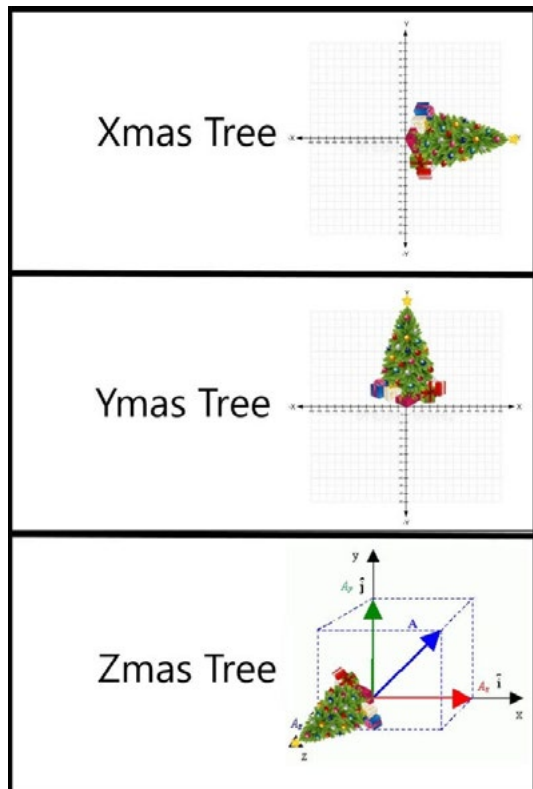


Vorwort

Stephan Hloucal, Erfurt

Künstliche Intelligenz (KI) ist heutzutage in aller Munde. Der Begriff künstliche Intelligenz ist nicht neu. Die Verfügbarkeit erster leistungsfähiger Universalrechner, die Entwicklung von Programmiersprachen und die Symbolverarbeitung durch die Rechner führte zu Versuchen, komplizierte nichtnumerische Prozesse auf dem Computer zu simulieren. Bereits 1950 ging Alan Turing [1] in seinem Beitrag „Computing Machinery And Intelligence“ in der Zeitschrift MIND der Frage nach, ob Maschinen denken können [2]. Es mag dahingestellt bleiben, ob und wieviel KI sich heute in manchen Prozessen und Geräten verbirgt, menschliche Intelligenz und menschliches Denken bleiben jedoch noch immer unersetzlich und kommen auch bei der vorliegenden ON.LINE-Ausgabe zur Anwendung. Diese beschäftigt sich mit technischen Denkmälern, dem Längstwellensender in Grimeton in Schweden und einem Kavernenkraftwerk im sächsischen Freiberg. Dort wurden 1914 Wasserkraftturbinen der Gothaer Maschinenbaufirma Briegleb & Hansen installiert. Auch über die Geschichte dieses Unternehmens, das vor 140 Jahren die weltweit erste Turbinenversuchsanstalt gründete und Wasserkraftturbinen in alle Welt lieferte, wird berichtet. Die Geschichte von Transistorradios aus der letzten Ausgabe wird fortgesetzt und es gibt eine



Replik auf den Jubiläumsbeitrag über den DDR-Heimcomputer HC900, der interessante Leserreaktionen hervorrief. Ein für viele Leser sehr spezielles Thema, das des Überstromschutzes, beschäftigt sich mit der historischen Entwicklung von Schutzgeräten, welche in Hochspannungsanlagen auch heute noch von essenzieller Bedeutung sind. Wir hoffen Ihnen damit eine spannende Lektüre auf den weihnachtlichen Gabentisch legen zu können, wünschen Ihnen frohe Weihnachtstage und alles Gute für 2025. Bleiben Sie uns gewogen.

Quellen:

- [1] https://de.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing
[2] <https://sammlungen.ulb.uni-muenster.de/hd/content/pageview/2153522>

<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10157861645601449&set=a.115338471448&type=3&theater>

Inhalt

- Vorwort
- Leser-Echo
- Historisches
- Buchempfehlung
- 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 16. 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 16.2024 wurde erstellt mit freundlicher Unterstützung der TEAG Thüringer Energie AG, Erfurt, und der Sparkassenstiftung Erfurt.

Vorbemerkung von Ulrich Liebold, Erfurt

In der Sommerausgabe des ON.LINE 15.2024 erschien u. a. ein Artikel zum 40. Jahrestag der Entwicklung des Heimcomputers HC900. In der Folge gab es interessante Reaktionen auf die Veröffentlichung.

Zuerst meldete sich ein Redakteur von Radio Thüringen, der sich für diese Entwicklung interessierte und den Autor des Artikels kontaktierte. Zusammen besuchten sie am 31. Juli 2024 das Depot des Thüringer Museums für Elektrotechnik Erfurt im Zughafen und führten am gleichen Ort ein Interview über die Heimcomputer jener Jahre, das am darauffolgenden Tag in das Nachmittagsprogramm des Senders integriert wurde. Im Mittelpunkt stand dabei der HC900.

Der veröffentlichte Artikel wurde natürlich auch den damaligen Entwicklern dieses Heimcomputers zur Kenntnis gegeben. Sie hatten vor 40 Jahren am gleichen Ort wie der Autor gearbeitet, nämlich im damaligen Röhrenwerk Mühlhausen. Es kam zu vertiefenden Gesprächen und in der Folge zu neuen Erkenntnissen über die Umstände der Entwicklung, die das Bild insgesamt verändern und deshalb den Lesern des ON.LINE nicht vorenthalten werden sollen.

Dr. Werner Domschke (Abteilungsleiter Geräteentwicklung im Mühlhäuser Betrieb der Mikroelektronik) und Werner Dennstedt aus dem selben Haus stellen diese neuen Details im folgenden Text vor und beabsichtigen, in der kommenden Sommerausgabe des ON.LINE-Magazins ausführlicher über die Entwicklungsgeschichte der Mühlhäuser Heim- und Kleincomputer zu berichten.

Ihre Bereitschaft, sich auch schriftlich als Autoren zu äußern (wie vor ihnen schon Dr. Gerhard Fleischmann und Dr. Volker Boos zur Entwicklung von integrierten Schaltkreisen für die Telefonvermittlungstechnik und Dr. Konrad Bach sowie Dr. Reinhard Herzer zur Entwicklung von DMOS-Transistoren für Hochfrequenz- und Hochspannungsanwendungen) und ihre Erinnerungen mit einer breiteren Leserschaft zu teilen, ist ein gutes Beispiel für die Realisierung einer der Zielstellungen des Thüringer Museums für Elektrotechnik Erfurt: Im Sinne der Bewahrung der Industriekultur vergangener Jahrzehnte sollen Erinnerungen an technische Entwicklungen und Produktionsprozesse angestoßen, geteilt und aufbereitet werden, um dann digital, und im besten Falle mit Artefakten unterstützt, bewahrt zu werden.

Nachtrag: 40 Jahre Heimcomputer HC900 aus Mühlhausen

Dr.-Ing. Werner Domschke und Dipl.-Ing. Werner Dennstedt

Soll diese aufregende Zeit tatsächlich schon 40 Jahre zurückliegen? - Der Artikel von Ulrich Liebold über den HC900 im ON.LINE 15.2024 des Thüringer Museums für Elektrotechnik Erfurt hat die Erinnerung wieder angefacht. Und dann, bei unserer Diskussion über den Artikel, kamen tatsächlich viele verschüttete Details wieder. Die Entwicklung des HC900 und später der KC-Reihe war für die Mitarbeiter der Geräteentwicklung im damaligen Kombinatbetrieb in Mühlhausen eine große Herausforderung und hat die Kreativität und Leistungsbereitschaft des gesamten Kollektivs angefacht. Darüber möchten wir in einer der nächsten Ausgaben des ON.LINE berichten.

Zuvor wollen wir aber einige Details mitteilen, die den Artikel ergänzen oder richtigstellen können. Die Entwicklung des HC900 wurde weder vom Kombinat Mikroelektronik noch von der Betriebsleitung des damaligen Röhrenwerkes Mühlhausen beauftragt.

Es war vielmehr so, dass Werner Dennstedt den Auftrag bekommen hatte, die Machbarkeit eines frei programmierbaren Taschenrechners für das Taschenrechnersortiment des Röhrenwerks zu prüfen. Schnell wurde klar, dass im gesamten sozialistischen Wirtschaftsgebiet kein dafür geeigneter Schaltkreis zur Verfügung stand. Allerdings wusste Werner aus seiner Zeit im Funkwerk Erfurt, dass die Produktion eines Mikroprozessors U880 geplant war und dass dieser ein Klon des Z80 war. Auf der Grundlage der Information, dass diese Z80-CPU im Heimcomputer Sinclair ZX81 des britischen Herstellers Sinclair Research Ltd. verwendet wurde, kam uns die Idee, die Machbarkeit eines Heimcomputers anstelle eines frei programmierbaren Taschenrechners zu untersuchen. Die ersten Ergebnisse waren vielversprechend, allerdings hätte das Gerät eine völlig neue Produktlinie für das Röhrenwerk bedeutet. Zum Glück konnten die verantwortlichen Leiter von den Chancen und dem Potential dieses neuen Produkts überzeugt werden und so startete offiziell das Projekt HC900.

Unser erstes großes Ziel war, zwei Geräte des HC900, die dem Produktionsstand nahe kamen, auf der Leipziger Messe 1984 auszustellen. Das war Ansporn für die gesamte Abteilung, in Tag- und Nachtschichten zu arbeiten, um die Geräte für die Messe zu bauen. Dass sie funktionieren würden, hatten wir an einem zum Teil von Hand verdrahteten Muster nachgewiesen. Nun galt es jedoch, zwei komplette Geräte aufzubauen. Unsere Frauen halten uns manchmal noch heute vor, dass wir damals gar keine Zeit mehr für die Familie gehabt hätten. Wir arbeiteten in den letzten Wochen vor der Messe manchmal bis nach Mitternacht, um dann aber um 7:00 Uhr wieder im Betrieb zu sein. Tatsächlich haben wir es im allerletzten Moment geschafft, zwei HC900 fertigzustellen und nach Leipzig zu bringen.

Auf der Leipziger Messe stellten die Mitarbeiter von Robotron Dresden, genau wie wir unseren, ihren Heimcomputer Z9001 erstmals der Öffentlichkeit vor. Auch eine Delegation der Partei- und Staatsführung der DDR, unter Leitung von Erich Honecker, sah sich die Gerätemodelle von Robotron und uns an. Dabei stellte man fest, dass es „Konkurrenzentwicklungen“ waren. Das aber ging im Sozialismus gar nicht. Des Weiteren wurde kritisiert, dass bei unseren Geräten die so knappen Schaltkreise für den Heimbereich verbaut würden. Angeblich bräuchten die aber beim Einsatz in der Industrie und Wirtschaft einen viel größeren Nutzen.

So hatten wir anfangs große Sorge, dass die Weiterentwicklung und Produktion unseres HC eingestellt werden würde, bevor sie richtig begonnen hatte. Aber es kam anders. Wir haben nie erfahren, wie es zu dem Entschluss kam, beide Geräte zu bauen. Es kam nur die Anweisung, die Namen der Geräte zu ändern. So wurde aus den „Heimcomputern“ aus Dresden und Mühlhausen „Kleincomputer“. Um die Konkurrenzvermutung auszuschalten, bekamen sie sogar den gleichen Namen. Aus dem Z9001 von Robotron wurde der KC85/1 und aus unserem HC900 der KC85/2. Den Unterschied konnte man auch technisch erklären. Der KC85/1 hatte nur „Klötzchengrafik“ über einen fest eingebauten Zeichengenerator mit 256 vorprogrammierten Zeichen in Schwarz/Weiß über Antenne (VHF), und der KC85/2 besaß Vollgrafik in Farbe über einen PAL-Coder über den Antennenausgang.

So hat jeder, der in seinem Bestand einen HC900 hat, das große Glück, eines der Muster des Heimcomputers aus Mühlhausen zu besitzen, denn der HC900 wurde tatsächlich nie in Serie produziert. Mit großem Aufwand mussten wir alles ändern, von den Bezeichnungen auf den Gehäusen und in den Handbüchern bis hin zur Software. Zurückblickend verwundert es uns heute, dass selbst nach 40 Jahren unsere Computer noch nicht in der Vergessenheit versunken sind. Aber gleichzeitig macht es uns auch ein bisschen stolz.

HISTORISCHES

100 Jahre Längstwellenstation Grimeton

Gerhard Roleder, Erfurt

Eine Funkstation als Weltkulturerbe der UNESCO, das war für die Enthusiasten der Funktechnik eine kleine Sensation. Ungewöhnlich aus Sicht der UNESCO war bei der Anerkennung als Welterbestätte im Jahr 2004 deren geringes Alter von damals gerade einmal 80 Jahren. Die Antragsteller aus dem schwedischen Grimeton konnten mit dem Argument überzeugen,

dass es sich um ein hervorragendes Beispiel vorelektronischer Funkgeschichte handelt, welches gut erhalten und immer noch funktionsfähig ist.

Die Funkpioniere

Anfang des 20. Jahrhunderts überschlugen sich die Ereignisse rund um die drahtlose Kommunikation. Ferdinand Braun (1850–1918) errichtete im Jahr 1900 eine Funkbrücke zwischen Cuxhaven und der Insel Helgoland, nachdem er zwei Jahre zuvor einen Telegrafiesender in Knallfunkentechnik konstruiert hatte. Guglielmo Marconi (1874–1937) gelangen



Das neoklassizistische Stationsgebäude wurde vom Architekten Carl Åkerblad (1886–1953) entworfen, der auch für die Stationsgebäude in Hörby, Kungsbacka und Motala verantwortlich war.

zwischen 1901 und 1903 erste transatlantische Funkverbindungen in Telegrafie zwischen England und Nordamerika. Reginald Fessenden (1866–1932) konzentrierte sich auf die Übertragung von Sprache und Musik durch Maschinensender, bei denen es sich um elektromechanische Generatoren handelte, die konstruktionsbedingt im Längswellenbereich sendeten. Nachdem im Jahr 1903 der erste nach Fessendens Vorgaben von General Electric (GE) hergestellte Maschinensender als eine Art Labormuster gelang, beauftragte er den Bau eines zweiten, leistungsstärkeren Maschinensenders. Verantwortlicher Konstrukteur für dieses in die Funkgeschichte eingegangene Projekt war der aus Schweden stammende Elektroingenieur Ernst Fredrik Werner Alexanderson (1878–1975). Der im Jahr 1906 durch GE gelieferte Maschinensender erreichte eine Leistung von 1 kW und arbeitete auf 50 kHz [1]. Mit diesem Sender gelang Fessenden am Weihnachtsabend des Jahres 1906 die Übertragung von Sprache und Musik, was weltweit als erste Hörfunksendung gilt. Ernst F.W. Alexanderson arbeitete in den Folgejahren eigenständig an dem nach ihm benannten Alexanderson-Alternator und entwickelte Generatoren für Frequenzen bis 100 kHz und Leistungen bis 200 kW.

Telegramme nach Amerika

Die Längswellenstation Grimeton an der schwedischen Westküste wurde zum Zweck der Übertragung postalischer Telegramme in Richtung USA gegründet. Zwischen 1860 und 1910 wanderte etwa ein Viertel der schwedischen Bevölkerung aus, zumeist in die



Der schwedische König Gustav V. und Ernst F.W. Alexanderson bei der Eröffnungszeremonie am 2. Juli 1925. (Foto: Archiv Welterbe Grimeton)

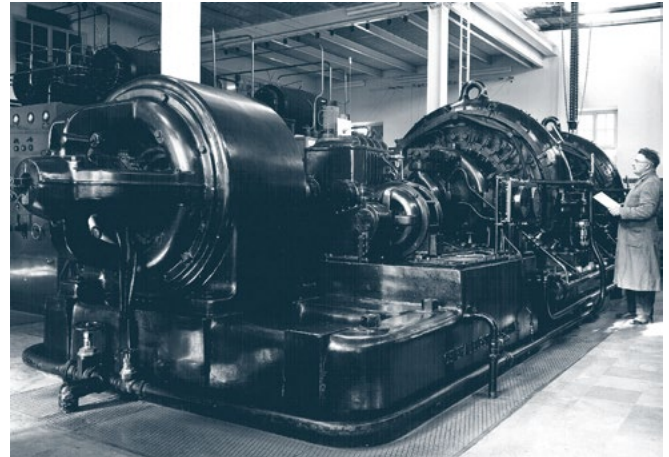
USA. Die Auswanderer und deren Nachfahren waren bestrebt, die Kontakte ins Heimatland nicht vollständig abreißen zu lassen. Nach den Erfahrungen des 1. Weltkrieges sollte eine Verbindung ins Ausland geschaffen werden, die unabhängig vom Zustand der Überseekabel betrieben werden konnte. Der schwedische Reichstag beschloss 1920 deshalb den Bau einer Telegrafiestation für drahtlose Übertragung. Baubeginn war 1920, und am 1. Dezember 1924 fand die technische Inbetriebnahme statt. Das Rufzeichen SAQ wurde von Anfang an verwendet. Am 2. Juli 1925 gab es noch eine offizielle Eröffnungszeremonie durch den schwedischen König Gustav V. Zeitgleich mit der Funkstation wurde für deren Angestellte, soweit sie nicht aus der Umgebung stammten, eine kleine Siedlung in unmittelbarer Nähe errichtet.

Die Standortwahl

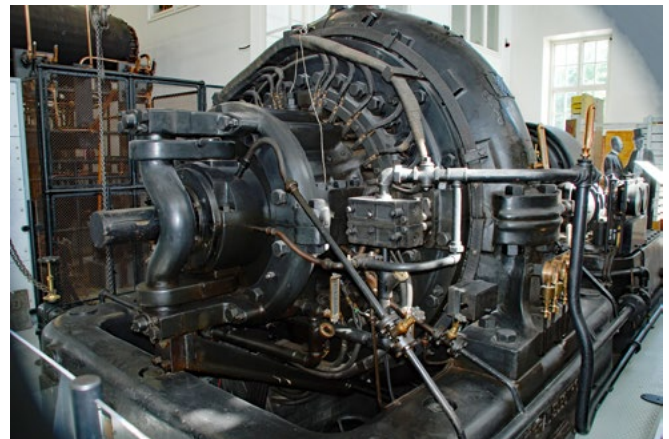
Schwedens Fläche ist etwa 1,3-mal größer als die der heutigen BRD. In den 1920er Jahren lebten in Schweden etwa sechs Millionen Menschen. Bei einer derartig geringen Bevölkerungsdichte sollte es nicht schwierig sein, ein ausreichend großes Grundstück für die Funkstation ausfindig zu machen. Da bei der Standortwahl mehrere Faktoren berücksichtigt werden mussten, war die Entscheidung jedoch nicht ganz einfach zu treffen. Trotz einer zivilen Zweckbestimmung musste zunächst eine Bestätigung durch das Militär eingeholt werden. Aus militärischer Sicht musste die Station einige Kilometer entfernt von der Küste errichtet werden, um bei einem eventuellen Angriff von der Seeseite nicht als Zielscheibe zu dienen. Aus funktechnischer Sicht kam es darauf an, einen Ort zu finden, der eine Wellenausbreitung über das Skagerrak, an Schottland vorbei, in Richtung New York ausschließlich über die offene See ermöglichen würde. Flaches Land mit guter Bodenleitfähigkeit war ebenfalls wichtig. Nachdem die Telegrafverwaltung ein geeignetes 110 ha großes Areal nahe der Ortschaft Grimeton gefunden hatte, musste das überwiegend als Weideland genutzte Gebiet von ortsansässigen Bauern abgekauft werden. Der genaue Standort befindet sich 10 km östlich der Küstenstadt Varberg in 36 m Höhe über NN. Der scheinbar englisch klingende Ortsname hat eine urschwedische Herkunft. Die Gemeinde hatte im 11. Jahrhundert einen Provinz-Ältesten namens Grimulf von Grimutunum. Die Nachsilbe „ton“ steht für Gehöft.

Zwei Alternatoren

Nach dem Einholen von mehreren Angeboten entschied sich die schwedische Telegrafverwaltung für das Alexanderson-System von General Electric, genauer gesagt, für zwei Stück 200-kW-Alternatoren, die in den Jahren zuvor in baugleichen Ausführungen in den USA, Großbritannien und Polen errichtet worden waren. In Grimeton und in allen anderen Stationen wurden jeweils zwei Alternatoren installiert, um bei Wartungsausfällen ununterbrochenen Betrieb gewährleisten zu können. Ein typisches Merkmal des Alexanderson-Alternators besteht darin, dass der Rotor aus einer Stahlscheibe ohne Wicklungen besteht. In den äußeren Rand des Rotors sind „Zahn-lücken“ eingefräst. Diese sind mit einer unmagnetischen Kupfer-Legierung gefüllt, um starke Luftverwir-



Blick von der Motorseite: Techniker Albert Nilsson bei der Inspektion; rechts, halb verdeckt, der zweite Generator (Foto: Archiv Welterbe Grimeton, Jahreszahl unbekannt)



Maschinensender von der Generatorseite

belungen zu vermeiden. Der Wechselstrom wird dadurch erzeugt, dass der von 64 Stator-Spulen erzeugte Magnetfluss durch den rotierenden Zahnkranz periodisch verändert wird. Der Luftspalt zwischen Stator und der Rotorscheibe von 1,6 m Durchmesser beträgt weniger als 1 mm, was eine hohe Materialqualität der Metallteile erfordert. Die meistbenutzte Frequenz von SAQ betrug 17,2 kHz. Um diesen Wert zu erreichen, wurde der Motor auf 711 U/min eingestellt. Das Getriebe erhöhte auf die Generatordrehzahl von 2.115 U/min. Die Anzahl der magnetischen Pole, in diesem Fall 488 Zähne der Rotorscheibe, multipliziert mit einem Sechzigstel der Drehzahl 2.115 U/min ergeben die Frequenz von 17,2 kHz. Das Zahlenbeispiel zeigt die konstruktive Grenze der Alexander-

son-Alternatoren. Um höhere Frequenzen zu erreichen, müsste die Anzahl der magnetischen Pole und damit der Durchmesser des Rotors erhöht werden, was sich mechanisch nicht mehr beherrschen lässt. Eine Einheit, bestehend aus Motor, Getriebe und Generator, hat eine Masse von 50 t.

Da der Generator ein Dauersignal erzeugt, wird mit Hilfe einer Transduktor-Baugruppe, die auch als Magnetverstärker bezeichnet wird, die Tastung vorgenommen. Transduktoren werden heute nur noch selten verwendet. Ihr Prinzip beruht darauf, dass ein Wechselstrom durch einen Gleichstrom mittels Vormagnetisierung des Magnetkerns einer Drossel gesteuert wird. In Grimeton geschieht dies durch Verstimmung des Antennentransformators bei nicht betätigter Taste aufgrund einer geringen Impedanz des Magnetverstärkers. Im Fall der gedrückten Taste hat die dann hohe Impedanz des Magnetverstärkers keinen Einfluss auf den Antennentransformator, sodass die volle Leistung zur Antenne gelangt. Im regulären Betrieb wurde der Sender über eine Kabelverbindung durch das Telegrafenamts Göteborg getastet.

Die Mehrfachantenne

Im Bereich der Längswelle machen sich natürliche und künstliche Störpegel bemerkbar. Im Unterschied zur Kurzwelle treten keine Schwunderscheinungen



Die Turmreihe ist 2 km lang



Verlängerungsspule für die Vertikalstrahler

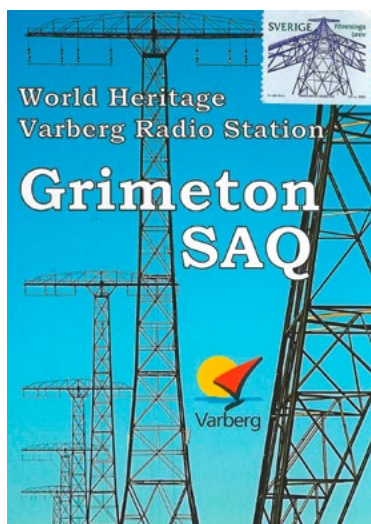


Einer von sechs Antennentürmen

durch die Überlagerung von Boden- und Raumwelle auf, da sich Längswellen entlang der Erdoberfläche ausbreiten. Ähnlich wie beim Langwellenrundfunk ist der Empfang auf Längswelle durch einen stabilen Signalpegel gekennzeichnet. Interkontinentale Reichweiten sind bei entsprechender Sendeleistung kein Problem. Schwierig gestaltet sich dagegen die Konstruktion von Sendeantennen für große Leistungen. Strahler-Geometrien, die, wie bei Mittel- und Kurzwelle üblich, ein Viertel der Wellenlänge darstellen, sind praktisch nicht realisierbar. Der Chefkonstrukteur Ernst F.W. Alexanderson zog sich aus der Affäre, indem er ein mechanisch verkürztes Antennensystem mit Richtwirkung entwarf. Tragendes Element sind sechs hintereinander aufgestellte Gittertürme von je 127 m Höhe und einem gegenseitigen Abstand von jeweils 380 m. An jedem Turm ist ein reusenförmiger Vertikalstrahler befestigt. Am Fußpunkt der in leichter Schräglage montierten Vertikaldrähte befindet sich eine Abstimmospule, durch deren elektrische Verlängerung die Resonanz der Strahler erreicht wird. Über die 46 m breiten seitlichen Ausleger der Türme wird in acht Leitungen die Energie zugeführt. Die Speiseleitungen dienen gleichzeitig als Dachkapazität, durch welche die Höhe der Antenne elektrisch verlängert wird. Eine großflächige Erdung in „Fischgrätenmuster“ verbessert die Bodenleitfähigkeit. Vom Mittelstrang entlang der Turmreihe zweigen alle 6 m jeweils 250 m lange Seitenstränge nach rechts und links ab. Unterhalb der Abstimmospulen befindet sich ein dichtes Erdungsnetz. Die Erdungsdrähte sind 40 bis 60 cm tief vergraben, sodass der größte Teil des Geländes weiterhin als Weideland genutzt werden kann. Mechanisch stark verkürzte Strahler sind mit einem geringen Wirkungsgrad verbunden. Die Techniker in Grimeton haben ermittelt, dass von 200 kW Generatorleistung noch 25 kW in den Äther gehen. Diese Leistung reichte aus, um sichere Verbindungen zur Gegenstation auf Long Island in New York zu schaffen. Die Empfangsstation auf schwedischer Seite befand sich in Kungsbacka, etwa 50 km nordwestlich von Grimeton. Dort hatte man als Empfangsantenne zwei Drähte von je 13 km Länge an Holzmasten wenige Meter über der Erdoberfläche befestigt.

Rettung und Kulturerbe

Die zivile Nutzung von SAQ wurde bis 1948 aufrecht-erhalten. Vor allem während des 2. Weltkrieges, als die Überseekabel erneut unterbrochen waren, bildete die Station eine wichtige Verbindung ins Ausland. Mit der Erschließung der Kurzwellen und der kostengünstigeren Röhrentechnik hatte SAQ für die Telegrammübermittlung nach Kriegsende endgültig ausgedient. Ab 1949 entdeckte die schwedische Marine die Station in Grimeton für sich. Aufgrund der geringen Frequenz und der großen Leistung bildete Grimeton trotz anderer modernerer Sender zunächst die Hauptstation auf Längswelle [2]. Als Mitte der 1990er Jahre die militärische Nutzung endete, beabsichtigte die Telekommunikationsfirma Telia, die Station zu schließen, was zu Protesten führte. Bereits im Jahr 1996 erhielt Grimeton Radio durch die Provinz Halland den Status eines nationalen Industriedenkmals, wodurch eine Erhaltung per Gesetz vorgegeben war. Telia, das Schwedische Nationalamt für Denkmalpflege und die Provinz Halland leisteten die erforderliche materielle Unterstützung. Mit der Ernennung zum Industriedenkmal begann auch die Arbeit an der UNESCO-Anerkennung, die am 2. Juli 2004 von Erfolg gekrönt war. Von dem einstigen internationalen Netzwerk, das aus 9 Stationen mit je zwei Alexanderson-Alternatoren bestand, ist Grimeton als einzige Station erhalten geblieben. Seit einigen Jahren gehört die Funkstation Grimeton auch zu den Ankerpunkten der Europäischen Route der Industriekultur [3].



Am Alexanderson-Sonntag, dem letzten Sonntag im Juni oder dem ersten Sonntag im Juli, sowie am Vormittag des 24. Dezembers ist SAQ regelmäßig auf 17,2 kHz zu empfangen. Darüber hinaus wird der Sender bei besonderen Anlässen, wie zum Beispiel dem internationalen Museumstag oder dem UNESCO-Welterbetag, in Betrieb genommen. Trotz vermeintlich altmodischer Technik ist die gesamte Anlage kein angestaubtes Museum. Insbesondere für Kinder und Jugendliche werden Aktionen angeboten. In einem Teil des Antennengeländes ist ein Wanderweg mit Texttafeln in Schwedisch/Englisch/Deutsch eingerichtet, auf denen über die äußeren Umstände bei der Errichtung der Funkstation informiert wird. Anlässlich des 100-jährigen Bestehens sind besondere Aktivitäten aller Beteiligten in Grimeton geplant [4].

Die in Deutschland bestehenden Kulturerbestätten der UNESCO gehören überwiegend zu den Kategorien Architektur, Geistesgeschichte und Montanindustrie. Mit dem zur Universität Manchester gehörenden Radioobservatorium Jodrell Bank wurde im Jahr 2019 eine zweite Welterbestätte anerkannt, die mit drahtloser Kommunikation zu tun hat. Es mutet wie eine inhaltliche Lücke an, dass sich in Deutschland noch kein Antragsteller aus dem Gebiet der Elektrotechnik/Elektronik gefunden hat. An dieser Stelle kann nur daran erinnert werden, dass die Namen Hertz, Ohm und Siemens Eingang ins internationale System der Maßeinheiten gefunden haben. Immerhin gehört die Morsetelegrafie seit 2014 zum Immateriellen Kulturerbe in Deutschland. Initiiert und vorbereitet wurde der entsprechende Antrag von einer Gruppe von Funkamateuren.

Quellen:

- [1] Nilsson, B.V.: Ernst Fredrik Werner Alexanderson, One Individual's Life and Contributions to Electrical Science in the First Half of the 20th Century, Grimeton World Heritage Foundation, 2006
- [2] Walde, C.-H. (SM5BF): Grimeton Radio SAQ, Grimeton World Heritage Foundation, 2007
- [3] Website <https://www.erih.net/i-want-to-go-there/site/world-heritage-grimeton-radio-station>
- [4] Website <https://grimeton.org/en/100-years-of-communication/>

Bildrechte:

Wenn nicht anders angegeben, liegen die Bildrechte beim Autor.

Vor 140 Jahren wurde die Turbinenversuchsanstalt von Briegleb & Hansen in Sundhausen bei Gotha errichtet

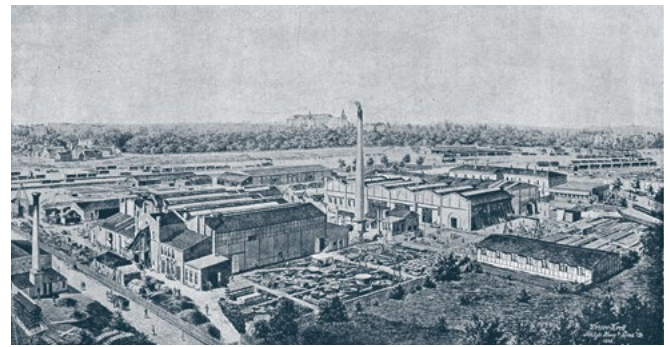
Matthias Wenzel, Erfurt

Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts wurden die meisten Wasserkräfte im Wirtschaftsbereich von Thüringen (Der Regierungsbezirk Erfurt mit seinen Exklaven wurde dabei erst 1944/45 Thüringen „zuge schlagen“.) für den mechanischen Antrieb von Mühlen, Sägewerken, Papierfabriken u. m. und demgegenüber nur in überschaubaren Fällen zur Stromerzeugung genutzt. Die Nutzung der Wasserkraft hatte in Thüringen dabei eine lange Tradition, waren doch andere Energieträger wenig zugänglich bzw. mussten für Wärmeprozesse (bspw. Holz) verwendet werden. Die Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts entstehenden Elektrizitätswerke – besonders auch in den Tallagen des Thüringer Waldes – waren gezwungen, die Wasserkraft zu nutzen, da die Kohlenzufuhr an ihre Standorte zu aufwändig war.

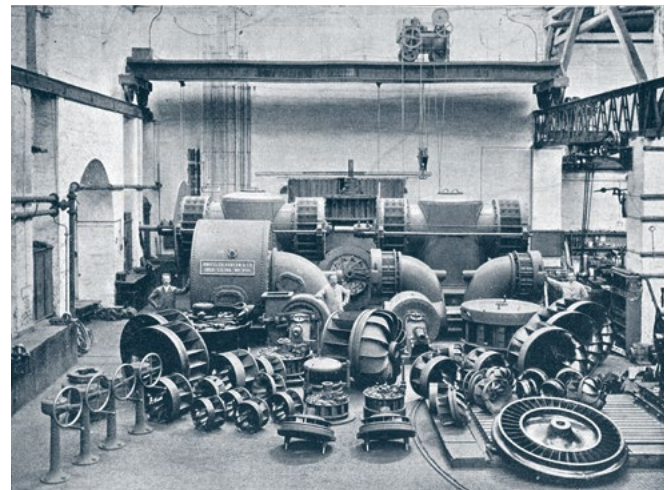
Über die letzten einhundert Jahre hat sich in Thüringen seitdem eine dramatische Wandlung vollzogen. Heute hat die Zahl der Wasserkraftanlagen mit mechanischer Nutzung defacto einen Liebhaberstatus erreicht und – als Wasserkraftanlagen zur Stromerzeugung waren für Thüringen im Jahr 2022 im Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur (nur noch) 233 Anlagen gelistet. Von denen wiesen zudem nur 17 eine Leistung von 500 kW und mehr auf.

Bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts kamen für den Gebrauch der Wasserkräfte ausschließlich Wasserräder zum Einsatz. In den 1820er Jahren wurden die ersten Wasserturbinen entwickelt, die die Wasserkraftnutzung durch ihre Einsatzmöglichkeiten (bspw. zum effizienten Einsatz für größere Wassermengen und höhere Gefälle) verbesserten. Zudem brachten damals Ein- und Aufbau einer Wasserkraftanlage mit einer kleinen Turbine deutliche Kostenvorteile gegenüber der mit einem großen Wasserrad (im Gegensatz zu heute). Der französische Ingenieur Benoît Fourneyron entwickelte eine erste Wasserturbine, die bereits eine Effizienz von etwa 80 % erreichte und eine Leistung von 60 PS vorweisen konnte. 1849 erfand der britisch-amerikanische Ingenieur James B. Francis auf dieser Grundlage eine (nach ihm benannte) Überdruck-Turbine (Weiterentwicklung mit einem Leitapparat und Einbau gekrümmter Laufschaufeln in das Laufrad). Sie erreichte schon Wirkungsgrade von bis zu 90 %. Die Francis-Turbine war in der Lage, eine konstante Drehzahl trotz wechselnder Wassermengen an einem Fließgewässer zu halten und konnte so später als Antrieb für einen Generator dienen. Sie stellt heute noch den verbreitetsten Turbinentyp dar

(mit Wirkungsgraden bis zu 94 %). 1879 entwickelte der amerikanische Ingenieur Lester Pelton eine Freistrahlturbine für sehr hohe Fallhöhen bei vergleichsweise geringen Wassermengen. 1913 wurde vom Österreicher Viktor Kaplan eine Turbine (vergleichbar einem Schiffspropeller, dessen Flügel verstellbar sind) für geringe Wasserdrücke bei großen Durchflüssen erfunden. Diese stellte im Wesentlichen wiederum eine Weiterentwicklung der Francis-Turbine dar. [1] Die Turbinen zur Wasserkraftnutzung wurden in den Folgejahren ständig weiterentwickelt und verbessert. Weitere Turbinentypen gesellten sich dazu.



Unternehmensstandort Briegleb & Hansen in Gotha, 1911 (im Hintergrund das Schloss Friedenstein) [2]



Übersicht über die Turbinenproduktion, 1911 [2]

Eisengießerei & Maschinenfabrik von Briegleb, Hansen & Co. GOTHA.

Spezialitäten:

Turbinen.
 Alle Ausführungen der Knappturbinen.
(siehe Hansen, Maschinenbau für Handel und Gewerbe 1875, Nr. 47, S. 22–24; — die Technik 1874, Nr. 4 und Nr. 47; — Elektrische Zeitung, Leipzig 1874, Nr. 1075, S. 26.)

Patentaufzüge
 mit Reguliertrummel.
 System Stauffer & Meyer.
 Alleinverbreitung für das Deutsche Reich.
 Empfohlen
 zu allen
 mittels technischer Zeitschriften.

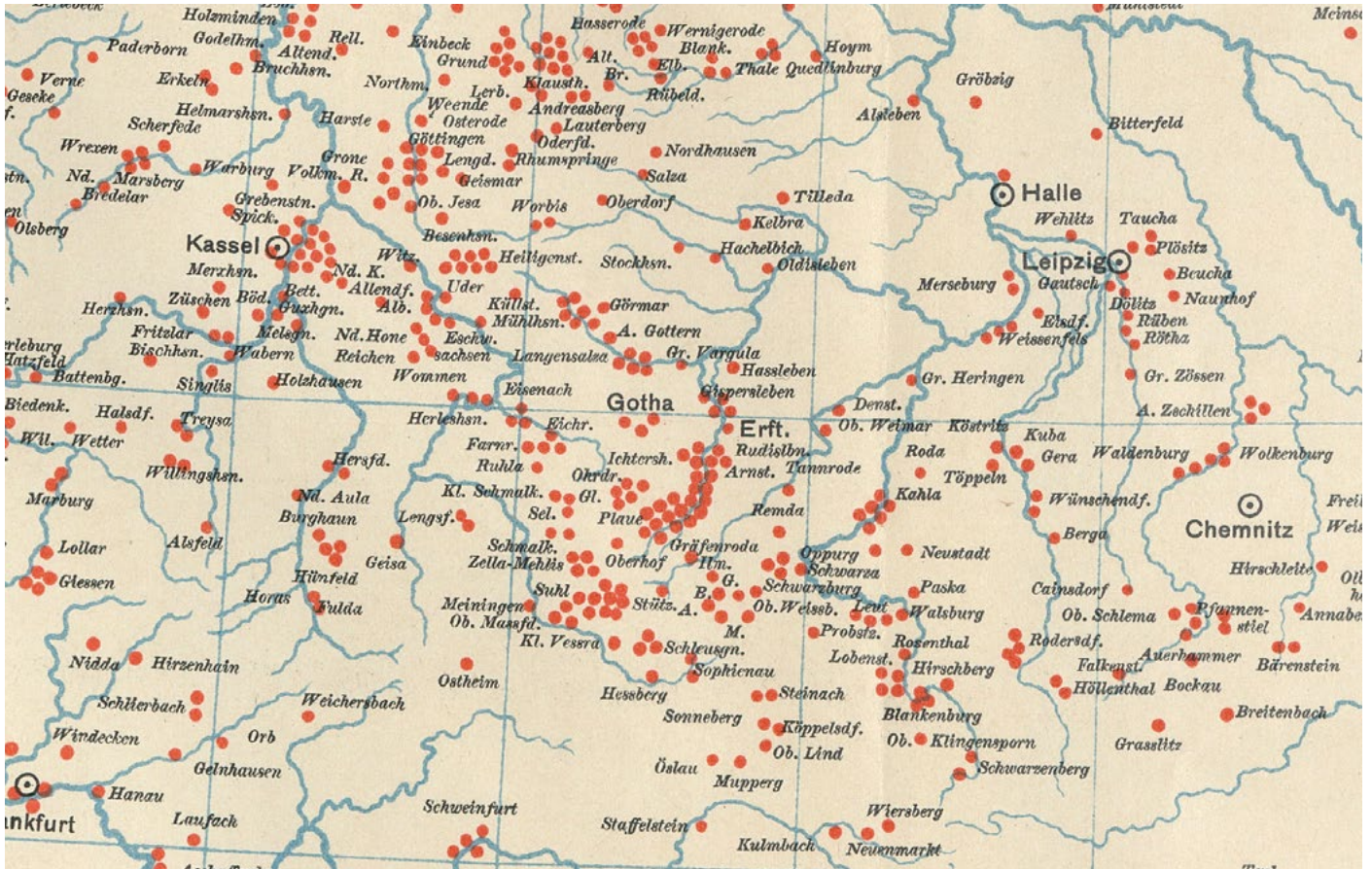
Dampfmaschinen
 mit Hansen's durch das Reichs- und
 Kaiserliche
 Verordnungsamt.
 Patent im Jahre 1854, seitdem mehrfach
 verlängert.
(siehe Hansen's Fühler des
 Maschinenbau, S. 62)

**Zahnräder,
 Schwungräder,
 Eisenketten
 und
 Seilschleifen**
 ohne Modell
 mit Maschinen gefertigt.

**Vollständige Anlagen
 für
 Mahl- und Sägemühlen.
 Bohrgänge aller Art
 nach innen oder außen mit
 Kurbeln oder Ziehmaschinen.**

Die Knappturbinen
 geben für veränderliche Gefälle und Wassermengen fast constante Nutzeffekte.
(75 bis über 80 %). — Siehe erstes Zeugnis.)

Anzeige, 1876



Ausschnitt aus der Übersichtskarte zur Verbreitung der Turbinen, 1903 [7]

An der Entwicklungsgeschichte des deutschen Turbinenbaus war die Gothaer Eisengießerei und Maschinenfabrik Briegleb, Hansen & Co. u. a. durch die Ausführung der Knop-Turbine, welche hauptsächlich in Mitteleuropa starke Verbreitung fand, wesentlich beteiligt. [3] Die Firma startete 1861 unter dem Namen „Hansen, Bonsack & Co.“ (Gründer: Wilhelm Emil Leopold Hansen (1832–1906); 1868 trat August Briegleb (1840–1924) in das Unternehmen ein) als eine kleine Maschinenbauwerkstatt mit acht Arbeitern (1868 Umbenennung). 1863 folgte die Angliederung einer Eisengießerei zum Bau von Kränen, Zahnrädern, Fahrstuhlanlagen, Transmissionen, Turbinen und Dampfmaschinen. Anfang der 1870er Jahre wurde der Turbinenbau zum Hauptgeschäftsfeld. Das war besonders dem Umstand zu verdanken, dass 1875 der Ingenieur und Turbinenkonstrukteur Gustav Knop (1828–1894), der sich bis dahin schon über 30 Jahre dem Turbinenbau gewidmet hatte, als Mitarbeiter

gewonnen werden konnte (Die sog. „Knop-Turbine“, wurde nach D. R.-Ges. vom 12. Mai 1894 als Wortmarke unter Schutz gestellt.). Die Erfolge, welche in den Vereinigten Staaten von Amerika mit dem Peltonrad erzielt wurden, veranlassten zudem Briegleb & Hansen 1893 einen Vertrag mit der Pelton Waterwheel Company in San Francisco abzuschließen und damit das Ausführungsrecht für einen Teil der europäischen und eine Anzahl außereuropäischer Staaten zu erwerben. [3] [4] Briegleb & Hansen war vor 1914 in der Herstellung und dem Export von Turbinen deutschlandweit führend. [5] In ihrer Blütezeit wurden in der Eisengießerei und Maschinenfabrik mehr als 400 Mitarbeiter und 100 Angestellte beschäftigt (zu Beginn des 1. Weltkrieges ca. 600 Beschäftigte [4]). Bis 1905 hatte das Unternehmen bereits über 2.400 Turbinen hergestellt und verkauft; allein im Jahr 1906 kamen dann weitere 233 Turbinen dazu (bis 1911 4000 [6]). [4]

Die Turbinen-Versuchsanstalten

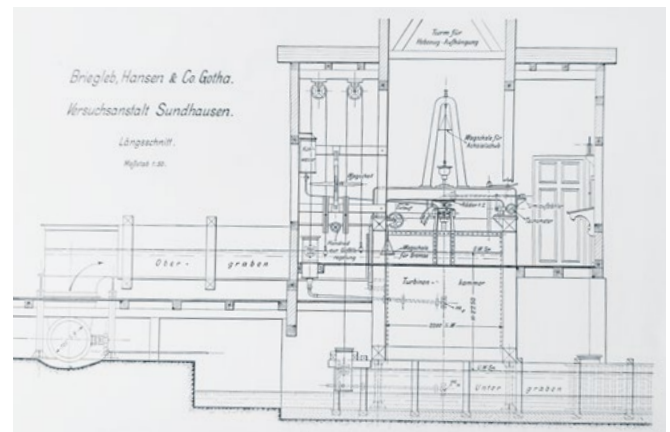
Ende der 1870er Jahre führte G. Knop bei Briegleb & Hansen die ersten Turbinenversuche ein. 1880 wurde zu diesem Zweck eine Versuchsanstalt für Turbinenbau in der Pulvermühle in Gotha an der Ratsrinne am Grünen Weg 17 errichtet (erste ständige Turbinen-Versuchsanstalt im Deutschen Reich). [4] Allerdings waren die Verhältnisse dort sehr unzureichend. Man kam aber schon bald zur Erkenntnis, dass ausführliche, praktische Erprobungen bis hin zu wissenschaftlichen Untersuchungen für die weitere Entwicklung der Turbinen, aber auch Einzelprüfungen von Fremdfabrikaten (wie z. B. die spätere Prüfung einer Pelton-Turbine vor dem Erwerb des Ausführungsrechtes) unerlässlich sein würden. Aus diesem Grund wurde im Raum Gotha nach einem besseren Standort gesucht und dieser in Wutha an der Hörsel gefunden. Von 1880 bis 1884 fanden dort die Turbinen-Prüfungen statt. Allerdings erschwerte zunehmend die relativ große Entfernung zum Werk in Gotha die Arbeit ($\frac{3}{4}$ h Reisezeit mit dem Zug). Aufgrund der zwischenzeitlichen Erfahrungen mit der Versuchseinrichtung selbst wurde der Entschluss gefasst, doch die Gegebenheiten und speziellen Wasserverhältnisse des Leinakanals in der Nähe Gothas für die Errichtung einer eigenen Versuchsanstalt zu nutzen.

In [2] wird rückblickend über die Notwendigkeit zur Errichtung einer Versuchsanstalt berichtet: „Die nach dessen (G. Knop, d.A.) Plänen gebauten Turbinen lieferten schon damals so günstige Resultate, daß weitere Verbesserungen nur möglich erscheinen konnten, wenn der Einfluß jeder einzelnen Variation an den wichtigeren Teilen der Turbine durch eine sehr genaue Prüfung auf Leistung und Wasserverbrauch festgestellt werden würde. Um nicht nur letzteres zu ermöglichen, sondern auch um zu verhüten, Turbinen, an welchen nicht auf den Erfolg bereits geprüfte Konstruktionsänderungen angebracht waren, zur Versendung an Turbinenbesteller gelangen lassen zu müssen, erbauten wir eine mit allen Mitteln der modernen Messkunst ausgerüstete hydraulische Versuchsanstalt an einem natürlichen Wasserlaufe in der Nähe von Gotha.

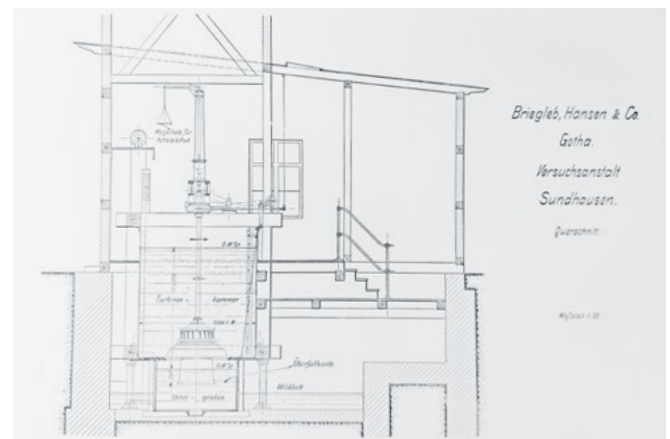
Hier stellte es sich im Laufe der Versuche heraus, daß man zu widerspruchsvollen Resultaten gelangte, wenn man bei der Berechnung der Wassermengen sich der bis dahin bekannten Überfallkoeffizienten bediente, so daß es unmöglich war, sichere Schlüsse auf den Wert oder Unwert von Konstruktionsänderungen an den Turbinen zu ziehen. Durch Anwendung der neuen Koeffizienten auf die Berechnung der früheren Versuche wurden aber, und darin kann u. a. ein Beweis für die Richtigkeit der Koeffizienten erblickt werden, die vorerwähnten Widersprüche völlig aufgeklärt. Mit solchen Mitteln ausgerüstet, gelang es Knop, seine Turbinen bis zu der heute erreichten Vollkommenheit auszubilden, und die Folge war eine außergewöhnlich rasche Verbreitung derselben.“



Versuchsanstalt Sundhausen bei Gotha - Außenansicht (die Versuchsanstalt befand sich in dem linken Gebäude)[7]

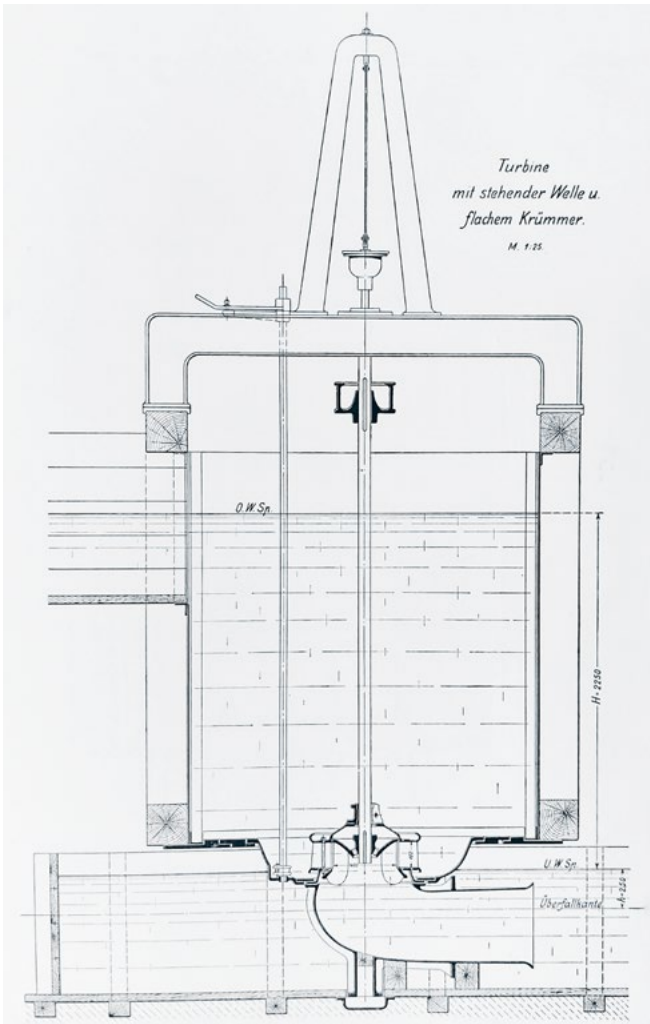


Längsschnitt durch die Versuchsanstalt [6]



Querschnitt durch die Versuchsanstalt [6]

Im Frühjahr 1884 wurde mit dem Aufbau einer „mit allen Hilfsmitteln der modernen Meßkunst ausgerüsteten“ [6] Versuchsanstalt neben der Sundhäuser-Mühle am Leinakanal begonnen. Im Dezember des Jahres konnte von G. Knop bereits der erste Versuch in der ersten Turbinenversuchsanstalt der Welt vorgenommen werden. [4] [7] Bei der Gestaltung der Versuchseinrichtung wurde besonderer Wert auf die Gewährleistung und Regelbarkeit eines andauernd konstanten Gefälles (Untergraben- zu Oberwasserspiegel) gelegt. Damit war eine konstante Schluckfähigkeit der Turbine und konstantes Drehmoment an der Reibungsbremse bei konstanter Drehzahl die



Versuchsaufbau Sundhausen für eine Turbine mit stehender Welle und flachem Krümmer [6]

Folge. Beachtet werden musste in der Ausführung die Vermeidung von Strömungen, Verwirbelungen bis hin zum Windeinfluss auf die Messungen. Mit einer besonderen Konstruktion der Reibungsbremse konnten die Drehzahlen der Versuchsturbinen nach Belieben bis zum Stillstand reduziert werden. Untersucht wurden dabei regelmäßig bzw. entsprechend der späteren Einbausituation beim Kunden auch die verschiedenen Einbauarten der Turbinen (Blechsaugrohr, Betonkrümmer, Zwillingsskrümmer bei Zwillingsturbinen, „runder“ Krümmer, Einbau in Spiralgehäuse).

Es gelang G. Knop, seine Konstruktionen für die verschiedenen natürlichen Wasser- und Gefälleverhältnisse entsprechend in Serien zusammenzufassen. Dadurch wurde eine Neukonstruktion für jeden Bedarfsfall überflüssig. Es konnte damit eine passende Turbinenkonstruktion aus den ausgearbeiteten Serien genutzt werden. [4] [6] Die Versuchsergebnisse ermöglichten gepaart mit der exakten Turbinenausführung eine hohe Betriebssicherheit der Anlagen im späteren Einsatz. Im Ergebnis stiegen die Verkaufszahlen und die Verbreitung der Turbinen aus Gotha weiter. In der Turbinenversuchsanstalt wurden neben den Versuchen an Turbinen auch hydraulische Arbeiten vorgenommen. Als Personal kamen in Sundhausen außer dem versuchsleitenden Ingenieur nur der Versuchsmonteur und zwei Hilfsarbeiter (davon einer nur zur Freihaltung der Turbine im Herbst bei starkem Laubfall und im Winter bei Eisbildung) zum Einsatz. In Sundhausen war für einen normalen Versuch nur ein Zeitraum von 14 Tagen inkl. der Vorbereitungsarbeiten, dazu gehörten auch der Guss eines neuen Laufrades, Drehen, Biegen der Schaufeln bis hin zum Zusammenbau des Versuchsleitapparates, erforderlich. [6]

Versuchsstation Sundhausen. 17. 5 1911

Rechnungswerte gelten für 1 m Gefälle

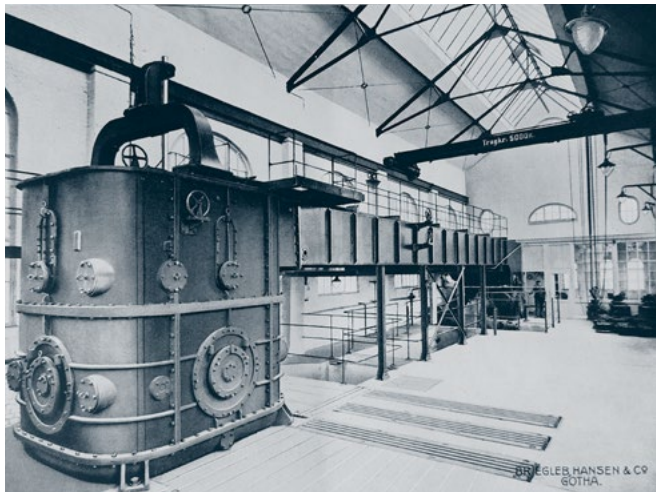
Ver- such- Nr.	Zeit	a_0 in mm	P_{225} in kg	β_1	β_2	β_{225} in mm	Q_1 in m ³	Q_2 in m ³	N_1 in kW	η in %	Bemerkungen
1	8.45	29	—	—	—	245	231	1138	—	—	
2	8.50	25	9060	3372	95	263	258,2	1275	652	28,5	57,1
3	8.57	26	8372	3003	134,5	264	259,9	1280	857	40,3	66,9
4	9.3	24	8693	3273	105	264,5	260,5	1285	970	49,5	75,5
5	9.7	22	8273	7839	192	265	261,1	1290	1035	57,7	80,2
6	9.14	20	7839	7453	219,5	264	259,8	1280	1055	64,6	82,5
7	9.19	18	7453	6987	235,5	263	258,2	1273	1038	70,6	81,5
8	9.24	16	6987	6478	257,5	261,5	255,9	1260	997	76,5	79
9	9.25	14	6478	5839	266,5	259,5	252,8	1247	926	81	74,3
10	9.32	12	5939	5372	283,5	258	247,5	1220	833	85	68,3
11	9.36	10	5372	4730	296	251,5	240,5	1188	756	88,8	61,2

Handwritten notes:
Leitrad-Boort 10,5
D = 70 mm, h = 12 mm
a = 72 mm, r = 70 mm
n = 15
Versuchsgüte sonst
tadellos = 2,25 m, daher
VH = konst. = 1 A.
Überfallbreite beträgt
1,5 m, nach Q₁ V_H
entsprechend der Überfall-
breite zu bestimmen ist.
Q₁ = Q₂ in ltr
N₁ = P₂₂₅ · a₀ · 0,0008 kg
η₁ = max 0,0008 · D · a₀ · h
η = $\frac{N_1}{Q_1 \cdot 100}$ in %

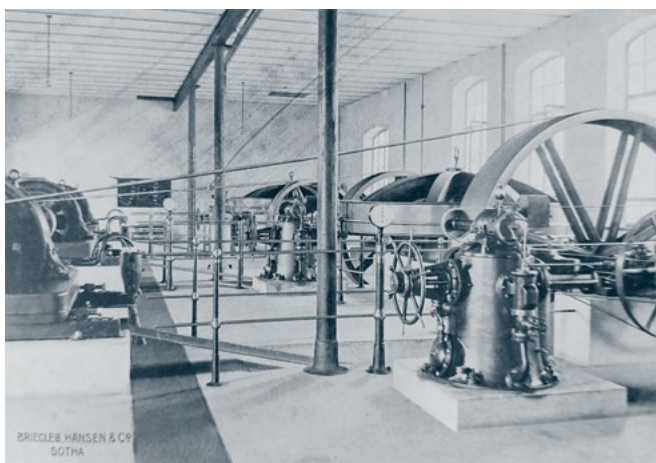
Versuchsprotokoll (Gefälle 2,25 m, Leitradöffnung 65 mm, Versuch Nr. 1 das Festbremsen der Turbine mit Bremskraft 29 kg, dann bis Nr. 11 Verringerung der Bremskraft über den optimalen Wirkungsgrad hinaus bis zum Leerlauf) [7]

Die Hindernisse, die ein natürlicher Fluss für möglichst genaue Untersuchungen und Experimente mit sich bringen – wie Laub, Eis, Wassermangel, Hochwasser – und das begrenzte Gefälle, haben bereits 1893 die Errichtung einer weiteren Versuchsanstalt direkt auf dem Werksgelände des Unternehmens in Gotha veranlasst. Es entstanden eine Niederdruck-Versuchseinrichtung für Francis-Turbinen und eine Hochdruck-Versuchseinrichtung für Freistrahlturbinen, beide mit künstlichem Wasserumlauf. Das Betriebswasser für die Hochdruckversuche wurde der städtischen Wasserleitung entnommen und mittels Stand-

rohr bei einem konstanten Gefälle von 10 m gehalten [6] [7]. In den 1910er Jahren konnten außerdem in der Wasserkraftzentrale Trusetal der Gewerkschaft Mommel Versuche an Hochdruckturbinen durchgeführt werden. Dafür erhielt die Wasserkraftzentrale zwei Spiralturbinen, die bei 43 m Gefälle und 1.000 U/min. je 120 PS (88 kW) leisteten [6].



Niederdruck-Versuchsanstalt von Briegleb & Hansen [7]



Überlandzentrale Mihla von August Trabert, 3 Turbinen von Briegleb & Hansen mit je 200 PS (147 kW), 1910 [6]

Rückblickend wird im September 1911 in [8] mit der Erfahrung aus 30 Jahren Versuchsanstalt und dem aufgebauten Selbstverständnis geschrieben: „Stillstand bedeutet Rückschritt. Dieses Wort dürfte kaum irgend anderwärts mehr zutreffen als im Turbinenbau. Fortdauernde Entwicklung unter Aufwendung aller geistigen und materiellen Mittel muß der erste Programmpunkt einer modernen Turbinenanstalt sein. Dazu gehört die aufmerksamste Verfolgung aller Erscheinungen der einschlägigen Gebiete des Weltmarktes und der technischen Literatur, die ständige Fühlung mit den führenden Geistern auf dem Sondergebiet des Wasserbaues, die Mitarbeit hervorragend ausgebildeter und geschulter Kräfte und vor allem eine Versuchsanstalt, auf der jede Neuerung einer eingehenden Prüfung unterzogen wird, ehe sie der Praxis übergeben wird. Sobald man beim Entwurf einer Turbine althergebrachte und bewährte Formen verläßt, ist man nicht mehr in der Lage, lediglich auf

Grund theoretischer Erwägungen mit Sicherheit anzugeben, was sie, sei es in Bezug auf den Wasserverbrauch, sei es in Bezug auf den Wirkungsgrad, für Eigenschaften haben wird. Turbinenkonstruktionen, von denen die bewährtesten Fachleute das Höchste erwartet haben, haben auf der Versuchsanstalt völlig versagt, und umgekehrt hat oftmals ein mit Mißtrauen betrachtetes Versuchsmodell überraschend gute Resultate gezeitigt. Eine Turbinenfirma, die ihre Neukonstruktionen nicht auf einer Versuchsanstalt prüft, würde ihr Versuchsfeld in ihren Kundenkreis verlegen müssen, zum offenbaren Nachteile beider Parteien. Man erkennt hieraus, daß die Sicherheit, welche die Garantie einer Turbinenfirma bietet, in letzter Linie in deren Versuchsanstalt liegt und bis zu einem gewissen Grade Vertrauenssache bleiben wird, da die Nachprüfung der Garantien an Ort und Stelle nicht auch nur mit annähernd derselben Genauigkeit möglich ist, welche bei den Messungen in der Versuchsanstalt erreichbar ist.“

Ein kurzer Überblick über gebaute Anlagen (Stand etwa 1915-1917) [7]

Erste Anlagen (Auswahl) [10]

Die erste in [10] aufgelistete Anlage zur Wasserkraftnutzung wurde im Jahr 1869 an die Firma E. Kleinsteuber in Tambach i. Thür. geliefert. Typen und Umfang der Lieferungen sind auch für die folgenden, ersten Anlagenlieferungen in Thüringen unbekannt.

- 1870 Carlsmühle, Weimar
- 1874 Ferdinand Flinsch Papierfabrik, Blankenberg a. d. Saale
- 1874 Ed. Stahl, Papiermühle in der Stadt Remda
- 1875 D. Worm & Schönau, Oberweißbach
- 1875 Theodor Kirsch & Söhne für Katzhütte, Angstedt
- 1875 Porzellanmanufaktur C.G. Schierholz & Sohn, Plaue

Großkraftwerke mit Leistungen über 1.000 PS (Auswahl) [7]

- Saalachkraftwerk bei Bad Reichenhall (Betriebsbeginn 1914) 12.000 PS/8,8 MW
- Salto de Bolarque, Madrid 17.200 PS/12,65 MW
- Stockfors Aktiebolag, Stockfors (Finnland) 2.100 PS/1,54 MW
- Überlandzentrale Unterpreilipp 1.000 PS/0,74 MW

Auftraggeber für Anlagen in Thüringen (Auswahl) [7]

- Magistrat der Stadt Nordhausen
- Überlandzentrale Bretleben
- Rittergutsverwaltung Heßberg bei Hildburghausen
- Elektrizitätswerk Gispersleben GmbH
- Fürstlich Hohenlohesches Rentamt, Oppurg a. d. Orla
- Freiherr von Marschall, Altengottern
- Theodor Kirsch & Söhne, Gehren (Ilmenau)
- Aktiengesellschaft Kaliwerk Hattdorf, Philippsthal (Werra)

Bis 1917 verkaufte Briegleb & Hansen 5.000 Turbinenanlagen „nach allen Weltteilen“. [7]

Und heute?

Im Jahr 1913 verkauften die Firmeninhaber das Unternehmen an die „Vulkan-Werke zu Hamburg und Stettin AG“, um erstem eine breitere finanzielle Basis zu geben, als es ihnen aus eigenen finanziellen Mitteln möglich gewesen wäre. [4] Der Export in alle Welt kam mit dem Krieg jedoch zum Erliegen. In Folge der Weltwirtschaftskrise verbunden mit der Inflation nach dem 1. Weltkrieg erfolgte auch für das Werk der Niedergang. Das Unternehmen wurde 1922 an die „Fritz Neumeyer AG“, Nürnberg/München verkauft und ging in der Folgezeit in anderen Unternehmen auf. Das Gothaer Werk, Kohlenstraße 4 (heute Südstraße), wurde 1925 stillgelegt, 1932 teilweise abgerissen und das Gelände der Deutschen Reichsbahn übergeben. Später wurde hier das Reichsbahn-Ausbesserungswerk Gotha angesiedelt. Die vormalige „Probierstation für Turbinen“ im Gothaer Werk wurde nach dem Umbau ab 1934 als katholische Christ-Königs-Kirche (seit 2019 Kirche der Rumänisch-Orthodoxen Kirchengemeinde „Der Schutzmantel der Gottesgebälerin“) weitergenutzt. [9] Die heutige evangelische St.-Michael-Kirche in der Südstraße wurde in der Wärmehalle der ehemaligen Fabrik errichtet [5]. Wann der Abriss des Gebäudes der Versuchsanstalt in Sundhausen erfolgte, ist dem Autor unbekannt – sicher aber nicht vor 1930.

Noch heute sind Turbinen von Briegleb & Hansen, bspw. im Wasserkraftmuseum Ziegenrück mit Baujahr 1900 (Francis-Schachtturbine mit 80 kW) oder für Demonstrationszwecke im Lucas-Cranach-Haus am Hauptmarkt in Gotha (Knop-Turbine), im Einsatz. Die noch im Einsatz befindlichen Anlagen künden von der Leistungsbereitschaft des Gothaer Unternehmens, dem Know-how seiner Ingenieure, der außerordentlichen Qualitätsarbeit ihrer Erbauer, aber auch der akribischen Versuchsdurchführung in ihren Versuchsanstalten.

Quellen

- [1] <https://kleinwasserkraft.energy/die-geschichte-der-kleinwasserkraft/>
- [2] Der Turbinenbau von Briegleb, Hansen & Co. in Gotha, Gotha, 1902/03
- [3] Wilhelm Müller: Die Francis-Turbinen und die Entwicklung des modernen Turbinenbaues in Deutschland, der Schweiz, Österreich-Ungarn, Italien, Frankreich, England und den vereinigten Staaten von Amerika, Verlag von Gebr. Jänecke, Hannover, 1901



Kirche der Rumänisch-Orthodoxen Gemeinde gegenüber dem Wohnpark „August Briegleb“ am Eingang der Briegleb-Straße, 2024 [Foto: Autor]

- [4] Briegleb, Hansen & Co. Eisengießerei, Maschinenfabrik & Spezialfabrik für Turbinenbau, Schriftenreihe des Urania Kultur- und Bildungsvereines Gotha e.V. zur Firmengeschichte der Stadt Gotha, Heft 7, 1999
- [5] Matthias Wenzel: Vom Weltunternehmen in Gotha zum fast vergessenen Erbe: August Briegleb und die Turbinenfabrik, in: <https://www.thueringerallgemeine.de/regionen/gotha/article241459852/Wie-August-Briegleb-in-Gotha-zu-seinem-eigenen-Strassennamen-kam.html>
- [6] Festschrift zur Feier des 50jährigen Bestehens der Firma Briegleb, Hansen & Co (Eisengiesserei und Maschinenfabrik Gotha) 1861-1911, Elsner-Verlag Berlin, 1911, Forschungsbibliothek Gotha der Universität Erfurt, Goth 4°70/32_2000 028394
- [7] Hansenwerk-Turbinen und Regler, 1917, Forschungsbibliothek Gotha der Universität Erfurt, Goth 470/18_95/1485
- [8] Briegleb, Hansen & Co.: Was muß der Betreiber einer Wasserkraftanlage vom Turbinenbau wissen? in: Druckschrift Nr. 4, Sept. 1911, Verlag Engelhard-Reyher, Forschungsbibliothek Gotha der Universität Erfurt, Signatur 4° 01513
- [9] [https://de.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Hansen_\(Fabrikant\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Hansen_(Fabrikant))
- [10] Briegleb, Hansen & Co. Eisengießerei und Maschinenfabrik Gotha, Nachweisung über ausgeführte Anlagen, Verlag Engelhard-Reyher, 1906, Forschungsbibliothek Gotha der Universität Erfurt, Signatur Goth 8° 00856

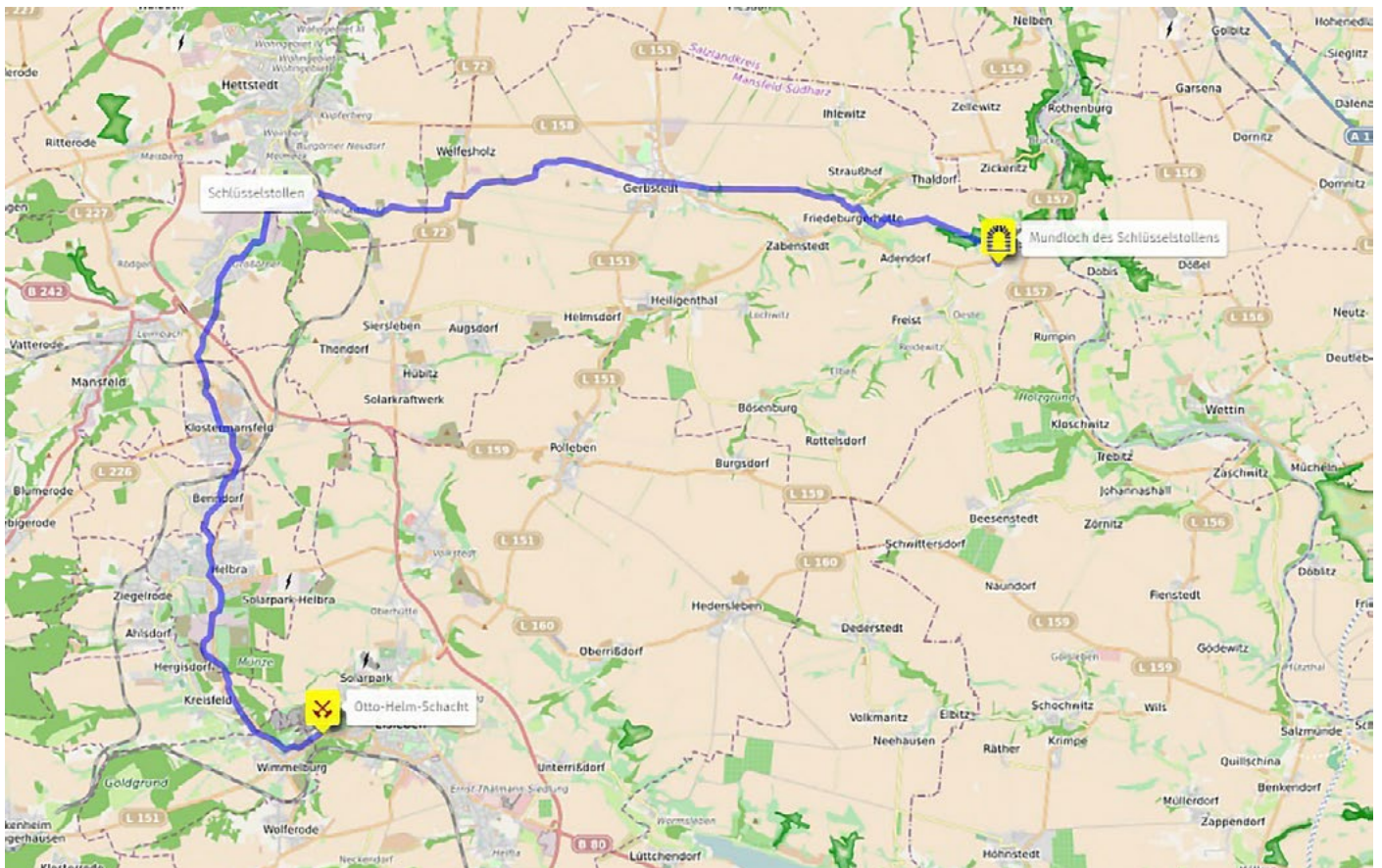
110 Jahre Kavernenkraftwerk Drei-Brüder-Schacht - Innovative Nachnutzung bergbau-licher Anlagen

Stephan Hloucal, Erfurt

Im folgenden Beitrag wird der Sprachgebrauch aus dem Bergbau übernommen, der sich aber dem geneigten Leser auch selbst erschließen kann.

Seit Jahrhunderten wird Bergbau betrieben, vor allem zur Gewinnung von Erzen, Mineralien und anderen Rohstoffen. Dabei waren Edelmetalle, Eisenerz, Salz und Energieträger wie Kohle von besonderem Interesse. Durch das Vordringen in immer größere Teufen wurde Wasser zum Problem, welches ständig in Schächte und Stollen eindrang. Wurden in

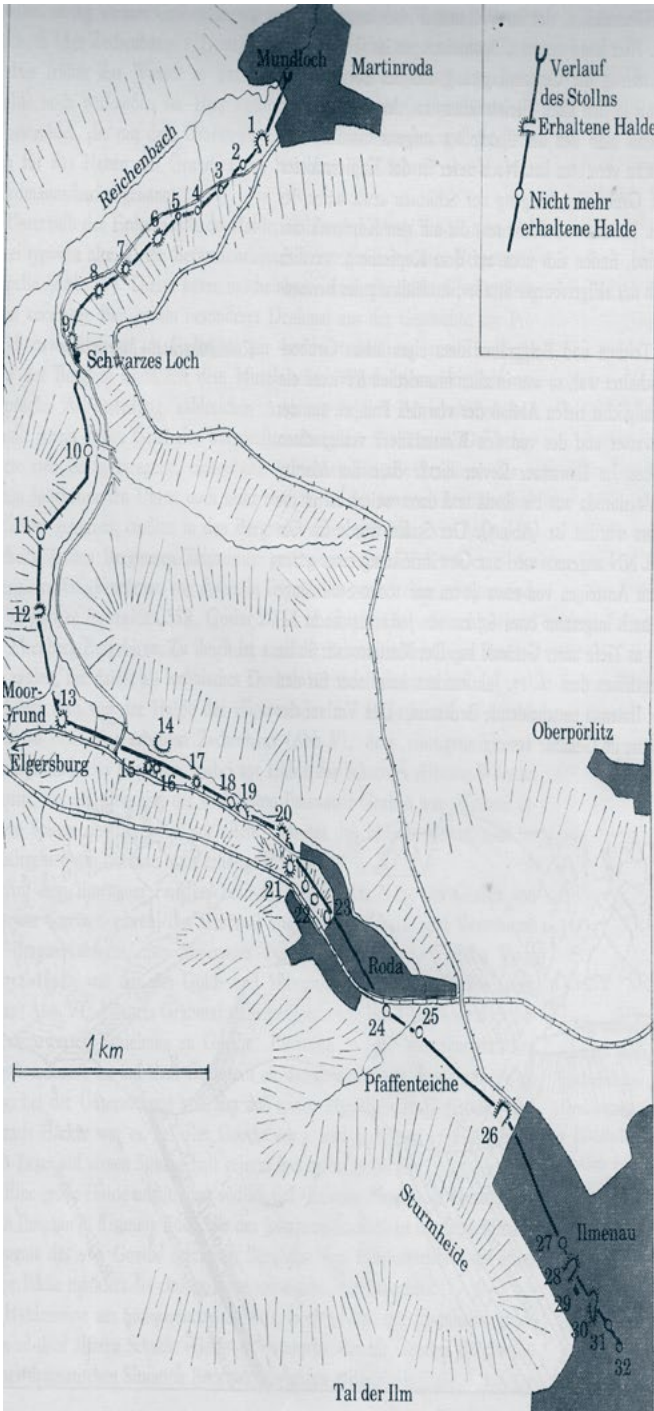
vorindustrieller Zeit zuzitende Wässer von Knappen mit Eimern und Haspeln nach übertage befördert, so wurden später Pumpen eingesetzt, die durch Göpel oder Wasserkünste angetrieben wurden. Die untertägig installierten Wasserkünste stießen jedoch an physikalische Grenzen, sodass Wasserlösungsstollen aufgefahren wurden, durch die das Wasser auf ein höheres Niveau gehoben und im natürlichen Gefälle zur Tagesoberfläche in Fließgewässer abgeschlagen werden konnte. Die Wasserlösungsstollen, oft auch Erbstoppen genannt, waren für die Wasserhaltung eines Grubenfeldes von zentraler Bedeutung und sind das teilweise auch noch heute, längst nach Einstellung des Bergbaus. Für deren Auffahren waren oft viele Jahrzehnte harte händische Arbeit mit Schlägel und Eisen erforderlich, bei einem Tagesvortrieb von durchschnittlichen 20 cm! Einige Beispiele: Für den 32,3 km langen Schlüsselstollen, der das Mansfelder Kupferbergbaurevier entwässert, wurden 128 Jahre (1751-1879) benötigt.



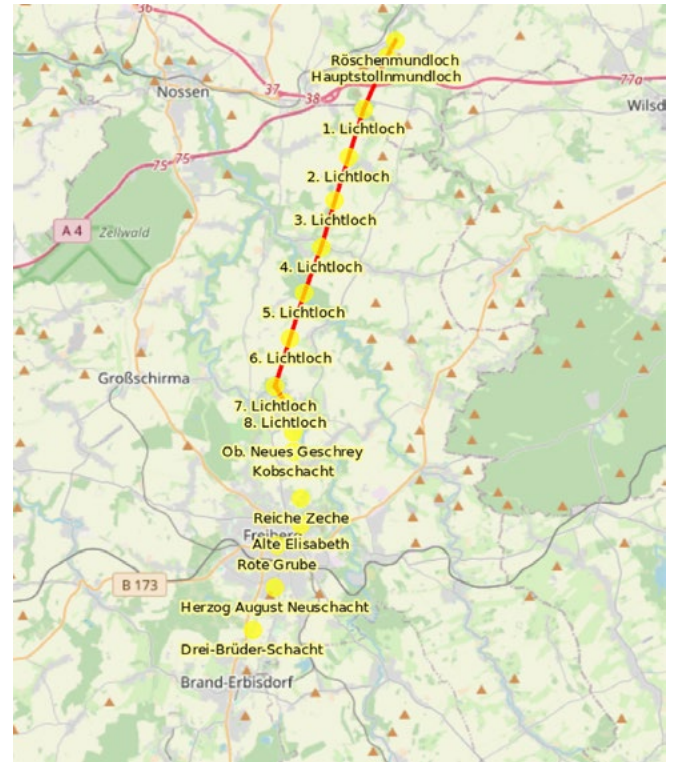
Der Schlüsselstollen im Mansfelder Revier, Bild aus [3]

An dem nur 8 km langen Martinrodaer Stollen, der die Ilmenauer Grube Johannesschacht entwässert, wurden mit Unterbrechungen 125 Jahre (1592-1717) gearbeitet. Der jüngste hier betrachtete Wasserlösungsstollen ist der von 1844 bis 1883, mit einer Länge von 51 km, aufgefahrene Rothschnöberger Stolln. Im Erzgebirge ist der Begriff Stolln üblich, in anderen Bergbauregionen heißt es stattdessen Stollen.

Der Bergbau im Raum Freiberg in Sachsen begann 1168, als Handelsleute übertägig silberhaltiges Gestein fanden. Urkundlich erwähnt wurde der Bergbau 1185 und ein Jahr später wurde die Stadt Freiberg gegründet. Die oberflächennahen Silbererzvorkommen waren schnell erschöpft, sodass die Bergleute ab dem 16. Jahrhundert in immer größere Teufen vordrangen und dafür verschiedene Wasserhebungstechnologien entwickelten. Über ein ausgedehntes

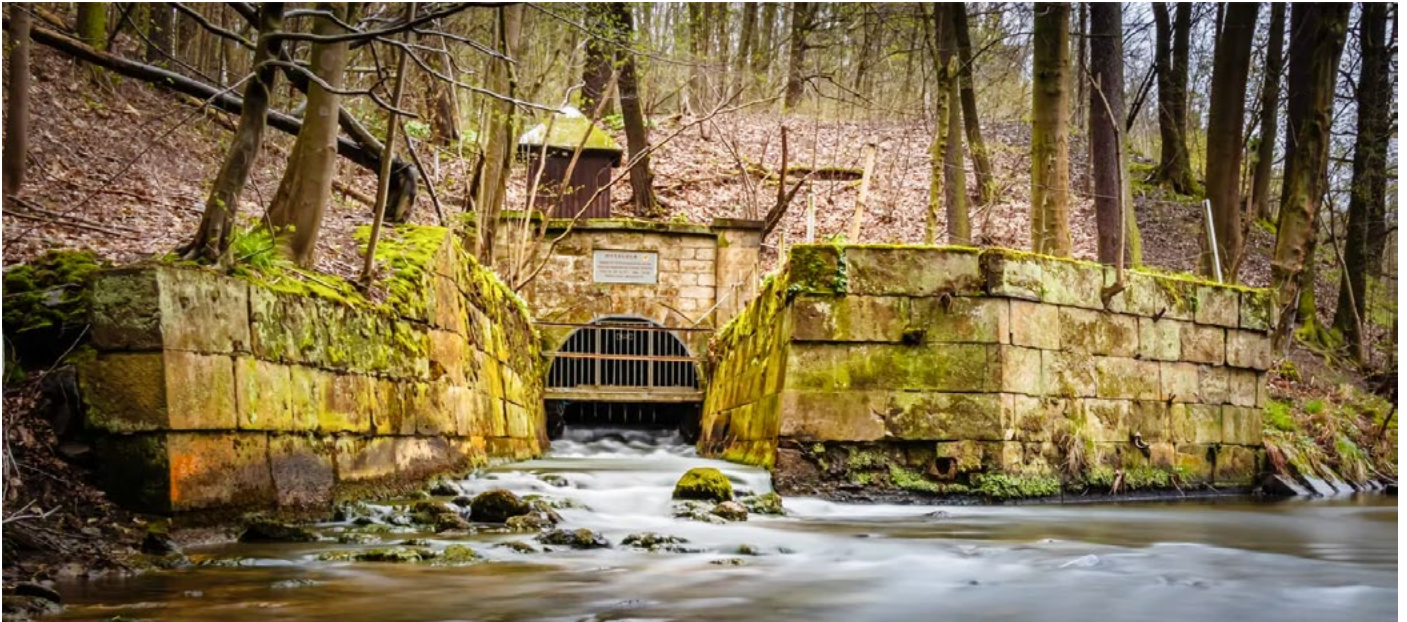


Der Martinrodaer Stollen bei Ilmenau, Bild aus [10]



Der Rothschönberger Stolln im Freiberger Revier, Bild aus [4]

System von Kunstteichen und Kunstgräben wurde Wasser zur Beaufschlagung der untertägigen Kehräder und Wasserkünste bereitgestellt. So wurden in zehn Teichen mehr als 5,5 Mio. m³ Wasser gespeichert und über ein System von Kunstgräben und Röschen, welches immerhin 70 km umfasst, zu den Schachtanlagen geleitet. Dieses imposante wasserwirtschaftliche System existiert noch heute und erfüllt wichtige bergbauliche Entwässerungsaufgaben. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts war absehbar, dass die Erweiterung des Bergbaus nur mit einem leistungsfähigeren Wasserlösungsstollen möglich war. Die Entwässerung des Grubenfeldes über den Moritzstolln in die Freiberger Mulde war nicht mehr ausreichend, um in größere Tiefen vordringen zu können. Ein erster Plan, der Tiefe Meißner Erbistolln, der einen Abfluss in die Elbe vorsah, wurde als zu teuer verworfen. Letztlich wurde zwischen 1844 und 1877 mit dem



Mundloch des Rothschönberger Stollns, Bild aus [4]

Rothschönberger Stolln die kostengünstigere Variante bis zum Halsbrücker Revier realisiert. Das war zu einer Zeit, die wir heute mit dem Beginn der industriellen Revolution in Verbindung bringen. Die Einführung der Dampfmaschine hatte in England bereits den Bergbau revolutioniert. Beim Bau des Rothschönberger Stollns kam diese neue Antriebstechnologie teilweise auch zum Einsatz. Das Mundloch des Stollns befindet sich im Tal der Triebisch bei Rothschönberg, etwa 90 m über dem Elbeniveau.

Vom Halsbrücker Revier aus wurden weitere Grubenfelder, unter anderem auch der Drei-Brüder-Schacht, an den Rothschönberger Stolln angeschlossen und die Wasserlösung begann am 28. Mai 1877. Die Gesamtlänge des Stollns mit Nebenanlagen beträgt etwa 51 km, mit einem durchschnittlichen Gefälle von 0,033%. Die Blütezeit des Silberbergbaus war gegen Ende des 19. Jahrhunderts überschritten. Wie in anderen Bergbauregionen, z. B. im Thüringischen Ilmenau, der Bergbauregion Harz oder im Tiroler Schwaz, wurde der Abbau von Silbererz unrentabel und viele Gruben wurden aufgegeben. Auch in Freiberg lieferte der Vorstoß in größere Teufen nicht die erhofften ergiebigen Silbererzvorkommen, sodass der Bergbau im Drei-Brüder-Schacht 1889 eingestellt wurde, obwohl seinerzeit jährlich noch etwa 30 t Silber aus den Freiburger Gruben gewonnen wurden. Mit dem auf dem Weltmarkt gehandelten Silber war das jedoch nicht mehr konkurrenzfähig. Der Drei-Brüder-Schacht war von 1791 bis 1818 auf eine Tiefe von 390 m geteuft worden und diente der Erschließung des Grubenfeldes Drei-Brüder-Spat.

Das Ende des 19. Jahrhunderts war gekennzeichnet durch die zunehmende Nutzung von Elektrizität und den Einsatz von elektrischer Beleuchtung und Elektromaschinen, wodurch die Industrialisierung entscheidend beschleunigt wurde. So wurde der Dampf-

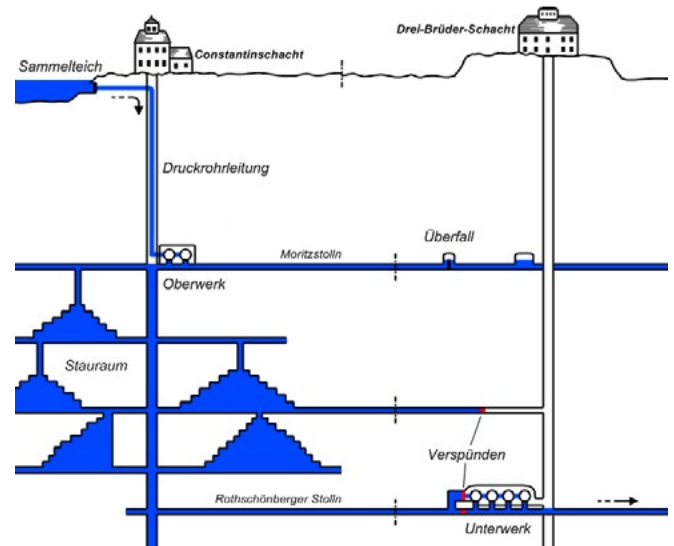
maschinenantrieb immer mehr durch die wesentlich effizienteren Elektromaschinen abgelöst. An vielen Wassermühlen lieferten Generatoren nun auch Strom für Licht und Kraft. So verwundert es nicht, dass in Freiberg über bergbaufremde Nachnutzungen von Schachtanlagen nachgedacht wurde. Immerhin standen große Fallhöhen (Teufen) für den Betrieb von Wasserturbinen und ein weit verzweigtes übertägiges Graben- und Teichsystem zur Verfügung. Gemeinsam mit dem benachbarten Constantin-Schacht erschloss sich am Drei-Brüder-Schacht ein Grubenfeld, welches über ein untertägliches Speichervolumen von etwa 1,5 Mio. m³ verfügt. Erste Überlegungen zur energetischen Nutzung kamen ins Gespräch, nachdem bereits 1898 im Wilhelmschacht von Clausthal im Harz ein Kavernenkraftwerk mit sechs Pelton-turbinen und einer elektrischen Leistung von mehr als 4,5 MW in Betrieb gegangen war. [8] Der Revierausschuss schlug der Oberdirektion Erz im Januar 1900 vor, das Wasser, welches nicht für die mechanische Kraf-



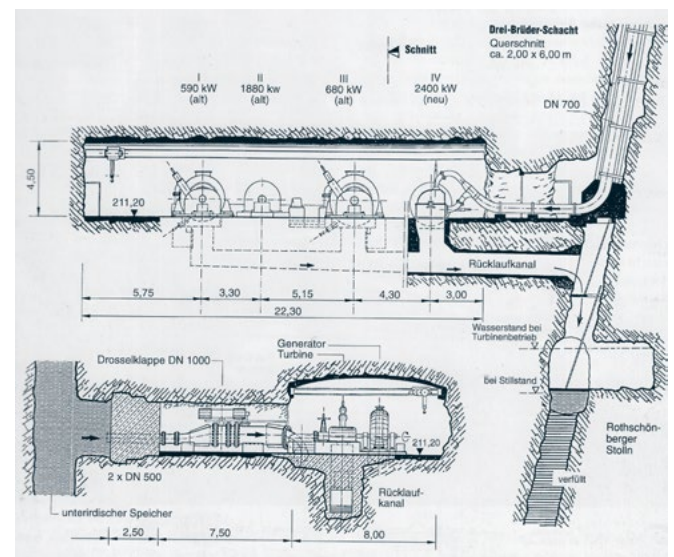
Tagesanlage des Drei-Brüder-Schachts, 2024

zeugung bzw. als Speise- oder Waschwasser verwendet wird, in einem der Schächte zur Elektrizitätserzeugung zu nutzen. Doch erst der Grubenleiter der Grube Himmelsfürst, Bergrat Oscar Reinhold Lange, nahm sich ab 1904 dieser Sache ernsthaft an. Nach einigen Studien legte er 1911 Pläne und Rentabilitätsberechnungen für ein Revierelektrizitätswerk vor, welches den Constantin-Schacht und den Drei-Brüder-Schacht einbezieht. Bergbehörde und Regierung ermöglichten nun durch Gesetz vom 3. Juli 1912, dass die Wässer der Revierwasserlaufanstalt auch für andere als Bergbauzwecke verwendet werden durften. So dann begannen die Vorbereitungsarbeiten, und durch die Genehmigung zur Aufwältigung des Drei-Brüder-Schachtes wurden wichtige Voraussetzungen für das Revierelektrizitätswerk geschaffen. Unstimmigkeiten mit dem Freiburger Stadtrat führten noch zur Änderung der Planung und letztlich zu der Konfiguration zweier Kavernenkraftwerke in zwei Gefällestopfen unter Nutzung eines Teils des Moritzstollns und des Rothschnöberger Stollns.

Bergrat Lange übernahm die Bauleitung für das Kraftwerk. Die erste Gefällestufe wurde im Constantin-Schacht genutzt, indem 133 m unter der Hängebank in einer Kaverne zwei Peltonturbinen der Gothaer Maschinenbaufirma Briegleb & Hansen installiert wurden. Das über den Hohe Birke Kunstgraben und einem Sammelteich zugeführte Oberflächenwasser wurde über eine Druckrohrleitung im Schacht den Turbinen im sogenannten Oberwerk zugeführt. Das abgearbeitete Wasser floss in einen untertägigen Speicher, der durch alle Strecken, Schächte und Abbaue südlich des Drei-Brüder-Schachtes sowie zwischen dem Rothschnöberger Stolln und dem darüber liegenden Moritzstolln gebildet wurde. So konnten nicht nur das Oberflächenwasser, sondern auch die in diesem Bereich anfallenden Grund- und Grubenwässer für die Energiegewinnung genutzt werden. Hierzu war es jedoch notwendig, im Moritzstolln einen Überfall zu bauen und einige Strecken zu verspünden. Für das sogenannte Unterwerk des Revierelektrizitätswerks war 272 m unter der Hängebank im Drei-Brüder-Schacht eine etwa 200 m² große Kaverne aufgeföhren worden, die sich etwa 10 m über dem Rothschnöberger Stolln befindet.



Darstellung der Betriebsweise des Kavernenkraftwerks bis 1948, aus [1]



Schnittzeichnung des Kavernenkraftwerks, aus [2]



Hauptverspündungen und Zulauf im Kavernenkraftwerk, 2 x DN 500, Zustand 2024

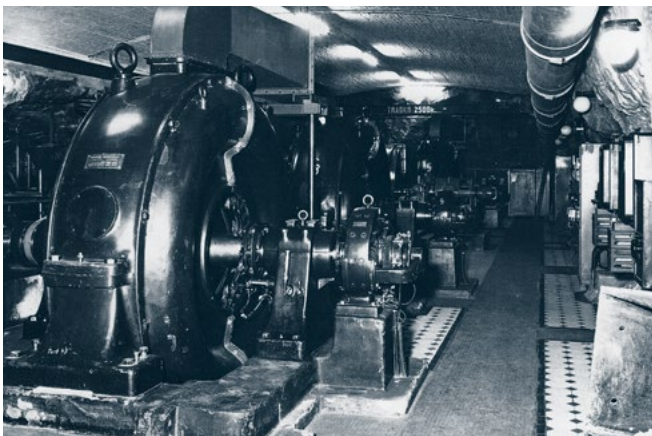
Das dem untertägigen Stau über zwei Druckrohrleitungen aus einem Verspünden entnommene Wasser wurde über eine Drosselklappe und Verzweigungen vier Maschinensätzen zugeleitet. Die Fallhöhe beträgt 136 m. Das abgearbeitete Wasser wurde über den 10 m tiefer liegenden Rothschnberger Stolln nach 23 km in die Triebisch bei Rothschnberger abgeschlagen. In der Kaverne waren vier Pelton-Turbinensätze installiert, wovon eine Turbine 1941 durch eine Francis-Spiralturbine ersetzt wurde. So standen im Ober- und Unterwerk folgende Maschinensätze zur Verfügung:

Zu Weihnachten 1914 wurde das Unterwerk feierlich von Bergrat Lange und Oberingenieur Sessinghaus von den Siemens & Schuckert Werken in Betrieb genommen. Der Dauerbetrieb, der zunächst drei installierten Maschinensätze mit Peltonturbinen von Briegleb & Hansen, begann am 26. Januar 1915. Über Kabel wurde die Elektroenergie mit einer Spannung von 5.250 Volt im Schacht nach übertage geleitet und in der Schaltzentrale auf 10.000 Volt hochgespannt.

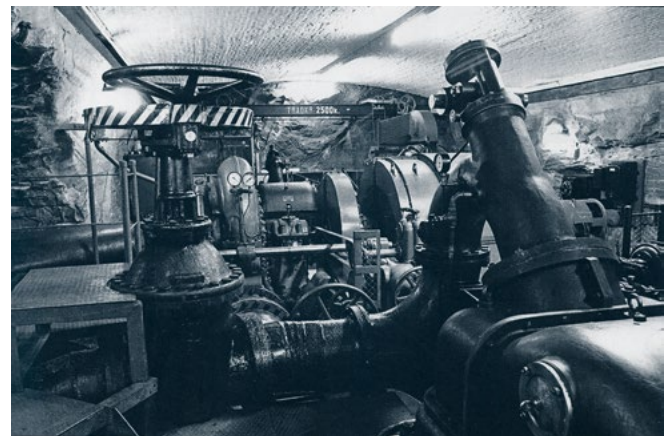
Installierte Einheiten
Constantinschacht:

	Maschine I	Maschine II	Maschine I	Drei-Brüder-Schacht: Maschine II	Maschine III	Maschine IV
Hersteller:	Brigleb-Hansen	Voith	Brigleb-Hansen	Voith	Brigleb-Hansen	Neymeyer München
Bauart: Turbine	Freistrah	Freistrah/-Doppelläufer	Freistrah	Francis-Spiral	Freistrah	Freistrah
Baujahr:	1921	1937	1914	1941	1914	1924
Auslegung:	H = 120 m Fl.S. Q = 0,876 m ³ /s N _T = 840 kW n = 600 min ⁻¹	H = 120 m Fl.S. Q = 1,505 m ³ /s N _T = 1440 kW n = 600 min ⁻¹	H = 136 m Fl.S. Q = 0,53 m ³ /s N _T = 590 kW n = 600 min ⁻¹	H = 136 m Fl.S. Q = 1,74 m ³ /s N _T = 1880 kW n = 1000 min ⁻¹	H = 136 m Fl.S. Q = 0,626 m ³ /s N _T = 680 kW n = 1000 min ⁻¹	H = 136 m Fl.S. Q = 0,53 m ³ /s N _T = 600 kW n = 600 min ⁻¹
Generator Hersteller:	Siemens-Schuckert-Werke					
Auslegung:	N _s = 1000 kVA U = 5250 V I = 110 A cos φ = 0,8 n = 600 min ⁻¹	N _s = 1800 kVA U = 5250 V cos φ = 0,75 n = 600 min ⁻¹	N _s = 600 kVA U = 5250 V I = 66 A cos φ = 0,8 n = 600 min ⁻¹	N _s = 2400 kVA U = 10750 V I = 129 A cos φ = 0,75 n = 1000 min ⁻¹	N _s = 750 kVA U = 5000 / 5750 V I = 86,5 / 75,2 A cos φ = 0,8 n = 600 min ⁻¹	N _s = 600 kVA U = 5250 V I = 66 A cos φ = 0,8 n = 600 min ⁻¹

Maschinensätze im Ober- und Unterwerk, aus [2]



Blick vom Füllort in den Maschinenraum des Kavernenkraftwerks mit vier Maschinensätzen. Gesamtleistung 3.750 kW, um 1940, aus [2]



Maschine III, Zulauf und oberer Düsenstock Pelton turbine, Briegleb & Hansen, aus [2]

Bedingt durch den 1. Weltkrieg konnte das Kraftwerk im Constantin-Schacht erst im Jahr 1922 in Betrieb gehen. Die beiden Peltonturbinen des Oberwerkes wurden ebenso von der Gothaer Firma Briegleb & Hansen geliefert. Wobei eine Turbine 1937 durch eine leistungsstärkere Pelton turbine von der Firma

Voith ersetzt wurde. Die Briegleb & Hansen-Turbine lieferte bei einer Nettofallhöhe von 120 m, einem Schluckvermögen von 0,876 m³/s und einer Drehzahl von 600 min⁻¹, eine Leistung von 840 kW. Die Voith-Turbine konnte 1,5 m³/s bei einer Drehzahl von 600 min⁻¹ zu 1.440 kW verarbeiten.



Maschinensatz I, links Generator Siemens & Schuckert, 600 kVA, daneben Turbinenregler, rechts oberer Düsenstock der Pelton turbine, Briegleb & Hansen, 1914, Zustand 2024



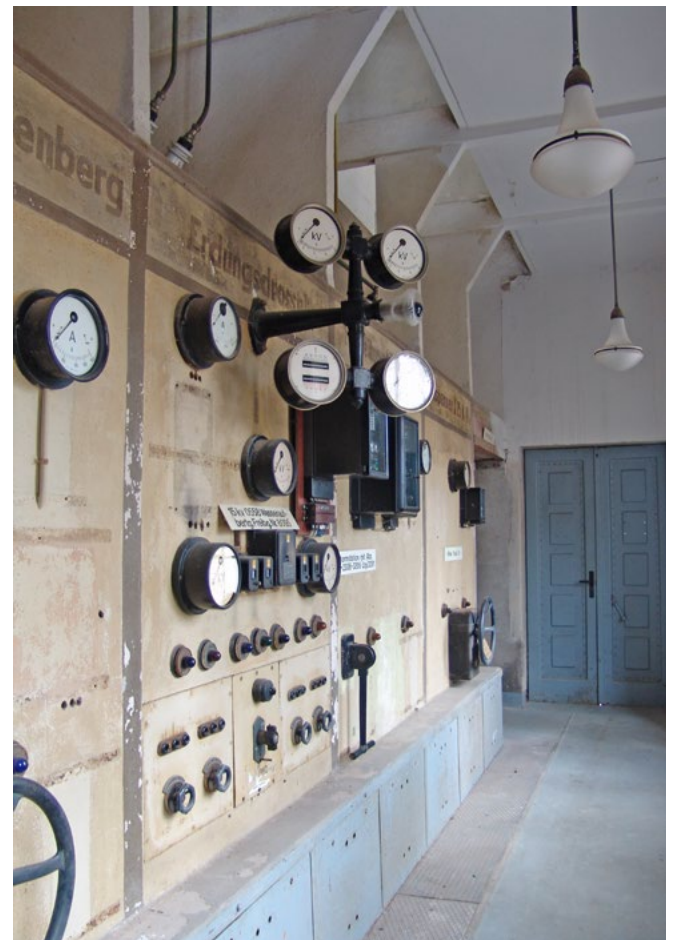
Blick auf Peltonlaufrad mit Düse und Strahlabweiser, Briegleb & Hansen, 1914, Zustand 2024



Pelton turbine, Briegleb & Hansen, 1914, Zulauf, Turbinenregler und oberer Düsenstock, Zustand 2024

Die von den Turbinen angetriebenen Synchronmaschinen, die die Siemens & Schuckert Werke lieferte, hatten eine Nennleistung von 1.000 kVA bzw. 1.800 kVA, mit einer Nennspannung von 5.250 Volt. Mit dem Einbau eines vierten Maschinensatzes im Drei-Brüder-Schacht wird 1925 die geplante Endausbauleistung erreicht. Beide Werke erbrachten zusammen eine Leistung von etwa 6 MW. Damit war eine durchschnittliche Jahresarbeit von mehr als 13.300 MWh erzielbar. Gegen Ende der 1950er Jahre sank diese jedoch auf etwa 5.900 MWh und im letzten vollen Betriebsjahr 1971 auf 2.100 MWh. Die vom Oberwerk im Constantin-Schacht gewonnene Elektroenergie wurde mittels Erdkabel zur Schaltzentrale am Drei-Brüder-Schacht übertragen.

Über Hochspannungsfreileitungen wurden von dort Brand-Erbisdorf, einige Unternehmen, Ortschaften und ab 1921 auch Teile der Stadt Freiberg, versorgt.



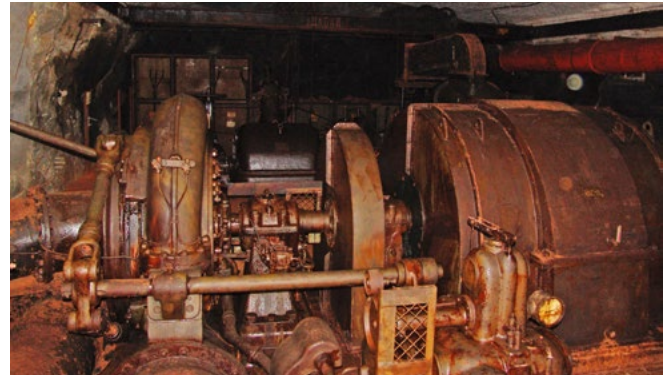
Schaltwarte des Revierelektrizitätswerks, 2024

Die beabsichtigten technischen, wirtschaftlichen und sozialen Ziele waren erreicht. Ein Teil des Gewinns konnte von 1932 bis 1943 auch in die Verbesserung der Anlage fließen, so z. B. in die Vergrößerung der Druckrohrleitung im Constantin-Schacht von 600 mm auf 900 mm lichte Weite bzw. den Ersatz eines Maschinensatzes im Unterwerk durch eine leistungstärkere Francis-Spiralturbine. Bis zum Ende des 2. Weltkrieges wurde diese Kraftwerkskonfiguration beibehalten.

Zunächst verwunderlich erscheint das Fehlen eines Wasserschlosses, welches die bei einem Schnellverschluss der Turbinen entstehenden Druckstöße im System abzufangen hat. Ein Wasserschloss war nicht erforderlich, da das Verschlussorgan, eine Drosselklappe, über ein Getriebe elektromechanisch angetrieben wurde und so Druckstöße nicht auftreten konnten.

Nach Kriegsende wurde der Bergbau zur Gewinnung von Bleierz wieder aufgenommen. Daher musste der untertägige Stau beendet werden und ab Juli 1948 wurde das Unterwerk stillgelegt. Das Oberwerk wurde noch bis 1951 weiter betrieben. Es bestand allerdings die Notwendigkeit, die Stromerzeugung wieder aufzunehmen, da dies schon wegen der Wasserhaltung im Grubenfeld notwendig war. Ab Dezember 1953 wurden beide Kraftwerke in Serie gefahren. Zuvor wurde von der alten Radstube im Moritzstolln ein Gesenk von 140 m Teufe bis zum Maschinenraum des Unterwerks aufgefahren. Ober- und Unterwerk mussten nun zusammen so gefahren werden, dass immer genügend Wasser im Gesenk am Drei-Brüder-Schacht stand, was über Jahre gut funktionierte.

Da nur noch Oberflächenwasser verarbeitet wurde, konnte die alte Leistungsfähigkeit beider Anlagen nicht mehr erreicht werden. Unter den realsozialistischen Wirtschaftsbedingungen der DDR erfolgte der energiepolitisch gewollte, unaufhaltsame Niedergang des Kavernenkraftwerks. Die DDR-Energiepolitik priorisiert die Braunkohleverstromung. 1968 verfügt der Minister für Kohle und Energie die Schließung des Revierelektrizitätswerks. Das Oberwerk ging 1969 vom Netz, wurde ausgeraubt; alle Anlagen wurden verschrottet und der Schacht verwahrt. Da die nach Kriegsende begonnene Gewinnung von Bleierz gegen Ende der 1960er Jahre aufgegeben wurde, konnte 1970 der ursprüngliche untertägige Stauraum nochmals hergestellt werden, sodass das Unterwerk nur mit dem Grubenwasser bis zum 10. Juli 1972 weiterarbeiten konnte. Dann war „Sense“, so der letzte Eintrag in das Schichtbuch. In der Hoffnung auf eine spätere Reaktivierung wurden sämtliche Maschinen des Unterwerks mit „Elaskon“, einem Hohlraumschutzwachs, konserviert und die Erregermaschinen der Synchrongeneratoren nach übertage gebracht.



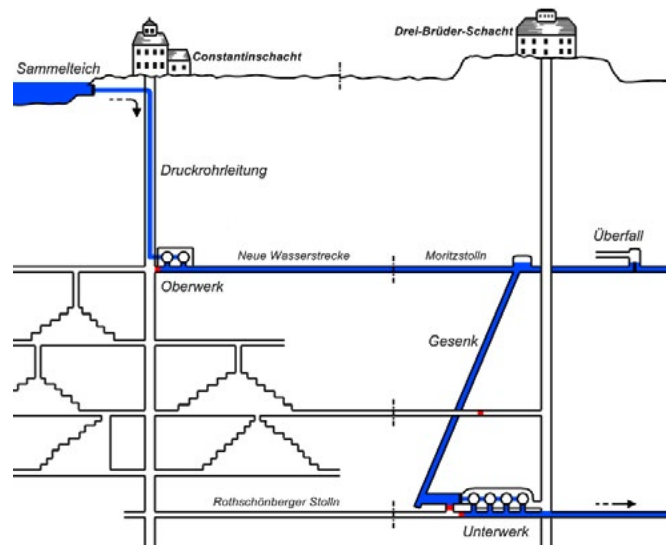
Maschine II, Voith, Francis-Spiralturbine mit Generator, Siemens & Halske und Turbinenregler, Zustand 2024



Maschine II, Francis-Spiralturbine, Voith, Blick auf den Leitapparat, Zustand 2024



Betätigung des Schnellverschlusses (Notaus-Schalter), Zustand 2024

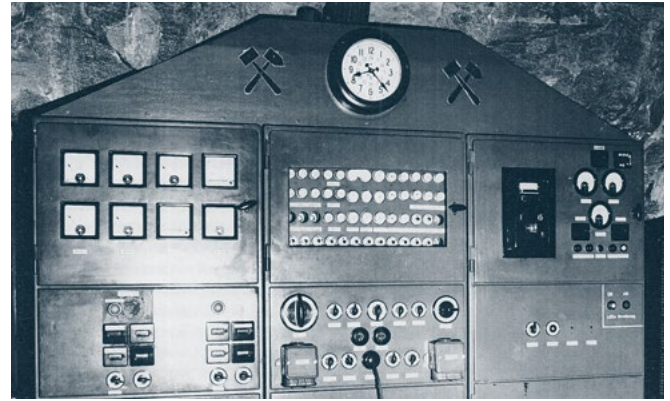


Darstellung der Betriebsweise des Kavernenkraftwerks von 1953 bis 1968, aus [1]

Bemühungen, das Unterwerk als technisches Denkmal zu erhalten, führten zwar dazu, dass 1978 der Drei-Brüder-Schacht in die zentrale Denkmalliste der DDR aufgenommen wurde, was jedoch ohne weitere Folgen bleiben sollte. Sämtliche Schachteinbauten im Drei-Brüder-Schacht wurden entfernt, sodass die Kraftwerkskaverne nur noch über den Schacht der Himmelfahrt Fundgrube und den Rothschönberger Stolln zugänglich war. Durch Versäumnisse bei der ordnungsgemäßen Verwahrung des Drei-Brüder-Schachtes konnte 18 Jahre lang Wetter durch das Grubengebäude ziehen, wodurch die Anlagen in der Maschinenkaverne geschädigt wurden. Der jedoch größte Schaden am stillgelegten Unterwerk entstand durch das extreme Hochwasserereignis im August 2002. Ein Verbruch im Rothschönberger Stolln verursachte einen Rückstau, sodass die Maschinenkaverne im Drei-Brüder-Schacht über längere Zeit vollständig überflutet war. Dadurch wurden die technischen Anlagen im Wesentlichen unbrauchbar. [2]

Seit 1992 bemühen sich die Mitglieder des Fördervereins Drei-Brüder-Schacht e.V. um die Pflege und Weiterentwicklung der übertägigen Gebäude und Anlagen sowie die Weitergabe des gesammelten und aufbereiteten Wissens zum Drei-Brüder-Schacht und dem Kavernenkraftwerk an die nächste Generation. Bereits 1997 legte der Förderverein eine Grundlagenstudie für eine mögliche Wiederinbetriebnahme eines Teils der Stromerzeugung im Drei-Brüder-Schacht vor, an der viele Institutionen und staatliche Stellen, letztlich auch die Technische Universität Bergakademie Freiberg, mitwirken sollten. Ein ehrgeiziges Vorhaben, welches aber aus verschiedenen, hier nicht darstellbaren Gründen, bis heute noch nicht realisiert wurde. Eine sehenswerte Ausstellung, Vortragsveranstaltungen und sanierte Tagesanlagen zeugen vom hohen ehrenamtlichen Engagement der Vereinsmitglieder.

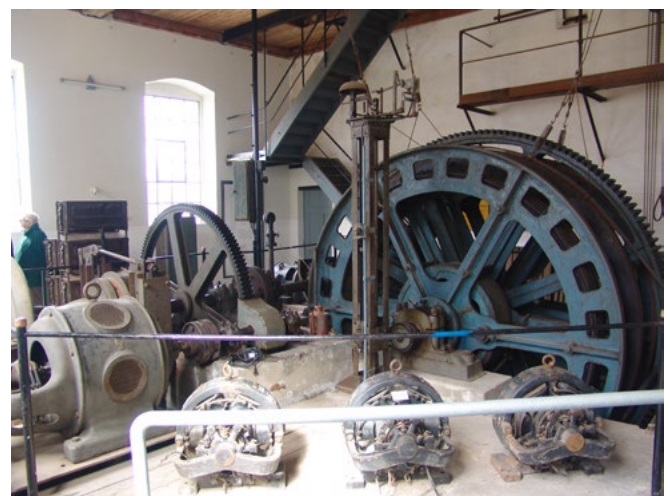
Im März dieses Jahres hatte der Autor die Möglichkeit, das Kavernenkraftwerk im Drei-Brüder-Schacht zu befahren. Der Förderverein Drei-Brüder-Schacht e.V. und das Sächsische Oberbergamt hatten es ermöglicht, das ansonsten für die Öffentlichkeit unzugängliche Kraftwerk besichtigen zu können. Dabei entstanden eindrucksvolle Bilder vom gegenwärtigen Zustand des ehemaligen Unterwerks und einem Teil des Rothschönberger Stollns. Bei einigen Bildern ist



Elektrische Schalttafel im Kavernenkraftwerk, um 1940, aus [2]



Elektrische Schalttafel im Kavernenkraftwerk, Zustand 2024



Alte Fördermaschine im Drei-Brüder-Schacht, im Vordergrund drei Erregermaschinen aus dem Unterwerk, 2024

zu beachten, dass die rotbraune Färbung an den Maschinen nicht von Rost zeugt, sondern die seinerzeit aufgetragene „Elaskon“-Konservierungsschicht ist. Sie hat bis heute teilweise nichts von ihrer etwas klebrigen Konsistenz eingebüßt.

Der Rothschnöberger Stolln wird gegenwärtig zwischen dem Drei-Brüder-Schacht und der Grube Reiche Zeche geotechnisch saniert, um seine Funktion als Wasserlösungsstollen dauerhaft abzusichern. Zu diesem Zweck war von 2013 bis 2017 auch die Befahrbarkeit des Drei-Brüder-Schachts wiederhergestellt worden. [9]

Mehr als 800 Jahre Bergbaugeschichte im Freiburger Revier hinterlassen etwa 650 bergbauliche Anlagen, die seit 2019 als UNESCO-Welterbe Montanregion Erzgebirge/Krušohorí einen besonderen Schutz genießen. Der Rothschnöberger Stolln und das Kavernenkraftwerk im Drei-Brüder-Schacht sind wichtige Bestandteile dieses Welterbes.

Quellen

- [1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Drei-Br%C3%BCder-Schacht>
- [2] Kavernenkraftwerk Drei-Brüder-Schacht, Saxonia Standortentwicklungs- und -verwaltungsgesellschaft mbH, Freiberg, 2001
- [3] http://www.kupferspuren.eu/index.php?option=com_k2&view=item&id=188:099-mundloch-des-schluesselstollens-bei-friedeburg&Itemid=418&limitstart=1
- [4] <https://freiberger-revier.de/rothschn%C3%B6nberger-stolln/>
- [5] https://www.goethe-ilmenau.de/wp-content/uploads/Goethe_Ilmenauer_Bergbau_Krapp.pdf
- [6] https://www.harzlife.de/tip/grube_samson.html Wasserkraftnutzung seit 1912
- [7] <https://de.wikipedia.org/wiki/Kavernenkraftwerk>
- [8] <https://henry.baw.de/server/api/core/bitstreams/649c3ff6-41a6-4355-9997-89a17aae1b18/content>
- [9] Medieninformation des Sächsischen Oberbergamtes vom 22. Dezember 2020
- [10] GOETHE und der Bergbau in Ilmenau, NFG Weimar, 1983

Bildrechte:

Wenn nicht anders angegeben, liegen die Bildrechte beim Autor.



Sanierungsarbeiten im Rothschnöberger Stolln, 2024



Rothschnöberger Stolln, 2024



Hängebank Drei-Brüder-Schacht, 2024

Transistorradios aus Thüringen, Teil 2 (Fortsetzung aus ON.LINE 15/2024)

Gerhard Roleder, Erfurt

Im ersten Teil ging es um Transistorradios mit Mono-Wiedergabe, die zwischen 1967 und 1973 im VEB Stern-Radio Sonneberg hergestellt wurden. Ende der 1960er Jahre begann in Sonneberg zusätzlich die Produktion von stereotauglichen Rundfunkempfängern. Stereophonie hat eine lange Geschichte.

Rückblick Stereophonie

Vor etwa 100 Jahren fanden erste Versuche zur Stereophonie statt, bei denen es darum ging, mit Hilfe von zwei oder mehr Schallquellen einen räumlichen Klangeindruck zu erzeugen. Das London Philharmonic Orchestra produzierte im Jahr 1934 in den Abbey Road Studios Stereo-Schallplatten unter Verwendung eines speziellen Schneidstichels. Die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft machte 1944 erste Stereo-Aufnahmen auf Magnetband mittels des von der AEG entwickelten Magnetophons. Durch Kriegseinwirkung ist nur ein Teil dieser Aufnahmen erhalten geblieben. Dazu gehört unter anderem der Finalsatz aus Anton Bruckners 8. Sinfonie, gespielt von der Preußischen Staatskapelle unter Leitung von Herbert von Karajan. Die Aufnahme aus dem Funkhaus an der Masurenallee kann auf YouTube angehört werden und überzeugt noch heute mit ihrer technischen und musikalischen Perfektion [4]. Anfang der 1960er Jahre nahm Musikproduzent George Martin mit den Beatles Titel auf, bei denen einfach Instrumente und Gesang auf zwei Kanälen getrennt waren, was ihm Kritik einbrachte, da auf diese Weise der beabsichtigte Raumklang nicht erreicht wurde. Weder der Musik der Beatles noch der Durchsetzung der Stereophonie war diese Art der Wiedergabe abträglich. Allgemein waren Bands in den 1960er und 1970er Jahren experimentierfreudiger mit Stereo-Effekten. Der DDR-Rundfunk übertrug am 2. August 1963 die erste reguläre Stereosendung. Die Westseite zog am 30. August 1963 während der Eröffnung der Internationalen Funkausstellung nach [5].

Bei der Codierung und Decodierung des Stereosignals entschieden sich ostdeutsche und westdeutsche Rundfunkanstalten und Senderbetreiber gleichermaßen für das von General Electric und der Zenith Electronics Corporation entwickelte Pilottonverfahren. Das vom Sender übertragene Multiplexsignal, bestehend aus dem Mittensignal L+R im Basisband, dem Seitensignal L-R in Bandpasslage und einem 19-kHz-Pilotton wird decodiert, indem durch die Verdopplung des Pilottons ein 38-kHz-Träger regeneriert wird, durch dessen Lage im Frequenzspektrum das Seitensignal dann als Basisbandsignal gewonnen werden kann. Mittels Summierschaltungen können schließlich aus dem Mittensignal und dem Seitensignal die Signale für den linken und den rechten Kanal gebildet werden.

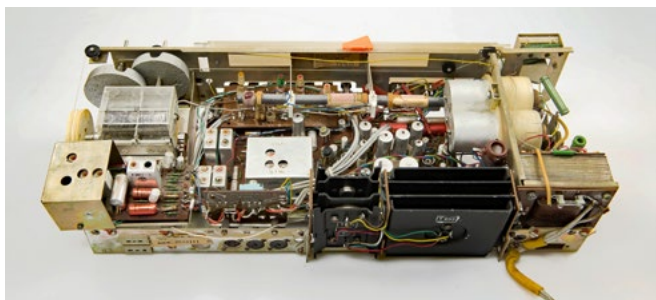
Stereo und neue Bauform

Es dauerte noch bis zum Jahr 1969 bis der VEB Stern-Radio Sonneberg das erste stereotaugliche Transistorradio anbot. Das Gerät „Transstereo 2401“ hat mit insgesamt 27 Transistoren und 14 Dioden weit mehr als doppelt so viele Halbleiter wie die Mono-Heimempfänger der 1960er Jahre. Ein offensichtlicher Grund für den erhöhten Aufwand ist die Notwendigkeit von zwei NF-Kanälen für die Stereo-Wiedergabe. Ebenso unverzichtbar ist natürlich der Stereodecoder. Der mit vier Silizium-Transistoren bestückte Decoder ist eine Standard-Baugruppe, die von der PGH Tonfunk Ermsleben hergestellt wurde und die in einer weiterentwickelten Version in vielen Geräten mehrerer Hersteller bis Anfang der 1980er Jahre Verwendung fand.

Außer den Transistoren für den Stereodecoder und den Regelspannungsverstärker sind alle übrigen 22 Transistoren des „Transstereo“ Germanium-Typen (Tabelle 3). Im Unterschied zu den einfachen Mono-Standgeräten enthält die UKW-Baugruppe keine



Stereoempfänger „Transstereo 2401“



Chassis des „Transstereo 2401“: oben links der Drehkondensator für die AM-Bereiche mit darunter befestigter UKW-Baugruppe; unten links der Stereodecoder; oben in der Mitte die HF-Platine, darunter die ZF-NF-Platine, unten rechts die Kühlbleche für die Endstufentransistoren und der Netztransformator

selbstschwingende Mischstufe, sondern einen separaten Oszillator. Damit werden eine bessere Frequenzstabilität und ein geringeres Auftreten von unerwünschten Mischprodukten erreicht. Der Vorstufen-Transistor des Typs GF 146 ist ein rauscharmer Mesa-Transistor. Die Namensgebung mit Bezug auf die Tafelberge in Arizona (spanisch mesa = Tafel) steht für die äußere Form der Basis- und Emittergebiete. Durch die Verwendung eines Dreifach-Drehkonden-

sators für Vorstufe, Oszillator und Zwischenkreis sind insgesamt die Anforderungen an eine für Stereoempfang gut geeignete UKW-Baugruppe nach dem damaligen Stand der Technik erfüllt. Auch für den Empfang von Lang-, Mittel- und Kurzwelle ist ein separater Oszillator anstelle einer selbstschwingenden Mischstufe vorhanden, sodass Übersteuerungen des Eingangsteils bei hohen Feldstärken vermieden werden [6].

Die NF-Ausgangsleistung ist mit 2 x 6 W deutlich höher als die von den damaligen Mono-Heimempfängern des Sonneberger Herstellers. Durch die Verwendung von externen Lautsprecherboxen wird ein raumfüllender Klang mit einer gewissen Leistungsreserve erreicht. Zur Einstellung von Lautstärke, Tiefen und Höhen werden Doppelpotentiometer verwendet, deren Anzapfungen für einen Gleichlauf beschaltet sind. Ein kleines, aber nützliches Extra ist die Zweitbelegung der AFC-Taste. Bei Empfang auf Mittel- und Langwelle kann die Außenantenne abgeschaltet werden, sodass dann nur noch die Ferritantenne wirksam ist.

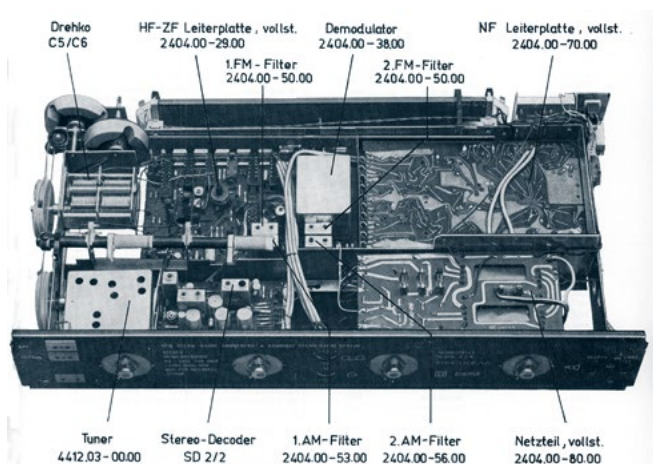
Bez.	Typ	Hersteller	Material/ Dotierung	Funktion
T 101	GF 146	VEB Röhrenwerk Neuhaus	Ge / PNP	FM-Vorstufe
T 102	GF 181	VEB Halbleiterwerk Frankfurt/Oder (HFO)	Ge / PNP	FM-Mischstufe
T 103	GF 131	HFO	Ge / PNP	FM-Oszillator
T 201	GF 126	HFO	Ge / PNP	AM-Oszillator
T 202	GF 130	HFO	Ge / PNP	AM-Mischstufe und 1. FM-ZF-Stufe
T 203	GF 130	HFO	Ge / PNP	1. AM- und 2. FM-ZF-Stufe
T 204	GF 130	HFO	Ge / PNP	2. AM- und 3. FM-ZF-Stufe
T 205	SS 200	HFO	Si / NPN	Regelspannungs- und Anzeige-Verstärker
T 301	SC 207	HFO	Si / NPN	Stereodecoder-Eingangsstufe
T 302	SC 206	HFO	Si / NPN	Pilottonverstärker
T 303	SC 206	HFO	Si / NPN	Frequenzverdoppler
T 304	SS 216	HFO	Si / NPN	Anzeige-Schaltverstärker
T 401	GC 117 d	HFO	Ge / PNP	Impedanzwandler (rechter Kanal)
T 402	GC 117 d	HFO	Ge / PNP	1. NF-Vorstufe (rechter Kanal)
T 403	GC 116 c	HFO	Ge / PNP	2. NF-Vorstufe (rechter Kanal)
T 404	GC 121 c	HFO	Ge / PNP	3. NF-Vorstufe (rechter Kanal)
T 451	GC 117 d	HFO	Ge / PNP	Impedanzwandler (linker Kanal)
T 452	GC 117 d	HFO	Ge / PNP	1. NF-Vorstufe (linker Kanal)
T 453	GC 116 c	HFO	Ge / PNP	2. NF-Vorstufe (linker Kanal)
T 454	GC 121 c	HFO	Ge / PNP	3. NF-Vorstufe (linker Kanal)
T 701	GC 116 d	HFO	Ge / PNP	Anzeigeverstärker
T 901	GD 160 b	VEB Röhrenwerk Neuhaus	Ge / PNP	Phasenumkehr- und Treiberstufe (rechter Kanal)
T 902	2 GD 170 B	VEB Röhrenwerk Neuhaus	Ge / PNP	Gegentakt-B-Endstufe (rechter Kanal)
T 903				
T 951	GD 160 b	VEB Röhrenwerk Neuhaus	Ge / PNP	Phasenumkehr- und Treiberstufe (linker Kanal)
T 952	2 GD 170 B	VEB Röhrenwerk Neuhaus	Ge / PNP	Gegentakt-B-Endstufe (linker Kanal)
T 953				

Tabelle 3: Transistorbestückung des „Transstereo 2401“, Bezeichnungen laut Schaltplan

Die Skalenbeschriftung enthält ausschließlich Frequenzangaben in kHz und MHz. Für Stationsnamen ist kein Platz mehr. Die Bauform des Holzgehäuses zeigt die Tendenz in Richtung flacherer und tieferer Abmessungen. Der Verkaufspreis für die Ausführung mit poliertem Holzgehäuse betrug 925,- Mark.

Mehr Silizium-Transistoren

Der ab 1975 erhältliche Stereo-Empfänger „Proxima 400“ ist im Vergleich zum „Transstereo“ durch Ähnlichkeit bei den Gehäuseproportionen und der Anordnung der Bedienelemente gekennzeichnet. Die allgemeine Funktionsweise der Baugruppen ist ebenfalls unverändert geblieben. Die Schaltung wurde jedoch grundlegend geändert. Mit Ausnahme der vier Endstufentransistoren sind alle anderen 27 Transistoren Silizium-NPN-Typen. Beispielsweise ist die dreifach abstimmbare UKW-Baugruppe mit drei Transistoren des Typs SF 235 bestückt. Dieser Transistortyp wird als Epitaxial-Planar-Transistor bezeichnet, da hier eine Halbleiterschicht durch Kristallwachstum anstelle von Diffusion hergestellt wird. Den Transistor-Typ SF 235 kann man als Universal-UKW-Transistor bezeichnen. Er wurde Anfang der 1970er Jahre als Alternative zu Feldeffekttransistoren entworfen und ist in vielen UKW-Radios mehrerer Hersteller zu finden. „Der Vorteil gegenüber dem Einsatz von Feldeffekttransistoren besteht in dem geringeren Preis, der einfacheren Schaltungsart und seiner unkomplizierten Handhabung.“ [7]



Chassisansicht des „Proxima“, Foto aus der Service-Anleitung

Marktforschung

Das Institut für Marktforschung Leipzig veröffentlichte 1977 die Zusammenfassung einer Bedarfsstudie zu Rundfunkempfängern für die erste Hälfte der 1970er Jahre [8]. Darin wird festgestellt, dass der Bedarf an stationären und transportablen Rundfunkempfängern gestiegen ist, nachdem Ende der 1960er Jahre ein Rückgang aufgrund des Bedarfs an Fernsehgeräten zu verzeichnen war. Mitte der 1970er Jahre besaßen 95% der DDR-Haushalte mindestens ein Radiogerät. Mit Heimempfängern waren 73% und mit Kofferempfängern waren 42% der Haushalte ausgestattet. Der Anteil der Besitzer von Stereoempfängern stieg von 11% im Jahr 1973 auf 18% im Jahr 1975. Die Studie brachte zum Ausdruck, dass das Angebot um preiswertere Stereoanlagen erweitert werden sollte.

High Fidelity mit viel Aufwand

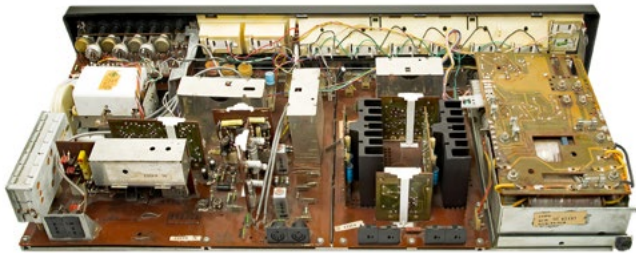
Kurze Zeit nachdem die in Sachsen ansässigen Hersteller Heli Gerätebau Hempel KG und VEB REMA erste Stereoempfänger nach HiFi-Norm auf den Markt brachten, offerierte der VEB Stern-Radio Sonneberg im Jahr 1978 das HiFi-Gerät „Carat S 2412“ für 1.950,- Mark. Die Redaktion der Zeitschrift rfe schrieb: „Der schaltungstechnische Aufwand ist sehr hoch – der Carat S ist in dieser Hinsicht das Aufwendigste in der DDR.“ [9] Der hohe Aufwand und der damit verbundene hohe Preis resultierte aus der Tatsache, dass bei diesem Gerät nicht allein die Kernfunktion des Rundfunkempfangs, sondern auch die Bedienfunktion mit Senderspeichern und Sensortasten hohen Ansprüchen genügte. Es handelte sich um das erste Gerät mit modularem Aufbau. Auf zwei Trägerplatinen sind Module mit den Funktionen UKW-Tuner, FM-ZF-Verstärker, Stereodecoder, Nachverstärker, AM-HF-ZF-Verstärker, Abstimmspannungsstabilisierung, Impedanzwandler, Vorverstärker und Endverstärker steckbar angeordnet. Dabei hat die umfangreiche Verwendung integrierter Schaltkreise wesentlich zur Einführung der Modulbauweise beigetragen. Der „Carat S“ enthält in seiner ersten Version insgesamt 11 integrierte Schaltkreise (Tabelle 4), 35 Transistoren und 62 Dioden.

Bez.	Typ	Funktion	Hersteller
IS 001	A 244 D	AM-Empfänger	HFO
IS 150	A 220 D	FM-ZF-Verstärker	HFO
IS 151	A 281 D	(AM-)FM-ZF-Verstärker	HFO
IS 300	A 290 D	PLL-Stereodecoder	HFO
IS 352	A 109 D	Operationsverstärker	HFO
IS 550	U 710 D	Programmwahl-schaltkreis	VEB Funkwerk Erfurt
IS 551	U 711 D	Decodierschaltkreis für U 710 D	VEB Funkwerk Erfurt
IS 600	A 273 D	Lautstärke und Balance	HFO
IS 650	A 274 D	Höhen- und Tiefen-einstellung	HFO
IS 700 (2x)	MDA 2020	NF-Endverstärker	Tesla, Tschechien

Tabelle 4: Schaltkreisbestückung des „Carat S 2412“, Bezeichnungen laut Schaltplan



Stereoeempfänger „Carat S“



Chassis des „Carat S“: oben links die Senderspeicher, darunter der AM-Drehkondensator; unten links außen die UKW-Baugruppe, daneben das FM-ZF-Modul; rechts neben dem Drehkondensator das AM-HF-ZF-Modul; zwischen den Kühlkörpern die Vorverstärker-Module, rechts das Netzteil

Die UKW-Baugruppe besteht ausschließlich aus diskreten Bauelementen. In deren Vorstufe wird ein Feldeffekttransistor mit der Schichtfolge Metall-Oxid-Halbleiter (MOSFET) verwendet. Bei Feldeffekttransistoren wird durch eine Steuerspannung der Kanalquerschnitt einer leitenden Schicht beeinflusst, um einen Strom zu steuern. MOSFETs in HF-Vorstufen ermöglichen eine hohe Verstärkung bei geringem Rauschen und eine Verstärkungsregelung über einen großen Bereich. Anstelle eines Mehrfachdrehkondensators wird die UKW-Baugruppe mit Kapazitätsdioden abgestimmt, was den mechanischen Aufwand reduziert.

Eine wesentliche Erleichterung für den Hersteller stellt der Stereodecoder-Schaltkreis A 290 D dar, durch dessen Verwendung kein Abgleich von Spulen mehr erforderlich ist. Das Herzstück des Schaltkreises besteht aus einer Phasenregelschleife (PLL), welche die lokale Trägerfrequenz und ihre Phasenlage exakt ausregelt. Durch die Verwendung von piezokeramischen Filtern wird auch der Abgleichaufwand für die ZF-Stufen reduziert. Mit den Endverstärker-Schaltkreisen wird eine Ausgangsleistung von 2 x 15 W erreicht. Zwei zusätzliche Lautsprecheranschlüsse bieten die Möglichkeit der Wiedergabe von Pseudoquadrofonie. Der Erfahrungsbericht [9] schließt mit den Worten: „... es bleibt fraglich, ob der hohe Aufwand erstens genutzt wird und zweitens wirklich sinnvoll ist.“

Traditionell und modern

Das auf der Leipziger Herbstmesse 1982 vorgestellte HiFi-Minikomponentensystem „S 3000“ und seine weiterentwickelten Varianten wurden zu einem Verkaufserfolg. Neu an dem ursprünglich aus Tuner, Verstärker, Kassettendeck und Boxen bestehenden System waren Bedienelemente und Frontseiten im Metallic-Look sowie geringe Abmessungen. Der Tuner „ST 3000“ bietet in allen vier Frequenzbereichen eine gute Empfangsleistung. Die UKW-Baugruppe mit drei Transistoren des oben erwähnten Typs SF 235 ist eine Weiterentwicklung der unter anderem im „Proxima“ verwendeten Baugruppe. Die Verwendung eines Dreifachdrehkondensators anstelle von Kapazitätsdioden entspricht nicht dem damaligen Stand der Technik. Das Resultat ist eine mechanisch aufwändige Zeigerseilführung über separate Drehkondensatoren für FM (UKW) und AM (LMK) bei beengten Platzverhältnissen. Da sich in der DDR niemand für die Herstellung von Kapazitätsdioden bereitfand, konnten die Konstrukteure auf diese Weise den Anteil von Importen reduzieren. Für AM-Empfangsteil, FM-ZF-Verstärker und Stereodecoder kommen die entsprechenden Schaltkreise des VEB Halbleiterwerk Frankfurt/Oder zum Einsatz. Ein achtkreisiges piezokeramisches Filter für die FM-ZF 10,7 MHz und ein sechskreisiges Piezofilter für die AM-ZF 455 kHz tragen zu einer guten Trennschärfe in allen vier Frequenzbereichen bei. Eine Abschaltung der AFC bei Berührung des Abstimmrades erleichtert die Sendereinstellung auf UKW. Die Abstimmanzeige mittels LED-Zeile, deren Ansteuerung durch einen weiteren Schaltkreis erfolgt, ist hinreichend genau und passt gut ins Bild des flachen Gehäuses. Senderspeicher sind nicht vorhanden.



Tuner „ST 3000“



Chassis des „ST 3000“: oben links die UKW-Baugruppe, rechts daneben der AM-Drehkondensator; links die Decoder-Platine, rechts die HF-ZF-Platine

Der VEB Fernmeldewerk Arnstadt bot ab 1985 einen Equalizer als optionale Ergänzung für das weiterentwickelte System „S 3900“ an. Der Verkaufspreis von 650,- Mark für den Tuner „ST 3000“ erscheint moderat. Da für den Verstärker 740,- Mark und für die Boxen jeweils 200,- Mark zu berappen waren, mussten Normalverdiener in der Summe auch bei diesen Geräten tief in die Tasche greifen. Die Anschaffung von leistungsfähigen Rundfunkempfängern und Stereoanlagen stellte für viele Privathaushalte eine beträchtliche Investition dar. Die Sonneberger Geräte zeichneten sich durch Langlebigkeit aus, sodass eine langjährige Nutzung möglich war.

Auf der Leipziger Herbstmesse 1988 wurde erstmalig der Tuner „ST 3936“ präsentiert. Dieser, dem Stand der damaligen Technik entsprechende, HiFi-Tuner stellt eine Kombination aus analoger und digitaler Schaltungstechnik dar. UKW-Baugruppe, ZF-Verstärker und Stereodecoder bilden den Analog-Teil, während ein Mikrorechner und eine Phasenregelschleife (PLL = phase-locked loop) mit einem spannungsgesteuerten Oszillator die manuelle und automatische Sendereinstellung, die genaue Einhaltung der Empfangsfrequenz und deren digitale Anzeige ermöglichen. Es können 20 Senderspeicher belegt werden. Dieser PLL-Synthesizertuner enthält 12 integrierte Schaltkreise und 28 Transistoren als aktive Bauelemente. Die im Tuner verwendeten Schaltkreise UB 8811 D für den Einchipmikrorechner und U 1056 D für den PLL-Synthesizer wurden im VEB Mikroelektronik „Karl Marx“ Erfurt hergestellt. Der hohe Verkaufspreis von 1370,- Mark war vermutlich willkürlich festgelegt, um Geld abzuschöpfen.



PLL-Synthesizertuner „ST 3936“: viel Elektronik, wenig Mechanik und ein hoher Preis



Chassis des „ST 3936“: oben links die UKW-Baugruppe, darunter die ZF-Platine, oben Mitte und rechts das Netzteil, darunter die Rechner-PLL-Platine

Ein Archiv ist in Sonneberg nicht erhalten geblieben. Das ehemalige Verwaltungsgebäude wurde nach mehreren Bränden ungeklärter Ursachen abgerissen. In einer Chronik des Jahres 1983 ist zu erfahren, dass die Warenproduktion jenes Jahres 140 Mio. Mark betrug [10]. Davon gingen 46 % in den Export. Außer dem VEB Stern-Radio Sonneberg gab es in Thüringen noch weitere Hersteller von Rundfunkgeräten. Diese erreichten nicht die Anzahl von Modellen und hatten ein geringeres Produktionsvolumen als der Sonneberger Hersteller. Ein zukünftiger Blick auf einige dieser Produkte könnte ebenfalls lohnenswert sein.

Quellen:

- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=VjV122FAua4>
- [5] Karl-Gerhard Haas: 60 Jahre UKW-Stereo in Deutschland: Raumklang im Schneckentempo, Heise online, 29.07.2023
- [6] Kurt Hausdörfer: Transstereo, ein volltransistorisiertes Stereosteuergerät, radio fernsehen elektronik, 16/1970
- [7] Horst Jüngling: Der SF 235 – ein neuer Si-UKW-Transistor, radio fernsehen elektronik, 18/1971
- [8] Peter Stöckmann: Tendenzen der Bedarfsentwicklung bei Rundfunkgeräten, radio fernsehen elektronik, 15/1977
- [9] Redaktion rfe: Wir lernten kennen: Stereosteuergerät Carat S, radio fernsehen elektronik, 4/1979
- [10] Betriebsparteiorganisation der SED des VEB Stern-Radio Sonneberg (Herausgeber): Beitrag zur Geschichte des VEB Stern-Radio Sonneberg, 1983

Geschichte des Überstromzeitschutzes

Walter Schossig, Lindau

Primärschutz Primärauslöser

Neben den zweifelsfreien Vorteilen einer Sicherung (Begrenzung des Stoßkurzschlussstromes, geringe Kosten) blieben als Nachteile, dass sie nur einen einzigen Ausschaltvorgang leisten kann, dann der Schmelzeinsatz von Hand aus ersetzt werden muss und mit der Zeit auch sehr kostspielig werden kann. Man suchte deshalb nach einer Möglichkeit, damals schon gefertigte Leistungsschalter so zu ergänzen, dass sie durch strommessende Einrichtungen, Auslöser oder Relais ausgelöst wurden, wenn der Strom einen bestimmten Wert überschritt.

Bei der Firma Helios, Froitzheim, wurde für die auf der Pariser Weltausstellung 1900 ausgestellte Maschine von 3.000 kVA ein Hochspannungsschalter in Form eines Hebelschalters ausgeführt, der mit einer Maximalauslösung versehen war und bei dem der Lichtbogen mit Luft ausgeblasen wurde. In Bild 1 löste der oben angebrachte Magnet bei Überstrom eine Halteklinke aus und dem Hartgummirohr am Kontaktfuß entströmte bei der Abschaltung Druckluft [1].

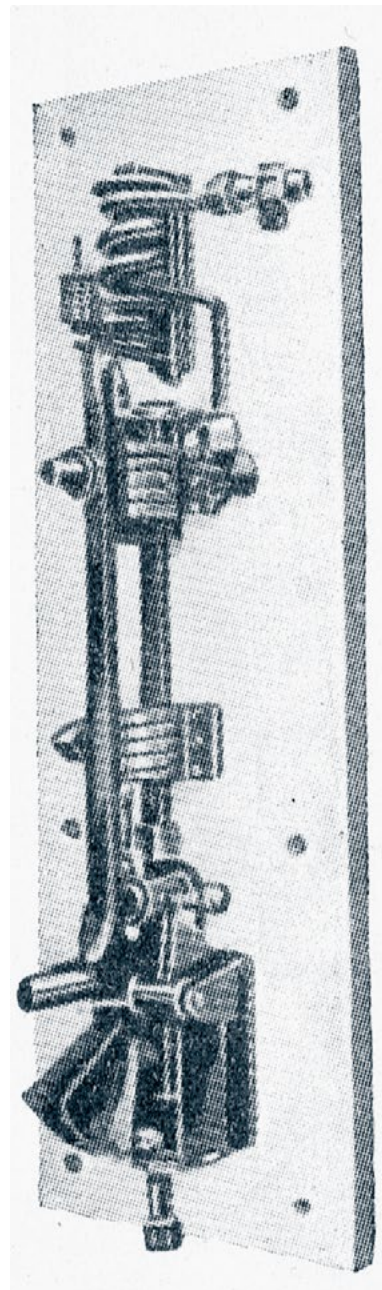


Bild 1: Schalter mit Maximalauslöser und Druckluftbeblassung, Helios, 1900

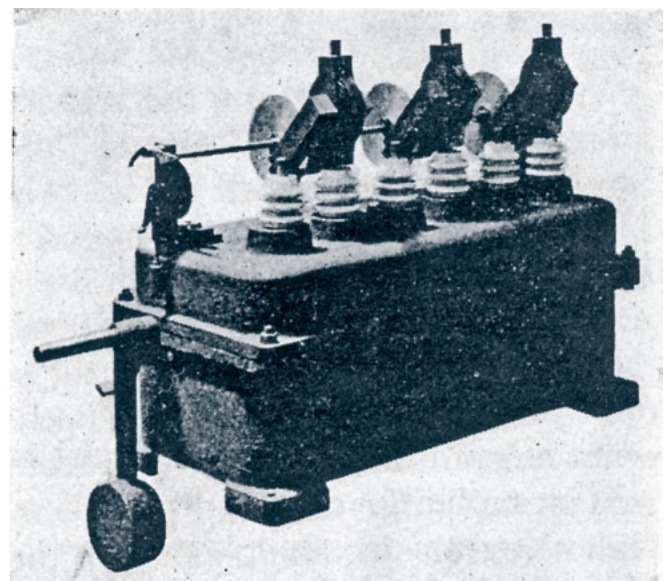


Bild 2: Ölschalter mit direkter Maximal-Zeit-Auslösung, BBC, 1900

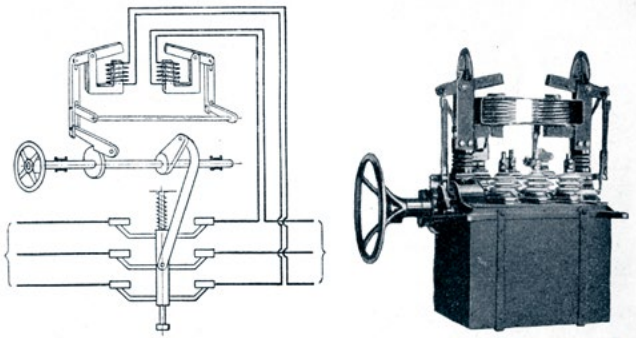


Bild 3: Ölschalter mit direkter Auslösung, 6 kV, AEG, 1904

Einen 6-kV-Ölschalter mit direkter Auslösung von AEG aus dem Jahre 1904 zeigt Bild 3 sowie von V&H von 1906 (Bild 4). In diesem Zusammenhang sei auch auf den auf Anregung von *Goldenberg*, Direktor der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke, 1908 von V&H geschaffenen RWE-Schalter (Bild 5) hingewiesen.

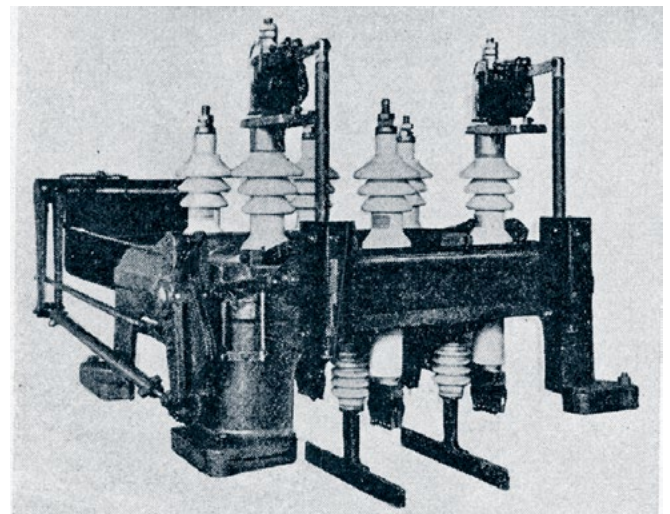


Bild 5: RWE-Schalter, 5-10 kV, V&H, 1908

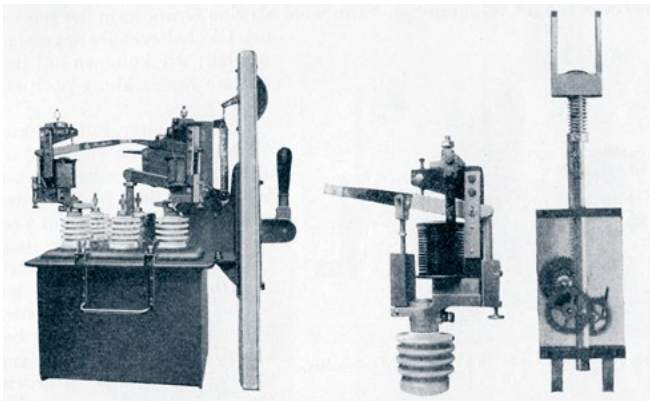


Bild 4: Ölschalter mit direkter Auslösung, 6 kV, V&H, 1906

Ebenfalls 1900 konstruierte BBC einen Dreh-Ölschalter, den *A. Aichele* mit einer Einrichtung zur direkten Maximalstromauslösung versah (Bild 2). Beim Einschalten wurde das schwere Gewicht um 180° angehoben und verklinkt. Die Schaltmesser selbst machten nur einen Schaltwinkel von etwa 90°. Der Unterschied musste also im Innern des Schalters durch Mitnehmer-nocken ausgeglichen werden. Dadurch wurde aber auch erreicht, dass das Gewicht bei der Auslösung zunächst einen erheblichen freien Fall hatte, was für die Auslösesicherheit wichtig war. Die Auslösung erfolgte durch drei Ferrarisscheiben, die gemeinsam auf einer Welle aus Isolationsmaterial aufgesetzt waren. Durch ein Ritzel wurde ein größeres Zahnradchen angetrieben, an dem als Gegenkraft ein kleines einstellbares Hebelgewicht angebracht war, das bei der Auslösung angehoben werden musste. Gleichzeitig wurde ein Ärmchen mit bewegt, das bei vollem Ablauf die Verklüftung das Auslösgewicht löste. So hatte man bereits eine stromabhängige Auslösung erreicht.

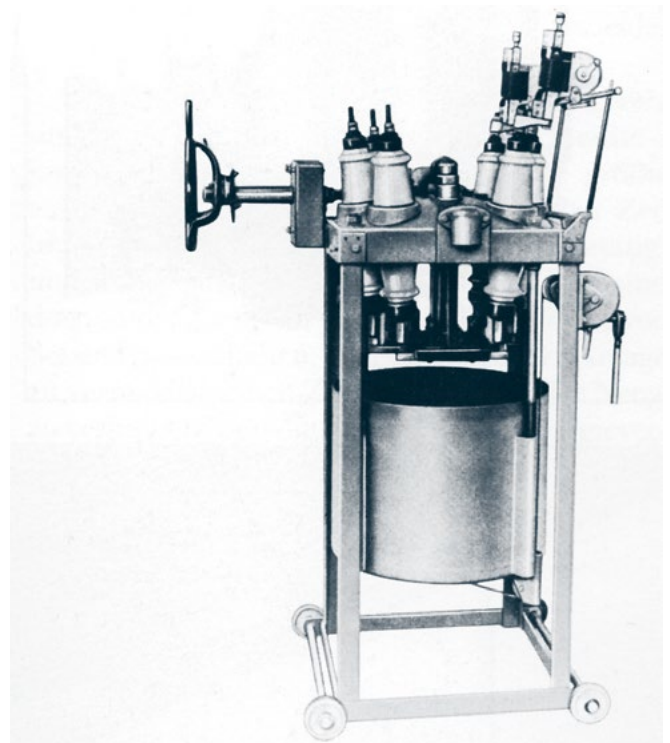


Bild 6: Ölschalter, Sachsenwerk Dresden, um 1908

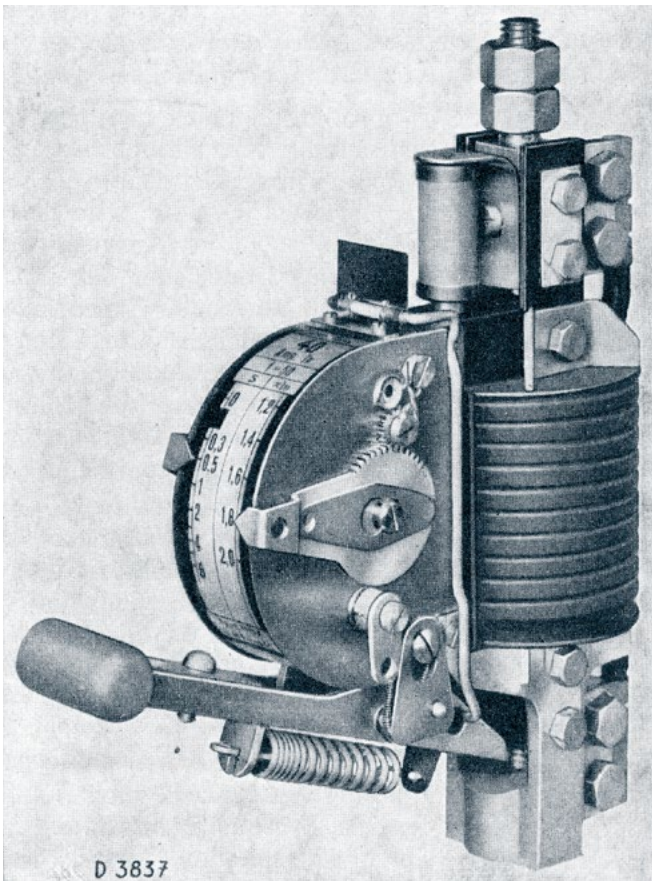


Bild 7: Hochkurzschlussfestes Hauptstromrelais HB4, BBC, 1936

Bei den Primärauslösern, die grundsätzlich unter Hochspannung betrieben und in der Regel an den Schalterpoldurchführungen befestigt wurden, wurde die Wicklung der Stromspule direkt in den zu überwachenden Stromkreis geschaltet und das Schalt-schloss über eine Isolierstange auf elektrischem Wege entklinkt oder rein mechanisch betätigt (Bild 6) [2].

Die BBC bezeichnete den 1915 gefertigten Pri-märauslöser mit „Hauptstrom-Zeitrelais, Bauart H“. Bild 7 zeigt eine verbesserte „hochkurzschlussfeste Bauart HB4“ von 1936.

Primärrelais

Während beim Primärauslöser die Leistungsschalter-auslösung rein mechanisch vorgenommen wird, erfolgt beim Primärrelais die Ausimpulsübertragung durch eine vom Wandlerstrom gewonnene oder externe Hilfsspannung. Als Beispiel sei hier das Pri-märrelais MUT mit thermischer Überlast- und Kurz-schlussstromfunktion von Sprecher + Schuh aus dem Jahre 1969 gezeigt (Bild 8). Alle Einstellvorrichtungen und Skalen sind auf der Frontplatte der Relais ange-ordnet und Einstellungen oder Änderungen können während des Betriebes mit einer isolierten Bedie-nungsstange vorgenommen werden.

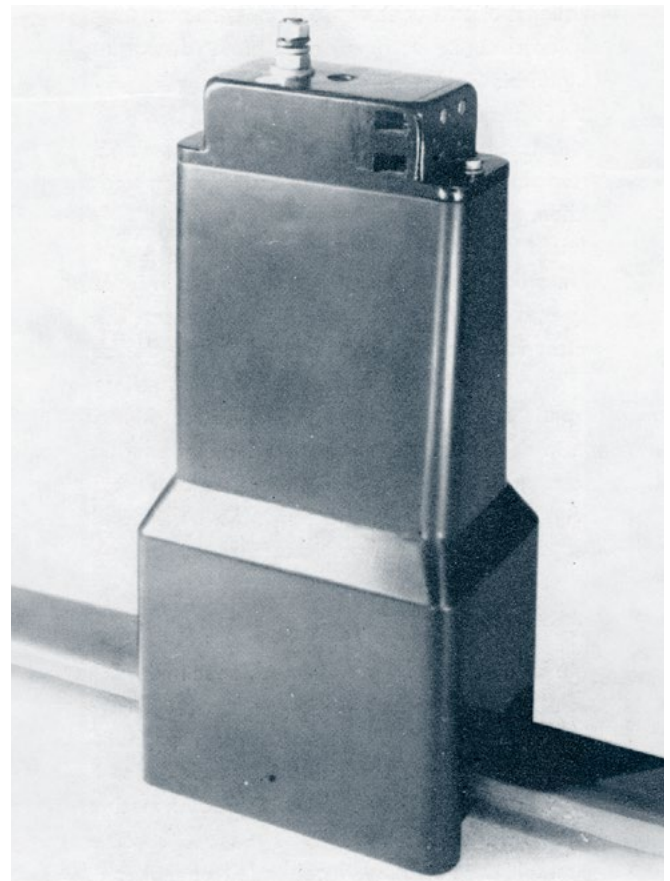


Bild 9: Primärrelais RSp20, IFE, 1968

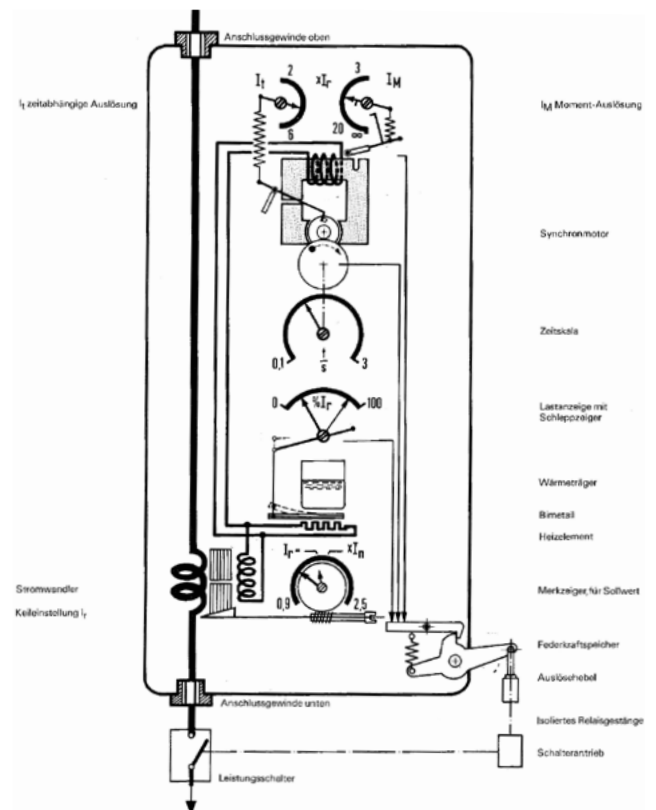


Bild 8: Funktion Primärrelais MUT1, Sprecher + Schuh, 1969

Das IfE Leipzig entwickelte 1968 das Primärrelais RSp20 (Bild 9) [3]. Es wird in Mittelspannungsschaltzellen direkt auf die Schiene aufgesetzt. Ein durch Gießharz isolierter Schutzgaskontakt wird durch das Magnetfeld des Primärleiters betätigt. Der Einstellbereich der Überstromanregung ist 300 bis 1.800 A. In Zusammenhang mit einem Kondensatorauslöserelais, Fa. Kröber, Radebeul (Bild 10), ist ein Überstromzeitschutz realisiert.

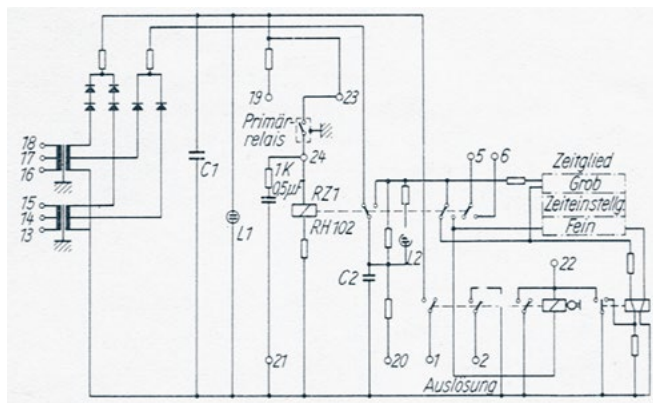


Bild 10: Primärrelais RSp20 mit Kondensatorauslösergerät KAZ, IfE/Kröber

Sekundärschutz Überstromzeitschutz

Aus Selektivitätsgründen machte sich die Einführung einer Zeitverzögerung erforderlich. Den Ausdruck „Selektivität“ kannte man in dieser Zeit zwar schon, wurde allerdings zunächst nur in der Fernsprechtechnik zur Unterscheidung von intermittierenden und dauernden Strömen verwendet. Im Jahre 1901 erfolgt die Einführung des Überstromschutzes noch ohne Zeitstaffelung. Die spätere starre Zeiteinstellung wurde durch ein nachgeschaltetes getrenntes Zeitglied in Form eines Uhrhemm- oder Windflügelwerkes, Ölkolben, Lederbalg o.ä. erreicht, das im Störfall von einem Elektromagneten über eine durchgespannte Zugfeder mit konstanter Geschwindigkeit zum Ablauten gebracht wurde (Bild 11 und 12).

Kuhlmann schlägt 1908 in der ETZ zum ersten Mal die Ausdrücke „unabhängig“ und „abhängig“ für Auslöser und Relais vor [4]. Die – auch heute noch verwendeten – Arten des Überstromschutzes sind in Tabelle 1 und Bild 13 zusammengestellt.

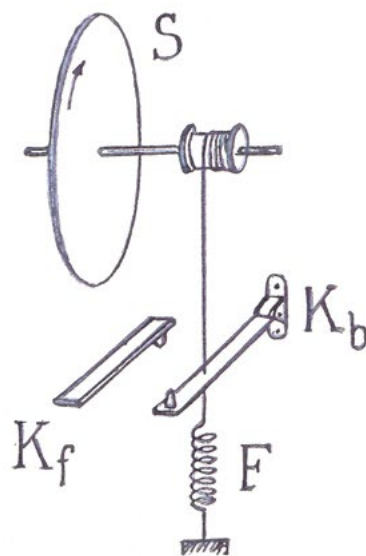
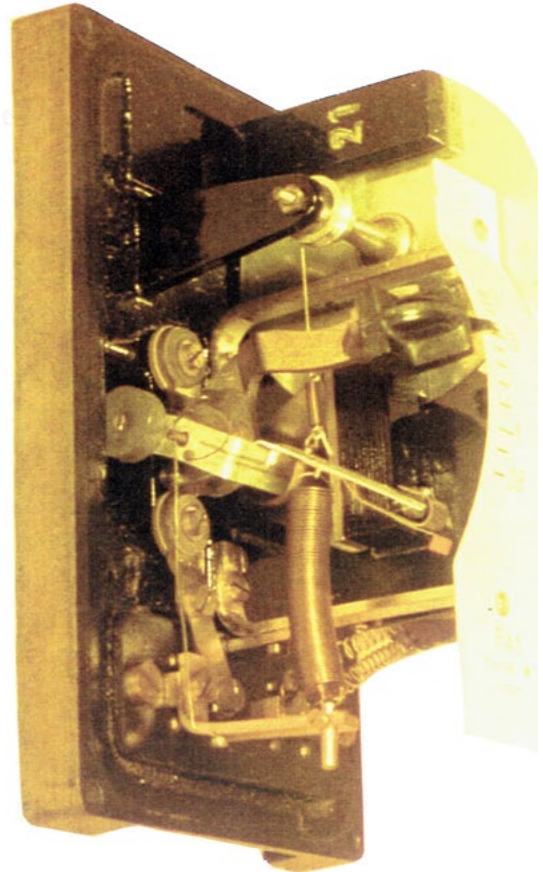


Bild 12: Überstromrelais RA1, S&H, 1925

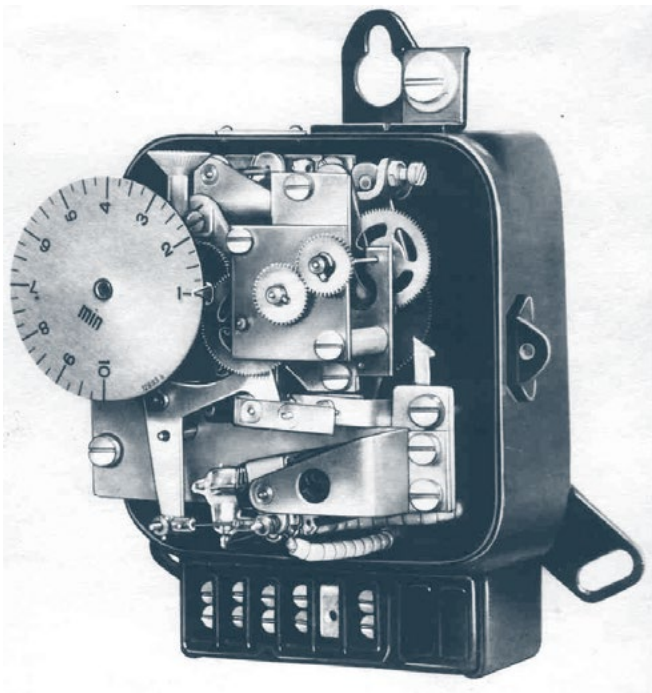


Bild 11: Zeitrelais mit Uhrwerk Rs104, S&H

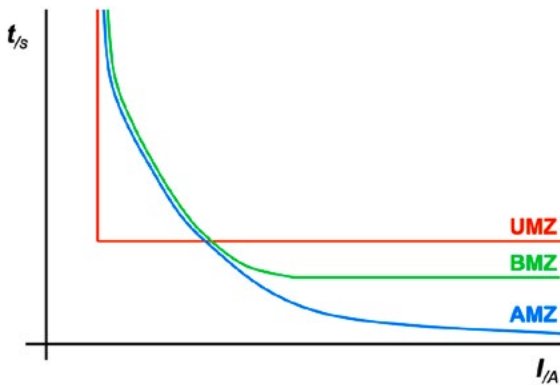


Bild 13: Kennlinien des Überstromzeitschutzes

Schutzart	Funktion	Hersteller
Thermischer Überstromzeitschutz	AMZ Abhängiges Maximalstrom-Zeitrelais	IT Inverse Time Relay
Unabhängiger Überstromzeitschutz	UMZ unabhängiges Maximalstrom-Zeitrelais	DT Definite Time Relay
Thermischer Überstromzeitschutz mit begrenzter Zeit	BMZ begrenzt abhängiges Maximalstrom-Zeitrelais	IDMT Inverse-time-relay with Definitive Minimum Time Relay

Tabelle 1: Arten des Überstromzeitschutzes

1905 konstruiert und installiert ASEA das erste Schutzrelais, den Überstromzeitschutz Typ TCB (Bild 14).



Bild 14: Überstromzeitschutz TCB, ASEA, 1905

Es ist bemerkenswert, dass es sich bei den ersten Überstromrelais um AMZ-Relais handelte, die von einer Ferrarisscheibe angetrieben wurden. Damit sollte eine Anpassung an die Kennlinien der bis dahin benutzten Bleistreifensicherungen erreicht werden. Bei der Drehstromausführung dieses ersten AEG-Relais wirkten zwei von den Strömen verschiedener Leiter durchflossenen Triebsysteme auf eine gemeinsame Aluminiumscheibe ein. Durch das kreisförmige Magnetjoch ergab sich die für alle Relais eingeführte kreisrunde Form des Gehäuses (Bild 15) [5].

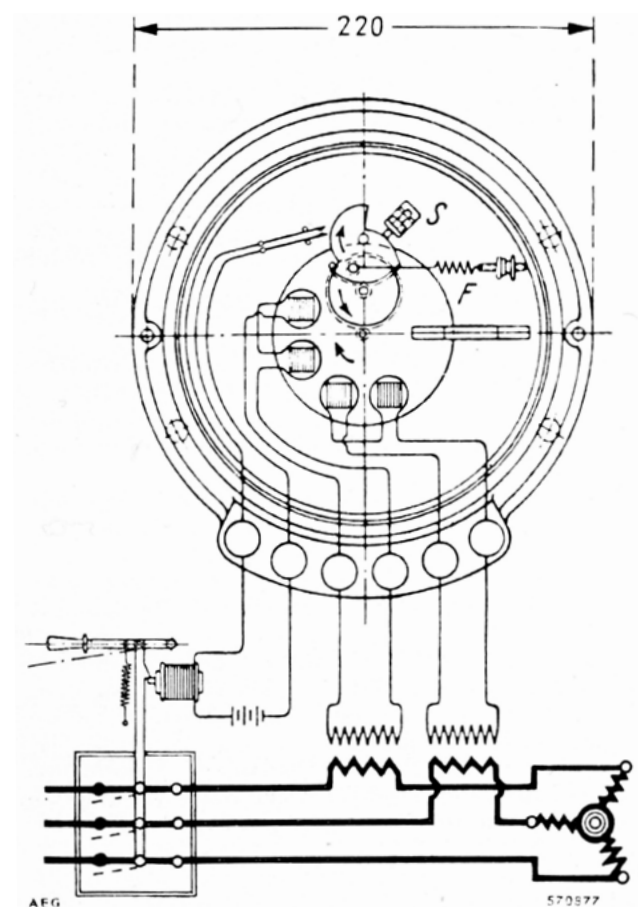


Bild 15: Zweipoliges Überstromzeitrelais, AEG, 1903

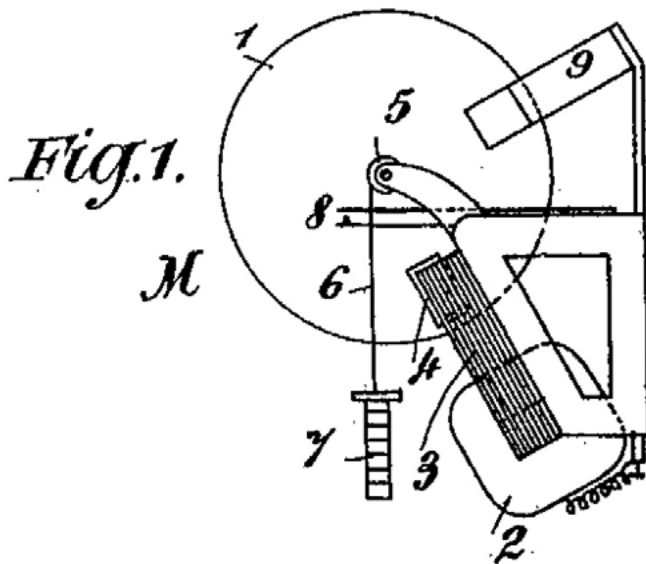


Bild 16: Überstromrelais mit Verzögerung, BBC, 1902

Ein Überstromrelais mit Verzögerung wurde 1902 von Charles Brown vorgeschlagen (Bild 16). Hierbei wurde ebenfalls eine Ferrarisscheibe benutzt, welche ein Gewicht bei der Drehung anhebt. Mit der Änderung des Gewichtes 7 konnte der Ansprechwert und mit der Länge des sich auf der Trommel 5 aufspulenden Fadens 6 die Zeit des Schließens des Kontaktes 8 erreicht werden.

Auch beim Unabhängigen Überstromzeitrelais RAS4, S&H (Bild 17), wird die vom Strom unabhängige Laufzeit durch ein Ferraristriebwerk mit synchronisierter Laufscheibe erzielt. Ein im Streufeld liegender Anker, der unterhalb des Ansprechwertes die Laufscheibe festhält, gibt diese bei Überschreitung des Einstellwertes frei und kuppelt gleichzeitig den Kontaktarm mit der Laufscheibe. Durch Änderung der Federgegenskraft des Streuankers ist der Ansprechstrom einstellbar (obere Skala), durch Änderung des Kontaktweges die Laufzeit (untere Skala). Nach Verschwinden des Kurzschlussstromes fällt der Kontaktarm augenblicklich in seine Ausgangslage. Gegen einen Mehrpreis wurde ein von außen rückstellbarer Schleppeziger beim Ablauf über die Sekundenskala mitgeführt und blieb nach dem Rückfallen des Relais stehen, wodurch die Dauer der Störung und Fehlerort angezeigt wurde [6].

Die runde Gehäuseform bei Bild 18 bis 20 lässt erkennen, dass die bei Messgeräten verwandten Messsysteme bzw. Gehäuse bei den Schutzgeräten zum Einsatz gelangen.

Die Sekundärrelais benötigten zu ihrer eigenen Funktion und zur Betätigung des Hilfsauslösers (AUS-Spule) des (damals meist Ölkessel-)Schalters eine netzunabhängige Hilfsenergie. Diese wurde auch damals schon nach einem Patent aus dem Jahre 1886 von *Henri Owen Tudor* (L) aus einem Akkumulator bereitgestellt.

In unbedeutenden Anlagen wurde die Wandlerstromauslösung zur Betätigung des Relais und des Leistungsschalters benutzt. Interessant ist, dass bei den ersten Wandlerstromlösungen pro Phase zwei vollwertige Stromwandler eingesetzt wurden, von denen einer das Relais und der andere den Auslöser speiste.

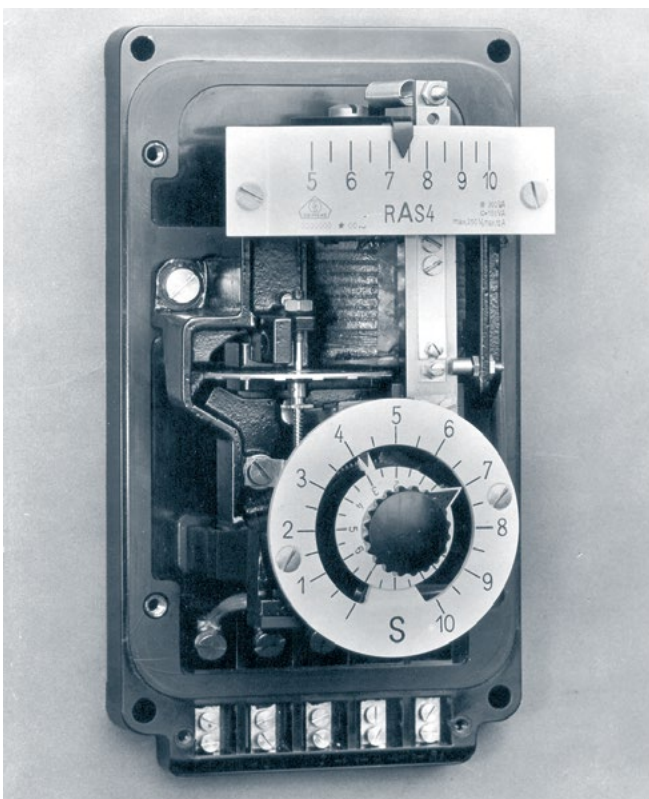


Bild 17: Unabhängiges Überstromzeitrelais RAS4, S&H, 1934

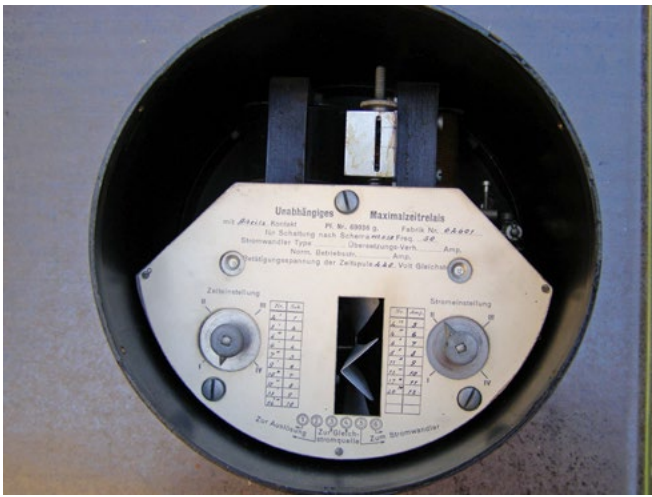


Bild 18: UMZ-Relais PI Nr. 69036G, AEG, 1914

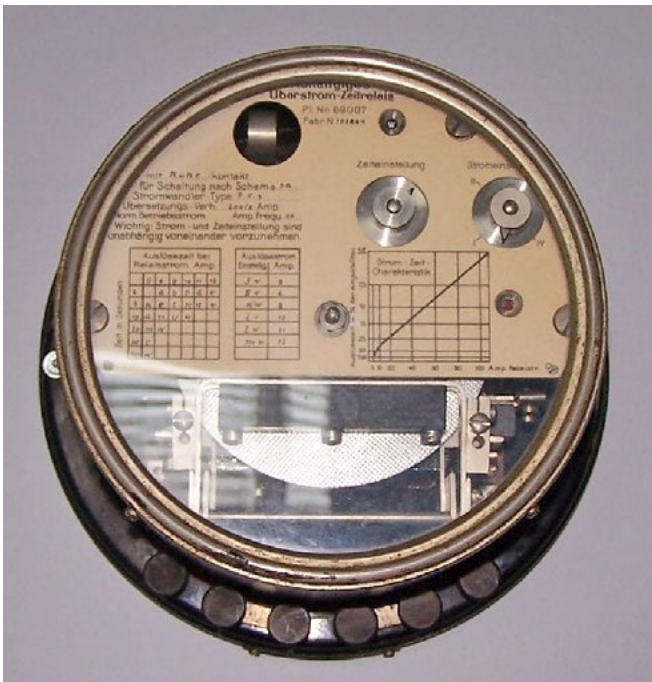


Bild 19: AMZ-Relais PI Nr. 69007, AEG, 1916



Bild 20: AMZ-Relais PI Nr. 69043, AEG, 1923

In Deutschland verwendet man etwa 1908 die Wandlerstromauslösung, die darin bestand, dass der Auslöser für das Schaltschloss am Stromwandler elektrisch angeschlossen war und nur von diesem mit Strom beschickt wurde (Bild 21). Um auch hier eine verzögerte Auslösung zu erhalten, schaltete man parallel zum Auslöser eine Zeitsicherung, die nach Abschmelzen dem Überstrom den Weg in die Stromspule des Auslösers freigab (Cleveland-Schaltung) [7]. Man erhielt auch hier eine Kennlinie analog der Sicherung.

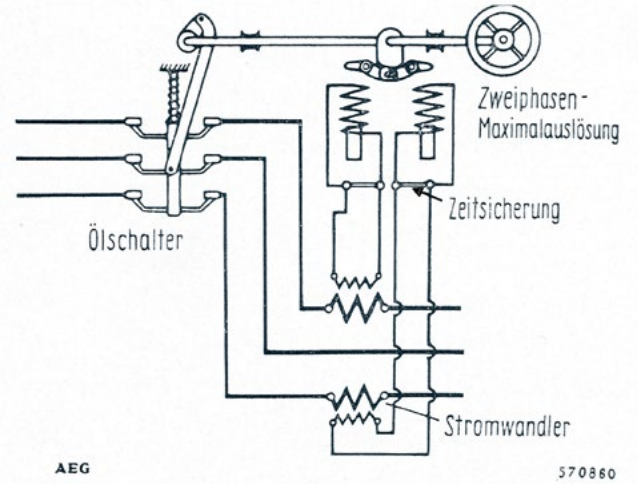


Bild 21: Wandlerstromauslösung mit Cleveland-Zeitsicherung, etwa 1908

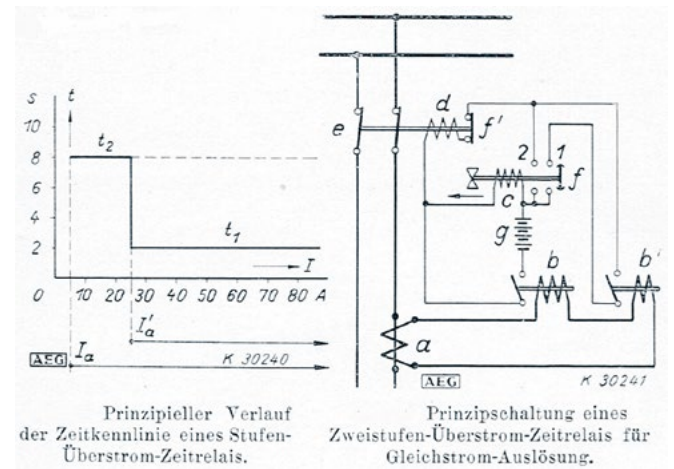


Bild 22: Zweistufen-Überstromzeitschutz, Walter, AEG, 1934

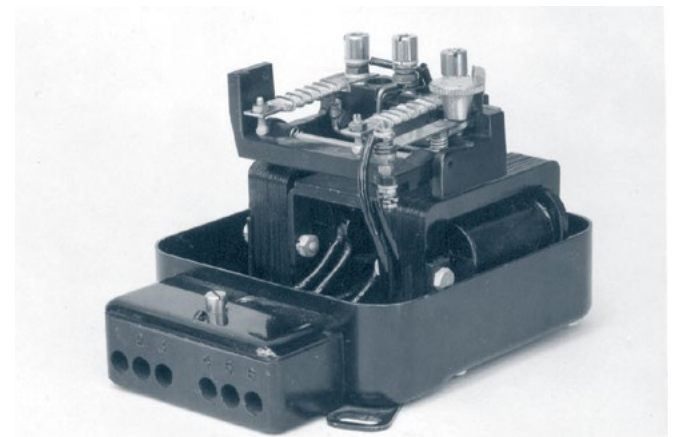


Bild 23: Bimetall-Sekundärrelais R1325, SSW, 1932

Zur wesentlichen Herabsetzung der Auslösezeiten bei diesem Schutzverfahren wurde 1934 von *Michael Walter*, AEG, ein Ergänzungsvorschlag unterbreitet. Beim Überschreiten eines bestimmten Stromwertes wird sprunghaft die Kommandozeit kleiner (Bild 22). Die Relaischaltung ist im Prinzipschaltbild einpolig dargestellt [8].

Die Wärmerelais mit Bimetallstreifen (Bild 23, zwei Metalle mit unterschiedlicher Wärmeausdehnung betätigen den Kontakt) kamen erst in den 1920er Jahren zum Einsatz. Mit ihnen erreichte man ein thermisches Abbild der Wicklungserwärmung und somit ein gutes Kriterium zum Schutz gegen gefährliche Überlast.

Als Zeitstaffelschutz hatte der AMZ-Schutz den Nachteil, dass die Auslösezeiten stark mit dem Maschineneinsatz schwankten. Dies wäre eigentlich erwünscht. Die damals zur Verfügung stehenden Relais verringerten jedoch die Auslösezeit nicht genau umgekehrt proportional dem Strom, sondern eher schneller. Es konnte dann der Fall eintreten, dass die Staffelzeiten zu klein wurden und die Selektivität nicht mehr gegeben war.

Ein besonderes Problem stellte der Ölschalter dar. Ein heute für uns klingendes Kuriosum war, dass 1919 vorgeschrieben war, dass Ölkesselschalter erst nach einer Verzögerung von 1 s zur Auslösung gebracht werden sollen, da dann der Kurzschlussstrom auf einen niedrigeren Ausschaltstrom abgeklungen ist. Damit sollten die Schalter geschont und ihre Zerstörungen vermieden werden. In einer Einstellvorschrift wurde 1919 eine Zeitverzögerung von 1 s gefordert [9]. In den Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke Nr. 276 von 1920 [10] ist zu lesen:

Tritt ein Fehler auf der Leitung auf (Erd- oder Kurzschluß), so wird die große Zeiteinstellung der Auslöser auf das zulässige Mindestmaß ($\frac{3}{4}$ bis 1 Sekunde mit Rücksicht auf den plötzlichen Kurzschlußstrom) gebracht. Die Auslöser werden, wie wir sagen, „geweckt“.

Schutzrelaisplan der 1920er Jahre

Mit der Entstehung von Verbundnetzen als vermaschtes Netz mit verteilten Kraftwerken Anfang der 1920er Jahre treten Probleme auf, mit dem Überstromzeit-

schutz eine Selektivität bei Leitungsfehlern zu erreichen. Durch Erhöhung der Kommandozeit in Kraftwerksnähe versuchte man das Problem zu lösen. Die dabei sich ergebenden Kommandozeiten für den Kurzschlussschutz zeigt Bild 24 für das 100-kV-Netz des Bayernwerkes von 1925 [11]. In Bild 25 ist aus dem Schutzrelaisplan von 1922 (links vergrößert) die Einstellung im Kraftwerk Zschornowitz, Feld 5 und 6, 110-kV-Leitung Berlin-Friedrichsfelde, der Überstromanregewert von 200 A und die Kommandozeit von 10 s erkennbar.

Ein- und mehrpolige Schutzrelais

Da im isolierten oder kompensierten Netz bei Kurzschlüssen wenigstens zwei Leiter beteiligt sein müssen, setzte man aus Kostengründen gern nur in zwei Leitern, R(L1) und T(L3), Stromwandler und einpolige Relais bzw. Schutzrelais mit nur zwei Anregegliedern ein. Aus Redundanzgründen bei Versagen eines Wandlers oder Anregeglieders ging man doch häufig auf dreipoligen Schutz über (Bild 26 und 27).

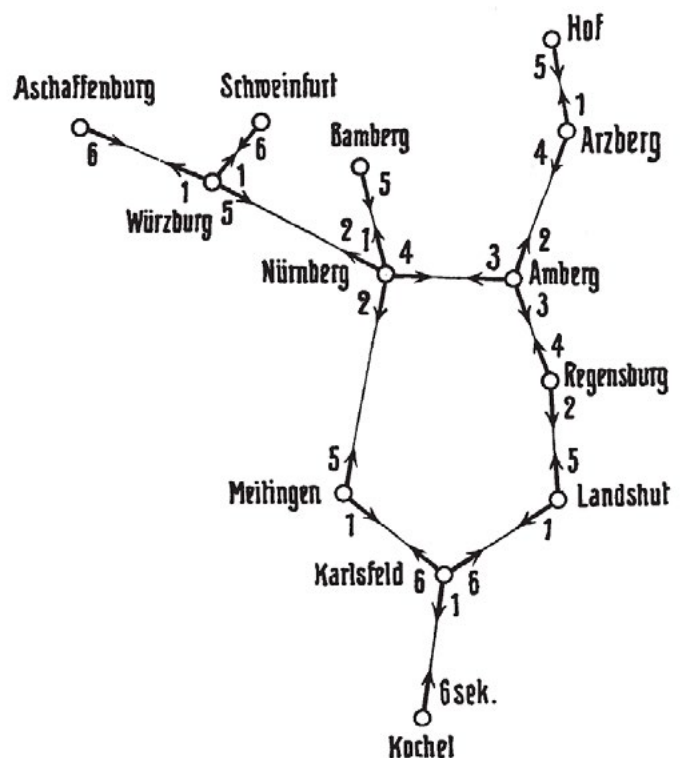


Bild 24: Kommandozeiten Kurzschlussschutz, 100-kV-Netz, Bayernwerk, 1925

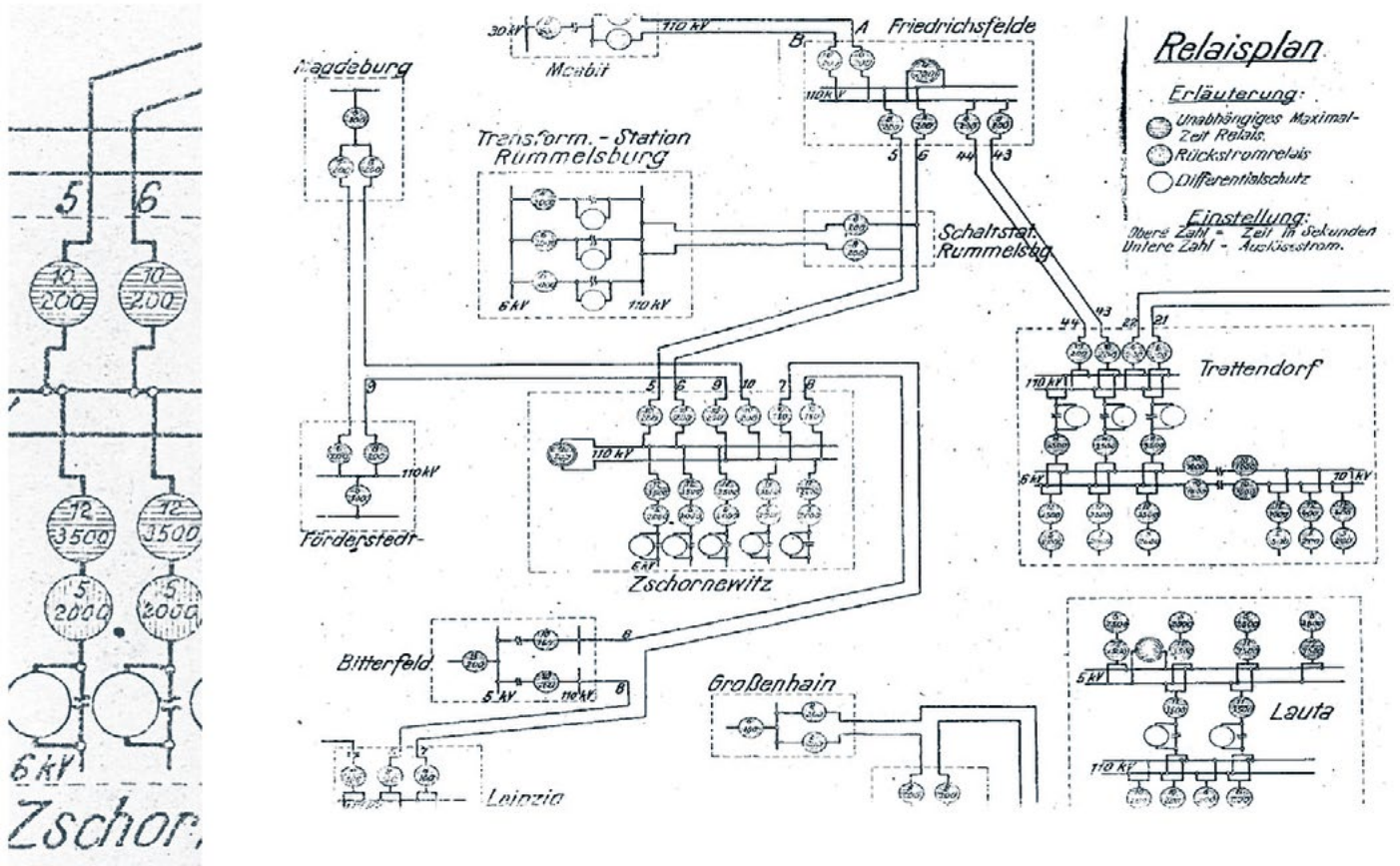


Bild 25: Auszug 110-kV-Schutzrelaisplan, 1922

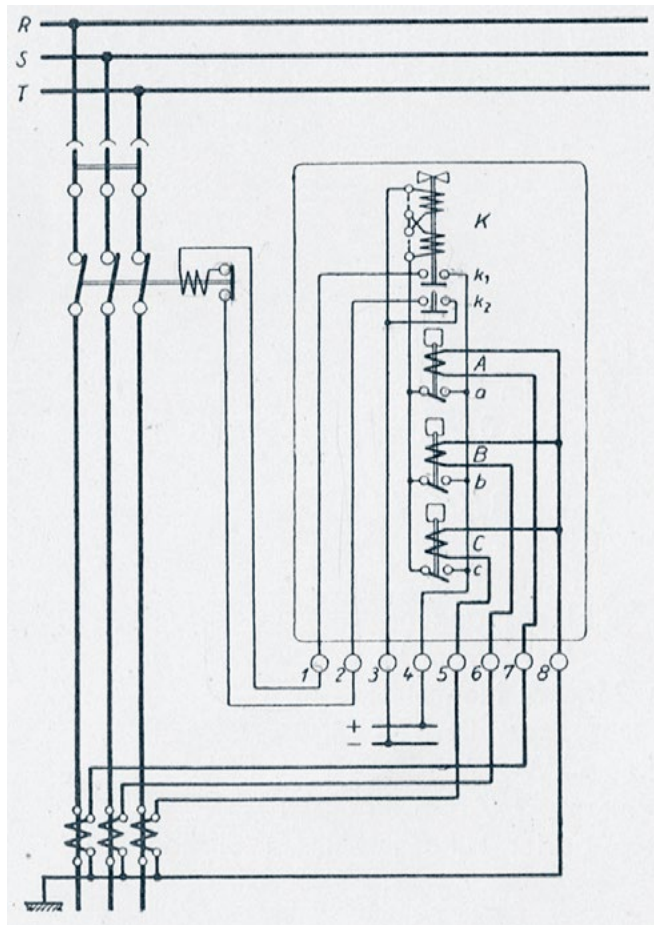


Bild 26: UMZ-Relais RSZ3f, AEG, 1935

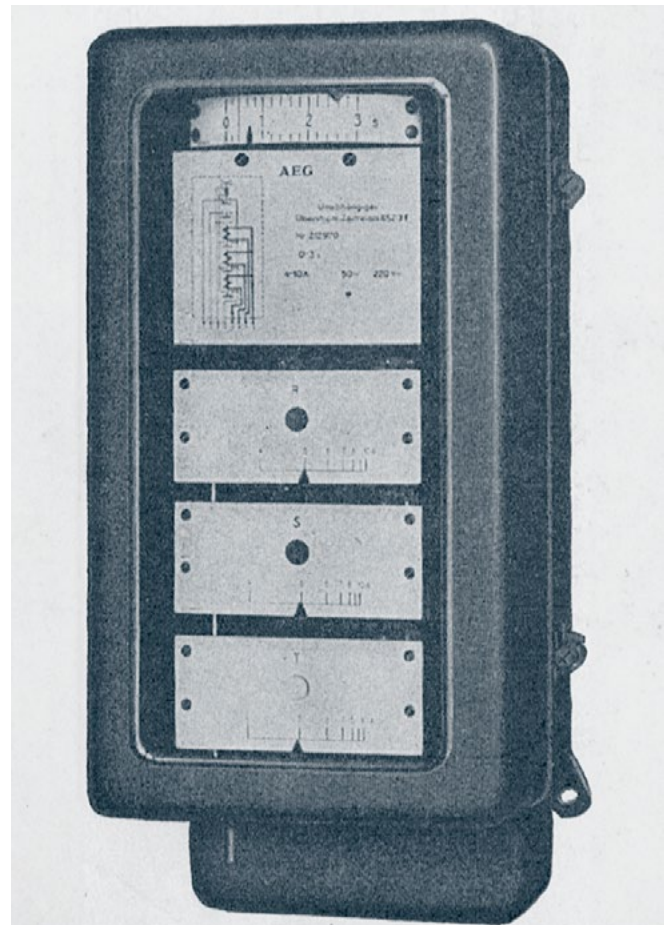


Bild 27: RZZ3f, AEG, 1935

Quellen:

- [1] Vogelsang, M.: Die geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik. Zweiter Band, Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik. 176 S.; Verlag von Julius Springer, Berlin: 1929
- [2] Schöllhorn, G.: Elektrotechnik in Nordbayern. Eine Dokumentation. 75 Jahre VDE Bezirksverein Nordbayern e.V., Hrsg. VDE Bezirksverein Nordbayern e.V. 1985
- [3] Ulbricht, R.: Ein neuartiges Primärrelais für Mittelspannungsschaltanlagen. *Energietechnik* 19(1969)1, 35-38
- [4] Kuhlmann: Besondere Schutzeinrichtungen gegen gefährdende Ströme in elektrischen Netzen, *ETZ* (1908) S. 316
- [5] Schweder, B.: Forschen und Schaffen. Beiträge der AEG zur Entwicklung der Elektrotechnik bis zum Wiederaufbau nach dem zweiten Weltkrieg. Band 1, 472 S.; Band 2, 472 S. u. Band 3, 520 S., Hrsg. AEG, Berlin 1965
- [6] Ein neues unabhängiges Überstrom-Zeitrelais, *ETZ* (1934) 48, 1178
- [7] Walter, M.: Die Entwicklung des selektiven Kurzschlußschutzes, *Elektrizitätswirtschaft* 66 (1967) 11, 317-323
- [8] Walter, M.: Neue Verfahren beim Überstrom-Zeitschutz. Erweiterter Sonderdruck aus *ETZ* 55(1934)9, 206-208, AEG, Rs/V 1218, März 34
- [9] Biermanns, J.: Über den Schutz elektrischer Verteilungsanlagen gegen Überströme. *ETZ* 40(1919)47, 593-597; 48, 612-617 u. 50, 648-653
- [10] Petersen: Ueberstrom- und Ueberspannungsschutz. Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke XIX (1920) !. November-Nummer, Nr. 276, S. 275-281
- [11] Menge, A.: Das Bayernwerk und seine Kraftquellen, Berlin, 1925, Verlag von Julius Springer
- [12] Schossig, W.: Generations of Protection. The Beginning of electromechanical Overcurrent Protection (Die Schutzgenerationen. (Der Beginn des elektromechanischen Überstromschutzes). *PAC*.June.2012, p.70-76, www.pacw.org/previous-magazines-2012-flippable

info@walter-schossig.de
www.walter-schossig.de

Bildrechte:

Wenn nicht anders angegeben, liegen die Bildrechte beim Autor.

BUCHEMPFEHLUNG

Alte Radios - neu belebt Almanach der Funkgeschichte, Band 2

Wolfgang E. Schlegel, Berlin

Im nun erschienenen zweiten Band des Almanachs der Funkgeschichte, herausgegeben von der GFGF, werden Probleme und Erfahrungen bei der Reparatur und Restaurierung historischer Rundfunkempfänger in den Mittelpunkt gestellt, die zahlreiche Sammler und Liebhaber historischer Radios gemacht haben. Mit deren Pflege und Rekonstruktion werden oft seltene Objekte der Technikgeschichte erhalten und nachwachsenden Generationen zugänglich gemacht - immerhin ist das Radio ein wichtiger Teil unserer Kulturgeschichte.

Geschildert werden die jeweiligen persönlichen Herangehensweisen an das historische Gerät, die durchaus für ähnliche Projekte verallgemeinerungsfähig sind. Großen Wert legen alle Autoren auf die Erläuterung und Beschreibung technischer Errungenschaften der jeweiligen Entstehungszeit, sodass der Inhalt dieses Almanachs einen bemerkenswerten Überblick über fünf Jahrzehnte technischer Entwicklung gibt und einen Einblick in die Geschichte der Rundfunkempfangstechnik ermöglicht: Das historische Radio hat seine Faszination bewahrt, obwohl auf Mittel-, Lang- und Kurzwelle heute nur noch wenig zu empfangen ist.

Sämtliche Beiträge wurden der Vereinszeitschrift „Funkgeschichte“ entnommen, jedoch aktualisiert, überarbeitet und größtenteils neu bebildert. Auswahl und Zusammenstellung spiegeln die technische und industrielle Entwicklung der Rundfunktechnik von ihren Anfängen bis heute wider.



Almanach der Funkgeschichte
 Band 2: Alte Radios – neu belebt
 Gesellschaft der Freunde der Geschichte des Funkwesens e.V. (GFGF)
 Düsseldorf, 2024
 240 Seiten
 € 25,00
 ISBN 978-3-9822340-6-9

Bezugsquellen: www.radiobookshop.de,
www.gfgf.org.

In eigener Sache

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

Unsere Bankverbindung:

Thüringer Museum für Elektrotechnik

IBAN: DE87 8205 1000 0130 0842 98

BIC: HELADEF1WEM

Kontakt:

<https://www.elektromuseum.de/impressum.html>.

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

AUTORENVERZEICHNIS

Dipl.-Ing. Stephan Hloucal

(Regierungsdirektor a. D.)

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

Dipl.-Ing. Ulrich Liebold

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.

Dipl.-Ing. (FH) Walter Schossig

Nach Studium an der Ingenieurschule Zittau war er Elektroingenieur im Kraftwerk Bleicherode, Ingenieur für Technik und Netze im Netzbetrieb Mühlhausen und von 1967 bis zum Eintritt in den Ruhestand Ingenieur für Netzschutz in der TEAG Thüringer Energie AG (TEAG). Er arbeitet im VDEW-AA Relais- und Schutztechnik, Normenausschuss K434 „Messrelais und Schutzeinrichtungen“ und VDE AK07 „Relais- und Schutztechnik“ mit. Er ist Autor u. a. des Buches „Netzschutztechnik“ und der Serie „Historie der Schutz- und Leittechnik“ in der Zeitschrift „Protection Automation Control World“. Er ist Mitglied im Vorstand des VDE-BV Thüringen und AK „Stromgeschichte Thüringens“ der TEAG.

Dipl.-Ing. Gerhard Roleder

studierte von 1975 bis 1979 Physik und Elektronische Bauelemente an der Technischen Hochschule Ilmenau. Von 1979 bis 1989 war er Technologe und Entwicklungsingenieur im VEB 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., Funkamateurler seit 1971.

IMPRESSUM

Herausgeber:

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

V. i. S. d. P.:

Stephan Hloucal

Redaktion:

Matthias Wenzel, Stephan Hloucal

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

Mail: info@elektromuseum.de

Facebook: Thüringer Museum für Elektrotechnik

Twitter: ElektromuseumEF

Instagram: elektromuseum

Fon: 01 76 44 44 58 22

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

Haftungsausschluss:

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

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

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

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

© Thüringer Museum für Elektrotechnik e.V., bei den Autoren und Fotografen 2024. Falls nicht anders vermerkt, liegen die Nutzungsrechte an den Fotos beim Thüringer Museum für Elektrotechnik e.V.

Datenschutzerklärung - personenbezogene Daten:

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

Falls Ihnen die ersten Ausgaben von ON.LINE abhandengekommen sind, so finden Sie diese zum Herunterladen unter:

<https://www.elektromuseum.de/newsletter.html>.

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