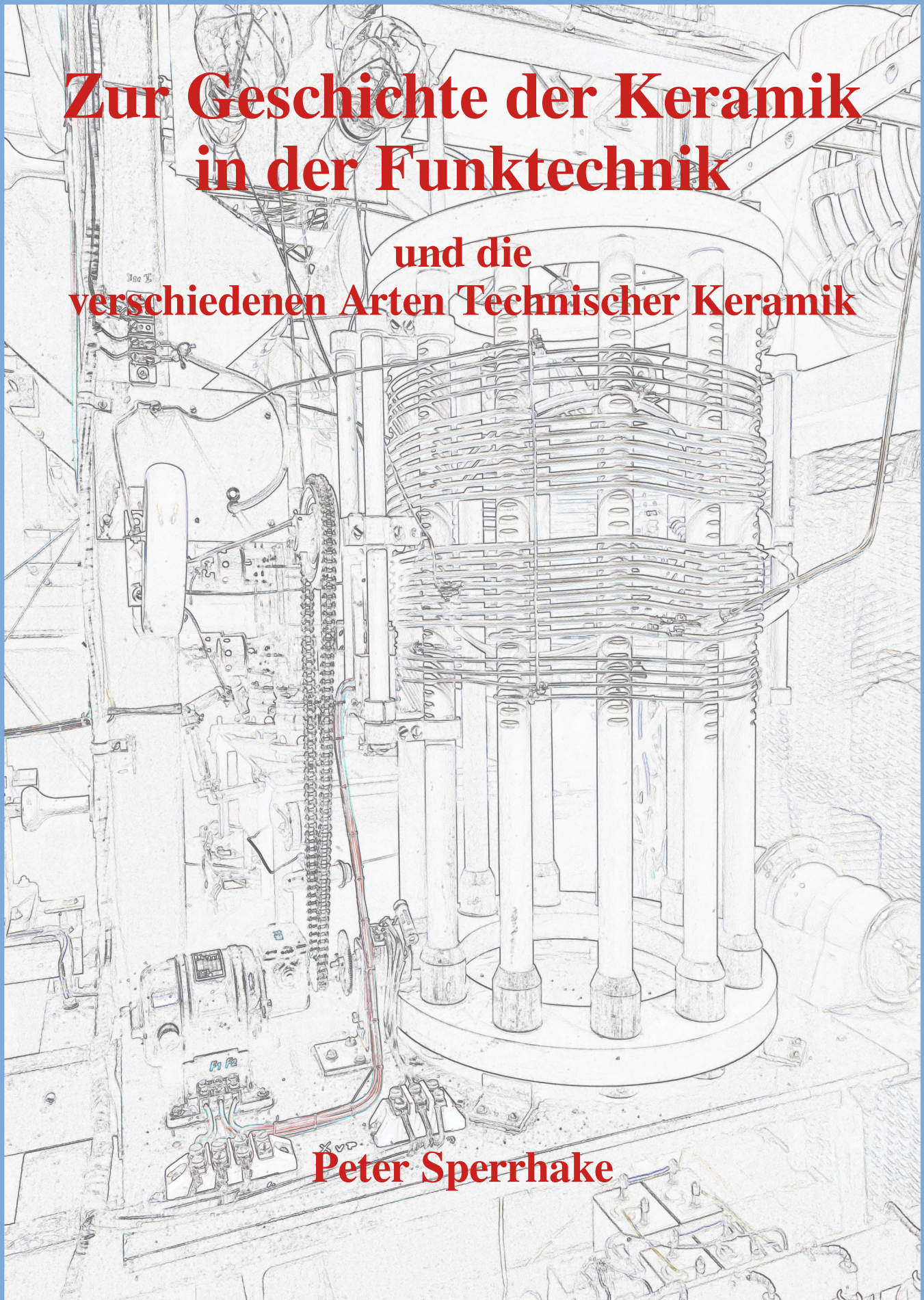


Zur Geschichte der Keramik in der Funktechnik

**und die
verschiedenen Arten Technischer Keramik**

Peter Sperrhake



Zur Geschichte der Keramik in der Funktechnik

und die verschiedenen Arten der Technischen Keramik

von
Peter Sperrhake

PeSp

Eigenverlag Peter Sperrhake Hermsdorf /Thüringen

2024

Die Bedeutung der elektrischen Isolation von Baugruppen und Bauelementen in der Elektroenergieversorgung, Elektrotechnik und Elektronik wurde und wird in der Allgemeinheit, aber auch in der elektrotechnischen Literatur nur ungenügend dargestellt und gewürdigt.

Eine Betrachtung der Entwicklung und Geschichte der elektrischen Isolation führt unweigerlich zur technischen Keramik und deren verschiedenen Werkstoffen. Diese waren für Telegrafie, Telefonie, Hochspannungs- und Hochfrequenztechnik in deren Entwicklungszeit von hoher Bedeutung. Es gab noch keine Kunststoffe für diese Bereiche. Auch heute hat die Technische Keramik eine große Vielfalt und wird immer weiter entwickelt.

In diesem Beitrag geht es vorrangig um den Einsatz von Bauelementen und Baugruppen aus Keramik in der Funktechnik und deren historischer Entwicklung.

Der Heimatort des Autors, die Stadt Hermsdorf in Thüringen, war der Standort eines großen Herstellers von Technischer Keramik, die Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren GmbH - HESCHO, dort wurde die weltweite Entwicklung der keramischen Werkstoffe entscheidend geprägt. Später in der DDR waren die Keramischen Werke Hermsdorf – KWH für die Elektro- und Elektronikindustrie der DDR und des Ostblocks einer der wichtigsten Entwickler und Hersteller von Produkten aus Technischer Keramik.

Der Beitrag entstand aus Anlass des Jubiläums "100 Jahre Rundfunk in Deutschland" 2023 und 100 Jahre Funkausstellung 2024.

Der Autor ist Mitglied im Verein für Regional- und Technikgeschichte e.V. Hermsdorf /Thüringen.

Impressum

1. Ausgabe 2024

Herausgeber & Autor:

Ing. Peter Sperrhake, Rodaer Straße 25, 07629 Hermsdorf /Thür.

email: peter@sperrhake.com

Gestaltung: Autor

Lektor: Dipl. Ing. Wolfgang Böhme

Herstellung: Autor

Reproduktion in irgendeiner Form, auch teilweise,
ist nur mit schriftlicher Erlaubnis des Autors gestattet.

Inhaltsverzeichnis

1. Keramik & Technische Keramik - Einleitung.....	4
2. Der Anfang der Elektrotechnik.....	4
3. Die Geschichte der Funktechnik.....	5
4. Elektrische Isolation.....	6
5. Entwicklung der Technischen Keramik in Hermsdorf.....	7
5.1 Die Industriegeschichte.....	7
5.2 Die Produktbereiche der HESCHO & KWH.....	7
5.3 Die historischen Abschnitte und Produktgruppen des Werkes.....	8
1890 bis 1922 - Die Porzellanfabrik Hermsdorf.....	8
1923 bis 1931 - Die HESCHO.....	8
1931 bis 1945 - Die HESCHO in der NS-Zeit.....	8
1945 bis 1952 - Stillstand & SAG HESCHO-KAHLA.....	8
1952 bis 1990 - Der VEB Keramische Werke Hermsdorf (KWH).....	8
1990 bis 1994 - Die TRIDELTA AG & Beginn der Auflösung ab 1991.....	9
6. Bauelemente der Funk- & Empfangstechnik.....	9
6.1 Technische Keramik in Sendeanlagen.....	9
Isolatoren für Hochfrequenz & hohe Spannungen.....	10
Mastfußisolatoren für Sendemasten.....	10
Kondensatoren für hohe Spannungen.....	11
Wasserwiderstände für.....	11
Kühlkreisläufe.....	11
Spulenkörper für Induktivitäten und Variometer für Sender.....	11
Sockel & Halterungen für Senderöhren.....	12
Keramische Stützelemente.....	12
Keramikdurchführungen.....	13
Keramiksäulen.....	13
6.2 Technische Keramik in Empfängern, Funkgeräten & Messgeräten.....	13
Spulenkörper für gewickelte & eingebrannte Spulen.....	13
Kugelvariometer.....	14
Kondensatoren aus Keramik & mit dichten Keramikgehäusen.....	14
Trimmkondensatoren.....	14
Die Entwicklung der Kondensator-Werkstoffe.....	15
Ohmsche Widerstände.....	15
Keramische Halbleiterwiderstände – Thermistoren & Varistoren.....	16
Grundplatten, Montageplatten & Leiterplatten.....	16
Permanent-magnetische Bauteile.....	17
Weich-magnetische Bauteile.....	17
Piezo-Keramik.....	18
Wellenschalter & Baugruppen aus Technischer Keramik.....	18
Drehschalter.....	19
Röhrensockel & Anschlusselemente.....	19
7. Ferritkern-Speicher & Halbleiter-Speicher für EDV-Geräte.....	19
Speicher mit Rechteckferriten.....	19
Speicher in Dickschicht-Hybridtechnik.....	20
8. Entwicklungsmuster, Sonderformen & Kuriosa.....	20
Die Keramikröhre.....	20
Die Wettersonde.....	20
Der Mess-Laborkondensator.....	21
Das Keramikradio.....	21
Kuriose & Not-Erzeugnisse.....	21
HOK80 „Halboffener Orthodynamischer Kopfhörer“.....	22
9. Elektro-Produkte mit Keramikkorpus oder Keramikteilen.....	22
Elektrobauteile (Beispiele).....	22
Zündkerzen für Benzinmotoren.....	22
10. Integrierte Schaltungen.....	23
Keramiksubstrate & Keramikgehäuse für Schaltkreise.....	23
Dickschicht-Hybridtechnik.....	23
11. Keramische Werkstoffe in Funk- & Empfangsgeräten heutiger Zeit.....	24
12. Schlussbemerkung.....	24
13. Quellenangaben – Literatur, Internetlinks & Bilder.....	25
13.1 Literaturquellen & Internetlinks.....	25
13.2 Bilder.....	26

Zur Geschichte der Keramik in der Funktechnik und die verschiedenen Arten der Technischen Keramik

Peter Sperrhake

1. Keramik & Technische Keramik - Einleitung

Keramik ist ein verbreiteter, vielseitiger aber oft verkannter Werkstoff mit vielen Keramikarten und ähnlichen Sinterwerkstoffen. Unter Keramik stellen sich die meisten das Porzellan-Geschirr aus dem Alltag vor, auf welchem die Speisen gereicht werden, Porzellangefäße aus denen getrunken wird oder Nahrungsmittel gelagert werden. Es wird kein Gedanke daran verschwendet, dass es verschiedene Arten von Keramik gibt.

In der Frühzeit des Menschen war Geschirr meist aus Ton und Steingut, bis Porzellan ca. 200 Jahre v. Chr. in China und 1708 das europäische Porzellan in Meißen erfunden wurde [01].

Heute, wo alles möglichst billig sein muss, gibt es auch Glas-Keramik-Geschirr, Opalglas genannt, welches nur wie Porzellan aussieht.

Einer der führenden und größten Betriebe für Entwicklung und Produktion von Technischer Keramik in Europa begann 1892 als Porzellanfabrik Hermsdorf/Klosterlausnitz mit der Produktion von Niederspannungs-Isolatoren. In der weiteren Geschichte entstand die weltbekannte HESCHO, die Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren GmbH in Hermsdorf /Thüringen. Nach Kriegs- und Nachkriegswirren des 2. Weltkrieges wurde in der DDR 1953 der VEB Keramische Werke Hermsdorf, ein volkseigener Betrieb gegründet [02].

Die Geschichte der Entwicklung des Thüringer Industriestandortes bis 1990 und der Produkte aus Technischer Keramik, sollen in diesem Beitrag beschrieben werden.

Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Funktechnik, also Sende- und Empfangstechnik und Elektrogeräten mit den dort eingesetzten keramischen Bauelementen und Werkstoffen.

2. Der Anfang der Elektrotechnik

Nach Mitte des 19. Jh. entwickelte sich besonders die elektrische Nachrichtentechnik und nach 1870 die Starkstromtechnik. Für Anwendungen, wie Telegrafie und später Telefonie, Beleuchtung und Elektromotoren für Maschinen, waren Leitungen zum Transport der Energie in Form von Drähten, Seilen und Bändern aus Kupfer oder anderen leitenden Metallen erforderlich, die gegen die Trägerkonstruktionen isoliert werden mussten. Einfache Konstruktionen aus Holz, Stein oder Ton genügten nicht, da diese bei Nässe leitend werden und nicht lange wetterbeständig sind.

Es wurde viel experimentiert, geöltes und geteertes Holz, Edelhölzer, Asphalt, Schiefer, Marmor, Asbest, Steingut und Bitumen sind einige Werkstoffe [53]. Mit Teer-Binden, Harz-, Wachspapier oder Glaswolle umwickelte Drähte wurden zu Kabeln konfiguriert.

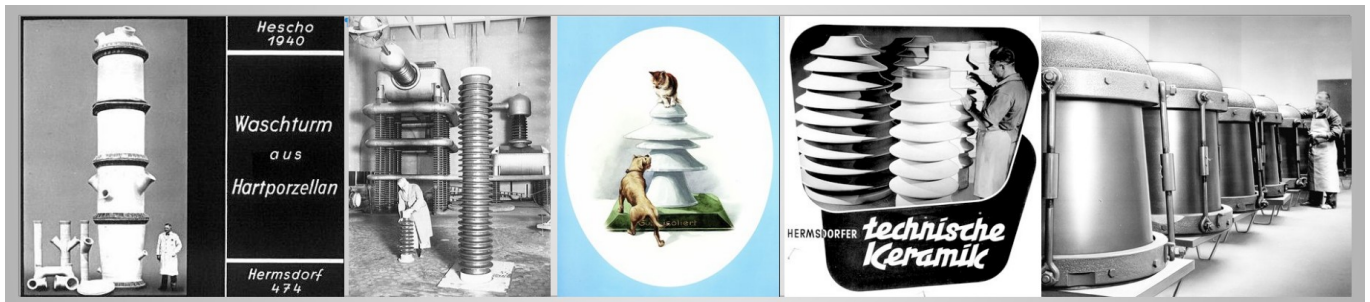


Bild 01: Chemieporzellan und Technische Keramik, rechts Mastfußisolatoren für Sendemaste

Im Laufe des technischen und industriellen Zeitalters zogen die keramischen Werkstoffe auch in viele technische Bereiche ein. Beispiele dafür sind:

Isolatoren und Montageelemente für Telegrafie und Telefonie, Rohre und Ventile für die chemische Industrie sowie für Wasser- und Abwasserwirtschaft und auch mechanische Lager in Maschinen und Geräten.

Im Starkstrom-Bereich waren es Isolatoren und Montageelemente zur Isolation im Nieder- bis Hochspannungsbereich, wovon einige immer mehr die Form heutiger Isolatoren bekamen, geeignet für die vielseitigen Umweltbedingungen und hohen Betriebsspannungen.

Für die Hochfrequenztechnik wurden spezielle Keramikwerkstoffe für Kondensatoren, Induktivitäten und Isolatoren für die Sendetechnik entwickelt.

Produkte aus technischer Keramik hatten zum Teil riesige Abmessungen, z.B. ein Waschturm, von 6 m Höhe und 3,5 t Gewicht für die chemische Industrie, Freiluft-Innenraum-Wanddurchführung mit 4,6 m Höhe für 200 kV, sowie Mastfußisolatoren für Antennen-Sendemaste mit großen Traglasten bis zu 200 t (Bild 01).

Heute führen mehrere Betriebe unter dem Label "TRIDELTA" die Produktion und Entwicklung von Produkten für elektrische, elektronische und chemische Prozesse und Produkte weiter. Eine Vereinigung der Betriebe auf dem ehemaligen Werkgelände und in der Region ist der Verein „TRIDELTA Campus e.V.“ [03]. Der „Verein für Regional- und Technikgeschichte e.V. Hermsdorf“ (VRTG e.V.) hat das Ziel, die Geschichte der vergangenen und heute ansässigen Keramikindustrie zu bewahren [04].

Übliches Glas oder Glimmer waren geeignet aber mechanisch für große Bauteile nicht genug belastbar. Materialien mit Schichten aus Harz und Papier, oder Harz-Textil-Mischungen, sowie aus fossilen Kopalen (Baumharz) und Silikaten wurden zu Platten, Körpern, Gehäusen oder Folien gepresst und zur Isolation eingesetzt [05]. Kunststoffe gab es damals noch nicht, nur „Vorbooten“ dessen wie Pressspan (Zellulose), Cellon (Celluloid ähnlich) ab 1910 und Hartgummi [53]. Der erste Kunststoff war Bakelit, patentiert 1907 von Leo Baekeland, und wurde in der Elektrotechnik viel für isolierende Gehäuse, z.B. für Schalter, eingesetzt [05] [06]. Er erlangte einen sehr hohen Anteil in der Niederspannungstechnik und Funktechnik, parallel zu keramischen Isolierstoffen.

Für die Energieübertragung über immer längere Strecken waren immer höhere Spannungen erforderlich und die bisher

verwendeten Isolationswerkstoffe, wie Holz, Steinzeug etc., waren nicht mehr geeignet. Nicola Tesla hat, als Erfinder des Mehrphasen-Wechselstromes 1887 und dazu notwendigen Leitungen, Transformatoren und Maschinen, einen wesentlichen Beitrag zu dieser Entwicklung geleistet [07].

Auch in der Nachrichtentechnik, damals noch Fernschreiber und ab ca. 1880 die Telefonie der A. G. Bell-Telephone [08], wurden die Übertragungsstrecken länger und durch schlechte Isolationsqualitäts- und fehlerträchtig.

Die Betreiber forderten Isolatoren mit besseren Eigenschaften.

In Folge wurden verschiedene Werkstoffe getestet, gebrannter Ton, Steingut, Glas und auch Porzellan in verschiedenen Zusammensetzungen. Die Formgebung war dabei auch ein entscheidendes Merkmal. Schließlich war Porzellan eine der besten Alternativen. Es wurden verschiedene Porzellanwerkstoffe für Isolatoren an Telegrafie- und Starkstrom-Leitungen entwickelt und eingesetzt.

Die zur Übertragung der notwendigen Versorgungsenergie erforderlichen Isolatoren, z.B. in Umspannwerken der Energieversorgung (Bild 02), sind nicht Thema dieses Beitrages, dies würde hier zu weit führen, muss aber erwähnt werden. Das sehr interessante Gebiet der Elektroenergietechnik ist in [10] beschrieben.



Bild 02: Umspannwerk auf der Insel Usedom 2023

Ein umfassendes Buch [09] zur Entwicklungsgeschichte der Isolatoren für Energienetze hat ein Vereinskollege des VRTG e.V. geschrieben (Bild 03).

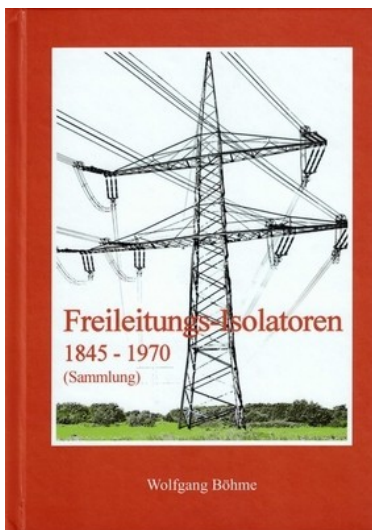


Bild 03: Buch „Freileitungsisolatoren 1845-1970 (Sammlung)“

Wer in die Tiefe der Keramikwerkstoffe und deren Entwicklungsgeschichte eindringen möchte, kann dies in verschiedenen Publikationen tun. Zu diesem Thema gibt es Informationen in aller Ausführlichkeit von einem Vereinskollegen des VRTG e.V. in [11] und [12]. Ein Nachschlagewerk „ABC Keramik“ [13] aus Zeiten der DDR, 2. Auflage aus 1990, ist sehr umfangreich in den Bereichen Feinkeramik, Grobkeramik, Feuerfestkeramik und Technische Keramik, sowie deren Produktion.

Das Buch „Technische Keramik“ aus 1954, von Alfred Palatzky [14], einem

Entwickler und Laborleiter in den Keramischen Werken Hermsdorf und Dozent an der Ingenieurschule für Elektrotechnik und Keramik in Hermsdorf, beschreibt die verschiedenen keramischen Werkstoffe und Sondermassen, incl. chemischer Zusammensetzung und deren Herstellungstechnologie.

Die genannten Quellen sind nur einige Beispiele.

3. Die Geschichte der Funktechnik

Aus der drahtgebundenen Telegrafie- und Telefontechnik entstand der Wunsch, die Signale auch drahtlos zu übertragen. Die Entdeckung der drahtlosen Übertragung von elektromagnetischen Wellen durch Heinrich Herz [15], welcher die Möglichkeiten zur Nutzung noch verkannte, war eine wesentliche Grundlage. Die Experimente und Patente von Nicola Tesla [07] und Guglielmo Marconi, welche in einem langen Streit endeten [16], waren wegweisend für die weitere Entwicklung der Funktechnik. Ein als Roman geschriebenes Buch "Das Marconipatent" [17] beschreibt diese Zeit auf spannende Weise.

Die ersten Sender für Nachrichtenübertragung waren Knallfunken-Sender, später Löschfunken-Sender (nur für Telegrafie geeignet), dann Lichtbogen-Sender und Maschinen-Sender. Die beiden letzten ermöglichten erst die analoge Modulation des Signals und somit eine Tonübertragung - die Grundlage für die Rundfunktechnik. 1906 wurde die erste Rundfunksendung der Welt vom Maschinen-Sender in R. A. Fessendens Funkstation in Brant Rock (USA) ausgestrahlt [18][19].

Durch die Weiterentwicklung der von dem österreichischen Physiker Robert von Lieben in 1906 konstruierten, mit Quecksilberdampf gefüllten Verstärkerrohre konnten schließlich Röhren für höhere Leistungen hergestellt und somit Röhrensender gebaut werden [18]. Parallel wurden auch die nötigen Empfangsgeräte entwickelt. Bevor in diese fast ausschließlich Vakuumröhren eingesetzt wurden, kamen Kohärer bzw. Fritter und später Kristalldetektoren zum Einsatz [20].

In Deutschland wurde der Rundfunk aus politischen Gründen, resultierend aus dem 1. Weltkrieg, nicht so schnell erlaubt. Erst am 29. Oktober 1923 begann die Geschichte der legalen Rundfunksendungen in Deutschland. Im Vox-Haus in Berlin begann die „Funk-Stunde Berlin“ mit dem regelmäßigen Sendebetrieb auf Welle 400 Meter = 749,5 kHz [21].

Ein interessanter Artikel zum Jahrestag „25 Jahre Rundfunk“ aus der Zeitschrift FUNK-TECHNIK, Nr. 20 /1948 (Bild 04), von Staatssekretär a.D. Dr.- Ing. e.h. Hans Bredow, soll hier Einblick aus kompetenter Feder geben [22].

Hans Bredow war ab 1926 Rundfunkkommissar des Reichspostministers und Vorsitzender des Verwaltungsrats der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft (Bild 05). Er beschreibt die Freigabe des Funkempfanges mit Einrichtung eines „Rundfunks für Alle“:

„... Nach Kriegsende (1.WK) war nämlich die Zeit gekommen, an die Verwirklichung eines derartigen Planes heranzutreten, aber die Verhältnisse lagen im Nachkriegsdeutschland deshalb besonders ungünstig, weil die verworrenen Zustände die Freigabe des Funkempfanges an die Allgemeinheit aus politischen Gründen noch nicht gestatteten. Jedenfalls sahen Militärs und die Politiker in einer derartigen Freigabe erhebliche Gefahren.

Man war also zunächst genötigt, sich auf Rundfunksendungen für bestimmte Bezieher (Presse und Wirtschaft) zu beschränken und mußte sogar die an der Freigabe des Empfangs besonders interessierten Amateure vorübergehend beiseiteschieben. Aber in der Übergangszeit arbeiteten die Wegbereiter des Rundfunks in aller Stille an der Durchführung ihres Planes; die Sende- und Empfangstechnik wurde weiterentwickelt und eine Organisation über ganz Deutschland vorbereitet. Als dann im Jahre 1923 das Empfangsverbot fiel, stand auch der deutsche Rundfunk und konnte mit seinem ersten öffentlichen Programm am 29. Oktober 1923 im Berliner Voxhaus seinen Siegeslauf über Deutschland beginnen. Seitdem sind 25 Jahre vergangen!“



Bild 04: FUNK-TECHNIK 20/1948 zum Jubiläum „25 Jahre Rundfunk“ in Deutschland [22] (Deckblatt)

„Dem Lesepublikum der FUNK-TECHNIK wird es vielleicht erwünscht sein, aus Anlass des 25. Rundfunkjubiläums von einem Zeitgenossen der großen Funkpioniere etwas über die technische Vorgeschichte zu lesen und zu erfahren, dass das weltumspannende Werk des Rundfunks nur durch die Erfindung und Anwendung der Kathodenröhre für Sender und Empfänger möglich geworden ist. ...“

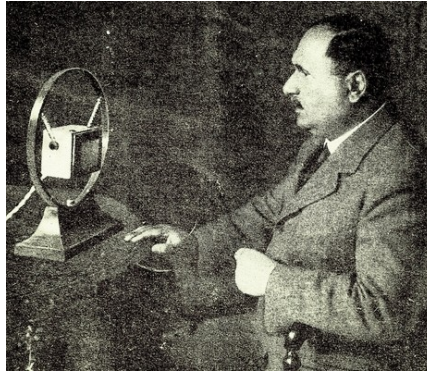


Bild 05: Hans Bredow, Bild aus [22/499]

4. Elektrische Isolation

Bauelemente und Baugruppen sind zu verbinden aber auch elektrisch zu isolieren. In Schaltplänen sind natürlich nur die Verbindungsstellen eingezeichnet. Die nötigen Isolierstoffe werden von der Allgemeinheit quasi nicht gesehen, beachtet oder ignoriert. Es sei denn, es handelt sich um Gehäuse aus Bakelit, in denen sich die Sammelobjekte wie z.B. Volksempfänger oder Lautsprecher befinden [06].

Ärgerlich ist die Ignoranz oder Nicht-Beachtung, die in diesem Bereich auch in ansonsten sehr guten Büchern zur Rundfunkgeschichte, Radiotechnik und Radiogeräten zu erkennen ist. Meistens fällt kein Wort über die wichtige elektrische Isolation überhaupt und die mit Keramik erst recht.

Eine der wenigen Ausnahmen gibt es in dem Buch „Radios von Gestern“ [23]. Auf Seite 317, unter der Überschrift „Bauteile“, steht als Erstes unter „Isolator“ eine kurze Beschreibung der im Radiobau verwendeten Isolationswerkstoffe. Auch eine Tabelle mit den Dielektrizitätskonstanten, Verlustfaktoren und ein Diagramm „Abhängigkeit des Verlustwinkels von der Wellenlänge bei HF-Isolierstoffen“ ist angegeben:

„Holz ist kein idealer Isolator für hochfrequente Ströme! Für die Bauteile selbst kommen Isoliermaterialien mit sehr unterschiedlichen Verlustfaktoren und relativ auf Luft (=1) bezogenen Dielektrizitätskonstanten zur Anwendung. Der Verlustfaktor bedeutet den Imaginärteil der

Dielektrizitätskonstante und spielt vor allem für elektrische Felder eine Rolle. ...“

Für die meisten Elektronik-Laien, darunter sicher auch einige Sammler oder Freunde des alten Designs und der Historie, ist dies wahrscheinlich schon zu „hoch“ oder zu viel.

Bei Wissenschaftlern und Entwicklern der Elektrotechnik und Elektronik sieht dies natürlich anders aus. Sie müssen die Isolierstoffe entsprechend der nötigen Spannungsfestigkeit und mechanischer Beanspruchung, der Isolationswerte (Verlustfaktor) und des Frequenzverhaltens, entwickeln und, sofern schon vorhanden, bei ihren Projekten auswählen.

Speziell in der Sendetechnik wurden immer höhere HF-Wechselspannungen und höhere Ströme benötigt, um höhere Sendeleistungen zu erzielen. Daraus ergaben sich wachsende Anforderungen an die Teile in allen Baugruppen eines Senders (Bilder 06 bis 08). Dabei führte kein Weg an HF-hochspannungsfesten Isolatoren und Materialien aus speziellen Keramikwerkstoffen vorbei. In allen Bereichen der Sende- und Empfangstechnik wurden unterschiedliche Keramikwerkstoffe für sehr unterschiedliche Zwecke eingesetzt. Die Bauteile mit den größten Abmaßen sind die für Antennenanlagen und Großsender.

Die Bilder 06 bis 08 stammen aus dem Buch „Neuzeitliche Verwendung feinkeramischer Werkstoffe in der Technik“ [24] vom „Verband Deutscher Elektrotechnischer Porzellanfabriken“ (VDEP) aus dem Jahr 1941.

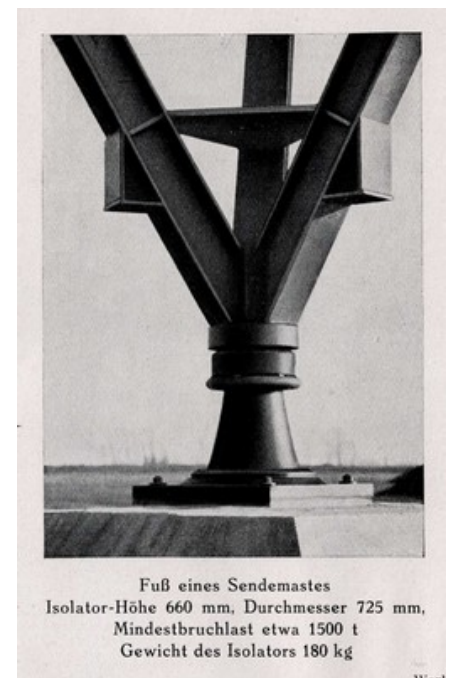


Bild 06: Fuß eines Sendemastes , für 1500 Tonnen Mindestbruchlast [24]

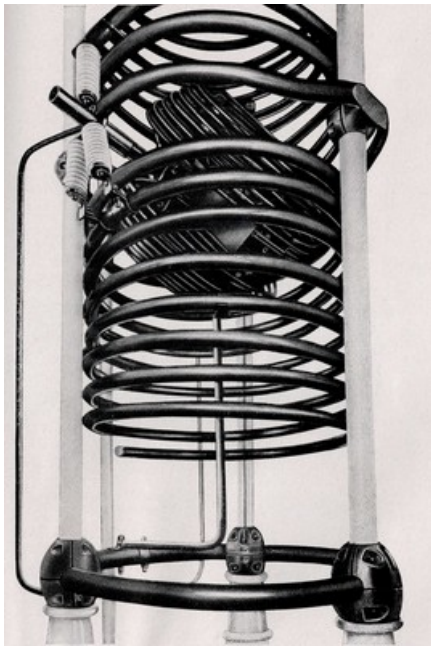


Bild 07: Abstimm- und Drosselspule eines Großsenders, 3m hoch und 1m Durchmesser [24]

Große Sendeanlagen waren nur mit entsprechenden neu entwickelten Keramikwerkstoffen realisierbar.

In dem Buch werden die damaligen Werkstoffe, deren Technologie und Anwendungsbereiche beschrieben und die Bedeutung der keramischen Industrie hervorgehoben.

Bild 08 zeigt einen Pardunen-Isolator. Pardunen sind Abspannseile an Masten, die meist im Dreieck gespannt wurden.



Bild 08: Einbau von Pardunen-Isolatoren am Funkturm eines Großsenders, Mindestbruchlast des Isolators etwa 450 t [24]

Nicht nur keramische Werkstoffe für die elektrische Isolation entstanden im Laufe der Entwicklung der Funk- und Radiotechnik. Bedeutend für diese sind auch Werkstoffe aus sogenannten Sondermassen, für Dauermagnetismus (hartmagnetische Werkstoffe, genannt



Bild 09: „Porzellanfabrik Kahla, Filiale Hermsdorf-Klosterlausnitz“, das Werk um 1923

Maniperm), für die Erhöhung der Induktivität von Spulen (weichmagnetische Werkstoffe, genannt Manifer), für nicht lineare Widerstände (Varistoren, Thermistoren), Piezoelemente wie Keramikfilter (für HF) und Signalgeber (NF) aus Sinterwerkstoffen. Eine tiefgründige Beschreibung dieser Werkstoffe und Sondermassen ist im schon erwähnten Buch „Technische Keramik“ [14], incl. chemischer Zusammensetzung und deren Herstellungstechnologie zu lesen. Einen interessanten Einblick in die Zeit um 1954 in diesem Bereich gibt ein Ausschnitt aus dem Vorwort:

„An den keramischen Fachschulen wird die Chemie und Technologie der keramischen Werkstoffe noch fast ausschließlich auf der Basis des Dreistoffsystems Quarz, Feldspat und Tonsubstanz gelehrt. Das große Gebiet der keramischen Sonderwerkstoffe hingegen wird trotz der zunehmenden Bedeutung derselben für die Entwicklung der Technik nur kurz gestreift, so dass sich der Jungingenieur eine gründlichere Kenntnis auf diesem Gebiet erst nach dem Verlassen der Fachschule erwerben muß.

Da auch Lehrbücher über Keramik dieses wichtige Gebiet vernachlässigen, war es erforderlich, eine zusammenfassende Darstellung über die keramischen Sondermassen zu geben. Vorlesungen des Verfassers an der „Fachschule für Keramik“ in Hermsdorf (Thür.) bildeten dabei die Grundlage für die vorliegende Arbeit. ...“

5. Entwicklung der Technischen Keramik in Hermsdorf

5.1 Die Industriegeschichte

Der Osten Thüringens war im 19. Jahrhundert ein Zentrum der Keramikindustrie.

Die Porzellanfabrik Kahla AG, ein Produzent von Gebrauchsporzellan, hat 1890 die „Filiale Hermsdorf-Klosterlausnitz“ an der neuen Bahnlinie Gera-Weimar gegründet.

In Zeiten stürmischer Entwicklung der Elektrotechnik wurde 1892 auf die Produktion von elektrotechnischem Porzellan umgestellt. Nach dem 1. Weltkrieg wurden 1922 die Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren GmbH, eine Vereinigung des Werkes in Hermsdorf mit den Porzellanfabriken H. Schomburg & Söhne A.-G. „Margarethenhütte“ Großdubrau, Freiberg und die Tonwarenfabrik Schwandorf /Oberpfalz gegründet und wurde unter der Marke Tridelta Marktführer. Nach dem 2. Weltkrieg, erst sowjetische Aktiengesellschaft SAG HESCHO-Kahla, dann wurde 1953 in der DDR, das Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf als Nachfolger aktiv und 1969 zum Kombinat erweitert. Das Werk war in allen Perioden auf dem Gebiet der Technischen Keramik, Vorreiter in Europa, Deutschland und später in der DDR und Ostblock (RGW – Rat für gegenseitige Wirtschaftshilfe) [02].

Die Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren GmbH wird im folgenden Text „HESCHO“ und das Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf „KWH“ genannt.

5.2 Die Produktbereiche der HESCHO & KWH

Die Entwicklungsgeschichte des Werkes ist in [11] und [12] und der Broschüre "Unter dem Zeichen des TRIDELTA" [02] ausführlich dargestellt.

Die Entwicklung der verschiedenen Keramikwerkstoffe ist in [13] und [14] beschrieben.

Die HESCHO und die späteren KWH waren in fast allen Bereichen der Entwicklung und Produktion von technischer Keramik, wie keramischen Isolierstoffen, Chemiekeramik, Ferrit und Halbleiter tätig. Die Entwicklung neuer Werkstoffe war ein ständiger Prozess mit immer neuen Ansprüchen der Technik. Auswirkungen durch die Wirren der Vorkriegs-, Kriegs- und Nachkriegszeit haben die Entwicklung zeitweise ausgebremst und auch verändert.

Großen Anteil hatte die Produktion von Isolatoren für die Starkstromtechnik und den Chemieanlagenbau, nicht zuletzt wegen zunehmenden Bedarfs der Wirtschaft und der zunehmend nötigen höheren Spannungsfestigkeit und Größe der Bauteile.

Der DELTA-Isolator, „Delta-Glocke“ (Bild 10) bzw. der Stützen-Isolator „Delta“ wurde in Folge von systematischen physikalischen Untersuchungen entwickelt und prägte durch seine neuartige Konstruktion nach 1897 über Jahrzehnte die europäische Isolatoren-Produktion. Erste Modelle wurden von Prof. Robert Friese zusammen mit der Porzellanfabrik Hermsdorf (Bild 09) entwickelt, waren ein entscheidender Fortschritt für die Isolation von Mittelspannungsleitungen und internationales Vorbild für die Entwicklung solcher Isolatoren [09].



Bild 10: Die „Deltaglocke“. Das Bild zeigt ein späteres Modell aus der Sammlung des Autors, Produktnummer 1383, für 21 kV, hergestellt ab 1912 [09/56].

Die Daten der folgenden Perioden der Produktentwicklung und Produktion sind aus „100 Jahre technische Keramik“ entnommen [25].

Es sind ab Gründung der HESCHO kaum Produktgruppen aus dem Sortiment entfernt worden, sondern immer mehr dazu gekommen.

5.3 Die historischen Abschnitte und Produktgruppen des Werkes

1890 bis 1922 - Die Porzellanfabrik Hermsdorf

Durch die Entwicklung der Elektrotechnik mit Energie-, Telegraphie- und Funktechnik, aber auch der chemischen Industrie, wurde der Bedarf an Isolatoren und chemisch festen Keramikprodukten gesteigert. Porzellan war ein ge-

eignetes Material, deshalb wurde die Produktion 1891 in der neuen Fabrik für Gebrauchsporzellan gestartet, aber schon 1892 teilweise auf Elektroporzellan umgestellt.

Produktgruppen:

Geschirrporzellan für alle Arten in Haushalt, Wirtschaft und Gastronomie eingesetzten Geschirre.

Elektroporzellan für Isolatoren im Bereich der Telegraphie, Energieversorgung im Niederspannungsbereich und in der Funktechnik. Hochspannungsisolatoren, z.B. die „Delta-Glocke“ (Bild 10), für die Elektroenergieversorgung. Chemieporzellan für die Prozessanlagen zur Herstellung von Chemikalien (Lösungsmittel, Dünger, künstliche Brennstoffe, etc.).

1923 bis 1931 - Die HESCHO

Die Hochfrequenztechnik entwickelt sich weiter und brauchte geeignete Isolatoren für höhere Spannungen und Frequenzen, um in der Sendetechnik höhere Reichweiten zu erzielen.

Produktgruppen:

Hochspannungsisolatoren für Leitungen und Geräte, Chemieporzellan. Hochfrequenzwerkstoffe auf Steatitbasis (Calit) für Isolatoren in Sendern und Empfängern. Werkstoffe für spannungsfeste und hochfrequenztaugliche Keramik-kondensatoren in Sendern und Empfängern.

1931 bis 1945 - Die HESCHO in der NS-Zeit

In der Zeit des Nationalsozialismus, der Aufrüstung, Kriegsvorbereitung und im 2. Weltkrieg wurden Keramikprodukte vor allem in der Rüstungsindustrie gebraucht. Die HESCHO wurde ein Rüstungsunternehmen mit Verpflichtung der Arbeitnehmer zur „Deutschen Arbeitsfront“. 1940 wurden die ersten Zwangsarbeiter nach Hermsdorf gebracht. 1943 wurden die meisten Produkte für den Krieg hergestellt.

Produktgruppen wie oben und neue:

Hochfrequenzwerkstoffe auf Steatitbasis (Magnesiumsilikat), Kondensa (Titanoxid/Rutil), Tempa (Magnesiumtitanat) für Sendetechnik, Flugzeug- und U-Bootausrüstung. Es wurden viele Produkte kleiner Baugrößen für die HF- und Geräte-Technik entwickelt und hergestellt. Dies waren keramische Klein- und Trägerbauteile, Leiterplatten-ähnliche Bauteile aus Calit, Spulenkörper, aufgedruckte Spulen, Kleinisolatoren,

Rohr- und Scheibenkondensatoren, Trimmer-Kondensatoren, Röhrenfassungen, Stufenschalter und Steckverbinder.

1945 bis 1952 - Stillstand & SAG HESCHO-KAHLA

Nach Einmarsch der US-Armee, deren Abzug, und Einmarsch der Sowjetarmee begannen Demontagen und Abtransporte von 60% der Maschinen bis 1946. Das Werk wurde eine Sowjetische Aktien Gesellschaft (SAG). Die HESCHO wurde von der Siegesmacht Sowjetunion übernommen und von Iwanowitsch Jessakow (Major der Roten Armee) als Generaldirektor geführt. Dieser erkannte die Potenzen des Betriebes und die Fähigkeiten seiner deutschen Mitarbeiter und förderte deren Weiterentwicklung. Es wurde wieder entwickelt und produziert. Im Zuge der Übergabe der SAG-Betriebe an die DDR am 1. Mai 1952 erfolgte die Umwandlung der SAG HESCHO-KAHLA in VEB Keramische Werke Hermsdorf.

Produktgruppen wie oben und neue:

Weichmagnetische Ferritwerkstoffe (für Ferritkerne, Abgleich-Kerne, Ferrit-Antennen). Werkstoffe mit hohem Temperaturkoeffizienten für Halbleiterwiderstände. Kondensatorwerkstoffe mit hoher Dielektrizitätskonstante (Episilan) und auch definierten Temperaturkoeffizienten, für große Kapazitätswerte auf kleinstem Raum. Thermistoren (Halbleiterwiderstände) mit definierten Temperaturkurven des Widerstandes. Piezokeramischer Werkstoff (Piezolan) für Piezobaulemente. Hartmagnetische Werkstoffe (Maniperm) für Lautsprecher-magnete und andere magnetische Bauteile.

1952 bis 1990 - Der VEB Keramische Werke Hermsdorf (KWH)

Die Geschichte des Werkes in Zeiten der DDR war wechselhaft und nicht immer angenehm für Mitarbeiter und Umwelt. Im Vordergrund stand die Produktion für die sozialistische Wirtschaft und für den Export.

Produktgruppen wie oben und neue:

1952 bis 1969: SiC-Werkstoffe, Varistoren, Elektronische Schaltungen in Stapelbauweise, Sintermetalle, Überspannungsableiter, Kontaktwerkstoffe auf Silber-Basis, Piezokeramik PZT (Basis Bleititanat-Zirkonat), Molybdän- und Wolfram-Blecherzeugnisse, Baustein-sortiment in „KME 3“-Technik, Drehanoden für Röntgenröhren, Molybdän-Elektroden, Piezofilter 455 kHz (für

AM ZF-Verstärker), Integrierte Präzisions-Widerstandsnetzwerke, Sinterbronze-Kupplungslamellen, Piezozünder, Scherschwinger für Ultraschall-Verzögerungsleitungen.

1970 bis 1979: Tantal-Anoden für Kondensatoren, Wandler für Elektroakustik, Schallmembranen, Keramische Gehäuseschalen (Typ DIP und FP), biokeramische Hyftgelenkprothese, gasarme Kontaktwerkstoffe, Piezofilter 10,7 MHz (für FM ZF-Verstärker), plastgebundene Ferrite, PZT-Komplexkeramik (Ultraschall-Schwinger, Zünder, Filter), optimierte Lautsprecher-magnete, Herzschrittmacher-IC HSM1 und HSM2 in Hybridtechnik, Leistungsferrite für Schaltnetzteile, ZnO-Varistoren, DA-Wandler 12 bit in Hybridtechnik.

1980 bis 1989: keramische Dichtungsscheiben, hochdichte Magnetkopferferrite, Kopfhörer HOK 80, DHK 8 und DMK 85, Kieferimplantate, Trennverstärker und Instrumentationsverstärker in Hybridtechnik, Piezophon Signalgeber (Audio), Hermetik-Keramikgehäuse (HKG), Hybridschaltkreise: DA-Wandler 14 bit, elektronische Zündung ESE 2H (für Kraftfahrzeuge), Herzschrittmacher HSM 3, 32 kbit CMOS-Hybridspeicher, hochauflösender DA-Wandler mit 16 bit Linearität, Elektronische Batteriezündung ESE 4 H, höher integrierter Hybridspeicher 512 kbit und 1024 kbit RAM, hybrider 4 Mbit-Speicher-Schaltkreis (in Entwicklung), Magnetprofile für Roboterantriebe, Wandler für Hochtonlautsprecher, anisotrope Magnete, AIN-Keramik (Aluminiumnitrid) mit sehr hoher Wärmeleitfähigkeit, zementfrei einsetzbare Hüftgelenkprothesen (ZIV-Prothesen), Einheitsschallwandler, Zweischalengehäuse für EPROM und QFP (Quad Flat Package), Ferroelektrische Keramik.

1990 bis 1994 - Die TRIDELTA AG & Beginn der Auflösung ab 1991

Nach der politischen „Wende“ wurden im Werk Produktgruppen weiter produziert, wie ab 1923 aufgezählt. Durch die Öffnung der Grenzen und den europäischen Untergang des Sozialismus wurde immer mehr Konkurrenz aus Westdeutschland und dem Rest der Welt zum Problem. Aufträge aus den nun untergehenden Diktaturen des Ostblockes fielen aus.

Die in Staatshand befindlichen elf KWH-Betriebe wurden von der „Treuhandanstalt“ übernommen. Schlechtes, verzögertes und korruptes Management haben weitere Probleme gebracht. Die Banken zogen ihre Investitionsangebote zurück, daraufhin wurden die Betriebe

größtenteils abgewickelt oder stark reduziert. Viele Produkte konnten ohne Aufträge nicht mehr hergestellt werden und viele Mitarbeiter wurden in Kurzarbeit (oft K.A. „Null“) gezwungen und schließlich entlassen. Das Kombinat hatte in 23 Betrieben um 1980 ca. 23000 Mitarbeiter, in Hermsdorf ca. 7500 und nach der „Sanierung“ der Treuhand in 1992 noch 1550 Mitarbeiter! Auch eine Übernahme durch die JENOPTIK Jena unter Führung von Lothar Späth brachte am Ende zwar eine bessere Organisation der Struktur, aber schließlich die Auflösung der AG im Jahre 1994. Es kam zur Gründung von Einzelbetrieben welche bis dahin größtenteils profitabel produziert hatten. Von diesen existieren heute noch einige. Die ganze Geschichte kann man in [02] lesen und Arten von Firmen und deren Produkte in heutiger Zeit sind unter delta-campus.com zu finden [03].

6. Bauelemente der Funk- & Empfangstechnik

6.1 Technische Keramik in Sendeanlagen

In Sendeanlagen wird mit Wechselspannungen verschiedener Frequenzen und Spannungen gearbeitet, welche als elektromagnetische Wellen über eine Antenne abgestrahlt werden. Die Aufbauten der Sender und die elektrischen Leitungen zur Antenne müssen mit dazu geeigneten Isolatoren und isolierenden Elementen meist aus Keramik gegen Erde oder untereinander isoliert werden.

Am Anfang der Entwicklung des Funkwesens, in den ersten Jahren des vorigen Jahrhunderts, wurde mit niedrigen Frequenzen im Längswellen-Bereich (SLW, 3 bis 30 kHz) mit Maschinensendern, dann im Langwellen- und Mittelwellen-Bereich (LW & MW, 30 bis 3000 kHz) mit Röhrensendern gearbeitet. Später kam der Kurzwellen-Bereich (KW, 3 bis 30 MHz) dazu, zuerst betrieben in 1916 von Funkamateuren in den USA.

Für militärische Zwecke wurde in den Jahren des 2. WK auch in höheren Bereichen geforscht und gearbeitet, z.B. Wetterfunk (z.B. 300 MHz in Bild 73 u. 74) und Radar.

Die erste Übertragung im UKW-Band (weltweit), fand 1925 zwischen Jena und Kahla in Thüringen statt. Dies war ein Versuchsaufbau der von Professor Abraham Esau (Universität Jena) geleitet wurde.

Heute wird in Bereichen bis einige GHz gesendet. Je höher der Frequenzbereich

um so geringer die Reichweite bei gleicher Leistung, weniger oder keine Bodenwellen-Ausbreitung und immer schlechtere Reflexion der Raumwelle an der Ionosphäre. Die Funkwellen verhalten sich dann quasioptisch, der Abstand der Sender zum Empfänger wird zwangsläufig kleiner und somit auch die nötigen Sendeleistungen. Dies erfordert wegen niedrigeren Spannungen auch kleinere Isolatoren und isolierende Bauelemente.

In niedrigen Frequenzbereichen dagegen werden für hohe Reichweiten große Sendeleistungen und somit hohe Spannungen benötigt. Dies stellt für die Isoliermaterialien eine hohe Beanspruchung dar und bestimmt deren Größe, Form und Materialeigenschaft. Rundfunksender für Langwelle wurden im Frequenzbereich zwischen 148,5 kHz und 283,5 kHz mit Leistungen bis zu 2500 kW betrieben! Ein Beispiel: Sendestation aus 1952, Taldom nördlich von Moskau, für die Langwelle 263/261 kHz [54].

Isolatoren müssen auf ihre Spannungsfestigkeit in dem Frequenzbereich in welchem sie eingesetzt werden sollen getestet bzw. gemessen werden. Dafür wurden Messsender gebaut welche denen im Funkbetrieb ähnlich sind aber keine Außenantenne haben sondern über einen externen Schwingkreis den Prüfling der hochfrequenten Hochspannung aussetzen.

Zwei solche Sender sehen wir auf den folgenden Bildern. Sie stecken voller keramischer Isolierteile und Kondensatoren.

Bild 11 zeigt den Innenraum der Sendeanlage vom „40 kW-Großmesssender“ der HESCHO, der Endstufe und Vorstufe mit Oszillator. Die Anodenspannung der wassergekühlten Endstufenröhren ist bis zu elftausend Volt einstellbar. Der Sender wurde 1941 als eines der ersten Projekte der Firma Rohde & Schwarz München konstruiert und gebaut [26]. Alle Teile aus Technischer Keramik lieferte die HESCHO.

Die Anlage wurde für die Erzeugung hoher Spannungen bis 500 kV zur Prüfung und Messung von Keramik-Erzeugnissen bis ins Jahr 1990 eingesetzt. In den Frequenzbereichen um 300 kHz bis 500 kV, um 1 MHz bis 300 kV und 10 MHz bis 80 kV, die Wirkleistung ist dabei 20 bis 40 kW.

Der Ausgangsschwingkreis, eine Spule mit Toroid ist auf Bild 27 zu sehen.

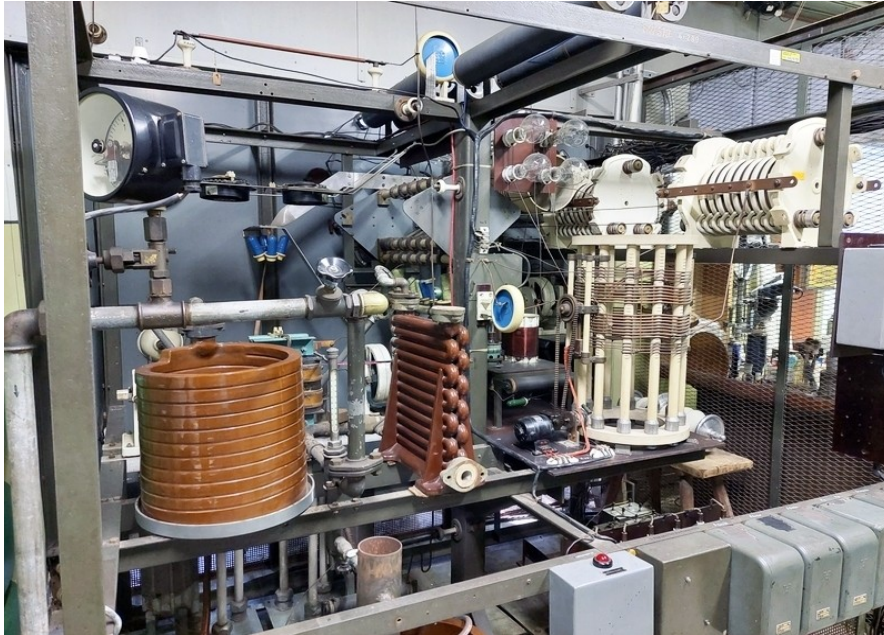


Bild 11: R&S 40 kW-Großmesssender, Endstufe und Vorstufe mit Oszillator

Im gleichen Objekt befindet sich ein Telefunken „3 Rzft Sender S290S“ (Bild 12). Beide Sender sind in Hermsdorf am Originalstandort der HESCHO zu besichtigen und werden vom Verein für Regional- und Technikgeschichte e.V. als Technisches Schauobjekt betreut.

Der Telefunken 3 Rzft Sender S290S, konstruiert im Jahre 1926, wurde als Sender für die damalige Schifffahrt im Frequenzbereich von 38 kHz bis 500 kHz und einer Leistung von 800 W entwickelt und auf Hochseeschiffen eingebaut.



Bild 12: Telefunken Sender mit Ausgangsspule für Prüfstrecke

Im Objekt der HESCHO wurde er zum Testen und Messen von Produkten dafür mit einem externen Schwingkreis zur Auskopplung und Einstellung der

Prüfspannung ausgestattet. Die Induktivität (ein Variometer) des Ausgangsschwingkreises wurde mit Keramikteilen aus der HESCHO hergestellt.

Isolatoren für Hochfrequenz & hohe Spannungen

Isolatoren für Leitungen (Bilder 13, 14) wurden in der Sendetechnik benötigt. Zuleitungen vom Sender zur Antenne und innerhalb von Sendeanlagen wurden damit isoliert zugeführt.

Die metallisierten Kappen und Innenflächen des ersten und letzten Schirmes der Abspannisolatoren, sorgen für eine definierte Kapazität des Isolators. Dies ist nötig um in der Schaltung mit definierten Zuständen zu arbeiten. Die mechanische Größe ergibt sich durch die benötigte Spannungsfestigkeit (Bild 13, von links nach rechts).



Bild 13: HF Abspannisolatoren für Freilufteinsatz aus 60er Jahren

Als Beispiel die Betriebswerte der Isolatoren für Freiluft:

KWH-Typ 1513.5-xxxx	Spannung kV	Kapazität pF	Länge mm
1111	5	1,5	158
1112	10	2,5	220
1113	15	5	348

Abspannisolatoren B für Innenräume

HF-Betriebsspannung 15 bis 40 kV nach TGL 4193

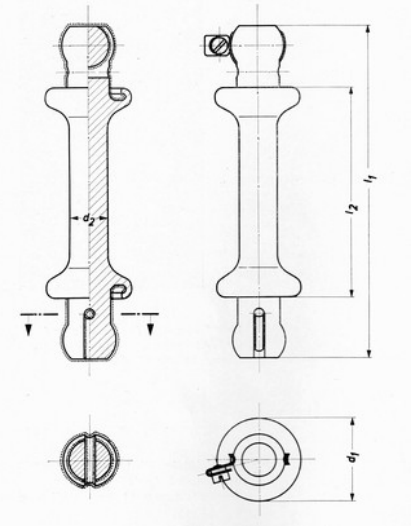


Bild 14: HF Abspannisolatoren für Innenräume, aus KWH-Katalog 1963 [27]

Mastfußisolatoren für Sendemasten

Sende- und Zuleitungsmasten für Antennen erforderten eine Isolation zur Erde und wurden deshalb auf Mastfuß-Isolatoren gestellt (Bild 15). Die Leitungen waren dann nochmals an Isolatoren befestigt. Für kleinere Antennen kamen Massiv-Körper zum Einsatz, große Antennen mit Mastgewichten von ca. 50 bis 150 t erforderten spezielle Formen.



Bild 15: Mastfußisolator aus 1968

Bewährt hat sich der abgeschnittene Hohl-Konus bzw. Kegelstumpf, ein Beispiel aus [24]: Isolator-Höhe 660 mm, Durchmesser 725 mm, Gewicht 180 kg, Mindestbruchlast 1500 Tonnen (Bild 06).

Vor dem Technischen Schauobjekt des VRTG e.V. steht ein Mastfußisolator aus dem Jahre 1968, hergestellt in KWH (Bild 15). Der Kegelstumpf hat 5 cm Wandstärke.

Kondensatoren für hohe Spannungen

In Schaltungen von Sendern werden spannungsfeste und leistungsfähige Kondensatoren als Koppelkondensatoren und Abblock-Kondensatoren eingesetzt.



Bild 16: Scheibenkondensatoren und Rohrcondensatoren für hohe Spannungen

Die Bauformen und Werkstoffe sind je nach Zweck gewählt und berechnet. Bei hochfrequenten starken Strömen wird auch Wärme im Kondensator erzeugt und muss abgeführt werden. Gebogene innen metallisierte Ränder sind zur Erhöhung der Spannungsfestigkeit nötig und verhindern ein früh einsetzendes „Sprühen“ bei HF, besonders bei höherer Frequenz. Es gibt Bauformen als Scheiben-, Rohr- und Trimmkondensator (Bild 16).

Als Dielektrikum der Platten- und Topfkondensatoren (bzw. Rohrcondensatoren) wurden je nach geforderten Kapazitätswerten, der zulässigen dielektrischen oder der einzuhaltenden Temperatur- oder Frequenzkonstanz die keramischen Sondermassen Calit und Condensa F sowie Tempa S verwendet. Dies sind in der HESCHO entwickelte Werkstoffe.

Scheibenkondensatoren im Block wurden entweder zur Erhöhung der Span-

nungsfestigkeit (Reihenschaltung) oder zur Kapazitätserhöhung (Parallelschaltung) konfiguriert (Bild 17).

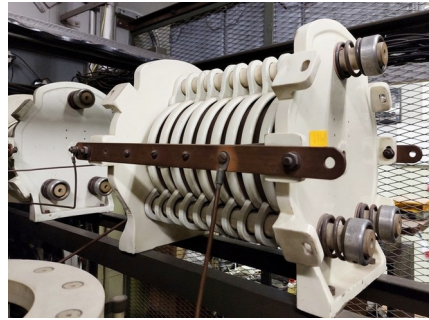


Bild 17: Scheibenkondensatoren im Block

Wassergekühlte Hochleistungskondensatoren sind Rohrcondensatoren deren Innenraum zur Kühlung mit Wasser durchspült wird (Bild 18).

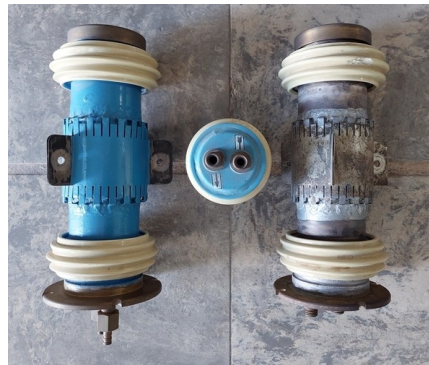


Bild 18: Wassergekühlte Hochleistungskondensatoren

Wasserwiderstände für Kühlkreisläufe

Die „Wasserwiderstände“ (Bild 20) wurden z.B. bei Sendeendstufen mit wassergekühlten Röhren (z.B. RS257) als Kühlschlangen eingesetzt, um die Anode der Röhre zu kühlen. Sie befanden sich also im Kühlkreislauf und waren hier keine elektrischen Widerstände, sondern mussten isolieren. Eine Anwendung als ohmscher Widerstand wurde in Schaltplänen noch nicht gefunden, die Bezeichnung als Widerstand ist somit etwas irreführend.

Im Katalog [27] wird geschrieben:

„Bei den Hochleistungsendröhren der Großfunksender muß die an der Anode freiwerdende Wärme durch Wasser abgeführt werden. Die Anode ist daher von einem Kühlmantel umgeben, aus dem das Wasser durch isolierende Leitungen zur geerdeten Rückkühlanlage fortgeführt wird. Bei älteren Rundfunksendern wurden hierzu in Wendeln aufgewickelte Gummischlauchleitungen benützt, wodurch Wasserwiderstände von genügend hohem Ohmwert zwischen der auf Hoch-

spannung befindlichen Anode und Erde entstanden.“

Da Röhre aus organischen Materialien, wie Gummi, relativ schnell altern, sich zersetzen und dadurch verstopfen, wurde Hartporzellan für diese Bauteile eingesetzt und somit die Lebensdauer wesentlich erhöht. Mit „Ohmwert“ ist im Katalog der Isolationswiderstand des Bauteiles gemeint. Empfindlich sind die Wasserwiderstände bei Temperaturen im negativen Bereich. Im Technischen Schauobjekt 40 kW-Großmessender sind in den Nachwend-Jahren 2 Stück dieser Bauteile durch Frost gesprungen und somit irreparabel defekt (Bild 19).



Bild 19: Wasserwiderstände im 40 kW-Großmessender in Hermsdorf

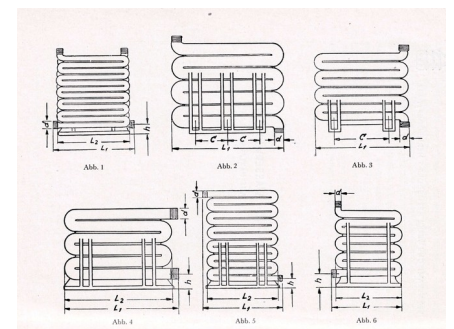


Bild 20: Wasserwiderstände in einem KWH-Katalog [28]

Spulenkörper für Induktivitäten und Variometer für Sender

Schwingkreise in Sendern und Induktivitäten zum Abgleich von Sendeantennenanlagen wurden für große Leistungen mit Keramik-Stützelementen, welche hochspannungsfest sein müssen, aufgebaut (Bild 07, 12, 21 und 22).

Ein Variometer ist eine Induktivität mit analog veränderbarem L-Wert (Bild 22).

Es gibt Spulen bei denen eine separate Wicklung verdreht oder verschoben wird um die Kopplung der Wechselspannung zu verändern. Beide können auch in Kombination gebaut sein so die vom Telefunken-Sender in (Bild 12).



Bild 21: Spulenkörper aus Keramik-Stützelementen, vielfältig kombinierbar



Bild 22: Variometer mit Keramik-Stützelementen im 40 kW-Großmesssender

Für die Zwischenstufen großer Sender und für Endstufen kleiner Sender wurden Spulenkörper aus einem Keramikstück mit entsprechender Formgebung zur Aufnahme der Wicklung hergestellt (Bild 23).

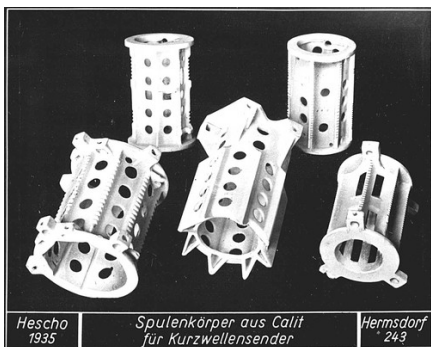


Bild 23: Spulenkörper mit Formgebung für Wickel

Für hochpräzise Induktivitäten wurden Spulenkörper mit aufgedruckten Wicklungen entwickelt (Bild 24). Diese werden vor allem in Oszillatoren in der Send- und Messtechnik eingesetzt. Das leitende Material wird in Rillen oder erhaben aufgedruckt und eingebrannt.



Bild 24: Induktivitäten mit Keramikträger und aufgebrannten Wicklungen, links Kugelvariometer

Sockel & Halterungen für Senderröhren

Senderröhren benötigen wegen hoher Temperaturbelastung, hoher hochfrequenter Spannungen und nötiger mechanischer Festigkeit Röhrensockel, welche diese elektrischen, mechanischen und thermischen Anforderungen erfüllen. Technische Keramik ist hier eine gute Wahl (Bild 25 und 26). Senderröhren für Endstufen in leistungsstarken Sendern im Langwellen- und Mittelwellenbereich, hatten große Ausmaße und waren bis zu 60 cm hoch.



Bild 25: Röhrensockel für die Senderröhre SRS 362 (WF)

Bild 26 zeigt eine Halterung für zwei solcher Röhren. Die Halterung diente auch zur Aufnahme weiterer Bauelemente und Kontakte.

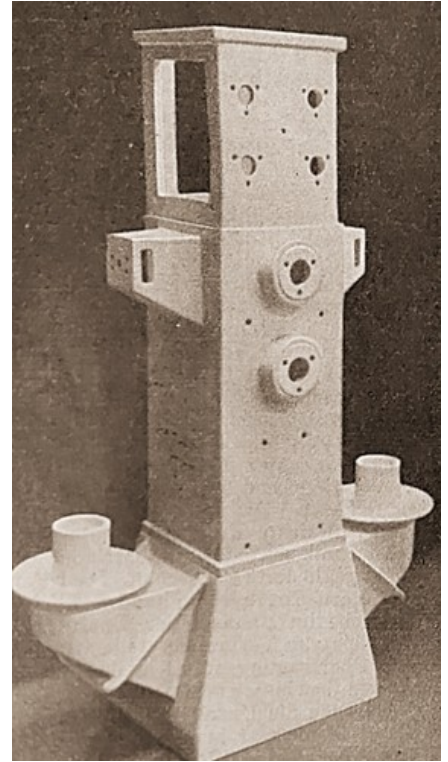


Bild 26: Keramikgestell für Senderröhren von 1936 [31]

Keramische Stützelemente

Keramische Stützelemente aus Calit wurden für den Aufbau von Induktivitäten großer Bauform hergestellt. Im Bild 27 ist solch eine Sekundärspule mit Keramikstangen und Keramik-Abstandshaltern, im 40 kW-Großmesssender im Technischen Schauobjekt des VRTG e.V. in Hermsdorf, zu sehen.



Bild 27: Sekundärspule im 40 kW-Großmesssender, Bild mit dem Autor des Artikels

Neben der Spule wurden die zu prüfenden Isolator Teile platziert, angeschlossen oder mit Überschlag geprüft.

Für elektronische Baugruppen wurden Teile in unterschiedlichsten Bauformen aus HF-Werkstoffen auf Steatit-Basis (die HESCHO-Markenbezeichnungen Calit und Calan) hergestellt (Bild 28 und 29). Dazu gehören Halterungen, Grundplatten, Lagerbuchsen, Durchführungen und Kleinteile in unterschiedlichsten Bauformen.

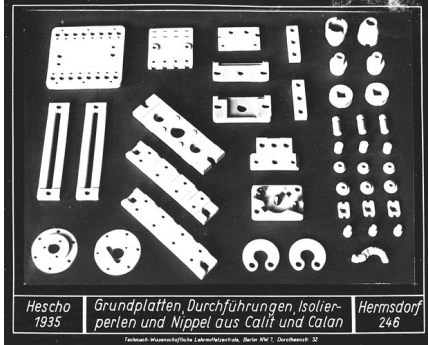


Bild 28: Grundplatten, Durchführungen und Kleinteile aus Calit und Calan

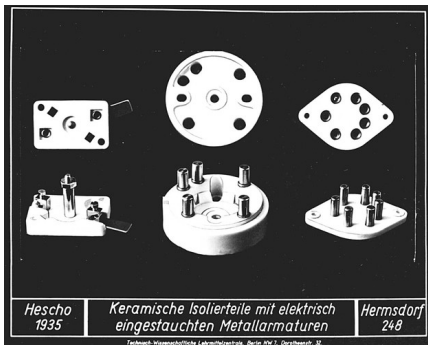


Bild 29: verschiedene Isolierteile für elektronische Aufbauten

Die HF-Werkstoffe Calit und Calan sollen hier kurz beschrieben werden:

- Calit ist in chemischer Hinsicht ein besonders reines und eisenfreies Magnesiumsilikat mit guter Isolierfähigkeit bei höheren Temperaturen, außerordentlich geringer dielektrischen Verlustfaktor, hoher Härte und mechanischer Festigkeit.
- Calan ist ein reines, hochmagnesiumhaltiges Silikat, das aus sehr gleichmäßigen, völlig eisenfreien Rohstoffen hergestellt wird. Es ist völlig dicht und unporös. Der Verlustfaktor ist, bei Frequenzen von 2 bis 50 MHz, nur etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ mal so groß wie der von Calit.

Keramikdurchführungen

Die Energie der Sendeendstufe muss im Gebäude zum Nachbarraum gegen Erde isoliert übertragen werden. Dazu werden HF-taugliche und spannungsfeste Durchführungen benötigt.

Bild 30 zeigt die Durchführungen zur Ankopplung der Sekundärspule (Bild 27) am 40 kW-Großmesssender.

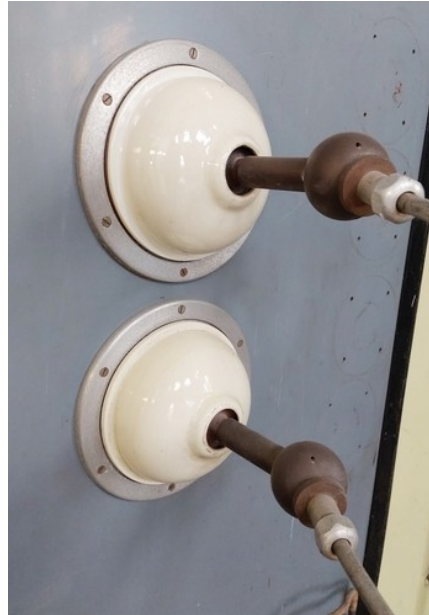


Bild 30: Durchführungen am 40 kW-Großmesssender

Keramiksäulen

In der Hochspannungs- und Hochfrequenz-Messtechnik für den Laborbereich wurden Bauteile aus Keramikwerkstoffen bei verschiedenen Geräten eingesetzt. Ein Beispiel, das Spiegelgalvanometer (Bild 31).



Bild 31: Spiegelgalvanometer mit Keramiksäulen

6.2 Technische Keramik in Empfängern, Funkgeräten & Messgeräten

In der Empfangstechnik hat sich die Verwendung von Bauteilen aus technischer Keramik schrittweise in bestimmten Bereichen durchgesetzt. Speziell für die militärische und professionelle Funktechnik wurden viele Teile hergestellt, um Frequenzstabilität und hochwertigen mechanischen Aufbau zu er-

zielen. In Geräten für den privaten Gebrauch hat sich jedoch der Einsatz von Keramik im Laufe der Zeit, vor allem aus Kostengründen, zugunsten billigerer Kunststoffteile wieder verringert.

In der Radiotechnik werden bis heute vor allem Bauelemente mit Keramikanteil, wie z.B. Kondensatoren, Trimmkondensatoren, Trägermaterial für Widerstände, Ferritkerne für Bandfilter und Drosseln, Übertragerkerne für Schaltnetzteile, Magnete für Lautsprecher und Kopfhörer sowie Piezobauteile, wie Filter und Signalgeber, verwendet.

Keramische Trägermaterialien sind auch in der Mikroelektronik, z.B. bei Schaltkreisen, Prozessoren, Sensoren und im medizinischen Bereich anzutreffen.

Die meisten der Produkte mit keramischen Isolier-Bauteilen wurden für Bauteile bzw. Baugruppen in der Hochfrequenztechnik hergestellt. In der Kriegs- und Nachkriegszeit (2.WK) wurde aber Keramik oft eingesetzt, weil andere Werkstoffe oder deren Produktion nicht oder schlecht verfügbar waren, obwohl Kunststoffe oder andere Materialien ausgereicht hätten.

Spulenkörper für gewickelte & eingebrannte Spulen

Spulenkörper für gewickelte Spulen wurden an die weiterverarbeitende Industrie oder Handwerk geliefert.

Bild 32 zeigt eine Auswahl aus 1938, in der HESCHO produzierter Isolier- und Aufbauteile mit schwieriger Formgebung.



Bild 32: Verschiedene Spulenkörper für KW-Spulen aus 1938



Bild 33: Aufgedruckte Spule mit 8,0 µH Induktivität

Eingebrannte Induktivitäten sind für hochfrequente Anwendungen, z.B. in der mobilen Funktechnik oder Messtechnik, gefertigt worden. Die Leiterbahnen der Wicklung werden vorher aufgedruckt oder aufgespritzt. Bei manchen Spulen wurden die Wicklungen anschließend noch verzinkt. Die Spule auf Bild 33 ist beidseitig aufgedruckt, verzinkt und verbunden.

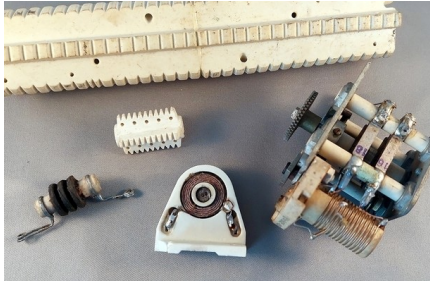


Bild 34: Verschiedene Spulen und Spulenkörper

Die Spule in der Mitte (Bild 34) ist ein Schwingkreis mit einem C auf der Rückseite, eingesetzt in AM-Röhrenempfängern in den 50er Jahren.

Kugelvariometer

Bei einem Variometer ist die Induktivität der Spule veränderlich. Keramische Kugelvariometer (Bild 35 und 36) wurden in professioneller Funk- und Empfangstechnik, sowie in der Messtechnik, eingesetzt.

Für Variometer mit aufgewickelten Leitern wird Draht mit Lackisolierung oder Litze mit Gewebeisolation aufgewickelt und in Abbindelöchern für den Anfang und das Ende der Wicklung fixiert.



Bild 35: Kugelvariometer mit aufzuwickelndem Leiter [30]

Bei denen mit aufgebrannten Leiter wird Silberbelag aufgebracht und aufgebrannt.

Für hohe und höchste Frequenzen können die Windungen durch eingeschlifene Schlitzte luftisoliert werden.



Bild 36: Zwei Kugelvariometer, gewickelt und mit aufgebranntem Leiter

Kondensatoren aus Keramik & mit dichten Keramikgehäusen

Scheibenkondensatoren und Rohrkondensatoren werden im HF-Bereich, mit niedrigen Kapazitäten (ca. 1pF bis 500pF), im NF-Bereich und als Abblock-Kondensatoren mit höheren Kapazitäten (ca. 500pF bis 500nF) eingesetzt. Gleiche Baugrößen werden durch unterschiedliche Keramikwerkstoffe mit unterschiedlicher Dielektrizitätszahl ($\epsilon_r = 60 - 3000$) möglich. Durchführungskondensatoren (meist Rohrbauweise) wurden als Abblock-C bei Stromzuführungen in geschirmten Baugruppen und zur Signalkopplung zwischen geschirmten Kammern eingesetzt (Bilder 37 und 38).



Bild 37: Rohrkondensatoren, links hoher Kapazitätswert, in der Mitte Durchführungskondensatoren und rechts niedriger Kapazitätswert

Um Wickelkondensatoren (Metall-Papier, Styroflex, o.ä.) und Keramik-Rohrkondensatoren [34] „tropenfest“, also sicher vor Umwelteinflüssen zu machen, wurden diese in Keramikrohren mit aufgedampften Metallringen an den Seiten und dann aufgelöteter Metallkappe mit Anschlussföhnen gefertigt (Bild 39). Es gab auch Kondensatoren, welche in rechteckige Keramikgehäuse eingegossen oder verschlossen wurden.

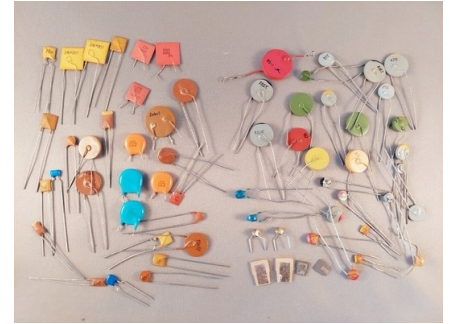


Bild 38: Scheibenkondensatoren, links hoher Kapazitätswert, rechts niedriger Kapazitätswert



Bild 39: „Tropenfeste“ Kondensatoren mit runden und eckigen Keramikhüllen

Bei Rohrkondensatoren und „tropenfesten“ Wickelkondensatoren wird meist der Anschluss, welcher mit dem Außenbelag, bzw. mit dem äußeren Wickelende verbunden ist, mit einem aufgedrucktem Ring oder Strich gekennzeichnet um die Polarität zu kennzeichnen. Dies ist zum Beispiel wichtig, um die äußere Schicht mit dem oder möglichst nahe dem Masse-Potential einer Schaltung zu verbinden.

Fast alle Kondensatoren sind lackiert und bedruckt, die Lackfarbe wird als Typ- und Materialkennung genutzt, manchmal auch mit zusätzlichem Farbpunkt(en) gekennzeichnet. Der Lack musste gute Eigenschaften haben, welche den hohen Isolationswiderstand des Kondensators nicht verringern. Schrift für Angabe der elektrischen Werte und Herstellername oder/und Logo sind meist aufgedruckt. Weltweit verwenden verschiedene Hersteller verschiedene Varianten der Kennzeichnung.

Trimmkondensatoren

„Wesentliches Merkmal des Trimmers ist die Möglichkeit, durch Einwirkung von außen über ein vorgesehenes Stellglied die Kapazität des Kondensators gezielt zu verändern.“, Zitat aus Handbuch [34].

Keramik-Trimmkondensatoren (Trimmer) werden schon seit den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts hergestellt und haben noch heute große Bedeutung in der HF-Technik [35] (Bild 40).

Es gibt verschiedene Bauformen welche je nach Einsatzzweck, Frequenzbereich und Spannungsfestigkeit entwickelt wurden.

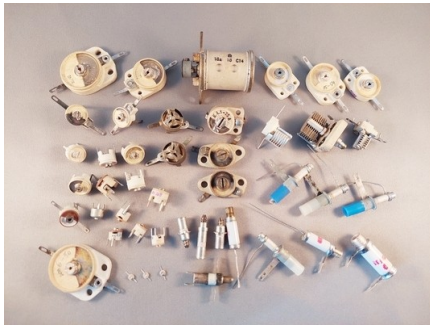


Bild 40: verschiedene Trimmkondensatoren

Rohrtrimmer wurden in Baugruppen für Hochfrequenzanwendungen, z.B. in TV-Tunern und UHF-Konvertern verwendet. Letztere waren ein heißes Thema, begehrte in DDR-Zeiten und wurden von Elektronikbastlern gebaut um die „Westsender“ im UHF-Bereich, zu empfangen. Die Ost-TV's hatten anfangs nur den VHF-Bereich.

Das Bild 41 zeigt die 14 Stk. Trimmer welche auf dem, auch im KWH hergestellten keramischen Wellenschalter des Röhrenradios „Oybin“ (Beschreibung weiter unten), aufgebracht sind.

Die elektrischen Eigenschaften der Trimmkondensatoren sind prinzipiell ähnlich denen der Rohr- und Scheibenkondensatoren, hinzu kommen jedoch mechanisch bedingte wie Regelkurve, Drehmoment und Abgleich, beschrieben in [35] und [36].

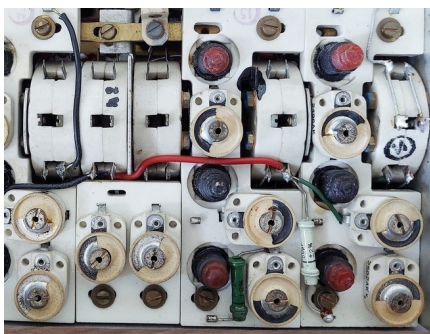


Bild 41: Trimmkondensatoren im Radio Oybin

Die Entwicklung der Kondensator-Werkstoffe

Kondensatoren mit keramischem Dielektrikum haben sich in der Rundfunk-, Fernseh- sowie in der Nachricht- und Messtechnik wegen ihrer hervorragenden Werkstoffeigenschaften besonders bewährt. Die keramischen Kondensatoren lassen sich universell verwenden, da die dielektrischen Eigenschaften, wie Dielektrizitätskonstante, Isolationswiderstand, dielektrische Ver-

luste und die Durchschlagsfestigkeit durch die chemische Zusammensetzung der Werkstoffe beeinflussbar sind.

In den 20er und 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurden entscheidende Entwicklungsschritte in der technischen Keramik, bei Werkstoffen und Endprodukten für Kondensatoren erreicht.

Für verschiedene Kapazitätsgruppen wurden verschiedene Keramikwerkstoffe eingesetzt. Condensa C, N und F, Calit und Tempa S waren solche in der HESCHO entwickelte und später im KWH weiterentwickelte Werkstoffe. Diese haben unterschiedliche Verlustfaktoren, welche im HF-Bereich relativ wenig frequenzabhängig sind.

Calit ist ein besonders reines, völlig eisenfreies Magnesiumsilikat, geeignet für Kondensatoren und andere Isolierteile und hat die geringste Änderung der Kapazität über einen, für damalige Verhältnisse, weiten Frequenzbereich. Dies ist beschrieben in dem HESCHO-Katalog „Rundfunk-Kondensatoren“ von 1938 [33]. Die Änderung ist für die meisten Anwendungen vernachlässigbar und beträgt 0,2 % im Bereich von 10 - 100 MHz.

Am Anfang des Krieges wurde die Entwicklung von Führung und Militärs des NS-Regimes unter Druck auch gefordert und während der Kriegsjahre fast ausschließlich für militärische Zwecke als „kriegswichtig“ betrieben.

Nach dem 2. Weltkrieg wurde in den Werken der KWH, konsequent an Werkstoffen weiter geforscht und viele davon für Kondensatoren entwickelt. So wurden Werkstoffe mit höherer Genauigkeit und besseren Eigenschaften in Dielektrizitätskonstante, Temperaturkoeffizient, elektrische und mechanische Festigkeit, Isolationswiderstand, mit verschiedenen chemischen Zusammensetzungen entwickelt. Beispiele für die Rohstoffe der Werkstoffgruppen sind Titanoxid TiO_2 (NDK-Kondensatoren Typ1) mit niedriger Dielektrizitätskonstante und Bariumtitanat BaTiO_3 (HDK-Kondensatoren Typ2) mit hoher Dielektrizitätskonstante. Beschrieben wird dies in [36] mit allen Aspekten der elektrischen Eigenschaften, Anwendung und Prüfung.

Ohmsche Widerstände

Bei Widerständen hat die technische Keramik eine Trägerfunktion. Die Widerstandswerkstoffe, wie Kohleschicht, Metallschicht und Widerstandsdraht wurden auf meist zylinderförmige Keramikträger aufgebracht, gedruckt oder gewickelt. Danach werden Kontaktbe-

cher mit axialem Anschlussdraht aufgespresst, Kontaktbleche mit Anschlussfahnen angenietet oder per Crimp-Verfahren mit Anschlussdrähten verbunden (Bild 42 bis 44). Widerstände sind meist lackiert. In der DDR-Produktion waren Kohleschicht-R dunkelgrün oder hellgrün und Metallschicht-R grau oder braun lackiert, international auch in anderen Farben.

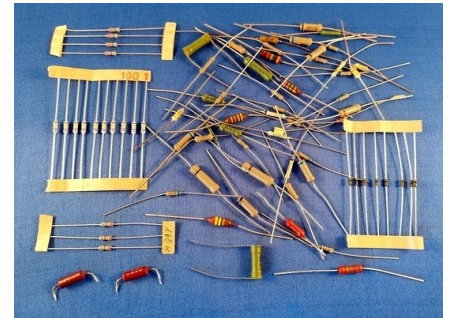


Bild 42: verschiedene Kohleschicht- und Metallschichtwiderstände



Bild 43: Drahtwiderstände mit Keramikträger



Bild 44: Leistungs-Schichtwiderstände aus allen Zeiten mit Keramikkörper

Die Bezeichnung der technischen Daten wurde als Schrift oder später mit Farbringen im Color-Code der E-Reihe aufgedruckt.

Leistungswiderstände sind mit einer hitzebeständigen Beschichtung versehen oder in ein Keramikgehäuse, zur besseren Wärmeableitung, eingegossen. Drahtwiderstände sind oft unbeschichtet aufgewickelt und fixiert, oder mit einer hitzebeständigen Beschichtung versehen.

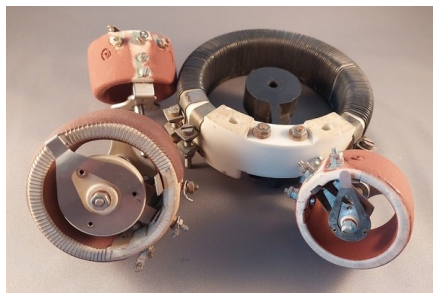


Bild 45: Leistungs-Draht-Drehwiderstände

Leistungs-Drehwiderstände (Bild 45) sind auf einem ringförmigen Keramikkörper aufgebaut und meist beschichtet. Eine Seite ist angeschliffen und blank, darüber läuft ein Schleifkontakt. Weitere Infos sind unter [37] zu finden.

Keramische Halbleiterwiderstände – Thermistoren & Varistoren

In keramischen Herstellungsverfahren wurden verschiedene Arten von nichtlinearen Widerständen entwickelt und hergestellt.

- Temperaturabhängige NTC-R [38]: Heißeiter (NTC-Thermistoren) sind elektrische Widerstände mit stark negativem Temperaturkoeffizienten, 10 mal größer als bei Metallen (Bild 46). Die Temperatur-Widerstandskurve ist nicht linear, der Widerstand nimmt mit steigender Temperatur ab.



Bild 46: Thermistoren NTC und PTC (Mitte)

NTC-Thermistoren werden zum Beispiel zur Begrenzung von Einschaltströmen und zur Temperaturmessung eingesetzt.

- Temperaturabhängige PTC-R [38]: Kaltleiter (PTC-Thermistoren) sind elektrische Widerstände, die in einem über die Keramikrezeptur einstellbaren Temperaturintervall einen „sprunghaften“ exponentiellen Widerstandsanstieg zeigen. Gebräuchlich sind Sprungtem-

peraturen zwischen 60 und 270 °C (Bild 46).

PTC-Thermistoren werden für Über-temperaturschutz (Leistungsreduktion bzw. Abschaltung) bei starker Erwärmung, Schaltverzögerung, Überlastschutz und selbstregelnden Heizelementen eingesetzt.

- Spannungsabhängige R [39]:

Metalloxid-Varistoren sind spannungsabhängige Widerstände mit symmetrischer U/I-Kennlinie, deren Widerstandswert mit steigender Spannung abnimmt, ähnlich der Kennlinie von Z-Dioden (Bild 47).

Varistoren werden zum Beispiel für Spannungsstabilisierung, Überspannungsschutz, Schaltfunken-Unterdrückung, Spannungsbegrenzung (paralleler Schutzwiderstand), Absorption der Schaltenergie von Spulen und Verformung von Spannungs- und Stromkurven in der Impuls-, Fernseh-, Steuer- und Regeltechnik verwendet.



Bild 47: Varistoren, rechts Zündwiderstände für Quecksilberdampf Lampen

Die Anwendungsbereiche sind sehr vielfältig und würden den Rahmen dieses Beitrages sprengen. Grundlegende Informationen enthält [40].

Grundplatten, Montageplatten & Leiterplatten

Keramische Montageelemente und Leiterplatten sind präzise und stabil, haben einen vernachlässigbaren elektrischen Widerstand und sind je nach Bauweise und Produkt spannungsfest. Sie wurden in professioneller Funktechnik und für elektronische Baugruppen entwickelt.

Die ersten Leiterplatten weltweit wurden wahrscheinlich in der HESCHO in Hermsdorf erfunden und auf Keramikbasis entwickelt. Die ersten Patente der Leiterplatte auf Kunststoffbasis wurden später in England in 1943 angemeldet und erst 1948 veröffentlicht. In den Katalogen der HESCHO waren gedruckte Schaltungen schon 1938 abgebildet (Bild 48).

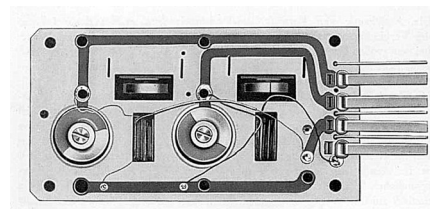


Bild 48: Eine der ersten Baugruppen auf Leiterplatten aus Keramik 1938

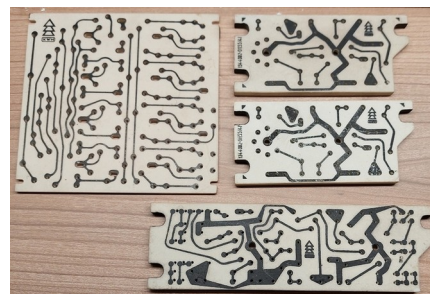


Bild 49: Keramik-Leiterplatten in KWH produziert

Leiterplatten lösten die mechanisch oft problematische Freiluftverdrahtung ab und sind in heutiger Zeit in allen elektronischen Geräten präsent, allerdings mit Material aus verstärktem Kunstharz. Eine Ausnahme sind heute Hybrid-schaltkreise (beschrieben im Kapitel „Dickschicht-Hybridtechnik“).

Grundplatten und Montageplatten sind auf Bild 28 gezeigt und wurden in der gesamten Funktechnik verwendet. Bei ersten Schaltkreisen, in den 50er Jahren und als Trägerplatten für verschiedene HF-Bauteile, wurden Keramikplatten eingesetzt (Bild 50 und 51).

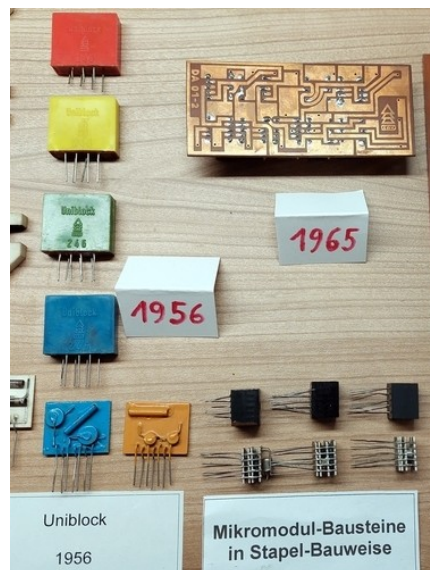


Bild 50: Erste KWH-Schaltkreise „UNI-Block“ und „Mikromodul“ mit Keramiksubstraten



Bild 51: Leiterplatte des RFT Taschenradio T100 mit Keramikgrundplatten in den Bandfiltern

Permanent-magnetische Bauteile

Permanent-magnetische Ferrit-Produkte wurden in den Keramischen Werken Hermsdorf aus dem Dauermagnetwerkstoff „Maniperm“, einer Eigenmarke (ab ca. 1950) hergestellt (Bild 53). Im Gegensatz zu metallischen Dauermagnetwerkstoffen ist Maniperm aus Oxiden der Zusammensetzung $\text{Me-OF}_2\text{O}_3)_6$, wobei Me für Barium oder Strontium steht, hergestellt. Maniperm-Magnete sind Hartferrite [41].

Die Anwendungsbereiche sind vielfältig: Fang-, Spann- und Verschlussmagnete, Magnete für Kupplungen, Pumpen, Bremsvorrichtungen, Kompass, Dynamos, Kleingeneratoren, Mikrofone, Tonabnehmer, Tachometer, Fernsehgeräte, Lautsprecher (Bild 52), Hörgeräte, Kleinmotoren und Antriebe für elektrische Uhren. Magnete zum Schalten von Schutzkontakten und Relais. Die Anwendungen sind heute ähnlich, werden aber zum Teil durch Neodym-Magnete ersetzt.



Bild 52: Lautsprecher-Magnete aus KWH

Gegenwärtig werden von einem Hartferrite-Hersteller in Hermsdorf/Thür. Produkte für den automotiven Bereich, für den Einsatz in Benzinpumpen, DC-Motoren und Aktuatoren, Sitzverstellern und Lüftern, sowie für die Antriebs-

Hausgeräte-, Lüftungs- oder Industrietechnik hergestellt.



Bild 53: verschiedene Dauermagnete aus KWH

Weich-magnetische Bauteile

In den KWH wurden seit den späten 40er Jahren weich-magnetische Ferrit-Werkstoffe unter der Eigenmarke „Manifer“ entwickelt und produziert. Manifer ist eine Werkstoffgruppe mit nur geringer elektrischer Leitfähigkeit und geringen Wirbelstromverlusten, deshalb besonders zur Verwendung für höhere Frequenzen geeignet.



Bild 54: Jochringkerne für Ablenkeinheiten von TV-Röhren und Kerne für Zeilentransfos

Die Manifer-Werkstoffe wurden in verschiedenen Varianten den Bedürfnissen angepasst. Die ferromagnetischen Ferrite bestehen aus Eisenoxid und einem oder mehreren Oxiden zweiwertiger Metalle (Me) in allgemeiner Zusammensetzung $\text{Me}^{2+}\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ bzw. $\text{Me}_1^{2+}\text{O} \cdot \text{Me}_2^{2+}\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. Sie sind besonders für die Anwendung in der Nachrichtentechnik, wie Fernseh-, Rundfunk- und Fernmeldetechnik, sowie in der Messtechnik und sonstiger Hochfrequenztechnik geeignet [43 und 44].

Eine tiefgreifende, auch mathematische Erläuterung des Themas ist in [42] enthalten.

Die Bilder 54 bis 57 zeigen Ferritkerne für die verschiedenen Anwendungen. In heutiger Zeit werden Produkte aus weich-magnetischer Ferrite in aller Welt hergestellt. Als Nachfolger des Betriebsteils „KWH-Ferrite“ stellt ein

Weichferrite-Hersteller in Hermsdorf/Thür. ein breites Sortiment von Produkten her.



Bild 55: Schalenkerne für Spulen mit hoher Induktivität, als „Bausatz“ gehandelt



Bild 56: Ferritstäbe, Ringkerne, Lochkerne, Ferritperlen für HF- und Entstör-Filter

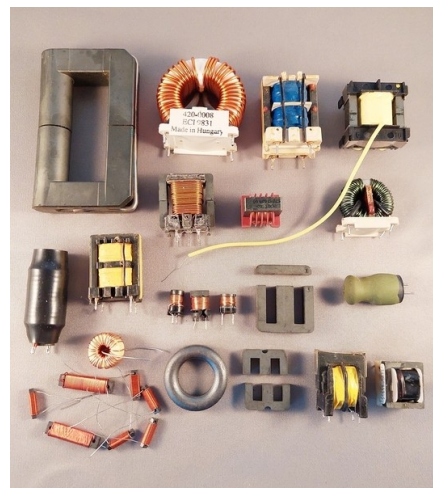


Bild 57: Kerne für Übertrager und Transformatoren in Schaltnetzteilen und Wandlern

In der Rundfunktechnik wurden und werden heute noch Produkte aus Weichferriten, wie Ferritstäbe (Antennen für AM-Empfänger), Ferritkerne für Spulen, Bandfilter, Drosseln, E-, I-, U- und Schalen-Kerne für Übertrager

und Schaltnetzteile sowie verschiedene Lochkerne und Ringkerne für HF-Übertrager und Entstörzwecke verwendet.

Bis etwa 2 MHz sind Mangan-Zink-Ferrite im Einsatz. Bis in den zweistelligen MHz-Bereich (max. 250 MHz) werden Nickel-Zink-Ferrite verwendet.

Es gibt auch Ferrite für höhere Frequenzen (max. 10 GHz). Diese haben eine geringere Permeabilitätszahl und bestehen aus Mangan-Magnesium-Ferriten mit oder ohne Aluminiumzusätzen [42].

Piezo-Keramik

Der piezo-elektrische Effekt wandelt mechanische Energie in elektrische um und umgekehrt. Die piezo-keramischen Werkstoffe bestehen hauptsächlich aus Blei-Zirkonat-Titanat und Blei-Barium-Titanat.

Keramische piezoelektrische Materialien werden in vielfältigen Formen in der Elektroakustik und elektronischer Filtertechnik verwendet.

Piezo-Wandler werden sowohl zur mechanisch-elektrischen Energieumwandlung z.B. bei Tonabnehmern, Mikrofonen, Hydrofonen, Schwingungsaufnehmern, Druckempfängern und Zündelementen, als auch zur elektrisch-mechanischen Energieumwandlung vor allem zur Erzeugung von Schall und Ultraschall eingesetzt [45]. Solche Bauelemente werden z.B. in Signalgebern und Abstandsmessbaugruppen (in Automobilen) eingesetzt.

Elektromechanische Filter vereinen beide Richtungen: Wechselspannung an einem Piezoelement erzeugt eine mechanische Schwingung, welche durch einen Piezo-Wandler aufgenommen und in eine Wechselspannung gewandelt wird. Durch Nutzung der mechanischen Eigenschaften können elektromechanische Filter hergestellt werden.

Piezo-keramische Produkte sind in den Bildern 58 bis 61 zu sehen.

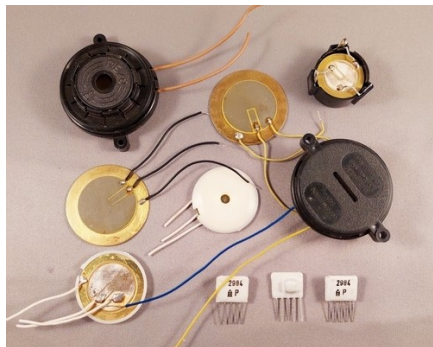


Bild 58: Bauteile zur Schall- und Ultraschallerzeugung

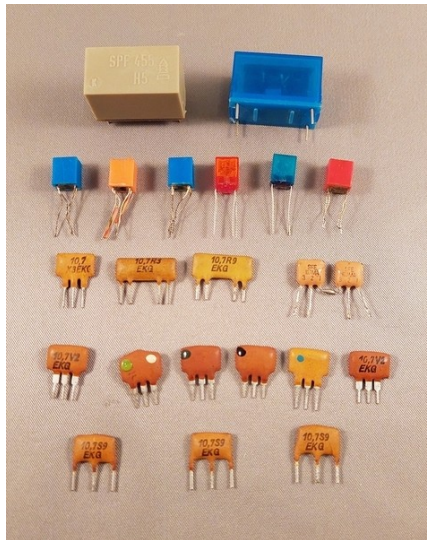


Bild 59: Bandfilter für ZF-Baugruppen in Radios, 455 kHz und 10,7 MHz und andere Frequenzen

Ein Hersteller von Piezokeramik in unserer Region stellt Produkte aus Piezokeramik her. Auf dessen Internetseite [46] steht eine kompakte Beschreibung des Piezoeffektes:

„Das Wort „Piezo“ ist vom griechischen Wort für Druck abgeleitet. 1880 entdeckten Jacques und Pierre Curie, dass Druck in verschiedenen Kristallen wie Quarz und Turmalin elektrische Ladungen erzeugt; sie nannten dieses Phänomen den „Piezoeffekt“. Später stellten sie fest, dass elektrische Felder piezoelektrische Materialien verformen können. Dieser Effekt heißt „inverser Piezoeffekt“.“

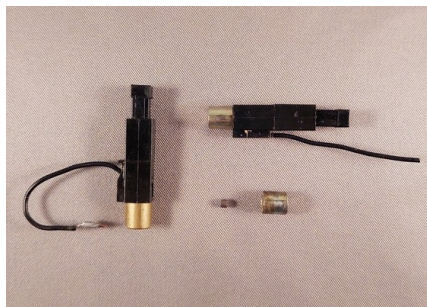


Bild 60: Gasanzünder



Bild 61: Abtastsystem für Plattenspieler, 1980

Wellenschalter & Baugruppen aus Technischer Keramik

Ende der 40er Jahre bis ca. 1960 wurden in Hermsdorf Spulensätze mit Wellenschalter für hochwertige Radiogeräte entwickelt und produziert. Es gab eine Vielzahl von Varianten für verschiedene Geräte, doch nur wenige dieser Radios sind bekannt oder gar in Sammlungen vorhanden. Der VRTG e.V. besitzt den RFT-Super „Oybin B“ vom VEB Funkwerk Zittau-Olbersdorf (Bild 62), hergestellt 1951.



Bild 62: Radio „Oybin B“ mit Keramikbaugruppe

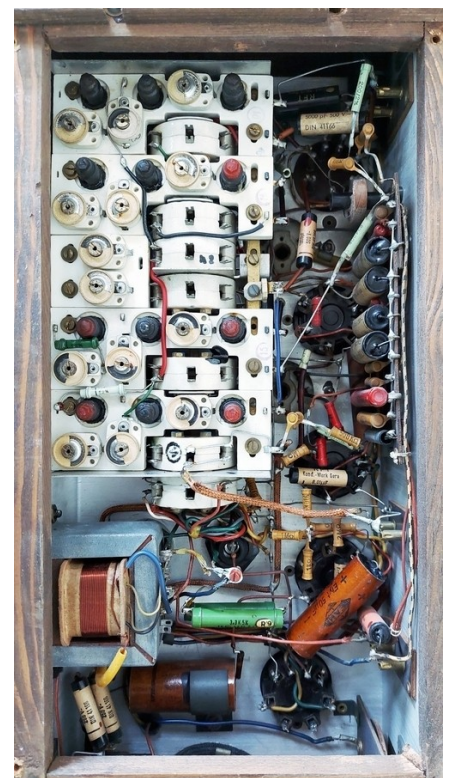


Bild 63: Radio Oybin von unten, mit Wellenschalter und Super-Spulensatz aus Keramik, hergestellt in Hermsdorf

Das Radio hat 6 Kreise mit vier gespreizten Kurzwellenbändern (25m, 31m, 41m und 49m), sowie Lang- und Mittelwelle, incl. Schwundregelung. Fast alle Spulen, Kondensatoren, Trimmer sowie der Drehschalter der HF-Baugruppe sind in der Keramikbaugruppe enthalten (Bild 63).

In der Sammlung des Autors befindet sich ein vollständiger Superspulsensatz „EZs 0104“, Baujahr 1949 (Bild 64), mit C-Banddehnung für die Wellenbereiche KW1 (21–158m), KW2 (20–33m), KW3 (32–51m), MW (187–570m) und LW (700–2000m).

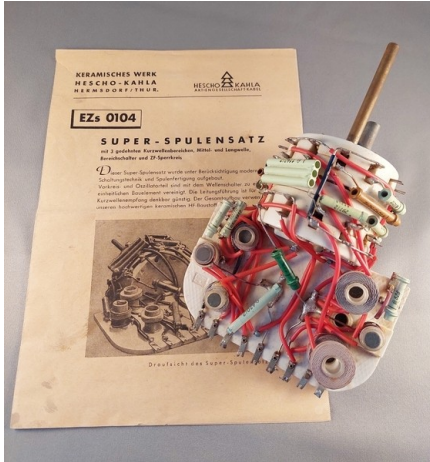


Bild 64: Wellenschalter mit Keramikträger – Der Super-Spulsensatz EZs 0104, HESCHO-KAHLA

Drehschalter

Drehschalter mit Keramik-Korpus wurden für verschiedene Zwecke in HF-Technik, Messtechnik und für das Schalten von Versorgungsspannung gefertigt. Je nach Bauart sind solche Schalter gegenüber denen mit Kunststoffmechanik für die elektrische Isolation besser geeignet (Bild 65). Für hochfrequente Signale verlustarm und für Leistungsschaltung in HF-Technik und Stromversorgung ist Keramik wesentlich beständiger gegen entstehende Wärme und haltbarer als andere Werkstoffe.

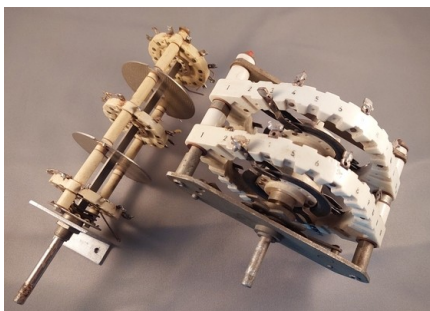


Bild 65: Drehschalter verschiedener Bauformen

Röhrensockel & Anschlüsselemente

In den Anfangszeiten der Röhrentechnik (ab ca. 1906) wurden Elektronenröhren schon mit Kontakten aus Metallstiften versehen, in welche die vorher durch einen Glas-Quetschfuß geführten Anschlussdrähte verlötet oder gequetscht wurden. Die Kontaktstifte wurden vorher in meist aus Bakelit gefertigte Sockel eingebracht und dieser dann

mit dem Glaskolben verkittet.

Es ist also naheliegend die Sockel mit den Metallbuchsen, in welche die Röhren dann gesteckt werden, auch aus Bakelit zu fertigen. Es gab aber auch andere Materialien zur Isolation der Sockel, z.B. Pertinax oder hitzebeständige Kunststoffe.

Für die sich danach entwickelnde HF-Technik wurden verlustarme Materialien benötigt, es wurden Röhrensockel aus Keramik hergestellt (Bild 66). Diese wurden meist in den HF-Stufen der Geräte (Bild 67) oder in Militärtechnik eingesetzt.

Heute werden vor allem Röhrensockel zum Einlöten auf Leiterplatten aus Keramik hergestellt und über Elektronikgroßhändler vertrieben. Es ist nicht gelungen Hersteller, sondern nur Marken, auszumachen.

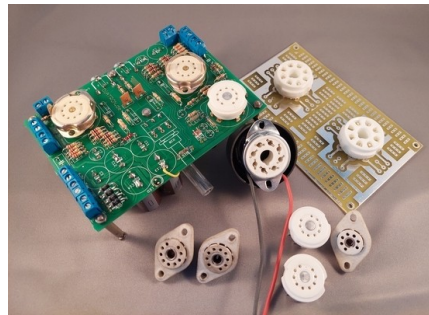


Bild 66: verschiedene Röhrensockel aus Keramik



Bild 67: Baugruppe mit Keramikröhrensockel eines Empfängers

7. Ferritkern-Speicher & Halbleiter-Speicher für EDV-Geräte

In den KWH wurden immer schon viele Bereiche der Technik bedient, so auch in der aufkommenden Datenverarbeitung.

Speicher mit Rechteckferriten

Es wurde die Eigenschaft von Rechteckferriten zum speichern von Daten in Ferrit-Ringkernen umgesetzt. Rechteckferrite hat eine fast rechteckige Hystereseschleife. Dadurch ergibt sich der Speichereffekt welcher elektronisch ausgelesen wird. In [47] ist die Grundsätzliche Arbeitsweise so beschrieben:

„Ordnet man den beiden Remanenzuständen (Restmagnetisierung, d.A.) + Br und – Br zwei Informationszustände,

z.B. „1“ und „0“ zu, so kann über eine entsprechende Erregerwicklung durch einen Stromimpuls in positiver oder negativer Richtung einer der beiden Informationszustände in den Kern „eingeschrieben“ werden. Nach dem Einschreiben kann mit einem negativen Stromimpuls ... der Kern über eine besondere Lesewicklung „abgefragt“ werden.“

Eine Speichermatrix aus den winzigen Ringkernen (Innen-/Außen-Durchmesser 0,5/0,8 bis 1,6/2 mm) mit 64 x 64 Kernen hat 4096 Kerne, also ebenso viel bit's. In der voll transistorisierten Datenverarbeitungsanlage ROBOTRON 300 aus 1967 [48] wurden Speichermatrizen mit 2 mm Ringkernen 48x50 für Haupt- und Zusatzspeicher verwendet [47]. Die Speichermatrizen wurden von Hand gefädelt! Sie wurden, je nach Speicherbedarf, „gestapelt“ und über eine Steuerelektronik das Schreiben und Lesen der bit's organisiert.

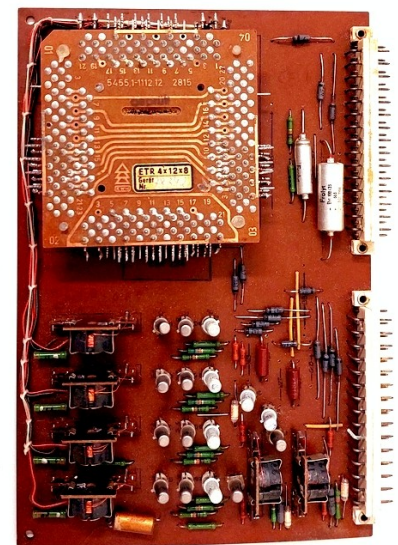
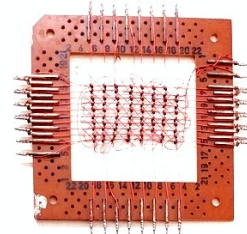


Bild 68: Ferritkernspeicher mit Rechteck-Ferritkernen mit Steuerelektronik und 2 gestapelten Speichermatrizen.

Die Kapazitäten von Speichermatrizen, trotz Stapelung von Matrizen, haben in den folgenden Jahren, also ab ca. 1970, in der EDV-Technik nicht mehr ausgereicht und waren wegen der Handfädung nicht mehr zu erhöhen. Es wurden zunehmend SRAM als monolithische Schaltkreise eingesetzt.

Speicher in Dickschicht-Hybridtechnik

Nach einigen Jahren wurden die Leiterplatten mit den Speicherschaltkreisen immer größer. Das hatte natürlich in der damaligen Technologie, also trotz höherer Speichergröße und Packungsdichte, seine Grenzen. Die Geschwindigkeit der Speichersteuerung und Auslesung der Daten musste schneller werden, da sind „lange Leitungen“ kontraproduktiv.

In den KWH in Hermsdorf wurden im Betriebsteil Mikroelektronik, ab ca. 1983, Speicher-Schaltkreise mit höherer Packungsdichte, auf der Basis von Dickschicht-Hybridschaltkreisen, entwickelt und diese hergestellt. Die Schaltkreise hatten ein Keramiksubstrat, auf welchem die Leiterbahnen aufgebracht waren und darauf 8 Stk. CMOS-Gate Chips, z.B. der U224, kontaktiert wurden. Unter Kapitel „Dickschicht-Hybridtechnik“ sind weitere Informationen zur Hybrid-Technik.

Ein Speicherblock im ersten Eigenbau-Rechner des Autors aus 1987 zeigt Bild 69. In einem Rechner auf Commodore VIC20-Basis mit 5 kByte SRAM, erweitert um 32 kByte mit 8 Stk. 32kbit SRAM 85631 Hybridschaltkreisen in CMOS-Technik aus den KWH.

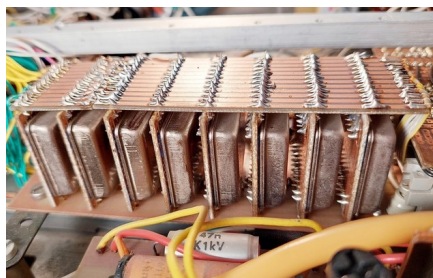


Bild 69: Speicherblock im ersten Eigenbau-Rechner des Autors aus 1987

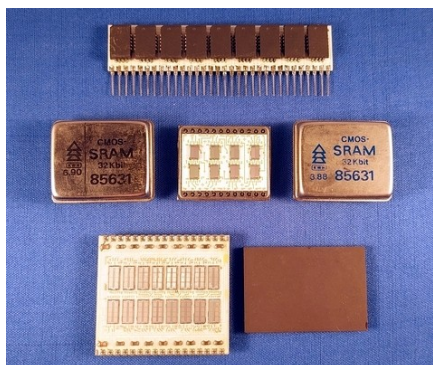


Bild 70: verschiedene Halbleiterspeicher auf Keramiksubstrat in Dickschicht-Hybridtechnik

8. Entwicklungsmuster, Sonderformen & Kuriosa

Im Laufe der Jahre wurden einige Bauteile und Geräte mit Keramikteilen ent-

wickelt und gefertigt, welche dem Drang folgten, vieles aus Keramik herzustellen.

Es wurden aber auch für Nischenbereiche (meist Militär) Produkte gefertigt. In den Nachkriegsjahren wurden Teile, welche aus der Not heraus entstanden sind, weil andere Materialien nicht zur Verfügung standen, hergestellt. Die meisten dieser Produkte waren nach kurzer Zeit hinfällig und die Produktion wurde wieder eingestellt.

Die Keramikröhre

Zur Funkausstellung 1939 erschienen Labormuster von Röhren mit Calit-Hauben und -Sockelplatte (Bild 71 und 72).



Bild 71: Die HESCHO-Keramikröhre und eine „Stahlröhre“ mit Glaskolben

Diese waren typengleich mit den Röhren der E11-Stahlserie, später auch mit Glasgehäuse und Bakelit-Sockel, welche für Militärtechnik weniger in Frage kamen. Es wurde die Alternative aus Keramik entwickelt, kam aber in den wirren Kriegszeiten nicht zur Serienproduktion, denn Ende der 1930er Jahre benötigte man die Produktionskapazitäten für andere Militärtechnik. Die HESCHO wurde zu einem kriegswichtigen Rüstungsbetrieb.

Es gibt kaum Erwähnung dieser Röhren in der Literatur, in der Bücherserie „Radios von Gestern“ [50] ist ein Beitrag und schöne Fotos zu sehen. Im VRTG e.V. existiert ein Exemplar der Röhre in der Technischen Sammlung (Bild 71).

Die Wettersonde

Ein interessantes Produkt für die Wetter-Datenerfassung der deutschen Wehrmacht wurde von einem alten Kollegen in 1945, in einem von der Wehrmacht auf dem Bahnhof in Stadroda/Thür. zurückgelassenen Eisenbahnwagen gefunden. Er hat die Sonde WSE 2 mitgenommen, aber die Batterien und den Wetterballon leider nicht, denn der Wagen war voller Wehrmacht-Röhren. Diese waren in dieser Zeit sehr begehrt. Das Gerät mit dem Codenamen „Mücke“, hergestellt 1940, besteht aus einem Sender (27 MHz) und einem

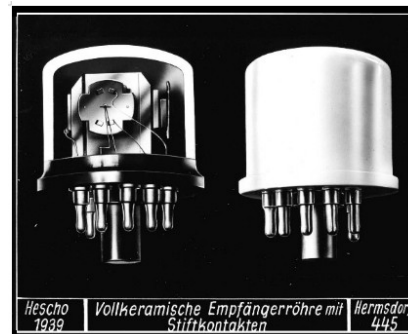


Bild 72: Keramikröhre Funkausstellung 1939 Innenansicht rund und würfelförmig

Empfänger (300 MHz), gespeist mit einer „Lang-Sonde“, angetrieben mit einem mechanischen Uhrwerk (Bilder 73 bis 75).

Die Sonde dient zur Erfassung von Wetterdaten wie Luftfeuchte, Luftdruck und Temperatur. Die Elektronik ist komplett mit fest eingelöteten Röhren gebaut und mit einigen Keramikbauteilen, Kondensatoren, Trimmer-C's, Ferritkernen und einer Keramik-Montageplatte für den Hochfrequenz-Oszillator aufgebaut. Der zeitliche Ablauf der Datenübertragung von der Lang-Sonde wurde mit einer keramischen Programmwalze, mit aufgedruckten Leiterbahnen, gesteuert.



Bild 73: Die Wettersonde als Ausstellungsstück, links die elektronische Baugruppe, mittig die Lang-Sonde und rechts das Kunststoffgehäuse

Auf dem Bild ist rechts ein Uhrwerk und unten die Luftdruckdose zu sehen. Auf der Rückseite ist ein Haarhygrometer für die Luftfeuchtemessung und ein Bimetall-Thermometer angebracht.

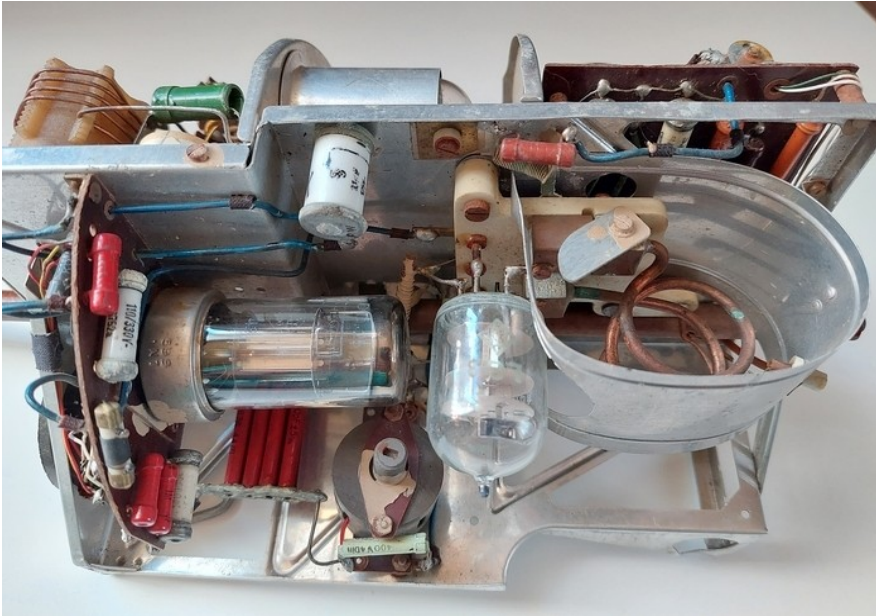


Bild 74: Keramikbauteile in der Wettersonde

Der Kontakt-Stern wird vom Uhrwerk gedreht und tastet die Keramikwalze ab. Vor dem Aufstieg mittels Ballon wurde das Uhrwerk aufgezogen. Der Datenaustausch erfolgte mit dem Bodensystem „Fledermaus“ welches in einem LKW untergebracht war.

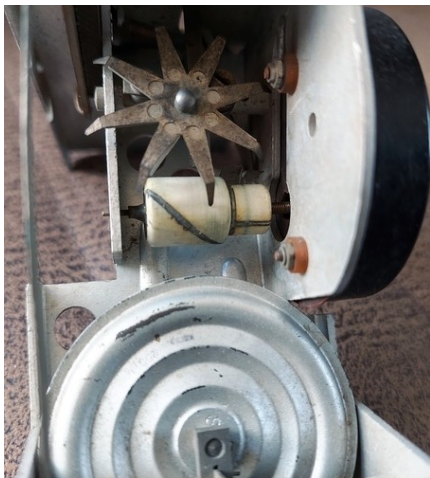


Bild 75: Die „Programmwalze“ der Lang-Sonde (Wettersonde)

Der Mess-Laborkondensator

Auch für die Hochfrequenz-Labortechnik wurden viele Geräte und Teile aus technischer Keramik entwickelt und hergestellt, so auch von der Firma „Physikalisch-techn. Entwicklungslabor Dr. Rohde & Dr. Schwarz, München“ (PTE).

In Laboratorien wurden kleine Geräte gebraucht, so der „Verlustarme Plattenkondensator mit Mikrometereinstellung, Typ KMM“ aus 1937 (Bild 76). Die Kapazität ist 8 bis 500 pF einstellbar, der Verlustfaktor des in der HESCHO hergestellten Korpus aus glasiertem Calan

ist kleiner als 5×10^{-5} . Der Plattendurchmesser 80 mm, Abmessungen 120 x 170 x 70 mm.



Bild 76: Laborkondensator von R&S

Das Keramikradio

Das Keramikradio wurde von der HF-Abteilung der HESCHO 1948 für die Leipziger Frühjahrsmesse 1949 entwickelt. Das Gerät (Bild 77 und 78) war ein Einkreiser, dessen Chassis und Röhrenfassungen aus einem Keramik-Formteil bestand, ebenso die Schalter, Kondensatoren und sogar die Drehknöpfe! Es wurde auch ein Super-het als Prototyp gebaut. Die Geräte gingen jedoch nie in Serie, aber es blieb eine Zeit lang die Produktion von Wellenschaltern mit Keramikträger erhalten (Super-het-Spulsätze, siehe oben - Radio Oybin).

Unser verstorbener Vereinskollege Horst Rothe hat 1948 diese Geräte mit aufgebaut. Es gibt leider keine Exemplare der Radios, nur ein Keramikknopf ist noch vorhanden.

Eine Beschreibung der Geschichte dieser Technik ist von Günter F. Abele in seinem Buch „Historische Radios“ Band IV [50], in Zusammenarbeit mit Horst Rothe, veröffentlicht worden.

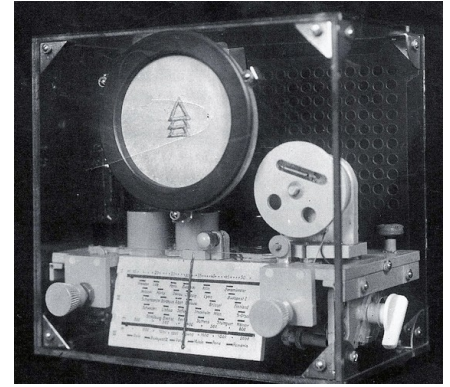


Bild 77: Das HESCHO-Radio, für den Ausstellungszweck in ein Acrylgehäuse eingebaut

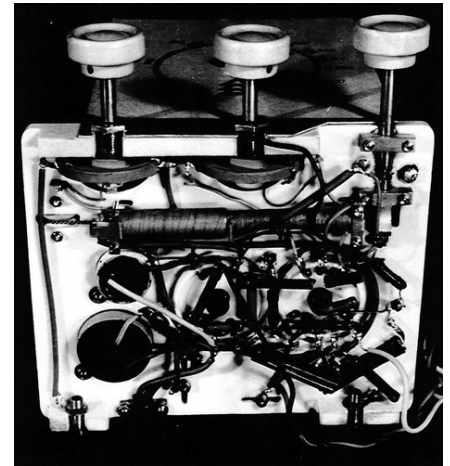


Bild 78: HESCHO-Radio mit Keramikchassis von unten

Kuriose & Not-Erzeugnisse

Nach dem Krieg 1945 wurden aus Keramik viele Artikel für den Bedarf der Bevölkerung hergestellt, auch einige kuriose Teile, z.B. ein Lampensockel mit einer Steckdose (Bild 79), falls nicht genügend Steckdosen vorhanden waren. Es wurden auch Bügeleisen, Wärmestrahler (Bild 80) und Kochgeschirr hergestellt, weil das Werk SAG HESCHO-Kahla auf Produkte für zivile Anwendungen umgestellt werden sollte und Metall Mangelware war. Die Produkte wurden aus „Ardostan“ ein Cordierit-Werkstoff mit hoher Temperatur-Wechselbeständigkeit hergestellt.

Das Feuerzeug (Bild 81) ist ein merkwürdiges und interessantes Teil. In die Steckdose gesteckt und den Taster gedrückt wurden zwei Heizstifte glühend heiß und man konnte daran einen Fidi-bus anzünden. Über Sicherheit durfte man da nicht nachdenken. Beim Modell rechts im Bild war sogar eine runde Öffnung exakt zum Anzünden einer Zigarette vorgesehen.

Schwere Zeiten bringen, durch Ideen in Notlage, sehr einfache aber brauchbare Produkte hervor, über die man heute lächeln könnte.



Bild 79: Steckdose für Lampenfassung



Bild 80: Bügeleisen und Wärmestrahler aus Porzellan



Bild 81: Das HESCHO-Feuerzeug

HOK80 „Halboffener Orthodynamischer Kopfhörer“

Es war ein Kopfhörer dessen Technik leider nicht weiter entwickelt und produziert wurde (Bilder 82 bis 84). Die Schallwandler waren keine wie sonst üblichen „Minilautsprecher“ mit Membran und eintauchender Spule in einen Permanentmagneten, sondern es waren zwei permanent-magnetische und gelöcherte Scheiben mit Abstandsringen und dazwischen liegender Membran. Diese Membran war mit einer aufgedruckten Induktivität und herausgeführten Leiterbahnen versehen. Der Klang dieser Kopfhörer war für die damalige Zeit sensationell gut, die Bass-

und Höhenwiedergabe wurden dem Hi-Fi-Freund gerecht. Auf dem Datenblatt des HOK 80-2 steht:

„...kräftige Bässe, klare Mitten und brillante Höhen, Musik „live“ wie im Konzertsaal, hohe Belastbarkeit der Systeme mit 2 W.

Technische Daten: Übertragungsbereich 20 Hz ... 20 kHz, Nennscheinwiderstand pro Wandler 60 Ohm, Betriebsleistung 5 mW bei 94 dB, Nennbelastbarkeit 2 W, Klirrfaktor $\leq 0,5 \%$...

Im gesamten Frequenzbereich sind die Schallwellen phasengleich.

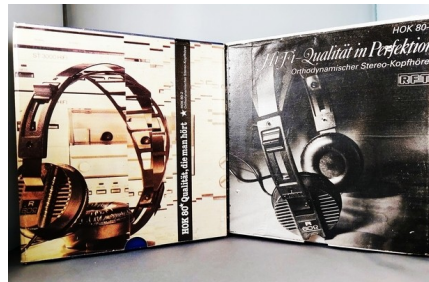


Bild 82: Die beiden HOK80 Verpackungen



Bild 83: Der Schallwandler aus Magnet-Ferrit



Bild 84: Der HOK80

9. Elektro-Produkte mit Keramikkorpus oder Keramikteilen

Im Bereich der Industrie-, Haushaltsgeräte- und KFZ-Technik wurden auch Keramikwerkstoffe eingesetzt. Die Vielfalt war sehr groß, auch wegen ihrer hohen mechanischen und chemischen Beständigkeit.

Elektrobauteile (Beispiele)

Bauteile mit Keramikteilen sind vor allem in der Elektroinstallations- und Niederspannungstechnik zu finden. So auch in der Funktechnik, in der Gerätetechnik und in der Ausstattung von Arbeits- und Wohnräumen.

Schon in der Anfangszeit der Elektrotechnik und Elektronik gab es viele Anwendungsbereiche. Hier nur einige Beispiele (Bilder 85 bis 87):



Bild 85: Stecker und Kupplungen mit Keramikteilen und eine Steckdosenabdeckung



Bild 86: Lampenfassungen für Raumbeleuchtung und Gerätetechnik

Zündkerzen für Benzinmotoren

Zündkerzen sind in der Funktechnik nur wegen der erzeugten Störungen relevant. Es wurden Bauformen der Kerzen und der zugehörigen Kerzenstecker auf optimale Abschirmung der Störung entwickelt. In den DDR-Kerzensteckern waren 5 k Ω Entstörowiderstände mit Keramikkorpus verbaut.



Bild 87: Pardunenisolatoren („Antenneneier“), Sicherungsautomat, Sicherungen, Heizstab, Fahrraddynamo-Reibräder, Griffe, Lötleisten, Isolierperlen, Montage- und Kleinteile



Bild 88: „ISOLATOR“-Zündkerzen

Die Zündkerzen mit Keramikisolator wurden im „VEB Elektrokeramische Werke Sonneberg“, ein Betrieb des Kombines KWH, später in der „Elektrokeramik Sonneberg GmbH“ hergestellt und werden heute noch unter dem Namen ISOLATOR-SPEZIAL einer nachfolgenden Firma verkauft (Bild 88) [51].

10. Integrierte Schaltungen

Integrierte monolithische Schaltkreise (IC's) wurden im Ostblock z.B. im VEB Halbleiterwerk Frankfurt/Oder hergestellt. Für diese Schaltkreise wurden die Keramikgehäuse (Halbschalen) aus den KWH in Hermsdorf geliefert. Schaltkreise auf Keramiksubstrat (z.B. Thermodruckköpfe) und Hybridschaltkreise in Dickschichttechnik wurden in Hermsdorf entwickelt und produziert. International werden die Monolithische- und die Hybridtechnik von einigen Herstellern angeboten.

Keramiksubstrate & Keramikgehäuse für Schaltkreise

Ab ca. 1970 wurden weltweit Keramikwerkstoffe in der Mikroelektronik als Trägermaterial für integrierte monoli-

thische Schaltkreise eingesetzt, bei denen es auf hohe mechanische Festigkeit und Formstabilität, Präzision, klimatischen und thermischen Anforderungen, Alterungsbeständigkeit und natürlich auch stabilen Isolationswerten ankommt. Bei diesen Schaltkreisen werden die monolithischen Halbleiterchips in die Keramikgehäuse eingesetzt und in verschiedenen Technologien nach außen kontaktiert. Dies waren vor allem Mikroprozessoren, Digital-IC's und Speicherbausteine.

In den KWH wurden im Produktionsbereich „Halbschale“ Gehäuseteile für IC's gefertigt.

Digitale Schaltkreise (IC's) mit Keramikgehäuse aus internationalen Standard-Serien sind in Bild 89 zu sehen. Mikroprozessoren (CPU's) mit Keramikgehäuse in Bild 90. In der Mitte ein Mehrlagen-Keramikgehäuse für CPU's aus Ende der 80er Jahre, Hersteller „Technische Werke Rosenthal AG“ in Marktrechwitz.

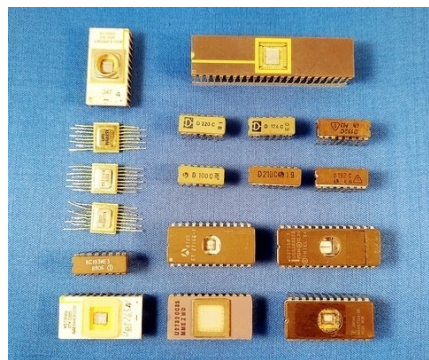


Bild 89: Schaltkreise (IC's) mit Keramikgehäuse, die unteren IC's mit „Fenster“ sind EPROM's



Bild 90: CPU's mit Mehrlagen-Keramikgehäusen

Dickschicht-Hybridtechnik

Dickschicht-Hybridschaltkreise wurden für die Konzentration von Schaltkreischips mit deren Beschaltung, also passiven und weiteren Halbleiterbauelementen und IC's, zu komplexen Schaltungen für Baugruppen auf Keramiksubstrat entwickelt und hergestellt. Dadurch konnten die Abmessungen verringert,

die mechanische Stabilität erhöht und durch Einschluss in Hermetik-Gehäuse aus Metall, Keramik, Silikonumhüllung oder Spezialbeschichtung die Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse optimiert werden [52]. Solche Schaltkreise werden in der Medizintechnik (Bild 92), Fahrzeugtechnik (Bild 93), Haushalt-Gerätetechnik, Unterhaltungselektronik, in Industrie- und Militärtechnik und heute auch in der Weltraumtechnik eingesetzt.

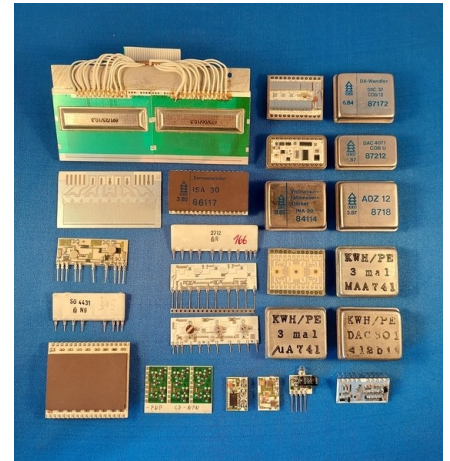


Bild 91: Bauelemente in Dickschichttechnik

Im Bild 91 sind ein Schaltkreis und ein Substrat für Thermodruckkopf, Trennverstärker, Antennenverstärker, Messverstärker, Hörhilfe und Hybrid-Speicher, DA- und AD-Wandler, Instrumentationsverstärker und Operationsverstärker zu sehen.

Beispiele aus der Medizintechnik sind Hybridschaltkreise für Herzschrittmacher (Bild 92) und aus der KFZ-Technik Zündungsmodule in Hybridtechnik (Bild 93).

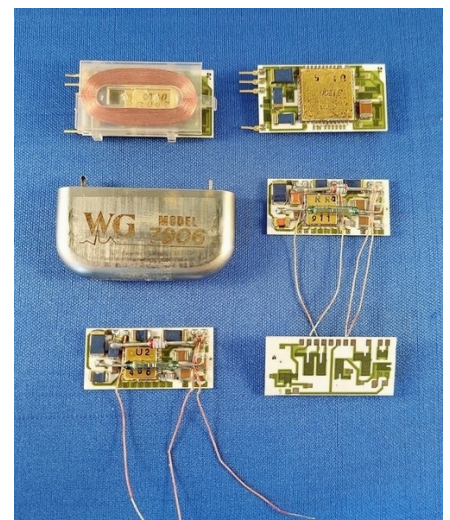


Bild 92: Herzschrittmacher- Hybridschaltkreise HSM 3, HSM 2 und eine Lithium-Batterie für HSM

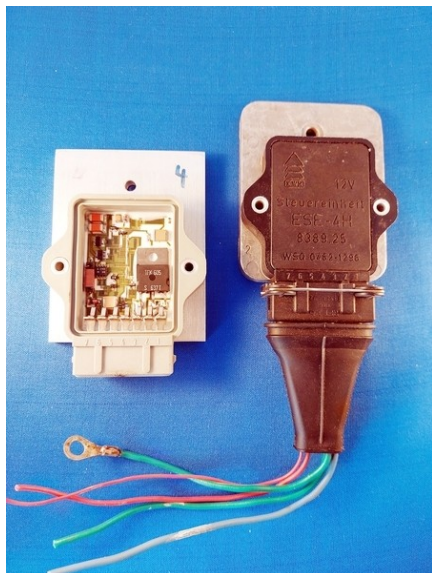


Bild 93: KFZ-Zündung mit Hybridschaltkreis offen und geschlossen

11. Keramische Werkstoffe in Funk- & Empfangsgeräten heutiger Zeit

Die Technische Keramik entwickelt sich immer weiter und muss mit weiterer Miniaturisierung und Konzentration von Schaltungstechnik und Baugruppen in der Funktechnik immer kleiner werden. Durch die Erhöhung von Sendefrequenzen und nötiger Verkürzung der Abstände der Sendeanlagen zu den Empfangsgeräten nehmen die benötigten Sendeleistungen ab, also auch die HF-Spannungen und somit die Größen von Isolations-Bauteilen. Die Digitalisierung der Signalübertragung und die Möglichkeit von Fehlerkorrektur durch Zwischenspeicherung der Signale, bzw. Daten, bis die Signalkette wieder vollständig ist, lässt die nötige Sendeleistung weiter sinken. Man schaue sich ein Mobiltelefon neuer Bauart von innen an und versuche die Sendeendstufe zu erkennen. Wir können damit um die Welt telefonieren!

Im Energiesektor sind für Hochspannungstechnische Ausrüstungen weiterhin große Isolatoren notwendig, werden aber heute, neben technischer Keramik, auch aus speziellen Kunststoffen oder Glas gefertigt.

Bei der Versorgung von Baugruppen in Geräten ist seit Jahren auffällig, dass kaum Transformatoren mit Eisenkern mehr verwendet werden. Es werden Trafos bzw. Übertrager aus Ferrit-Keramik in verschiedenen Bauformen benutzt und mit höheren Frequenzen als 50 Hz Netzfrequenz betrieben, diese Übertrager werden immer kleiner. Die Versorgungsspannungen von Prozessoren und Schaltkreisen sinken weiter und

sind mittlerweile bei 1,05 V (CPU-Kern) angelangt. Dies spart Energie und durch kleinere Leitungsabstände steigt die Integration und die Geschwindigkeit.

Schaltnetzteile und Spannungswandler dieser Technik, mit benötigten Filterbauteilen aus technischer Keramik, sind auf allen Leiterplatten zu finden und werden immer kleiner.

Ein Beispiel: In der Audiotechnik werden Class-D-Endstufen benutzt, welche nach ähnlichem Prinzip arbeiten und minimalistisch sind, gegenüber früheren Endstufen mit gleicher Leistung. Dies ist möglich, weil die Endstufentransistoren in Sättigung (Schaltbetrieb) betrieben werden, dadurch an ihnen wenig Verlustleistung entsteht und die Kühlung wesentlich kleiner ist. Dies ist ausführlich in [55] beschrieben.

Viele Bauteile für die Sende-, Empfangstechnik und andere Elektronik, also Kondensatoren, Widerstände, Trimmer-C's, Halbleiterwiderstände, Piezobauteile, Schaltkreisgehäuse, Substrate für Schaltungen in der Hybridtechnik und Magnete werden immer noch aus keramischen Werkstoffen hergestellt. Die meisten passiven SMD-Bauelemente (C und R) sind auch mit Keramikwerkstoffen hergestellt.

Ein Ende der Technischen Keramik ist also nicht in Sicht!

Zum Abschluss sind noch Baugruppen aus heutiger Zeit dargestellt, mit Angabe der darauf befindlichen keramischen Bauteile. Sogar Kühlkörper aus Keramik werden heute eingesetzt, so wie auf einem Mainboard eines TV-Gerätes der Marke „Philips“ zu sehen (Bild 94). Auf diesem sind einige hundert (auf Oberseite ca. 280) SMD-Bauelemente, Surface-mounted device (deutsch: oberflächenmontiertes Bauelement) bestückt, welche als Dickschicht-R und Vielschicht-C, jeweils mit Keramiksubstraten aufgebaut sind. Es sind 15 Spulen und Drosseln mit Ferritkern auf der Leiterplatte zu sehen.

Die Leiterplatte eines 2.1 CH Blu-ray Heimkino-Systems der Marke „Samsung“ (Bild 95) hat 2 Übertrager, 6 Spulen und Drosseln, 2 Varistoren, 5 Keramik-Kondensatoren, 6 Widerstände und ca. 320 keramische SMD-Bauelemente auf Ober- und Unterseite. Es handelt sich um die Netzteil-, Audio- und Steuerungsplatte, welche in einem Subwoofer eingebaut war.



Bild 94: Philips TV-Mainboard mit Keramik-Kühlkörper für die CPU



Bild 95: Leiterplatte eines Heimkino-Systems mit Class D Audioendstufen

12. Schlussbemerkung

Die dargestellten Erzeugnisse sollten beitragen, das weite Feld des Einsatzes von Technischer Keramik besonders für die Funktechnik sichtbar zu machen. Der Blick auf die historische Entwicklung der Technischen Keramik in Bezug auf die Funktechnik ist wichtig, interessant und sollte in der wissenschaftlichen, populärwissenschaftlichen und allgemein technischen Fachliteratur, aber auch in der Ausbildung von technischen Fachkräften nicht vergessen werden.

Die Region um Hermsdorf in Thüringen ist bis heute eine Heimat der keramischen Industrie und des keramischen Handwerks.

Die Technische Keramik hat hier Ursprünge und Bedeutung für die Technik der ganzen Welt.

13. Quellenangaben – Literatur, Internetlinks & Bilder

13.1 Literaturquellen & Internetlinks

Die hier aufgeführte Literatur ist im Archiv des Verein für Regional- und Technikgeschichte e.V. Hermsdorf/Thür. oder in der Sammlung des Autors vorhanden und kann, bei Interesse und nach Absprache, bei diesen eingesehen werden.

Die Internetquellen sind unter Vorbehalt von Inhalt, Aktualität und Verfügbarkeit (siehe Datum Abruf) für alle Interessierten abrufbar. Sie unterliegen den Rechten der Autoren bzw. Anbieter.

- [01] <https://de.wikipedia.org/wiki/Porzellan> (Abgerufen am 01.06.2024, 13:00 Uhr)
- [02] Serfling, Stefan: Unter dem Zeichen des TRIDELTA, Eigenverlag
- [03] <https://tridelta-campus.com/de/initiative/mitglieder>, Tridelta Campus-Mitglieder, (Abgerufen am 01.06.2024, 13:02 Uhr)
- [04] <http://www.vrtg.de>, Verein für Regional- und Technikgeschichte e.V. Hermsdorf /Thüringen
- [05] Imhof, Alfred: Elektrische Isolierstoffe, 1949, Orell Füssli Verlag Zürich
- [06] Glastra, Geri (NL): Bakelit, ein unverzichtbares Material in der Radioindustrie, Funkgeschichte 276 (Aug./Sept. 2024), Seite 149, Fachmagazin für Interessierte der Geschichte des Funkwesens, GFGF e.V. (<https://www.gfgf.org>)
- [07] Cheney, Margaret: Nicola Tesla – Erfinder Magier Prophet – Biographie, Omega-Verlag, ISBN 3-930243-01-6
- [08] https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_des_Telefonnetzes (Abgerufen am 01.06.2024, 13:07 Uhr)
- [09] Böhme, Wolfgang: Freileitungs-Isolatoren 1845 – 1970, 2022, Eigenverlag
- [10] Marenbach, R., Nelles D., Tuttas Ch.: Elektrische Energietechnik, 2013, Springer Verlag, ISBN 978-3-8348-1740-2
- [11] Kerbe, Friedmar: Die Entwicklung des Keramikstandortes Hermsdorf und seine Beziehungen zur Region Jena, 2002, Jenaer Jahrbuch zur Technik- und Industriegegeschichte 2002, ISBN 3-931743-56-X
- [12] Kerbe, Friedmar und Fleischer, Karin: 100. Gründungsjubiläum der HESCHO Teil 1 und 2, 1922 – 2022, Verein für Regional- und Technikgeschichte e.V. Hermsdorf & Förderverein Margarethenhütte Großdubrau e.V.
- [13] Heuschkel, Hermann: ABC Keramik, 1990, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig, ISBN 3-324-00432-0
- [14] Palatzky, Alfred: Technische Keramik, 1954, VEB Verlag Technik Berlin
- [15] Kuczera, Josef: Heinrich Herz, 1975, Serie Biographien, BSB B.G. Teubener Verlagsgesellschaft Leipzig
- [16] Anderson, Leand: Nikola Tesla – Der Erfinder des Radios, 1992, Edition Tesla 2004, Michaelisverlag Peiting, ISBN 3-89539-230-8
- [17] Kurz, Peter: Das Marconi Patent, 2021, Verlag & Druck: tredition GmbH Hamburg, ISBN 978-3-347-27790-8
- [18] Günther, Hans: Pioniere der Radiotechnik – 24 Lebensbilder, 1926, Dieck & Co. Stuttgart, Seite 50 Fessenden, Seite 67 Lieben
- [19] https://www.fading.de/rundfunk-sendetechnik/geschichte_der_sendetechnik, Erste Rundfunksendung der Welt (Abgerufen am 01.06.2024, 13:20 Uhr)
- [20] <https://www.viehl-radio.de/homeda/det.html>, Radioclub Braunschweig, Dr.-Ing. Eckart Viehl (Abgerufen am 01.06.2024, 13:30 Uhr)
- [21] https://de.wikipedia.org/wiki/Funk-Stunde_Berlin (Abgerufen am 01.06.2024, 13:32 Uhr)
- [22] Bredow, Hans: FUNK-TECHNIK, Nr. 20 /1948 Seite 499, Zum Jubiläum des deutschen Rundfunks,
- [23] Erb, Ernst: Radios von Gestern, 1989, M+K Computer Verlag AG Luzern (CH), ISBN 3-907007-09-3
- [24] Verband Deutscher Elektrotechnischer Porzellanfabriken (VDEP): Neuzeitliche Verwendung feinkeramischer Werkstoffe in der Technik, Berlin 1941
- [25] Kerbe, Friedmar: 100 Jahre Technische Keramik. Festschrift, 1990, TRIDELTA AG Hermsdorf
- [26] Kerbe, Friedmar und Knaf, Karl-Eduard: „40-kW-Großmessender“ der HESCHO in Hermsdorf, 1995, Verein für Regional- und Technikgeschichte e.V., Hermsdorf/Thür.
- [27] Katalog „Bauteile aus Sinterwerkstoffen für die Hochfrequenztechnik“, 1963, VEB Keramische Werke Hermsdorf
- [28] Katalog „Keramische Isolatoren und Bauteile für die Hochfrequenztechnik“, 1952, VEB Keramische Werke Hermsdorf
- [29] Produktinformation „Calit-Spulen hoher Konstanz“, ca. 1938, HESCHO Hermsdorf/Thür.
- [30] Produktinformation „Kugelvolumeter aus Calit“, ca. 1938, HESCHO Hermsdorf/Thür.
- [31] Elektrotechnische Zeitschrift 57. Jahrgang Heft 17, 1936
- [32] Produktinformation „Calit, Condensa, Tempa“, ca. 1938, HESCHO Hermsdorf/Thür.
- [33] Produktinformation „Rundfunk-Kondensatoren“, Februar 1938, HESCHO Hermsdorf/Thür.
- [34] Produktinformation „Feste Keramische Kondensatoren „K“- und „LS“-Ausführung“, ca. 1938, HESCHO Hermsdorf/Thür.
- [35] Produktinformation „Veränderbare Rundfunkkondensatoren“, ca. 1938, HESCHO Hermsdorf/Thür.
- [36] Handbuch Kondensatoren, Ausgabe 1969, VEB Keramische Werke Hermsdorf/Thür. - DDR
- [37] [https://de.wikipedia.org/wiki/Widerstand_\(Bauelement\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Widerstand_(Bauelement)), (Abgerufen am 01.06.2024, 13:00 Uhr)
- [38] Katalog „Keramische Halbleiterwiderstände“, Ausgabe 1978, Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf/Thür.
- [39] Katalog „Metalloxid-Varistoren“, Ausgabe 1980, Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf/Thür.
- [40] <https://www.elektronik-kompodium.de/> (Abgerufen am 01.06.2024, 13:45 Uhr)
- [41] Katalog „MANIPERM Dauermagnetwerkstoff“, Ausgabe 1977, Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf/Thür.
- [42] Handbuch Ferrite, Ausgabe 1968, VEB Keramische Werke Hermsdorf/Thür. - DDR
- [43] Katalog „MANIFER Fernmeldetechnik“, Ausgabe 1978, Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf/Thür.
- [44] Katalog „MANIFER Bauteile für Rundfunk und Fernsehen“, Ausgabe 1979/1980, Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf/Thür.
- [45] Handbuch PIEZOLAN, Ausgabe 1969/70, Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf/Thür.
- [46] <https://www.piceramic.de/de/>, PI Ceramic GmbH in Lederhose/Thür. (Abgerufen am 01.06.2024, 13:50 Uhr)
- [47] Handbuch SPEICHER, Ausgabe 1970, Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf/Thür.
- [48] https://de.wikipedia.org/wiki/Robotron_300 (Abgerufen am 01.06.2024, 13:53 Uhr)
- [49] https://de.wikipedia.org/wiki/Commodore_VIC_1001,_VIC_20,_VC_20 (Abgerufen am 01.06.2024, 13:55 Uhr)
- [50] Historische Radios Band IV Seite 185-188, 1996, Günter F. Abele, Füsslin Verlag Stuttgart, ISBN 3-9803451-7-3
- [51] <http://wiki.w311.info/index.php?title=Isolator-Zündkerzen> (Abgerufen am 01.06.2024, 13:57 Uhr)
- [52] <https://de.wikipedia.org/wiki/Dickschicht-Hybridtechnik> (Abgerufen am 01.06.2024, 14:05 Uhr)
- [53] Demuth, Walter: Die festen Isolierstoffe, 1951, Otto Meissners Verlag Schloss Bleckede a. d. Elbe
- [54] https://de.wikipedia.org/wiki/Sendeanlage_Taldom (Abgerufen am 10.11.2024, 12:00 Uhr)
- [55] <https://de.wikipedia.org/wiki/Class-D-Verstaerker> (Abgerufen am 11.11.2024, 12:45 Uhr)

13.2 Bilder

Die in diesem Beitrag gezeigten Bilder sind hauptsächlich Fotos und Katalog-Kopien von Produkten aus der Produktion der HESCHO und der KWH, sowie aus historischen Büchern oder Zeitschriften, aus der Sammlung des Autors und des VRTG e.V. und sind historische Stücke. Die Produkte und Katalog-Originale sind Sammelobjekte des VRTG e.V. und des Autors. Alle Kopien und Fotos sind selbst erstellt.

Sollte doch eine Katalog-Kopie oder der Inhalt eines Fotos gegen Kopier- oder Veröffentlichungsrechte verstoßen bittet der Autor um Information.

In der folgenden Liste werden nur die Bilder oder Kopien von Dokumenten aufgeführt, welche aus genannten [Quellen] stammen; also **nicht** eigene Fotos oder Kopien von Produkten aus HESCHO- und KWH-Produktblättern und **nicht** Fotos von Produkten aus den Sammlungen des Autors oder des VRTG e.V.:

- Bild 01: Chemieporzellan und Technische Keramik (ein Waschturm aus 1940, großer Isolator in Prüffeldhalle, Warenzeichen für Deltaglocke 1908, eine Werbetafel: Technische Keramik und Mastfußisolatoren der 50er Jahre. (Fotos aus Dokumenten des VRTG e.V. zusammengestellt)
- Bild 02: Umspannwerk auf der Insel Usedom 2023, Foto aus 2023 (Foto des Autors am Standort Usedom)
- Bild 03: Buch Freileitungsisolatoren 1845-1970 Wolfgang Böhme Böhme [09] (Einband-Vorderseite)
- Bild 04: FUNK-TECHNIK 20/1948 zum Jubiläum „25 Jahre Rundfunk“ in Deutschland [22] (Deckblatt)
- Bild 05: Hans Bredow Bild aus [22/499]
- Bild 06: Fuß eines Sendemastes , für 1500 Tonnen Mindestbruchlast [24]
- Bild 07: Abstim- und Drosselspule eines Großsenders, 3m hoch und 1m Durchmesser [24]
- Bild 08: Pardunen-Isolatoren am Funkturm eines Großsenders [24]
- Bild 14: HF Stab-Isolator, aus KWH-Katalog 1963 [27]
- Bild 20: Wasserwiderstände aus einem KWH-Katalog [28]
- Bild 26: Keramikgestell für Senderöhren von 1936 [31]
- Bild 32: Verschiedene Spulenkörper für KW-Spulen aus 1938 (Katalog HESCHO [32] aus ca. 1938)
- Bild 35: Kugelvariometer mit aufzuwickelndem Leiter [30] (aus HESCHO-Katalog ca. 1938 [30])
- Bild 48: Die erste Leiterplatte aus Keramik 1938 (Produktblatt der HESCHO ca. 1938 [32])

Autor: Ing. Peter Sperrhake, peter@sperrhake.com



Auf dem Deckblatt:
Die Oszillatorspule des 40 kW-Großmesssenders,
1942 von Rohde & Schwarz entwickelt und gebaut.
Am Originalstandort im Technischen Schauobjekt
des Vereins für Regional- und Technikgeschichte e.V.
Hermsdorf /Thür. zu besichtigen.