

Heft 4

Harald Koettnitz

Erinnerungen zum 100. Geburtstag

Hartmut Bauer

AK 20 „Geschichte der Elektrotechnik“, Dezember 2020

Harald Koettnitz

Erinnerungen zum 100. Geburtstag

Hartmut Bauer

Dresdner Hefte zur Geschichte der Elektrotechnik
Heft 4 (2020)

Schriftenreihe des VDE Dresden e.V.
Arbeitskreis AK 20 „Geschichte der Elektrotechnik“

Die Autoren veröffentlichen ohne Honorar.

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, Vervielfältigung und Übersetzung, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Impressum:

VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
VDE Dresden e.V.
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Dietmar Siegmund

Arbeitskreis „Geschichte der Elektrotechnik“
Vorsitzender: Hochschuldozent i.R. Dr.-Ing. Hartmut Bauer
Redaktionsschluss: 01.12.2020

Geschäftsstelle:
c/o TU Dresden Institut für elektrische Energieanlagen und Hochspannungstechnik
01062 Dresden
Besuchsadresse:
01069 Dresden, Mommsenstraße 12, Toeplerbau, Zimmer 109/110

Telefon: +49 351 463-34574
Telefax: +49 351 463-34533
E-Mail: vde-dresden@vde-online.de

Redaktionelle Bearbeitung: Prof. Werner Bärwald, Layout und Satz: Hartmut Bauer
Layout Umschlag: AK 20 nach einem Entwurf von Burkhard Hollwitz (IGHfT e.V.)

Druck: A-Z Druck Dresden e. K., 01187 Dresden

ISSN: 2629-7167

Erscheinungsort: Dresden, Deutschland

Vorwort

Im Jahre 2018 hat der Arbeitskreis AK 20 „Geschichte der Elektrotechnik“ im VDE Dresden beschlossen, neben den „Blauen Büchern“ (S. 89) zu besonderen Anlässen als weiteres Format in der Größe A5 die „**Dresdner Hefte zur Geschichte der Elektrotechnik**“, ISSN: 2629-7167, in unregelmäßigen Abständen zu veröffentlichen. Das Thema wird nach entsprechenden Vorlagen durch den Arbeitskreis festgelegt.

Die Themen können z. B. interessante technische Entwicklungen im Bereich Dresden, das Wirken von Elektrotechnikern, Elektronikern und Informationstechnikern in der ehrenamtlichen Verbandsarbeit, die Würdigung hervorragender Persönlichkeiten zu Jubiläen oder die Beschreibung ausgewählter Exponate in den Museen zum Inhalt haben.

Die Autoren verstehen ihre Recherchen und Publikationen als ehrenamtliche Arbeit, um Wissenswertes aufzuschreiben und somit zu erhalten und auch zur Ermutigung für kreatives Arbeiten folgender Generationen beizutragen.

Nachdem Werner Bärwald und Hartmut Bauer im Heft 1 (2019) über

„**Das Wirken der Elektrotechniker in der Kammer der Technik – Zwischen Ende und Wiedergründung des VDE im Bezirk Dresden**“, ISSN: 2629-7167,

Günter Dörfel im Heft 2 (2020) über

„**Im Sog früher kerntechnologischer Entwicklungen und Versprechen –**

Der „Schwingkondensator“ als elektro-mechanischer Verstärker zwischen Elektronenröhre und Feldeffekttransistor und dessen Nutzbarmachung im Wirtschaftsraum Dresden-Jena“

sowie Werner Bärwald und Helge Edelmann im Heft 3 (2020) über

„**Die Barkhausenbriefe – Die Rundschreiben als Zeitdokument**“

berichtet haben, wird mit diesem Heft zum 100. Geburtstag an Prof. *Koettnitz* erinnert.

Darin soll Prof. Harald *Koettnitz* als Forscher und Hochschullehrer, aber auch als uneigennütziger Wissenschaftler bei seiner ehrenamtlichen Arbeit im Rahmen der akademischen Selbstverwaltung und besonders in den Arbeitsgremien der Kammer der Technik gewürdigt werden. Sein organisatorisches Geschick, aber auch seine akribische Arbeitsweise sind besonders erwähnenswert.

Viele Fakten wurden bereits in Vorbereitung des 5. Blauen Buches (Seite 89, [1]) recherchiert. Die Einschränkung auf 10 Druckseiten im Buch und der bevorstehende 100. Geburtstag führten beim Autor 2018 zum Entschluss, ein Dresdner Heft zur Geschichte der Elektrotechnik des VDE über *Koettnitz* zu schreiben, zumal dessen ehrenamtliche Arbeit auch heute Vorbildwirkung haben dürfte. Selbstverständlich können in diesem Heft im Interesse des Gesamtbildes die bereits im Buch beschriebenen Abschnitte nicht ausgeschlossen werden.

Hartmut Bauer

Vorsitzender

des AK „Geschichte der Elektrotechnik“ beim VDE Dresden

Dresden, im Dezember 2020



H. Koettnitz

Prof. Dr.-Ing. Harald Koettnitz /TU Dresden – Archiv/

Inhalt

1	Wurzeln, Ausbildung und Berufstätigkeit	9
1.1	Kötnitzsche Wurzeln im Zeitzer Brühl	9
1.2	Ausbildung	11
1.3	Berufseinstieg bei Koch&Sterzel	12
1.4	Tätigkeit im Energiebezirk Ost	12
1.5	Dissertation	16
2	Berufung als Hochschullehrer	21
2.1	Wissenschaftliche Arbeit	21
2.1.1	Transienter Netzanalysator TNA	21
2.1.2	Dynamisches Netzmodell	26
2.1.3	Überspannungsschutz und Isolationskoordination	34
2.1.4	Störungsaufklärung und Störungsstatistik	39
2.2	Lehrveranstaltungen.....	41
2.2.1	Vorlesungen	41
2.2.2	Laborpraktikum und Rechenübungen	43
2.2.3	Lehrbücher und Lehrbriefe sowie schöpferische Erholung	46
2.2.4	Auswirkung der Hochschulreform.....	51
2.3	Betreuung von Doktoranden und Unterstützung der Betriebe	52
2.4	Akademische Selbstverwaltung	57
3	Ehrenamtliche Arbeit in der KDT	59
3.1	Vorsitz des FUA 0.3 „Koordination der Isolation“	59
3.1.1	KDT und Gründung des FUA	59
3.1.2	Vorbereitung und Leitung der Sitzungen	61
3.1.2	Arbeit am Standard TGL 20445	65
3.2	Mitarbeit in anderen Fachunterausschüssen	75
3.3	Vorträge und Beantwortung von Anfragen	75
4	Verzeichnis der Abkürzungen	79
5	Personenverzeichnis	81
6	Quellen, Publikationen und Normen	83
6.1	Quellen	83
6.2	Ausgewählte Publikationen.....	84
6.3	Normen	86
Epilog und Dank		87
Autor		88
Bisher veröffentlichte „Blaue Bücher“ und Dresdner Hefte		89

1 Wurzeln, Ausbildung und Berufstätigkeit

1.1 Köttnitzsche Wurzeln im Zeitzer Brühl

Harald Curt *Koettnitz* wird am 5. November 1919 in Braunschweig / Niedersachsen als Sohn des Chemikers Dr. phil. Curt *Koettnitz* geboren. Wurzeln des Namen *Köttnitz* sind auch im Zeitzer Bürgerhaus Brühl 11¹ (Bild 1) zu finden. Auffällig sind der Erker und das Portal (Bild 2).



Bild 1: Seckendorffsches Palais in Zeitz, Brühl 11



Bild 2: Erker und Portal zur Einfahrt in den Innenhof des Seckendorffschen Palais Brühl 11

¹ Der Brühl ist der älteste Stadtteil von Zeitz. Das Bürgerhaus **Brühl 11** wurde im Jahre 1508 gebaut. Es ist als Seckendorffsches Palais bekannt. Die Bezeichnung „Köttnitzches Haus“ war nur Anfang des 20. Jahrhunderts anzutreffen.

Das Seckendorffsche Palais ist eines der bedeutendsten Bürgerhäuser von Zeitz. Seit 1560 waren Minister, Kanzler, Hofräte, Bürgermeister, Stadtrichter und Ärzte dessen Besitzer.

Der Bekannteste, der Kanzler des Herzogs Moritz von Sachsen-Zeitz, Veit Ludwig von *Seckendorff*² ließ diesen Renaissancebau im 17. Jahrhundert als fürstliches Palais aufstocken und besonders im Inneren im Barockstil umgestalten.

Der Kauf dieses Bürgerhauses durch Sanitätsrat Dr. *Köttnitz* war die Grundlage für den Namen „Köttnitzsches Haus“. Anfang des 20. Jahrhunderts war das frühbarocke Bürgerhaus Brühl 11 im ältesten Stadtteil von Zeitz auch unter diesem Namen bekannt. Dieser Name hat sich nicht erhalten, so dass man es heute wieder als Seckendorffsches Palais kennt.

Nach dem zweiten Weltkrieg war das Seckendorffsche Palais, wie viele Gebäude in der DDR, in eintönigem Grau unauffällig. Durch die Restaurierung um 1960 wurde es mit dem Renaissanceerker wieder ein auffälliger Glanzpunkt gegenüber den anderen verfallenden Wohnhäusern des Brühl (Bild 3).

Für die Nutzung des Gebäudes war die bekannte Zeitzer Musikschule „*Anna Magdalena Bach*“³ bereits vor der Wende favorisiert, nach 1990 schriftlich fixiert, aber nicht realisierbar wegen des Streits zwischen Stadt und Land. Heute befindet sich die Musikschule am Nicolaiplatz 1-3.

Die Köttitzerben verkaufen das Gebäude am 01.11.1992 an die Zeitzer Baufirma Müller & Wolf (ca. 400 Beschäftigte) [13], die Ende 1993 wegen schleppender Zahlungseingänge Konkurs angemeldet hat.

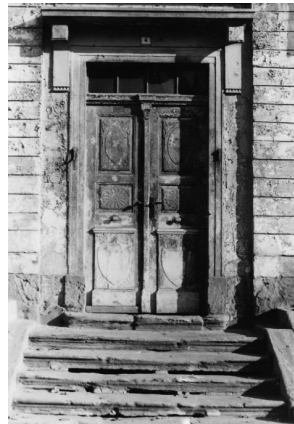


Bild 3: Verfall des Gebäudes
Brühl 4 /Foto: H. Bauer/

Die Restaurierung 1996 lässt es, von außen betrachtet, wieder ansehenswert entstehen (Bild 1), allerdings ohne den Innenhof und die Räume im alten Glanz erstrahlen zu lassen. Um den Einbau moderner Wohnungen zu ermöglichen, werden zum Entsetzen der Denkmalschützer die Doppeltüren einschließlich des Türfutters entfernt. Auch im Innenhof fehlen die offenen hölzernen Wandelgänge in den Etagen. Zurzeit wird das Gebäude für die Unterbringung von Asylbewerbern genutzt.

Als *Koettnitz* von seinem Mitarbeiter *Bauer* bei einem Gespräch erfährt, dass dieser aus Zeitz stammt, landet das Gespräch nach kurzer Zeit beim Haus Brühl 11. *Koettnitz* berichtet, dass es ihm auch als „Köttnitzsches Haus“ bekannt ist und sein Großvater, der Geheimrat *Koettnitz*, dort gewohnt hat. Schmunzelnd erzählt er *Bauer* von dessen täglicher Bahnfahrt. Der Geheimrat war Besitzer einer Grube mit Teerfabrik im Weißenfelser Kohlerevier und fuhr jeden Tag mit dem Zug Richtung Weißenfels - vermutlich zur Grube *Paul II* bei Deuben. Dazu lief er vom

² Veit Ludwig von *Seckendorff* (*20.12.1626 Herzogenaurach, †18.12.1692 in Halle/Saale) war Kanzler des Herzogs von Sachsen-Zeitz.

³ Anna Magdalena *Bach* (*22.09.1701 in Zeitz, †27.02.1760 in Leipzig), geboren als Anna Magdalena *Wilcke*, war eine deutsche Sängerin (Sopran) und die zweite Ehefrau von Johann Sebastian Bach.

Brühl über die Brücke der Weißen Elster zum Bahnhof. Er war stets pünktlich bis auf seltene Ausnahmen. Da er sehr bekannt war und hohes Ansehen genoss, wartete in solch einem Fall der Bahnhofsvorsteher bei Erreichen der Zugabfahrtszeit auf dem Bahnsteig, um den wenige Minuten verspätet nahenden Geheimrat zu begrüßen, seine Abteiltür zu öffnen und ihm beim Einsteigen behilflich zu sein. Sofort danach konnte er den Zug abpfeifen und die schwere Dampflock setzte den Zug schnaufend in Bewegung.

Bauer konnte von Wochenendreisen zwischen Dresden und Zeitz berichten. Laut Fahrplan betrug die Fahrzeit Leipzig-Dresden (120 km) drei Stunden und 20 Minuten, nicht selten bis zu fünf Stunden. Zwischen Wurzen und Oschatz (27 km) fuhr der Zug eine Stunde.

Bei einer großen Verspätung des Zuges aus Dresden hatte er den in Leipzig zufällig auch verspätet abfahrenden Zug nach Zeitz doch noch erreicht. Beim langsamen Vorbeirollen des bereits anfahrenden Zuges am Treppenaufgang aus dem Tunnel fragte der freundliche Dampflockführer: „Na, willst’ d noch mit?“ *Bauer* nickte und stieg in den verhalten fahrenden Zug ein und der Lokführer beschleunigte wieder. Das war gering gefährlich, denn die Wagen der Personenzüge hatten vor den Abteiltüren Trittbretter und Haltegriffe. Die nutzte der Schaffner, wenn er zur Fahrkartenkontrolle während der Fahrt außerhalb des Waggons von Abteil zu Abteil gelangen wollte – bei jedem Wetter.

Sonntagabend war der Bahnsteig in Leipzig, Richtung Dresden, oft übervoll. Die meisten Wartenden waren Studenten und Soldaten. Nach Weihnachten und Ostern war es besonders kritisch, so dass auch das Klettern durch ein geöffnetes Waggonfenster eine Option wurde.

1.2 Ausbildung

Koettnitz besucht die Grundschule in Halle/Saale und wechselt danach an das König-Albert-Gymnasium in Leipzig. Nach dem Abitur am 16.03.1937 beginnt er den Arbeitsdienst und die Praktikantenlehrzeit.

Er wird 1938 an der Mechanischen Abteilung der TH Dresden als Student der Fachrichtung Allgemeine Elektrotechnik immatrikuliert und erwirbt den ersten akademischen Grad mit einer Diplomarbeit bei *Binder*⁴ [7]

Nach seinem Studium arbeitet er vom 01.11.1944 bis zum 01.05.1945 als wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Starkstrom und Hochspannungstechnik der TH Dresden. Diese Tätigkeit ermöglichte ihm einen tieferen Einblick in Forschungsmöglichkeiten in der 1931 fertiggestellten Hochspannungshalle als während des Studiums. Diese Halle mit einer dreistufigen 1000-kV-Wechselspannungs-Prüfanlage, war das modernste Hochspannungslaboratorium zu dieser Zeit.

⁴ Prof. Ludwig *Binder* (*26.05.1891 in Ingolstadt, † 12.09.1958 in Dresden), Industrietätigkeit 15 Jahre mit Schwerpunkt elektrische Maschinen, 1919 Berufung als Professor für Elektromaschinenbau und Hochspannungstechnik an die TH Dresden, experimentelle Untersuchung des Phänomens von Wanderwellen an der 700 m langen 110-kV-Versuchsleitung auf dem TH-Gelände, 1925-1926 Vorsitz VDE Bezirksverein Dresden, 1928 Direktor des Instituts für Elektromaschinenbau und elektrische Anlagen, 1931 Fertigstellung der Hochspannungshalle, 1931 Wahl zum Rektor, 1951 Nationalpreis der DDR, 1953 Name „Binder-Bau“ für das Institutsgebäude, 1958 Ehrendoktor der TH Ilmenau.

1.3 Berufseinstieg bei Koch&Sterzel

Bei **Koch**⁵ & **Sterzel**⁶ [7], dem 1904 gegründeten bekannten Betrieb für Medizin- und Elektrotechnik⁷ [6, S. 121-139], beginnt *Koettnitz* am 15.05.1945 als Prüffeld-Ingenieur zu arbeiten. Er entwickelt sich zum Konstrukteur für Strom- und Spannungswandler.

Bei seiner knapp vierjährigen Ingenieur­tätigkeit bei *Koch & Sterzel* ist *Koettnitz* außerordentlich produktiv. Er entwickelt Formeln zur Berechnung der Welligkeit und des Spannungsabfalls von *Greinacher* Vervielfachungsschaltungen mit Mehrfacheinspeisung und führt für die Bemessung und Konstruktion der Stoßspannungs- und Stoßstromanlagen die notwendigen Berechnungen durch.

1946 wird er in die Sowjetische Konstruktionsabteilung bei *Koch & Sterzel* (S)KTB21 als Konstrukteur für physikalische Hochspannungs- und Röntgenapparate eingegliedert und dort ab 01.11.1947 als Oberkonstrukteur eingesetzt.

Im Jahr 1948 hat er Unterlagen zu Röntgenapparaten für Grobstruktur-Materialuntersuchungen in einem 272seitigen Bericht mit 108 Abbildungen zusammengestellt. An fünf Arbeitsplätzen steht eine Röntgengrobstruktur-Untersuchungsanlage mit 200 kV zur Verfügung und auch eine leistungsstärkere für 400 kV wird gebaut.

1.4 Tätigkeit im Energiebezirk Ost

Seit dem 1. Januar 1949 arbeitet *Koettnitz* als wissenschaftlicher Mitarbeiter für den Hochspannungsnetzbetrieb in der Hauptdirektion Dresden des Energiebezirks Ost. Am 01.07.1952 wird er in die Technisch-wissenschaftliche Zentralstelle TWZ für die Energiebetriebe des Verbundnetzes Ost übernommen, die danach als Institut für Energetik IfE 1953 in Halle/Saale gegründet und 1958 nach Leipzig verlegt wird.

Während der zweieinhalbjährigen Tätigkeit im Energiebezirk Ost untersucht *Koettnitz* Möglichkeiten für eine bessere Überwachung des Netzbetriebes [29]. Um die zunehmende Oberschwingungsbelastung der Netze besser einschätzen zu können, entwickelt er bereits zur damaligen Zeit (1952) ein Gerät zur Messung der Oberschwingungen mit drei Messkanälen [30].

In der TWZ bzw. im IfE widmet er sich von 1952 bis 1958 besonders der Aufklärung von Störungen, um aus der wissenschaftlichen Analyse Maßnahmen zur Erhöhung der

⁵ Direktor Prof. Dr.-Ing. e.h. Franz Joseph **Koch** (1872-1941) beeinflusste als Kaufmann maßgeblich die Entwicklung der Röntgentechnik, 01.10.1904 mit befreundetem Sterzel Gründung der Firma Koch & Sterzel, 1913 Ernennung zum Professor, 1925 Ehrendoktorwürde der TH Dresden, 1929 Ehrensenator TH Stuttgart.

⁶ Direktor Dr.-Ing. Kurt August **Sterzel** (*11.06.1876 in Chemnitz, † 15.05.1960 in Hof/Saale). Patente zur Röntgentechnik, entwickelt mit Koch die Firma zum bedeuteten Spezialbetrieb für Medizin- und Elektrotechnik, 1922 Promotion, erfolgreiche Entwicklungen zur Hochspannungsprüftechnik und zur Röntgentechnik.

⁷ Die Firma **Koch & Sterzel** wird nach dem zweiten Weltkrieg als VEB Transformatoren- und Röntgenwerk TuR Dresden weitergeführt. Im Jahre 1991 wird der Betrieb ohne die Produktion der Messwandler von der Siemens AG übernommen. Der Geschäftsbereich Hochspannungsprüftechnik wird 1995 ausgegliedert und als selbständige Unternehmen HIGHVOLT Prüftechnik GmbH geführt [4].

Zuverlässigkeit des Netzbetriebes und seiner Betriebsmittel abzuleiten. Beispielsweise untersucht er mit Akribie die Ausfälle von Überspannungsableitern (Bild 4) [31].



Bild 4: Zersprengte Überspannungsableiter /Dissertation Koettnitz [18]/

Die Überspannungsableiter haben die Aufgabe, in der Schaltanlage Ladungsanteile der Blitzströme über einen möglichst geringen Widerstand gegen Erde abzuleiten und dadurch die Überspannung am Transformator als Folge eines Blitzeinschlages in die Freileitung zu begrenzen.

Dazu wäre idealerweise bei normaler Betriebsspannung ein unendlich hoher Widerstand erforderlich, der bei Überspannung auf Null reduziert wird, also eine nicht lineare Abhängigkeit des Stromes von der Spannung entsprechend

$$i = k \cdot u^n \quad \text{mit sehr großem Exponenten } n. \quad (1)$$

Heutige Metalloxidableiter erreichen $n > 30$, so dass bei Überspannungen infolge Blitzeinschlags durch den Ableiter Stoßströme von 10 kA gegen Erde abgeleitet werden und anschließend bei Anliegen der Betriebsspannung nur weniger als 1 mA zur Erde abfließen, so dass keine Unterbrechung dieses Folgestromes erforderlich ist.

Damalige Ableiter hatten nichtlineare Widerstände aus Siliziumcarbid mit $n \approx 4$ bis 7. Deshalb waren bei anliegender Betriebsspannung noch Folgestrome von 200 A zu erwarten, die selbstverständlich durch sogenannte Löschfunkenstrecken unterbrochen werden müssen. Demzufolge war ein Ableiter aus mehrfachen Widerstandsscheiben und mehrfachen Teilfunkenstrecken in wechselnden Lagen aufgebaut.

Um die Zuverlässigkeit des Überspannungsschutzes zu verbessern, sind die Überspannungsableiter bezüglich Parameter und Einsatzort optimal auszuwählen. Dazu ist das Verständnis der wanderwellenartigen Ausbreitung der durch Blitz verursachten Überspannungen und deren Berechnung erforderlich. Um eine breite Anwendung des von *Bergeron* entwickelten Stoßkennlinien-Verfahrens zu ermöglichen, bereitet *Koettnitz* dieses Verfahren in Form eines IFe-Berichtes (Bild 5) für die breite ingenieurmäßige Anwendung auf [16].

INSTITUT FÜR ENERGETIK
Abteilung Hochspannung und Übertragung

Technischer Bericht

No. 3/66/74 Datum: 1.11.1954 Bearbeiter: Dr.-Ing. H. Koettnitz

DK: 530.551.43:621.3.015.19:032

Das Stoßkennlinienverfahren nach Bergeron

Inhaltsübersicht

1. Einleitung und Aufgabenstellung	3
2. Theoretische Grundlagen	8
3. Der Gebrauch des Bergeron-Verfahrens	5
3.1 Die Anlaufspannung	5
3.2 Die Leitungselemente im Bergeron-Diagramm	5
3.2.1 Leitungsknoten im Leitungsraum	5
3.2.2 Leitungsenden	8
3.2.3 Leitungsverzweigung	9
4. Beispiele für die Anwendung des Bergeron-Verfahrens	10
4.1 Weitere Anwendungen	14
4.2 Zusammenfassung	14
4.3 Literaturangaben	15
4.4 Verzeichnis der Bildnummern	16

Hans Pundt
Dipl.-Ingenieur
DRESDEN A 21
Verfahrensteil 20

anz: Bilder 1...17. Beilage 1...13)

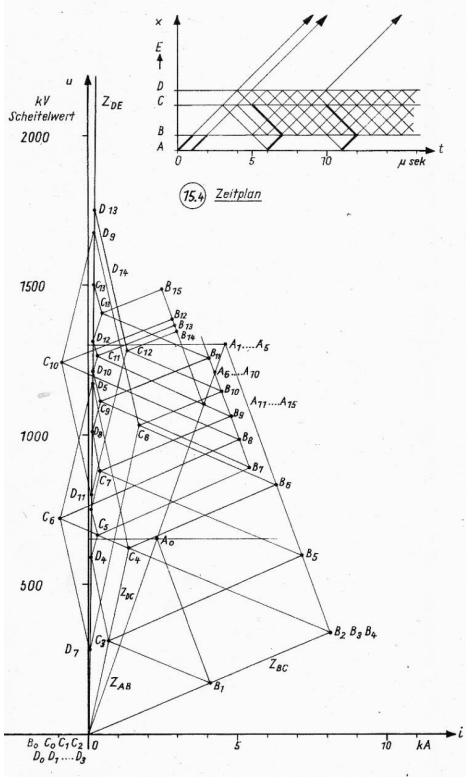
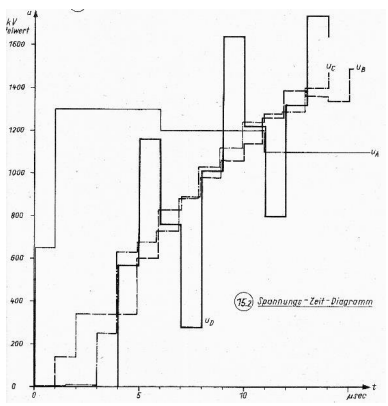
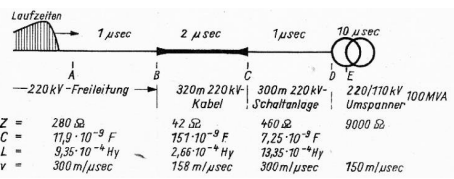


Bild 5: Stoßkennlinienverfahren nach Bergeron [16], Inhaltsverzeichnis, Leitungsplan für ein Beispiel, Zeitplan, Spannungs-Strom-Diagramm und Spannungs-Zeit-Diagramm (im Uhrzeigersinn links oben beginnend)

Bei diesem graphischen Lösungsverfahren erhält man jeden neuen Spannungszustand an einem Knotenpunkt aus der zeitgleichen Überlagerung einer vorlaufenden mit einer rücklaufenden Welle.

Schwerpunkt ist das Bergeron-Diagramm $u(i)$ und dessen exakte zeichnerische Umsetzung zur Bestimmung der Schnittpunkte aus den jeweils beiden Geraden (lineare Gleichungen für die vorlaufende und rücklaufende Welle) auf großen Zeichenblattformaten, um als Ziel das Oszillogramm $u(t)$ mit genügender Genauigkeit zu erhalten.

Bemerkenswert ist, dass dieses Verfahren von *Bergeron* für die Berechnung der Druckverhältnisse bei Ausbreitung von Stoßwellen in Wasserrohren unterschiedlicher Durchmesser entwickelt wurde⁸. Auch beim Überspannungsableiter (Ventilableiter) ist es die Nutzung des Grundgedankens eines Überdruckventils am Dampfkessel, wo durch diese definierte Schwachstelle ein Bersten des Kessels vermieden wird.

Aufbauend auf diesen Berechnungsgrundlagen für die Wanderwellenausbreitung bei einem Blitzschlag (Bild 5) [16] werden vom IfE Richtlinien für Wahl, Einbau und Erdung von Ableitern veröffentlicht. Damit erhalten die Netzbetreiber konkrete Hinweise, um den Überspannungsschutz zu verbessern [17].

*Schulze*⁹ [7], der *Koettnitz* ans IfE geholt hatte, orientiert beim Schutz von Schaltanlagen nicht nur auf die Abstufung des Schutzpegels (Stoßansprechspannung und Restspannung des Ableiters) unterhalb des Stoßpegels (durch Prüfung nachgewiesene Stoßspannungsfestigkeit der zu schützenden Betriebsmittel). Er ging davon aus, dass ein Ableiter auch überlastet werden oder versagen kann und demzufolge Isolationsschäden nicht immer ausgeschlossen werden können. In diesem Fall soll der Schaden jedoch nicht am Transformator, dem teuersten Betriebsmittel, entstehen. Deshalb wurde Transformatoren eine erhöhte Spannungsfestigkeit (oberer Stoßpegel P_o) im Vergleich zu den übrigen Betriebsmitteln (unterer Stoßpegel P_u) zugeordnet. Diese Unterscheidung wird auch noch heute zwischen äußerer, innerer sowie Pol-Pol-Isolierung aufgrund der zu erwartenden Schadenswirkung für Hochspannungsanlagen angewendet.

Als weitere Idee wurde darauf orientiert, dass die Leiter zwischen Ableiter und Transformator auf Spannungs- und Erdungsseite die gleiche Länge haben, um Laufzeitunterschiede zwischen begrenzter Spannungswelle und Abbauwelle und somit höhere Spannungen am Transformator zu vermeiden.

Trotz des entsprechend der Richtlinie optimalen Einsatzes der Überspannungsableiter, sind diese jedoch oftmals selbst Quelle von Störungen, so dass deren Schäden (Bild 6) weiter zu untersuchen waren.



Bild 6: Beschädigte Widerstandsscheiben von Überspannungsableitern [18]

- Überschläge bei hohen Stoßströmen wegen zu geringem Exponenten $n \approx 1 \dots 2,5$ (links),
- durch dauernden Ableitstrom hohe Temperatur ergibt Blasenbildung und „taube“ Scheiben (Mitte),
- durch Feuchtigkeit korrodierte Scheiben führen zu thermischem Durchschlag (rechts).

⁸ *Bergeron*, L.: Du coup de bellier en hydraulique an coup de founder en électricité. Dunod, Paris, 1950

⁹ Prof. Dr.-Ing. Hermann *Schulze* (*31.12.1895 in Halle/Saale, † 02.03.1985 in Dresden), 1923 Promotion an der TH Hannover, 1945 Betriebsingenieur bei der Kraftwerk-Sachsen-Thüringen AG Auma, 1953 Leiter der Abteilung Hochspannung und Übertragung des IfE Halle, 1954 Titularprofessor und 1956 bis 1967 Professor mit Lehrstuhl für Elektrizitätsversorgung, Kraftwerkseinrichtungen und -anlagen, sowie 1960 bis 1962 Dekan der Fakultät für Elektrotechnik an der TU Dresden.

Da die damaligen Überspannungsableiter auf der Basis von Siliziumcarbid Funkenstrecken zur Löschung des Reststromes erfordern, waren sie relativ störanfällig. Deshalb untersucht *Koettnitz*, wie deren Ansprechspannung in regelmäßigen Abständen zu prüfen ist, um zufällige Ausfälle zu reduzieren [32]. Diese Untersuchungen erfolgen mit wissenschaftlicher Gründlichkeit, so dass er dazu eine Dissertation an der TH Dresden einreichen kann.

1.5 Dissertation

Am 11. Mai 1954 promoviert *Koettnitz* an der Fakultät für Elektrotechnik der TH Dresden mit einer Dissertation [18] „Überprüfung von Überspannungsableitern mit Wechselspannung“ (Bild 7).

Da die Anzahl der Ausfälle keine Abhängigkeit von den Betriebsjahren erkennen ließ (Bild 8), hat er untersucht, durch welche Einflüsse die Ansprechwechselfspannung eines Ableiters verändert wird (Bild 9).

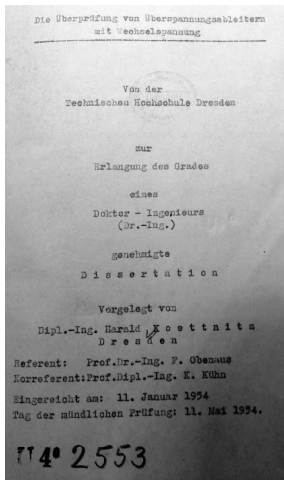


Bild 7: Deckblatt der Dissertation

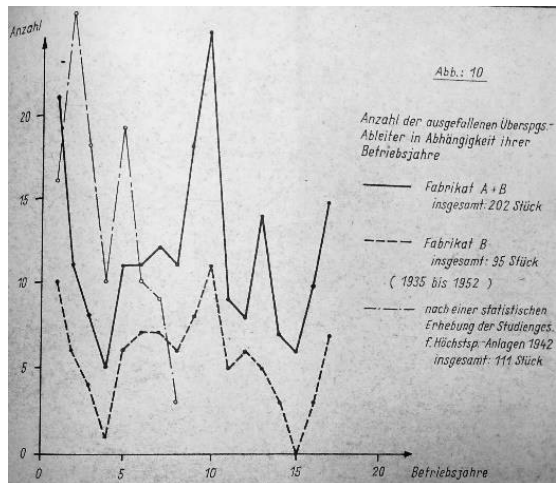


Bild 8: Anzahl ausgefallener Ableiter, abhängig von den Betriebsjahren



Bild 9: Platten der Löschkunfenstrecken von Überspannungsableitern [18]

- nach 3 bis 4 Stoßströmen ist Ansprechspannung um 25% gesunken (links)
- nach mehr als 100 Ableitströmen ist Ansprechspannung um 12% gesunken (Mitte)
- nach Glimmentladungen infolge zu hoher Betriebsspannung sind Scheiben „taub“ (rechts)

Eine geringe Ansprechspannung kann zum Ansprechen während eines Erdschlusses und damit zur Zerstörung des Ableiters führen, denn diese Ventilableiter können Wechselspannungsbelastungen nicht begrenzen, sondern sie werden nach kürzester Zeit energiemäßig überlastet und thermisch zerstört.

Um als Ziel zufällige Störungsausfälle der Ableiter einzuschränken, analysiert *Koettnitz*, welcher prozentuale Anteil der Ausfälle in Abhängigkeit von der Ansprechspannung zu beobachten ist. Für die Ergebnisse wählt er eine Darstellung, die eine rasche Übersicht ermöglicht und dabei auch Details enthält (**Bild 10**).

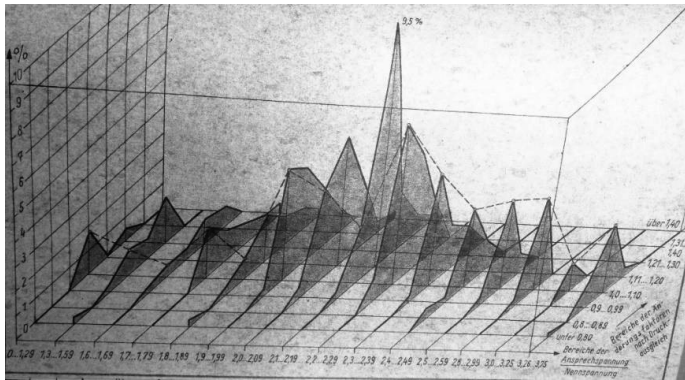


Bild 10: Dreidimensionale Darstellung des prozentualen Anteils der Ableiterausfälle in Abhängigkeit von den Bereichen der Ansprechspannung und von den Bereichen der Änderungsfaktoren bei Druckausgleich [18]

Heute liefert der Rechner in kürzester Zeit derartige dreidimensionale Darstellungen.

Koettnitz musste mit Rechenschieber rechnen, danach auf Papier zeichnen und abschließend mit Tusche auf pausfähiges Transparentpapier übertragen, wobei Korrekturen

auf dem Transparentpapier nur mit Rasierklinge und speziellem Glasfaserpinsel möglich waren. Für die heutige Generation von Wissenschaftlern vermutlich unvorstellbar!

In der Hochspannungstechnik kann bei der Darstellung der Wahrscheinlichkeitsdichte des Durchschlagverhaltens in Abhängigkeit von der Spannung oft eine Gaußverteilung erwartet werden. Hat diese Verteilung mehrere Gipfel, werden unterschiedliche Durchschlagmechanismen als Ursache vermutet. Es ist anzunehmen, dass **Obenaus**¹⁰ [7] ihn ermutigt hat, das für die Ausfallursachen von Ableitern zu prüfen (**Bild 11**).

Insgesamt wurden 780 von 3000 Ableitern ausgewählt, deren Ansprechwechselspannung U_{aw} mehr als 10% vom Sollwert abweichen.

¹⁰ Prof. Dr.-Ing. Fritz **Obenaus** (*09.12.1904 in Dresden, † 20.01.1980 in Dresden), 1929 Diplomarbeit über Kathodenstrahlzilograph, 1933 Dissertation zum Einfluss des Oberflächenbelags auf die Überschlagnspannung von Freileitungsisolatoren, 1935 Oberingenieur und Versuchsfeldleiter, 1941 Abteilungsdirektor sowie 1945 Leiter der Technischen Abteilung und später Chefkonstrukteur im Keramischen Werk Hescho-Kahla der Elektrotechnischen SAG Hermsdorf, 1951 bis 1968 Professor mit Lehrstuhl und Direktor des Instituts für Starkstrom und Hochspannungstechnik sowie 1952 bis 1954 Dekan der Fakultät für Elektrotechnik an der TH/TU Dresden.

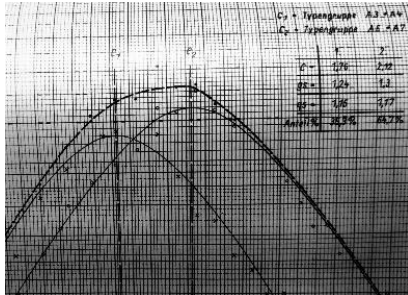


Bild 11: Analyse, ob eine mehrgipflige Gaußverteilung auf unterschiedliche Ausfallursachen hinweist [18]

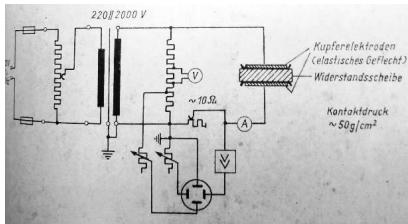


Bild 12: Messschaltung zur Analyse der Widerstandsscheiben [18]

Zur Messung der Widerstandsscheiben wird eine Schaltung mit Kathodenstrahloszilloskop entwickelt (Bild 12).

Für die zwei untersuchten Fabrikate, bei einem Fabrikat unterteilt nach Innenraum- und Freiluftausführung, wird der Ableitstrom abhängig von der anliegenden Wechselspannung gemessen (Bild 13). Ergänzt werden auch die Hystereseschleifen fotografiert.

Neben dem Messaufwand ist hierbei der manuelle Aufwand für die Dokumentation beachtenswert. In die von der originalen Transparentversion angefertigten Pausen (Belichtung und anschließende Entwicklung im Salmiaknebel) klebte Koettnitz in die einzureichenden Belegexemplare die Fotoabzüge (siehe auch Bilder 4; 6; 9 und 13).

Die Ansprechspannung wird im Wesentlichen durch zwei Vorgänge verändert:

1. Strommarken auf den Platten
2. Veränderung des Innendrucks durch Änderung der Gaszusammensetzung.

Ein Unterdruck konnte infolge der Oxidation der Widerstandsscheiben durch O₂-Entzug entstehen.

Ein Überdruck ist durch thermische Überlastung und damit verbundene Gasabspaltung von H₂, CO und CO₂ möglich.

Ein Innendruck zwischen 0,2 bis 2,0 atm ergibt nach dem Paschen-Gesetz eine Ansprechwechselfspannung $U_{aw} = (0,6 \dots 1,3) \cdot U_{aw}(1,0 \text{ atm})$.

Die Hystereseschleife konnte aus der u-i-Charakteristik ermittelt werden und ließ Rückschlüsse auf den Feuchtigkeitsgehalt der Scheiben zu. Aus den Untersuchungen werden von Koettnitz folgende Schlussfolgerungen gezogen:

- Durch Prüfung der Ansprechwechselfspannung in wirtschaftlich angemessenen Zeitabständen ist eine hinreichend genaue Erfassung kranker Überspannungsableiter möglich.
- Die Prüfung der u-i-Charakteristik mit Wechselspannung am Kathodenstrahloszilloskop ermöglicht die Bestimmung der Feuchtigkeit der Scheiben und damit des Folgestromes und der Löschfähigkeit der Löschfunkenstrecke.

In der Zusammenfassung schreibt Koettnitz: „Eine systematische Großzahluntersuchung und Überprüfung ausgefallener oder in der Ansprechcharakteristik veränderter Überspannungsableiter weist die Zweckmäßigkeit der regelmäßigen Wechselspannungsprüfungen nach. Dabei werden gleichzeitig die Ursachen dieser Veränderungen und ihre Gesetzmäßigkeit untersucht [18].“

Die Dissertation enthält 40 Tabellen und 156 Bilder. Ein Großteil der sorgfältigen Messungen wurde im Prüffeldlabor des UW Silberstraße mit Unterstützung des Leiters *Hechel* und seiner Mitarbeiter durchgeführt. Die umfangreichen betrieblichen Maßnahmen zur Außerbetriebnahme und zum kurzfristigen Ausbau der Ableiter wurden von **Lehmann**¹¹ [7] unterstützt.

Da die damaligen Überspannungsableiter mit einer über 14 Betriebsjahre gemittelten jährlichen Ausfallrate von 0,5 % Anlass zur Sorge im Bestreben für eine zuverlässige Elektroenergieversorgung gaben und allein von 1950 bis 1952 insgesamt 96 Ableiter ausgefallen waren, davon 52 durch äußere und 34 durch innere Überspannungen sowie 10 durch mechanische Einflüsse, war man an den Untersuchungen von Koettnitz stark interessiert.

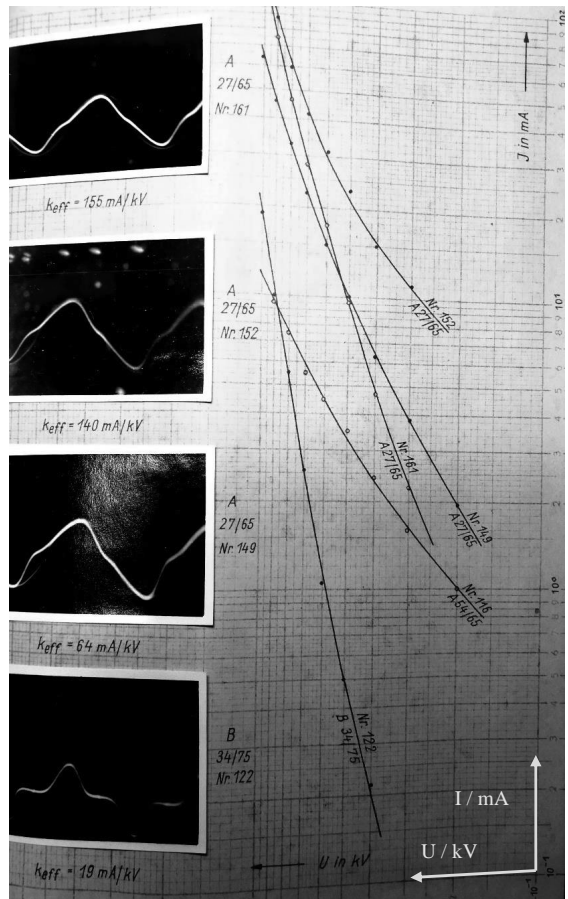


Bild 13: Analyse der Abhängigkeit des Ableitstromes von der anliegenden Spannung mit Kontrolle der Spannungsform [18]

¹¹ Dr.-Ing. Gustav **Lehmann** (*29.11.1891 in Gnaschwitz, † 06.10.1969 in Dresden) leitete ab 1921 den Aufbau der 110-kV- und 30-kV-Netze in Westsachsen, 1932 Promotion zu Blitz einschlägen in Hochspannungsleitungen, 1925 Betriebsleitung des westsächsischen Übertragungsnetzes der ASW und Oberingenieur, 1934 Abteilungsleiter für Leitungsnetze, 1948 Technischer Direktor im Energiebezirk Ost, 1946 erster Vorsitzender des Bezirksausschusses Dresden der KdT, gründete den KDT-AA „Geschichte der Elektroenergie“, 1952 Gründung der wissenschaftlich-technischen Zentrale (WTZ) bei der VVB Energiewirtschaft in Dresden zur Zentralisierung der wissenschaftlichen und Forschungsarbeiten mit Leiter Schulze und Mitarbeitern Koettnitz, Hiecke und Relaisingenieur Ulbricht auf Vorschlag Lehmanns, 1954 Technischer Direktor des VEB Energieversorgung Dresden (EVD), Mitglied des VDE/ABB bis 1961, erhielt Vaterländischen Verdienstorden der DDR und Goldene Ehrennadel der KDT.

Deshalb widmeten sowohl *Lehmann* als auch *Obenaus* den Arbeiten ihr förderndes Interesse und *Koettnitz* erhielt die Möglichkeit, an der Technischen Hochschule Dresden bei *Obenaus* seine Dissertation einzureichen.

Diese Diagnosemaßnahme ermöglichte den Einsatz der Ventilableiter mit einer akzeptablen Ausfallrate. Erst mit Ablösung der Ventilableiter durch funkenstreckenlose Metalloxidableiter konnte auf diesen Aufwand verzichtet werden. Die letzten Überprüfungen an 110-kV-Ventilableitern fanden bei der Thüringen Energie AG (TEAG) bis 2008 statt.



Bild 14: Abriss der Montagehäuser vom ehemaligen Institut für Elektrische Energieanlagen IEA zwischen Münchener Straße 20 und Hübnerstraße 25 (s. Seite 30) /Foto: H. Bauer 23.12.2003/

2 Berufung als Hochschullehrer

2.1 Wissenschaftliche Arbeit

2.1.1 Transienter Netzanalysator TNA

Mit dem Ruf 1958 an die TH Ilmenau und 1960 an die TH Dresden kann sich *Koettnitz* noch intensiver auf die wissenschaftliche Durchdringung der Berechnung elektrischer Netze konzentrieren. Er analysierte in Ilmenau unsymmetrische Belastungen und untersuchte Schiefasten in Energieversorgungsnetzen [33], [34].

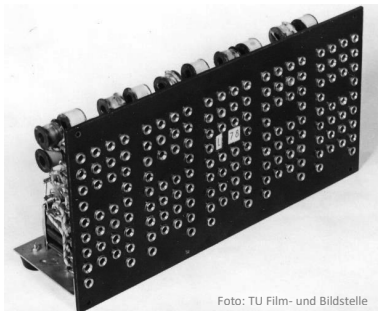


Foto: TU Film- und Bildstelle

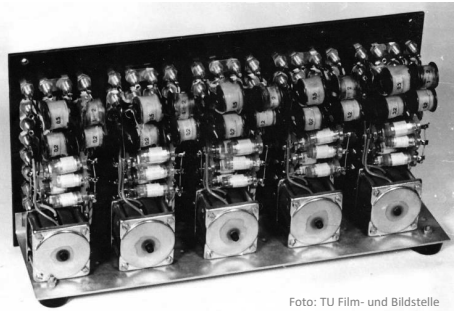


Foto: TU Film- und Bildstelle

Bild 15: Freileitungsbaustein mit fünf Elementen nach Bild 16, Frontseite (links) und Rückseite

Für die Berechnung von Überspannungen mit langsamen Anstieg (früher: innere Überspannungen bzw. Schaltüberspannungen) stand noch keine digitale Rechentechnik zur Verfügung, so dass sich *Koettnitz* mit *Freyer*¹² auf die Entwicklung eines Transienten Netzanalysators TNA [35] mit dreipoligem Leitungsmodell einschließlich Erdrückleitung sowie Modellen für Leistungsschalter, Überspannungsableiter und Transformator konzentriert. Damit können die Spannungen beim Ein- und Wiedereinschalten auf langen 380-kV-Leitungen bestimmt werden.

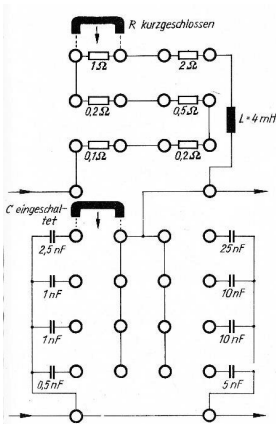


Bild 16: Schaltung eines Freileitungsbausteins

Grundlage sind die Leitungsbausteine für die Modellierung von Freileitungen (Bild 15). Um das Verhältnis von Induktivitätsbelag und Kapazitätsbelag an unterschiedliche Freileitungen anpassen zu können, ist jeder Baustein als L-Element mit fester Induktivität von 4 mH aufgebaut, an die eine variable Kapazität zwischen 0,5 und 55 nF angeschlossen werden kann (Bild 16). Diese Anschaltung der Kapazitäten erfolgt mit Hilfe von damals üblichen UKW-Flachband-

¹² Prof. Dr.-Ing. habil. Richard *Freyer* (* 19.02.1937 in Chemnitz), 1962 bis 1980 wiss. Mitarbeiter und Oberassistent am IEEA, 1965 Promotion, 1969 Habilitation, 1970 Dozent für Elektrische Systeme an der IHS Dresden, 1985 wiss. Mitarbeiter bei Carl Zeiss Jena, 1987 Dozent und 01.10.1992 bis 31.03.2002 Prof. für Biomedizinische Technik und Direktor des gleichnamigen Instituts an der Fakultät für Elektrotechnik der TU Dresden.

steckern, die zwischen beiden Steckkontakten eine Kurzschlussbrücke enthält. In ähnlicher Weise konnte der Widerstandsbelag von 4Ω auf den Restwiderstand der Induktivität reduziert werden. Jeweils fünf derartiger Bausteine waren auf einer Pertinax-Platte (Faserverbundwerkstoff, Hartpapier) montiert, die in ein Rahmengestell eingeschoben wurden.

Leitungen werden durch die Reihenschaltung von π -Gliedern modelliert. Dazu werden die L-Glieder genutzt, indem an den Enden der Leitung jeweils $C/2$ gesteckt wird. Um eine möglichst homogene Leitungsnachbildung mit diesen diskreten Leitungsbausteinen zu erreichen, sind mindestens 16 π -Glieder zusammenzuschalten.

Als wichtiger Baustein für die Untersuchung innerer Überspannungen war ein realitätsnahes Modell des Leistungsschalters zu entwickeln. Dazu wurde ein ideales Schaltermodell mit Hilfe eines Steuergerätes angesteuert (Bild 17).

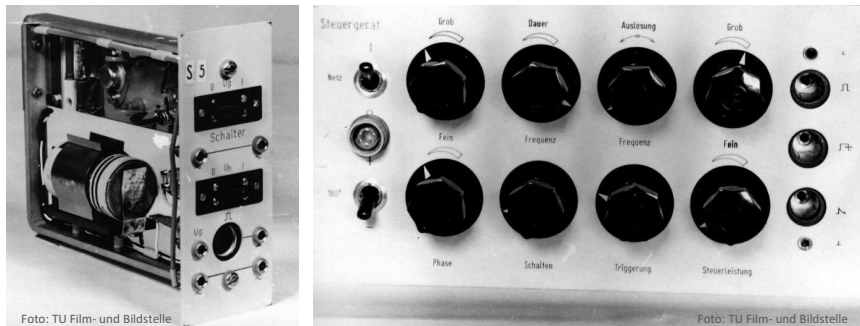


Bild 17: Modell des Leistungsschalters für den Transienten Netzanalysator TNA, bestehend aus idealem Schalter (links) und Steuergerät (rechts)

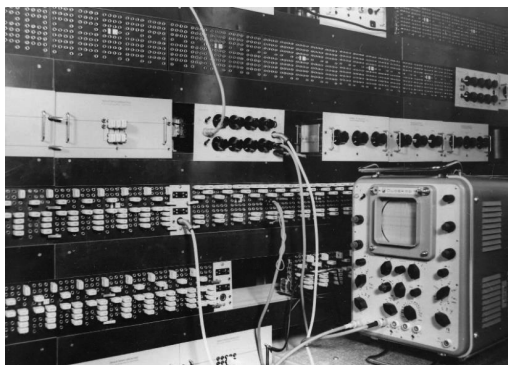


Bild 18: Transienter Netzanalysator am IfE in Leipzig, Stand 1965 /IfE Leipzig [8]/

Weitere Bausteine wurden für Kabel und vereinfacht für Transformatoren entwickelt. Die Entwicklung eines Überspannungsableiters ist bezüglich einstellbarer Ansprechspannungen mit den aus DDR-Produktion zur Verfügung stehenden Bauelementen anfangs schwierig. Parallel dazu wurde mit diesen entwickelten Bausteinen am IfE in Leipzig ein TNA aufgebaut (Bild 18).

Später wurden ein Transformator mit unterschiedlichen Hystereseigenschaften durch **Fournier**¹³, ein

¹³ Dr.-Ing. Ulrich von **Fournier** (*30.04.1944 in Rettkewitz/Lauenburg), 1964-1969 Studium Elektrotechnik TU Dresden, anschließend Forschungsstudium und 1974 Promotion an der TU Dresden bei **Koettnitz**, 1972-1989 Planungsingenieur für elektrische Anlagen in Kraftwerken im VEB Kraftwerksanlagenbau Radebeul und anschließend im Nachfolgebetrieb Energie- und Umwelttechnik Radebeul.

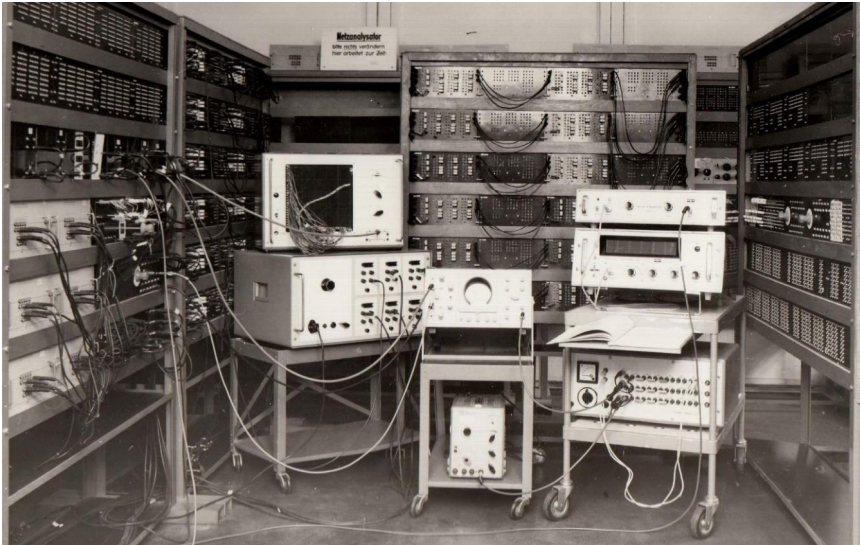


Bild 19: Transienter Netzanalysator TNA des Instituts für Elektrische Energieanlagen IEAA
/Film und Bildstelle der TU Dresden/

Leistungsschalter mit variabel einstellbarer Wiederverfestigungskennlinie (Freyer) sowie Leitungsbausteine mit besserer Nachbildung der frequenzabhängigen Dämpfung einschließlich des Erdbodeneinflusses von **Hoy¹⁴** als Modelle für den TNA entwickelt (Bild 19).

Die Ergebnisse von Untersuchungen der Einschwingspannung nach Kurzschlussabschaltung oder der transienten Überspannung beim Einschalten von langen leerlaufenden Leitungen wurden unter Nutzung eines aufsteckbaren Tubus vom Kathodenstrahloszillographen abfotografiert. Nach Filmentwicklung konnten die Fotoabzüge in den Ergebnisbericht eingeklebt werden.

Mit den Bausteinen des TNA, einem Wanderwellengenerator und einem modifizierten Überspannungsableiter wurde auch der Schutz gegen Blitzüberspannungen bewertet. Hierzu war allerdings die Umrechnung mit einem Zeitmaßstab $m_t = 100$ erforderlich [35].

In Zusammenarbeit mit dem IfE war für **Koettnitz** die Verifizierung dieses Modells ein wichtiges Anliegen. Messungen im realen Netz wurden mit hohem Aufwand bis Anfang der 1970er Jahre im 380-kV-Netz durchgeführt, um bei eingeleiteten einpoligem Kurzschluss die Reaktion der Schutztechnik, die Wirksamkeit der Generatorregelung, den Einfluss der Schrägregelung bei den Transformatoren, die Wirksamkeit der Erdungsmaßnahmen und die Beeinflussung von Sekundär- und Rohrleitungen zu testen. Dabei war die Messung mit Schleifenoszillografen auf

¹⁴ Dr.-Ing. habil. Christian **Hoy** (*20.11.1940 Oelsnitz, † 20.10.2012 Dresden), 1959-1965 Studium Elektrotechnik /Starkstrom an der TU Dresden, Promotion am Leningrader (heute wieder Petersburg) Polytechnischen Institut, wiss. Assistent bei **Koettnitz**, danach wiss. Mitarbeiter AdW, Außenstelle Dresden.

niederfrequente Ströme und Spannungen beschränkt, so dass keine Vergleichsoszillogramme zum interessierenden Bereich für den TNA zur Verfügung standen.

Deshalb wurden Ergebnisse vom TNA mit Berechnungsergebnissen verglichen. Hierfür wurden 19 verschiedene Netzschaltungen und Fehlerkonstellationen ausgewählt (Bild 20), für die sowohl Messungen am TNA als auch Berechnungen am ZRA1¹⁵ durchgeführt wurden [52].

1 Reihen- speilung	Prinzipaltbild	Fehlerart	1 Strom TNA	Netz- und Einstelldaten							Maßstäbe		Meßgrößen	
				Freileitung Länge Vier- ka- pol- zahl Vierpol	Rinstell- werte pro Vierpol kV	Transformator Lei- Ninstell- werte kV	Sonstiges Netz- daten	Sonstiges Einstell- werte	m_t	m_z				
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1		III ₁₀₀₁	220 kV	21,3	5	$l'=4,27$ km $Z'=4$ mΩ $C'=52,5$ nF $R'=0,2$ Ω	-	-	-	-	1	1	Spannung über dem Schalter	
2	wie Beispiel 1	III ₁₀₀₁	220 kV	106,5	25	wie 1	-	-	-	-	1	1	wie 1	
3	wie Beispiel 1	III ₁₀₀₁	220 kV	213	50	wie 1	-	-	-	-	1	1	wie 1	
4		III ₁₀₀₁	220 kV	106,5	25	wie 1	-	-	Last $S=37$ MVA $\cos \varphi = 0,8$	$L=2,5$ H $R=1046$ Ω	1	1	wie 1	a)
5		III ₁₀₀₁	220 kV	106,5	25	wie 1	-	-	leerl. Netz $Q_c=9,3$ nFvar	$C=0,612$ µF	1	1	wie 1	b)
6		III ₁₀₀₁	220 kV	$l_1 = 63,9$ $l_2 = 42,6$	15	wie 1	-	-	leerl. Netz $Q_c=18,6$ nFvar	$C=1,22$ µF	1	1	wie 1	c)
7		III ₁₀₀₁	220 kV	wie 1					leerl. Netz $Q_c=9,3$ nFvar	$C=0,612$ µF	1	1	wie 1	
8		III ₁₀₀₁	220 kV	106,5	25	wie 1	$I_c=590$ mA $C=15$ nF				1	1	wie 1	Anlage 32.7

Bild 20: Prinzipschaltbilder und Parameter der ausgewählten ersten 8 von 19 Varianten für den Vergleich von Messungen am TNA und Berechnungen am ZRA1 [52]

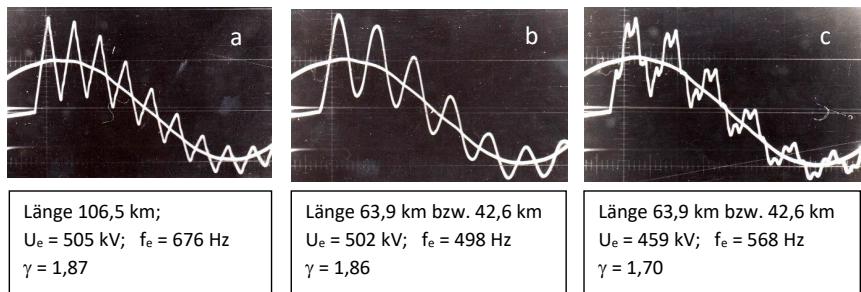


Bild 21: Oszillogramme der Spannungen über der Schaltstrecke der 220-kV-Schalter nach dreipoligem Fehler ohne Erdberührung aus Bild 20 für unterschiedliche Leitungslängen [52]

¹⁵ Zeiss Rechen-Automat **ZRA1** war der erste in Serie (31 Stück) hergestellte programmierbare Digitalrechner der DDR, entwickelt und hergestellt in Jena, vorgestellt zur LFM (1960). Parallel **D4a** an TU Dresden entwickelt und im VEB Büromaschinenwerk Zella-Mehlis ca. 3000 Stück gefertigt (ab 1966), einer der ersten Aufschichtcomputer Europas, siehe auch Fußnote ¹⁷, S.26.

Wenn die Bausteine für den ausgewählten Fehlerfall am TNA verschaltet sind, kann der Spannungs-Zeit-Verlauf an beliebigen Punkten der Leitung als Leiter-Erde- oder Leiter-Leiter-Spannung oder als Spannungsverlauf über den Schalterkontakten (Bild 21) am Oszilloskop beobachtet und als Foto dokumentiert werden.

Der Genauigkeitsvergleich fällt angesichts der erreichbaren Auswertegenauigkeit der Oszillogramme außerordentlich positiv aus (Bild 22).

Mittelwert- Erfolgs- Anzahl	Verwendeter Kurzschluß- strom I_k kA	t_h µs	ausgerechnete Werte			benötigte Rechenzeit bis zur 1. Amplitude h	Abweichungen der gemessenen von den berechneten Parametern		
			U_e kV	φ f	f_e Hz		ΔU_e %	$\Delta \varphi$ %	Δf_e %
2	6,92	744	533	1,975	673	6	5	5	0,3
4	6,92	748	510	1,89	669	9,5	1,2	1,2	2,6
5	6,92	1024	529	1,96	488	10,5	5,4	5,4	2,1
6	6,92	886	464	1,72	563	11,5	1,2	1,2	1,0
			214	0,79			0	0	
10	2,46	1692	513	1,90	296	15,5	0,4	0,4	3,0

Bild 22: Berechnungsergebnisse für die ausgewählten Varianten (Bild 20) mit der benötigten Rechenzeit, sowie einem Genauigkeitsvergleich für die Parameter der Einschwingspannung [52]

Sehr interessant sind die am ZRA1 benötigten Rechenzeiten bis zur ersten Amplitude der Spannungs-Zeit-Verläufe (6 im Bild 22).

Die Bausteine des TNA wurden auch für die Analyse der Oberschwingungen in Mittelspannungsnetzen genutzt. Hierzu wurden die Leitungen des Netzes einschließlich der geplanten Saugkreise modelliert. Als Modell, z.B. einer leistungsstarken stromrichter gespeisten Fördermaschine, wurden die harmonischen Ströme eingespeist. Durch Spannungsmessung an ausgewählten Netzpunkten bei unterschiedlichen Einsatzvarianten der Saugkreise konnte deren Wirksamkeit bewertet werden [37].

Koettnitz achtete bei der Raumauswahl und dessen Ausstattung darauf, dass mögliche Fremdeinflüsse die Messergebnisse nicht unzulässig verfälschen. Obwohl Leuchtstofflampen zur damaligen Zeit als moderne Raumausleuchtung aktuell waren, setzte er die Raumbeleuchtung des TNA mit normalen Glühlampen durch.

Eine Raumschirmung war nicht realisierbar, so dass in den Montagehäusern mit Holzwänden örtliche mittelfrequente Rundfunksender in die Schaltungen des TNA einstrahlen und auch die verschiedenartigsten Schwingkreise anregen konnten. Deshalb war vor jeder Messung nach dem Schaltungsaufbau bei abgeschalteter Einspeisung das Nullpotenzial an den Messpunkten zu kontrollieren.

2.1.2 Dynamisches Netzmodell

Mit dem weiteren Ausbau des Übertragungsnetzes und dem zügigen Zubau von Kraftwerken war ein weiteres Problem für *Koettnitz* wichtig. Wie verhalten sich die Generatoren bei plötzlichen Zustandsänderungen im Netz, die bei Kurzschlüssen und den damit verbundenen Schaltvorgängen oder bei Laststößen zu erwarten sind.

Kurzschlüsse werden durch den Selektivschutz sofort automatisch abgeschaltet. Um die Elektroenergieversorgung unterbrechungsfrei zu gewährleisten, wird die Leitung nach kürzester Zeit wieder eingeschaltet, da ca. 80% aller Fehler beispielweise durch Blitz verursachte Lichtbogenüberschläge sind, die nach Abschaltung verlöschen. Ob diese automatische Wiedereinschaltung (AWE oder KU Kurzunterbrechung) Erfolg hat, ist auch davon abhängig, wie weit sich beide Seiten des Schalters von der Synchronität entfernt haben. Die mit dem Kurzschluss verbundene Entlastung des Generators und die Abschaltung führen zur Beschleunigung des Läufers, so dass sich die Phasenlagen der Spannungen voneinander entfernen und beim Wiedereinschalten die Spannungsdifferenz so groß sein kann, dass der kurzschlussartige Ausgleichsstrom sofort wieder zur Abschaltung führt. Aber auch bei der statischen Stabilität und bei Reaktionen der Generatoren auf große Laständerungen gab es noch Klärungsbedarf. Außerdem waren Erfahrungen zur Turbinenregelung und zur Auswahl des Schutzes und dessen Einstellung notwendig.

Koettnitz greift die Idee von *Kühn*¹⁶ [7] auf, der die Absicht hatte, das sächsische Netz als Modell aufzubauen. Hierzu hat *Kühn* durch Versuche in den Kraftwerken Hirschfelde und Böhlen sehr viel dazu beigetragen, Leistungspendungen zu erkennen aber auch kritische Probleme zu sehen:

- Missverhältnis zwischen Drehzahlkennlinien und der Auslösedrehzahl des Schnellschlussventils,
- die große Polradverdrehung schon bei Nennlast, so dass die Kippgrenze schnell erreicht wird,
- die ungleichmäßige Aufteilung von Laststößen auf parallel arbeitende Maschinen.

Die Vorgänge in einem Verbundnetz konnten schon damals physikalisch beschrieben und auch mathematisch formuliert werden. Für die Lösung der umfangreichen Differentialgleichungssysteme gab es jedoch keine geeignete Rechentechnik¹⁷, so dass zur Lösung ein analoges Modell, als Drehstromnetzmodell – auch als Dynamisches Netzmodell DNM bezeichnet – erforderlich wurde.

In einem Katalog beschrieb *Kühn* Anforderungen (Zeitmaßstab 1:1, dreiphasig, Modellierung großer Netze, Eignung für Abbildung transienter Vorgänge und für Untersuchungen realer Schutz- und Reglerstrukturen) an ein DNM, jedoch fand man in seinen Unterlagen keinerlei

¹⁶ Prof. Dipl.-Ing. Karl *Kühn* (*01.10.1894 in Gehofen, † 31.12.1962 in Dresden), 1930 Büroleiter bei Aktiengesellschaft Sächsische Werke ASW, 1933 leitender Oberingenieur, techn. und wirtsch. Leitung der Elektrizitätsversorgungsnetze, 1935 Vorstandsvorsitzender ASW, 1936 Honorarprofessor TH Dresden, 1944 selbständiger beratender Ingenieur, ab 1946 Studien für SMA, 1950 wiss. Leiter des Entwicklungs- und Forschungsauftrages „Netzmodell“ an TH Dresden, 1952 bis 1961 Professor mit Lehrstuhl für Planung, Bau und Betrieb großer Netze und Direktor des am 01.05.1953 gegründeten Instituts für elektrische Anlagen der TH Dresden.

¹⁷ Üblich war die Nutzung von Rechenschiebern. Am Institut für Elektrische Energieanlagen IEEA konnten in einem Rechnerraum mehrere mechanische Multiplikationsmaschinen genutzt werden. 1960 **ZRA1** von VEB Carl Zeiss Jena zur Messe LFM; Trommelspeicher 24 KByte, Zugriffzeit 2,5 ms, ca. 750 Elektronenröhren PL84, Eingabe: binär codierte manuell gestanzte Lochkarten, Ausgabe: Tabelliermaschine ohne Text, Anschlussleistung fast 20 kW; Diplomanden des IEEA konnten 1968 den ZRA1 für ein Wochenende „mieten“, um z.B. den Lastfluss für das DDR-Übertragungsnetz im Jahr 2000 zu berechnen (siehe auch Fußnote ¹⁵, S. 24).

Hinweise über Modellmaßstäbe. Da er von seinen Assistenten Freileitungen entlang der Montagehäuser bauen ließ, ist davon auszugehen, dass er von einer geometrischen Verkleinerung der Betriebsmittel ausging [9], was wegen der großen Abweichung von L, C und R keine tragbare Lösung ergeben konnte.

Koettnitz orientiert sich auf das Notwendige und Machbare, die Untersuchung des Verhaltens der Maschine am starren Netz und auf das Zweimaschinen-Problem (Bild 23) [9].

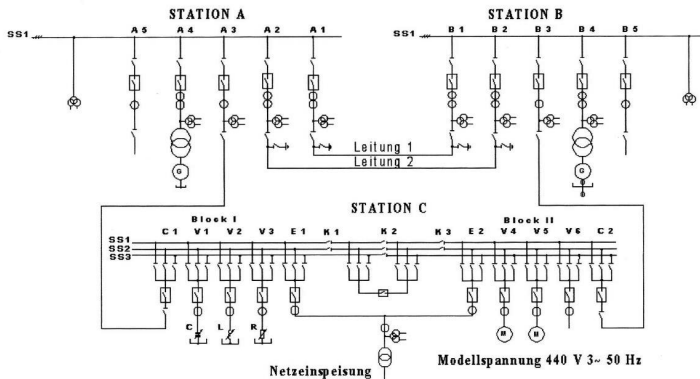


Bild 23: Schaltung des Dynamischen Netzmodells mit 150 km langer Doppelleitung zwischen A und B

Außer der Doppelleitung mit den Parametern einer 220-kV-Doppelfreileitung ist in jeder der beiden Stationen ein Generator angeschlossen. Die Station C hat die Aufgabe einerseits das starre Netz an eine der Stationen A oder B anzuschalten und an der anderen Station den Generator anzuschließen, so dass dieser über die Leitung am starren Netz betrieben wird. Außerdem ermöglicht die Station C ausgewählte Vorbelastungen an die Stationen anzuschalten. Dabei schlussfolgerten bereits Mitarbeiter von Kühn bei weiteren Untersuchungen, dass die homogene Leitung durch diskrete Bausteine zu modellieren ist, deren Anzahl von der geforderten Eigenfrequenz bestimmt wird.

Die beiden Modellgeneratoren, die bereits 1958 von Rachel fertiggestellt wurden, werden durch Modellturbinen angetrieben (Bild 24). Dafür wurden bei Inbetriebnahme des DNM Gleichstrommotoren verwendet, deren regelbare Läuferwiderstände die Drehzahlregelung und damit die Synchronisierung ermöglichte. Die Maschinensätze wurden mit großer Sorgfalt bemessen und gebaut. Für die Station A wurde die Priorität auf die hohe Genauigkeit der elektrischen Parameter bei hinreichender Genauigkeit der mechanischen Parameter des Generators gelegt, umgekehrte Priorität bei der Auslegung des Generators für die Station B.

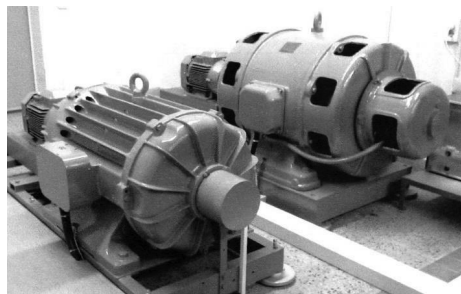


Bild 24: Generatoren des DNM [9]

Durch *Koettnitz* werden die Modellmaßstäbe festgeschrieben [9]:

Zeitmaßstab	$m_T = 1 :$	1
Spannungsmaßstab	$m_U = 1 :$	500
Strommaßstab	$m_I = 1 :$	20
Leistungsmaßstab	$m_S = 1 :$	10.000
Impedanzmaßstab	$m_Z = 1 :$	25

Hinter der Rückmeldetafel (Bild 25) befanden sich Stahlgestelle für die Schaltanlagen mit den Wandlern und Schaltern. Die Kabel für die Verdrahtung zwischen Wandlern, Messgeräten und Schutzrelais sowie von den Steuer- und Schutzgeräten zu den Schaltern und die Kabel

zwischen den Generatoren und Schaltanlagen waren in mehreren Etagen auf Kabelpritschen unter der Fensterreihe verlegt. Das gesamte Modell befand sich im großen Versuchsraum des Montagehauses 22 (Baracke) des Instituts.

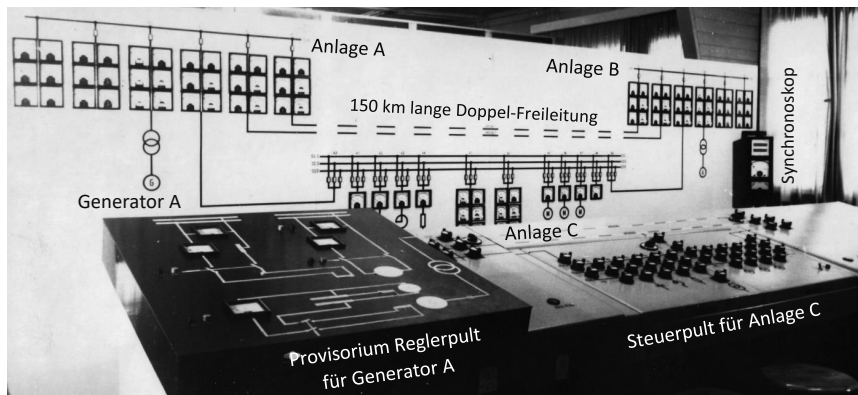


Bild 25: Steuerpult des DNM am IEEA der TU Dresden mit Steuerquittierschaltern und Reglerpult für den Turbinen-Generator-Satz der Station A (links), Steuerpult für Generator der Station B in Vorbereitung (rechts) /Foto ca. 1966, Film- und Bildstelle der TU Dresden/

Der Aufbau und die Vorbereitung der Inbetriebnahme wurden von Assistenten und Hilfsassistenten unterstützt, sowie durch Diplomarbeiten und Große Belege und im Rahmen des Berufspraktikums der Studenten. *Koettnitz* sorgte für eine gute Struktur der Verantwortlichkeiten: **Winkler**¹⁸ für die Doppelleitung, **Clemens**¹⁹ für die Schutztechnik, **Klar**²⁰ für die beiden Blocktransformatoren (in Schaltgruppe Yd5 verbundene Einphaseneinheiten)

¹⁸ Prof. Dr.-Ing. habil. Gert **Winkler** (* 14.05.1935 in Chemnitz, † 05.12.2020 in Dresden), 1959 Assistent und Oberassistent bei Prof. *Schultheiß*, 1967 Promotion, 1969 Direktor des Bereiches Technik und Rationalisierung der Bezirksdirektion Leipzig, Energiekombinat West, 1972 an der Sektion Technische Kybernetik IHS Leipzig, 1974 Promotion B (1991 in Dr.-Ing. habil. umgewandelt), 1974 Doz. für Elektroenergieanlagen/Elektrotechnik TU Dresden, 1992-2000 Prof. für Elektroenergieversorgung an der Fakultät für Elektrotechnik der TU Dresden.

¹⁹ Dr.-Ing. Heinz **Clemens** (1926-2008), Lehre als Elektromechaniker, 1950 ABF, danach Studium Elektrotechnik TU Dresden, 1959 Diplom, Assistent und Oberassistent bei *Koettnitz*, mit *Rothe* Aufbau eines Laborpraktikums zur Relaischutztechnik am IEEA mit 8 Versuchsständen, ausführlichen Versuchsanleitungen und Lehrbriefen, 1961 Mitglied im FA „Relais- und Schutztechnik“ der KDT und 20 Jahre Leitung des FUA „Mittelspannungsschutzeinrichtungen“, 1967 WZ der EV/IEV Dresden, 1970 Promotion, bis 1991 Forschungsgruppenleiter Schutztechnik beim IEV Dresden.

²⁰ Dipl.-Ing. Fritz **Klar** (*01.10.1934 Primkenau), 1956-1962 Studium Elektrotechnik/Starkstrom TU Dresden, ist zu dieser Zeit wiss. Assistent bei *Koettnitz*.

und **Zeisberg**²¹ für die Schaltanlagen A und B zur Anschaltung der Leitungen und Generatoren sowie der Schaltanlage C für die Zuschaltung des Netzes und der ausgewählten Belastungen.

Ein Leitungsbaustein besteht aus sechs geometrisch gegeneinander versetzt angeordneten Luftspulen und entsprechenden Koppelkondensatoren [9]. Durch den Wechsel von horizontaler und vertikaler Anordnung der Bausteine und deren Einbau in ein Holzgerüst wird die gegenseitige Beeinflussung weitgehend vermieden. Ein Baustein ist das Modell für 5 km Freileitung. Mit den 30 Bausteinen lassen sich beliebige Verdrillungen schalten. Die Eigenfrequenz der Doppelleitung beträgt 1070 Hz [9].

Die gewickelten Kondensatoren sind mit einer teerähnlichen Masse versiegelt. Infolge von Alterung oder von kurzzeitigen Überspannungen erweisen sie sich gelegentlich als Schwachpunkte der Isolation. Nicht selten ist ein kurzes Zischen und anschließender „*Geruch nach Strom*“ das Ablebenseichen eines Kondensators. Da es brandschutzmäßig keine Gefahr darstellt, wird es von den versuchsleitenden Assistenten mit Schmunzeln begleitet.

Die Steuerung der Schaltgeräte erfolgt realitätsnah durch Steuerquittierschalter. Das Blindschaltbild enthält die Messgeräte und die Anzeige der Schalterstellungen. Zur Synchronisierung der Generatoren wird ein Synchronoskop zugeschaltet. Für die Modellierung von ein- und mehrpoligen Querfehlern sowie von Längsfehlern steht ein fahrbarer Fehlerwagen bereit, der an die gewünschte Stelle der Freileitung gefahren werden kann. Die Fehler wurden mit Schützen geschaltet und der zeitliche Ablauf von kombinierten Fehlern wurde von einer Schaltwalze gesteuert.

Die Generatoren wurden mit Blockdifferential-, Erdschluss- und Überstromschutz und die Leitungen mit Distanzschutz RD11 sowie modifiziertem SD4 und R3-Z-24 geschützt (Bild 26). Für die Belastungsmodelle genügte ein Überstromschutz.

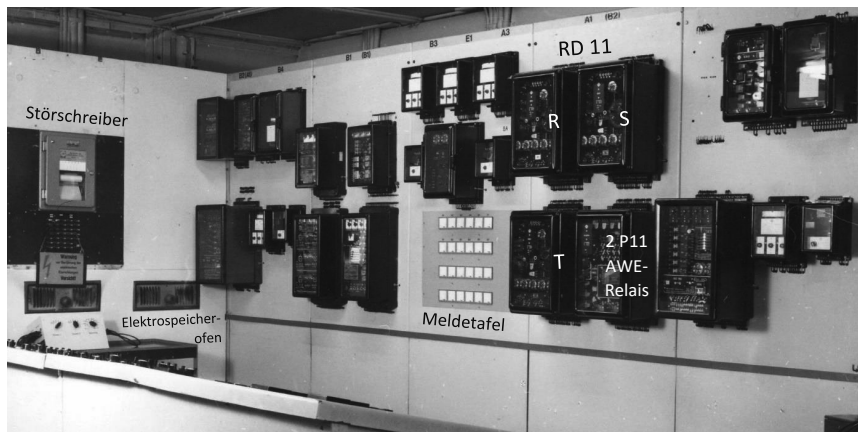


Bild 26: Relais- und Meldetafel des DNM mit dem Leitungsschutz und dem Generatorschutz/Film- und Bildstelle der TU Dresden 1975

²¹ Dr.-Ing. Klaus **Zeisberg** (*03.06.1939 Gleiwitz), 1970 Promotion „*Koordination der thermischen Festigkeit von Hochspannungsschaltanlagen*“, ist zu dieser Zeit stv. wiss. Oberassistent bei Prof. Schultheiß am IEEA

Nach Fertigstellung wurde das Dynamische Drehstromnetzmodell 1965 den Hochschullehrern und interessierten Mitarbeitern der Fakultät vorgestellt. Als offizielle Einweihung wird ein Vortrag mit anschließender Institutsbesichtigung im Rahmen eines Absolvententreffens ausgewiesen [9].

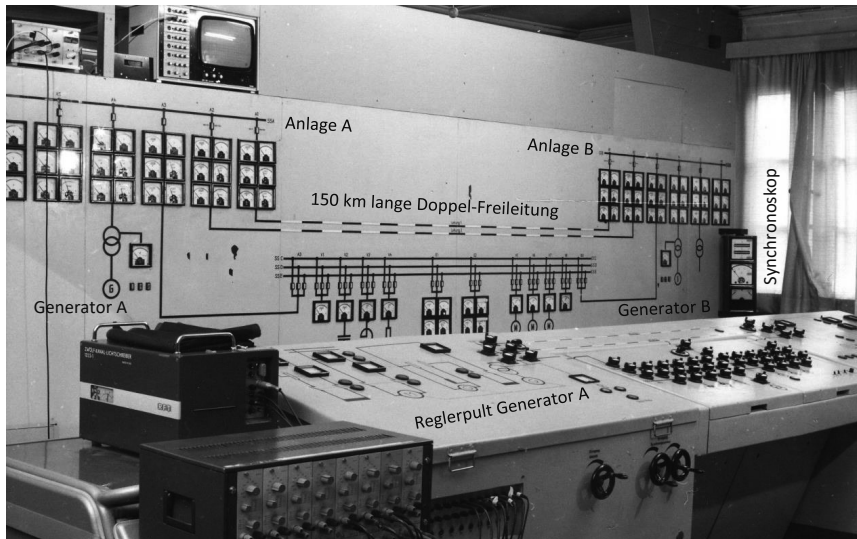


Bild 27: Steuerpult des DNM am IEEA mit Rückmeldetafel, hinter der die Schaltanlagen stehen /Film- und Bildstelle TU Dresden 1975/,

Mit dem DNM des IEEA einschließlich der Modelle für die Generatoren, Blocktransformatoren und Leitungen ist *Koettnitz* der Aufbau eines Unikats gelungen, das für die Ausbildung als unbedingt erhaltenswert einzuschätzen ist (Bild 27). Der besondere Vorteil gegenüber anderen Netzmodellen ist der Zeitmaßstab 1:1, so dass Original-Schutzrelais eingesetzt werden konnten, wie z.B. das Schutzsystem RD 11 (Bild 26), das damals im 380-kV-Netz der DDR verwendet wurde. Für die Bereitstellung der erforderlichen Bürdenleistung wurden z.T. speziell entwickelte Wandler genutzt.

Koettnitz sorgte für eine ständige Weiterentwicklung des Modells. So wurde durch *Oswald*²² die Polradwinkelmessung ergänzt, wodurch auch Untersuchungen zur statischen und transienten Stabilität möglich wurden. Auch ein Störschreiber (Bild 26) wurde eingebaut, denn die elektromagnetischen Schutzrelais ermöglichten keine eigene Aufzeichnung der Strom- und Spannungsverläufe einer Störung.

²² Prof. Dr.-Ing. habil. Bernd Rüdiger *Oswald* (*13.05.1941), 1961-1967 Studium der Elektrotechnik (Elektrische Maschinen und Antriebe) an der TU Dresden, 1967-1987 wiss. Assistent und Oberassistent am IEA der TU Dresden, 1987 Hochschuldozent für Elektroenergieversorgung an der TH Leipzig, 1992-2007 Professor für Elektrische Energieversorgung an der Universität Hannover.

Ende der 1960er Jahre wurde von **Grader**²³ unter der Leitung von **Pundt**²⁴ [7] ein Modell einer Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) entwickelt und gebaut, das mit dem DNM parallel arbeiten sollte. Da die DDR-Energiewirtschaft zur damaligen Zeit an HGÜ nicht interessiert war, wurde es beim Umzug verschrottet [9].

Die Fläche der Montagehäuser wurde 1990 vom Eigentümer (Stadt Dresden) beansprucht (Bild 14, S. 20), so dass ein Umzug in einen Neubau, Zellescher Weg 22 (Bild 28), erforderlich wird. Dieser Neubau ist ein Schulgebäude nach DDR-Standard, so dass Anpassungsarbeiten erforderlich sind. Während die Kindertoiletten wegen deren Knappheit noch vor ihrem Einbau getauscht werden können, ist eine seitliche Verlegung von Heizungsrohren im Kellergeschoss um ca. 1 m nicht durchsetzbar, so dass bei Einbau der Freileitungsbausteine Sägearbeiten dafür sorgen müssen, dass die Rohre durch die Freileitung „hindurchführen“.



Bild 28: Institut für Elektrische Energieversorgung im Erdgeschoss des Seminargebäudes SE1, Zellescher Weg 22 /Foto: H. Bauer/

Bei nochmaligem Umzug des inzwischen gegründeten Instituts für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik IEEH mit dem Institutsdirektor **Schegner**²⁵ in das

²³ Dipl.-Ing. Andreas **Grader** (*13.04.1946 Dessau), 1964-1970 Studium Elektrotechnik/FR Elektrische Energieanlagen an der TU Dresden, 1970 Diplom, bis 1974 wiss. Assistent bei **Pundt**.

²⁴ Prof. Dr.-Ing. habil. Hans **Pundt** (*28.04.1929 Plauen/Vogtland, †14.02.2010 auf den Malediven), Lehre als Elektromaschinenbauer, 1949 Abitur Vorstudienanstalt Plauen, 1954 Diplom und leitende Tätigkeiten Netzbau und Netzberechnung sowie Leiter Abteilung Technik beim VEB Verbundnetz Ost in Dresden, 1963 Promotion bei **Koettnitz**, 1965 Dozent für Grundlagen der Elektroenergieversorgung, 1968 Habilitation und Prof. mit Lehrauftrag für Netzplanung und Netzberechnung, 1976 bis 1990 Leiter Wissenschaftsbereich Elektroenergie-technik der Sektion Elektrotechnik, 1991-1995 Direktor des Instituts für Elektroenergieversorgung an der Fakultät für Elektrotechnik der TU Dresden, 1991-2002 Vorsitzender und 2002-2009 Geschäftsführer des VDE Dresden e.V.

²⁵ Prof. Dr.-Ing. Peter **Schegner** (*06.03.1955 Gera), Studium Elektrotechnik TH Darmstadt, 1980 Diplom, 1984 Ass. am Lehrstuhl Energieversorgung der Universität des Saarlandes, 1989 Promotion, Mitarbeiter bei AEG im Fachgebiet Schutztechnik, 1991 als Leiter Produktmanagement; 1995 Professor für Elektroenergieversorgung und Leiter des Instituts für Elektroenergieversorgung, seit 2001 Direktor (periodisch wechselnd mit **Großmann**) des Instituts für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik der TU Dresden, 2004-2006 Dekan der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Dresden.

Untergeschoss des **Toeplerbau**²⁶ (Bild 29) werden wiederum umfangreiche Demontage- und Aufbauarbeiten notwendig. Der gesamte Umbau wird, wie beim ersten Umzug, von **Mach**²⁷ mit großer Umsicht und Zielstrebigkeit geleitet sowie mit viel handwerklichem Geschick selbst mit ausgeführt. Für die weitsichtig ausgelegten einzigartigen Modelle der Generatoren, Blocktransformatoren und Leitungen wird die Raumstruktur angepasst.



Bild 29: Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik im Erdgeschoss des Toeplerbau, Mommsenstraße. Dynamisches Netzmodell im Untergeschoss /Foto: H. Bauer/

Die Turbinen werden durch moderne frequenzgesteuerte Asynchronmaschinen erneuert. Die Schaltgeräte werden durch kleinere zuverlässige Schütze ersetzt und einige Wandler werden ausgetauscht, da der Leistungsbedarf für die Schutz- und Leittechnik wesentlich geringer ist. Die elektromechanischen Schutzrelais erhalten einen musealen Platz an der Wand des Eingangsbereiches. Sie werden durch digitale Schutzgeräte von Siemens und AEG/ALSTOM ersetzt. Die Mosaiktafel und auch der umgebaute Fehlerwagen werden mit einer SPS vom Typ SIMATIC S7-400 über Profibus angesteuert. Parallel zur Steuerung mit den Miniatur-Steuerquitterschaltern können zwei Felder der Station A einschließlich deren synchronem

²⁶ Prof. Dr. phil. Dr. med. h.c. Dr.-Ing. E.h. August **Toepler** (*07.09.1836 Brühl, † 06.03.1912 Dresden), Ausbildung zum Pianisten als Grundlage für Eigenfinanzierung des Studiums der Physik und Chemie 1854-1858, 1860 Promotion an der Universität in Jena, 1864 Professor für Chemie am Baltischen Polytechnikum in Riga, 1862 Höchstvakuumpumpe, 1864 Schlierenapparat, 1868 Professor für Physik an der Universität in Graz, 1876 Professor für Experimentalphysik und Direktor des Physikalischen Instituts am Dresdner Polytechnikum (jetzige TU Dresden), Influenzmaschine im Toeplerbau ausgestellt;

und sein Sohn Prof. Dr. phil. habil. Maximilian **Toepler** (*25.06.1870 Graz/Österreich, † 14.03.1960 Langebrück bei Dresden), 1890 Studium Physik in Dresden, Leipzig und Göttingen, 1894 Promotion, 1895 Ass. am Physikalischen Institut der TH Dresden, 1900 Habilitation, 1903-1936 außerord. Prof. für Theoretische Physik, 1926 Direktor des Instituts für Theoretische Physik, 1948-1951 Prof. mit Lehrauftrag für Theoretische Physik an der TH Dresden.

²⁷ Dr.-Ing. Franz **Mach** (*19.06.1937 Pomeisel, † 2007 Dresden), 1959-1965 Studium Elektrotechnik/Starkstrom an der TU Dresden, danach Projektingenieur im VEB Starkstromanlagenbau Dresden, 1969 wiss. Mitarbeiter bei **Pundt** am IEEA, 1973 Promotion „Untersuchungen zur Systematisierung von Projektierungsprozessen und die Anwendung für eine automatisierte Elektroprojektierung mit EDV-Anlagen“ bei **Pundt**.

Einschalten seit 1990 auch mit Komponenten der digitalen Leittechnik SIS/HS vom Starkstromanlagenbau Dresden und später mit der Leittechnik ILS von AEG angesteuert werden.

Die in den Hochspannungs-Schaltanlagen der DDR seit 1958 üblichen 19poligen Steckverbindungen IPS (*Interface Prüf-System, Nachfolger ITS*) für die Prüfung von Schutzgeräten wurden von *Bauer* in Zusammenarbeit mit dem Hersteller *SecuControl* in Hettstedt speziell an das Dynamische Netzmodell angepasst. Die 19poligen Steckdosen wurden nach dem Umzug in üblicher Weise in die Mess- und Steuerkreise der Schutzgeräte und auch der Leittechnik eingebaut.

Damit waren mit einem Prüfsteckertyp (STP) „Geräteprüfung“ wie bisher die Prüfungen der Schutzgeräte durch Anschluss mobiler Prüfgeräte möglich, indem z.B. die Stromwandlerkreise auf der Netzseite kurzgeschlossen und auf der Schutzgeräteseite die Prüfströme eingespeist werden. Mit dem Stecker wurde eine Interfacebox fest verdrahtet, um den Anschluss der Messtechnik berührungssicher zu ermöglichen.

Mit einem Prüfsteckertyp „Netzmonitor“ (Bild 30) kann über den eingebauten Shunt spezielle Messtechnik zur Beobachtung des Netzes mit nicht getrenntem Schutzgerät über das Prüfinterface angesteckt werden. Die 19poligen Prüfsteckdosen wurden beim Wiederaufbau des DNM für die Geräte der Schutz- und Leittechnik gut zugänglich unter der Mosaiktafel installiert. Da die Prüfstecker separat kodiert sein müssen (z.B. sind die Spannungskreise beim Distanzschutz durch weitere Stromkreise beim Differentialschutz belegt) wurden für das DNM der TU Dresden durch den Hersteller zwei X19-Kodierungen exklusiv vergeben.

Wegen der guten Modellqualität und den vielen Variationsmöglichkeiten wurden von **Fuchs**²⁸ viele Strom-Spannungs-Verläufe am DNM aufgezeichnet. Ergänzt durch Berechnungsergebnisse von Fehlervorgängen und Störschrieben der Schutzgeräte bei realen Netzfehlern verfügte er damit über einen Datenpool für die Prüfung von Schutzgeräten, aber auch von Schutzalgorithmen.

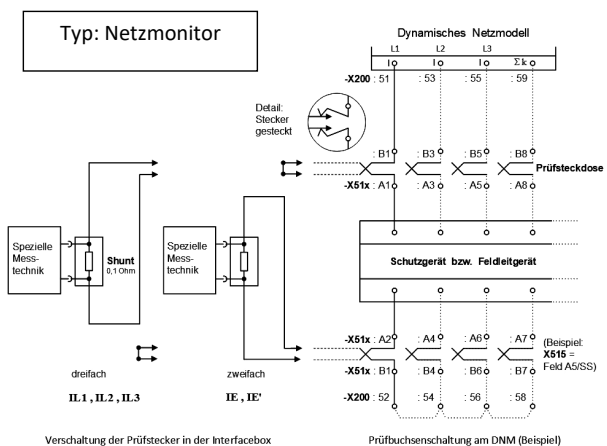


Bild 30: Prüfstecker-Interface vom Typ "Netzmonitor" in den Anschlusskreisen der Schutz- und Leittechnik des DNM der TU Dresden (Beispiel für 4 Stromwandlerkreise)

²⁸ Dr.-Ing. Reinhard Heinz **Fuchs** (*27.05.1954 Dresden, † 23.06.2015 Dresden), 1975-1980 Studium der Elektrotechnik an der TU Dresden, 1985 Promotion zum Thema „ Digitale Berechnung und Auswertung von Kurzschlussstromverläufen in Elektroenergiesystemen“, ab 1985 Mitarbeiter und Projektleiter Schutzprüfung am IEV (später KEMA-IEV GmbH) in Dresden, von 2008 bis 2015 stellv. Vorsitzender des VDE Dresden e.V.

Da inzwischen alle interessierenden Vorgänge, für die das DNM von Koettnitz entwickelt wurde, mit leistungsfähiger Rechentechnik berechnet werden, hat das DNM aber weiterhin für das Laborpraktikum in der Elektroenergietechnik große Bedeutung. Dabei sollte man den Begriff „Laborpraktikum“ betonen, denn bei der Begründung, dass das Praktikum für die Ausbildung wichtig sei und dafür Zeit und Geld nötig sind, ist es möglich, dass man von Kollegen anderer Fakultäten Einspruch erhält: „Praktikum an der TU ist unnötig. Wir schicken unsere Studenten zum Praktikum in die ...-Bank.“ Das Besondere bei der Ausbildung in technischen Disziplinen – incl. Beherrschung der Messtechnik – ist nicht allen bekannt.

Für die Durchführung der Laborpraktika werden in der Elektrotechnik ca. 20% der SWS aufgewendet und unter Hinzurechnung der Vorbereitungs- und Nachbereitungszeit (Protokollanfertigung und Ergebnisdiskussion) ergeben sich ca. 40% der Studienzeit im Hauptstudium für das Laborpraktikum. Am DNM laufen die Versuche Distanzschutz, Betriebsmittelparameter, Netzstabilität und Spannungsregler. Es ist anzunehmen, dass es Koettnitz freuen würde, dass 50 Jahre nach der Konzeption und 45 Jahre nach der Einweihung des DNM dieses für die Ausbildung noch hohe Wertschätzung erfährt.

2.1.3 Überspannungsschutz und Isolationskoordination

Parallel zur Nutzung des Transienten Netzanalysators TNA für die Ermittlung äußerer Überspannungen (heute: *transiente Überspannungen mit schnellem Anstieg*) wurden die Arbeiten an der Entwicklung eines Rechenprogrammes auf Grundlage des *Kostenko-Verfahrens* (Bild 31) [38] in Fortran für den sowjetischen Großrechner BESM6 forciert und z.B. für die Bemessung des Überspannungsschutzes von 110-kV-Schaltanlagen mit Kabeleinführungen angewendet (Bild 32) [44].

Diese berechneten Schaltanlagen wurden damals über Einführungskabel von 300 m Länge mit der Freileitung verbunden. Die ausgelagerten Transformatoren

waren über 220 m lange Kabel an die metallgekapselte Schaltanlage angeschlossen. Bei den Berechnungen wurde die

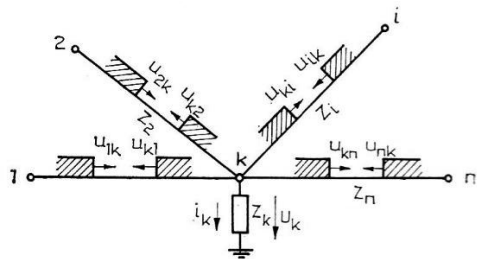


Bild 31: Knotenpunkt mit Leitungen [44]

- $Z_1 \dots Z_n$ Wellenwiderstände der Leitungen
- Z_k Knotenpunktquerwiderstand gegen Erde
- u_k Knotenpunktspannung gegen Erde
- u_{ki} von k weglaufende Spannungswelle
- u_{ik} zu k hinlaufende Spannungswelle
- 1...n angrenzende Knotenpunkte

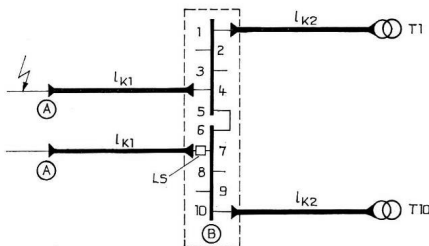


Bild 32: Prinzipschaltbild der metallgekapselten SF6-isolierten Schaltanlage für den Variantenvergleich [44]

Anlage als Durchgangsstation und als Kopfstation (LS 7 geöffnet) berücksichtigt.

Als Einsatzorte der Ventilableiter wurden A oder B oder A und B angenommen.

Ein Vergleich, der am Transformator T10 berechneten Überspannungen zeigt, dass bei nahen Blitzeinschlägen ein alleiniger Überspannungsableiter am Kabelendmast ein Überschreiten der Bemessungsstehspannung $\hat{u}_{nsts} = 550 \text{ kV}$ am Transformator nicht verhindern kann (Bild 33).

Eine sehr gute Schutzwirkung wird auch durch einen Ventilableiter in der metallgekapselten Anlage erreicht (Ort B). Diese Variante konnte wegen der Störanfälligkeit damaliger Ventilableiter nicht realisiert werden.

Da die hohen Überspannungen am Transformator nur bei sehr nahen Blitzeinschlägen zu erwarten sind, wurden die Blitzeinschlagorte zwischen 10 m bis 500 m vor dem Kabelendmast variiert (Bild 34). Es ist erkennbar, dass nahe Blitzeinschläge bis zu Entfernungen von ca. 100 m vom Kabelendmast Überspannungen ergeben, die eine durch Prüfung nachgewiesene Isolationsfestigkeit von 550 kV Blitzstoßstehspannung erreichen bzw. überschreiten.

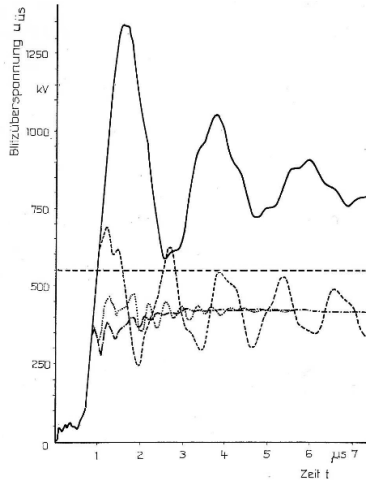


Bild 33: Blitzüberspannung \hat{u}_{us} am Transformator T10; ohne VA; VA an A; VA an B sowie VA an A und B (von oben, vgl. Bild 32) [44]

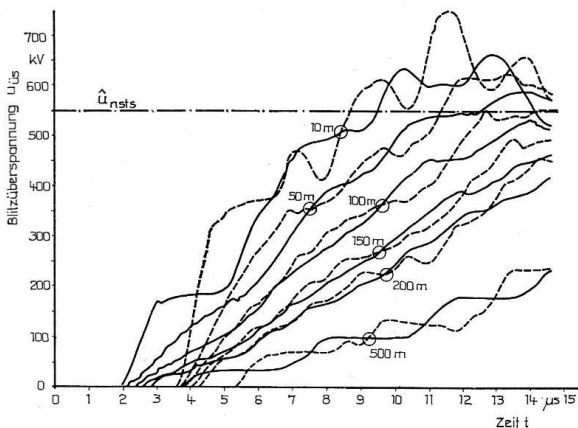


Bild 34: Blitzüberspannung \hat{u}_{us} in einer Schaltanlage abhängig von der Blitzeinschlagentfernung an der Sammelschiene und am Transformator (gestrichelt) mit Ventilableiter VA am Punkt A (vgl. Bild 32) [44]

Aus den Ergebnissen ist der Ausbau der Freileitung von der Schaltanlage bis zu 200 m Entfernung als Freileitungsschutzstrecke FSS mit erhöhtem Erdseilschutz ableitbar. Als Alternative kann auch abgeschätzt werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit Blitzeinschläge im Bereich von 200 m Freileitung zu erwarten sind, um eine Risikoabschätzung vorzunehmen.

Bei ersten Abstimmungen für die Berechnung äußerer Überspannungen mit **Pfeiffer**²⁹ und **Koch**³⁰ wurde darauf orientiert, dass von der TH Ilmenau der Überspannungsschutz für 110-kV-Anlagen und von der TU Dresden für Mittelspannungsanlagen untersucht wird. In Dresden wurde von **Igel**³¹ die Programmerstellung begonnen und von **Drescher**³² erfolgreich weitergeführt, so dass ein leistungsfähiges Programm zur Verfügung stand [38].

Als **Pfeiffer** von der TH Ilmenau in das **ORGREB**-Institut für Kraftwerke³³ in Vetschau wechselte, wurden Anfragen zum Einsatz von Ventilableitern für 110-kV-Anlagen auch an die TU Dresden gestellt, so dass die o.g. Untersuchungen entstanden sind.

Für die Ermittlung der inneren Überspannungen wird **Hoy** von **Koettnitz** motiviert. Infolge seiner Promotion in Leningrad bringt er viel Erfahrungen zur theoretischen Beschreibung des frequenzabhängigen Verhaltens von Hochspannungsleitungen mit. Deshalb übernimmt er die Betreuung des TNA und untersucht für eine geplante 300 km lange 380-kV-Leitung die Einschaltüberspannungen bei Leerlauf dieser Leitung. Zum berechenbaren Ferrantieffekt kommt bereits quasistationär die Spannungserhöhung über Generator und Blocktransformator infolge der Ladeleistung der Leitung hinzu. Die ist besonders groß, wenn eine relativ große Induktivität wirkt, also nach Inbetriebnahme des Kraftwerkes vorerst nur ein Generator einspeist. Später ist die Induktivität von mehreren parallel speisenden Generatoren und demzufolge die Spannungserhöhung geringer.

Zu diesen quasistationären Spannungserhöhungen überlagert sich am Ende der Leitung die transiente Überspannung beim Einschalten. Das Ergebnis veranlasst **Koettnitz** zu der Forderung, einen Leerlauf der Leitung mit Speisung geringer Leistung zu vermeiden. Daraus folgte, dass bei Schalterfall am leistungsstarken Netzknoten automatisch auch die Abschaltung des relativ leistungsschwachen Generators erfolgen muss.

Heute kein großes Problem, aber mit damaliger drahtgebundener und Funkkommunikation eine große Hürde, denn diese Mitnahmeschaltung über 300 km Entfernung musste bei

²⁹ Prof. Dr.-Ing. Günter **Pfeiffer** (*03.05.1935 in Olvenstedt bei Magdeburg, † 20.12.2013 in Cottbus), wissenschaftlicher Assistent am Institut für Elektrische Energietechnik der TH Ilmenau bei Prof. Dr.-Ing. Walter **Furkert**, 1969 Promotion, Nutzung der ersten in der DDR verfügbaren Großrechner zur Berechnung von Wanderwellenvorgängen nach Blitzeinschlägen in Freileitungen, 1975 Wechsel zum ORGREB-Institut für Kraftwerke (IfK) mit Schwerpunkt Energieabführung von Kraftwerken und Störlichtbogensicherheit von Schaltanlagen, weiterhin Lehrauftrag an der TH Ilmenau, 2001 Berufung als Honorarprofessor für Mittel- und Niederspannungstechnik an der BTU Cottbus.

³⁰ Dipl.-Ing. **Koch** hatte als Assistent bei **Furkert** wesentlichen Anteil an der Entwicklung des Programmes zur Berechnung der Überspannungen bei Blitzeinschlägen. Anschließend übernahm er eine Tätigkeit im Institut für maschinelles Rechnen in Suhl.

³¹ Dipl.-Ing. Wolfgang **Igel** (*23.07.1943 Stettin-Höckendorf, †1975), 1963-1969 Studium Elektrotechnik /Starkstrom und Ingenieurpädagogik, 1969 Diplom, anschließend wiss. Assistent bei **Koettnitz**.

³² Dr.-Ing. Gerd **Drescher**† (*24.05.1949 Altenburg), 1967-1971 Studium, ab 01.05.1971 Forschungsstudium Elektrotechnik/Elektrische Anlagen am IEA der TU Dresden, 1976 Promotion „Bestimmung der Parameter zur Berechnung der Blitzspannungsbeanspruchung“, 1974 wiss. Assistent und 1979 wiss. Oberassistent bei **Koettnitz**, mehrere Jahre Sekretär des FUA 0.3 der KDT.

³³ **ORGREB**-Institut für Kraftwerke in Vetschau 1962 gegründet, 1965 als IfK Ingenieurunternehmen für Kraftwerks-, Energie- und Umwelttechnik, 1990 als Betriebsteil der gegründeten VEAG Vereinigte Energiewerke AG, 1994 IfK GmbH als 100%-Tochter der VEAG, 1998 Umfirmierung in **VPC** PowerConsult GmbH, 2002 wird VEAG von Vattenfall gekauft, VPC integriert als eigenes Ingenieurunternehmen, 2019 VPC Mitglied der Dornier Group weltweit aktiv.

Anforderung zuverlässig arbeiten. Die erforderliche redundante Übertragung basierte auf drei Übertragungskanälen:

Über das eigene Kommunikationsnetz des Netzbetreibers, über das Netz der Deutschen Reichsbahn sowie über eine Funkverbindung. Dieser hohe Aufwand bei der Realisierung veranlasste **Henkel**³⁴ zu der Bemerkung: „Liebe Kollegen, wenn ihr wieder mal ein Problem der Isolationskoordination lösen müsst, dann bitte nicht zu Lasten der Schutztechnik.“

Für die geplanten Kraftwerke einschließlich Pumpspeicherwerke und den weiteren Ausbau des 380-kV-Netzes werden von *Koettnitz* und *Bauer* die Grundlagen zur Isolationskoordination unter Berücksichtigung der stochastischen Einflüsse von Beanspruchung und Stehvermögen erarbeitet [39], [41].

Es werden die Genauigkeitsanforderungen an die Ermittlung der Überspannungsverteilungen $f(\hat{u})$ untersucht (Bild 35). Die zulässigen Toleranzgrenzen sind abhängig vom Abstand zur Verhaltensfunktion der Isolierung (heute Koordinationsfaktor zwischen 2%-Überspannung und 90% Stehspannung).

Es wird deutlich, dass nur in einem Bereich vom etwa dreifachen Wert der Standardabweichung $\sigma_{\hat{u}}$ einer Überspannungsverteilung hohe Genauigkeitsanforderungen zu stellen sind, um die Überschlagwahrscheinlichkeit genügend genau berechnen zu können. Daraus konnten Anforderungen an die Anzahl der zu registrierenden Überspannungen, an die Klassenanzahl und an die

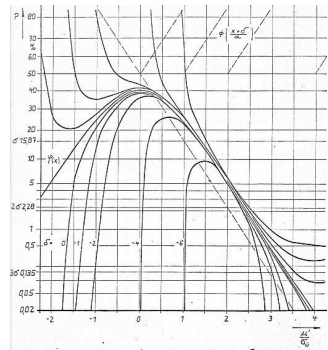


Bild 35: Toleranzbereiche für die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Überspannungen für unterschiedliche Abstände zu den Verhaltensfunktionen der Isolierung

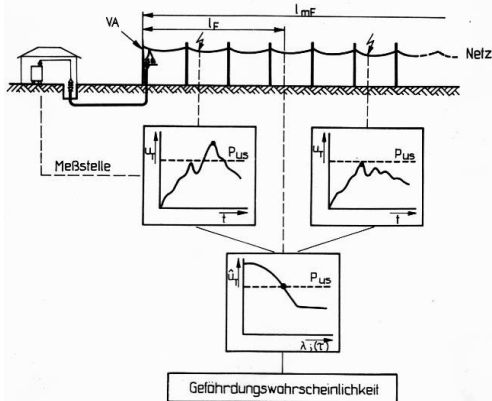


Bild 36: Zur Definition der Gefährdungswahrscheinlichkeit

Genauigkeit der Klassengrenzen abgeleitet werden.

Zur Anwendung der Überlegungen zum Einfluss der stochastischen Größen definiert *Bauer* [36] eine Gefährdungswahrscheinlichkeit als prozentualen Anteil einer 1000 m langen Freileitungsstrecke vor der Schaltanlage innerhalb der ein Blitzeinschlag zu einer Überschreitung der Nennstehstoßspannung (unterer Isolationspegel P_{us} bzw. heute Bemessungsstehblitzstoß-

³⁴ Dr.-Ing. Gerhard **Henkel** (*11.01.1939 Berlin, † 14.06.2019), 1957-1963 Studium an der TU Dresden, Diplom am Institut für Elektrische Energieanlagen, Ingenieur für Netzschutz beim VEB Verbundnetz, 1976 Promotion, nach 1990 Leiter der Abteilung Informationstechnik bei der VEAG (heute 50Hertz Transmission GmbH), 1999 Ruhestand.

spannung) des Transformators, also zu einer Gefährdung führt (Bild 36). Ob es bei dieser Gefährdung zu einem Fehler kommt, ist von der Verhaltensfunktion der Isolierung, also vom konkreten Wert der Festigkeit während des Auftretens der Überspannung abhängig. Diese Gefährdungswahrscheinlichkeit kann für eine Einsatzvariante der Überspannungsableiter bestimmt werden, oder es können Varianten verglichen werden. Beispielhaft wird eine 15-kV-Schaltanlage mit 60 m langem Einführungskabel betrachtet (Bild 37). Es werden Blitzschläge in die Freileitung mit Stahlgittermasten bis zu 1000 m Entfernung zur Station berücksichtigt. Für die rückwärtigen Überschläge wird auf der Leitung die Wellenform $0,5\mu\text{s}/10\mu\text{s}$ angenommen.

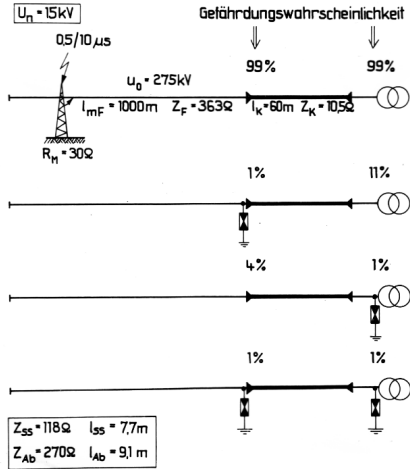


Bild 37: Variantenvergleich für die Gefährdungswahrscheinlichkeit bei vier Varianten für den Einsatz von Überspannungsableitern

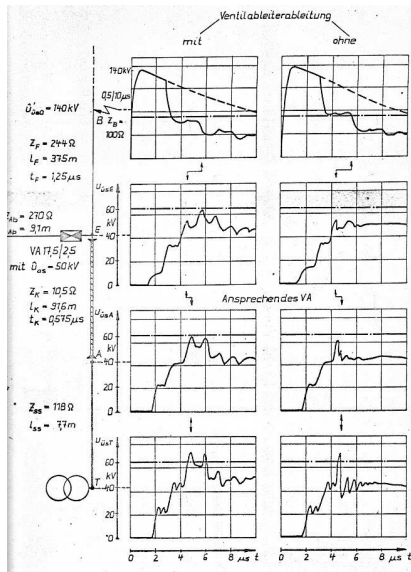


Bild 38: Vergleich der Überspannungen bei einer Transformatorstation mit Kabeleinführung ohne (rechts) und mit Berücksichtigung seiner erdseitigen Anschlussleitung

Ohne Ventilableiter sind der Transformator und auch der Kabelendverschluss bei jedem Blitzschlag gefährdet (99%). Wird ein Satz Ventilableiter am Kabelendmast installiert, ist dieser gut geschützt, jedoch ist der Transformator bei jedem zehnten Blitzschlag in die 1000 m lange Freileitung gefährdet. Die Montage der Ventilableiter am Transformator schützt diesen erwartungsgemäß, jedoch führt jeder 25. Blitzschlag in die 1000 m lange Freileitung zur Gefährdung des Kabelendverschlusses. Der Einbau von Ableitern an beiden Orten ergibt einen zuverlässigen Schutz.

Zur Verbesserung ist eine Freileitungsschutzstrecke keine Option, da im Mittelspannungsnetz ein Erdseilschutz wirkungslos bleibt. Es wurde eine Risikoabschätzung durchgeführt, indem die Einschlaghäufigkeit je Jahr in 1000 m Mittelspannungsfreileitung zugrunde gelegt wurde. Damals war eine

flächendeckende Erfassung von Blitzschlägen nicht vorhanden, so dass die Abschätzung vom Isokeraunischen Pegel IP (Anzahl der Gewittertage/Jahr) ausgehen musste, der dann mit Erfahrungswerten in eine Erdblitzdichte (Blitze/ $\text{km}^2 \cdot \text{Jahr}$) umgerechnet wurde.

Koettnitz kannte aus Erfahrung die Ausführung des Ventilableitereinsatzes. Deshalb legte er Wert auf die Nachbildung der Erderanschlussleitung der Überspannungsableiter, deren Länge Einfluss auf die Höhe der Überspannung am Transformator haben kann (**Bild 38**).

Die höheren Spannungswerte können als zusätzlicher Spannungsfall über der Induktivität der Anschlussleitung als Folge des Ableiterstromes oder als zeitversetztes Hinterherlaufen der Abbauwelle nach Ansprechen des Ableiters und Reflexion am Erder interpretiert werden.

Im IEC-Standard von 1996 [59] ist die Berücksichtigung der Längen beider Anschlussleitungen sowie der Länge des Ableiters und selbstverständlich der Entfernung zwischen Ableiteranschluss und dem zu schützenden Betriebsmittel enthalten.

2.1.4 Störungsaufklärung und Störungsstatistik

Wie bereits bei den Untersuchungen zu Überspannungsableitern, beim Überspannungsschutz und bei der Isolationskoordination ist für *Koettnitz* der zuverlässige Netzbetrieb vordringliches Ziel. Deshalb untersucht er auch vorbeugend die Ursache und Wirkung von unsymmetrischen Belastungen in Form von Schiefasten [33]. Auch die natürlichen Unsymmetrien der Leitungen werden bezüglich von notwendigen Verdrillungsmaßnahmen [34] untersucht.

Die Bemessung von Elektroenergieanlagen werden wesentlich von den Zustandsänderungen im Elektroenergiesystem und deren Wirkungen bestimmt. Deshalb analysiert *Koettnitz* die Vorgänge und die Bedingungen in den Netzen mit ihren Wirkungen [42]. Er weiß aus seinen Erfahrungen mit Überspannungsableitern, dass die Auswertung von Störungen und Schäden eine wesentliche Quelle dieser Analyse sind. Deshalb strukturiert er die Anforderungen und Verfahren zur Untersuchung von Vorgängen in den Elektroenergiesystemen [43].

Auch wird er häufig zur Aufklärung von Störungen angefragt. Hierzu wird erzählt, dass er einmal in eine Schaltwarte gerufen wurde, um zyklisch auftretende starke Ausschläge an Voltmetern aufzuklären. *Koettnitz* sieht sich das an, holt aus seiner Aktentasche eine alte Kohlenfadenlampe und übergibt sie mit dem Hinweis: „*Bauen sie diese Lampe in den Wandlerstromkreis ein, dann müssten die Kippschwingungen genügend gedämpft sein.*“ Es ist typisch für *Koettnitz*, dass er sich bereits im Vorfeld tiefgründig mit möglichen Ursachen beschäftigt, um rasch wirkungsvolle Maßnahmen empfehlen zu können.

Über die Inbetriebnahme der ersten 380-kV-Freileitung in der DDR von *Ragow* nach *Lauchstädt* über 164 km im Jahre 1962 wird unter den Assistenten folgende Story erzählt. Bereits beim Hochfahren der Spannung auf der Leitung mit einem Generator werden hohe Spannungsüberhöhungen beobachtet. Auf telefonische Rückfrage zu Hause bei *Koettnitz* gibt er den überraschenden Hinweis, dass diese vermutlich durch eine Eigenresonanz verursacht werden. Es ist anzunehmen, dass er die Inbetriebnahme mit bekannter Akribie vorbereitet und dabei auch die Eigenfrequenzen dieser 164 km langen Freileitung berechnet hat. Unter Berücksichtigung von Parametertoleranzen konnte er zwar nicht sicher sein, war aber beim Anruf nicht unvorbereitet, um überraschend zu antworten.

Zu dieser Freileitung waren ihm die Parameter (**Tab. 1**) [40] bekannt. Daraus lassen sich Parameter für das Schwingungsverhalten (**Tab. 2**) berechnen.

Tabelle 1: Parameter der 380-kV-Leitung Ragow-Lauchstädt

Beseilung: 4x240/40 + 1x240/40	
Z'_{11}	= 0,03 + j 0,26 Ω /km
Z'_{00-z}	= 0,14 + j 0,92 Ω /km
C'_b	= 14 nF/km
C'_E	= 6 nF/km
C'	= 2,7 nF/km

Für das Einschalten der Leitung ergibt sich die Frequenz des Verlaufs der Überspannung aus dem reziproken Wert der vierfachen Wanderwellen-Laufzeit für die Leitung. Diese Frequenz der Rechteckschwingung würde 450 Hz betragen.

Die Eigenfrequenz der 164 km langen Freileitung, berechnet aus den Induktivitäts- und Kapazitätsbelägen, beträgt für das Mitsystem 285 Hz und entsprechend für das Nullsystem 232 Hz.

Tabelle 2: Abgeleitete Parameter der 380-kV-Leitung Ragow-Lauchstädt

Induktivität	L'_{11}	= 0,83 mH/km	
	L'_{00-z}	= 2,93 mH/km	
Wellenwiderstand	Z_w	= 243 Ω	
W-Geschwindigkeit	v_w	= 294 m/ μ s	
	v_{w0}	= 239 m/ μ s	
Laufzeit	t_w	= 558 μ s	$t_{w0} = 686 \mu$ s

Dabei ist zu berücksichtigen, dass auch der Transformator und der Generator mit ihren Induktivitäten die Resonanzfrequenzen wesentlich beeinflussen.

Einige der elektrotechnischen Betriebsmittel von DDR-Herstellerbetrieben erreichten

noch nicht internationale Zuverlässigkeitswerte. *Koettnitz* geht durch seine Erfahrungen bei den Störfällen an Überspannungsableitern davon aus, dass nur durch eine detaillierte Störungs- und Schadensanalyse die Ursachen zu beseitigen sind und andererseits durch eine zeitnahe Auswertung der Störungsmeldungen kritische Betriebsmittel oder Netzbedingungen frühzeitige Gegenmaßnahmen ermöglichen.

Deshalb forciert *Koettnitz* mit **Bolz**³⁵ die Arbeiten an einer systematischen Störungs- auswertung für alle DDR-Netze durch die IEV-Zweigstelle in Cottbus. Abgeleitet aus seinen früheren Untersuchungen an Ventilableitern und den selbst durchgeführten Störungsaufklärungen gibt er viele Hinweise zur detaillierten Erfassung der Störungsursachen und Schadbilder und deren Beschreibung auf einem gut strukturierten Formblatt.

In dieser Zeit versucht man in den DDR-Betrieben, Leistungssteigerungen mit Mitteln des Wettbewerbs zu erreichen, wobei die unterschiedlichsten Kennwerte bis hin zur Höhe des Solibetrages einbezogen werden. Das betrifft auch die Hersteller der elektrotechnischen Betriebsmittel und Anlagen sowie die Netzbetreiber.

Koettnitz setzt sich mit Nachdruck dafür ein, dass die jährlichen Auswertergebnisse der Störungsstatistik nicht Bestandteil dieses „sozialistischen Wettbewerbs“ werden. Er befürchtet mit Recht, dass dann durch Manipulationen alle Ergebnisse für eine wissenschaftliche Auswertung wertlos werden.

³⁵ Dipl.-Ing. **Bolz** ist zu dieser Zeit wiss. Mitarbeiter in der Außenstelle Cottbus des IEV Dresden und Mitglied im FUA 0.3 „Koordination der Isolation“ der KDT

2.2 Lehrveranstaltungen

2.2.1 Vorlesungen

An die Hochschule für Elektrotechnik Ilmenau, Fakultät für Starkstromtechnik, wird Koettnitz am 01.02.1958 nebenamtlich als Professor mit Lehrauftrag für Elektrische Energietechnik berufen. Drei Monate später erfolgt seine hauptamtliche Berufung.

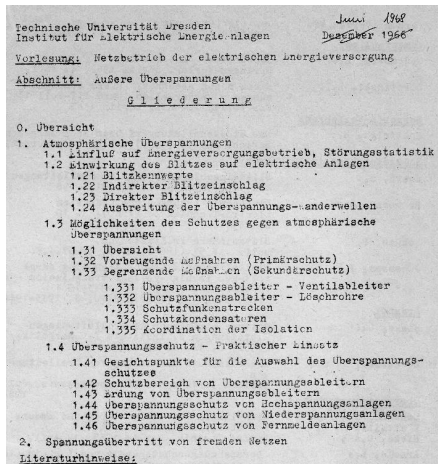


Bild 39: Gliederung zum 1. Abschnitt Äußere Überspannungen der Vorlesung „Netzbetrieb der elektrischen Energieversorgung“, Dezember 1966

technisch auszuarbeiten. Seine bisherigen wissenschaftlichen Arbeiten liefern die theoretischen Grundlagen der Vorlesungen und aus den bisherigen Untersuchungen für die Netzbetreiber und die Herstellerindustrie leitet er interessante Übungsaufgaben für die Studenten ab.

Seine Vorlesungen sind gut strukturiert (Bild 39) und es gelingt ihm, auch schwierige Zusammenhänge verständlich zu erklären.

Seine Tafelvorlesungen (Bild 40) ergänzt er mit Dias zu Tabellen und Diagrammen, die er als Entwürfe selbst zeichnet (Bild 41).

Die Damen des Zeichenbüros fertigen daraus Tuschezeichnungen (Bild 42), die im Fotolabor abfotografiert und als Dias in Glas gerahmt werden. Stets arbeitet er an der Erweiterung

Zum 01.04.1960 folgt er einem Ruf als Professor mit vollem Lehrauftrag für Elektrische Energieanlagen an die Fakultät für Elektrotechnik der TH Dresden.

Mit Gründung der Sektion Elektrotechnik an der TU Dresden im Rahmen der dritten Hochschulreform ist er vom 01.09.1969 bis zum 31.12.1984 ordentlicher Professor für Elektrotechnik (Elektroenergietechnik). Die seitdem formal geforderte Lehrbefähigung *Facultas docendi* erwirbt er für Elektrotechnik 1970.

Mit seiner Berufung nach Dresden beginnt Koettnitz Vorlesungen zur Netzberechnung, zum Netzbetrieb und zur Relaischutz-

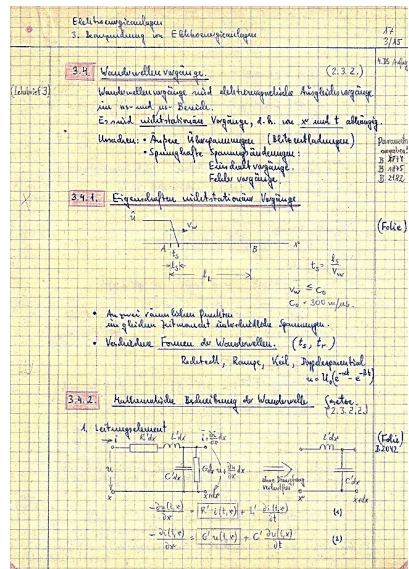


Bild 40: Manuskript seiner Tafelvorlesung über Wanderwellen der Vorlesung Beanspruchung in Elektroenergieanlagen

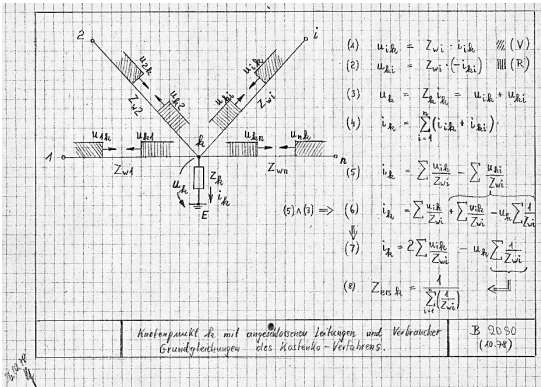


Bild 41: Von Koettnitz gezeichneter Entwurf für ein Dia zur Vorlesung Beanspruchung in Schaltanlagen zum Abschnitt Wanderwellen

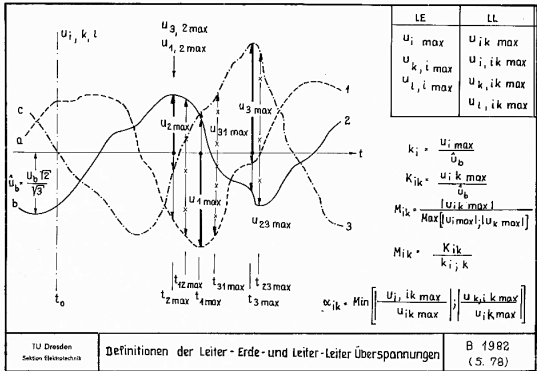


Bild 42: Im Zeichenbüro mit Tusche handgezeichnete Vorlage für ein Dia nach einem Entwurf von Koettnitz

selnd Schreiben und Wischen möglich sind. In den Hörsälen stehen zwei bis fünf große Tafelflächen zur Verfügung, die elektrisch anheb- und absenkbar sind.

Für die ca. 250 Studenten der Starkstromtechnik (Elektrische Energietechnik) fand die Grundlagenvorlesung Elektrotechnik im Görgesbau statt. Die Wechselstromlehre bei Lunze hörten die ca. 750 Studenten im Großen Physikhörsaal (4. Semester).

Für die ca. 70 Studenten am IEEA lasen Koettnitz, Obenaus, und Schultheiß meistens im Hörsaal des Toeplerbau (8. Semester).

Für die 100 Studenten der Fachrichtung Elektrische Maschinen am Elektrotechnischen Institut fanden die Vorlesungen bei Pommer, Vogt und Brendler im großen Hörsaal des Görgesbaus statt.

seiner Diasammlung, um den Vorlesungsstoff noch verständlicher zu machen oder zu erweitern. Zuletzt enthält dieser Fundus ca. 1800 Dias.

Koettnitz hält während der Vorlesung das Manuskript in der einen Hand und schreibt mit der rechten Hand Überschriften, Formeln und Stichpunkte in gut lesbarer Schreibschrift an die Tafel (Bild 43).

Im Manuskript hat er eingetragen, an welcher Stelle er welche Dias zeigt. Die Dias sortiert er vorher in seinem Dienstzimmer in einen hölzernen Diakasten und übergibt sie vor der Vorlesung einem Hilfsassistenten aus dem gleichen Studienjahrgang. Dieser bedient den Diaprojektor und wischt zwischendurch mit einem Schwamm die Tafel. Dafür erhält er 2 Mark je SWS. Die kleinen Räume für das Hauptstudium haben aufklappbare Schultafeln, so dass abwech-

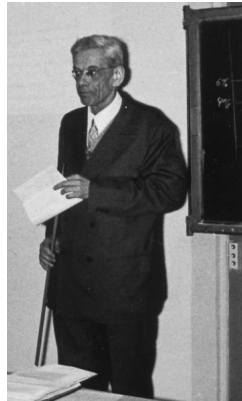


Bild 43: Koettnitz während der Vorlesung im großen Seminarraum des IEEA

2.2.2 Laborpraktikum und Rechenübungen

Durch eigene Erfahrungen weiß *Koettnitz* sehr genau, welchen Einfluss Experimente und Messungen in den Netzen auf das Verständnis der theoretischen Zusammenhänge haben. Deshalb legt er großen Wert auf den Aufbau von Versuchsständen für das Praktikum zum Netzbetrieb aufgebaut, wie Generatoren, Parallelbetrieb von Transformatoren, statische und dynamische Stabilität, Sternpunktterdung, Blitzüberspannungen, Schaltüberspannungen und Resonanzvorgänge. Für den Versuch Blitzüberspannungen werden Bausteine des TNA mit einem Zeitmaßstab 1:100 verwendet (**Bild 44**).



Bild 44: Versuchsstand 10 „Ausbreitung von Blitzspannungen“ (bestehend aus Bausteinen des TNA) für das Laborpraktikum zur Vorlesung „Netzbetrieb“ /Foto: Film- und Bildstelle der TU Dresden/

Die meisten Versuchsstände sind autark und bestehen aus einer Tischfläche mit Aufsatz, in den Bausteine des Versuchsstandes eingeschoben sind. Tisch und Aufsatz sind aus Holz und die Bausteine haben eine Frontfläche aus *Pertinax*. Durch seitliche Abdeckungen und Rückwände werden unbeabsichtigte direkte Berührungen vermieden. Alle flexiblen Laborkabel, mit denen der Student die Schaltung aufbaut und die Messgeräte anschließt, haben keine abgedeckten Steckerstifte. Nach Aufbau kontrolliert ein Hilfsassistent (eingewiesener Student aus dem gleichen Studienjahrgang) die Schaltung und erlaubt das Einschalten.

Es ist eine Besonderheit des Laborpraktikums am IEA, dass der Student als Versuchsunterlagen nicht nur die Versuchsaufgaben, sondern eine umfangreiche Versuchsanleitung mit der Beschreibung des Versuchsstandes und der theoretischen Grundlagen erhält. Somit sind diese Versuchsanleitungen auch ein wichtiger Bestandteil der Wissensvermittlung.

Beispielsweise erhält der Student für den Versuch 10 „Blitzüberspannungen in Elektroenergieanlagen“ (Bild 45) eine Anleitung im Umfang von 43 Seiten Text mit Beschreibung

Technische Universität Dresden
 Sektion Elektrotechnik (11)
 DK 621-3.015.34;
 621.316.933
 SE 65272
 67041
 67044

V e r s u c h 10

Gruppe Elektroenergie-technik

Blitzüberspannungen in Elektroenergieanlagen

1. Versuchsziele

- 1.1. Festlegen der Kenntnisse über die Ausbreitung von Blitzüberspannungen in Elektroenergieversorgungsnetzen
 Anm.: Hierbei erfolgt ein unmittelbarer Anschluss an den Lehrstoff der rechnerischen Übungen R4 und R5. Die in diesen Übungen vermittelten Kenntnisse über Reflexion und Brechung von Wanderwellen sind Voraussetzung für den Lehrstoff dieses Versuches.
- 1.2. Kennenlernen eines einfachen Modells zur Untersuchung der Blitzspannungsbeanspruchungen elektrotechnischer Betriebsmittel
- 1.3. Festlegen der Kenntnisse über den Überspannungsschutz von Anlagen durch Ventilableiter

2. Grundlagen

2.1. Übersicht

Die Zuverlässigkeit eines Elektroenergiesystems wird von den Größen **B e a n s p r u c h u n g** und **S t r o m s t r o m** (Festigkeit) wesentlich beeinflusst. Dabei ergibt sich die Fehlerhäufigkeit von elektrotechnischen Betriebsmitteln und Anlagen im Rahmen der Isolations-Koordination aus dem Vergleich zwischen den Isoliervermögen und den Möglichkeiten seiner Verminderung (z. B. durch Verschmutzung) und der Spannungsbeanspruchung und den Möglichkeiten ihrer Begrenzung (z. B. durch Überspannungsableiter).

Im Versuch wird die **B l i t z s p a n n u n g s b e a n s p r u c h u n g** eines über eine Kabeleinführung gespeisten Transformators in Abhängigkeit vom Blitzeinschlagort und Ventilableiterindikator untersucht, wobei jeweils ein Vergleich mit einem Nennwert des Blitzstromes, der **B e a n s t e b l i t z s p a n n u n g**, erfolgt.

5. Versuchsaufgaben

- 5.1. Kennenlernen des Versuchstandes und des modellierten Teilnetzes
 - 5.2. Am Modell sind die Wellenwiderstände für die Freileitung und für das Kabel zu messen und mit den errechneten Werten zu vergleichen.
 Hierfür sind in Vorbereitung des Versuches die Wellenwiderstände von Freileitung und Kabel als Modellwerte zu berechnen ($m_R = 0,962$) und in das Messprotokoll einzutragen.
 Welcher relative Fehler ergibt sich für die Wellenwiderstände, wenn 5 % Toleranz für die Kapazitäts- und Induktivitätswerte angenommen wird ?
 - 5.3. Am Modell sind die Laufzeiten τ für die Freileitung und für das Kabel zu messen und mit den errechneten Werten zu vergleichen.
 Hierfür sind in Vorbereitung des Versuches die Laufzeiten von Freileitung und Kabel als Modellwerte zu berechnen ($m_R = 0,962$; $m_C = 100$) und in das Messprotokoll einzutragen.
 - 5.4. Übertragen Sie den Spannungsverlauf an Transformator bei Blitzeinschlag in die vorgelagerte Freileitung für die Fälle
 a) Ventilableiter nicht vorhanden
 b) Ventilableiter am Übergang Freileitung – Kabel vorhanden vom Oszillographenbildschirm auf Millimeterpapier, und diskutieren Sie das Ergebnis unter Beachtung der Frittspannung des Transformators !
 - 5.5. Überprüfen Sie die Wirksamkeit der Ventilableiter am Übergang Freileitung – Kabel bei nahen Blitzeinschlägen und ziehen Sie Schlussfolgerungen !
 - 5.6. Beurteilen Sie die Wirksamkeit des Überspannungsschutzes einer Anlage bei Ventilableitern, die nicht am Freileitungseigenen Kabelendanschluß, sondern ein oder mehrere Spannungsfelder davor montiert sind ("vorgezogene Ventilableiter")!
- Die Lösungen der Versuchsaufgaben sind in ein Messprotokoll einzutragen (die rechnerischen Werte von 5.2. und 5.3. bereits vor Versuchsbeginn).

Bild 45: Versuchsanleitung zum Versuch 10 "Blitzüberspannungen in Elektroenergieanlagen" Deckblatt (links) und Versuchsaufgaben (rechts)

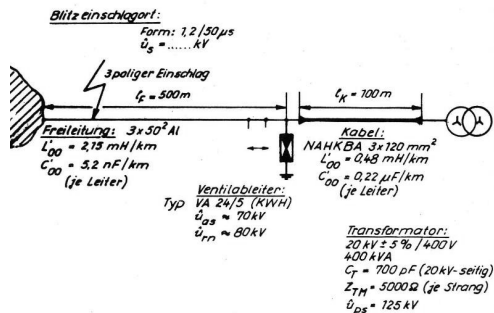


Bild 46: Schaltbild der zu schützenden Anlage

der Grundlagen und des Versuchstandes sowie 14 Beilagen mit Schaltungen und Diagrammen. So sind dem Studenten vor Versuchsbeginn die durch Überspannungsableiter zu schützende Schaltanlage mit Kabeleinführung (Bild 46) sowie deren Modellierung mit den Bausteinen des Netzanalysators (Bild 47) bekannt.

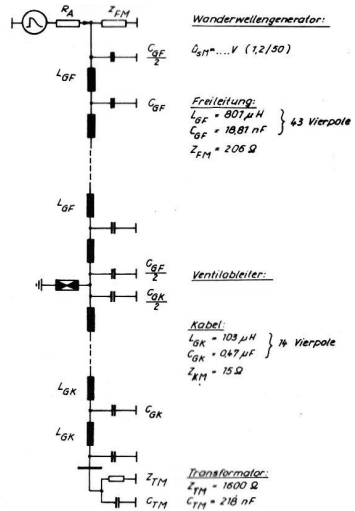


Bild 47: Schaltbild für die Modellierung der Anlage nach Bild 46

Außer den 6 Versuchsaufgaben (Bild 45, rechts) sind insgesamt 19 Kontrollfragen enthalten, so dass der Student sein Verständnis des Stoffes prüfen kann. Zur Selbstkontrolle sind die Lösungen zu diesen Fragen am Ende der Anleitung enthalten. Während des vierstündigen Versuches erfolgt ein zweistündiges, von einem Assistenten benotetes Kolloquium zu den Grundlagen und zu den Ergebnissen des Versuches.

Zu jedem Versuch ist von den vier Versuchsteilnehmern ein Protokoll mit den Versuchsergebnissen und deren Diskussion beim betreuenden Assistenten abzugeben. Die Note auf das Protokoll und die Note für das Kolloquium ergeben die Note für diesen Versuch. Aus allen Versuchsnoten wird die Vornote gebildet, die mit der Klausurnote zur Note für dieses Lehrfach zusammengefasst wird. Diese intensive Lehrform wird von den Studenten vor allem nach Abschluss des Studiums sehr geschätzt und es wird später bei zu lösenden Praxisproblemen oftmals in den Versuchsunterlagen nachgeschlagen.

Zu jedem Laborversuch ist ein Ordner (Versuchsmappe) beim Stammbetreuer dieses Versuchs hinterlegt. Obenauf ist ein Verzeichnis der Stammbetreuer und der Betreuerassistenten für jedes Semester. Der Hauptteil enthält die komplette Schaltung und den Aufbau des Versuchsstandes. Außerdem sind die Versuchsaufgaben mit Hinweisen zur Verschaltung und ein Musterprotokoll mit den Messergebnissen sowie deren Diskussion enthalten. Ein Assistent, der die Betreuung des Versuchs für das kommende Semester übernimmt, leiht sich die Versuchsmappe beim Stammbetreuer aus, studiert Schaltung und Aufbau und löst die Aufgaben am Versuchsstand. Bei Problemen kann er den letzten Betreuer oder den Stammbetreuer konsultieren. Zum Schluss überlegt er sich die Strategie für das Kolloquium einschließlich von Fragen an die Studenten. Das Kolloquium findet meist am Versuchsstand an einer ortsveränderlichen Tafel statt. Auf diese Weise erfolgt eine effektive Einarbeitung in einen neuen Versuch, so dass der *Koettnitz*'sche Wunsch, dass jeder Assistent in jedem Semester einen anderen Versuch betreut, realisierbar wird.

In ähnlicher Weise wird von *Koettnitz* unter Mitarbeit von *Clemens* und *Rothe*³⁶ das Laborpraktikum zur Relaischutztechnik aufgebaut. Dazu gehören die Versuchsstände:

Überstromzeitschutz 1 und 2, *Distanzschutz* 1 und 2, *Differentialschutz* 1 und 2 sowie *Schaltalgebra*. Dabei werden jeweils im Versuch 1 die wissenschaftlichen Grundlagen untersucht und im Versuch 2 das entsprechende Gerät. Auch die Geräte werden sehr tiefgründig behandelt, indem im Kolloquium anhand des in der Versuchsanleitung enthaltenen Schaltplanes die Funktion jedes Bauelementes im Schutzgerät zu beschreiben ist. Die ausführlichen Versuchsleitungen mit den Versuchsaufgaben stehen den Studenten in Form von sechs Lehrbriefen [23] erstmals 1966 zur Verfügung.

Koettnitz ist fast bei jeder Rechenübung anwesend und besucht auch regelmäßig die Gruppen während der Versuchsdurchführung im Labor. Diese Präsenz des Hochschullehrers ist nicht überall ein vertrautes Bild. *Koettnitz* setzt hier Maßstäbe in der Lehre.

³⁶ Prof. Dr.sc.techn. Klaus *Rothe* (*22.08.1939 Dresden) war von 1965 bis 1971 wiss. Assistent bei *Koettnitz* am IEA der TU Dresden, 1970 Promotion A an der Fakultät Elektrotechnik der TU Dresden, 1980-1984 Chefingenieur bei der Public Establishment of Electricity (Staatliche Energieversorgung) in Syrien, 1971 Aufbau des Lehr- und Forschungsgebietes an der IHS Zittau (TH Zittau, 1992 FH Zittau), 1982 Promotion B „*Ermittlung und Beeinflussung der Betriebszuverlässigkeit elektroenergetischer Schutzsysteme*“ TU Dresden, 1974 Hochschuldozent und 1983 Professor für Schutztechnik in Zittau, 2005-2017 Weiterbildungslehrgänge beim VDE.

Außer den an der Universität durchgeführten Rechenübungen, deren Lösungsdauer eine Stunde nicht überschreitet, hat *Koettnitz* als Belegaufgabe eine umfangreiche Berechnung als Höhepunkt zur Vorlesung „Netzberechnung“ eingeführt. Dieser „Ringbeleg“ erforderte zur Lösung (mit Rechenschieber!) eine Bearbeitungszeit von vielen Stunden, so dass die Studenten bis zur Abgabe zwei bis vier Wochen Zeit hatten.

Selbstverständlich wusste *Koettnitz*, dass bei gleichen Aufgabenstellungen dieser Ringbeleg nur für leistungsstarke Studenten eine Rechenübung wäre und für die anderen eine Schreibübung, denn viele Studenten wohnten zu viert bis zu acht in den Zimmern der Wohnheime in der Nöthnitzer Straße. Deshalb orientierte er darauf, dass jeder Student eine andere Aufgabenstellung erhält, was auch die Verwendbarkeit von „Rückenwinden“ aus dem Vorjahr ausschloss. Da aber jeder Assistent ein bis drei Ringbelege zu betreuen hat, wurde *Jaroszczinsky*³⁷ beauftragt, für alle Varianten die Lösungen am ZRA1 zu berechnen und den Betreuern zur Verfügung zu stellen.

2.2.3 Lehrbücher und Lehrbriefe sowie schöpferische Erholung

Die langjährigen systematischen Arbeiten zur Netzberechnung fasst *Koettnitz* gemeinsam mit *Pundt* zum Band 1 „*Mathematische Grundlagen und Netzparameter*“ (Bild 48) [19] der dreibändigen Buchedition „*Berechnung elektrischer Energieversorgungsnetze*“ zusammen.

Die Ergebnisse seiner Arbeiten zur Analyse von Netzvorgängen und Netzbedingungen für die Bemessung und Gestaltung von Elektroenergieanlagen publiziert er gut strukturiert 1979 vorerst als Zeitschriftenveröffentlichung [42]. In gleicher Weise veröffentlicht er 1981 Anforderungen und Verfahren zur Untersuchung von Netzvorgängen in Elektroenergiesystemen [43].

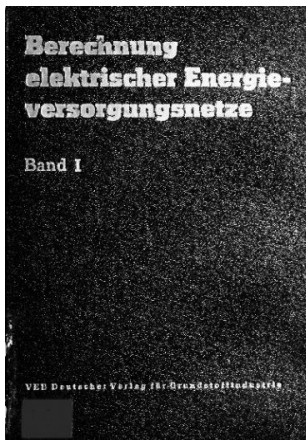


Bild 48: Einband von Band 1: *Mathematische Grundlagen und Netzparameter*

In den darauffolgenden fünf Jahren untersucht er bisherige Lücken bei der Beschreibung und Berechnung stationärer und instationärer Betriebszustände, wobei er zeitweilige Spannungsüberhöhungen, transiente innere und äußere Überspannungen sowie Koppelüberspannungen einbezieht. In ähnlicher Weise berücksichtigt er zeitweilige Stromüberhöhungen, transiente Schaltüberströme und transiente Kurzschlussüberströme sowie deren Begrenzung. Nach Ergänzung seiner Untersuchungen zu den elektro-mechanischen Ausgleichsvorgängen mit den Abschnitten statische, transiente und dynamische Stabilität sowie zur Antihavariestrategie sieht er die Voraussetzung gegeben, das Ganze nun in Buchform zu veröffentlichen (Bild 49) [20].

³⁷ Dr.-Ing. Herbert *Jaroszczinsky* (*27.4.1940 in Haynau), 1958-1964 Studium Elektrotechnik/Starkstrom TH/TU Dresden, 1964-1969 wiss. Assistent, 1971 Promotion „Beitrag zur Berechnung der kapazitiven Beeinflussung durch Starkstromleitungen“ bei *Pundt*, 1969-2003 Abteilungsleiter Informationstechnik bei EKD/ESAG/ENSO.

Selbstverständlich stellt er an den Anfang des Buches im Abschnitt 1 eine sorgfältig zusammengestellte Terminologie der Betriebsvorgänge in Elektroenergiesystemen (Bild 50).

Ausgehend von den Vorgängen mit Netzfrequenz ordnet er links davon die transienten Vorgänge mit höheren Frequenzen und rechts die Zustandsänderungen mit längerer Dauer einschließlich deren Zeitkonstanten ein.

Außer diesen beiden Büchern unterstützt er Clemens und Rothe bei der Herausgabe des Buches zur Relaischutztechnik [22]. Darüber hinaus arbeitet er redaktionell an den Übersetzungen der Lehrbücher von Sirotnski, Kaminski und Markowitsch aus dem Russischen.

Für das siebenjährige Fernstudium an der TU Dresden werden den Studenten Lehrbriefe im Umfang von 50 bis 80 Seiten zum Preis von 2 Mark/Lehrbrief angeboten. Diese Lehrbriefe sind eine wesentliche Hilfe für die Fernstudenten beim Selbststudium, da Lehrbücher erst geschrieben werden.

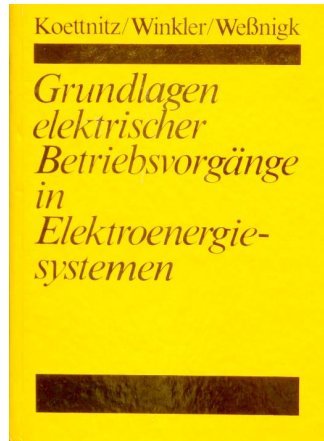


Bild 49: Bucheinband "Grundlagen elektrischer Betriebsvorgänge in Elektroenergiesystemen"

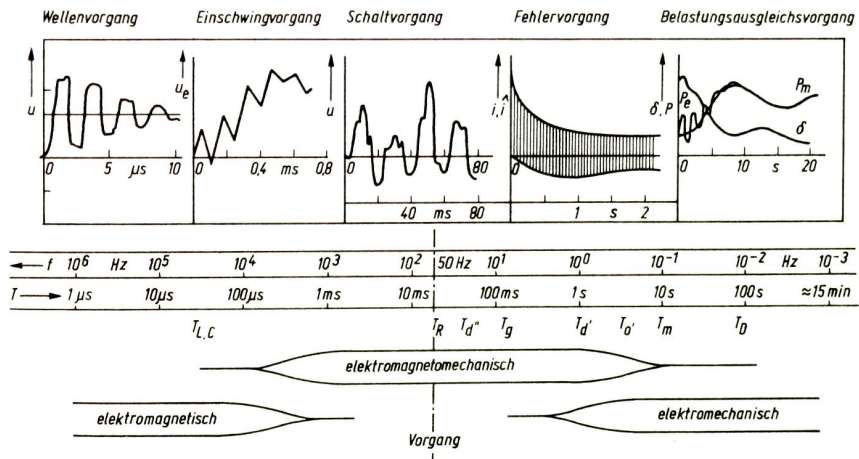


Bild 1.5. Kennzeichen typischer Betriebsvorgänge
Zeitkonstanten:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| $T_{L,C}$ Leitungsinduktivitäten und -kapazitäten | T_d' transientes Generatorlängsfeld |
| T_R Spannungsregler | T_o' Generatorleerlauf |
| T_d'' subtransientes Generatorlängsfeld | T_m Maschinenrotormasse |
| T_g Generatorgleichfeld | T_D Dampferzeuger |

Bild 50: Struktur von Betriebsvorgängen und Zeitkonstanten, geordnet nach Frequenzen [20]

Anfang der 70er Jahre gelingt es *Koettnitz* in kollegialer Abstimmung mit *Schultheiß*³⁸ [7] und *Mosch*³⁹ eine Lehrveranstaltung „*Beanspruchung elektrotechnischer Betriebsmittel*“ aufzubauen, in der Beanspruchungen infolge von Strom- und Spannungsbelastungen in einer Vorlesung den Studenten angeboten werden. Das war neu, aber vorteilhaft, weil sich die Anwendung oft auf die gleiche Anlage bezieht und beispielsweise durch die Wahl der Sternpunktterdung ein Optimum zwischen Strom- und Spannungsbelastung einstellbar ist.

So hören die Studenten bei *Schultheiß* die thermischen und mechanischen Beanspruchungen, bei *Mosch* die Beanspruchungen durch äußere Überspannungen (transiente Überspannungen mit schnellem Anstieg) und bei *Koettnitz* die inneren Überspannungen (transiente Überspannungen mit langsamem Anstieg) und die Isolationskoordination. *Koettnitz* wusste, dass Unterschiede bei Begriffen und Formelzeichen dem Studenten das Studium erschweren. Deshalb beauftragte er *Bauer*, die Vorlesung über das gesamte Semester zu hören und anschließend mit den drei Lesenden auszuwerten. Damit soll die Grundlage für eine rasche Ausarbeitung von fünf Lehrbriefen (Bild 51) [24] bis [26] möglich werden.

Diese Lehrbriefe werden auch von Direktstudenten genutzt. Die erste Auflage steht mit 800 Exemplaren den Studenten 1975 zur Verfügung (Bilder 52/53). Wegen des systematischen Aufbaus und der gut verständlichen Beschreibung werden die Lehrbriefe nicht nur von den Fern- und Direktstudenten gekauft. Über die monatlichen Elektrotechnischen Kolloquien an der TU Dresden haben die Ingenieure der Herstellerbetriebe und Netzbetreiber weiterhin gute Kontakte zum Institut und erwerben für ihre Weiterbildung auch diese Lehrbriefe, denn das Buch [20] erscheint erst 1986. Deshalb ist bereits ein Jahr später ein Nachdruck von 400 Exemplaren notwendig

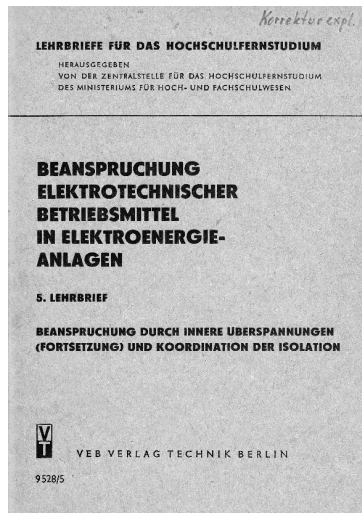


Bild 51: Lehrbrief 5 „Beanspruchung...“
*Innere Überspannungen und
Isolationskoordination*

³⁸ Prof. Dipl.-Ing. Fritz *Schultheiß* (*28.02.1909 Offenbach a.M., † 30.12.1998 Dresden), 1927 Abitur, 1928 Studium Elektrotechnik TH Darmstadt und Berlin, 1935 Diplom, wiss. Mitarbeiter der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen Berlin, 1936 Projektierungs-Ingenieur bei AEG in Berlin, 1945 Militärdienst, 1947-1948 Konstrukteur Elektroindustriewerk Rade Kondar, Zagreb/Jugoslawien, 1949 Firma Koch&Bohnen Dresden, 1952 Gruppenleiter Schaltanlagen VEB Energiebezirk Ost, 1955 Abteilungsleiter Umspannwerke VEB Energiebau Radebeul, 1957 Professur HFV Dresden, 1961 Professor mit Lehrauftrag an der Fakultät für Elektrotechnik TU Dresden, 1964-1969 Direktor des Instituts für Elektrische Anlagen der TU Dresden, 1969-1974 Professor für Elektrische Energieanlagen an der Sektion Elektrotechnik TU Dresden.

³⁹ Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Wolfgang *Mosch* (*10.05.1928 Leipzig), 1942 Ausbildung zum Elektromechaniker, 1946 Prüffeldingenieur bei Siemens in Leipzig, 1948 Abitur und Studium Elektrotechnik TH Dresden, 1952 Diplom, Assistent und 1956 Oberassistent bei Obenaus, 1959 Promotion, 1960 Haupttechnologe, später Direktor für Technik des VEB Transformatoren- und Röntgenwerk Dresden, 1968 Habilitation TU Dresden, Professor mit Lehrauftrag, 1969-1992 Professor für Hochspannungstechnik, 1971-1973 Direktor der Sektion Elektro-technik, 1973 Erster Prorektor der TU Dresden, 1978-1990 Dekan der Fakultät Elektrotechnik/Elektronik TU Dresden, 1984 Dr. h.c. Energetisches Institut Moskau.

Details zu den Parametern und Schaltungen von Überspannungsableitern und Anlagen stellte Koettnitz im Teil 7 einer Arbeitsmappe [28] zusammen, die den Studenten übergeben wird. Damit verfügt er gleichzeitig über wichtige Inhaltsbausteine für das geplante Buch [20].

Die notwendige Entspannung findet er bei Gartenarbeiten am Haus und in seiner Gartenanlage in Coschütz, wo er den Ausblick auf das Elbtal bis zum Weißen Hirsch und nach Oberloschwitz genießt.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
4. Beanspruchung durch innere Überspannungen	5
4.1. Definitionen; das Netz als schwingungsfähiges System	5
4.1.1. Definitionen	5
4.1.2. Das elektrische Netz als schwingungsfähiges System	9
4.2. Dauerbeanspruchung mit betriebsfrequenter Spannung	12
4.3. Zeitweilige Spannungsüberhöhungen	12
4.3.1. Resonanzerscheinungen und Resonanzüberspannungen	12
4.3.1.1. Nichtlineare Netzelemente als Frequenzwandler	12
4.3.1.2. Oberschwingungen	14
4.3.1.3. Arten der Resonanzerscheinungen	18
4.3.1.4. Schwingungen im linearen Netzsystem	19
4.3.1.5. Schwingungen im nichtlinearen Netzsystem	20
4.3.1.6. Vermeidung und Begrenzung von Resonanzschwingungen	25
4.3.2. Spannungsüberhöhung im erdunsymmetrischen Dreiphasensystem	26
4.3.2.1. Spannungen und Sternpunktbehandlung im Dreiphasensystem	27
4.3.2.2. Spannungsverlagerung durch stationäre, natürliche Erdunsymmetrie	29
4.3.2.3. Spannungsverlagerung durch vorübergehende, fehlerbedingte Erdunsymmetrie	33
4.3.2.4. Wirkung und Anwendungsbereiche der Sternpunktterdungsarten	37
4.3.3. Dynamische Spannungsüberhöhung durch Übertragung und Lastwurf	40
4.3.3.1. Überregelung durch Entlastung	40
4.3.3.2. Entlastung langer Leitungen, Fernantenneffekt	43
4.3.3.3. Vermeidung oder Begrenzung der Spannungsüberhöhung durch Lastabwurf	45
4.4. Schaltüberspannungen	46
4.4.1. Transiente Erdschlußüberspannungen	46
4.4.2. Schalterbeanspruchung und Einschwingvorgänge nach Kurzschlußabschaltungen	51
4.4.2.1. Der Ausschaltvorgang im Leistungsschalter	52
4.4.2.2. Wesen und Form der Einschwingspannung über den Schalterpolen	56
4.4.2.3. Einschwingspannung im Dreiphasensystem	65
4.4.2.4. Zur Auswahl der Leistungsschalter	68
Lösungen	68
Literaturverzeichnis	76

Bild 52: Inhaltsverzeichnis des Lehrbriefes 4 „Beanspruchung durch innere Überspannungen“ [25]

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
4. Beanspruchung durch innere Überspannungen (Fortsetzung)	5
4.4. Schaltüberspannungen (Fortsetzung)	5
4.4.3. Schaltüberspannungen beim Schalten von Betriebsmitteln	5
4.4.3.1. Abschalten unbelasteter Transformatoren	5
4.4.3.2. Abschalten unbelasteter Freileitungen	12
4.4.3.3. Einschalten leerlaufender Leitungen	16
4.5. Koppelüberspannungen	21
4.5.1. Kapazitive Koppelüberspannung	22
4.5.2. Induktive Koppelüberspannung	23
4.5.3. Galvanische Koppelüberspannung	25
5. Koordination der Isolation	26
5.1. Problembeschreibung und Grundbegriffe [5.11] [5.12]	26
5.1.1. Ziel der Koordination der Isolation (Isolationskoordination)	26
5.1.2. Begriffe für die Isolationskoordination	27
5.1.3. Zusammenfassung	34
5.2. Charakteristik der Spannungsbeanspruchungen	34
5.2.1. Bezugswert der Spannungsbeanspruchung	34
5.2.2. Betriebsfrequente Dauerbeanspruchung	36
5.2.3. Zeitweilige Spannungsüberhöhungen	36
5.2.4. Schaltüberspannungen	37
5.2.5. Blitzüberspannungen	39
5.2.6. Zusammenfassung	40
5.3. Charakteristik der Überspannungsbegrenzung	40
5.3.1. Überblick	40
5.3.2. Vorbeugender Überspannungsschutz	41
5.3.3. Begrenzender Überspannungsschutz	41
5.3.4. Zusammenfassung	47
5.4. Charakteristik der Spannungsfestigkeit einer Isolation	47
5.4.1. Arten und Formen der Isolation	47
5.4.2. Charakteristik und Nachweis des Isoliervermögens	47
5.5. Deterministische Isolationskoordination	51
5.5.1. Grundprinzip der deterministischen Isolationskoordination	51
5.5.2. Verfahren der deterministischen Isolationskoordination	51
5.6. Statistische Isolationskoordination	56
5.6.1. Grundprinzip der statistischen Isolationskoordination	56
5.6.2. Verfahren der statistischen Isolationskoordination	57
5.6.3. Zusammenfassung und Ausblick	62
Lösungen	63
Literaturverzeichnis	72

Bild 53: Inhaltsverzeichnis des Lehrbriefs 5 „Beanspruchung durch innere Überspannungen (Fortsetzung) und Koordination der Isolation“ [26]

Auch den Urlaub mit der Familie nutzt er, um im **Schloss Gaußig**⁴⁰ (Bild 54) an größeren Objekten wie Büchern zu schreiben. Den Wunsch seiner Kinder *Reinhard* und *Gabriele*, im Urlaub doch auch mal zu zelten, lehnt er mit der Begründung ab, der Krieg habe ihm die Lust aufs Zelten für immer ausgetrieben.

Von Gaußig erzählt er *Bauer* über das Schloss und den 28 Hektar großen Park so begeistert, dass der seinen nächsten Urlaub nutzt, um Schloss und Park zu besuchen (Bild 55).

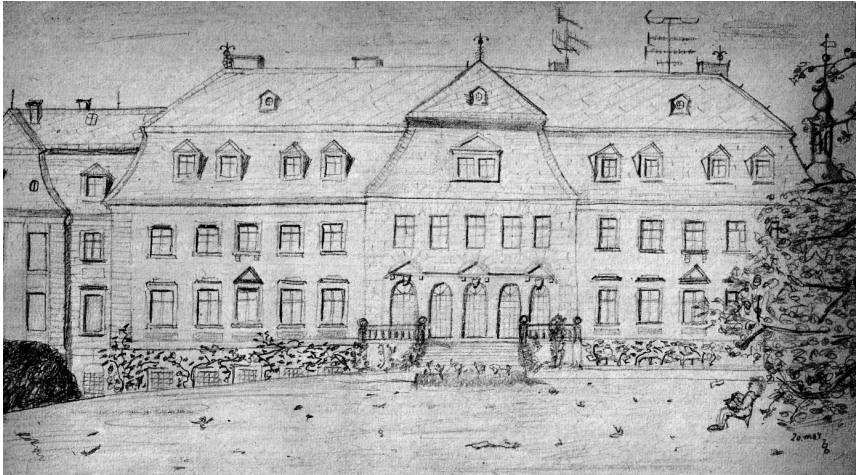


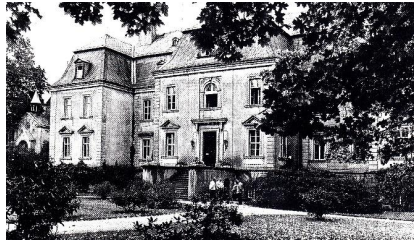
Bild 54: Blick vom Park auf das Schloss Gaußig /Bleistiftzeichnung Hartmut Bauer 1984/



Bild 55: Terrasse mit fünf zweiflügligen Türen (links) zum Spiegelsaal (rechts)
/Foto H. Bauer 1984/

⁴⁰ **Schloss Gaußig** südwestlich von Bautzen, 1696 Barockbau, 1747-1750 Barockgarten durch Johann Christoph Knöffel i.A. Heinrich Graf von Brühl, um 1800 Umgestaltung im Stil Klassizismus, 1803 aus Barockgarten englischer Landschaftsgarten durch Henriette Gräfin von Schall-Riauour, 1880 Friedhofsanlage, 1894 Kapelle, 1907 an Südseite Bibliothek angebaut, 1945 enteignet, Nutzung durch CDU, 1948-1992 Park durch TU Dresden betreut (Arbeitseinsätze von Studenten der Forstwiss. Fakultät), Schloss als Erholungsheim für Professoren der TU Dresden und als Tagungsstätte genutzt. Gesamtes Inventar nach der Wende an Erben übergeben, in Stuttgart wegen einzigartiger Geschlossenheit in sensationeller Auktion versteigert, Bestand der Bibliothek in SLUB integriert und damit geschlossen erhalten. Schloss 2005 durch Familie des Andreas Graf Brühl-Pohl erworben, immenser Aufwand für Ausbau investiert und seit 2008 als Schlosshotel genutzt.

Sehenswert sind auch die Kapelle und die Anfang des 20. Jahrhunderts an der Südseite angebaute Bibliothek, deren Bestand nach 1990 der Sächsischen Landes- und Universitäts-Bibliothek (SLUB) übergeben und somit gerettet wurde. Anders bei dem gesamten Schlossinventar. Bei Kriegsende wurde es durch Schlossbedienstete in ihre Häuser gerettet, 1948 ehrlich zurückgebracht sowie bis 1990 durch die TU umsichtig gepflegt und nach 1990 an den Erben Graf Schall *Riau* entsprechend Regelung des Einigungsvertrags zurückgegeben. Obwohl dabei auch angeblich „höchst persönliche Erinnerungsstücke“ des Erben dabei waren, war alles 1998 im Angebot eines Stuttgarter Auktionshauses wiederzufinden [14], [15].



*Bild 56: Eingangsportal vom Schloss Gaußig
/Archiv TU Dresden/*



*Bild 57: Blick von der Schlossterrasse in den als englischer Landschaftspark gestalteten Schlossgarten.
/Foto: H. Bauer/*

Nach aufwendigem Ausbau wird das Schloss seit 2008 als Schlosshotel betrieben.

Wer Schloss (Bild 56) und Park (Bild 57) erleben durfte, kann verstehen, weshalb *Koettnitz* im Familienurlaub gern nach Gaußig reiste und dort in anregender Atmosphäre trotz Urlaub schöpferisch tätig wurde.

Für seine wissenschaftlich-technischen Leistungen und die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wird *Koettnitz* 1952 als Verdienter Erfinder und 1966 als Verdienter Techniker des Volkes ausgezeichnet. Außerdem erhält er die Verdienstmedaille der Energiewirtschaft.

2.2.4 Auswirkung der Hochschulreform

Die beabsichtigten und durchgeführten Maßnahmen im Rahmen der so genannten 3. Hochschulreform haben *Koettnitz* verletzend getroffen. In der Fachrichtung Elektroenergietechnik werden bis 1968 jährlich ungefähr 170 Studenten ausgebildet, 100 am Institut für Elektrische Maschinen (vier Seminargruppen) und 70 am Institut für Elektrische Energieanlagen (drei Seminargruppen). Das Institut für Hochspannungstechnik betreut im Rahmen von Studienarbeiten und Diplomarbeiten mehrere Studenten aus allen sieben Seminargruppen.

Es wurde die Bildung einer *Sektion Elektrotechnik* vorbereitet, in der die Lehrstühle der drei Institute für die Ausbildung der 170 Studenten zu integrieren sind. Die Dokumente zur Sektionsbildung einschließlich der Studienpläne werden von den Hochschullehrern aus den drei Instituten vorbereitet.

Auf der abschließenden Beratung im Besprechungsraum des Görgesbaus zur Verabschiedung der Dokumente gibt der Prorektor als Leiter der Veranstaltung bekannt, dass er am vorigen Abend einen Anruf aus dem Ministerium erhalten habe, nach dem die Anzahl der durch die Sektion auszubildenden Studenten auf 100 zu beschränken sei. Die Reduzierung solle zu Lasten des Instituts für Elektrische Elektroenergieanlagen gehen. Die TU Dresden solle hauptsächlich für die Herstellerindustrie ausbilden, die Netzbetriebe sollen zukünftig Absolventen von der Ingenieurhochschule Zittau bekommen.

Koettnitz ist geschockt, weil er die Tragweite dieser Entscheidung sofort versteht. Das würde bedeuten, dass am IEA keine Studenten mehr ausgebildet werden und auch die Forschung für die Netzbetreiber zum Erliegen käme. Damit würde für ihn auch die Basis für seine ehrenamtliche Arbeit in der KDT wegbrechen.

Koettnitz und *Pundt* versuchen mit Unterstützung der Netzbetriebe diese Fehlentscheidung zu korrigieren. Bezüglich des Verbleibs der Hochschullehrer wird das erreicht, allerdings wird die Vorlesung Netzschutztechnik gestrichen und es gelingt *Koettnitz* nur, die drei wichtigsten Schutzrelais in Abstimmung mit *Habiger*⁴¹ in eine gemeinsame Vorlesung „*Bausteine der Automatisierungstechnik*“ zu integrieren [27]. Die Versuchsstände für das zugehörige Laborpraktikum gehen zum großen Teil an die IHS Zittau, wo sie von *Rothe* erneut aufgebaut und für seine Lehrveranstaltung Netzschutztechnik genutzt werden.

Erst 1986 gelingt es *Bauer*, nach seiner Berufung als ord. Hochschuldozent an die TU Dresden, wieder eine eigenständige Vorlesung Netzschutztechnik aufzubauen. Mit Unterstützung von *Mach* und *Leucke* entstehen dazu auch wieder vier Versuchsstände (Distanzschutz, Differentialschutz, Überstromzeitschutz und Elektromagnetische Verträglichkeit), die nach 1990 mit digitaler Schutz- und Leittechnik modernisiert werden.

2.3 Betreuung von Doktoranden und Unterstützung der Betriebe

Diese hohen Ansprüche an Vorlesungsinhalte, Rechenübungen und Laborpraktika setzt *Koettnitz* mit seinen Assistenten in relativ kurzer Zeit um. Dabei erwartet er von seinen Assistenten, dass sie während ihrer Tätigkeit am Institut einen Versuchsstand einschließlich Versuchsanleitung und Musterprotokoll überarbeiten oder neu aufbauen und in jedem Semester möglichst an einem anderen Versuchsstand den Versuch leiten. Er sieht darin eine notwendige Weiterbildung seiner Assistenten, damit sie nach ihrer Promotion nicht nur in der Tiefe ihres Dissertationsthemas, sondern auch in der Breite aller Laborpraktika des Instituts Wissen und Messerfahrungen haben, die weit über das eines Absolventen hinausgehen. Bemerkenswert ist auch, dass er mit seinen Assistenten ein Arbeitsgebiet abstimmt und nach

⁴¹ Prof. Dr.-Ing. habil. Ernst *Habiger* (* 01.01.1932 Odrau/Tschechoslowakei), 1945-1947 Landarbeiter, 1952 Abitur, 1953 Studium Elektrotechnik TH Dresden, 1958 Diplom, 1964 Promotion TU Dresden, 1966-1969 Industrietätigkeit, 1968 Habilitation TU Dresden, 1970 Dozent und 1971 Prof. für Steuerungstechnik, 1992-1997 Professor für Diskrete Steuerungssysteme am Institut für Automatisierungstechnik der TU Dresden.

etwa einem Jahr erwartet, dass sie ihm abgeleitet aus tiefgründigem Literaturstudium selbst ein Thema für ihre Dissertation vorschlagen. *Koettnitz* motiviert beispielsweise *Lawrenz*⁴² zur Bearbeitung des Gebietes Oberschwingungen bezüglich der nichtlinearen Kennlinien potenzieller Quellen, aber vor allem hinsichtlich der Ausbreitung in den Energieversorgungsnetzen. Dabei interessieren sowohl die Anteile der Mit-, Gegen- und Nullkomponenten bei nichtsymmetrischen Belastungen als auch die Auswirkungen von Ferroresonanz. Da mit damaliger Rechentechnik die Bestimmung von Resonanzeffekten in den Netzen nicht möglich war, konnten auch hierfür Modellierungen am TNA weiterhelfen. Als *Clemens* zum IEV wechselte, wurde *Lawrenz* Oberassistent und wandte sich der Analyse von Belastungsverläufen in den Netzen zu, um über deren Systematisierung eine Koordination zwischen den Strombelastungen und der thermischen und dynamischen Festigkeit der Betriebsmittel und Anlagen zu ermöglichen.

Außer der unmittelbaren Betreuung der Dissertationen und Habilitationen seiner wissenschaftlichen Mitarbeiter im Institut, war er auch als Betreuer und Gutachter bei externen Verfahren tätig. So beschäftigte er sich mit der Habilitation von *Muschick*⁴³ über die Anwendung der Spieltheorie [48] bei der Bemessung elektrischer Anlagen. Damit sollte der optimale Zeitpunkt berechnet werden, wann Betriebsmittel, die einen Auslegungsparameter unter veränderten Netzbedingungen nicht mehr erfüllen konnten, unter Berücksichtigung ökonomischer Randbedingungen auszutauschen sind.

Es erscheint grundsätzlich sinnvoll, außer den Lösungsmethoden auf deterministischer und stochastischer Grundlage auch strategische Verfahren einzubeziehen. Da bei den Blitzparametern und den Zündwinkeln bei Schaltvorgängen stets der Zufallscharakter bei der Berechnung von Überspannungen für *Koettnitz* selbstverständlich war, sah er Probleme bei der Anwendung von Zwei-Personen-Nullsummenspielen auf technische Probleme. Der Ansatz des Mini-Max-Prinzips, die optimale Variante (Minimum von Investitions-, Betriebs-, und zu erwartenden Schadenskosten) unter der Voraussetzung auszuwählen, dass Technik und Umwelt den maximalen Schaden anstreben, gefiel ihm nicht. Er sah als Ausgangspunkt zufälliger Einflüsse deren reale Eintrittswahrscheinlichkeit.

Obwohl der zuverlässige Netzbetrieb ein Arbeitsschwerpunkt von *Koettnitz* war, widmete er der Sicherheit der Elektrizitätsanwendung besonderes Interesse. Er motivierte *Kupfer*⁴⁴

⁴² Dr.-Ing. habil. Rudolf *Lawrenz* (*02.10.1938 Kutzer, † 09.12.1992 Berlin), 1957-1963 Studium Elektrotechnik TU Dresden, 1963 wiss. Assistent und 1967-1985 Oberassistent am IEA der TU Dresden bei *Koettnitz*, 1969 Promotion „Systematik und Charakteristik von Schwingungserscheinungen in elektrischen Energieversorgungsnetzen“, 1987 B-Promotion zum Dr. sc. techn. „Methodik einer deterministischen Stromkoordination von Elektroenergieanlagen bei wechselnder Belastung“, 1991 Umwandlung in Habilitation.

⁴³ Prof. Dr.-Ing. habil. Edwin *Muschick* Lehrstuhl „Feldtheorie/Grundlagen technischer Entscheidungen“ und 1988-1990 Rektor der Ingenieurhochschule Zittau.

⁴⁴ Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen *Kupfer* (*06.07.1938 Dramburg/Pommern), 1957-1963 Studium der Elektrotechnik an der TU Dresden, 1963-1965 Zusatzausbildung Physiologie/Elektropathologie am DZA und an der HU in Berlin, 1968 Promotion TUD „Technische Darstellung einer Methode zur reizeinbruchfreien Registrierung des Elektrokardiogramms bei elektrischer Durchströmung des Herzens am Ganztier“, 1982 Habilitation TUD „Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung kurzer (20 ms bis 1500 ms) 50-Hz-Wechselströme auf Großtiere (Schweine) mit dem Ziel der Ableitung von Grenzwerten für Körperströme für Mensch und Nutztier“, seit 1967 wissenschaftliche und leitende Tätigkeiten auf den Gebieten Arbeits- und Gesundheitsschutz; WHO-Expert NIR; Lehrstuhl Technische Arbeitshygiene an der Akademie für Ärztliche Fortbildung der DDR; seit 2001 Wissenschaftliches Beratungsbüro Elektropathologie/Ergonomie.

bereits im Großen Beleg, offene Problem zum Unfall durch elektrischen Strom zu untersuchen. *Koettnitz* und *Schulze* setzten sich dafür ein, bei der Hauptsicherheitsinspektion der Energieversorgung eine Planstelle zur Förderung der Elektrosicherheit einzurichten. *Kupfer* arbeitete als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Deutschen Institut für Arbeitsmedizin (DZA) und reichte 1968 seine Dissertationsschrift extern an der Fakultät für Elektrotechnik der TU Dresden ein. Darin berichtete *Kupfer*, dass es erstmals gelungen ist, das Elektrokardiogramm (EKG) während einer elektrischen Durchströmung des Herzens mit nötigem Störabstand an narkotisierten Versuchstieren artefaktfrei abzuleiten.

Wegen des an der TUD eher ungewöhnlichen Forschungsthemas gab es zur Annahme der Habilitationsschrift „*Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung kurzer (20 ms bis 1500 ms) 50-Hz-Wechselströme auf Großtiere (Schweine) mit dem Ziel der Ableitung von Grenzwerten für Körperströme für Mensch und Nutztier*“ nicht nur Zustimmung, sondern auch: „Seit wann müssen wir uns an der Technischen Universität mit Schweinen befassen...!?“

Die Annahme wurde mit der Begründung bestätigt, dass die im zeitlichen Wandel befindlichen Grenzkurven zur Vermeidung tödlicher Unfälle durch elektrischen Strom, insbesondere für kurze (< 500 ms WS) aber auch Durchströmungszeiten > 1 s Unsicherheiten offen ließen. Sie wurden bisher sowohl aus Tierversuchen zur Bestimmung der Flimmerschwelle als auch aus praktischen Erfahrungen zur Fehler-Abschalt-Möglichkeit sowie aus beinahe und tödlichen Elektrounfällen abgeleitet. Zum Teil falsch interpretiert wurden die tierexperimentellen Ergebnisse bezüglich der vulnerablen Phase der Herzrhythmicität, die etwa der T-Welle im EKG entspricht. Unterschiedliche Strom-Zeitverläufe für den Durchströmungszeitbereich 100 ms bis 500 ms waren längere Zeit die Folge in einschlägigen Vorschriften. Der Schutz von Menschen und Nutztieren aber auch wirtschaftliche Aspekte verlangten zunehmend eine Klärung, wofür sich *Koettnitz* mit der ihm eigenen Überzeugungskraft in der o.g. Sitzung einsetzte.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens gelang es dann 1979, den Verlauf der Flimmerschwelle für sinusförmigen Wechselstrom mit einem Bestimmtheitsmaß von etwa 90 % zu ermitteln. Zugleich unterstützten die Ergebnisse eine Dimensionierung von FI-Schutzschaltern (RCD) mit weniger als 100 mA als Abschaltkriterium.

Seine Mitarbeiter sind durch seine Vorbildwirkung motiviert. Er arbeitet regelmäßig von 8:15 bis 13:30 Uhr im Institut und steht seinen Mitarbeitern beratend zur Seite. Nach dem Mittagessen, das von seiner Frau *Eleonore*⁴⁵ mit liebevoller Fürsorglichkeit auf seinen Gesundheitszustand abgestimmt ist, beginnt er an seinem Schreibtisch zuhause seine „zweite Schicht“. Hier hat er den beruhigenden Blick auf die Gartenanlage mit dem Turm der Lukaskirche im Hintergrund



Bild 58: Wohnhaus in der Reichenbachstraße mit Blick zur Lukaskirche /Foto: H. Bauer/

⁴⁵ Frau Dr. Eleonore *Koettnitz* (*24.05.1922, † 25.01.2019) war die Ehefrau von Harald *Koettnitz*.

(Bild 58) und kann neue Literatur lesen und die Vorlagen für Vorlesungsbilder und -diagramme entwerfen [1].

Als letzter Assistent kann **Thiele**⁴⁶ seine Dissertation [53] „*Entwicklung des Netzanalysators für ausgewählte transiente Netzvorgangsuntersuchungen*“ bei **Koettnitz** verteidigen. **Reincke** war sein letzter Forschungsstudent, den er erfolgreich zur Promotion [54] führen konnte.

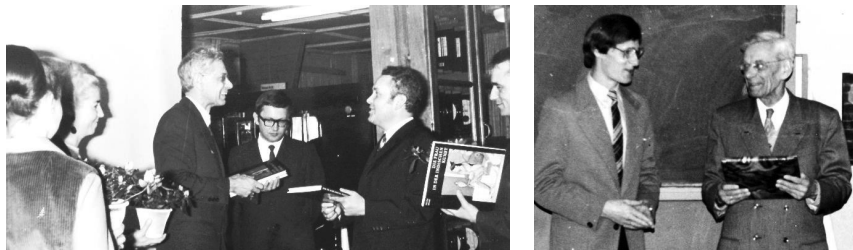


Bild 59: Gratulation durch Prof. Koettnitz für Dr. Schnabel, Dr. Clemens und Dr. Stieb (von rechts) zum Beginn ihrer Doktorfeier (linkes Bild) und für Dr. Thiele am 27.02.1985 (rechtes Bild) /privat/

Sehr beliebt bei den Assistenten und Hochschullehrern waren die Doktorfeiern (Bild 59), die von jeweils ein bis drei neuen Doktoren zeitnah nach deren Verteidigung veranstaltet wurden. Dort wurde ein „rigoroses Rigorosum“ mit schwierigen humorvollen Fragen inszeniert, die „*eigentliche Prüfung*“, erwartungsgemäß gerade noch bestanden und mit einer von **Drescher** in „Latein“ geschriebenen Urkunde belohnt. Die theatralischen Darbietungen konnten **Koettnitz** ein Schmunzeln aber auch ein fröhliches Lachen entlocken.

Besonders bemerkenswert ist, dass **Koettnitz** Anfragen aus Netzbetrieben oder von Herstellern, die an ihn als Hochschullehrer oder als Vorsitzender des FUA 0.3 erreichen, meistens tiefgründig und umfassend kostenfrei beantwortet. Einige dieser Antwortbriefe haben einen Umfang von etwa 10 Seiten und enthalten auch Diagramme, die aus umfangreichen Berechnungen abgeleitet werden.

Sein Standpunkt ist, dass er berufen sei, um Studenten gut auszubilden und der DDR-Industrie als Berater zur Verfügung zu stehen - ohne daraus persönliche Vorteile zu erzielen.

Durch seinen Wunsch zum Gegenlesen erhalten **Freyer** und **Bauer** einen tiefen Einblick in seinen immensen Arbeitsaufwand für Literatúrauswertung, Rechnen mit Rechenschieber, Zeichnen von Diagrammen auf Millimeterpapier und für das Schreiben des Antwortbriefes mit Füllfederhalter. Gab es Stau bei Frau **Bräuer**⁴⁷ an der Schreibmaschine oder bei den drei Damen im Zeichenbüro, nutzte er einen zu diesem Zweck angefertigten Stempel „*Aus Zeitgründen urschriftlich*“.

⁴⁶ Dr.-Ing. Joachim **Thiele** (*12.06.1954 in Halle/Saale), 1973 Studium der Elektrotechnik an der TU Dresden, 1977-1984 wiss. Assistent am Lehrstuhl Elektroenergieanlagen im Wissenschaftsbereich Elektroenergietechnik der Sektion Elektrotechnik, 1985 Promotion „*Entwicklung des Netzanalysators für ausgewählte transiente Netzvorgangsuntersuchungen*“ bei **Koettnitz**, 1984 wiss. Mitarbeiter im Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung (ASMW), 1989 Fachgebietsleiter Zertifizierung, 1991-2020 wiss. Mitarbeiter in der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) Berlin, Referat Akkreditierung und Konformitätsbewertung

⁴⁷ Frau Renate **Bräuer** war seit 1963 Sekretärin von **Koettnitz** und nach dessen Tod bis zu ihrem Eintritt in den altersbedingten Ruhestand bei **Bauer** und **Ambrosch**.

Anlässlich des 60. Geburtstags (Bild 60) schreiben *Schultheiß, Pundt* und *Muschick* [12]: „Harald Koettnitz ist allem gleißnerischen äußeren Schein abhold. Er liebt es, im stillen ordentliche Arbeit zu leisten und erst mit gesicherten Ergebnissen an die Öffentlichkeit zu treten. Das ist auch der Tenor, unter dem er mit ausländischen Wissenschaftlern zusammenarbeitet. So sind in der UdSSR die Professoren *Kostenko* und *Tscherbatschew* vom Leningrader Polytechnischen Institut und Professor *Neklepajev* vom Moskauer Energetischen Institut, in der VR Polen die Professoren *Trojak* aus Wroclaw und *Kaminski* aus Gliwice sowie in der CSSR Dr. *Gert* aus Brno seine Partner. In diesem Zusammenhang ist auch die deutschsprachige Redaktion der Bücher von *Kaminski, Sirotinski* und *Markowitsch* zu nennen.“

Durch sein enormes Wissen, seine gut strukturierten und verständlich vorgetragenen Vorlesungen, seine klar formulierten Anforderungen und durch seine menschliche Wärme und sein verständnisvolles Handeln war Koettnitz ein hervorragender Hochschullehrer, als „*Koe*“ bei den Studenten außerordentlich beliebt und von den Fachkollegen hoch geachtet. In seiner ehrenamtlichen Arbeit im Rahmen der KDT sah er eine gute Möglichkeit neue Erkenntnisse mit Fachkollegen zu diskutieren und in der Industrie und bei den Netzbetreibern wirksam werden zu lassen [1].



Bild 60: Gruppenbild der Mitarbeiter des Instituts für Elektrische Energieanlagen der TU Dresden zum 60. Geburtstag von Prof. Koettnitz /Privatsammlung, Fotograf unbekannt/ mit Prof. Schultheiß (vorn, Mitte) und Prof. Pundt (vorn rechts).

2.4 Akademische Selbstverwaltung

Als *Koettnitz* 1960 an das Institut für Elektrische Energieanlagen berufen wird, ist *Schultheiß* kurz danach (1961) als Nachfolger von *Kühn* Direktor des Instituts geworden. Bei der Strukturierung des Instituts und bei der Gewinnung von wissenschaftlichen Mitarbeitern wird *Schultheiß* von *Koettnitz* unterstützt, so dass beide gegen 1967 auf ein gut funktionierendes Institut blicken können (Bild 61).

Die Institute arbeiteten zu dieser Zeit weitgehend autark. Für die Organisation gab es Verantwortliche für Studienangelegenheiten (Große Belege, Diplomarbeiten und Fernstudium), für das Laborpraktikum, für das Vorpraktikum und Ingenieurpraktikum sowie für Exkursionen und die Lehrmittel (Vervielfältigungen und Lehrmittelausgabe).

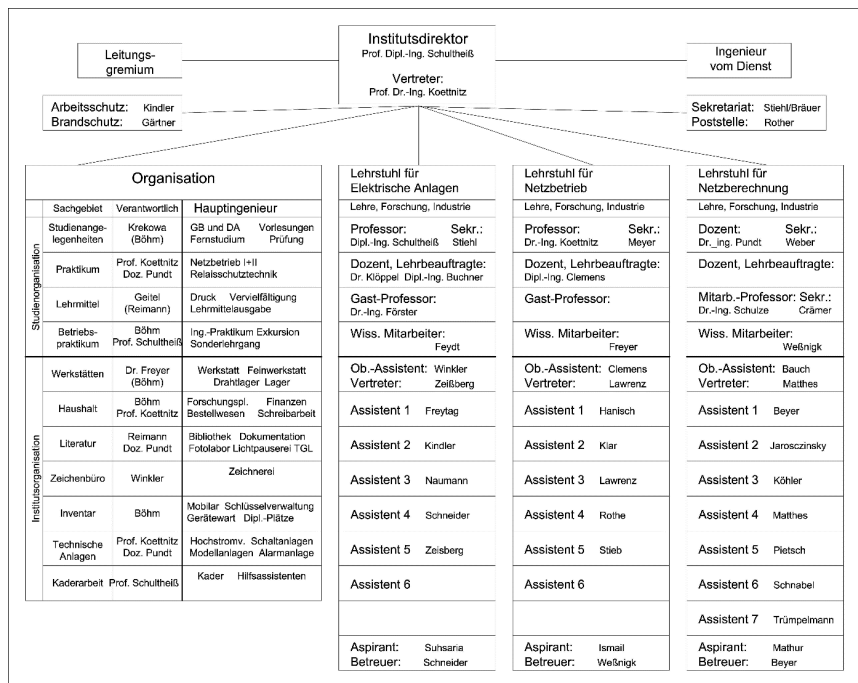


Bild 61: Struktur des Instituts für Elektrische Energieanlagen IEEA /Bauer, nach einem Aushang im Institut, ca. 1967/

Aber auch die Werkstätten einschließlich Lager, die Bibliothek, das Zeichenbüro, die notwendigen Bestellungen einschließlich deren Abrechnungen und die Schlüsselverwaltung mussten in Verantwortung des Instituts gut strukturiert organisiert sein.

Das erscheint aus heutiger Sicht überzogen. Man muss aber bedenken, dass für einen Vortrag ein Diaprojektor genutzt wurde und das zu zeigende Diagramm wird vom Vortragenden mit Rechenschieber berechnet, als Diagramm mit Bleistift gezeichnet, ins Zeichenbüro gegeben,

dort normgerecht gezeichnet und auf ein vorgedrucktes Blatt geklebt, anschließend mit einem Reprogerät abfotografiert, der Film entwickelt und vom Negativ ein positiver Abzug angefertigt, der anschließend in Glas mit Klebestreifen gerahmt wird. Parallel dazu wird ein Fotoabzug 6x9 angefertigt, auf eine Karteikarte A6 geklebt und dem Vortragenden für sein Archiv übergeben. In ähnlicher Weise ist zu bedenken, dass ein Diagramm in einem Forschungsbericht mit Tusche auf ein Transparentpapier einschließlich Beilagenrahmen zu zeichnen war, um dann eine Blau- oder Braunpause zu belichten und in einem Holzkasten mit Salmiakdämpfen zu entwickeln.

Im Rahmen der akademischen Selbstverwaltung wirkt *Koettnitz* ab 1966 als Fachrichtungsleiter Starkstromtechnik. Er erreicht eine gute inhaltliche Abstimmung zwischen den Lehrinhalten des viersemestrigen Grundstudiums und des siebensemestrigen Hauptstudiums. Das 1. Semester war ein Vorpraktikum für Studenten ohne Facharbeiterabschluss in einem Betrieb der Elektrotechnik oder Metallverarbeitung. Ab Studienjahrgang 1962 wurde im 7. Semester das Ingenieurpraktikum (Abgabe eines Berichtes und Verteidigung mit Benotung durch einen TU-Assistenten und den betrieblichen Betreuer) eingeführt. Im 11. Semester wurde die Diplomarbeit geschrieben.

Studenten mit Problemen erhalten durch *Koettnitz* wirksame Unterstützung. Da Studenten mit Fehlleistungen in mehr als drei Lehrfächern des Grundstudiums die Exmatrikulation droht, analysiert er mit ihnen die Ursachen und empfiehlt ihnen rechtzeitig einen Hochschulwechsel, um z. B. an einer Ingenieurhochschule mit geringeren theoretischen Anforderungen konfrontiert zu werden.

Ist ein Student längere Zeit erkrankt, wendet er sich vertrauensvoll an *Koettnitz*, bekommt Hinweise, in welchen Zeiträumen er welchen Stoff aufholen kann bis hin zur Abstimmung eines Sonderstudienplanes.

Für die letzten Studiensemester strukturiert er ein vertiefendes Studium, so dass der Student drei Richtungen zur Auswahl hat:

- *Kraftwerke,*
- *Netzplanung und -berechnung sowie*
- *Netzbetrieb.*

Aus den Vorlesungsangeboten in diesen Vertiefungsrichtungen kann der Student Vorlesungen mit einem vorgegebenen Mindestgesamtumfang an Semesterwochenstunden auswählen.

An der TU Dresden werden auch Studenten in ein siebenjähriges Fernstudium immatrikuliert. Bei diesem Studium werden Freistellungen zur Teilnahme an vier vierzehntägigen Seminarkursen je Jahr gesetzlich garantiert. Dadurch können die Rechenübungen und die Laborpraktika für die Fernstudenten im gleichen Umfang wie für die Direktstudenten angeboten werden.

Die Vorlesungen werden auf eine Konsultationsstunde gekürzt, weil den Studenten gut verständliche Lehrbriefe (2 Mark / Lehrbrief) sowie eine Arbeitsmappe zur Verfügung stehen [23] bis [27], bzw. [28].

Infolge des hohen Präsenzanteils an der Universität wird ein fachlich gleichwertiges Studium gesichert, allerdings mit sehr hoher zeitlicher Belastung für den Studenten und hohem wirtschaftlichen Aufwand für den Arbeitgeber.

3 Ehrenamtliche Arbeit in der KDT

3.1 Vorsitz des FUA 0.3 „Koordination der Isolation“

3.1.1 KDT und Gründung des FUA

Nach dem Zweiten Weltkrieg erließ am 6. Mai 1946 die Alliierte Kommandantur Berlin folgenden Befehl an den Oberbürgermeister der Stadt Berlin [10]: *Der Verband Deutscher Elektrotechniker ist unverzüglich aufzulösen.*

Während in den Westzonen der VDE beabsichtigte, schrittweise seine Arbeit wieder aufzunehmen, wurde in der Sowjetischen Besatzungszone (SBZ) Deutschlands die Arbeit des VDE auf Grundlage dieses Befehls nicht weitergeführt. Deshalb unterstützte der Freie Deutsche Gewerkschaftsbund (FDGB) die Bildung einer Kammer der Technik (KdT, später KDT) und unterbreitete der Sowjetischen Militäradministration (SMA) diesen Vorschlag unter Befügung des konkreten Aufbaus und der zu lösenden Aufgaben. Die SMA hat mit Schreiben vom 8. Mai 1946 für das sowjetisch besetzte Gebiet Deutschlands prinzipiell zugestimmt. Der Magistrat von Berlin trat einem entsprechenden, örtlich begrenzten Vorschlag bei. Dieser wurde der Alliierten Kommandantur Berlin vorgelegt, aber von dieser nicht entschieden [10]. Wegen des Verbots war es notwendig in der SBZ/DDR ein verantwortliches Fachgremium für die verbindliche Herausgabe der VDE-Vorschriften zu bilden (Bild 62).



Bild 62: Deckblatt für die Herausgabe der VDE-Vorschriften in der DDR 1962

stimmte mit der territorialen Gliederung der staatlichen Verwaltung überein. Nach unten fanden sich in dieser Struktur Bezirksfachsektionen (FS), Fachausschüsse (FA), Betriebssektionen (BS) und Ortssektionen (OS). Die FV, WTG, BV/RV waren allesamt keine selbständigen Körperschaften, sondern dem Präsidium und der Hauptgeschäftsstelle untergeordnete Strukturen. Dieser strukturelle Aufbau erwies sich über die Jahre als äußerst flexibel und anpassungsfähig für administrative Veränderungen oder Maßnahmen der staatlichen Verwaltung oder der Wirtschaftsleitung innerhalb des Landes. Die Wahlen zur Besetzung der einzelnen Ämter in dieser Struktur waren im Statut (Bild 63) geregelt.

In [11] ist darüber nachzulesen: *„Die Gründung der Kammer der Technik erfolgte am 2.7.1946 in Berlin, als eine zunächst dem FDGB angeschlossene Vereinigung. Für den sowjetischen Sektor Berlins wurde die wegen alliierter Vorbehalte nicht erfolgte Kammergründung am 29.3.1949 nachgeholt. Die neue Organisation sollte die Entwicklung der Technik fördern, zur Hebung des technischen Bildungsniveaus beitragen sowie an der Gesetzgebung auf technischem Gebiet und an der Normung, Typisierung bzw. Rationalisierung mitwirken.“*

In der regionalen Struktur gab es die Bezirksverbände (BV) und die Regionalverbände (RV). Deren Geschäftsbereich

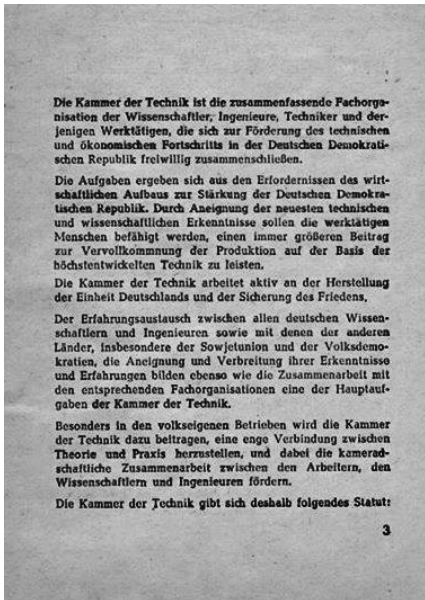


Bild 63: Deckblatt und Textauszug aus dem ersten Statut der KDT

Bemerkenswert ist eine Zielstellung der KDT: „Die Kammer der Technik arbeitet aktiv an der Herstellung der Einheit Deutschlands und der Sicherung des Friedens.“

Nachdem auch die Bemühungen von *Obenaus* um eine gesamtdeutsche Normung auf dem Gebiet der Isolatoren von westdeutscher Seite nicht unterstützt wurden, setzte er sich mit *Callies* für die Gründung eines Gremiums ein, das die VDE-Vorschrift 0111 zur Isolationskoordination für die DDR verbindlich herausgibt.

Koettnitz schreibt rückblickend auf die 25jährige Arbeit des FUA 0.3 in seinem Bericht über die 50. Sitzung des FUA [5]⁴⁸:

„Am 16. Februar 1961 wurde der Fachunterausschuß „0111“ – „Koordination der Isolation“ zunächst als FUA 1.19 im Fachverband Elektrotechnik auf Initiative von Dr.-Ing. H. Callies gegründet, dem die Aufgabe übertragen wurde, die damaligen Vorschriften (VDE 0111, Ausgabe 1961) über die Isolationskoordination für die DDR verbindlich zu gestalten (TGL, Ausgabe 1965). 2 Jahre danach wurde der Fachunterausschuß in den neu gegründeten Fachausschuß FA 0 - Grundlagen der Elektrotechnik - Elektroenergietechnik - als FUA 0.3 übernommen.“

Da zum 16.02.1961 keine Notizen vorliegen, ist anzunehmen, dass es zumindest eine Besprechung von *Koettnitz*, *Obenaus* und *Callies* gegeben hat mit den Zielen, die Sitzung am 24.02.1961 als 1. Sitzung des FUA 1.19 durchzuführen und die Vorschriften VDE 0111/2.61, VDE 0675/9.57 und VDE 0433 für die DDR wirksam werden zu lassen.

⁴⁸ Die folgenden Texte dieses Abschnitts wurden aus den Sitzungsprotokollen des FUA für [5] recherchiert.

Die 1. Sitzung des FUA 1.19 wurde am Freitag, dem 24.02.1961, von *Obenaus* am IfE in Leipzig eröffnet und von *Schmidt* (IfE) geleitet, da der 1. Vorsitzende *Koettnitz* erkrankt und der 2. Vorsitzende, *Morgenstern* (KWH), nicht anwesend waren [5]. Während zur 2. Sitzung am 29.06.1961 über die Verbindlichkeitserklärung von VDE 0111 und zur 3. Sitzung über die Überführung der VDE 0111/2.61 in das DDR-Standardwerk beraten wird, ist mit TGL 52-051 „*Überspannungsableiter*“ der Ersatz für VDE 0675/9.57 zur 3. Sitzung bereits erfolgt.

Die zur 4. Sitzung wirksam werdende Strukturänderung führt zur Zuordnung des FUA „*Koordination der Isolation*“ als FUA 0.3 zum neu gebildeten FA 0, dessen Vorsitzender Herr **Wolf**⁴⁹ ist. Ihm ist es zu danken, dass die CIGRE- und IEC-Dokumente im FUA bekannt sind und somit alle Arbeiten an Standards international harmonisiert bleiben. Diese Eingliederung in den FA 0 hat auch den Vorteil, dass damit die TGL 20445 als Grundlagenstandard für alle Betriebsmittel und Anlagen und für die dafür zuständigen Standards als Grundlage gilt.

3.1.2 Vorbereitung und Leitung der Sitzungen

Die gute Tradition fachlicher Informationsvorträge zu den Sitzungen des FUA wird zur 4. Sitzung am 12.02.1962 durch **Schmidt**⁵⁰ zum Thema „*Überspannungsschutz für Stufenwicklung*“ eingeleitet. Die Projektierung und der Einbau von Überspannungsableitern von 1 bis 30 kV werden als Entwurf TGL 78-10002 ebenfalls zur 4. Sitzung besprochen.

Außer auf der 7. Sitzung am 26.06.1964 wird zuvor in einer außerordentlichen Sitzung am 19.03.1964 und in einer von *Koettnitz* für erforderlich gehaltenen Sondersitzung am 08.09.1964 zum Standardentwurf „*Koordination und Prüfung der Isolation elektrischer Betriebsmittel mit Wechselspannung 1 kV und darüber*“ Stellung genommen, wobei 80 Änderungen und Zusatzwünsche zu bearbeiten sind, damit zur 8. Sitzung am 25.02.1965 die Verbindlichkeit als TGL 20445 Ausgabe 1.65 bestätigt werden kann.

Sehr kritische Diskussionen gibt es in der 8. Sitzung zur Arbeit der KDT-Leitungsgremien

- zur Aufteilung der Fachgremien nach Industriezweigen, die ohne Kenntnis der FUA-Vorsitzenden erfolgte,
- zur Neugestaltung der Zeitschrift „*Technische Gemeinschaft*“, die sogar zu KDT-Austritten führte und
- darüber, dass oft völlig unausgereifte Standardentwürfe zur Stellungnahme vorgelegt werden.

Beginnend zur 8. Sitzung wird in der Folgezeit in unregelmäßigen Abständen über eine Definition zur „*Trennstrecke*“⁵¹ diskutiert. Auch setzt sich *Koettnitz* sehr dafür ein, dass die an

⁴⁹ Dipl.-Ing. **Wolf** ist zu dieser Zeit beim IfE in Leipzig und Vorsitzender des FA 0 Grundlagen der Elektrotechnik - Elektroenergietechnik.

⁵⁰ Dr.-Ing. Joachim **Schmidt** ist zu dieser Zeit Hauptabteilungsleiter für Transformatorenbau im Transformatorenwerk Oberschöneweide in Berlin

⁵¹ Diese Trennstreckenfunktion wurde von Trennschaltern erfüllt (in der DDR als „Trenner“ bezeichnet, da sie eine Leiteranordnung nur von der Spannung führenden Seite trennen, jedoch keinen Betriebsstrom schalten können). Damit können am Trennschalter auch asynchrone Spannungen zweier Netze anliegen. Die Festigkeit seiner Längsisolation ist so bemessen, dass selbst bei Phasenopposition zusätzliche Überspannungen in einem Netz gehalten werden.

Transformatoren in Mittelspannungsnetzen angebrachten Funkenstrecken FS Pegelfunkenstrecken PFS und keine Schutzfunkenstrecken SFS sind. Sie sollen die Blitzstehspannung der Durchführungen, die gegen Belastung mit transienten, langsam ansteigenden Überspannungen (früher: Schaltüberspannungen) wegen Verschmutzung höher bemessen sind, auf Werte kleiner als die Leiter-Leiter-Festigkeit zurückpegeln. Deren Schutz gegen schnell ansteigende Überspannungen (früher: Blitzüberspannungen) ist mangelhaft, da sie nicht auf den Schutzpegel eingestellt werden. Außerdem ist beim Ansprechen dieser Funkenstrecke der Spannungszusammenbruch so steil, dass die Isolierung der Eingangswindungen des Transformators überbeansprucht wird und durchschlägt. Es wird der Schutz des Transformators durch Überspannungsableiter empfohlen, mit Verzicht auf die PFS. Ein Schutz mit Funkenstrecken würde stets eine verstärkte Isolation der Eingangswindungen erfordern.

Zu Beginn fast jeder Sitzung wird über eingegangene Dokumente von **CIGRE**⁵² und **IEC**⁵³ berichtet. Oft ist der zentrale Eingang beim IfE die einzige Quelle für den Zugang zu diesen Dokumenten. Ergänzend dazu berichtet *Wolf* auch über: „*Die historische Entwicklung der Isolationskoordination und Tendenzen der internationalen Normung.*“

Auch die Berichterstattung über den aktuellen Stand von Entwicklungen bereitet *Koettnitz* mit den potenziellen Referenten für die Einladung zur Sitzung vor, so z. B. über:

- Ventilableiter der Keramischen Werke Hermsdorf mit Dr.-Ing. *Streubel*,
- Kabel vom KWO Berlin mit Dr.-Ing. *Röhr*,
- gekapselte Schaltanlagen von OBSAD Dresden mit Dr.-Ing. *K. Böhme*,
- Transformatoren von TRO Berlin mit Dr.-Ing. *Schmidt*,
- Prüfanlagen des TuR Dresden mit Dr.-Ing. *Spiegelberg*.

Seit der 15. Sitzung am 22.11.1968 wird regelmäßig die Störungs- und Schadensstatistik hinsichtlich des Überspannungsgeschehens ausgewertet.

Für **spezielle Probleme** werden Lösungsvorschläge erarbeitet und umfassend diskutiert, z.B.:

- Prüfung verlegter Kabel mit Rüsselkonstruktion,
- Prüfung für fabrikgefertigte Baueinheiten im Hinblick auf Wandler.

Beim Schreiben der Einladung zur nächsten Sitzung gelingt es *Koettnitz* stets, Referenten für ein oder zwei Informationsvorträge zu gewinnen. Diese Vorträge werden zur Sitzung konstruktiv diskutiert und sichern eine intensive Weiterbildung der FUA-Mitglieder sowie den Erfahrungsaustausch.

⁵² Conseil International des Grands Réseaux Électriques, (International Council on Large Electric Systems), Internationaler Rat für große elektrische Energiesysteme, gegründet 1921 in Paris, weltweit über 8000 Mitglieder aus mehr als 90 Ländern sowie ca. 1200 korporative Mitglieder; Internationale Hochspannungskonferenz aller zwei Jahre in Paris mit mehr als 2000 Teilnehmern; Deutschland seit 1933 Mitglied, in Working Groups (Arbeitsgruppen) wiss. techn. Vorarbeit für die spätere Normung, damals WG 33 für Isolationskoordination.

⁵³ International Electrotechnical Commission, Internationale Elektrotechnische Kommission, Normungsgremium für sämtliche Gebiete der Elektrotechnik, z.B. damals IEC 71 Insulation Co-ordination, Norm zur Isolationskoordination, heute IEC 60 071, bzw. DIN-EN 60071 entsprechend VDE 0111.

Beispiele hierfür sind zur Sitzung:

- 4 (1962) **Schmidt**: „Überspannungsschutz für Stufenwicklungen“,
12 (1967) **Lemke**⁵⁴: „Schlagweite-Durchschlagspannungs-Kennlinie von inhomogenen Luftfunkenstrecken hergeleitet aus dem Durchschlagmechanismus“,
17 (1969) **Böhme**⁵⁵: „Wechselspannungsprüfung für Schaltzellen mit Feststoffisolierungen?“, und
20 (1971) **Bauer**: „Berechnungsgrundlagen zur statistischen Isolationskoordination“

Eine Besonderheit des FUA 0.3 besteht darin, dass auch Mitglieder integriert sind, die im Niederspannungsbereich arbeiten und den Überspannungsschutz bei Gebäudeinstallationen untersuchen. Das hat für **Küttner**⁵⁶ und **Naumann**⁵⁷ den Vorteil, dass sie in ihre Überlegungen die grundlegenden Zusammenhänge der Isolationskoordination einbeziehen können. Andererseits werden durch **Küttner** Messergebnisse zu Überspannungen und deren Verteilungsfunktionen in Niederspannungsinstallationen [49] vorgestellt. Da **Naumann** auch die Fortführung der Blitzschadensstatistik von **Lehmann** übernommen hat, werden im Ausschuss interessante Blitzschäden sowie neue Ergebnisse aus der Blitzforschung vorgestellt.

Höhepunkt ist die 50. Sitzung am 08.04.1986 im TuR mit anschließender Besichtigung des Transformatoren- und Röntgenwerkes in Dresden. Zu dieser Sitzung werden sechs Fachvorträge gehalten. An dieser Sitzung nahmen teil:

Dr.-Ing. Bauer, OBSAD	Dipl.-Ing. Kurbin, EK Dresden
Dipl.-Ing. Bolz, IEV, a.G.	Prof. Dr. Dr. h.c. Mosch, TUD, a.G.
Dipl.-Ing. Focke, Schaltelektronik Dresden	Dr.-Ing. Naumann, ZIAS, Dresden
Dr.-Ing. Friedberg, EAB ZFT Berlin	Doz. Dr.-Ing. Pfeiffer, ORGREB
Prof. Dr.-Ing. Frischmann, THL, a.G.	Dipl.-Ing. Pliet, IPH Berlin
Dr.-Ing. Grasselt, TRO Berlin	Dr.-Ing. Reincke, KVE Berlin, a.G.
Dipl.-Ing. Hartmann, EK Leipzig, a.G.	Dipl.-Ing. Röding, TUD
Dr.-Ing. Höhne, KKAB Radebeul	Dr.-Ing. Röhr, KWO Berlin
Dr.sc.techn. Hoy, AdW Dresden	Dr.-Ing. Stegemann, KVE Berlin
Dr.-Ing. Issel, TuR Dresden	Dr.-Ing. Frank, TuR Dresden, a.G.
Prof. Dr.-Ing. Koettnitz, TUD	Dr.-Ing. Streubel, KWH
Dr.-Ing. Krause, IEV Dresden	Dipl.-Ing. Till, Schaltelektronik Dresden, a.G.
Dipl.-Ing. Krause, TUD, a.G.	Dipl.-Ing. Wagemann, Isokond
Dipl.-Ing. Kunze, KKAB Berlin	Prof. Dr.sc.techn. Tschentschler TuR, a.G.
Dr.-Ing. Küttner, IHZ	

⁵⁴ Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard **Lemke** (*06.10.1937 in Dümmer bei Schwerin), 1962 Diplom TU Dresden, 1967 Promotion, 1969 Oberassistent, 1971 Facultas docenti, 1975 Promotion B (Dr. sc. techn. 1991 in Dr.-Ing. habil. umgewandelt), 1978 Entwicklungsingenieur im Kabelwerk Meißen des VEB Kombinat Kabelwerk Oberspree, 1980 Hochschuldozent und 1987-1992 außerord. Professor für Hochspannungs-, Prüf- und Messtechnik TU Dresden, 1990 Gründung der Lemke Diagnostics GmbH.

⁵⁵ Dr.-Ing. Klaus **Böhme** † (*09.08.1938) ist zu dieser Zeit wiss. Mitarbeiter beim Hauptabteilungsleiter FE und ab 1971 Abteilungsleiter für Entwicklung und Konstruktion im VEB Starkstromanlagenbau Dresden.

⁵⁶ Prof. Dr.-Ing. **Küttner** ist zu dieser Zeit an der IHS Zwickau

⁵⁷ Dr.-Ing. Werner **Naumann** (* 28.03.1939 Aken/Elbe), 1958 Studium Elektrotechnik, 1964 wiss. Assistent am IEA bei **Schultheiß**, 1969 Promotion „Beitrag zur Isolationskoordination der Niederspannungsbetriebsmittel“, 1968 Institut für Elektroanlagen Berlin, 1972 Entwicklungsing. OBSAD, 1981 wiss. Mitarbeiter am Zentralinstitut für Arbeitsschutz, 1991 Vertriebsingenieur bei Dehn&Söhne, 1965-2010 Leitung des AA Blitzschutztechnik in der Bezirksfachsektion der KDT bzw. als AK 8 Blitzschutz beim VDE Dresden e.V., seit 1980 Aufbau des Blitzschutzkabinetts, jetzt als Teil des KraftWerk Energiemuseum in Dresden.

Die Vorträge wurden gehalten von:

Koettnitz, H., TUD: Entwicklung und Aufgaben der Isolationskoordination. Es werden Zweck und Bedeutung der Isolationskoordination sowie deren Entwicklung von 1910 bis 1970 beschrieben. Nach der Erläuterung der Isolationskoordination aus heutiger Sicht werden Entwicklungstendenzen aufgezeigt. Als Entwicklungsbeispiele beschreibt Koettnitz die Isolationskoordination für Niederspannungsisolierungen und für den Überspannungsschutz mit konventionellen und mit Metalloxidableitern.

Streubel, H., KWH: Berücksichtigung der Verschmutzung von Isolatoren bei der Prüfung und ihre Beurteilung. Es werden Probleme bei der Bemessung auf Grundlage von TGL 8678 gezeigt. Wegen der starken Abhängigkeit der Isoliereigenschaften vom Strunkdurchmesser, werden neue Wege zur Bemessung von Außenisolierungen gegen Fremdschichten und deren Festlegung in Standards empfohlen.

Krause, D., IEV: Neue Erkenntnisse aus der Berechnung der Schaltüberspannungen auf Hochspannungsleitungen. Schwerpunkt des Vortrages ist die Modellierungsgenauigkeit. Es wird gezeigt, dass eine Reduzierung des Netzes auf die induktive Speisung der Leitung, d.h. als eine vereinfachte Modellierung von Generator-Transformator-Leitung einschließlich Korona-dämpfung zwar akzeptable Ergebnisse bezüglich maximaler Spannungsamplitude liefert. Jedoch bei fehlenden Leitungsnachbildungen an der speisenden Sammelschiene erhält man beachtliche Abweichungen in der Spannungsform mit zu geringen Steilheiten.

Röhr, L., KWO: Entwicklungstendenzen in der Kabelherstellung. Über 90% werden als Niederspannungskabel mit PVC-Isolierung produziert. In der Mittelspannung erfolgt die Ablösung von Masse- durch VPE-Kabel. Bei 110 kV sind noch Ölkabel dominierend, während international bereits 245-kV-VPE-Kabel eingesetzt werden. Supraleitende Kabel sind wegen ihrer Betriebszuverlässigkeit und Ökonomie nicht in naher Zukunft zu erwarten.

Bolz, IEV: Schwerpunkte des Störungsgeschehens in den Mittel- und Hochspannungsnetzen der DDR im Jahre 1985. Grundlage für die Auswertung ist die Jahresstörungsanalyse. Es werden „abgeleitete Aufgabenkomplexe zur Einflussnahme auf die weitere Stabilisierung der Betriebszuverlässigkeit“ genannt, aber nicht protokolliert.

Frank, H., TuR: Entwicklung der Hochspannungsprüfanlagen unter Berücksichtigung internationaler Vorschriften zur Hochspannungsprüfung. Es werden die Typenreihe mit Hochleistungsprüftransformatoren 1200 kV/10 A, die 3-Stufen-Kaskade 3000 kV/4,2 A für UHV-Forschung über 1500 kV, das Bausteinsystem mit 100 kV Wechsel- und 270 kV Gleichspannung für Vor-Ort-Prüfungen und Teilentladungs-Prüfungen vorgestellt. Als Neuentwicklung wird die „Kleine Baureihe Impulsspannungs-Prüfanlagen“ bis 1500 kV/80 kJ mit gekapselten Zündfunkenstrecken, einschließlich einer 1000-kV-Variante für Vorort-Prüfungen beschrieben. Anschließend erfolgt die Besichtigung im Transformatorenwerk.

Außer der sorgfältigen Vorbereitung der Sitzungen sind auch die Protokolle erwähnenswert. Sie beschreiben transparent die Eckpunkte der Diskussionen und nachvollziehbar die abgeleiteten Empfehlungen. Der Umfang beträgt 6 bis 10 Seiten mit mehreren Anlagen⁵⁸.

⁵⁸ Als im Jahre 2008 *Bauer* um Entlastung vom Vorsitz des AK bittet, kann er Prof. Uwe *Schmidt* Aktenordner mit den Protokollen und Sitzungsunterlagen von ca. 1 m Länge übergeben.

Leider ist die 52. Sitzung ein Jahr danach am 16.04.1987 die letzte von *Koettnitz* geleitete Sitzung. Er stirbt am 10.05.1987 in Bad Reichenhall. Nach seinem Tod werden die Sitzungen des FUA 0.3 ab 17. Mai 1988 unter der Leitung von *Bauer* fortgesetzt.

In dem Zusammenhang kann seine Einführung zur 50. Sitzung als seine Wertung zur 25jährigen Arbeit des FUA 0.3 verstanden werden:

„In wohlhabgestimmter und den jeweiligen Experten zugeordneten Arbeit wurden in den vergangenen 25 Jahren eine Reihe von Aufgaben behandelt und anwendungsbereit gelöst; genannt seien an dieser Stelle die Erarbeitung und Durchsetzung des Standards für die Begriffe und technischen Forderungen der IK für Betriebsmittel und Anlagen mit Nennspannungen > 1 kV (TGL 20445/01/02 [...]), die Einbeziehung feststoffisolierter und SF₆ gasisolierter Schaltzellen, Trockentransformatoren und – zur Zeit in Bearbeitung – von Hochspannungsmotoren in die IK, der optimale Einsatz des Überspannungsschutzes durch Ventilableiter und neuerdings durch Metalloxidableiter (MOA), die Einführung unmittelbar geschützter Betriebsmittel gegenüber Blitzüberspannungen und die Erarbeitung von Berechnungsverfahren für Schalt- und Blitzüberspannungen auf digitaler Basis oder mit dem Netzanalysator. Auch die Beobachtung von durch Spannungsbeanspruchungen verursachten Störungen und Schäden in den Elektroenergiesystemen und der Entwicklung der Hochspannungsgeräte und Hochspannungsprüftechnik gehört zu den Aufgaben des FUA im regen Erfahrungsaustausch mit den dafür kompetenten Fachgremien der Kammer der Technik.

Besondere Aufmerksamkeit wurde der Entwicklung der IK der Niederspannungsbetriebsmittel und -anlagen ($U_n \leq 1$ kV) gewidmet und ab 1970 eine Arbeitsgruppe (AG) hierfür eingesetzt [...], die erstmals 1976 einen zur Anwendung empfohlenen Standard (TGL 20445/03 [...]) erarbeitete, der schließlich zu dem verbindlichen Standard für die technischen Forderungen der IK für Betriebsmittel und Anlagen mit Wechselspannungen bis 1000 V [...] weitergeführt wurde und beispielgebend für alle RGW-Länder ist.“

Die Geschichte des Fachunterausschusses 0.3 „*Koordination der Isolation*“ ist auf das Engste mit dem vorbildlichen Wirken von *Koettnitz*, seinem langjährigen Vorsitzenden, verbunden. Er hat mit seiner Vorbereitung und Leitung maßgeblichen Anteil am erfolgreichen Wirken dieses Gremiums und hat dessen Arbeitsstil geprägt. Er hätte bestimmt große Freude empfunden, wenn er dieses Wirken im Rahmen des VDE hätte fortsetzen können⁵⁹.

3.1.2 Arbeit am Standard TGL 20445

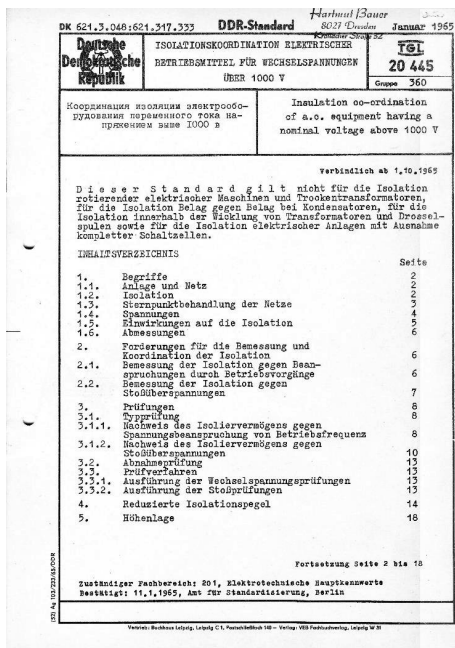
Als Ersatz für VDE 0111 wird in einer außerordentlichen Sitzung am 19.03.1964 der Entwurf der TGL 20445 „*Koordination und Prüfung der Isolation elektrischer Betriebsmittel mit Wechselspannung 1 kV und darüber*“ beraten und zur 7. Sitzung des FUA 0.3 am 26. Juni 1964 vorgelegt. Da insgesamt 80 Änderungsvorschläge und Zusatzwünsche zu bearbeiten sind und die Zeit drängt, bereitet *Koettnitz* eine Sondersitzung am 08.09.1964 vor, so dass zur 8. Sitzung

⁵⁹ Bereits im Herbst 1989 wird der Kontakt mit der Kommission DKE-K122 „*Isolationskoordination*“ aufgenommen. Diese Bemühungen werden wesentlich vom Obmann, Herrn Prof. *Schneider* (FGH Mannheim), unterstützt, so dass am 04.07.1991 die 59. Sitzung als Arbeitskreis im VDE-Bezirksverein stattfindet und zwei Mitarbeiter (*Stegemann* und *Bauer*) in der DKE-K122 mitarbeiten, wo die Überarbeitung der IEC 71 (VDE 0111) ansteht.

am 25. Februar 1965 die Verbindlichkeit als TGL 20445 Ausgabe 1.65 bestätigt wird (Bild 64) [56].

Da 1972 die 5. Ausgabe von IEC 71 [59] neu strukturiert herausgegeben wird, ist auch eine Anpassung von TGL 20445 erforderlich.

Der Standard TGL 20445 wird von einer Arbeitsgruppe des FUA 0.3 überarbeitet, die regelmäßig zu den Sitzungen des FUA über Zwischenergebnisse berichtet. Dabei werden durch maßgeblich von Koettnitz getragene umfangreiche Untersuchungen die Auswahlwerte für diesen Standard detailliert für **Isolationsklassen**⁶⁰ (abhängig von der Sternpunktterdung und der Anlagenexposition) sowie für **Isolationsgruppen**⁶¹ (abhängig vom Typ der Isolierung) berechnet und erläutert.



Da die Motoren die geforderten Prüfspannungswerte oft nicht erreichen, fordern die Hersteller im Rahmen des Genehmigungsverfahrens niedrigere Werte, denn mit Verabschiedung erhalten die Werte die Verbindlichkeit eines Gesetzes. Koettnitz sieht die Gefahr, dass dann ein Motor als Schwachstelle zum teuren Überspannungsableiter wird. Er ist nicht bereit, geringere Werte im Grundsatzstandard festzulegen und damit die Verantwortung für zu erwartende Motorstörungen zu tragen.

Hinweise

Ersatz für VDE 0111 Ausg. 2.61 und VDE 0111 2 Ausg. 2.61.
 Änderungen gegenüber Ausg. 2.61:
 Erweiterung der Begriffe über Art und Wirkung der Sternpunktterdung.
 Neueinführung der Begriffe Isolationsspannung und obere Betriebsspannung.
 Wegfall der Begriffe Hochspannung und höchste zulässige Betriebsspannung.
 Anwendung reduzierter Isolationspegel für die Prüfung von kompletten Schaltstellen.
 Anwendung der Isolationsgruppe 1 für Schaltstrecken von Leistungsschaltern, Schaltbüchsen, Leistungstransformatoren und Leistungsschaltwerk.
 Entstanden unter Berücksichtigung der IEC-Publikationen Nr. 71 3, Ausg. 1960 und Nr. 71 4 Ausg. 1962; Dokument 28 (U.S.C.B.) 4 der IEC vom April 1963 (Zinsgabe der DGSN Nr. 190), Standard GSN 340028.

Bild 64: TGL 20 445 „Isolationskoordination Elektrotechnischer Betriebsmittel für Wechselspannung über 1000 V“. Titelblatt (links) und Hinweise zum Ersatz von VDE 0111, Ausgabe 2.61 (re.)

Als Kompromiss schreibt er in die Isolationsgruppe 5 (Tabelle 4, Seite 71) keine Werte, sondern verweist in dieser Spalte auf TGL 20675/02 und /04 in der Hoffnung, dass die dort

⁶⁰ Die **Isolationsklasse** kennzeichnet den Grad der Stufung der Isolationskoordination infolge bestimmter Betriebsbedingungen für die jeweilige Isolationsspannung mit Buchstaben N normal, S unmittelbar geschützt sowie mit Zusatzbuchstabe E für wirksame Sternpunktterdung, d.h. bei Erdfehlerfaktor < 1.4. (Beispiel 420 NE)

⁶¹ Die **Isolationsgruppe** fasst bestimmte Isolationen verschiedener Betriebsmittel, denen gleiche Nennstehspannungen zugeordnet werden, in fünf Gruppen zusammen, z.B. Trennstrecken in Gr.1, normal geschützte Betriebsmittel in Gr. 2, unmittelbar geschützte Betriebsmittel in Gr.3, Sternpunktisolation in Gr. 4 und rotierende elektrische Maschinen in Gr.5.

enthaltenen Werte möglichst zeitnah angepasst werden. Deshalb untersucht *Rüffer* die Beanspruchung von Motoren bei kritischen Schaltvorgängen [47].

Mit der Wahl der Sternpunktterdung lassen sich die Spannungs- und Strombelastungen der Betriebsmittel und Anlagen optimieren. Deshalb wird im Standard neben Klasse N für Netze mit wirksamer Sternpunktterdung die Isolationsklasse NE eingeordnet. Voraussetzung ist die Begrenzung des Erdfehlerfaktors $c_f \leq 1,4$. Dadurch ergeben sich Reduzierungen der Bemessungsisolationsspannungen für Kurzzeit-Wechselspannungs-, Schaltstoßspannungs- und auch für Blitzstoßspannungsprüfungen durch Überspannungsableiter geringerer Bemessungsspannung.

Demgegenüber ist bei diesem Grenzwert noch eine wirksame Begrenzung des Verhältnisses von einpoligem zu dreipoligen Anfangskurzschlusswechselstrom sinnvoll, um die Begrenzung der Erdungsspannungen und die Beeinflussung von parallelen Informations- und Rohrleitungen mit wirtschaftlichem Aufwand zu ermöglichen.

Mit der Einordnung der Isolationsklasse NE auf Grundlage der wirksamen Sternpunktterdung konnte eine Kosteneinsparung bei der Auslegung der Isolation der Betriebsmittel erreicht werden und der Wertebereich $c_f \leq 1,4$ stand für die Begrenzung des einpoligen Anfangskurzschlusswechselstromes zur Verfügung.

Koettnitz analysierte mit *Pietzsch*⁶² tiefgründig die möglichen Überspannungsfaktoren infolge zeitweiliger Spannungsüberhöhungen im stationären Erdschluss und transients Überspannungen bei Erdschlusseintritt, sowie beim Wiederzünden in Netzen ohne Sternpunktterdung OSPE und Resonanzsternpunktterdung RESPE. Für RESPE und für OSPE ergeben sich bei Fehlerintritt im Spannungsmaximum Überspannungsfaktoren bis 2,5. Bei Löschung des Fehlerstromes im Nulldurchgang und Wiederzündung im Spannungsmaximum erhält man für OSPE auch Werte bis 3,5. Diese theoretischen Werte können infolge von großen Unsymmetrien der Freileitungen bei RESPE im praktischen Fall erreicht und sogar überschritten werden.

Außerdem wurde die Notwendigkeit der Verstimmungsgradregelung als Beitrag zur Erhöhung der Betriebssicherheit durch Verminderung des Reststromes und langsamster Wiederkehr der Spannung am fehlerbehafteten Leiter diskutiert. Dabei war der Übergang von einer Umstufung der Erdschlusslöschspulen auf regelbare Tauchkernspulen mit anschließender automatischer Verstimmungsgradregelung dringend erforderlich. Zwischenzeitlich wurden tschechische Tauchkernspulen eingesetzt.

Netze mit RESPE und zentraler Erdschlusskompensation konnten bei einpoliger Unterbrechung durch Schalterversagen oder Leiterseilriss zu hohen Überströmen und zeitweiligen Überspannungen führen. Da dieser Fehler nicht als Standardfehler der Relaischutztechnik

⁶² Dr.-Ing. habil. Hermann *Pietzsch* (*23.05.1942 in Zittau), 1960-1966 Studium Elektrotechnik TU Dresden, 1966 wiss. Assistent und 1971 bis 1981 Oberassistent bei *Pundt* am IEEA der TU Dresden, 1981-1987 wiss. Mitarbeiter am IfE Leipzig und 1987-1990 am IEV Dresden (später KEMA-IEV), 1971 Promotion „*Untersuchung der Verlagerungsspannung resonanzsternpunktgeerdeter Netze und Entwicklung einer neuartigen Methode zur Überwachung des Verstimmungsgrades*“, 1986 Habilitation „*Modellierung des Elektroenergiesystems zur Bestimmung der Gütekenngößen - insbesondere der Stabilität - der Spannungsregelung der Synchronengeneratoren*“, 1990-2007 Projektleiter und Abteilungsleiter bei KEMA-IEV GmbH.

betrachtet wird, sind Schutzfehlfunktionen nicht auszuschließen. Eine Berechnung war auf Grundlage symmetrischer Komponenten möglich [19].

Unter erschwerten Bedingungen werden die durch IEC (IEC71, 5. Ausgabe 1972: „*Insulation Co-ordination*“ [59]), entsprechend VDE 0111, genormten Werte berücksichtigt, so dass durch diese Harmonisierung, die nach TGL 20445 durch DDR-Betriebe gefertigten Geräte und Anlagen internationale Normanforderungen erfüllen. Das war unabdingbar für weltweite erfolgreiche Exportgeschäfte.

An die erschwerten Bedingungen erinnert sich *Bauer*. In der CIGRE Working Group 33 „*Insulation Co-ordination*“ waren *Schneider*⁶³ Chairman und *Gert*⁶⁴ Sekretär. *Koettnitz* kannte *Gert* gut und da dieser die nächste Sitzung in Brno vorbereitet, wurde besprochen, ob *Bauer* daran teilnehmen kann. Selbstverständlich waren die Mitglieder der WG einverstanden, dass einige Mitarbeiter von *Gert* an der Beratung teilnehmen dürfen. In einer Pause bat *Bauer* den Vorsitzenden *Schneider*, ihm bis zum nächsten Tag die VDE 0111 auszuleihen.

Im Hotel hat er dann in der Nacht die wichtigsten Aussagen und vor allem die Tabellenwerte abgeschrieben. Die Nutzung des Fotoapparates war ihm nicht sicher genug, da er das Resultat erst einige Tage nach der Rückreise in Dresden gesehen hätte. Auf diese Weise fand *Koettnitz* die Ergebnisse seiner Berechnungen zur TGL 20445 weitestgehend bestätigt, so dass die Norm mit IEC 71 harmonisiert war und somit die nach dieser Norm in der DDR gefertigten Anlagen weltweit normkonform angeboten werden konnten.

Diese Norm wird ab 01.07.1976 als verbindlicher Standard (Bild 65) TGL 20445/01 „*Isolationskoordination - Begriffe*“ [56] und TGL 20445/02 „*Isolationskoordination – Betriebsmittel und Anlagen mit Wechselspannung über 1 kV – Technische Forderungen*“ [57] in der DDR eingeführt.

Wichtige Besonderheiten dieser Norm sind beispielsweise:

- die Unterscheidung zwischen *Isolation*⁶⁵ und *Isolierung*⁶⁶,
- eine Isolationsklasse für *unmittelbar geschützte Betriebsmittel*, d.h. mit einem Überspannungsschutzgerät konstruktiv vereinigte Betriebsmittel,
- in einer Koordinationsform KF3, die eine *Schaltstoßspannungsprüfung auch für Mittelspannungsanlagen* beinhaltet, um Vorbeschädigungen der Schaltanlagen mit Feststoffisolierungen vom Typ ASIF 36 durch Wechselspannungsprüfungen mit erhöhten Prüfwerten zu vermeiden, also eine beanspruchungsgerechte, die Feststoffisolierung schonende Prüfung mit erhöhtem Prüfaufwand.



Diese dritte Besonderheit ist bis heute eine singuläre Lösung geblieben und hat folgende Hintergründe. Im VEB OBSAD werden Schaltzellen für Isolationsspannungen 12; 24 und 36 kV gefertigt. Für alle drei Anlagen wurden etwa die gleichen Außenmaße angestrebt.

⁶³ Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz *Schneider*, Vorstand der FGH Mannheim

⁶⁴ Dr.-Ing. *Gert*, Gruppenleiter EGU Brno

⁶⁵ *Isolation* ist der Grad der galvanischen Trennung von leitenden Teilen, die gegeneinander und/oder gegen Erde betriebsmäßig unter Spannung stehen [56].

⁶⁶ *Isolierung* ist die Gesamtheit der in ihre endgültige technische Form gebrachten Isolierstoffe [56].

Dok. 621.3.015/621.317.333		DDR-Standard	November 1975
 Deutsche Demokratische Republik	Elektrotechnik Isolationskoordination Begriffe		 20445/01 Gruppe 136006
	Электротехника Координация изоляции понятия		Electrical engineering Insulation co-ordination of electrical equipments and plants Definitions
Deskriptoren: Elektrotechnik; Isolationskoordination; Definition Verbindlich ab 1.7.1976			
Inhaltsverzeichnis		Seite	
1. Netz, Anlagen und Betriebsmittel		1	
2. Isolierung und Isolation		2	
3. Durch-, Übertragungs- und Trennstrecken		3	
4. Spannungen und Überspannungen		5	
5. Sternpunktbehandlung		10	
6. Isolationskoordination		12	
1. Netz, Anlagen und Betriebsmittel 1.1. Elektrotechnische Netz, kurz Netz, ist die Gesamtheit der galvanisch miteinander verbundenen Anlagen gleicher Nennspannung. Als miteinander verbunden gelten auch Anlagen, die durch Reihen-kontaktsensoren gekoppelt sind. 1.2. Teilnetz ist ein galvanisch getrennt betriebener Teil eines Netzes gleicher Nennspannung. 1.3. Elektrotechnische Anlage, kurz Anlage, ist die Gesamtheit der zu einer technischen Einheit zusammengeordneten Betriebsmittel, die eine bestimmte Funktion, z.B. Erzeugung, Übertragung, Verteilung, Speicherung oder Umwandlung von Elektroenergie erfüllen. Fortsetzung Seite 2 bis 10 Verantwortlich: VDE Energieversorgung Bestätigt: 28.11.1975, Amt für Standardisierung, Lehen und Buchwitz, Dresden			



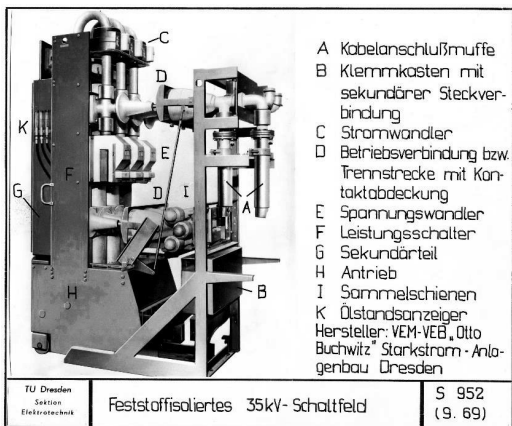
Dok. 621.3.015/621.317.333		DDR-Standard	November 1975
 Deutsche Demokratische Republik	Elektrotechnik Isolationskoordination Betriebsmittel und Anlagen mit Wechselspannung über 1 kV Technische Forderungen		 20445/02 Gruppe 136000
	Электротехника Координация изоляции Оборудование и установки перемен- ной напряжения более 1 кВ Технические требования		Electrical engineering Insulation co-ordination Equipments and installations higher than 1 kV a.c. Technical regulations
Deskriptoren: Elektrotechnik; Isolationskoordination; Anlage; Forderung Verbindlich ab 1.7.1976			
Dieser Standard gilt für Betriebsmittel und Anlagen der Elektroenergieversorgung und Lufttraktion. Dieser Standard gilt nicht für die Isolation Beleg gegen Beleg von Kontaktsensoren und für die Isolation innerhalb der Wicklungen von Transformatoren, Drehseln, Wandlern und rotierenden elektrischen Maschinen. Es gilt auch nicht für die Isolation der Leiter- und Leiterleiter-Isolation von Freileitungen und von Leitungsvorbindungen in Schaltanlagen in offener Bauweise. Vorbemerkung In elektrotechnischen Anlagen und Netzen treten charakteristische Spannungsbeanspruchungen auf, die bestimmte Höchstwerte nicht überschreiten dürfen, ohne die Wirkung der Isolationskoordination zu beeinträchtigen. Entsprechende Forderungen für den Betreiber elektrotechnischer Anlagen und Netze werden im Abschnitt 2. festgelegt. Die Gesamtheit aller Isolationskoordination bestehen in der Anpassung des Isolationsvorgangs bestimmter Isolierungen an charakteristische Spannungsbeanspruchungen. Im Abschnitt 3 sind die Forderungen für die Bemessung der Isolierungen, die von den Herstellern der Betriebsmittel und Anlagen zu erfüllen sind, festgelegt. Die Schutz- und Isolationsmittel richten sich nach bestimmten Kriterien der Isolationskoordination, wie Isolationsspannung, Isolationsklasse, Isolationsform und Isolationsgruppe sowie nach dem Umfange der Betriebsmittel im Netz. Ihre Auswahl durch den Hersteller und Betreiber von Betriebsmitteln und Anlagen erfolgt nach den Festlegungen im Abschnitt 4. Die Nennspannungen bilden die Grundlage für den Nachweis des Isolationsvorgangs nach Abschnitt 6. Fortsetzung Seite 2 bis 33 Verantwortlich: VDE Energieversorgung Bestätigt: 28.11.75, Amt für Standardisierung, Lehen und Buchwitz, Dresden			

Bild 65: DDR Standard TGL 20 445, Ausgabe November 1975, Blatt 01 und Blatt 02, Titelseiten



- A Kabelanschlusßmuffe
 - B Klemmkästen mit sekundärer Steckverbindung
 - C Stromwandler
 - D Betriebsverbindung bzw. Trennstrecke mit Kontaktabdeckung
 - E Spannungswandler
 - F Leistungsschalter
 - G Sekundärteil
 - H Antrieb
 - I Sammelschienen
 - K Ölstandsanzeiger
- Hersteller: VEM-VEB, Otto Buchwitz Starkstrom-Anlagenbau Dresden

Bild 66: Feststoffisoliertes Schaltfeld /Dia-Sammlung Schultheiß (1969)/

Daraus leitete man ab, die 12-kV-Schaltfelder mit Luftisolierungen und die 24-kV-Schaltfelder mit Teilfeststoffisolierungen zu entwickeln. Die 36-kV-Anlagen wurden mit Feststoffisolierungen ausgeführt (Bild 66).

Zur 17. Sitzung 1969 berichtete Böhme über Probleme bei den Wechselspannungsprüfungen dieser Anlagen. Es ist üblich, dass bis zu **Isolationsspannungen**⁶⁷ von 245 kV keine Prüfung mit Schaltstoßspannung durchgeführt wird, sondern dass die erforderliche Stehspannung durch eine erhöhte Wechselspannungsprüfung nachgewiesen wird, also mit einer Wechselspannung, die als Beanspruchung nie an den Betriebsmitteln vorkommt.

⁶⁷ **Isolationsspannung** U_m war in der TGL 20 445 verwendete Bezeichnung für die höchste dauernd zulässige Wechselspannung (obere Betriebsspannung U_n) für Betriebsmittel als Grundlage für die Isolationskoordination.

Da Feststoffisolierungen empfindlich auf hohe Wechselspannungen reagieren und durch die Prüfung vorbeschädigt werden können, schlussfolgerte Koettwitz, dass durch eine zusätzliche Prüfung mit Schaltstoßspannung und gleichzeitiger Reduzierung der Wechselspannungsprüfung auf Werte der real zu erwartenden Wechselspannungsbeanspruchung das Problem zu lösen sei. Die Prüfungen erfolgen dann beanspruchungsgerecht und Vorbeschädigungen werden vermieden. Allerdings erforderte diese Alternative entsprechende Prüfanlagen für Schaltstoßspannung.

Bei der Berechnung der Stehwechselspannung

Tabelle 3: Richtwerte für Erdfehler-, dynamische Spannungsüberhöhung- und Wechselspannungssicherheitsfaktoren /Tabelle 5 aus TGL 20 445-02 (1975)/

$$U_{stW} = c_w * c_f * c_d * U_{hLE} \quad (2)$$

- c_w Wechselspannungs-sicherheitsfaktor
- c_f Erdfehlerfaktor
- c_d dynamischer Spannungsüberhöhungsfaktor
- U_{hLE} obere Betriebsspannung Leiter-Erde-Wert

Tabelle 5 Richtwerte für Erdfehler-, dynamische Spannungsüberhöhung- und Wechselspannungssicherheitsfaktoren 3)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Isolationsspannung U_m Effektivwert kV	Isolationsklasse	Erdfehlerleistungsfaktor c_f	dynamischer Spannungsüberhöhungsfaktor c_d max.	Wechselspannungssicherheitsfaktor c_w für					
				Isolationsgruppe 1 Trennstrecken-Isolation Tr c_w		Isolationsgruppe 2 und 3 Leiter-Erde-Isolation LE c_w		Isolationsgruppe 4 Sternpunkt-Erde-Isolation M c_w	
				KP2	KP3	KP2	KP3	KP2	KP3
3,6 und 7,2 12 bis 27,5	N	1,8	$\sqrt{3}$	>2,6	>1,7	>2,3	>1,6	>4,0	>2,8
36				>1,7	>1,4	>1,7	>1,4	>3,1	>2,5
123	NE	1,4	1,15	>1,5	>1,3	>1,5	>1,3	>2,9	>2,3
				>1,1	>1,6	>1,2	>1,7	>1,7	
245	SE	1,3	1,15	>1,3		>1,5	>1,1	>1,6	>1,6
				$\geq 1,15$	>1,4	>1,1	>1,4	>1,2	
420	SE	1,4	1,3			>1,4	>1,2	>1,4	>1,4
							>1,1	$\geq 1,4$	$\geq 1,4$
765	NE ₁	1,3	1,35	-	-	>1,2	-	-	-
	NE ₂		1,25	-	1,1	-	>1,1	-	>1,3
	SE		1,15	-	-	-	-	-	-

könnte demzufolge der erhöhte Wert für den Wechselspannungssicherheitsfaktor c_w von 1,5 auf 1,3 (Tabelle 3) reduziert werden, weil nur noch ein Sicherheitsabstand von 30% gegenüber normalen stochastischen Einflüssen und nicht eine systematische Erhöhung zur Berücksichtigung von Schaltüberspannungen (transiente Überspannungen mit langsamem Anstieg) erforderlich ist.

Dadurch kann der Wechselspannungspegel (durch Prüfung nachzuweisende Bemessungstehwechselspannung) von 70 kV bei KF 2 auf 55 kV bei Koordinationsform KF 3 gesenkt werden, denn die erforderliche Stohschaltspannung wird durch eine Schaltstoßspannungsprüfung mit 110 kV nachgewiesen (Tabelle 4) [56].

Die Mitglieder vom TuR im FUA nahmen sich dieser Sache an, und im Standard konnte zwischen Koordinationsform KF2 mit zwei Prüfungen) und Koordinationsform KF 3 mit drei Prüfungen gewählt werden, wobei beide Koordinationsformen als gleichwertig galten.

Die Berechnung der Stehspannung zusammengefasst in einer Gleichung (2) hat den Vorteil, dass das Zusammenspiel der Einflussfaktoren unterschiedlicher Ursachen nachvollziehbar ist und somit leicht verständlich bleibt.

Tabelle 4: Nennbegrenzungs- und Nennstehspannungen für Betriebsmittel der Isolationsspannungen 3,6 bis 765 kV / Tabelle 13 aus TGL 20 445-02 (1975//

Tabelle 13 Nennbegrenzungs- und Nennstehspannungen für Betriebsmittel der Isolationsspannungen 3,6 bis 765 kV

Isolationsspannung	Isolationspegel																											
	Schutzpegel						Koordinationsform 2						Koordinationsform 3															
	Schaltspannungs- Schutzpegel		Blitzspannungs- Schutzpegel		Nennbegrenzungs- spannung		Wechselspannungspegel		Nennstehspannung		Blitzspannungspegel		Nennstehspannung		Blitzspannungspegel													
U _m	U _m ¹⁾	U _m ²⁾	U _m ³⁾	U _m ⁴⁾	U _m ⁵⁾	U _m ⁶⁾	U _m ⁷⁾	U _m ⁸⁾	U _m ⁹⁾	U _m ¹⁰⁾	U _m ¹¹⁾	U _m ¹²⁾	U _m ¹³⁾	U _m ¹⁴⁾	U _m ¹⁵⁾	U _m ¹⁶⁾	U _m ¹⁷⁾	U _m ¹⁸⁾	U _m ¹⁹⁾	U _m ²⁰⁾	U _m ²¹⁾	U _m ²²⁾	U _m ²³⁾	U _m ²⁴⁾	U _m ²⁵⁾	U _m ²⁶⁾		
kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV
3,6	2,94	12	15	17	10	10	10	40	50	40	20	20	12	7	7	7	7	20	14	14	50	40	40	20	20	20	20	40
7,2	5,9	22	25	35	20	20	20	60	70	60	40	40	25	14	14	14	14	40	28	28	70	60	60	40	40	40	40	60
12	9,8	35	40	45	28	29	29	75	85	75	60	60	35	20	20	20	20	65	40	40	85	75	75	60	60	60	75	75
17,5	14,3	50	60	60	38	38	38	95	110	95	75	75	45	28	28	28	28	80	60	60	110	95	95	75	75	75	95	95
24	19,6	70	80	80	50	50	50	125	145	125	95	95	60	38	38	38	38	110	80	80	145	125	125	95	95	95	125	125
27,5	22,4	80	90	90	55	55	55	145	170	145	120	120	70	45	45	45	45	125	90	90	170	145	145	120	120	120	145	145
36	29,4	95	120	100	70	70	70	170	195	170	145	145	90	55	55	55	55	150	110	110	195	170	170	145	145	145	170	170
123	100	310	290	375	330	310	230	185	650	650	450	450	250	185	185	185	185	460	350	350	650	550	550	450	450	450	650	650
245	200	550	480	780	520	620	460	275	1175	1050	950	650	510	360	275	275	275	950	750	550	1175	1050	950	650	650	650	950	950
420	343	850	310	600	350	440	325	185	1050	850	750	450	430	275	185	185	185	850	650	350	1050	850	750	550	450	450	850	850
765	625	1330	460	1050	520	900	630	275	1675	1425	1300	850	800	460	275	275	275	1300	950	450	1675	1425	1300	850	850	850	1300	1300
		1730	680	920	450	850	570	250	1425	1175	1175	550	750	420	230	230	230	1950	1300	750	1950	1700	1550	1175	775	550	1175	550
		1130	680	1250	800				1300	950	490		1270	850	450			1950	1300	750	2100	1800	1650	950				

Der niedrigere Wert ist für Transformatoren zuglasser, sofern für K12, K2 & K16, für K13, K2, K10 ist die Bemessung der Leiter-Erde-Isolation des zugewählten Drehstromes nach Isolationsgruppe 3, gilt der höhere Wert, bei Bemessung nach Isolationsgruppe 3 der niedere Wert.

Isolationsklasse N für Isolationsspannung 245 kV gilt nur nach in bestehenden Anlagen, die früher mit Resonanzstumpenleitung betrieben wurden.

für bestehende Anlagen ist 415 kV noch zugelassen

* (6) siehe Seite 16
 * (7) Die Nennbegrenzungs- und Nennstehspannungen für U_m = 765 kV werden zur Anwendung empfohlen. NE1 oder NE2 zur Auswahl gestellt.

Um das auch für die Berechnung der Stehschaltspannung $\hat{U}_{st\ sch}$ zu ermöglichen, berücksichtigt *Koettnitz* die Ventilableiter mit einem Begrenzungsfaktor a_{sch} , indem er den Schutzpegel (Begrenzungsschaltspannung $\hat{U}_{begr\ sch}$) des Ableiters auf den Scheitelwert seiner Nennlöschannung \hat{U}_{nl} bezieht. Damit erhält man

$$\hat{U}_{st\ sch} = c_{sch} \cdot a_{sch} \cdot c_{d} \cdot c_{f} \cdot \hat{U}_{h\ LE} \quad (3)$$

mit dem Schaltspannungssicherheitsfaktor $c_{sch} = 1,15$

und $a_{sch} = \hat{U}_{begr\ sch} / \hat{U}_{nl}$.

In ähnlicher Weise wird die Stehblitzspannung $\hat{U}_{st\ s}$ berechnet, wobei als Grundlage die Begrenzungsblitzspannung $\hat{U}_{begr\ s}$ des Ventilableiters am Einbauort gewählt wird

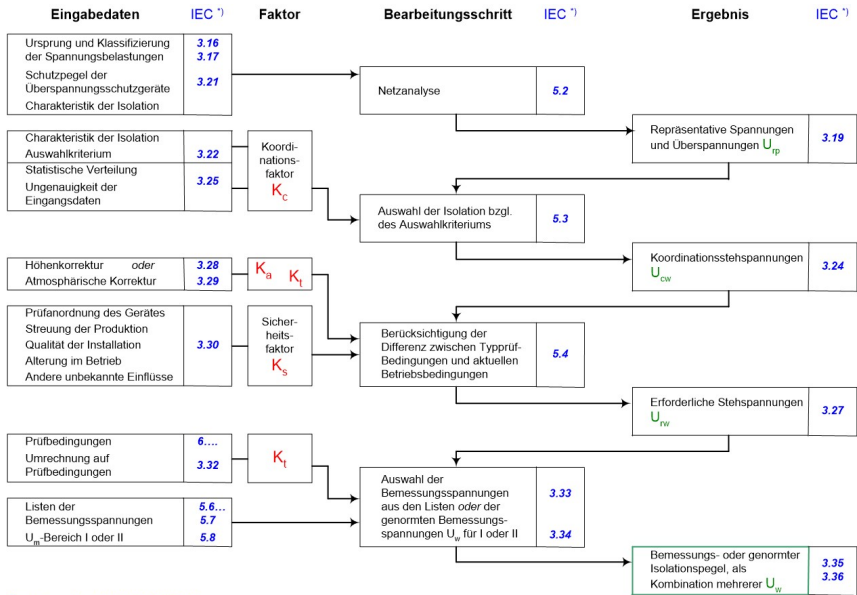
$$\hat{U}_{st\ s} = c_s \cdot \hat{U}_{begr\ s} = c_s \cdot a_s \cdot c_{d} \cdot c_{f} \cdot \hat{U}_{h\ LE} \quad (4).$$

Der Sicherheitsfaktor c_s ist hier mit 1,3 (bei 420-kV-Anlagen) bis 1,8 (für 12-kV-Anlagen) deutlich höher als bei Schaltspannungen, da nicht nur stochastische Einflüsse, sondern auch die Erhöhung infolge der Wanderwellenreflexionen zwischen Ableiter und zu schützendem Betriebsmittel (Schutzbereich), sowie die Spannungsfälle über den Induktivitäten der Anschlussleitungen zu berücksichtigen sind. Nur wenn das zu schützende Betriebsmittel und der Ventilableiter eine konstruktive Einheit bilden (*unmittelbar geschützte Betriebsmittel*) können die Sicherheitsfaktoren auf 1,15 bzw. 1,5 reduziert werden.

Durch diese Struktur und die klar verständliche Beschreibung ist es *Koettnitz* gelungen, dass viele Ingenieure bei der Planung und Projektierung des Überspannungsschutzes die Grundlagen der Isolationskoordination verstehen und anwenden konnten. Nachteil war, dass wegen des Fehlens leistungsfähiger Rechentechnik am Arbeitsplatz die Vorgabe der Faktoren unter Beachtung ihrer Gesetzeskraft starr auch gegenüber neuen Entwicklungen war. Solange auch die zu schützenden Anlagen genormt waren, dominierte der Vorteil der guten Verständlichkeit und einfachen Handhabung.

Die heutige Norm IEC EN 60071 [60], [61] geht schrittweise (**Bild 67**) vor, so dass jeder Schritt optimiert werden kann. Nach Bestimmung einer *repräsentativen Überspannung* wird eine *Koordinationsstehspannung* berechnet, wobei die stochastischen Einflüsse auf Überspannung und Stehspannung berücksichtigt werden. Unter Beachtung des Einsatzortes wird eine Höhenkorrektur vorgenommen, so dass man eine *erforderliche Stehspannung* erhält. Unter Beachtung der fehlenden Prüfung mit Schaltstoßspannungen für Betriebsmittel bis 245 kV und der fehlenden Wechselspannungsprüfung größer 245 kV werden die Werte mit physikalisch bedingten Umrechnungsfaktoren in *genormte Stehspannungen* umgerechnet und die zuordenbaren Werte aus der Norm ausgewählt.

Damit ist dieses Verfahren sehr flexibel und kann unter Nutzung verfügbarer Software an Neuentwicklungen optimal angepasst werden.



¹⁾ x.yz = Abschnitt in IEC 60071-1

Bild 67: Schritte der Isolationskoordination nach IEC 60 071 /Grafik: Bauer [7]/

Eine weitere Besonderheit enthält das Blatt 3 der TGL 20445 als Isolationskoordination für Betriebsmittel und Anlagen bis 1000 V [58] (Bild 68).



Bild 68: Deckblatt der TGL 20445/03, oberer Teil

Dazu werden die Anlagen zum Zwecke der Isolationskoordination in Anlagenklassen eingeteilt (Bild 69).

Diese Einteilung erfolgt unter Berücksichtigung der Versorgungssicherheit und des Überspannungsschutzes sowie der Auswirkungen im Fehlerfall nach folgenden Grundsätzen:

- Anlagenklasse 1:** Anlagen mit hoher Versorgungssicherheit zur Energieeinspeisung, Freileitungs- und Kabelnetze, ferner Sammelschienen von Schaltanlagen der Anlagenklasse 4 und ihre zugehörigen Betriebsmittel, z.B. Schalter, Überspannungsschutz-einrichtungen, Wandler, Anlagen mit Schutzisolierung nach TGL 200-0602/03.
- Anlagenklassen 2, 3 und 4** sind jeweils in Energieflussrichtung nachgeordnet.

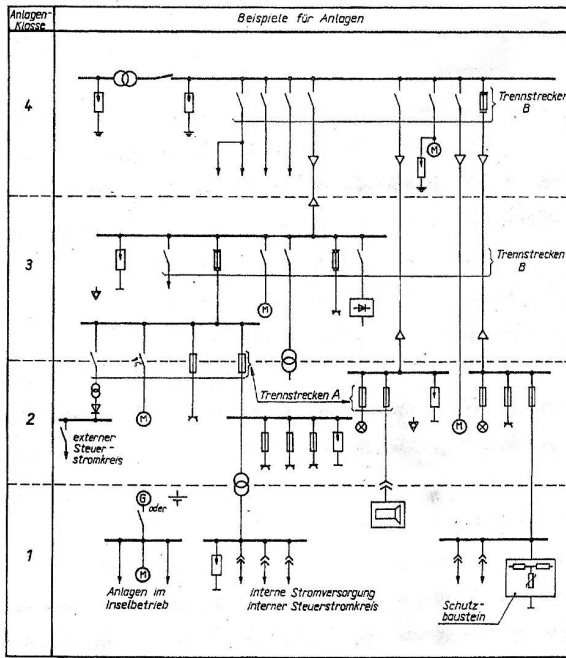


Bild
Beispiele für die Einteilung von Anlagen in die Anlagenklassen 1 bis 4

Bild 69: Beispiele für die Einteilung in die Anlagenklassen
/Bild aus TGL 20445/03/

Jeder Anlagenklasse wird eine Isolationsgruppe mit der gleichen Nummer zugeordnet (Tabelle 5).

Mit der Einordnung der Anlagenklasse 4 in die Isolationsgruppe IV sollen die höchsten Anforderungen an die Versorgungszuverlässigkeit erfüllt werden.

Die Bestimmung der Auswahlspannung erfolgt mithilfe von zwei Tabellen und ist nicht leicht zu verstehen.

Als Alternative setzt sich auf Grundlage verbesserter Überspannungsschutzgeräte das Blitzschutzzonekonzept durch, bei dem der Ausgangspunkt nicht das Anlagenziel, sondern der Blitzeinschlag ist.

Tabelle 5: Schutz- und Isolationspegel: /Auszug aus Tabelle 2 der TGL 20445/03/

Auswahlspannung ³⁾ V	Schutzpegel		Isolationsgruppe ¹⁾					Isolationsgruppe ¹⁾				
	I	II	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	2) Ü _{nbe} grs Scheitelwerte kV		Nennstehblitzspannung Ü _{nst} Scheitelwerte kV					Nennstehwechselspannung U _{nstw} Effektivwerte kV				
100	0,33	0,5	0,5	0,8	1,5	2,5	4,0	0,23	0,3	0,5	0,8	1,0
250	0,8	1,5	1,5	2,5	4,0	6,0	8,0	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0
400	1,5	2,5	2,5	4,0	6,0	8,0	12	0,8	1,0	1,5	2,5	3,0 ⁴⁾
500												
1000	2,5	6,0	4,0	6,0	8,0	12	15	1,5	2,0	3,0	4,0 ⁴⁾	4,5 ⁴⁾

¹⁾ Die Isolationsgruppe wird in Tabelle 1 gleich der Anlagenklasse zugeordnet

²⁾ Ü_{nbe}grs = Nennbegrenzungsblitzspannung (Schutzpegel)

³⁾ Die Auswahlspannung kann mithilfe der Tabellen 3 und 4 bestimmt werden, z.B. beträgt für die Nennspannung 380 bis 400 V die Auswahlspannung **250 V**

⁴⁾ Richtwerte

3.2 Mitarbeit in anderen Fachunterausschüssen

Parallel zum Standard zur Isolationskoordination werden die Standards TGL 200-0615 [62] „Überspannungsschutz *elektrotechnischer Anlagen*“ und TGL 16428 [63] „*Ventilableiter*“ bearbeitet. *Koettnitz* sichert eine sehr gute Abstimmung zwischen den Standards, indem die Federführung durch Mitglieder des FUA 0.3 übernommen wird und die Entwürfe im Ausschuss beraten werden. Zum Überspannungsschutz gibt es vier Teile. Der Teil /02 zum Blitzschutz von Leitungen wird von **Drechsler**⁶⁸ bearbeitet. Der Teil /03 enthält den Überspannungsschutz von Mittelspannungsanlagen (*Bauer*) und der von *Pfeiffer* bearbeitete Teil /04 beschreibt den Überspannungsschutz von Anlagen ab 110 kV.

Eine Besonderheit ist die *Freileitungsschutzstrecke* als Freileitungsabschnitt z.B. in Kraftwerksnähe, in dem die Erdseileinbauwinkel und die Masterdungsimpedanzen so gewählt werden, dass direkte Blitzeinschläge und rückwärtige Überschläge mit hoher Wahrscheinlichkeit vermieden werden.

Der Standard zu den Ventilableitern wird von **Bohrisch**⁶⁹ im Ausschuss vorgestellt. Da die Zuverlässigkeit der Ableiter oft diskutiert wird, kann *Koettnitz* mit seinen Erfahrungen bei deren Störungsanalyse oft Hinweise geben. Schwachstelle bleiben die Löschkuntenstrecken der Ventilableiter und deren ungewolltes Ansprechen bei eingedrungener Feuchtigkeit. Ursache dafür konnte ein Wassertropfen sein, der bei der Dichtheitsprüfung unter Wasser eingedrungen war. Auch konnte beim Transport die Bördelkappe durch seitliche Belastung auf den Anschlussbolzen für die Erdanschlussleitung gelockert sein. Auch der Silikondichtgummi und ein Gussteil bei Verwendung von kupferhaltigem Elektroschrott wurden diskutiert, so dass erst der Ausblick auf funkenstreckenlose Metalloxidableiter einen Durchbruch bezüglich erreichbarer Zuverlässigkeit erkennen ließ.

Durch Zusammenarbeit mit dem FUA „Zuverlässigkeit“ gelingt es, Probleme bei Betriebsmitteln durch große Abweichungen von den mittleren Ausfallraten sehr schnell zu erkennen und mögliche Ursachen zu analysieren (vgl. Abschnitt 2.1.4, S. 36). Durch Mitarbeit von *Bauer* in diesem FUA wird die Verbindung zum FUA Koordination der Isolation erreicht.

3.3 Vorträge und Beantwortung von Anfragen

Wegen der gesetzlichen Verbindlichkeit der TGL werden zu den FUA-Sitzungen auch Anträge auf Ausnahmegenehmigungen behandelt. Erstmals wurde zur 5. Sitzung am 12.07.1963 ein Antrag zur Reduzierung der Prüfspannung von 125 kV auf 115 kV für gekapselte Schaltanlagen der **Reihe 20**⁷⁰ beraten. Eine deutliche Reduzierung unter 125 kV wäre möglich, wenn die

⁶⁸ Dr.-Ing. Edgar **Drechsler** arbeitet im Institut für Energieversorgung Dresden auf dem Gebiet der Blitzforschung und des Blitzschutzes. Dabei berechnet er das Blitzeinzugsgebiet des Leiterseils.

⁶⁹ Dipl.-Ing. Steffen **Bohrisch** (*02.06.1938 Leisnig, † 2004?), Studium Hochspannung und Energietechnik an der TH Ilmenau, 1963 Diplom „Untersuchungen über Freiluftfähigkeit von Tonerdehydrat und Quarzmehl versetzten Gießharzen“, 1963-1968 wiss. Mitarbeiter Forschung und Entwicklung von Überspannungsableitern im VEB Keramische Werke Hermsdorf (heute Tridelta Meidensha GmbH), 1969-1994 Abteilungsleiter Forschung und Erzeugnisentwicklung Hochspannung, 1995-1998 Vertriebsleiter Überspannungsableiter, 1998-2003 Entwicklungsleiter Überspannungsableiter.

⁷⁰ Mit **Reihe 20** wurden die Schaltanlagen mit einer Nennspannung von 20 kV bezeichnet, denen nach TGL 20445 eine durch Prüfung nachzuweisende Nennstehblitzstoßspannung von 125 kV zugeordnet war.

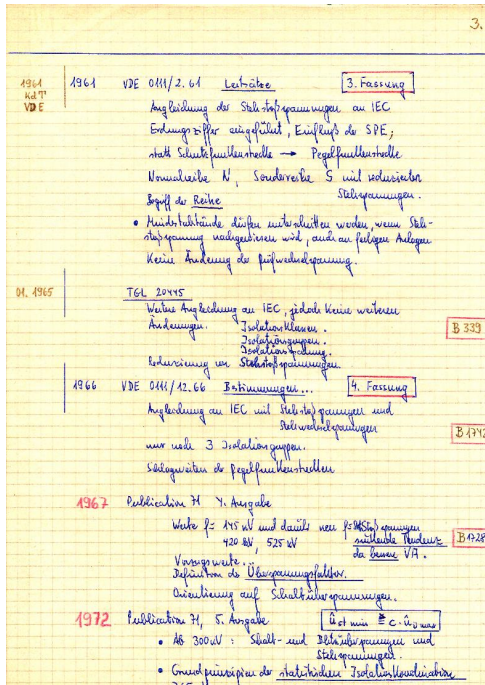


Bild 70: Entwicklung der Isolationskoordination
/Koettnitz: Vortragsmanuskript 25.03.1980/

Zur historischen Entwicklung der Isolationskoordination hatte er bereits zu einem Elektrotechnischen Kolloquium vorgetragen. Das ist auch aus heutiger Sicht eine kurze und informative Zusammenstellung der wichtigsten Entwicklungsschritte (Bild 70, S. 76 und 77).

Bei der zeitlichen Aufbereitung hat er die vier Fassungen rot umrandet hervorgehoben. Wie bei seinen Vorlesungsmanuskripten sind die Nummern der zu projizierenden Dias an den entsprechenden Stellen am rechten Rand rot umrandet eingetragen.

Die Entwicklung der Isolationskoordination stieß auch bei den Mitgliedern des FUA bei seinem Vortrag zur 41. Sitzung anlässlich des 20jährigen Bestehens des FUA auf großes Interesse.

Auf den ersten zweieinhalb Seiten hat er das Rechercheergebnis der Stufen vor Erarbeitung der TGL 20 445 auf-

geschrieben. Das betrifft u.a. die Prüfung mit Stoßspannungen, die Berücksichtigung der Sternpunktterdung und den Übergang von Abständen zum Nachweis durch Prüfspannungen.

So wie heute der VDE jährlich eine Informationsveranstaltung zur CIGRE und zur CIRED durchführt, um einen großen Personenkreis zu informieren, die aus Kosten- und Zeitgründen in Paris bzw. in wechselnden Orten nicht teilnehmen konnten, hat Koettnitz versucht, die Ingenieure in der DDR über die Zeitschrift ELEKTRIE mit Kurzbeiträgen zu informieren.

Hierzu motivierte er Mitglieder des FUA und Mitarbeiter des Instituts zum Studium ausgewählter CIGRE-Berichte, um daraus eine etwa einseitige Zusammenfassung, ggf. mit einem wichtigen Diagramm, zu erstellen. Diese Kurzberichte stellte er zu einem Institutsbericht zusammen [46]. Damit stand die Zusammenfassung allen Assistenten und dem FUA zur Verfügung und die Redaktion der ELEKTRIE konnte Beiträge zur Veröffentlichung auswählen.

Für diese mit Umsicht und großer Sorgfalt ausgeführte vorbildliche ehrenamtliche Arbeit in der Kammer der Technik wird Koettnitz mit der Ehrenplakette der KDT in Silber geehrt und mit der Ehrennadel der KDT in Gold ausgezeichnet.

1987 darf er mit seiner Frau in die Bundesrepublik Deutschland fahren, denn er hat bereits zwei Jahre zuvor das Rentenalter erreicht. Nach den notwendigen Absprachen vor der Abreise zur Übernahme seiner Vorlesung erzählt er *Bauer*, was er sich bei dieser Reise alles ansehen möchte. Vor allem schwärmt er vom geplanten Besuch des Deutschen Museums in München. Während dieser Reise stirbt Prof. Dr.-Ing. Harald Koettnitz am 10. Mai 1987 in Bad Reichenhall. Die Beisetzung erfolgte im engsten Familienkreis auf dem Äußeren Plauenschen Friedhof in Dresden.



Glockenturm auf dem Äußeren Plauenschen Friedhof in Dresden

4 Verzeichnis der Abkürzungen

AA	Arbeitsausschuss in der KDT
ABF	Arbeiter-Bauern-Fakultät (Bildungsanstalt zur Erreichung der Hochschulreife)
AG	Arbeitsgruppe für ein Teilthema des FUA
AK	Arbeitskreis im VDE
ASMW, Afs	<i>Amt für Standardisierung</i> , Messwesen und Warenprüfung der DDR
ASW	Aktiengesellschaft Technische Werke
ATP	Alternativ Transient Program, Berechnung von Überspannungen, Variante von EMTP
AWE	Automatische Wiedereinschaltung (Benennung in der DDR, vgl. KU)
BS	Betriebssektion der KDT
CESI	Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano, erwirbt 2019 Eigentum der KEMA
CIGRE	Internationale Hochspannungskonferenz in Paris (s. Fußnote 52, S.62)
DNM	Dynamisches (Drehstrom-)Netzmodell
DZA	Deutsches Zentralinstitut für Arbeitsmedizin
EGU	EGU Brno, Institut für Energetik Brunn
EK D	VEB Energiekombinat Dresden, danach ESAG (1990), später enso (2004)
EKG	Elektrokardiogramm (Messung der Herzströme)
EMTP	Electromagnetic Transients Program, zur Berechnung von Überspannungen
ET	Elektrotechnik, auch Sektion Elektrotechnik der TU Dresden
EVD	VEB Energieversorgung Dresden (Name des Netzbetreibers)
EU	Europäische Union
FA/FUA	Fachausschuss / Fachunterausschuss der KDT
FDGB	Freier Deutscher Gewerkschaftsbund der DDR
FE	Forschung und Entwicklung
FGH	Forschungsgemeinschaft für Höchstspannungsanlagen in Mannheim
FS	Fachsektion in der KDT
FSS	Freileitungsschutzstrecke (erhöhter Erdseilschutz und niederohmige Masterdung)
FV	Fachverband der KDT
HfV	Hochschule für Verkehrswesen Dresden
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
HU	Humboldt Universität Berlin
IEC	International Electrical Commission (Normungsgremium, s. Fußnote 53, S.62)
IEA	Institut für Elektroanlagen Berlin
IEA	Institut für Elektrische Anlagen, später IEEA, IEEV und IEEH der TH/TU Dresden
IEEA	Institut für Elektrische Energieanlagen der TU Dresden
IEEH	Institut für Elektroenergieversorgung und Hochspannungstechnik der TU Dresden
IEV	Institut für Elektroenergieversorgung in Dresden, auch Außenstelle Cottbus
IfE	Institut für Energetik Halle/Leipzig mit Außenstelle in Dresden
IG	Isolationsgruppe
IHS	Ingenieurhochschule
IHT	Institut für Hochspannungstechnik der TU Dresden, später IHHT
IHHT	Institut für Hochspannungs- und Hochstromtechnik der TU Dresden
IK	Isolationskoordination
ILS	Integrierte Leittechnik für Schaltanlagen von AEG/ALSTOM
IP	Isokeraunischer Pegel (Anzahl der Gewittertage pro Jahr)
IPS	Interface Prüf-System von SecuControl Hettstedt zur Prüfung von Schutzgeräten
ITS	Interface Test-System, Weiterentwicklung von IPS

KDT	Kammer der Technik (Gründung 1946, zwecks verbindlicher Herausgabe von VDE-Vorschriften für SBZ/DDR)
KEMA	Keuring van Elektrotechnische Materialen te Arnhem, seit 2019 CESI
KEMA-IEV	Ingenieurunternehmen für Energieversorgung Dresden (GmbH)
KF	Koordinationsform 2 (normal) bzw. 3 (Nennstehschaltspannung auch für $U_n \leq 245$ kV)
KVE	VEB Kombinat Verbundnetze, heute 50Hertz Transmission
KWH	VEB Keramische Werke Hermsdorf
KWO	VEB Kabelwerk Oberspree Berlin
KU	Kurzunterbrechung (Benennung in der BRD, vgl. AWE)
LFM	Leipziger Frühjahrsmesse
LS	Leistungsschalter
MOA	Metalloxidableiter (funkenstreckenloser Überspannungsableiter)
N	Isolationsklasse mit nicht wirksamer Sternpunktterdung $c_f > 1,4$
NE	Isolationsklasse mit wirksamer Sternpunktterdung $c_f \leq 1,4$
NOSPE	Niederohmige Sternpunktterdung
OBSAD	VEB „Otto Buchwitz“ Starkstromanlagen(bau) Dresden
ORGREB	Institut für Kraftwerke Vetschau/Cottbus
OS	Ortssektion der KDT
OSPE	Ohne Sternpunktterdung
PI	Polytechnisches Institut Leningrad/UdSSR
P _u , P _o	unterer und oberer Stoßpegel (Bemessungsstoßspannung)
RD	RD Distanzschutzrelais, z.B. sechssystemiges RD11
RESPE	Resonanz-Sternpunktterdung
SF6	Schwefelhexafluorid (Isoliergas in metallgekapselten Schaltanlagen)
RV	Regionalverbände der KDT
SBZ	Sowjetische Besatzungszone (ab 1945 bis zur Gründung der DDR 1949)
SIS	Schaltanlagen-Informationen-System (digitale Leittechnik für Schaltanlagen)
SIS/HS	SIS für Hochspannungsschaltanlagen (im VEB OBSAD entwickelt)
SLUB	Sächsische Landes- und Universitätsbibliothek
SMA	Sowjetische Militäradministration
SPE	Sternpunktterdung
STP	Prüfstecker (maximal 19polig) für IPS/ITS für den Anschluss von Prüfgeräten
SWS	Semesterwochenstunden (45 Minuten/Woche im Semester)
TEAG	Thüringer Energie AG
TGL	Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen
TH	Technische Hochschule
TNA	Transienter Netzanalysator (transient network analyser)
TRO	VEB Transformatorenwerk Oberschöneweide, Berlin
TU	Technische Universität
TWZ	Technisch Wissenschaftliche Zentrale des Energiebezirkes Ost
ÜA	Überspannungsableiter (siehe MOA und VA)
UW	Umspannwerk/Umspannstation (zwei Schaltanlagen über Transformator verbunden)
VA	Ventilableiter mit Siliziumcarbid-Widerstandsscheiben und Löschfunkenstrecken
VEM	VEB Kombinat Elektromaschinenbau, VEM Sachsenwerk
VEB	Volkseigener Betrieb
VNE	VEB Verbundnetz Energie (Übertragungsnetzbetreiber der DDR), siehe KVE
WHO	World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)
WTG	Wissenschaftlich Technische Gesellschaft
WTZ	Wissenschaftlich Technische Zentrale der Energieversorger, später IfE
ZRA	Zeiss Rechenanlage, z.B. ZRA1, erster programmierbarer Digitalrechner der DDR

5 Personenverzeichnis

Name	Vorname	Fußnote	Seiten ¹⁾	Anmerkung
Bach	Anna Magdalena	3	10	2. Ehefrau von J.S. Bach
Bauer	Hartmut		88, 10, 37, 48, 52, 63, 65, 68	Autor
Bergeron	L.	8	15, 13, 14	Wanderwellen
Binder	Ludwig	4	11	TH/TU Dresden, IHT
Böhme	Klaus	55	63, 62, 69	FUA 0.3, OBSAD
Bohrisch	Steffen	69	75	FUA 0.3, KWH
Bolz		35	40, 63, 64	IEV Cottbus
Bräuer	Renate	47	55	TU Dresden, IEA
Brendler	Werner		42	TU Dresden
Callies			61	IfE Leipzig
CIGRE		52	62, 61, 68, 77	Hochspannungskonferenz
Clemens	Heinz	19	28, 45, 47, 53	TU und IEV Dresden
Drechsler	Edgar	68	75	FUA 0.3, IEV Dresden
Drescher	Gerd	32	36, 55	TU Dresden, Sekt. ET
Eggert	Siegfried		55	BAuA Dresden
Fournier	Ulrich von	13	22	TUD, KW-Anlagenbau
Freyer	Richard	12	21, 23, 55, 57	TU Dresden
Fuchs	Reinhard	28	33	IEV Dresden
Furkert	Walter		36	TH Ilmenau
Gert		64	68, 56	EGU Brno, CSSR
Grader	Andreas	23	31	TU Dresden, Sekt. ET
Habiger	Ernst	41	52	TU Dresden, Sekt. ET
Hechel			19	UW Silberstraße
Henkel	Gerhard	34	37	Verbundnetz
Höhne	Eberhard		63	FUA 0.3, KW-Anlagenbau
Hoy	Christian	14	23, 36, 63	TU Dresden, Sekt. ET
IEC		53	62, 39, 61, 68	Internat. Normgremium
Igel	Wolfgang	31	36	TU Dresden, IEA
Iseke	Gabriele, geb. Koettnitz	50	Tochter
Issel	Georg		63	FUA 0.3, TuR Dresden
Jaroszcinski	Herbert	37	46, 57	TU Dresden, IEA
Klar	Fritz	20	28, 57	TU Dresden, IEA
Koettnitz	Curt		9	Dr. phil., Vater
Koettnitz	Eleonore	45	54	Dr., Ehefrau
Koettnitz	Reinhard		50	Prof. Dr.-Ing., Sohn
Koch		30	36	TH Ilmenau
Koch	Franz-Joseph	5	12, 48	Koch&Sterzel, Dresden
Kostenko	Michail Vladimirovic		34, 56	PI Leningrad
Kühn	Karl	16	26, 27, 57	TH Dresden, IEA
Kupfer	Jürgen	44	53, 54	DZA, Beratungsbüro
Kurbin	Heinz		63	FUA 0.3, EV Dresden
Küttner	Horst	56	63	FUA 0.3, TH Zwickau

¹⁾Bei den Seitenangaben ist die Seite mit der Fußnote **fett** gedruckt vorangestellt.

Name	Vorname	Fußnote	Seiten ¹⁾	Anmerkung
Lawrenz	Rudolf	42	53 , 57	TU Dresden, IEA
Lehmann	Gustav	11	19 , 20, 63	EV Ost
Lemke	Eberhard	54	63	TU Dresden, IHT
Lunze	Klaus		42	TU Dresden
Mach	Franz	27	32 , 52	TU Dresden, IEEV
Morgenstern			61	KWH Hermsdorf
Mosch	Wolfgang	39	48 , 63	TU Dresden, IHT
Muschick	Edwin	43	53 , 56	IHS Zittau
Naumann	Werner	57	63 , 57	<i>FUA 0.3</i> , TU Dresden, IEA
Obenaus	Fritz	10	17 , 20, 42, 60,61	TU Dresden
Oswald	Bernd	22	30	TU Dresden, IEA
Pfeiffer	Günter	29	36 , 63, 75	TH Ilmenau, ORGREB
Pietzsch	Hermann	62	67 , 57	TU und IEV Dresden
Pommer	Kurt		42	TU Dresden
Pundt	Hans	24	31 , 46, 52, 56, 57	TU Dresden
Rachel			27	TU Dresden, IEA
Reincke	Frank		55	Fo-Student, IPH, 50Hertz
Riaucour		40	50 , 51	Schloss Gaußig
Röhr	Lutz		62, 63, 64	<i>FUA 0.3</i> , KWO
Rothe	Klaus	36	45 , 47, 52, 57	TU Dresden, TH Zittau
Rüffer	Konrad		67	<i>FUA 0.3</i> , VEM
Schegner	Peter	25	31	TU Dresden, IEEH
Schmidt	Joachim	50	61 , 62, 63	<i>FUA 0.3</i> , TRO Berlin
Schmidt	O. M.		61	IfE Leipzig
Schmidt	Uwe		64	IEV Dresden, TH Zittau
Schnabel	Ulrich		55	TU Dresden
Schneider	Karl-Heinz	63	68 , 65	FGH Mannheim
Schultheiß	Fritz	38	48 , 42, 56, 57, 69	TU Dresden
Schulze	Hermann	9	15 , 19, 54	TU Dresden, IEA
Seckendorff	Ludwig von	2	10 , 9	Kanzler
Stegemann	Gerhard R.		63, 65	KVE, Prof. HTW Berlin
Sterzel	Kurt August	6	12	Koch&Sterzel Dresden
Stieb			55	TU Dresden
Streubel	Harri		62, 63, 64	<i>FUA 0.3</i> , KWH
Thiele	Joachim	46	55	TU Dresden, ASMW, BAM
Toepler	August	26	32 , 42	TU Dresden
Toepler	Maximilian	26	32 , 42	TU Dresden
Vogt	Karl		42	TU Dresden
Weßnigk	Klaus-Dieter		57, 84	TU Dresden, TH Zittau
Winkler	Gert	18	28 , 57, 83	TU Dresden, TH Leipzig
Wolf		49	61 , 62	<i>FA 0</i> , IfE Leipzig/Halle
Zeisberg	Klaus	21	29 , 57	TU Dresden, IEA

¹⁾ Bei den Seitenangaben ist die Seite mit der Fußnote **fett** gedruckt vorangestellt.

6 Quellen, Publikationen und Normen

6.1 Quellen

- [1] Bauer, H.: Prof. Harald Koettnitz, in 125 Jahre VDE-Bezirksverein Dresden – Die Gründer und ihre Nachfolger. Entwicklung der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik 1892–2017, S. 205-214.
Herausgeber: VDE Bezirksverein Dresden e.V., Dresden 2017, ISBN: 978-3-00-056625-7
- [2] Buchwald, A.: Prof. Dr.-Ing. Friedrich Harald Koettnitz. Unveröff. Kurzbiografie, TU Dresden, 17.11.2015
- [3] Pommerin, R.; Petschel, D. (Bearbeiter): 175 Jahre TU Dresden – Die Professoren der TU Dresden 1828-2003. Böhlau Verlag Köln / Weimar / Wien (2003) S. 476
- [4] Hoffmann, M.; Issel, G.; Loeffler, A.; Sörgel, A.; Spiegelberg, J.; Zier, W.: Die Firma „Koch & Sterzel“ und ihre Nachfolgebetriebe Transformatoren- und Röntgenwerk, Siemens, HIGHVOLT Prüftechnik und Ritz Messwandler im Raum Dresden in 110 Jahre VDE-Bezirksverein Dresden 1892-2002, ISBN: 3-933442-53-2, S 121-139.
- [5] Bauer, H.: Der Arbeitskreis „Koordination der Isolation“ 1961 bis 2008. VDE-Bezirksverein Dresden, AK 10 (2008)
- [6] VDE-Bezirksverein Dresden e.V.: 110 Jahre VDE-Bezirksverein Dresden, Dresden (2002), ISBN: 3-933442-53-2
- [7] Beiträge über *Binder, Böhme, Kühn, Lehmann, Obenaus, Pundt, Schulze* und *Sterzel* in 125 Jahre VDE-Bezirksverein Dresden – Die Gründer und ihre Nachfolger. Entwicklung der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik 1892-2017, Herausgeber: VDE Bezirksverein Dresden e.V., Dresden 2017, ISBN: 978-3-00-056625-7
- [8] Schaller; Graf; Friedrich: Entwicklung, Aufbau und Erprobung eines Netzanalysators. Institut für Energetik, Bericht Nr. 3/1537/66 F, Leipzig 1966
- [9] Schegner, P.; Winkler, G.; Mach, F.; Bauer, H.: Wiederinbetriebnahme des dynamischen Drehstromnetzmodells. TU Dresden (2000), Institut für Elektroenergieversorgung, Festschrift
- [10] Bärwald, W.; Bauer, H.: Das Wirken der Elektrotechniker in der Kammer der Technik – Zwischen Ende und Wiedergründung des VDE im Bezirk Dresden. Dresdner Hefte zur Geschichte der Elektrotechnik, Heft 1 des AK 20 beim VDE Dresden e.V. ISSN: 2629-7167
- [11] www.argus.bstu.bundesarchiv.de/dv61/index.thm?kid=1ec59e50-3e5f-4096-9f01-8731e54ed4ea
(Aufruf 16.04.2020)
- [12] Schultheiß, F.; Pundt, H.; Muschick, E.: Prof. Dr.-Ing. Harald Koettnitz 60 Jahre alt. ELEKTRIE 33 (1979) H. 11, S. 562
- [13] Richter, H.-J.: Sorgenvolle Blicke auf Abrisse im Seckendorffschen Palais. Mitteldeutsche Zeitung vom 07.12.1996, Seite 13, Zeitzer Zeitung
- [14] www.schloss-gaussig.de/historie und www.heimatverein-gaussig.de (Aufruf 16.04.2020)
- [15] Mauersberger, K.: „Höchstpersönliche Erinnerungsstücke“ Nachbetrachtung zum Schloß Gaußig. Universitätsjournal 2/98 TU Dresden (1998)

6.2 Ausgewählte Publikationen

- [16] Koettnitz, H.: Stoßkennlinienverfahren nach Bergeron. Bericht 36/55, Institut für Energetik, Leipzig (1955) und Kreuzverlag Halle/Saale (1955)
- [17] Schulze, H.; Koettnitz, H.; Hieke, C.: Richtlinien für Wahl, Einbau und Erdung von Überspannungsableitern. Techn. Bericht 3/68/55, Institut für Energetik, Leipzig (1955) und VEB Verlag Technik Berlin (1957)
- [18] Koettnitz., H.: Die Überprüfung von Überspannungsableitern mit Wechselspannung. Dissertation an der Fakultät für Elektrotechnik der TH Dresden (1954)
- [19] Koettnitz, H.; Pundt, H.: Berechnung elektrischer Energieversorgungsnetze. Band 1: Mathematische Grundlagen und Netzparameter. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig (1973), 1. Auflage (1968)
- [20] Koettnitz, H.; Winkler, G.; Weßnigk, K.-D.: Grundlagen elektrischer Betriebsvorgänge in Elektroenergiesystemen, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig (1986)
- [21] Hoy, Chr.; Koettnitz, H.; Kostenko, M.V.: Wellenvorgänge auf Hochspannungsleitungen - Berechnungsgrundlagen und Anwendungen. VEB Verlag Technik Berlin (1988)
- [22] Clemens, H.; Rothe, K.: Relaischutztechnik in Elektroenergiesystemen. VEB Verlag Technik Berlin (1980); 3. Auflage: Schutztechnik in Elektroenergiesystemen. Verlag Technik GmbH und VDE-Verlag GmbH (1991); ISDN: 978-3800716593
- [23] Koettnitz, H.; Clemens, H.; Rothe, K.: Relaischutztechnik – Praktikum – Anleitung zu den Versuchen. Berlin (1974/75) unveränderte und veränderte Nachdrucke der Erstausgaben von 1966 bis 1968, VEB Verlag Technik, Lehrbriefe: 1. Einleitung, Begriffe, Wandler, Elektromagnetische Relais, 2. Überstromrelais, Richtungsrelais, 3. Distanzrelais I, Distanzrelais II, 4. Differentialschutz und Differentialrelais, 5. Generatorschutz I, Generatorschutz II, 6. Buchholzschutz, Buchholzschutzrelais, Transformatorschutz.
- [24] Mosch, W.; Eberhardt, M.: Beanspruchung elektrotechnischer Betriebsmittel, 3. Lehrbrief: Beanspruchung durch äußere Überspannungen, VEB Verlag Technik Berlin (1976)
- [25] Koettnitz, H.; Lawrenz, R.; Hoy, Chr.: Beanspruchung elektrotechnischer Betriebsmittel, 4. Lehrbrief: Beanspruchung durch innere Überspannungen, VEB Verlag Technik Berlin (1975)
- [26] Koettnitz, H.; Hoy, Chr.; Bauer, H.: Beanspruchung elektrotechnischer Betriebsmittel, 5. Lehrbrief: Beanspruchung durch innere Überspannungen (Fortsetzung) und Koordination der Isolation, VEB Verlag Technik Berlin (1975)
- [27] Habiger, E.; Koettnitz, H.: Bauelemente der Automatisierungstechnik. 2. Lehrbrief, VEB Verlag Technik Berlin, 1. veränderter Nachdruck (1977)
- [28] Koettnitz, H.: Arbeitsmappe Teil 7: Elektrische Beanspruchung von Elektroenergieanlagen, Band 1: Spannungsbeanspruchung und Isolationskoordination. TU Dresden, Sektion Elektrotechnik (1981)
- [29] Koettnitz, H.: Neuartige Methoden und Geräte zur Betriebsüberwachung. Elektrotechnik, Berlin (1951), Band 5, H. 12, S. 564-570
- [30] Koettnitz, H.: Ein Oberwellenmessgerät mit drei Messkanälen. Energietechnik, Leipzig (1953), Band 3, H. 2, S. 84-88

- [31] Koettnitz, H.: Kritische Betrachtungen der Störungen und Ausfälle von Überspannungsableitern. *Energietechnik*, Leipzig (1954), Band 4, H. 3, S. 99-113
- [32] Koettnitz, H.: Wechselfspannung zur Überprüfung von Überspannungsableitern. *Wiss. Zeitschrift der TH Dresden* (1954/55) H. 1, S. 97-115
- [33] Koettnitz, H.: Schiefast in Energieversorgungsnetzen. *Wiss. Zeitschrift der Hochschule für Elektrotechnik Ilmenau* Band 4 (1958) H. 3, S. 259-268
- [34] Koettnitz, H.: Verdrehung und Unsymmetrie von Hochspannungs-Freileitungen. *Deutsche ET* (1958) H. 7, S. 224-232
- [35] Koettnitz, H.: Aufgaben, Bemessung und Wirkungsweise eines Wanderwellenanalysators. *Energietechnik*, Leipzig (1965) Band 15, H. 6, S. 249-256
- [36] Bauer, H.: Die Gefährdungswahrscheinlichkeit von Mittelspannungs-Umspannstationen gegenüber äußeren Überspannungen. *Elektrie* Band 24 (1970) H. 11, S. 401-403
- [37] Bauer, H.; Porzell, W.; Weitzmann, D.: Untersuchung eines 6-kV-Industriernetzes mit Stromrichteranlage auf Oberschwingungsresonanz. Unveröff. Bericht 190/70 des Instituts für Elektrische Energieanlagen der TU Dresden
- [38] Drescher, G.: Digitale Berechnung äußerer Überspannungen nach Kostenko. Bericht 265/71 Gruppe Elektroenergietechnik, Sektion Elektrotechnik, TU Dresden 1971
- [39] Koettnitz, H.: Neue Grundsätze für die Isolationskoordination von Betriebsmitteln für Wechselstrom-Energieanlagen über 1 kV. *Elektrie*, Berlin Band 26 (1972) H. 3, S.58-62
- [40] Hoy, Chr.; Koettnitz, H.: Untersuchungen von Einschaltüberspannungen auf einer langen leerlaufenden 380-kV-Freileitung mit Hilfe des dreipoligen Netzanalysators. *das verbundnetz*, Berlin (1974) Band 10, H. 25, S. 601-607
- [41] Koettnitz, H.: Isolationsbeanspruchung und -bemessung von Hochspannungselektroenergieanlagen nach dem gegenwärtigen Wissensstand. *das verbundnetz*, Berlin (1978) Band 14, H. 29/30, S. 702-713
- [42] Koettnitz, H.: Analyse von Netzvorgängen und Netzbedingungen für die Bemessung und Gestaltung von Elektroenergieanlagen. *Elektrie*, Berlin (1979), Band 33, H. 5, S. 262-268
- [43] Koettnitz, H.: Anforderungen und Verfahren zur Untersuchung von Netzvorgängen in Elektroenergiesystemen. *Elektrie*, Berlin (1981), Band 35, H. 10, S. 523-530
- [44] Bauer, H.; Drescher, G.; Koettnitz, H.: Die Bestimmung des Blitzüberspannungsschutzes von SF6-isolierten 123-kV-Schaltanlagen beliebiger Zusammenstellung. Teil 1: Verfahren der Blitzüberspannungsberechnung und Parameterbestimmung und Teil 2: Zuverlässigkeit und Auswahl des Überspannungsschutzes. *Z. elektr. Inform.- und Energietechnik*, Leipzig 12 (1982) H. 3, S. 193-206 bzw. H. 4, S. 319-333
- [45] Koettnitz, H.: Berechnungsverfahren der Spannungsbeanspruchung von Transformatorenwicklungen durch Netzvorgänge im Wanderwellenbereich. *Wiss. Z. TU Dresden* 34 (1985) H. 3, S. 100-102
- [46] Autorenteam: Kurzreferate von ausgewählten CIGRE-Berichten (1970) über Spannungsbeanspruchung und Isolationskoordination von Hochspannungsanlagen. Unveröff. Bericht 251/71 Lehrgruppe BG der Sektion Elektrotechnik der TU Dresden (Juli 1971)
- [47] Ruffer, K.: *Schalten von Elektromotoren*. Verlag Technik Berlin (1990) ISBN 3-341-00827-6

- [48] Muschick, E.; Müller, P.H.: Entscheidungspraxis: Ziele, Verfahren, Konsequenzen. Berlin (1987)
- [49] Küttner, H.; Bauer, H. Überspannungspegelmessungen an kontaktgebenden Niederspannungsgeräten. ELEKTRIE 30 (1976) H. 12, S. 666-672
- [50] Koettnitz, H.: Zum 25jährigen des Fachunterausschusses 0.3 der Kammer der Technik „Koordination der Isolation“. das verbundnetz (1988) H. 46, S. 1122
- [51] Koettnitz, H.; Krause, D.; Streubel, H.; Frank, H.; Röhr, L.: Vorträge zur 50. Sitzung des FUA 0.3 „Koordination der Isolation“ am 8.4.1986 in Dresden. das verbundnetz (1988) H. 46, S. 1123-1147
- [52] Hätscher, u.a.: Digitale Berechnung der Einschwingspannung. Institut für Energetik Bericht Nr. 9/1301/64F
- [53] Thiele, J.: Entwicklung des Netzanalysators für ausgewählte transiente Netzvorgangsuntersuchungen. Dissertation an der Fakultät für Elektrotechnik, TU Dresden 1985
- [54] Reincke, F.: Zur Untersuchung des Schwingungsverhaltens von Transformatorwicklungen bei Netzvorgängen im Wanderwellenbereich. Dissertation an der Fakultät für Elektrotechnik, TU Dresden 1985
- [55] Eggert, S.: Technische Realisierung experimenteller Untersuchungen an Großtieren (Schweinen) zur Bestimmung der Flimmerschwelle für kurze 50-Hz-Wechselströme. Dissertation an der Fakultät für Elektrotechnik, TU Dresden 1983

6.3 Normen

- [56] TGL 20445/01: Isolationskoordination – Begriffe, Ausgabe 11.75, verbindlich ab 1.7.1976, Vorgängernorm als Ausgabe 1.65 (1965)
- [57] TGL 20445/02: Isolationskoordination – Betriebsmittel und Anlagen mit Wechselspannung über 1 kV – Technische Forderungen, Ausgabe 11.75, verbindlich ab 1.7.1976 und 1. Änderungsblatt, Vorgängernorm als Ausgabe 1.65 (1965)
- [58] TGL 20445/03: Isolationskoordination – Betriebsmittel und Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 V, Ausgabe 02.86, verbindlich ab 1.10.1986
- [59] IEC 71: Insulation Co-ordination. 5. Ausgabe, 1972
- [60] DIN EN 60071-1 (1996): Isolationskoordination, Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen (IEC 71-1:1993) entspricht VDE 0111-1
- [61] DIN EN 60071-2 (1997): Isolationskoordination, Teil 2: Anwendungsrichtlinie (IEC 71-2 (1996) entspricht VDE 0111-2
- [62] TGL 200-0615 (1977) Überspannungsschutz elektrotechnischer Anlagen. Teile: /01 Begriffe (11.75) und 1. Änderungsblatt (01.85); /02 Grundforderungen (05.83) und 1. Änderungsblatt (1985); /03 Auswahl und Einbau von Ventilableitern in Mittelspannungsanlagen kleiner 110 kV (1974); /04 ... ab 110 kV (1976); /05 Instandhaltung (1985).
- [63] TGL 16428 Überspannungsableiter – Ventilableiter, /01 und /02; Begriffe (05.83); Elektrische Forderungen, Kennzeichnung (05.83) und 1. Änderungsblatt
- [64] TGL 37741 Überspannungsableiter – Diskonnektor für Anlagenventilableiter (03.81)

Epilog und Dank

Nach Fertigstellung des Heftes habe ich mir beim Korrekturlesen die Frage gestellt, ob es für den Leser von Interesse sei, so detailliert über Wurzeln im Zeitzer Brühl, über Schloss und Park Gaußig, über die Dissertation von *Koettnitz*, die Herstellung von Vorlesungsunterlagen und die Leitung des FUA zu berichten. Das, was mich anfangs intuitiv dazu bewegen hatte, wurde mir zunehmend klarer.

Es gehört dazu für das Verständnis seiner Persönlichkeit, seinen Stolz, seine von hoher Verantwortung getragenen Entscheidungen und Empfehlungen, sein Engagement, seinen äußerlich nicht sofort sichtbaren Frohsinn, seine Bescheidenheit und seine Hilfsbereitschaft. So glaube ich aus seiner Erzählweise über Zeitz den Stolz auf seine Wurzeln herauszuhören, der eine Grundlage für verantwortliches Handeln ergibt. Die Ehrung mit seiner Berufung ist für ihn Verpflichtung als Grundlage für Engagement und Fleiß. Die Atmosphäre in Gaußig geben ihm Kraft und Ausdauer für den damals hohen Aufwand für Buchprojekte und Veröffentlichungen einschließlich aller Korrespondenzen per Briefpost.

Außerdem sollte es uns anspornen, die heutigen Vorteile der digitalen Projektbearbeitung mit dem verbundenen Zeitgewinn noch besser für kreatives und verantwortungsvolles Arbeiten zu nutzen.

Nach seinem Tod erhielt ich von seiner Ehefrau Dr. Eleonore Koettnitz † eine seiner letzten schriftlichen Äußerungen, die er einem Bekannten widmete:

„Das Beste, was wir auf Erden tun können, ist: Gutes tun, froh sein und verzichten können.“

.

Mein Dank gilt den Mitarbeitern der Sächsischen Landes- und Universitätsbibliothek SLUB und des Archivs der TU Dresden, besonders Frau Angela *Buchheim*, für die Unterstützung bei den Recherchen.

Ehemalige Mitarbeiter am Institut für Elektrische Energieanlagen und ehemalige Mitglieder des FUA 0.3 „*Koordination der Isolation*“ haben dankenswerterweise über die Sitzungen und Gespräche mit *Koettnitz* berichtet.

Ich danke besonders Herrn Dr. Ulrich von *Fournier*, Herrn Andreas *Grader*, Herrn Jens *Hauschild*, Herrn Dr. Georg *Issel*, Herrn Dr. Herbert *Jaroscziński*, Frau Dr. Eleonore *Koettnitz* †, Herrn Prof. Jürgen *Kupfer*, Frau Siglinde *Lawrenz*, Herrn Karsten *Laue*, Frau Katrin *Leucke*, Herrn Dr. Werner *Naumann*, Herrn Dieter *Nerger*, Herrn Prof. Bernd *Oswald*, Herrn Dr. Hermann *Pietzsch*, Herrn Prof. Klaus *Rothe*, Herrn Prof. Peter *Schegner*, Frau Sabine *Sonntag*, Herrn Dr. Joachim *Thiele* und Herrn Prof. Klaus-Dieter *Weßnigg* für Informationen in persönlichem Gespräch und per Email sowie für Bild- und Textbeispiele.

Herrn Prof. Werner *Bärwald* danke ich für die redaktionelle Bearbeitung und Herrn Dr. Werner *Naumann* und Herrn Prof. Gert *Hentschel* danke ich für das kritische Lesen des Manuskriptes.

Dem VDE Dresden e.V. mit dem Vorsitzenden, Herrn Prof. Gert *Hentschel* und dem Geschäftsführer Herrn Dr. Dietmar *Siegmund*, gebührt mein Dank für die Unterstützung bei der Veröffentlichung und der A-Z Druck Dresden e. K. für die hohe Druckqualität.

Besonders danke ich Herrn Prof. Reinhard *Koettnitz* für sein förderndes Interesse an diesem Heft sowie für seine Spende zum Aufpreis der farbigen Druckseiten und zusätzlicher Exemplare.

Hartmut Bauer

Autor



Foto: J. Meyer

Bauer, Hartmut, Doz. Dr.-Ing., (*14.03.1943 Zeitz) VDE;

Hochschuldozent i.R., TU Dresden, Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik.

1959 Abschluss der Mittelschule in Zeitz, 1959-1962 Lehre als Elektromonteur im VEB Energieversorgung Halle/Saale, 1962-1964 Betriebsmonteur im Netzbetrieb Zeitz, 1963-1968 Studium der Elektrotechnik /Starkstromtechnik und 1968-1971 Forschungsstudent an der TU Dresden, 1971-1979 wiss. Assistent und Oberassistent am Institut für Elektrische Energieanlagen der TU Dresden; 1973 Promotion „*Beitrag zur Koordination der Isolation auf statistischer Grundlage und ihre Anwendung auf den Schutz gegen Blitzüberspannungen von Mittelspannungsanlagen mit Kabeleinführung*“ bei Prof. Koettwitz, 1978 Facultas Docendi; 1979-1986 Entwicklungsleiteningieur für digitale Stationsleittechnik in Hochspannungs-Schaltanlagen im VEB „*Otto Buchwitz*“ Schaltanlagenbau Dresden.

1985 Berufung als ordentlicher Hochschuldozent für Elektrotechnik/Schaltanlagen an die TU Dresden, Fakultät für Elektrotechnik; Vorlesungen: „*Netzschutztechnik*“ bis 1996, „*Stations- und Netzleittechnik*“ bis 2008, „*Zuverlässigkeits- und Sicherheitsberechnung*“ bis 2017 und „*Elektroenergieversorgung für Wirtschaftsingenieure*“; 1990-1995 und 2006-2009 Leiter der Studienrichtung Elektroenergie-technik der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Dresden. 2010-2019 Vorlesung „*Elektrische Energietechnik*“ und 2012-2020 Vorlesung „*Elektrische Sicherheit und Versorgungszuverlässigkeit*“ an der Staatlichen Berufsakademie Bautzen.

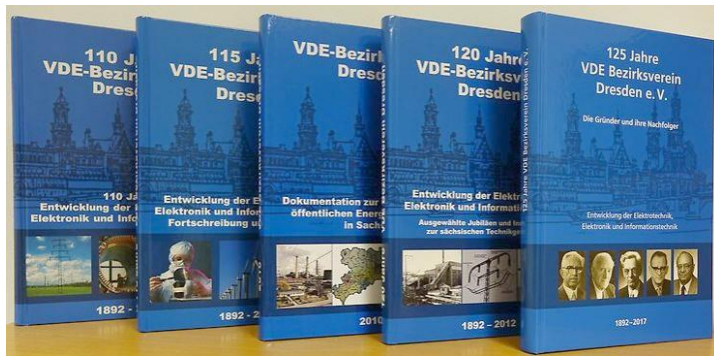
Schwerpunkte der Forschung: 1968-1979 *Überspannungsschutz und Isolationskoordination*, 1979-2008 *Digitale Leittechnik für Hochspannungsschaltanlagen und Elektromagnetische Verträglichkeit*, 1994-2012 *Elektrische und magnetische Felder von Elektroenergieanlagen* und seit 2005 *Elektrische Sicherheit*.

Seit 1974 Mitarbeit im und 1988-2008 Vorsitzender des FUA 0.3 der KDT bzw. Obmann des AK 10 „*Koordination der Isolation*“ beim VDE Dresden e.V.; Mitarbeit in DKE-K 952.0.15 „*IEC 61850*“, DKE-K 952.0.2 „*Prozessbus und Monitoring*“, FA 5.5 der ITG „*Prozessdatenübertragung*“ und im ETG-/ITG-GAK „*Schutz- und Automatisierungstechnik*“ bis 2014.

Seit 1997 Mitglied im und seit 2007 stv. Vorsitzender des VDE-Ausschusses „*Sicherheits- und Unfallforschung*“ sowie seit 20.03.2014 im VDE Dresden e.V. Vorsitzender des AK 20 „*Geschichte der Elektrotechnik*“.

Bisher veröffentlichte „Blaue Bücher“ und Dresdner Hefte

des AK 20 „Geschichte der Elektrotechnik“ beim VDE Dresden e.V.:



Autorenkollektiv: **110 Jahre VDE-Bezirksverein Dresden** – 110 Jahre Entwicklung der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik 1892 – 2002.

Herausgeber: VDE-Bezirksverein Dresden e.V., Dresden 2002, ISBN: 3-933442-53-2

Autorenkollektiv: **115 Jahre VDE-Bezirksverein Dresden** – Entwicklung der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik – *Fortschreibung und Ergänzung* 1892 – 2007.

Herausgeber: VDE-Bezirksverein Dresden e.V., Dresden 2007

Nerger, Dieter; Edelmann Helge; Herbrich, Günter: **VDE-Bezirksverein Dresden** – Dokumentation zur Geschichte der öffentlichen Energieversorgung in Sachsen.

Herausgeber: VDE-Bezirksverein Dresden e.V., Dresden 2010

Eine weitere Betrachtung der sächsischen Technikgeschichte anschließend an die Jubiläumsbände 110 Jahre und 115 Jahre VDE Bezirksverein Dresden:

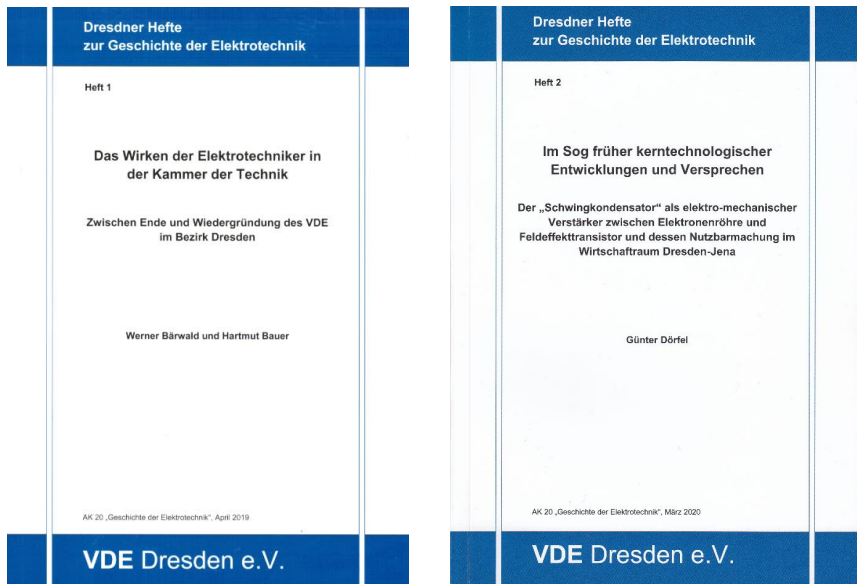
Autorenkollektiv: **120 Jahre VDE-Bezirksverein Dresden** – Entwicklung der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik – *Ausgewählte Jubiläen und Innovationen zur sächsischen Technikgeschichte* 1892 – 2012.

Herausgeber: VDE-Bezirksverein Dresden e.V., Dresden 2012, ISBN: 978-3-00-039920-6

Bärwald, Werner; Bauer, Hartmut; Edelmann, Helge; Herbrich, Günter; Nerger, Dieter; Siegmund, Dietmar: **125 Jahre VDE Bezirksverein Dresden** – *Die Gründer und ihre Nachfolger*. Entwicklung der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik 1892 - 2017

Herausgeber: VDE Bezirksverein Dresden e.V., Dresden 2017, ISBN: 978-3-00-056625-7

und Dresdner Hefte zur Geschichte der Elektrotechnik:



Herausgeber: VDE Dresden e.V., ISSN: 2629-7167

<https://www.vde-dresden.de/de/facharbeit-regional/dresdner-hefte-zur-geschichte-der-elektrotechnik>

Heft 1 (2019) „Das Wirken der Elektrotechniker in der Kammer der Technik –
Zwischen Ende und Wiedergründung des VDE im Bezirk Dresden“,
von *Werner Bärwald* und *Hartmut Bauer*,

Heft 2 (2020) „Im Sog früher kerntechnologischer Entwicklungen und Versprechen –
Der „Schwingkondensator“ als elektro-mechanischer Verstärker zwischen
Elektronenröhre und Feldeffekttransistor und dessen Nutzbarmachung im
Wirtschaftsraum Dresden-Jena“
von *Günter Dörfel*,

Heft 3 (2020) „Die Barkhausenbriefe – Die Rundschreiben als Zeitdokument“
von *Werner Bärwald* und *Helge Edelmann*

VDE

© 2020

VDE Dresden e. V.
MommSENstraße 12
01069 Dresden

ISSN: 2629-7167