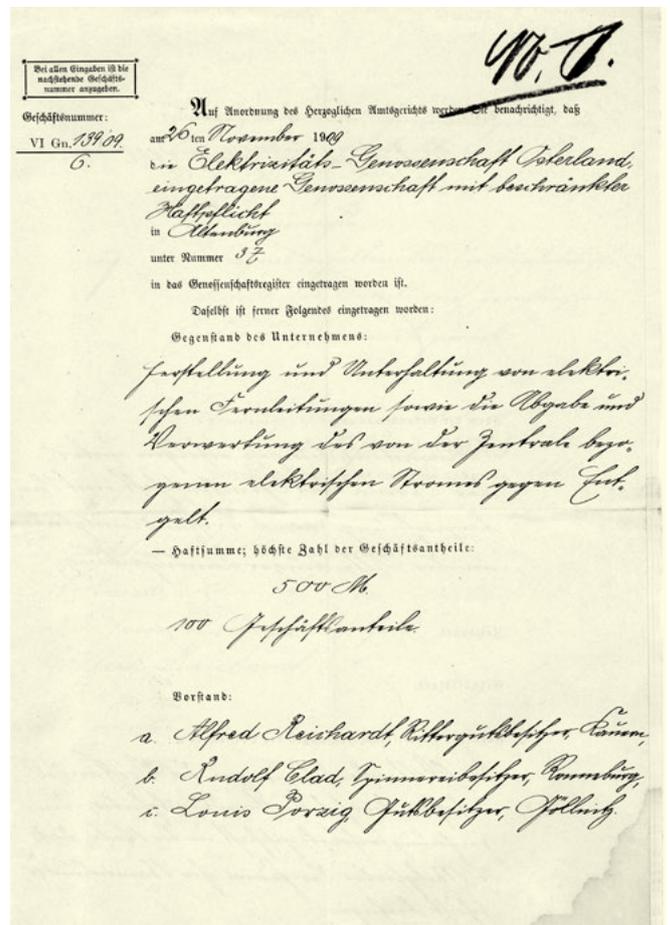
Hoch- und Mittelspannungsnetzausbau in Thüringen Stand 1922, mit diversen Stich- und Ringleitungen



Ausschnitt aus der Netzplanung der Thelg Gotha (rot: sofort anzuschließen, gelb: für den späteren Anschluss vorgesehen). Erkennbar ist „Abwehr-Netz-  
bau“ gegen das ÜLW Gispersleben, 1911

Deutlich einfacher hatte es für den Netzausbau die 1912 – auf Grundlage von Staatsverträgen zur Versorgung der Herzogtümer Sachsen-Gotha und Sachsen-Meiningen sowie der zu dieser Zeit preußischen Kreise Schmalkalden und Schleusingen und der Stadt Suhl – gegründete Thüringer Elektrizitäts-Lieferungs-Gesellschaft AG Gotha (ThELG). Sie übernahm in den Vertragsgebieten die meisten örtlichen E-Werke, die bereits bestehenden Netze und alle Lieferverpflichtungen. Auf Basis eines vertraglich vereinbarten Versorgungsplanes wurden die einzelnen noch nicht elektrifizierten Kommunen je nach der für sie zugestandenen Anschlussphase 1 oder 2 an die ohne Wettbewerb errichteten Überlandleitungen angeschlossen.

Sehr viel differenzierter verlief dagegen die Elektrifizierung im Osten und Südosten Thüringens. Hier war neben privaten E-Werkerrichtern (z. B. Franz Itting, Probstzella) und von großen Konzernen wie der Thüringer Gasgesellschaft in Leipzig geführten Unternehmen (Kraftwerk Sachsen-Thüringen A.-G. Auma) vor allem der Genossenschaftsgedanke ein wesentliches und außergewöhnliches Charakteristikum für die Elektrifizierung. Genossenschaften entstanden bspw. mit der Elektrizitätsgenossenschaft Osterland eGmbH, Sitz Ronneburg oder dem Elektrizitätswerk für die Grafschaft Camburg e.G.m.b.H. zu Camburg.



Urkunde der Eintragung in das Genossenschaftsregister des Herzogl. Amtsgerichts Altenburg für die Elektrizitäts-Genossenschaft Osterland, 1909

## Mit besonderem Interesse: Strom für besseres Licht

Diese großflächigen Elektrifizierungsmaßnahmen in Thüringen waren aber nur durch die „Männer der ersten Stunde“ in ihren Mühlen oder Unternehmen möglich. Zunächst nutzten diese den Strom ausschließlich für die Verbesserung der Beleuchtungssituation in oder an ihren Objekten. Einige Beispiele: Ende 1877 ließ Carl Louis Hirsch in seiner Schönfärberei und Appreturanstalt in Gera eine erste elektrische Beleuchtung mit Bogenlampen installieren. Vermutlich bereits 1881 rüstete August Trabert seine Mahlmühle in Mihla/Werra mit einem Gleichstrom-Generator aus. Am 24. März 1882 brannte bei der Fa. Christian Zimmermann & Sohn in Apolda zum ersten Mal eine elektrische Lampe auf dem Fabrikhof. Die Holzabsatzfabrik Paul Fahr nutzte 1884 am Wilden Graben in Gotha eine Wasserkraftanlage für die Beleuchtung aller Betriebsräume. Fabrikant Richard Krahnert nahm im November 1884 eine Gleichstromanlage für besseres Licht in seinem Lederwerk in Neustadt/Orla in Betrieb, was die erste elektrische Beleuchtungsanlage des Kreises war. Ab 1885 beleuchtete Ernst Weiß die Fabrikräume seiner Wollspinnerei in der Rasenmühle in Langensalza elektrisch. In den Jahren 1888/89 errichtete J. M. Krannich in seinem Holzwarenwerk in Mellenbach an

der Schwarza die erste Gleichstrom-Anlage im Landkreis Sonneberg. Viele weitere lokale Einzelanlagen folgten in Thüringen. Die Pioniere der Elektrifizierung ließen sich dabei nicht von den Kinderkrankheiten der Stromanwendung oder dem Kampf der Systeme zwischen Gleich- und Wechselstrom abhalten, investierten mutig, mit privatem Kapital und mit Weitblick in eine neue Technik.

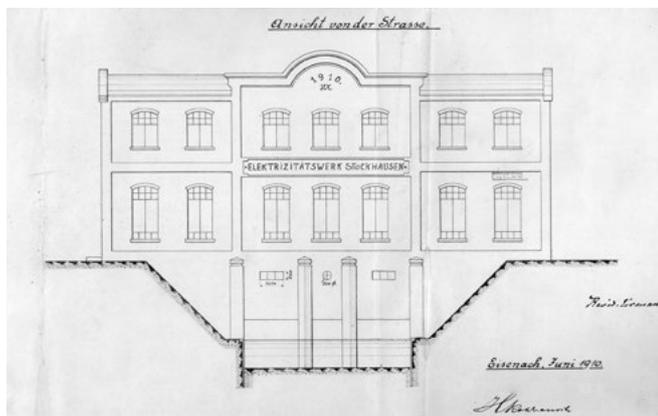
## Mit persönlichem Einsatz: Ausbau der Stromwege in das Land hinein

Auch die Elektrifizierung des „flachen Landes“ außerhalb der größeren Städte lässt sich zunächst an einzelnen Namen festmachen. Einige Beispiele: Max Lange startete 1902 von Gispersleben aus mit der Elektrifizierung nördlich von Erfurt. Walter Kolppe baute ab 1904 in der ehem. Klostermühle, später Mahlmühle Oberweimar, seine Überlandzentrale für die Elektrifizierung der Umgebung von Weimar auf. 1906 stellte das bereits oben genannte Holzwarenwerk in Mellenbach seine Gleichstromanlage auf Wechselstrom um und versorgte benachbarte Gemeinden mit Strom. 1909 errichtete der Eisenacher Fabrikant Hermann Kohlrausch in Stockhausen/Nesse ein Drehstrom-Wasserkraftwerk und versorgte mehrere Gemeinden östlich von Eisenach. 1909 startete der Saalfelder Ingenieur Franz Itting in Probstzella mit der Versorgung der umliegenden Gemeinden. Er errichtete ein Überlandwerk, das später zum größten thüringischen Versorgungsunternehmen im Familienbesitz wurde. Bedingt durch seine Bekanntschaft mit Oskar von Miller war er auch an der Konzipierung

der landesweiten Stromversorgung für Thüringen beteiligt. Das private E-Werk des Landwirts August Keßler versorgte ab 1906 Döhlau (heute Ortsteil von Frankenblick) mit Gleichstrom, ab 1912 über Drehstrom weitere vier Orte der Umgebung, einer davon in Oberfranken.



Ing. Georg Braunhold, der Creuzburger Strompionier für den Aufbau des ÜLW Creuzburg, um 1910



Aus der Bauakte: Ansichtszeichnung des E-Werks Stockhausen, 1910



Hermann Kohlrausch an seinem 70. Geburtstag, 1937



August Keßler mit Tochter Ida, um 1904

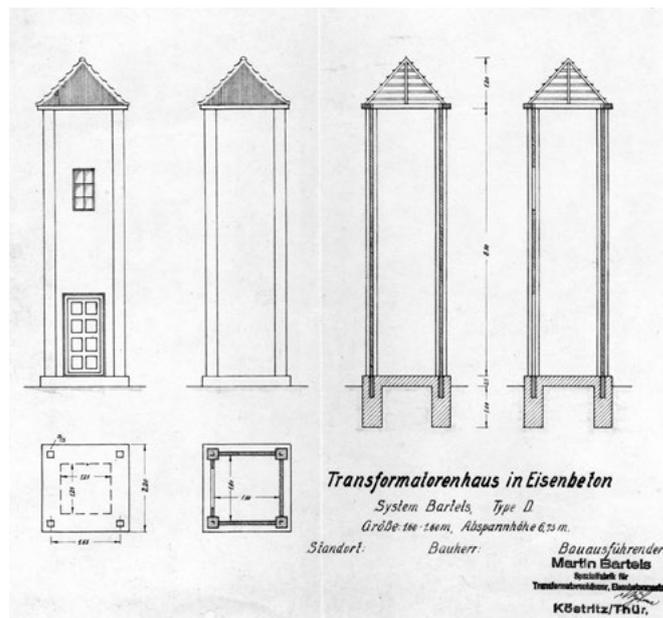


Briefkopf Überlandzentrale Keßler, 1921



Franz Itting um 1925

Die Bürgermeister von (Gera)-Langenberg, Paul Fischer, (Bad) Köstritz, Otto Kauer, und Pohlitz (heute Ortsteil von Bad Köstritz), Karl Pandorf, setzten sich in einer zunächst „gemeinschaftlichen elektrischen Beleuchtungskommission“ ab 1898 für die Elektrifizierung ihrer Kommunen ein. Da die Entscheidungsfindung von Gemeinderäten durchaus auch dauern kann, scherte Köstritz aus und ließ sich 1903 von Ingenieur Martin Bartels aus Gera ein eigenes E-Werk errichten. Martin Bartels nutzte seine Expertise und errichtete E-Zentralen 1902 in Hermsdorf, 1904 in (Bad) Klosterlausnitz, 1905 in Bürgel, 1906/07 in Kraftsdorf und dann ab 1908 in (Gera)-Langenberg. Über 6-kV-Drehstromleitungen erreichten diese „Gera Langenberger Elektrizitätswerke“ auch von Langenberg entfernter liegende Gemeinden. Bereits 1911 verkaufte er das Überlandwerk an die Körting Elektrizitätswerke AG Berlin. Er konzentrierte sich von nun an mit seiner Elektrotechnischen Fabrik auf die Produktion und Lieferung von Transformatorstationen aus Eisenbeton. Diese wurden in vielen Orten Deutschlands in Fertigteilbauweise aufgestellt. Die Bauweise eignete sich auch als Silo-Türme für landwirtschaftliche Betriebe.

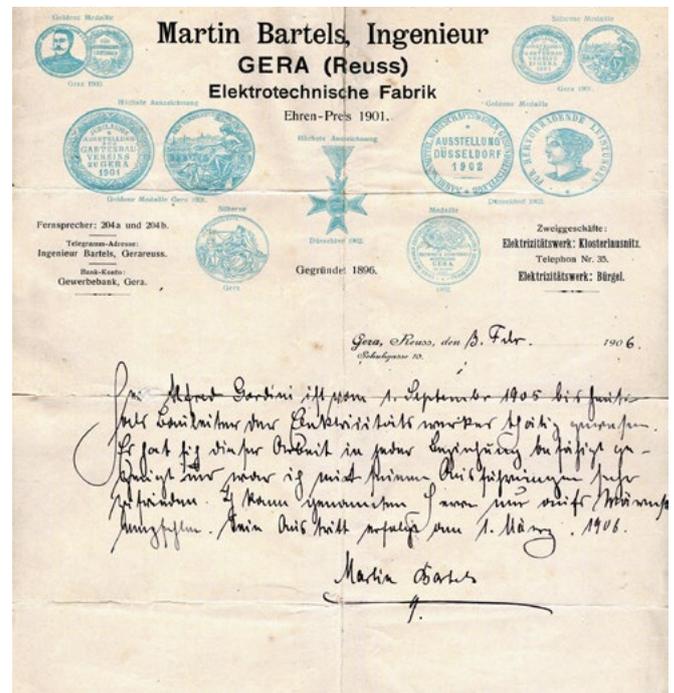


Bauzeichnung für die Turmstation System Bartels, Typ D, 1920er Jahre

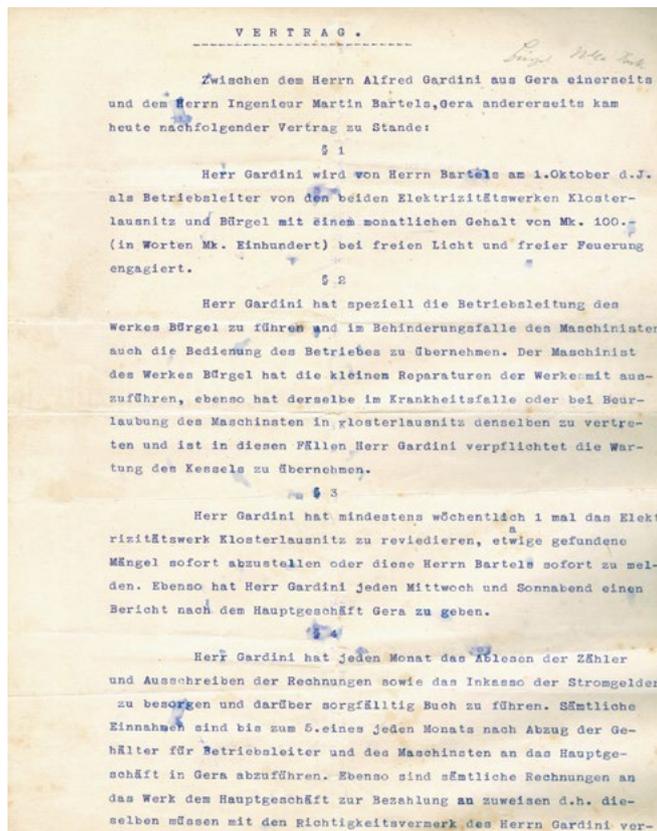
## Mit Beziehungen: Aufbauphasen in bekannten Händen

Eigentum und Betriebsleitung der kleineren E-Werke änderten sich oftmals rasch. Die von Martin Bartels errichtete Klosterlausnitz Elektrizitätswerk GmbH begann am 1.1.1905 mit der Gleichstrombelieferung der Gemeinde aus einer E-Zentrale mit 160-kW-Dampfmaschinenleistung. Der Bürgeler Gemeinderat nutzte diese als „Blaupause“ für den Bau der eigenen Ortszentrale ebenfalls durch M. Bartels. Die Inbetriebnahme der Bürgeler Zentrale konnte so bereits am 1.10.1905 erfolgen. Martin Bartels setzte

ab dem 1.9.1905 in beiden E-Werken den ihm aus Gera vermutlich sehr gut bekannten Alfred (Alfredo) Gardini als Betriebs- und Bauleiter ein. Gardinis Anstellungszeit war dort allerdings bereits am 1.3.1906 schon wieder beendet. Ab 1.7.1906 zeichnete Ottokar Czerny als neuer Eigentümer und Geschäftsführer des Elektrizitätswerkes Bürgel verantwortlich. Nach einem kurzen Intermezzo als genossenschaftliche Überlandzentrale kaufte die Thüringische Elektrizitätsversorgungs-Gesellschaft m.b.H. Jena dann das Bürgeler Unternehmen im Jahr 1911. Das Klosterlausnitzer Elektrizitätswerk (mit Weißenborn) wurde im Geschäftsjahr 1920/21 von der Kraftwerk Sachsen-Thüringen AG übernommen und über eine 6-kV-Leitung der Überlandzentrale Langenberg von Münchenbernsdorf aus mit Strom beliefert.



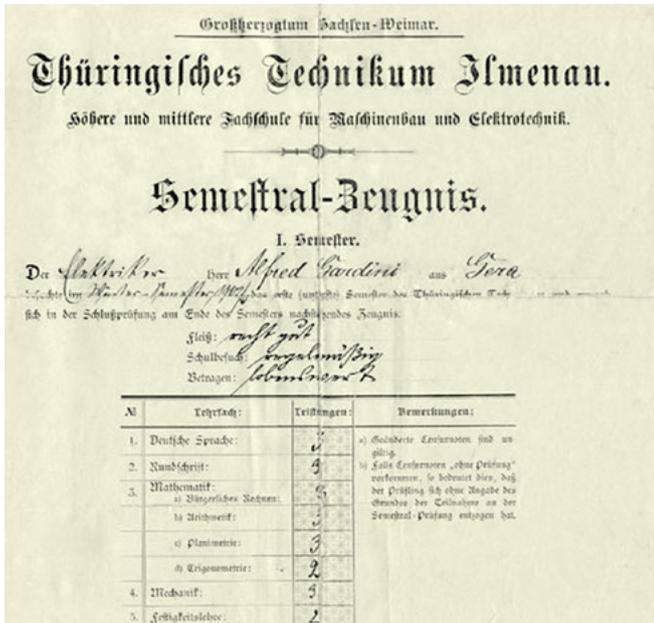
Empfehlungsschreiben für A. Gardini, 1906



Anstellungsvertrag zwischen M. Bartels und A. Gardini, Seite 1, Aug. 1905

## Immer in Bewegung: Alfredo Gardini (4.4.1879-15.1.1952)

Interessant sind Lebensstationen von Menschen, die in der jungen Elektrizitätswirtschaft im Einsatz waren. Sie erhielten eine fundierte mechanische Ausbildung und kamen über ihre Lehrbetriebe mit der Elektrotechnik in Kontakt. Da die Elektrotechnik erst ab den 1880er Jahren wissenschaftliches Fachgebiet wurde (1882 startete als erste die TH Darmstadt mit Prof. Kittler), eigneten sich die frühen Elektrotechniker ihre Kenntnisse über die elektrotechnischen Zusammenhänge und ihre Fähigkeiten im Umgang mit der sich erst entwickelnden Technik sprichwörtlich im praktischen Versuch und Erleben an. Von Franz Itting aus Saalfeld ist ein solcher Entwicklungsweg mit einer lebenslangen Tätigkeit in der thüringischen (und am Ende seines Lebens ausschließlich in der oberfränkischen) Energiewirtschaft bekannt - in einzelnen Etappen vergleichbar auch mit dem von Alfredo Gardini.

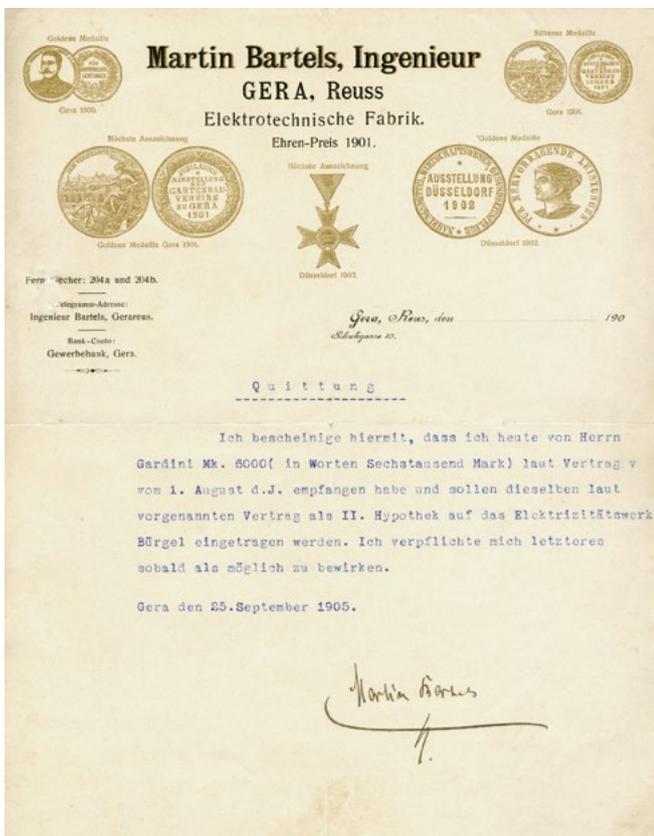


Ausschnitt aus dem Zeugnis zum Wintersemester 1902

Fabrik am Mühlgraben). A. Gardini lernte im „Greizer Eisenwerk“, Louis Dix & Co. Greiz, welches die Generalvertretung für Siemens & Halske, Berlin, innehatte (hier war auch einige Jahre zuvor Franz Itting angestellt). Er erhielt 1898 das Zeugnis als Mechaniker. Es folgten Besuche des Technikums Mittweida und des Thüringischen Technikums Ilmenau (Abschluss 1903). Er konnte zudem auf verschiedene Anstellungen in elektrotechnischen Unternehmen verweisen (z. B.: 1900 bei Otto F. Franke in Gera, 1901 bei G. Makowski & Söhne in Sorau (heute Zary/Polen)).

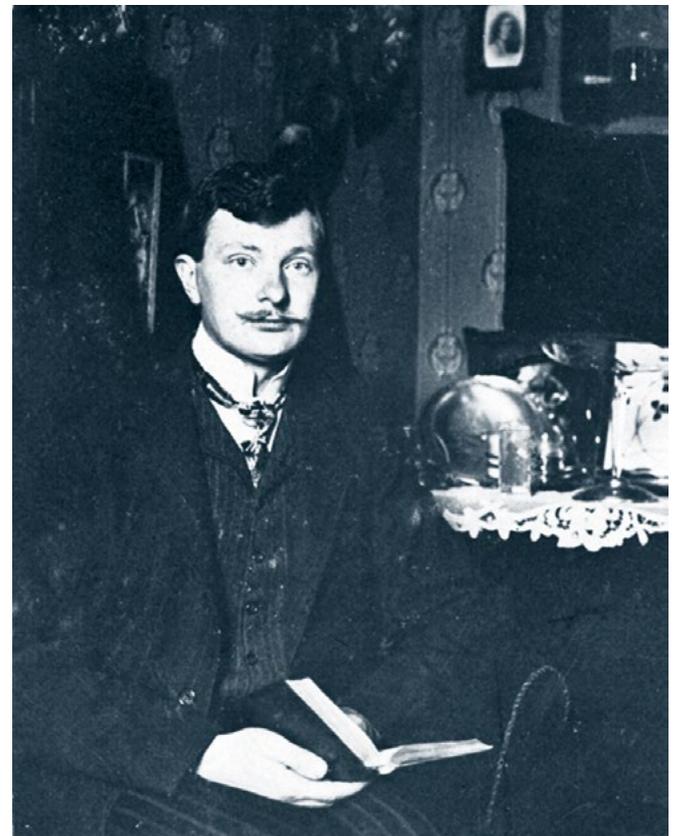
**\* Lauterburg.** Neues Leben ist in unser Elektrizitätswerk gekommen. Durch den Betriebsleiter Herrn Gardini ist den Lichtabnehmern der neue Revisor für die Zähler vorgestellt worden. Im Werk ist bereits angefangen mit der Renovierung der Maschinen und Anschaffung von neuen Teilen. Das Licht selbst ist gegenwärtig gut. Ueberhaupt verstummen die Klagen, seit Hr. G., ein solider Mann, am Ruder steht. Hoffen wir, daß auch das Haupt sich besetzt. Das Werk kann gehören, wem es will, wenn nur das Licht out ist und bleibt.

Wertschätzung der Arbeit Gardinis in Lauterburg



Quittung zur Kautionszahlung, 1905

1905/06 begannen mit Bürgel und Klosterlausnitz die wechselvollen Jahre Alfredo Gardinis als Betriebsleiter von verschiedenen E-Werken. Von 1909 bis 1911 war er bspw. auch in Lauterburg i. Elsass leitend tätig. Bedingt durch die damals übliche Praxis der Kautionserhebung von selbständigen Betriebsleitern (Kautionen von 3.000 bis 15.000 RM) - die insbesondere bei Konkursen erst gerichtlich wieder zurückgewonnen werden mussten -



A. Gardini um 1910

Alfredo Gardini, geboren in Mailand, erhielt zunächst eine Kadettenausbildung bis hin zur studienvorbereitenden Ausbildung im Mailänder Collegio Calchi-Taeggi. Nach dem Umzug der Familie Gardini nach Gera schloss er 1890 seine Schulausbildung am Realgymnasium zu Gera ab. A. Gardinis Mutter, Hedwig Maria Gardini, war eine Tochter des Geraer Fabrikanten Carl Hermann Grüner (1860 erwarb der o.g. Carl Louis Hirsch (1814 bis 1880) die Grünersche



A. Gardini um 1925

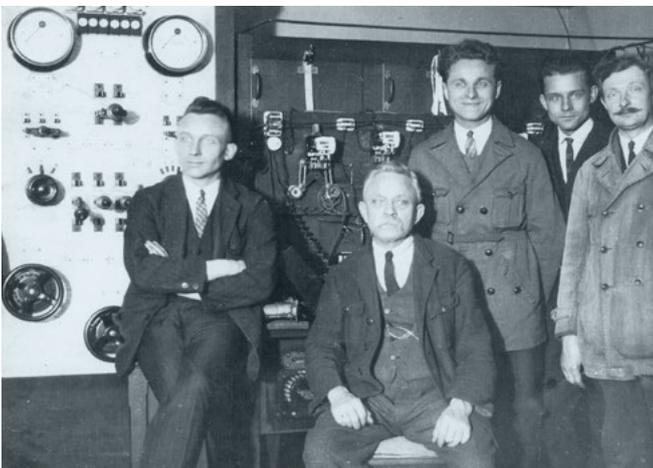


A. Gardini in der Geraer Zähler-Eichstelle, den Rücken zukehrend, Mitte links, 1946

so als Elektro- und Zählermonteur bei der Geraer Elektrizitäts- und Straßenbahn AG tätig. A. Gardini wurde Anfang der 1940er Jahre wegen Feindsenderempfangs zu mehrjähriger Zuchthaushaft verurteilt und vor Kriegsende entlassen. An den Folgen der Haft verstarb er 1952. Eine Anerkennung als Verfolgter des NS-Regimes erfolgte auf Grund der italienischen Staatsbürgerschaft erst 1965. Seine Grabstelle ist im unter Denkmalschutz stehenden Familiengrab der bekannten Geraer Familien Grüner und Koepe auf dem Geraer Südfriedhof zu finden.

#### Quellen:

- Familienarchiv Gardini bei B. Köhler, Erfurt
- Privatarchiv F. Kerbe, Hermsdorf
- hist. Archiv des AK Stromgeschichte Thüringens der TEAG Thüringer Energie AG, Erfurt
- S. Neuhaus; H. Rauchhaus: Thüringer Elektrizitäts-Lieferungs-Gesellschaft AG Gotha, Hrsg. E.ON Thüringer Energie AG, Erfurt, 2010
- H. Dressel; J. Geiling; J. Eismann: 100 Jahre Strom in Langenberg und 40 Jahre zentrale Facharbeiterausbildung, Hrsg. E.ON Thüringer Energie AG, Erfurt, 2010
- F. Kerbe, E. Werner: Die Kraftwerk Sachsen-Thüringen A.-G. Auma, Hrsg. E.ON Thüringer Energie AG, Erfurt, 2005
- P. Lange; M. Wenzel: Vom Franz Itting-Werk - 100 Jahre Energiegeschichte aus Probstzella, Hrsg. E.ON Thüringer Energie AG, Erfurt, 2008



A. Gardini (r.) im Kreis seiner Geraer Kollegen, um 1930

und die häufigen Ortswechsel für die Familie mit ihren schulpflichtigen Kindern, ließ sich Alfredo Gardini bewusst auf einen „Karrierebruch“ ein. Von Ende 1913 bis 1946 (Rentenübergang) war er

# 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 Messgerätekwerk. 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 seit 2003 Account Manager für Produkte der Glasfaser- und Netzwerkübertragung bei GE / UTC Fire & Security. Mitglied im Thüringer Museum für Elektrotechnik e.V., Funkamateurlizenz seit 1971.

## Dipl.-Ing. Ulrich Liebold (Jahrgang 1955)

studierte von 1976 bis 1981 Physik und Technik Elektronischer Bauelemente an der Technischen Hochschule Ilmenau. Von 1981 bis 1991 war er als Entwicklungsingenieur in den Mikroelektronik-Betrieben Mühlhausen und Erfurt tätig. Daran schloss sich eine Tätigkeit in der UTG Umwelttechnik und Gerätebau GmbH Erfurt an. Von 1997 bis 1999 arbeitete er für die IHK Erfurt im Bereich der Umwelt- und Innovationsberatung. Danach war er wissenschaftlicher Mitarbeiter in den Fachgebieten Festkörperelektronik und Nanotechnologie der TU Ilmenau und zuletzt am IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH in Erfurt. Er ist Mitglied im Thüringer Museum für Elektrotechnik Erfurt e.V.

## Dipl.-Ing. Matthias Wenzel

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

# 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: 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 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 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!