



4. Jg. Nr. 1/99

Merseburger Beiträge
zur Geschichte der chemischen Industrie Mitteldeutschlands

Technik und Chemie III

INHALT:

Vorwort	3
Otfried Maus Technische Diagnostik an elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen im Buna-Werk Schkopau	5
Literaturverzeichnis	50
Autorenvorstellung	51
Jürgen Vogler Transformatoren und Transformatorenwerkstatt im Buna-Werk Schkopau	52
Literaturverzeichnis	79
Autorenvorstellung	80
Sachzeugen vorgestellt	81
Mitteilungen aus dem Verein	88
Quellenverzeichnis	99

Einleitung

Elektrische Betriebsmittel, wie z.B. Generatoren, Transformatoren, Elektromotoren, müssen einen hohen Grad an Zuverlässigkeit und damit auch an Verfügbarkeit besitzen, um eine sichere, d.h. unterbrechungsfreie Stromerzeugung, Stromfortleitung, Stromverteilung und Stromumwandlung bei den unterschiedlichsten Erzeugern und Verbrauchern zu gewährleisten.

Dieser Anforderung will man durch geeignete Konstruktion und Fertigung, durch entsprechende Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen und durch den Einsatz von Überwachungs- und Diagnosetechnik gerecht werden.

Die Bemühungen, bereits die Konstruktion und die Fertigung der Betriebsmittel anforderungsgerecht zu gestalten, aber auch die Instandhaltung durch Kostenreduktion einerseits und verbesserte Qualität der Maßnahmen andererseits zu optimieren und gleichzeitig die Zuverlässigkeit und damit die Sicherheit (auch in Bezug zum Umweltschutz) zu verbessern, haben das Interesse an der Technischen Diagnostik in den letzten Jahren wesentlich verstärkt.

Die Arbeiten zur Entwicklung von Geräten und Methoden der Technischen Diagnostik im Buna-Werk Schkopau entstanden aus dem Bestreben, die Produktionsanlagen sicher mit elektrischer Energie zu versorgen.

Die Aufgabe der Diagnostik ist es, das Vorhandensein von Schwachstellen und Defekten, möglichst während des Betriebes, anzuzeigen. Es geht also darum, die Ursachen von Verschleiß, Störungen und Havarien mit geeigneten Meßgeräten und Methoden zu ermitteln, damit gezielt Maßnahmen zur zustandsabhängigen Instandhaltung zeitig eingeleitet werden können. Dies war für die

Instandhaltung nicht nur im Buna-Werk Schkopau ein neues Aufgabengebiet.

Durch die nach 1989 gegebenen Möglichkeiten des Studiums internationaler Literatur ließ die unmittelbare Verbindung der Ergebnisse der Technischen Diagnostik mit dem Umweltschutz erkennen.

So gab Theodor ROOSEVELT folgende Botschaft am 3. Dezember 1907 an den Kongreß:

"Wenn wir unsere natürlichen Ressourcen verschwenden und zerstören, Raubbau treiben, statt das Land zu bebauen, daß es mehr Nutzen abwirft, werden wir den Wohlstand untergraben, den wir zu mehren und unseren Kindern zu hinterlassen verpflichtet sind" [1].

Mit folgenden aktuellen Zitaten wird diese Beziehung ebenfalls belegt:

"Wenn die Schädigung der Umwelt nicht unumkehrbar werden soll, sind grundlegende Änderungen der Art der Produktion, des Verbrauchs und der Beseitigung von Gütern unvermeidlich. Eine ökologisch nachhaltige Gesellschaft muß einen größeren Wert auf Einsparung und Effizienz legen, in höherem Maße auf erneuerbaren Energien beruhen und im Prinzip erneuerbare Ressourcen nur im Rahmen ihrer Erneuerungsfähigkeit ausbeuten. Sie wird Abfälle minimieren, Wiederverwendung und Wiederverwertung maximieren, die Verwendung gefährlicher Stoffe vermeiden und die biologische Vielfalt schützen müssen. Und sie wird umweltfreundliche Produktionstechnologien entwickeln und Produkte so gestalten müssen, daß sie haltbarer und leichter reparierbar sind" [2].

"Die Menschheit kann sich, wie jede andere biologische Art, über die ökologische

"In Zukunft werden wir wesentlich mehr komplexe Diagnostik in den Systemen der Energietechnik finden. Die Einführung einer Diagnostik könnte in Zukunft nicht nur auf einer wirtschaftlichen oder technischen Ebene entschieden werden, sondern Diagnostik kann ein Hilfsmittel sein, Umweltrisiken, die in unseren Betriebsmitteln mit geringer Wahrscheinlichkeit stecken, weiter zu reduzieren. Unter Umweltrisiken sollen Sicherheitsaspekte bei der Explosion elektrischer Geräte genau so verstanden sein, wie Fehler an elektrischen Betriebsmitteln, die zur Abschaltung eines Kernkraftwerkes (oder anderer die Öffentlichkeit betreffenden stromabhängigen Einrichtungen) führen und dann in der öffentlichen Diskussion Fehlinformationen auslösen. Dies ruft wiederum eine allgemeine Aussage wie 'Kernkraftwerke sind unsicher' hervor, obwohl z.B. ein Transformator eines Kernkraftwerkes der Auslöser der Abschaltung war" [4].

Eine bessere Überwachung der klassischen elektrischen Betriebsmittel, wie eben Generatoren, Transformatoren usw., auch mit Hilfe der Technischen Diagnostik vermeidet solche Aus-sagen, trägt wiederum zum Wiedergewinn des Vertrauens in die Technik bei und vermeidet ein falsches Bild über die Sicherheit moderner Technologien.

Aus der Sicht der Elektrotechnik gewinnt die Technische Diagnostik auch darum an Bedeutung, weil mit der bevorstehenden Liberalisierung der Strommärkte die Energieerzeuger zu möglichst preisgünstigen Angeboten gezwungen werden, aber dies in ihrem eigenen Interesse zu keiner Beeinträchtigung der Versorgungssicherheit und der Versorgungsqualität führen darf. Auch aus diesem Grunde sind Wege zu finden, die bei einer Optimierung der Kosten die

wertigen Produkten ist unmittelbar abhängig von der sicheren Verfügbarkeit auch der Elektroenergie.

Bei der hohen Effektivität von Produktionsanlagen kann z.B. der kurzzeitige Stromausfall in einer Chipfabrik Schäden in Millionenhöhe verursachen und in der Chemieindustrie Gefahren für das Personal und die Umwelt hervorrufen.

Zu bedenken ist außerdem die überregionale Auswirkung eines Ausfalles eines Großkraftwerkes bei den immer größer werdenden Übertragungsnetzen. Fällt z.B. ein größeres Kraftwerk in Spanien aus, dann hat dies Auswirkungen u.a. bis nach Deutschland und bei weiterer Ausdehnung der elektrischen Netze nach dem Osten auch darüber hinaus. Die dabei auftretenden Netzvorgänge zu beherrschen, erfordern zusätzliche Aufwendungen.

Produktionsverluste und Gefahren gibt es natürlich auch, wenn in einem Industriebetrieb das elektrische Netz oder ein Netzteil ausfällt oder in einer Einstranganlage ein defekter Motor die Produktion stilllegt.

Das Feld, was hier zu bearbeiten ist, ist nicht nur groß, sondern auch sehr vielseitig.

Und so kommt es in einem Hochlohnland, wie Deutschland, um so mehr darauf an, daß die Produktionsanlagen reibungslos funktionieren. So stellt die Instandhaltung und mit ihr die Technische Diagnostik einen entscheidenden Wirtschaftsfaktor dar.

Vorbeugen - auch mit Hilfe der Technischen Diagnostik - ist darum die aktuelle Devise.

Verschwiegen werden soll aber auch nicht die Tatsache, daß der Industrie auch aus einer ganz anderen Sicht "Gefahr" droht. Sie muß neuerdings auch darum der Technischen Diagnostik Beachtung schenken, weil nämlich der Versicherer die Prämie für die Betriebe

erhöht, die keine Diagnosetätigkeit nachweisen können.

Wegen dieser Vielseitigkeit und der notwendigen Beherrschung technischer Systeme sei es auch auf Grund der zunehmenden Aktualität des Umweltschutzes erlaubt, bei der Behandlung des Themas auf dieses zweite nicht unbedeutende Ergebnis der Technischen Diagnostik mit einzugehen [5].

Wo gibt es nun Ansatzmöglichkeiten, besonders für den Techniker, das Problem nicht nur zu erkennen, sondern Konsequenzen daraus abzuleiten?

Das Bild 1 gewährt einen Einblick in die Zusammenhänge zwischen der Umweltbelastung und den sie beeinflussenden

Größen. Es zeigt die Möglichkeiten auf, mit denen wir uns als Techniker an Maßnahmen zur Entlastung der Umwelt beteiligen können.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen wegen ihrer schnellen Wirksamkeit und des großen Verbesserungspotentialraumes, folgende Einflußgrößen:

- die Schaffung langlebiger Produkte
- die Erhöhung des Nutzungsgrades
- die Wiederverwendung als Produkt- oder Materialrecycling
- die Verbesserung des Wirkungsgrades
- die bessere Energienutzung
- der Einsatz umweltfreundlicher Stoffe
- die Optimierung der Maschinen- und Anlagengröße

Das Bild 2 zeigt die Kreisläufe zur besseren Materialausnutzung. Dabei sollte der innere Kreislauf "Produktrecycling" größer und der äußere "Materialrecycling" kleiner werden.

Eine Faustregel besagt: auf jede Tonne

Umweltbelastung Jahr	= Bevölkerungszahl (Personen)	Wohlstandsfaktor		Technikfaktor	
		Lebensdauer Personen	Materialdurchsatz Gütermenge	Energiedurchsatz Materialdurchsatz	Umweltbelastung Energiedurchsatz
	- Bevölkerungszahl	(Nachfragefaktor)	Durchsatzfaktor	(Effizienzfaktor)	Prozessionsfaktor
Beispiel: CO ₂ -Emission durch Verbrauch von Plastikbehältern					
CO ₂ -Emission Jahr	= Personen	Becher/Jahr Person	Gramm Kunststoff Becher	Kilowattstunden Gramm Kunststoff	CO ₂ -Emission Kilowattstunden
	Bevölkerungszahl	Nachfragefaktor	Durchsatzfaktor	Effizienzfaktor	Emissionsfaktor
Veränderungs- möglichkeiten:	- Familienplanung - Schulbildung der Frauen - Sozialfürsorge - Rolle der Frau Landbesitz	- Werte - Preise - Volkswirtschaft - gesellschaftliche Ziele - wieviel ist genug?	- langlebige Produkte - Rohstoffwahl - sparsamer Entwurf - Recycling - Wiederverwendung - Abfallaufarbeitung	- hoher Nutzungsgrad - höherer Anlagennut- zungsgrad - verlustarme Verarbeitung - Prozessverbesserungen	- harmlose Stoffe - Anlagengröße - Standort - Rücklauftechnik - Emissionskompensation
Verbesserungs- potenzial	etwa 2 mal	?	3 bis 10 mal	5 bis 10 mal	100 bis 1000 mal
Zeitraum	50 bis 100 Jahre	0 bis 20 Jahre	0 bis 20 Jahre	0 bis 20 Jahre	0 bis 50 Jahre

Bild 1 Die Beziehung zwischen Bevölkerung, Wohlstand, Technik und Umweltbelastung [3]

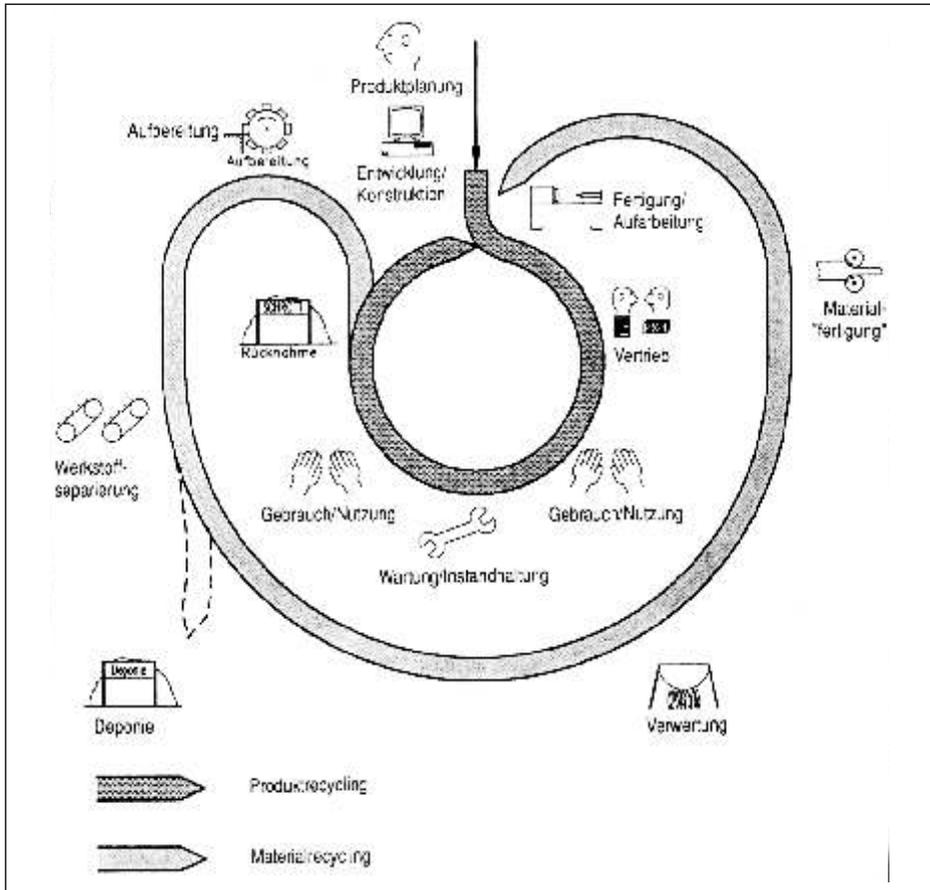


Bild 2 Produkt- und Materialrecycling, Kreisläufe zur besseren Materialausnutzung [6]

Abfallmaterial am Ende einer Nutzung kommen fünf weitere Tonnen Müll bei der Herstellung des Produktes und zwanzig Tonnen bei der ersten Gewinnung des Materials (etwa durch Bergbau, Fördern, Holzeinschlag oder landwirtschaftlichen Anbau). Diese Abfallmengen kann man am einfachsten senken, wenn man die Produkte länger nutzt und den Materialfluß an seinen Quellen reduziert!

Die Steigerung der Nutzungszeit von

Produkten, erreichbar durch bessere Konstruktion und bessere Instandhaltung (auch mit Hilfe der Technischen Diagnostik) sowie Wiedergebrauch ist effektiver als Recycling, weil dabei Aufwendungen für das Zerlegen, Zerkleinern, Schmelzen, Reinigen und die Neufabrikation, die das Recycling erfordert, reduziert werden.

Die Verdopplung der durchschnittlichen Nutzungszeit der Produkte bedeuten halben Energieverbrauch, die Halbierung der Abfälle

und der Umweltverschmutzung bei der Herstellung sowie eine verzögerte Erschöpfung der natürlichen Ressourcen. Dabei ist das Produktrecycling effektiver als das Materialrecycling, d.h. die Nutzung der Möglichkeit der Aufarbeitung von Produkten nach wiederholter Instandhaltung.

Ein Beispiel für das Produktrecycling liefert VW. Das VW-Werk in Baunatal bei Kassel arbeitet funktionsuntüchtige Motorenteile zu neuwertigen Austauschagregaten auf - mit voller Garantie und Lebensdauer wie bei

Neuteilen, aber zum halben Preis!

Bei dem Materialrecycling wendet ABB ein Verfahren an, mit dem die Wertstoffe Kupfer, Aluminium und Stahl von PCB-belasteten Transformatoren zu 98% dem Stoffkreislauf wieder zugeführt werden.

Wie man sich die Verlängerung der Nutzungsdauer durch die Wiederherstellung des Abnutzungsvorrates technischer Einrichtungen mit Hilfe der Technischen Diagnostik vorzustellen hat, soll mit den

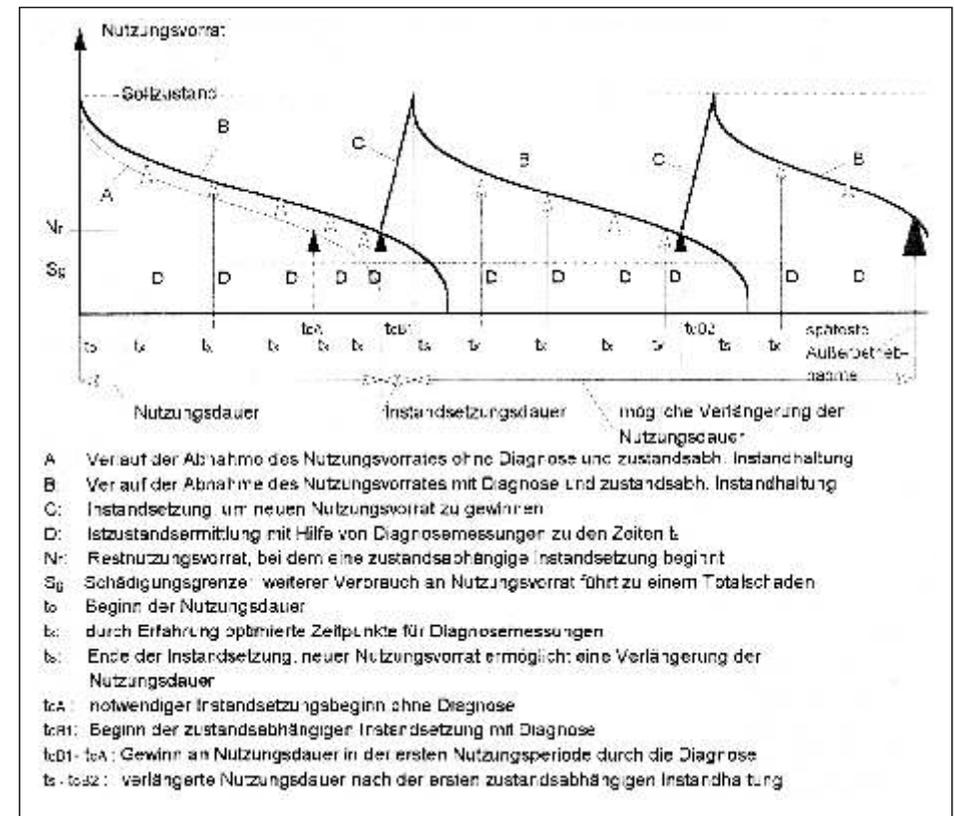


Bild 3 Instandhaltungszyklen zur Verlängerung der Nutzungsdauer durch Wiederherstellung des Abnutzungsvorrates mit Hilfe der Technischen Diagnostik

sprünglichen Abnutzungsvorrat und damit den Sollzustand zu übertreffen. Daraus resultiert die Verpflichtung für einen gezielten Erfahrungsaustausch zwischen Hersteller und Betreiber, um die mit der Technischen Diagnostik gesammelten Erkenntnisse bei der Weiterentwicklung der Produkte und bei neuen Konstruktionen zu berücksichtigen.

Nachfolgende Ausführungen sollen erkennen lassen, was im Bereich der Elektrotechnik eines so großen Werkes wie Buna-Schkopau für die Entwicklung und die praktische Anwendung von Geräten und Methoden der Technischen Diagnostik geleistet wurde [7].

Diagnosemöglichkeiten an elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen

Die Vielfalt der Elektrotechnik im Buna-Werk Schkopau in Verbindung mit einer sehr hohen Elektroenergiedichte (etwa 10 mal größer als in Leuna; mit nahezu 1 000 MW elektrischer Leistung, d.h. über 7% des Elektroenergieverbrauchs der DDR) bot viele Möglichkeiten, um sich mit den Ursachen von Verschleiß, Zerstörung und Havarien systematisch zu befassen.

Die Aufgabe des Instandhalters kann es nicht nur sein, defekte Betriebsmittel instandzusetzen und die Folgen von Störungen und Havarien zu beseitigen, vielmehr muß er durch konsequentes Analysieren der Ursachen von Anomalien an den Betriebsmitteln von der Schadensreparatur zur zustandsabhängigen Instandhaltung gelangen. Damit minimiert er die Wahrscheinlichkeit für den Eintritt von Störungen und Havarien, erhöht die Betriebssicherheit und die Lebensdauer und vermeidet auch eine Schadensausbreitung. Dies ist aber letztlich nur möglich, wenn man sich der Mittel und Methoden der Technischen Diagnostik bedient.

Frühe Untersuchungen an einzelnen elektrischen Betriebsmitteln auf Schadensursachen im Prüffeld der Elektrohauptwerkstatt im Buna-Werk Schkopau ließen in mir immer wieder den Wunsch aufkommen, diese während des Betriebes, ohne Außerbetriebnahme und ohne separate Prüfspannung, auf ihren Betriebszustand untersuchen bzw. überwachen zu können und Geräte zu erproben, die den Beanspruchungen

auf Grund ihres speziellen Funktionsprinzips

- Verlustwinkelmessungen mit der Scherung-Brücke, um die Qualität reparierter Hochspannungsbetriebsmitteln zu erkennen
- Versuche der Entwicklung einer Meßschaltung mit der TU Dresden 1963, mit der eine geortete Verlustwinkelmessung an Generatorwicklungen möglich sein sollte
- Aufbau eines sogenannten "Alterungsmeßgerätes" 1965, um auf der Basis der Montsinger-Regel (8°C Temperaturerhöhung halbiert die Lebensdauer) die thermische Belastung der Isolierung von Generatoren kontinuierlich zu



Bild 4 Im Buna-Werk Schkopau gefertigtes "Alterungsmeßgerät", welches die Betriebstemperatur der Wicklung z. B. eines Generators registriert, um die Lebensdauer der Generatorwicklung bezüglich ihrer thermischen Belastung nach der Montsinger-Regel (8°C Temperaturerhöhung halbiert die Lebensdauer der Wicklung) zu optimieren

▪ erfassen (Bild 4

- Berechnung und Aufbau einer elektromagnetischen Pumpe (Spiral-Induktionspumpe auf der Basis eines normalen Asynchronmotor-Ständers) zum Fördern einer elektrisch leitenden Flüssigkeit z.B. Quecksilber für die Chlorelektrolyse ohne rotierende Teile und
- ohne Stopfbuchsen 1968 (Bilder 5, 6)

Dimensionierung und Aufbau eines Modells eines stopfbuchsenlosen Hubrührwerkes mit einem Solenoid als Antrieb für regelbaren pulsierenden Betrieb für Hochdruckautoklaven 1971

Versuche zur Bestimmung des Isolationszustandes von 6 kV-Netzen mit einer der Betriebsspannung überlagerten

Da die diagnostischen Messungen und Überwachungen während des Betriebes erfolgen sollen, also bei anliegender Spannung, die bei Wechselspannung ja bereits ab 50 Volt lebensgefährlich sind, muß man sich der Phänomene bedienen, die sich bei Schädigungen im mechanischen und bei einer Isolationschwächung im elektrischen Bereich als sogenannte diagnostische Indikatoren nutzen lassen.

Ende der 70er Jahre entstand so die Vision, Teilentladungen, die an geschädigten Stellen der Isolation entstehen, meßtechnisch zu erfassen, um sie für die Bewertung des Zustandes der Isolation zu nutzen. Ziel war es, die von einer Fehlerstelle in der Isolation ausgesendeten Ultraschall- und elektromagnetischen Wellen mit Sensoren während des Betriebes einer Hochspannungsanlage, ohne Berührung des Betriebsmittels und ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen in der Anlage zu messen und zu bewerten.

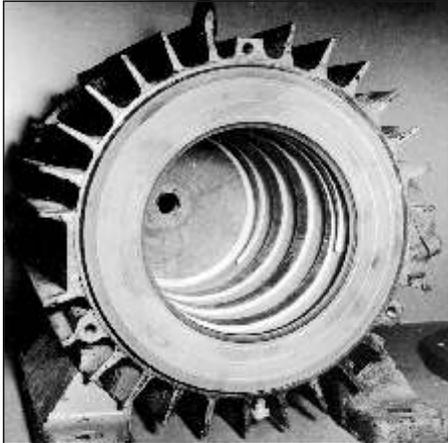


Bild 5 In der Elektrohauptwerkstatt berechnete und gebaute elektromagnetische Spiral-Induktionspumpe auf der Basis eines Asynchronmotors ohne rotierende Teile und ohne Stopfbuchsen zum Fördern von Quecksilber in Zellen der

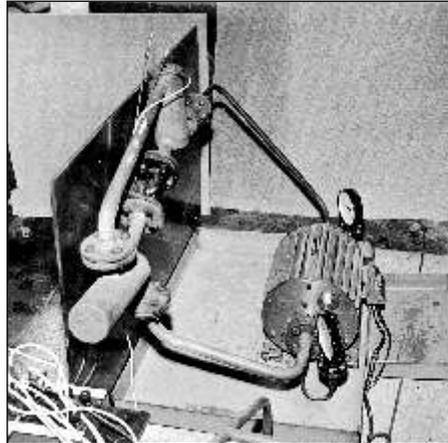


Bild 6 Transportkreislauf für Quecksilber als Versuchsaufbau zur Untersuchung der Induktionspumpe nach Bild 5

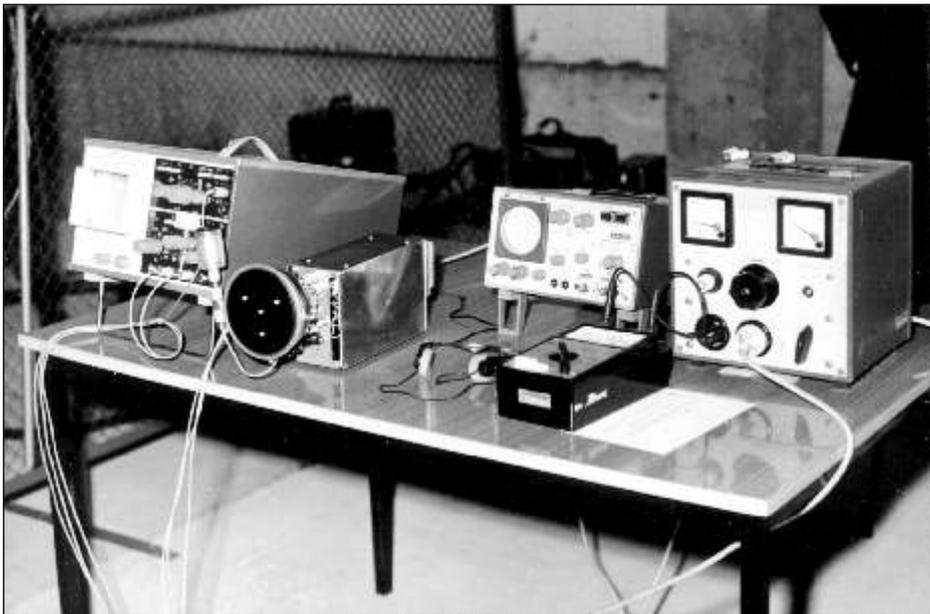


Bild 7 Versuchsaufbau zur Darstellung und Erläuterung der Möglichkeiten der Teilentladungs-Messungen z.B. an Hochspannungskabeln bei der 1. Tagung "Technische Diagnostik" im Oktober 1983 in Schkopau



Bild 8 Vorführung der weiterentwickelten Buna-Schkopau-Teilentladungs-Meßtechnik auf der 2. Diagnostetagung 1985 in Schkopau und Erfahrungsaustausch mit Prof. Dr. TARABA (Bildmitte) von der Technischen Universität Prag

Dies entspricht der eigentlichen Zielstellung der Technischen Diagnostik.

Die sich einstellenden Erfolge veranlaßten mich, 1983 die Tagungsreihe "Technische Diagnostik an elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen" mit etwa zweijährigem Turnus in's Leben zu rufen, um auch mit anderen Fachkollegen Erfahrungen auszutauschen (Bilder 7, 8).

Sie wurde mit der 5. Tagung 1992 in Schkopau (Bild 9), der 6. Tagung 1994 und der 7. Veranstaltung 1996 an der Fachhochschule Merseburg fortgesetzt.

Beispiele dieser Erfolge der Technischen Diagnostik im Buna-Werk Schkopau, besonders



Bild 9 Präsidium der 5. Diagnostetagung 1992 im Klubhaus Buna-Schkopau.
Im Bild v.l.n.r.:
Prof. Dr. Dr. OCKENFELS, Bonn;
der Autor;
Prof. Dr. TARABA, Prag

Diagnose an Lagern von Elektromotoren, Generatoren und dgl.

Altbekannt, aber oft noch unterschätzt, stellt die Überwachung der Lager elektromotorischer Antriebe (Motor und Arbeitsmaschine) auf mechanische Schwingungen eine effiziente Möglichkeit dar, die Arbeitsmaschine aber vielmehr noch den Motor vor Folgeschäden (wie Auflaufen des Läufers auf das Statorblechpaket mit Beschädigung der Motorwicklung und eventuellem Totalschaden) zu bewahren. Die Diagnosewerte wurden von uns computergestützt archiviert, bewertet und das Ergebnis mit Angaben zu notwendigen Maßnahmen dem Betreiber mitgeteilt. Mit Wiederholungsmessungen in angepasster Periode erfolgte eine Kontrolle, ob die empfohlenen Maßnahmen realisiert wurden und welche Wirkungen sie zeigten.

Dies führte zu einem selbstentwickelten Software-Programm, das auch Angaben zum Standort der Aggregate, zur Art der Antriebe mit den jeweiligen Betriebsbedingungen, zu den bisherigen Störungen, zu den typischen Verschleißteilen usw. erfaßte.

Ein erster großer Erfolg war den Schwingungsmessungen an den Antrieben der Ethylenoxid-Anlage beschieden. Bis zu diesen Ergebnissen hatte man alle Elektromotoren bei geplanten Abstellungen demontiert und zur Überholung in die Elektrohauptwerkstatt gebracht. Mit den Diagnoseergebnissen brauchten dann nur noch 25% der Motoren den Weg in die Werkstatt anzutreten.

Die Bilder 10, 11 und 12 stellen Beispiele für solche Messungen und Auswertungen dar.

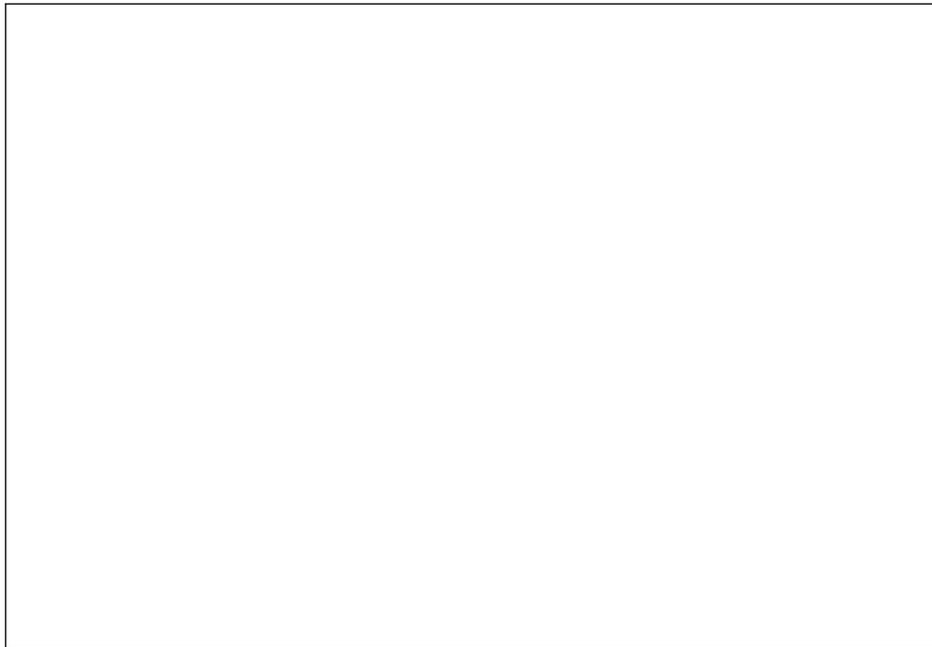


Bild 10 Stoßimpulsmessungen an elektromotorischen Antrieben zur Ermittlung des Zustandes der Lager von Motor und Arbeitsmaschine

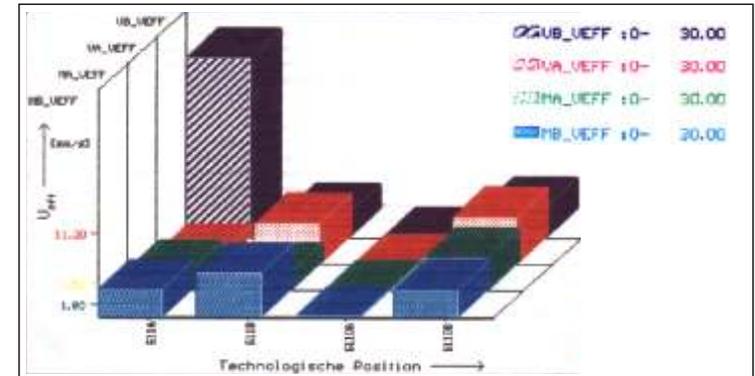


Bild 11 Darstellung der axialen Verteilung der Schwingungen an den Lagern des Elektromotors und des angetriebenen Ventilators nach Bild 10 (MA, MB: Motorenlager; VA, VB: Ventilatorenlager)

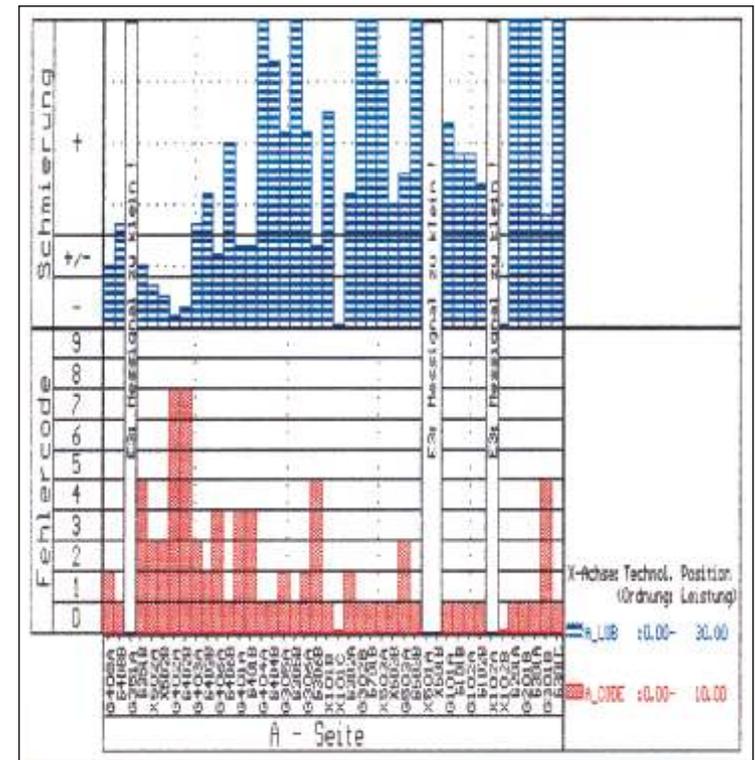


Bild 12 Ergebnisse von Stoßimpulsmessungen an einer Vielzahl von Antrieben mit der speziellen Beziehung zwischen Impulshöhe und Schmierungssituation

Diagnose an Wicklungen von Elektromotoren und Generatoren

Bei elektrischen Betriebsmitteln läßt sich der Isolationszustand mit Hilfe diagnostischer Methoden überprüfen und kontrollieren. Hierzu führt man Diagnosemessungen als periodische oder kontinuierliche Überwachung durch.

Zur Diagnose nutzt man elektrische, akustische, chemische und optische Phänomene, die bei einer Schwächung der Isolation infolge Teilentladungen an der Schadensstelle auftreten [8].

An Motoren und Generatoren kann man mit Hilfe von Teilentladungsmessungen den Zustand der Isolation der Wicklung und sogar einzelner Spulen feststellen. Hierbei erfassen geeignete Sensoren die von den Teilentladungen (TE-Quelle) ausgesendeten Ultraschallsignale und elektromagnetische Wellen. Die dafür benötigten Geräte und Methoden

wurden z.T. im Buna-Werk Schkopau allein und z.T. gemeinsam mit dem Institut für Hochspannungs- und Hochstromtechnik der Technischen Universität Dresden entwickelt, erprobt und eingesetzt. Die Bilder 13, 14, 15, 16 und 17 geben einen Einblick in diese spezielle Technik und über die Art und Weise der Auswertung der Diagnosewerte.

Vom Diagnoseergebnis abgeleitet wurde entschieden, ob die gesamte Wicklung erneuert werden muß oder ob der Austausch der isolationsgeschwächten Spule gegen eine neue ausreicht. Der Aufwand an Material und Energie fällt bei einem Austausch einzelner Spulen wesentlich geringer aus.

Auch hier ist zu erkennen, daß bei bewußter und sinnvoller Anwendung von Methoden der Technischen Diagnostik nicht nur eine Erhöhung der Betriebssicherheit erreicht wird, sondern auch eine Schonung der natürlichen

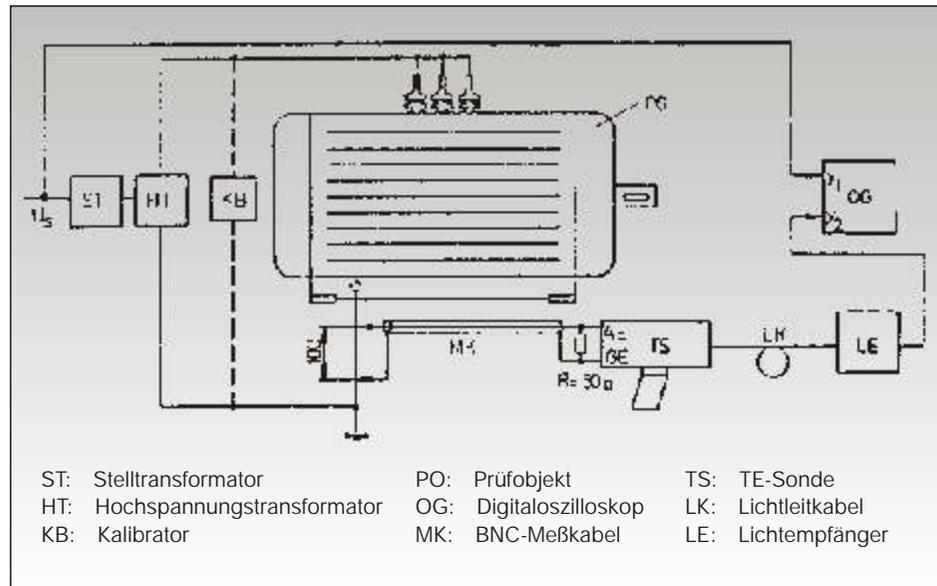


Bild 13 Schaltung der Prüfanordnung zur Teilentladungs-Diagnose an der Wicklung eines Hochspannungsmotors

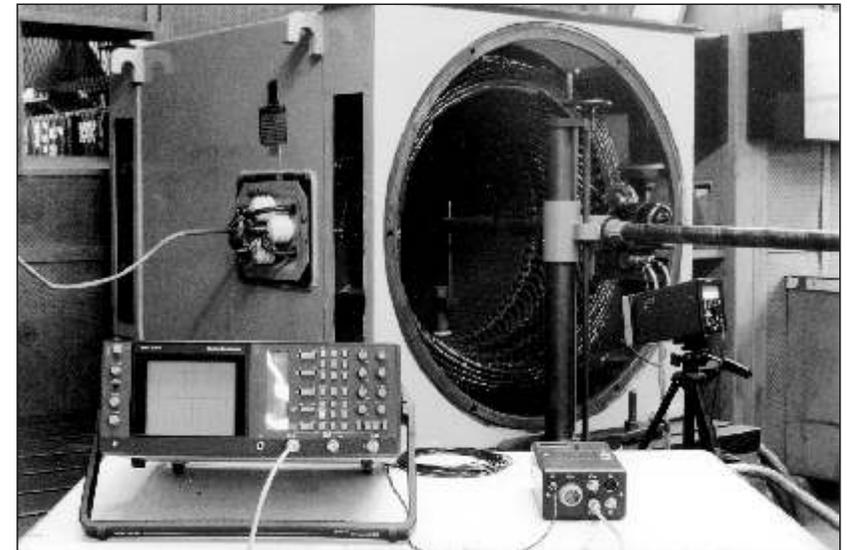


Bild 14 Manipulator mit umlaufender und axial verschiebbarer Sonde zur TE-Messung an der Wicklung eines Hochspannungsmotors mit einer Leistung von 1 400 kW und einer Betriebsspannung von 6 300 V

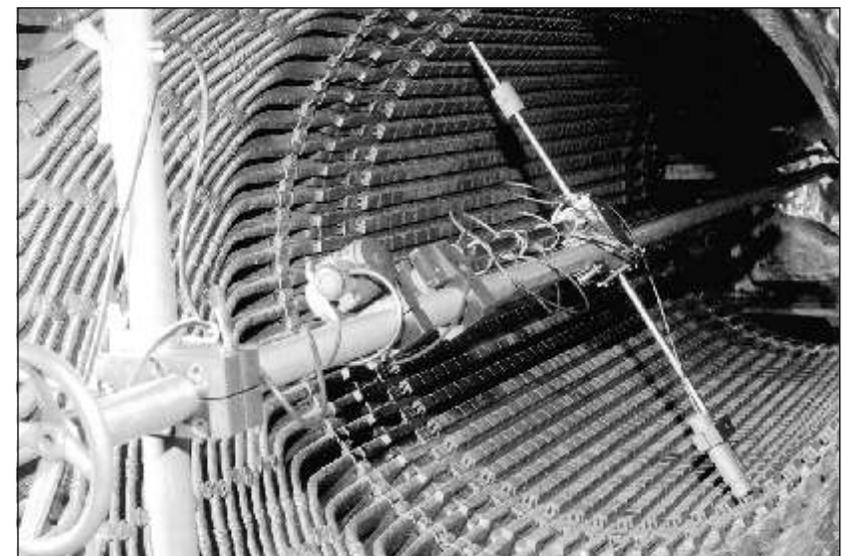


Bild 15 Gleiche Messungen wie im Bild 14, jedoch an der Wicklung eines Generators mit einer Leistung von 31 250 kVA und einer Betriebsspannung von 10 500 V in einem Kraftwerk des Leuna-Werkes

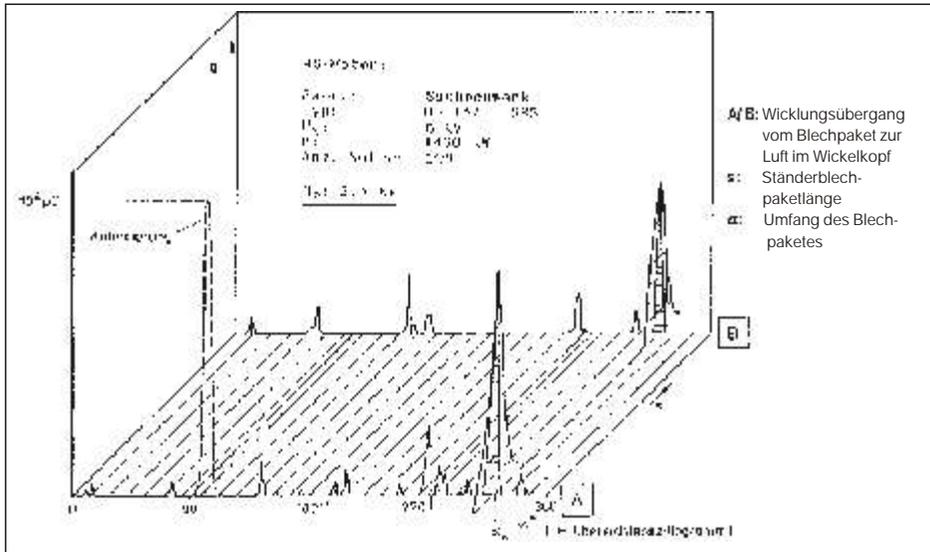


Bild 16 Computergestützte Darstellung der Ergebnisse von TE-Messungen über den Umfang der Ständerwicklung eines Hochspannungsmotors mit zum Teil erhöhten TE-Pegeln am Austritt der Wicklung aus dem Ständerblechpaket

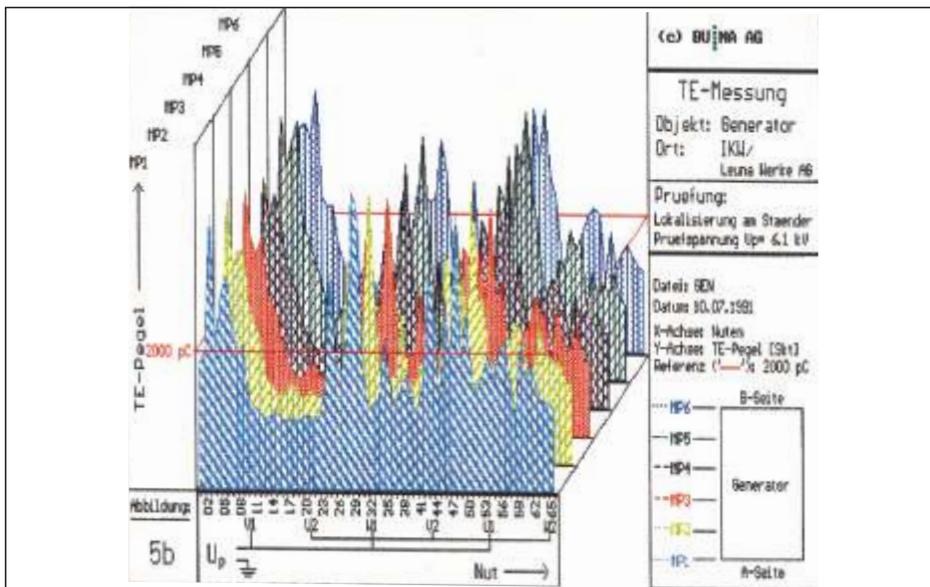


Bild 17 Darstellung der TE-Verteilung an der Wicklung eines Generators mit markanten hohen Pegeln an den drei Wicklungsanfängen

Das Ziel, den Isolationszustand von Betriebsmitteln und Anlagen auch während des Betriebes zu ermitteln, war auch bei Generatoren und großen Motoren beabsichtigt. Darum wurde mit Versuchen begonnen, die Kühlluft der elektrischen Maschinen auf ihren Ozongehalt mit Hilfe von Sensoren zu überwachen. Tritt nämlich TE infolge einer Isolationschwächung ein, dann entsteht Ozon. Stellt man eine Veränderung der Zusammensetzung der Kühlluft fest bzw. wird sie mit entsprechenden Sensoren zur Meldung gebracht, so kann man bei großen Maschinen mit einer in den Luftspalt eingeführten TE-Sonde die Diagnoseuntersuchungen fortsetzen, um die Maschine im Bedarfsfall zu demontieren und wie oben beschrieben zu diagnostizieren. Die Bilder 18 und 19 lassen die Möglichkeiten und den Versuchsaufbau erkennen.

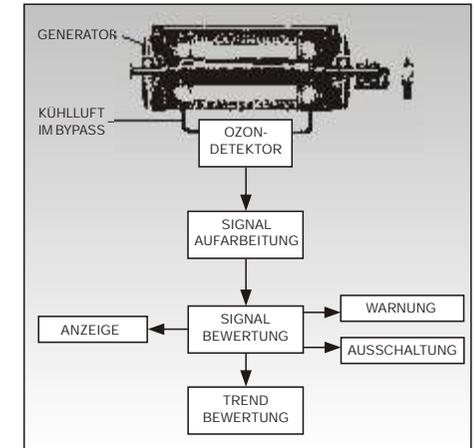


Bild 18 Schema der Überwachung der Kühlluft großer rotierender elektrischer Maschinen auf ihren Gehalt an Ozon in der Kühlluft als Abbild des Zustandes der Wicklungsisolation

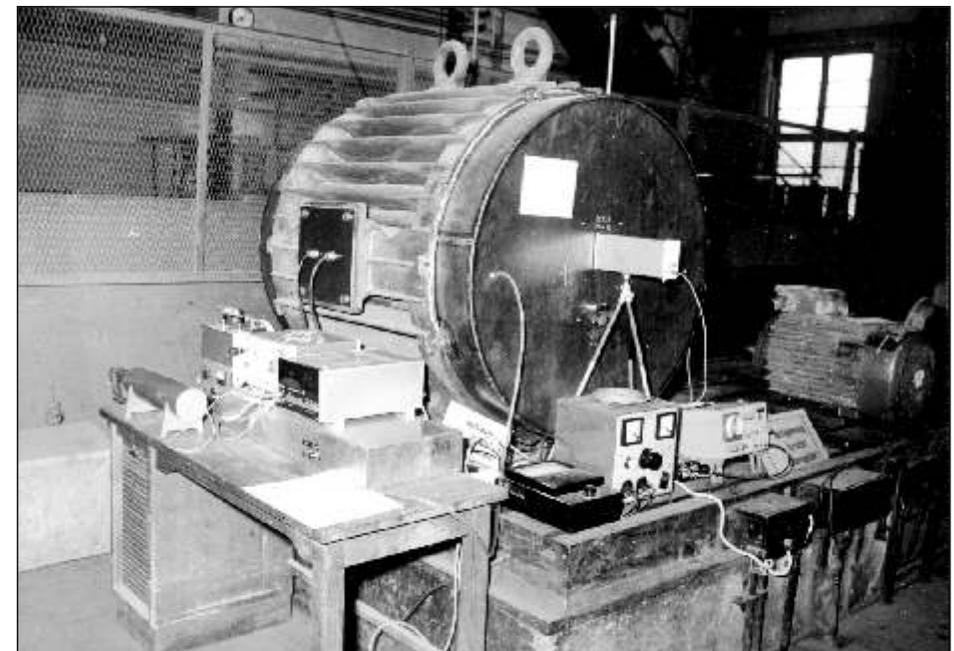


Bild 19 Versuchsaufbau in der Elektrohauptwerkstatt A 85 zu Bestimmung des Ozonanteils in der Kühlluft eines Elektromotors bei unterschiedlicher TE-belastung der Wicklung

Diagnose an Transformatoren

In öffentlichen elektrischen Netzen und auch in Industrieanlagen befinden sich eine Vielzahl von Transformatoren im Einsatz. Sie gehören zu den wertvollsten hochspannungstechnischen Einrichtungen der elektrischen Energieversorgungssysteme. Bedingt durch ihre hohen Anschaffungskosten und der möglichen nicht unerheblichen Folgeschäden bei ihrem Ausfall stellt man an sie hohe Anforderungen bezüglich Betriebssicherheit und Lebensdauer. Neben dem Einsatz von Netztransformatoren zeichnete sich das Buna-Werk Schkopau dadurch aus, daß auch eine Vielzahl von Spezialtransformatoren betrieben wurden. Hierzu zählten Gleichrichtertransformatoren in den Chloralkalielektrolysen

und Ofentransformatoren in den Calciumcarbidfabriken, die es bezüglich Größe und Kompaktheit nur im Buna-Werk Schkopau gab. Das Bild 20 zeigt den Antransport eines Gleichrichtertransformators für das sogenannte Komplexvorhaben und das Bild 21 läßt als Teilansicht die Größe eines Ofentransformator-Aggregates (Haupt- und Regeltransformator) im Transformatorraum der Calciumcarbidfabrik erkennen.

Elektrische und thermische Anomalien erzeugen durch die dabei eintretende Zersetzung von Isolierstoffen und Isolieröl in isolierölgefüllten Transformatoren bereits in der für den Betrieb des Transformators noch ungefährlichen Entwicklungsphase geringe Mengen Schadgase, die sich im Isolieröl lösen.



Bild 20 Antransport eines Gleichrichtertransformators mit einer Leistung von 42 500 kVA, einer Betriebsspannung von 110 000 V und einem Gewicht von 162 t mit einem Spezialfahrzeug der Bahn für die Chloralkalielektrolyse des Komplexvorhabens



Bild 21 Teilansicht eines Ofentransformator-Aggregates für eine Leistung von 91 000 kVA (Haupttransformator links, Regeltransformator rechts) in der Calciumcarbidfabrik, einer Betriebsspannung von 110 000 V und einem Gewicht von 143 t



Bild 22 Ein Ofentransformator wird mit einem Spezialfahrzeug der Reichsbahn in die Transformatorenwerkstatt A 89 des Buna-Werkes Schkopau gebracht

Um diese Phase der Entwicklung eines Transformatorenfehlers bereits zu erkennen, wurde mit einer geeigneten Entgasungseinrichtung (Bild 23) dem Isolieröl diese kleine Menge Schadgas entzogen und diese mit einem Gaschromatografen hinsichtlich Schadgasarten und Schadgasmengen analysiert.

Die Bilder 24 und 25 vermitteln mit dem Blick auf zwei Gaschromatografen einen Eindruck von einem Teil des im Bereich der Elektrohauptwerkstatt A85 eingerichteten Isolieröllabors. Der zuständige Elektroingenieur mußte also nicht nur umfangreiches Wissen auf dem Gebiet der Elektrotechnik besitzen, er mußte sich auch schon ein wenig in dieser speziellen Chemie und in ihrer Labortechnik

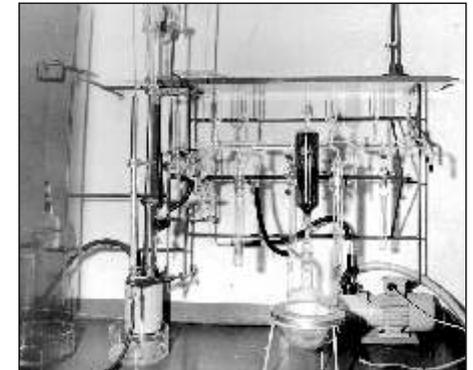


Bild 23 Einrichtung zum Extrahieren der im Isolieröl gelösten Schadgase, um diese mit einem Gaschromatografen zu analysieren

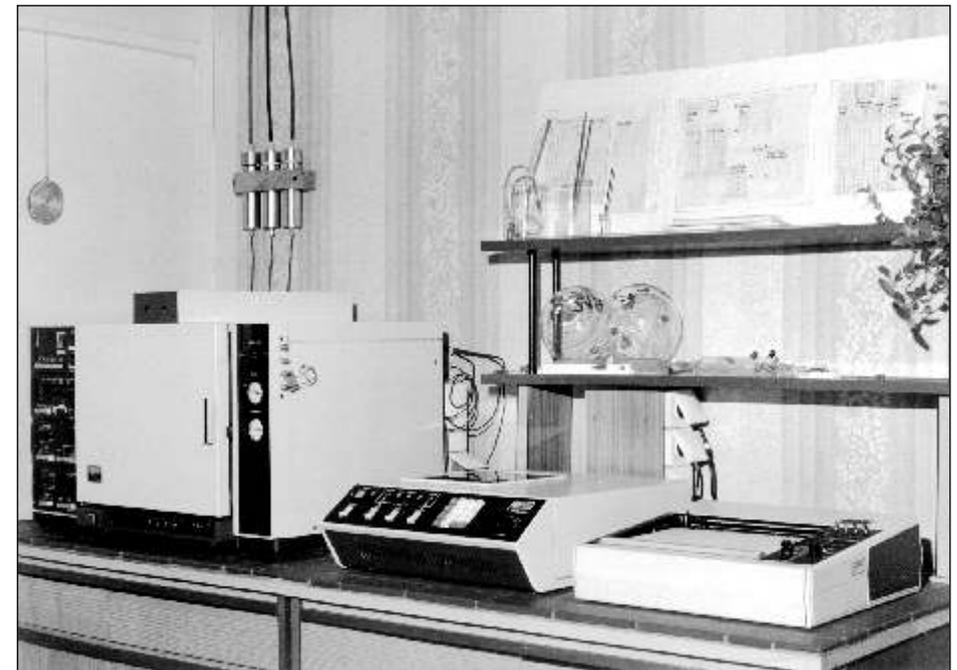


Bild 24 Gaschromatograf Varian 3700 als Teil des Isolieröllabors der Transformatorenwerkstatt A 89



Bild 25 Gaschromatograf Perkin-Elmer 8700 mit PC-Auswertetechnik im gleichen Labor wie Bild 24



Bild 26 Ein weiterer Teil des Öllabors mit einer Vielzahl meßtechnischer Einrichtungen zur Bestimmung z.B. der Durchschlagspannung, des dielektrischen Verlustfaktors, der Neutralisationszahl, des Wassergehaltes, der Grenzflächenspannung usw.

auskennen.

Mit diesen gaschromatografischen Untersuchungen an Isolierölen, die den Betriebsablauf nicht beeinträchtigen, begannen wir in der DDR zuerst. Wir führten sie an Groß- und Spezialtransformatoren periodisch durch und werteten die Ergebnisse schließlich auch mit einem speziellen Softwareprogramm aus.

So wurden Fehler in Transformatoren bereits in der Anfangsphase erkannt, lange bevor das Buchholz-Relais anspricht. Konnte der Fehler nicht gleich behoben werden, war es oft

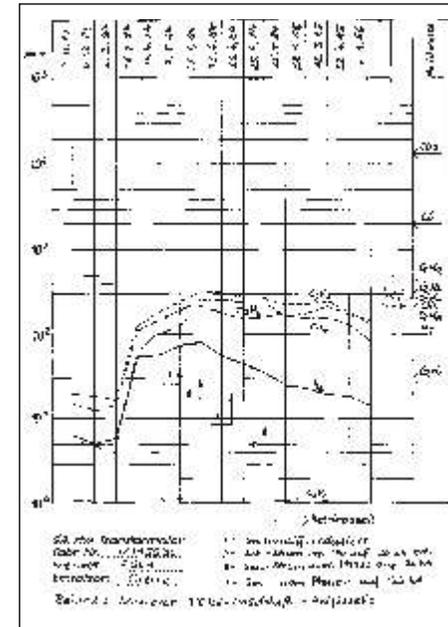


Bild 27 Darstellung gaschromatografischer Diagnosewerte eines Ofentransformators mit aus diesen Werten abgeleiteten Versuchen 1 bis 4 zur Fehlereingrenzung und der Maßnahme: Reduzierung der Transformatorbelastung um 8%, noch von Hand. Dadurch wurde noch ein 2-jähriger Betrieb des Transformators bis zur planmäßigen Außerbetriebnahme zwecks

möglich, mit einer geänderten Fahrweise des Transformators den Betrieb fortzusetzen, ohne das sich der Fehler ausweitete. Die Schadensbehebung erfolgte dann zu einem für den Betrieb der gesamten Anlage günstigen Termin, z.B. einer Abstellung für eine geplante Instandhaltung der Produktionsanlage.

Die zeitabhängige Darstellung der Schadgasentwicklung erfolgte im Bild 27 noch per Hand und im Bild 28 computergestützt. Für die optimale Auswertung aller Erfahrungswerte der Gas-in-Öl-Analyse wurde ein Expertensystem im Buna-Werk Schkopau entwickelt (Bild 29).

Zeitiges Erkennen eines Fehlers und seine Behebung reduzieren hier ebenfalls die Wahrscheinlichkeit für einen größeren Schaden mit einem Transformatorausfall und einer eventuellen Umweltverschmutzung durch austretendes Isolieröl. Auch die Kosten und die Aufwendungen für eine größere Instandsetzung

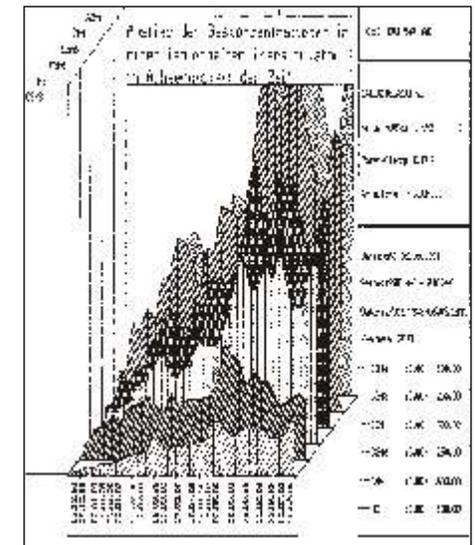


Bild 28 Computergestützte Darstellung von zeitabhängigen Diagnosewerten ähnlich Bild 27

Betreibt man auch hier die Diagnose systematisch, so sammelt man nicht nur Erfahrungen, die die Unschärfen der Aussagen reduzieren, sondern der Erfolg zeigt sich auch in einer sinkenden Ausfallquote (Bild 30).

Die Sammlung der Diagnosewerte und ihr Vergleich mit den vorgefundenen Anomalien ermöglichen eine computergestützte Archivierung, Auswertung und grafische Darstellung der Ergebnisse, um die Diagnosewerte in ihrer Aussage besser zu verdeutlichen und die Ursachen zukünftiger Fehler am gleichen oder auch an anderen Transformatoren besser zu erkennen (Bilder 31



Bild 29 Auswertung der Diagnosewerte mit Hilfe eines in Transformatorenwerkstatt A 89 entwickelten Expertensystems (im Bild Dr. J. GÄRTNER)

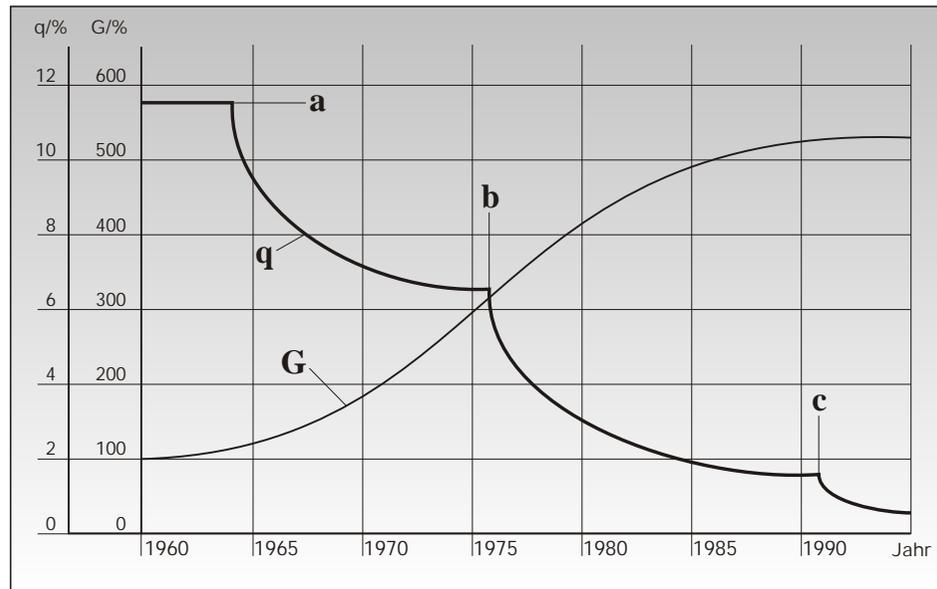


Bild 30 Sinkende Ausfallquote "q" trotz steigender Zahl der Transformatoren "G" als Ergebnis der Anwendung von Methoden der Technischen Diagnostik und der dadurch möglichen zustandsabhängigen Instandhaltung

- a) Beginn der systematischen Isolierölüberwachung
- b) Beginn der gaschromatografischen Untersuchungen des Transformatorenöles
- c) Möglichkeit der weiteren Senkung der Ausfallquote durch eine kontinuierliche Überwachung des im Transformator enthaltenen Isolieröls auf Schadgas mit einer in der Transformatorenwerkstatt A 89 entwickelten Gaszelle

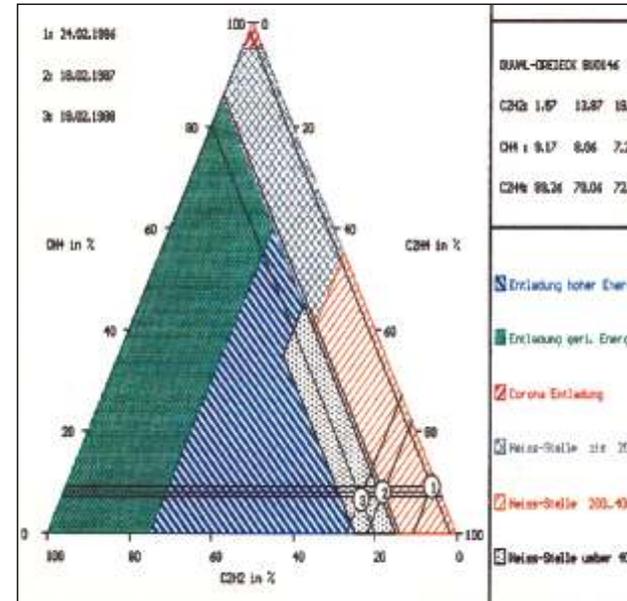


Bild 31 Computergestützte Darstellung von Schadgaswerten bei der sowohl der Ursprung der Schädigung als auch die Tendenz der zeitlichen Entwicklung des Fehlers im Transformator erkennbar sind. Der Fehler wandert aus dem Bereich (1) "Heiß-Stelle -200..400°C" 1986 in den Bereich (2)(3) "Heiß-Stelle - über 400°C" von 1987 bis 1988. Die Instandsetzung wird nun notwendig.

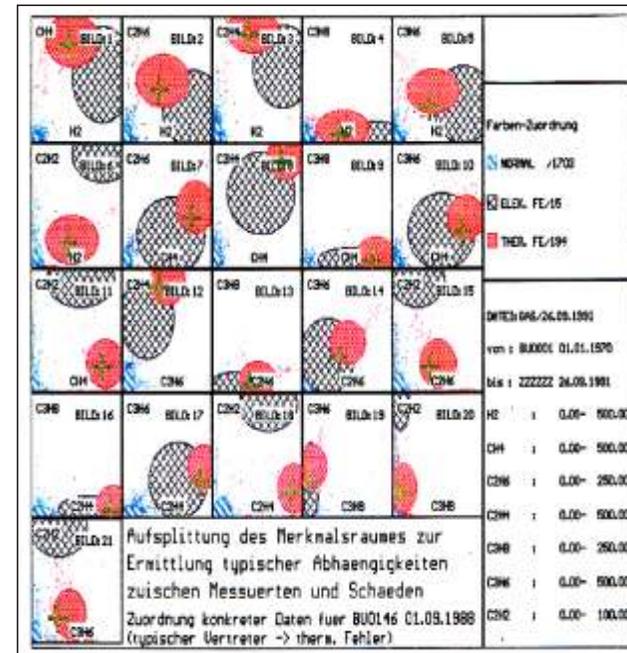


Bild 32 Darstellung des Merkmalsraumes von Beziehungen diagnostizierter Schadgase und der Schadgasursachen aus bisherigen Erkenntnissen (Ellipsen) und des Wertes einer aktuellen Analyse (Kreuz) mit Hilfe der Methode der Mustererkennung. In allen Teildiagrammen befindet sich das Kreuz in der Ellipse für "Thermische Fehler". Die Aussage ist mithin eindeutig.

und 32).

Die Auswertung aller Diagnosewerte bezüglich der Schadensursachen erfolgt mit einer in der Transformatorenwerkstatt entwickelten Software.

Um die Aussage der Diagnose durch eine Vielzahl von Untersuchungsergebnissen zu erhöhen und sicherer werden zu lassen, wurden auch Transformatoren anderer Betreiber diagnostiziert, so z.B. alle Transformatoren der Leuna-Werke, Transformatoren umliegender Kraftwerke und Umspannwerke sowie Bahnstromwerke der Reichsbahn (Bild 33).

Um die periodische Entnahme von Isolierölproben zu vermeiden, wurde in der Transformatorenwerkstatt eine Gaszelle entwickelt, die man in den Kühlkreislauf des

Isolieröls am Transformator einbaute. In ihr diffundiert das im Öl gelöste Schadgas, sofern sich solches infolge eines Fehlers im Transformator gebildet hatte, durch eine spezielle Membran in einen Gasraum. In ihm wurde das Schadgas ohne Kontakt zum Öl gespeichert. Eine Rückdiffusion des Schadgases in das Öl war nicht möglich (Bild 34).

Statt der Isolierölprobenentnahme kontrolliert man nun die Gaszelle auf Schadgasabscheidung. Ist Gas in der Zelle vorhanden, so wird dies entnommen und direkt in den Gaschromatografen eingegeben.

Diese periodische Kontrolle der Gaszelle auf vorhandenes Schadgas entfällt, wenn Gassensoren (im Gasraum der Gaszelle angeordnet) die Anwesenheit eines Schadgases z.B. Wasserstoff signalisieren. Der

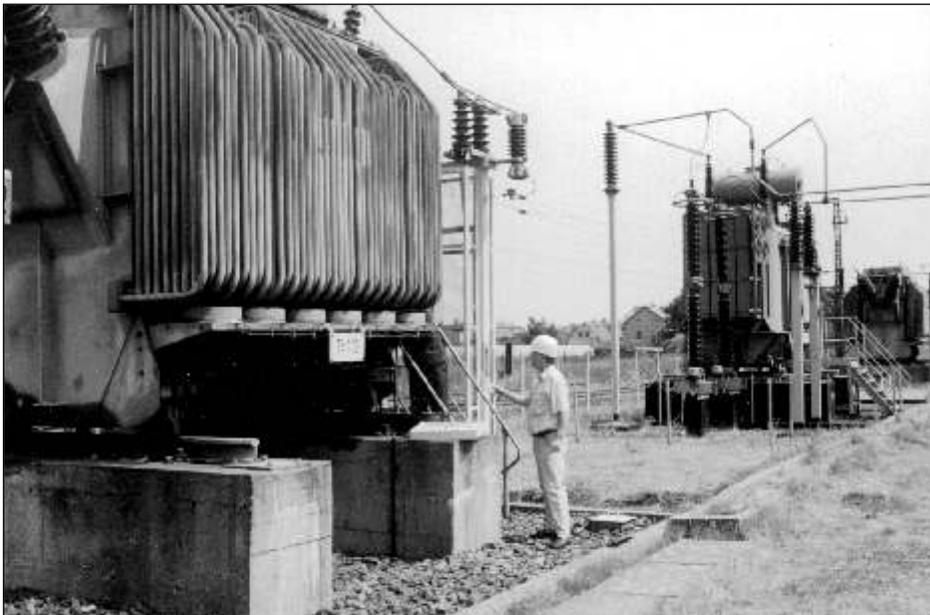


Bild 33 Isolierölprobenentnahmen durch das Isolieröllabor der Transformatorenwerkstatt A 89 an 16 2/3 Hz-Bahnstromtransformatoren in einem Umspannwerk der Reichsbahn zur Gewinnung zusätzlicher Diagnosewerte

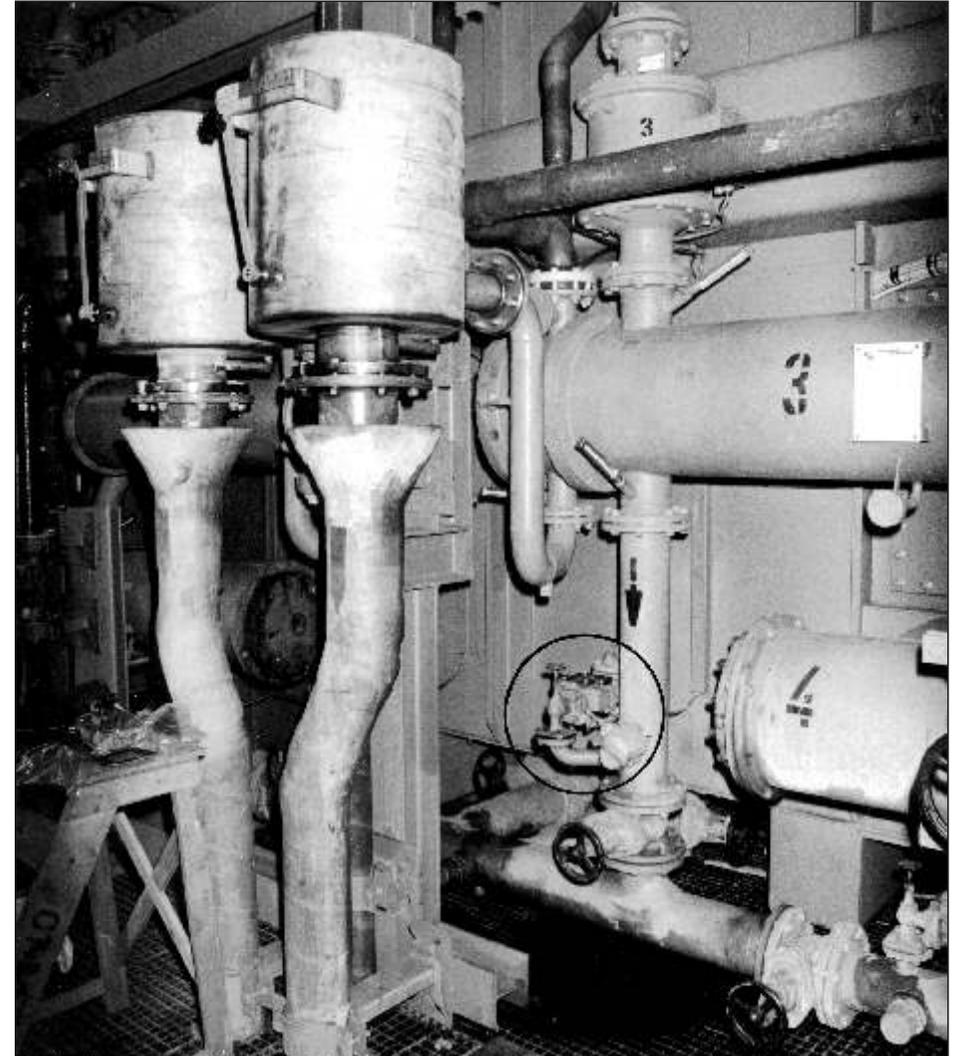


Bild 34 Schadgasüberwachung mit einer im Buna-Werk Schkopau entwickelten Gaszelle, angebracht im Kühlkreislauf des Isolieröls des Transformators (im Kreis zu sehen)

Als besondere Erfolge bei der Transformatoren-Diagnose im Buna-Werk Schkopau müssen genannt werden:

- Das Isolationssystem eines Transformators ermöglicht bei normaler Betriebsweise eine Lebensdauer von etwa 25 Jahren. Diese läßt sich bei periodischer Wartung unter Nutzung der hier dargestellten Diagnoseergebnisse durchaus um weitere 10 bis 15 Jahre verlängern.
- Bei systematischer Anwendung dieser Diagnosemethoden lassen sich Spontanfälle verhindern. Maßnahmen zur Vermeidung einer Schadensausweitung oder gar zur

Verhinderung eines Schadens können rechtzeitig eingeleitet werden. Instandsetzungsarbeiten lassen sich durch die Einleitung geeigneter Maßnahmen, wie z.B. Leistungsreduzierung auf geplante Stillstandszeiten hinauszögern. So konnte ein Ofentransformator durch Reduzierung der Belastung um 8% über 2 Jahreweiterbetrieben werden. Insgesamt erbrachten diese Arbeiten in einem Zeitraum von 25 Jahren eine Senkung der Ausfallquote von 11,5% auf etwa 1%, obwohl sich im gleichen Zeitraum die Anzahl der Transformatoren verfünffachte

• (Bild 30).

Durch den gezielten Einsatz der

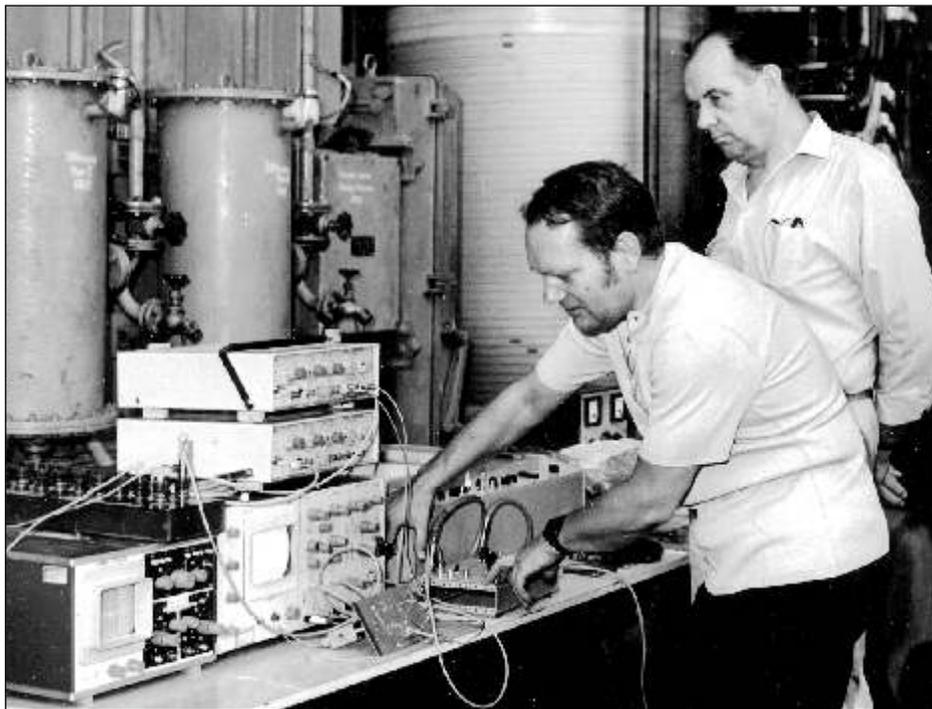


Bild 35 Versuchsaufbau zum Nachweis des Verschleißes der Kontakte von Regeltransformatoren für Ofen- und Gleichrichtertransformatoren (von links: Prof. Dr. E. LEMKE, TU Dresden; der Autor)

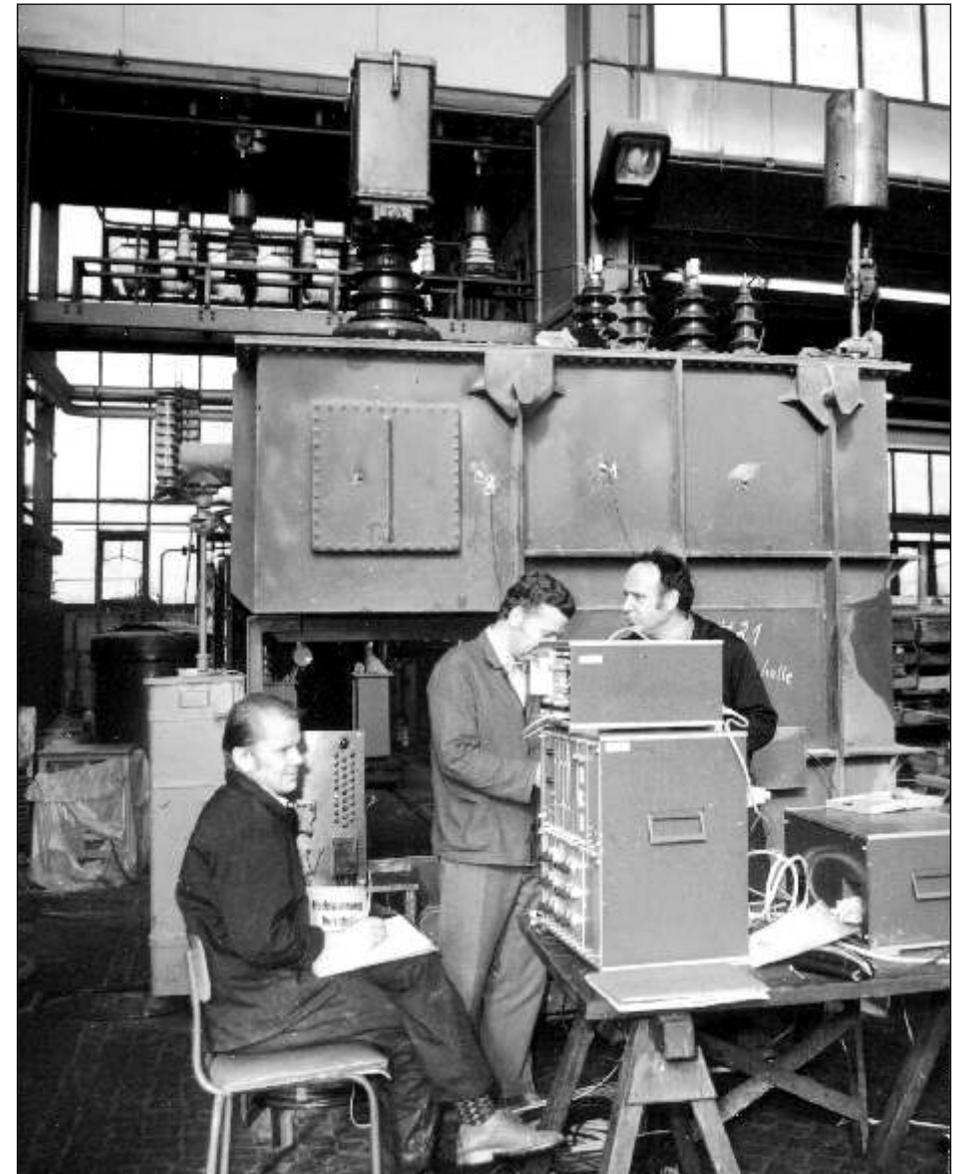


Bild 36 Nachweis von Teilentladungen an einem Transformator der Transformatorenwerkstatt im Buna-Werk Schkopau mit Hilfe einer vom Institut für Energieversorgung (IEV) in Dresden entwickelten mechanisch kontaktierten Ultraschallmeßeinrichtung (im Bild v.l.n.r. Dr. H.J. STOYE, IEV; Dipl.-Ing. J. VOGLER, Buna-Schkopau; Dr. J. MATTHES, IEV)

Computertechnik und die Anwendung eines selbstentwickelten Expertensystems konnte die Diagnosesicherheit bei Transformatoren von 50% auf über 90% verbessert werden [9].

Die Bereitschaft, auch anderen Betreibern von Transformatoren zu helfen, führte zum Aufbau eines Speichers mit sehr vielen Diagnosewerten, mit dessen signifikanten Aussagen über entstehende Anomalien eine

Voraussetzung für die Entwicklung, den Aufbau und Einsatz von Geräten und Methoden der Technischen Diagnostik sind kreative, aufgeschlossene und einsatzbereite Mitarbeiter, aber auch ein Mindestmaß technischer

Einrichtungen ist notwendig. Das Prüffeld der Elektrohauptwerkstatt, die mechanische Werkstatt, der Bereich Geräteentwicklung und -anfertigung, die Transformatorenwerkstatt mit ihren Einrichtungen, wie Hebezeuge, Öllabor und Isolieröllager sind einige Beispiele dafür (Bilder 34, 35, 36).

Aber auch die Bereitschaft der Ingenieure, im vertretbarem Maße Verantwortung zu übernehmen, sich mit Fachkollegen anderer Betriebe und Institutionen auszutauschen, waren und sind noch immer Voraussetzung für ein erfolgreiches Agieren auf einem so interessanten und breiten Wissensgebiet wie der Technischen Diagnostik. Dies trifft ganz besonders für so spezielle und auch teure

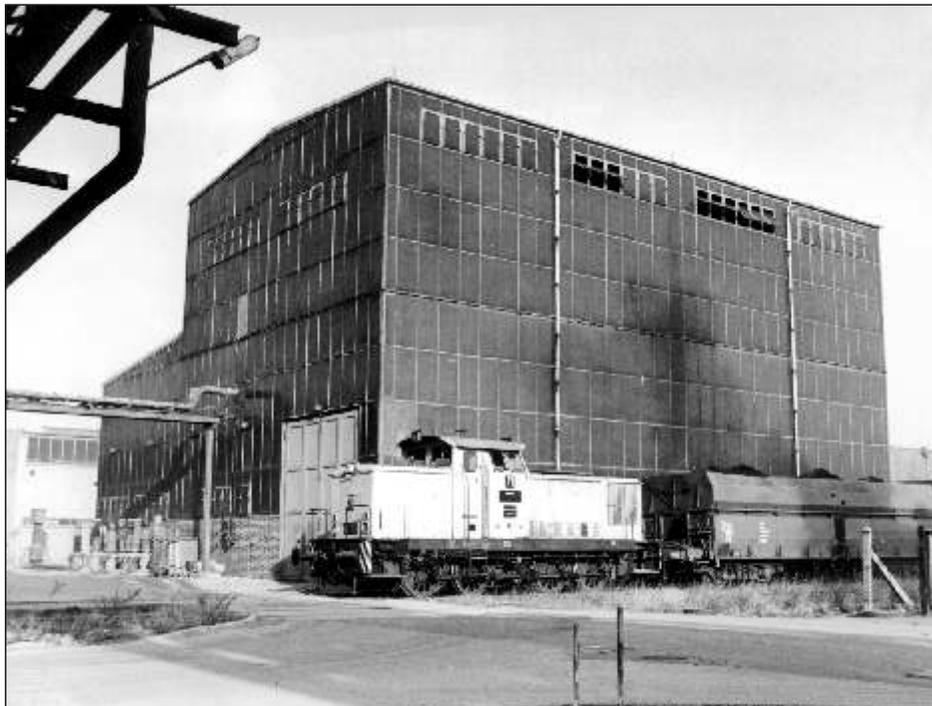


Bild 37 Die Transformatorenwerkstatt A 89, die mit einem 90 t-Kran ausgerüstet war

Diagnose an Betriebsmitteln von Schaltanlagen

Bauelemente einer Schaltanlage (z.B. Stütz- und Durchführungsisolatoren, Wandler, Kabelendverschlüsse, Schaltgeräte und dgl.) müssen trotz ihrer Vielfalt den unterschiedlichen Beanspruchungen während des Betriebes gewachsen sein. Neben mechanischen Belastungen sind es die elektrischen Beanspruchungen der Isolation durch die anliegende Spannung besonders aber auch durch die kurzzeitigen sehr schnellen

elektrischen Vorgänge im Netz, die durch Schalthandlungen und ähnliche Vorgänge (Erdschluß, Kurzschluß, Blitzschlag) hervorgerufen werden.

Eine geschwächte Isolation verursacht auch hier Teilentladungen (TE), die an der Schwachstelle der Isolation auftreten, bevor es zu einem Ausfall des elektrischen Betriebsmittels kommt. Mit geeigneten Geräten, die ich bei Fachkollegen in Tschechien fand, aber für diesen Zweck nicht vorgesehen waren (Bild 38), begannen erste Versuche.

Diese Vision fand beim Institut für



Bild 38 Erste Versuche zum Teilentladungsnachweis mit einer Ultraschallsonde (Entwicklung von Prof. TARABA, Prag) im Buna-Werk Schkopau im Januar 1983 mit den Fachkollegen Dr. BENES (li.) und Dr. FISER vom Forschungsinstitut für Energetik, Brno, Tschechien, zur Verwirklichung der Vision: Diagnostizierung von Hochspannungsanlagen während des Betriebes, d.h. bei anliegender Betriebsspannung ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen

schen Universität in Dresden Anklang. Es begann eine Zusammenarbeit, die eine gemeinsame Entwicklung von speziellen Meßgeräten zur Folge hatte. So zeigen die Bilder 39 und 40 die im Buna-Werk Schkopau und z.T. mit der Technischen Universität in Dresden Anfang der 80er Jahre entwickelten und im Buna-Werk Schkopau gefertigten, erprobten und eingeführten Geräte, mit denen sich ebenfalls der Isolationszustand der Betriebsmittel einer Schaltanlage während des Betriebes, d.h. auch bei anliegender hoher Betriebsspannung (also ohne Beeinflussung oder Unterbrechung des Betriebsablauf-

es und ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen) ermitteln und bewerten läßt.

Mit den Geräten im Bild 40 und 41 waren 1992 Teilentladungs (TE)-Messungen möglich, die auch im Ausland Anerkennung fanden. So konnten die Kollegen aus Schkopau auf Grund einer Einladung TE-Meßgeräte präsentieren, TE-Messungen an Generatoren und Transformatoren in einem Wasserkraftwerk in Österreich vornehmen und die Möglichkeiten einer computergestützten Auswertung der Meßwerte aufzeigen (Bild 42) [11].

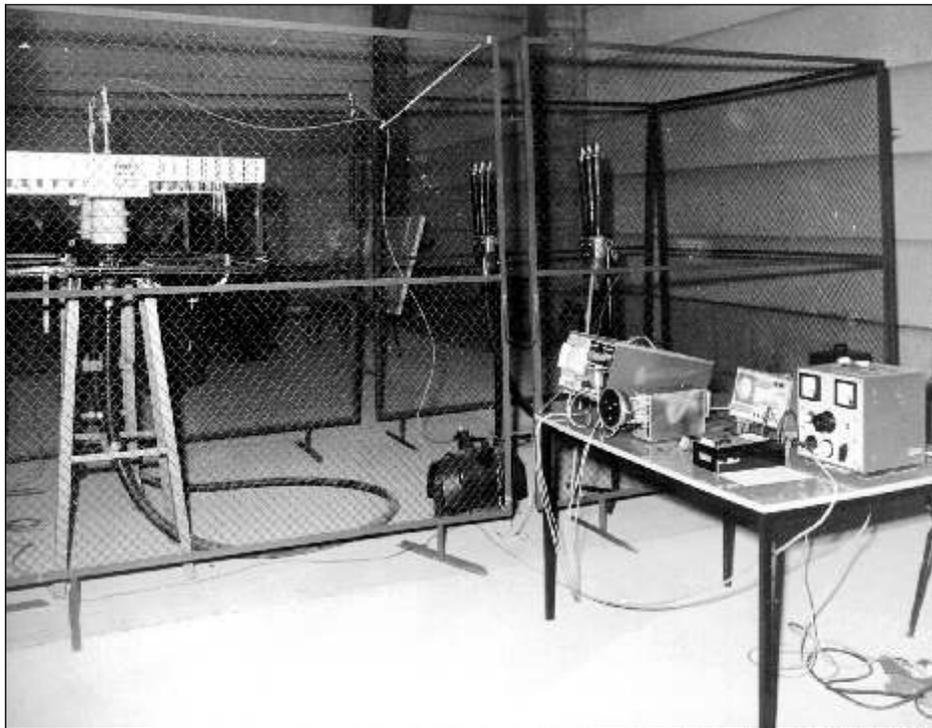


Bild 39 Vorstellung mit praktischer Vorführung der allerersten Meßtechnik zur Erfassung der elektromagnetischen Wellen, die von den Teilentladungen an der isolationsgeschwächten Stelle, der TE-Quelle, ausgehen und mit der man diese Signale durch das Gitter hindurch messen kann. Für die Vorführung wurden Kabelendverschlüsse so präpariert, daß TE entstehen konnte. Vorgeführt auf der 1. Diagnosesatung im Oktober 1983 im Buna-Werk Schkopau.



Bild 40 Erstes in Gemeinschaftsarbeit des Buna-Werkes Schkopau (im Bild Dipl.- Ing. H.-D. KNOTHE, Buna-Werk Schkopau) und der Technischen Universität Dresden (Prof. Dr. LEMKE) entwickeltes und gefertigtes elektromagnetisches Teilentladungsmessgerät im praktischen Einsatz in einer 30 kV-Schaltanlage im Buna-Werk Schkopau



Bild 41 TE-Meßtechnik (Ultraschallsonde "Buna-Schkopau" mit hoher TE-Richtempfindlichkeit, links und elektromagnetische "Lemke-Sonde" mit hoher TE-Empfindlichkeit, rechts) bei Diagnosemessungen in einer 30kV-Schaltanlage im Buna-Werk Schkopau 1992 im Einsatz (im Bild Prüffeld-Meister WOLTER (rechts) und Prüffeldmechaniker ECKARD aus der Elektrohauptwerkstatt)



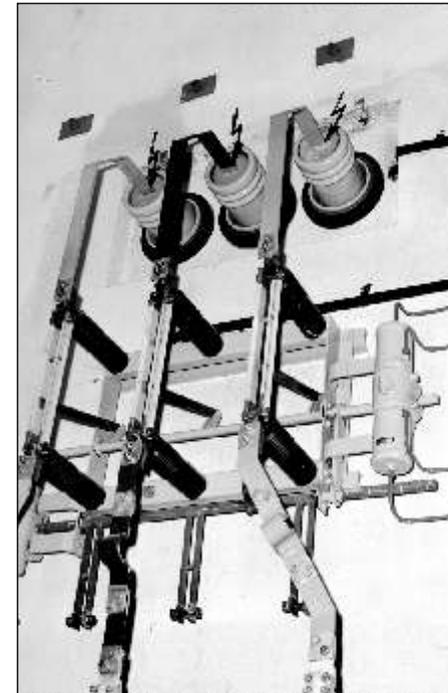
Bild 42 Teilentladungsmessungen an Transformatoren und Generatoren im Wasserkraftwerk Losenstein in Österreich

Einladungen zu Messungen bei der Eisenbahn in England und in Oasen in Ägypten konnten nicht wahrgenommen werden.

Ist die eingesetzte Diagnosetechnik empfindlich genug und hatten wir mit geeigneten Methoden und einer Vielzahl von Messungen genügend Erfahrungen gesammelt, so gelang es uns, z.B. von der Hauptschaltanlage I18 aus, über die vorhandenen Hochspannungs-Verbindungskabel, sogar den Zustand der

Isolation von in entfernten Unterstationen eingesetzten Betriebsmitteln zu erkennen. So wurden z.B. nicht mehr ganz gefüllte Kabelendverschlüssen (Abwanderung der Kabelmasse) von der Hauptschaltanlage I 18 aus in den Kraftwerken A 65 und I 72 und nicht v o r s c h r i f t s m ä ß i g a u f g e b a u t e Wanddurchführungsisolatoren aus Porzellan in der Unterstation der Kläranlage ermittelt (Bild 43).

Auch hier bewährte sich die Nutzung beider Sondenarten und die Möglichkeiten der Computertechnik sowohl bei der Archivierung als auch bei der Auswertung und grafischen Darstellung der Diagnosewerte (Bilder 44, 45).



Daß Veränderungen in der Isolation sich über Jahre bei fehlender Diagnose unerkannt entwickeln und dann plötzlich zu Störungen führen, mußte wiederholt von Betreibern elektrischer Betriebsmitteln und Anlagen zur Kenntnis genommen werden.

Uns war es aber auch möglich, mit Hilfe der Diagnosemessungen ungenügende bzw. falsche Maßnahmen, die nach vorangegangenen Störungen eingeleitet wurden, zu erkennen und durch geeignete Maßnahmen zu ersetzen.

Nach Störungen an elektrischen Einrichtungen im Buna-Werk Schkopau, im PCK Schwedt, im Chemiefaserwerk Guben und im Gaskombinat Schwarze Pumpe konnten die "Diagnostiker" aus Schkopau mit ihrer Meßtechnik und ihren Erfahrungen die Ursachen großer Störungen aufzeigen (Bilder 46, 47).

Bild 43 Mit TE-Messungen wurden von der Hauptschaltanlage I 18 aus in einer ca. 1 km entfernten über Hochspannungskabel angeschlossenen Unterstation nach deren Inbetriebnahme Qualitätsmängel festgestellt.

Der Anlagenerrichter hatte die aus Metall bestehenden Zentrierteller (Pfeile) mit der jeweiligen Stromschiene nicht elektrisch

Z.B. hatte man als Maßnahme nach einer Störung in Schwedt die Sammelschienen innerhalb der Wanddurchführungsisolatoren mit einer zusätzlichen Isolierung versehen (Epoxidharz-umhüllung, Pfeil im Bild 48) und führte die Zentrierteller statt aus Metall aus Isolierstoff aus. Beide Maßnahmen bewährten sich nicht. Bei einer Störung 1988 (13 Jahre

Kollegen aus Schkopau nach TE-Messungen als nicht effektiv festgestellt. Die zusätzliche Isolation wurde wieder entfernt und die Bunaempfehlung (Brechung bzw. -Rundung der Kanten der Sammelschienen, Legen der Zentrierteller aus Metall auf Schienenpotential) verwirklicht.
Solche Diagnosemessungen konnte man zu dieser Zeit nur im Buna-Werk Schkopau mit der hier vorhandenen Technik und den mit ihr gesammelten Erfahrungen vornehmen.

Die VDE-Tagung 1992 in Würzburg, auf der wir mit vier Beiträgen vertreten waren, ließ erkennen, daß nur das Buna-Werk Schkopau innerhalb Deutschlands solche Messungen in

diesem Umfang in Hochspannungsanlagen durchführte.

Dies veranlaßte z.B. Prof. FESER von der TU Stuttgart [4], uns dazu aufzufordern, die Arbeit auf diesem Gebiet und die Tagungsreihe "Technische Diagnostik" unbedingt fortzusetzen.

Aber auch die Hersteller elektrischer Betriebsmittel nutzten die mit Diagnosemessungen der Kollegen aus Schkopau gesammelten Erkenntnisse, um ihre Produkte in der Qualität zu verbessern oder den durch diese Messungen erkannten Beanspruchungen in der Praxis anzupassen, wie dies als Beispiel im nächsten Abschnitt erläutert wird (Bilder 49, 50).

Aufgeschlossene und zukunftsorientierte

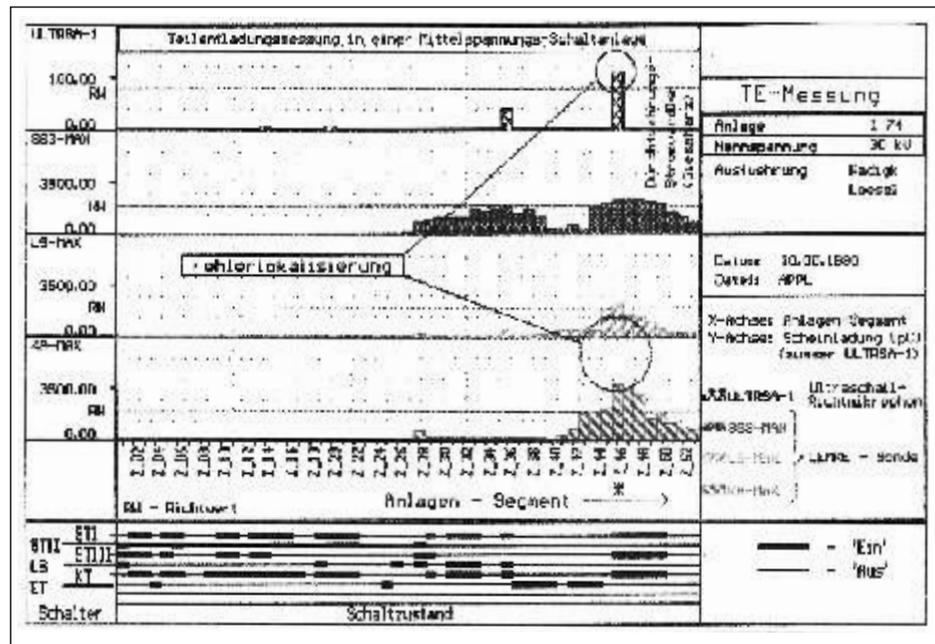


Bild 44 Computergestützte Auswertung: hier das TE-Abbild der 30 kV-Schaltanlage I 74 mit je 26 Zellen in mehreren Etagen unter Berücksichtigung des Schaltzustandes in den einzelnen Zellen. Die Fehlerlokalisierung erfolgte zuerst mit der empfindlichen elektromagnetischen Sonde. Das betroffene Bauelement - ein Durchführungsstromwandler - wurde dann mit der richtempfindlichen Ultraschallsonde ermittelt



Bild 45 Defekter Stromwandler, der bei den Messungen gemäß Bild 44 als stark TE-behaftet ermittelt wurde und der bei der Prüfung mit der vorgeschriebenen Prüfspannung explodierte



Bild 46 Aluminiumnitratablagerungen auf den Aluminium-Sammelschienen einer 30 kV-Durchführung infolge ungünstigen Aufbaus des elektrischen Feldes (stark inhomogen); dies führte wiederholt zu großen Störungen in Schaltanlagen (Buna-Werk Schkopau, PCK Schwedt, Chemiefaserwerk Guben; Kombinat "Schwarze Pumpe"). Ermittelt mit TE-Messungen der Schkopauer Spezialisten. Abhilfe schuf die vom Buna-Werk Schkopau empfohlene Brechung der Sammelschienenkanten im Bereich der Durchführung.



Bild 47
Besonders starke Ablagerungen an Sammelschienen nach Bild 46

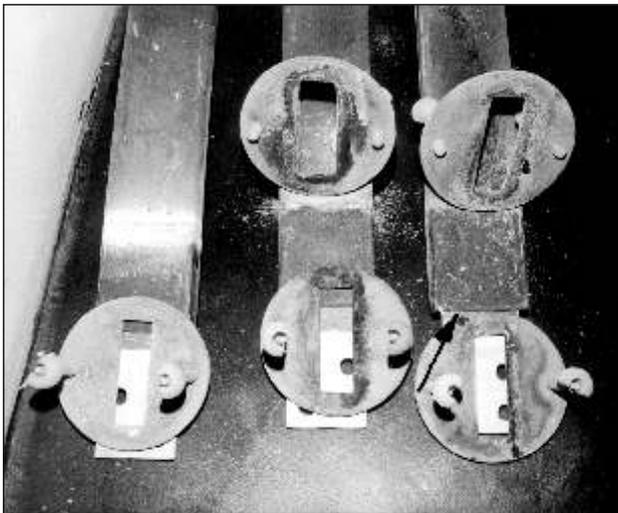


Bild 48
Beginnende Zerstörungen der Zentrierteller aus Isolierstoff von Durchführungsisolatoren durch Teilentladungen mit gleichen Ursachen wie im Bild 47. Das Bild zeigt (Pfeil) die zusätzlich auf die Sammelschienen angebrachte Isolierung, die die Ursache für die TE noch verstärkte (!) anstatt reduzierte.



Bild 49 Meßtechnischer Aufbau zur Untersuchung eines Ofentransformators auf seine Eigenfrequenzen und mögliche Resonanzüberspannungen im Prüffeld des Herstellers. Ansicht des Haupttransformators mit der benutzten Meßtechnik. Den eingesetzten Transientenrecorder hatte das Buna-Werk Schkopau dem Hersteller ausgeliehen

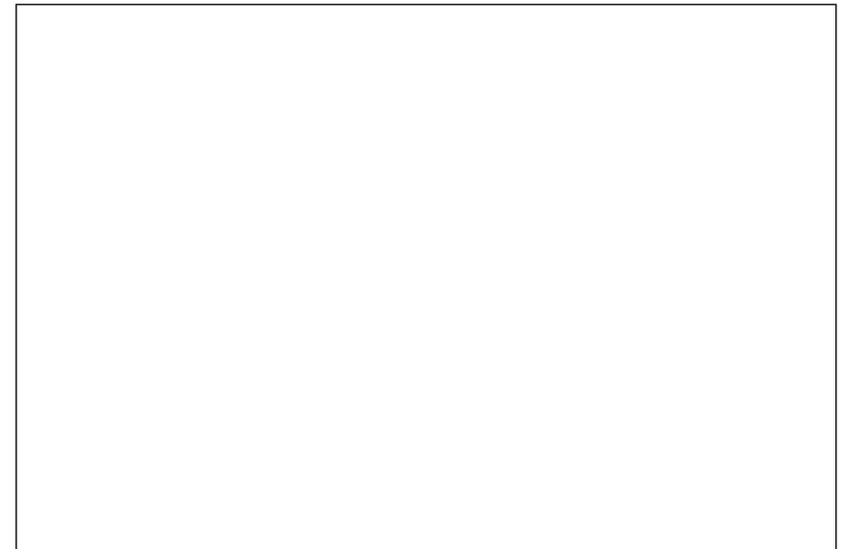


Bild 50 Ansicht von Messungen nach Bild 49 mit Regeltransformator (Vordergrund), Kabeltrommeln (Induktivitäten zur Verstimmung des Schwingkreises: Transformator, Kabel) und Haupttransformator (Hintergrund)

Diagnose an elektrischen Netzen

Die zustandsabhängige Instandhaltung einzelner elektrischer Betriebsmittel und die dabei gesammelten Erfahrungen über deren Beanspruchung während des Betriebes in elektrischen Netzen verlangen letztlich, auch netztechnische Vorgänge, z.B. Schaltvorgänge in Teilnetzen, mit ihren möglichen negativen Auswirkungen auf die Isolation der Betriebsmittel zu untersuchen.

So konnten an Transformatoren durch Netzvorgänge hervorgerufene Spuren elektrischer Entladungen, die mit Hilfe der

Schadgasanalyse des Isolieröles ermittelt wurden, durch Untersuchungen des Schaltverhaltens von Leistungsschaltern im 110 kV-Netz aufgeklärt werden (Bilder 51 bis 54).

Diese Messungen waren so interessant, daß sich auch der Hersteller ABB daran beteiligte. Er stellte dem Buna-Werk Schkopau dafür einen 110 kV-Leistungsschalter mit einem anderen Löschverhalten (SF6) des Schaltlichtbogens zur Verfügung. Dieser wurde mit dem vorhandenen Schalter in Reihe geschaltet. Für diese Versuche mußte dieser Schalter im Gang der 110 kV-Innenraumschaltanlage I 16 im Buna-Werk Schkopau aufgestellt werden (Bilder 55, 56).

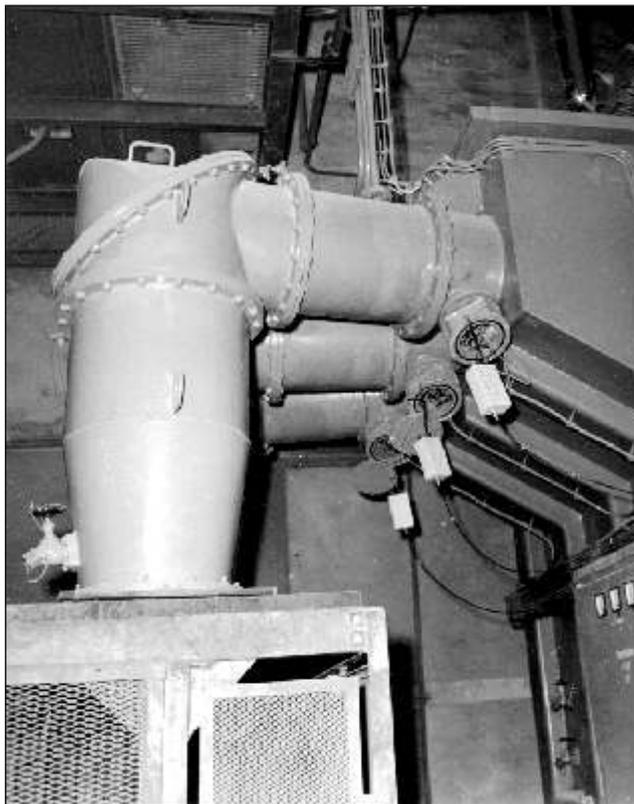


Bild 51
Kapazitive Meßanschlüsse an den 110 kV-Anschlüssen eines Ofentransformators, um gefahrlos messen zu können



Bild 52 Kapazitive Meßanschlüsse an den 12 Zwischenkreisverbindungen zwischen dem Haupttransformator und dem Regeltransformator eines Ofentransformatorenaggregates

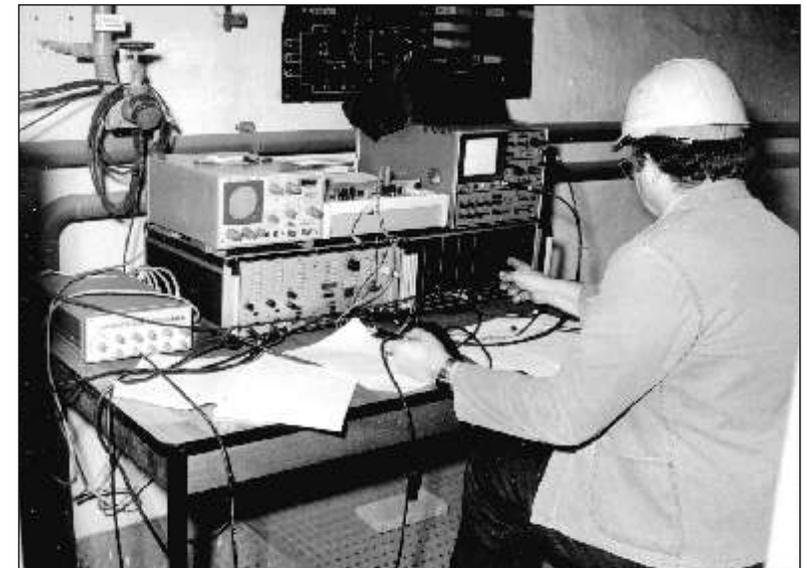


Bild 53 Meßtechnik für Schaltversuche aufgestellt im Raum des Ofentransformatorenaggregates gem. Bilder 51 und 52 (im Bild Dipl.- Ing. SCHÄFER, ABB)

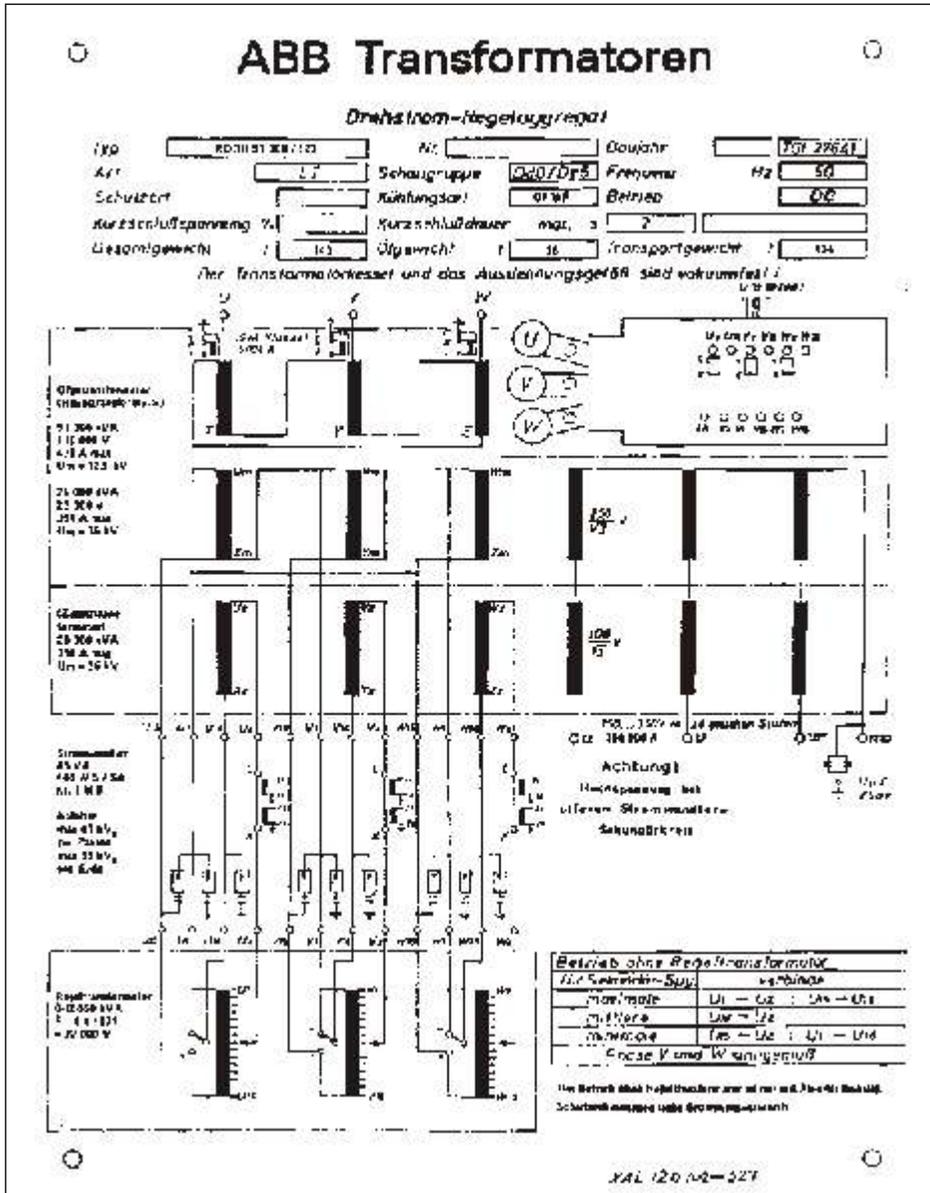


Bild 54 Schaltbild eines 91 000 kVA-Ofentransformatoren-Aggregates für eine Netzspannung von 110 kV, einer regelbaren Sekundärspannung zwischen 150.....350 V bei einem Sekundär- d.h. Ofenstrom von 150 kA, wie es bei den Netzversuchen im Buna-Werk Schkopau zum Einsatz kam



Bild 55 110 kV-Druckluft-Leistungsschalter (Originalzustand) in der 110 kV-Schaltanlage I 16 zum Schalten von Ofentransformatoren, der durch sein Lichtbogenlöschprinzip im Zusammenwirken mit den Netz- und Transformatorparametern beim Schalten Überspannungen anregte, die zu Überschlägen im Ofentransformator führten

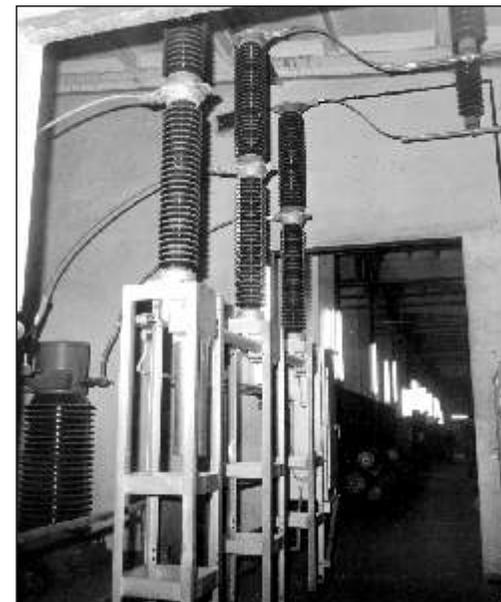


Bild 56 110 kV-SF6-Leistungsschalter mit einem anderen Löschrinzip des Schaltlichtbogens im Vergleich zum Schalter (Bild 55), der mit diesem für diese Netzuntersuchungen in Reihe geschaltet wurde

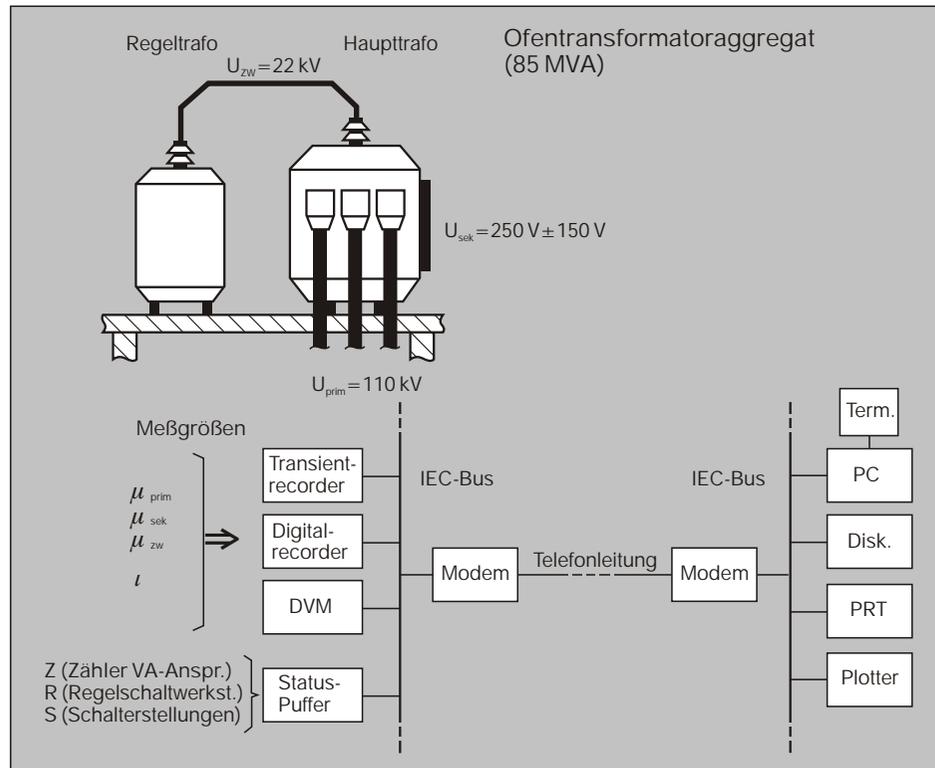


Bild 57 Automatisches Meßsystem zur Übertragung von Diagnosewerten vom Meßort (hier von einem Ofentransformator in der Carbidfabrik), zur Computerzentrale in der Elektrohauptwerkstatt A 85 über Telefonkabel

Daß man bei der Meßwerterfassung vollkommen neue Wege beschreiten kann, vermittelt Bild 57. So werden hier die Meßwerte vom Meßort am Ofentransformator mit einer Telefonleitung zur Computerzentrale in der Elektrohauptwerkstatt automatisch übertragen und dort für die Auswertung gespeichert. Es müssen sich also keine Personen mehr am Meßort aufhalten, wie dies noch Bild 53 zeigt. Aus diesen Ergebnissen konnten das Buna-Werk Schkopau und der Hersteller der Transformatoren nutzbringende Schlüsse ziehen, um den Transformator und das elektrische Netz sicherer zu betreiben.

Hier wurde auf eindrucksvolle Weise das bereits erwähnte notwendige gemeinsame Herangehen an die Lösung technischer Probleme demonstriert, zumal es dem Hersteller Aufwendungen über das bisher übliche Maß hinaus abverlangte. So sah sich der Hersteller von Ofentransformatoren letztlich sogar veranlaßt, in seinem Prüffeld die Eigenfrequenzen eines solchen Ofentransformators zu ermitteln, um deren Überspannungsverhalten bei Schaltvorgängen im Netz zu erkennen. Da ihm z.T. die dafür notwendige spezielle Meßtechnik (z.B. Transientenrecorder) fehlte, ließ das Buna-Werk

Abschließende Bemerkungen

Schkopau ihm diese aus (Bild 49). Diese Beispiele zeigen, daß mit Hilfe geeigneter Meßtechnik, mit speziellen Diagnosemethoden, mit der Computertechnik und mit dem Erfahrungsschatz aufgeschlossener und kreativer Mitarbeiter der Zustand elektrischer Betriebsmittel nicht nur an ausgebauten Objekten im Labor bzw. im Prüffeld sondern auch vor Ort, während des Betriebes bei anliegender Betriebsspannung, gefahrlos ermittelbar ist. Damit dient die Technische Diagnostik auch der Werterhaltung und der Verlängerung der Lebensdauer technischer Einrichtungen und bringt so einen Beitrag zur Umweltentlastung im Sinne der im Bild 1 dargestellten Zusammenhänge.

Pflege, Wartung und zielgerichtete Instandsetzung mit Modernisierungseffekt bis hin zur Mehrfachnutzung gewinnen sicher

Gesellschaftliche Ziele:

- **Reduktion der Risiken für die Umwelt durch frühzeitiges Erkennen von sich entwickelnden Fehlern**
- **Technische Informationen durch bewußtes Handeln (keine negativen Schlagzeilen in der Presse)**
- **Erhöhung der Sicherheit für das Betriebspersonal**
- **Geringerer Streß für das Personal**
- **Schonung der natürlichen Ressourcen durch längere Nutzung der Betriebsmittel**

Wirtschaftliche Ziele:

- **Adaptive Wartung führt zur Reduktion der Betriebskosten**
- **Reduktion des Betriebspersonals**
- **Betriebsunterbrechungen für Wartungsarbeiten besser planbar, mit dem Ziel geringerer Ausfallkosten**

- **Planung von Ersatzinvestitionen auf der Basis des Zustandes der Betriebsmittel bei abschätzbarer Restlebensdauer**

Technische Ziele:

- **Optimierung der Betriebsmittel und des gesamten Systems durch bessere Kenntnis der Belastung im Betrieb**
- **Erfassung von sporadischem Fehlverhalten durch kontinuierliche Diagnostik**
- **Quantitative Informationen über die Entwicklung und das Verhalten bestimmter Meßgrößen, z.B. TE, Gas im Öl**

wieder mehr an Bedeutung. Somit lassen sich folgende Ziele der Technischen Diagnostik in die Praxis umsetzen: Diese Erkenntnisse mit den für den Bereich der Elektrotechnik gegebenen Möglichkeiten vermittelten die Kollegen aus Schkopau im Rahmen von Praktika an Studenten (Bild 58) und mit Vorlesungen an Hochschulen weiter.

Aus dieser Überzeugung widmete sich der Autor auch nach seinem Ausscheiden aus dem aktiven Berufsleben noch immer den Fragen der Technischen Diagnostik. Er nutzte dazu nicht nur die Möglichkeiten Vorträge zu halten, sondern organisierte noch immer die bereits erwähnte Tagungsreihe "Technische Diagnostik an elektrischen Betriebsmittel und Anlagen", wie er dies mit der 6. Tagung 1994 und der 7.



Bild 58 Praxisverbundenes Wissen zur Technischen Diagnostik vermittelt im Rahmen von Praktika an Studenten der FH Leipzig im Buna-Werk Schkopau (im Bild Dipl.- Ing. RADIGK, Buna-Werk Schkopau, als Vortragender)



Bild 59 Gedankenaustausch bei der 6. Diagnosetagung 1994 an der Fachhochschule Merseburg (v.r.n.l. Prof. KRUG, Fachhochschule Merseburg; Prof. LEMKE, Lemke Diagnostics GmbH; der Autor)

Tagung 1996 an der FH Merseburg zum Ausdruck brachte.

PS: Für meine ehemaligen Mitarbeiter und auch für mich ist es auch nach so vielen Jahren ein Zeichen der Anerkennung all dieser Arbeiten, wenn im Januar 1998 der Vertreter eines Unternehmens in der Schweiz bei mir wegen der Erfahrungen mit TE-Messungen für einen konkreten Fall anfragt und mit der gegebenen Auskunft ein Problem lösen kann. Darum nutze ich an dieser Stelle gerne die Möglichkeit, meinen ehemaligen Kollegen, Mitarbeitern und Freunden zu danken.

Für die Aufgeschlossenheit bei der Entwicklung von Geräten und von Methoden der Technischen Diagnostik und deren Erprobung bedanke ich mich besonders bei den Herren:

- Dipl.-Ing. H.-D. KNOTHE (Geräteentwicklung, Fertigung, Erprobung),
- Dr.-Ing. J. GÄRTNER (Softwareentwicklung)
- Dipl.-Ing. J. VOGLER (Transformatorendia-

gnose, Isolieröluntersuchungen),
Dipl.-Ing. T. RADIGK (Messungen in Schaltanlagen).

Vergessen werden sollen auch nicht die Mitarbeiter des Prüffeldes und der Mechanik der Elektrohauptwerkstatt, die mit eigenen Gedanken diese Arbeiten unterstützten.

Gedankt sei aber auch Herrn Prof. E. LEMKE (damals Technische Universität Dresden) und Herrn Prof. TARABA (Technische Universität Prag), die beide mit Ideen und unmittelbarer

Literaturverzeichnis

- [1] SCHMIDHAINY, St. Kurswechsel; Artemis & Winkler Verlag, München, 1992
- [2] Worldwatch Institute Report: Zur Lage der Welt - 1992; Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt/Main, 1992
- [3] MEADOWS, D. u. D. Die neuen Grenzen des Wachstums; Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1993
- [4] FESER, K. Diagnostik für Isoliertechnik der elektrischen Energietechnik: Entwicklungstendenzen; Vorträge der ETG-Fachtagung "Isoliertechnik der elektrischen Energietechnik - Lebensdauer, Diagnostik und Entwicklungstendenzen"; ETG-Fachbericht 40, S. 143-154, VDE-Verlag Berlin-Offenbach, 1992
- [5] VON WEIZSÄCKER, E.U. Erdpolitik; Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1994
- [6] BEITZ, W. Ein ökologisch und ökonomisch leistungsfähiges Recycling beginnt bei der Produktgestaltung; VDI-Nachrichten-Magazin/Sonderheft, 5. Februar 1993, VDI-Verlag, Düsseldorf
- [7] MAUS, O. Möglichkeiten der zustandsabhängigen Instandhaltung im Bereich der elektrischen Betriebsmittel auf der Basis der technischen Diagnostik - ein Beitrag zur Umweltentlastung; ETG-Fachbericht 40, S. 99-104, VDE-Verlag Berlin-Offenbach, 1992
- [8] MAUS, O. "SAMT" Software/Anlagendiagnose/Motoren- u. Generatordiagnose/Transformatordiagnose, Ausarbeitung für die Teilnahme am Innovationswettbewerb der deutschen Wirtschaft 1991; Auszeichnung mit einer Urkunde des Bundesministers für Forschung und Technologie, Schkopau, 1991
- [9] GÄRTNER, J. Nutzung der Rechentechnik zur Unterstützung und Erfassung, Archivierung und Bewertung von Diagnosedaten; ETG-Fachbericht 40, S. 161-166, VDE-Verlag Berlin-Offenbach, 1992
- [10] VOGLER, J. Die Anwendung der Isolierölgasanalyse zur Überwachung der Betriebszuverlässigkeit bei Transformatoren - auch ein wirtschaftlicher Aspekt; ETG-Fachbericht 40, S. 219-223, VDE-Verlag Berlin-Offenbach, 1992
- [11] KNOTHE, D. Teilentladungsmessungen in Mittelspannungs-Anlagen mit der Ultraschall- und der elektromagnetischen Sonde; Unveröffentlichte Ausarbeitung von Herrn KNOTHE, Dipl.-Ing. im Buna-Werk Schkopau, der die Entwicklung der TE-Meßtechnik in Zusammenarbeit mit Prof. Lemke, TU Dresden, mit der Fertigung dieser Geräte und deren Erprobung in Buna-Werk Schkopau und außerhalb wesentlich beeinflusste, Schkopau, 1992
- [12] RADIGK, T. Teilentladungs-Diagnostik an Hochspannungsausrüstungen; ETG-Fachbericht 40, S. 225-230; VDE-Verlag Berlin-Offenbach, 1992

Autorenvorstellung



Otfried Maus

geboren 1929 in Grünberg / Hessen

- 1943 bis 1945 Lehre als Metallflugzeugbauer
- 1945 bis 1946 Beendigung der Lehre als Blechschlosser
- 1946 bis 1947 Tätigkeit als Blechschlosser
- 1947 bis 1949 Tätigkeit bei der Deutschen Post
- 1949 bis 1952 Abitur an der ABF, Jena
- 1952 bis 1957 Direktstudium an der Fakultät Elektrotechnik der Technischen Universität, Dresden
Dipl.- Ing. für "Elektrische Maschinen und elektromotorische Antriebe"
Diplomarbeit "Meßtechnische Untersuchung eines Asynchronmotors mit Keilstäben bei defekter Läuferwicklung"

Tätigkeit in den Chemischen Werken Buna Schkopau / Buna AG

- 1957 bis 1958 Betriebsassistent in der Elektrohauptwerkstatt
- 1958 bis 1960 Leiter des Prüffeldes der Elektrohauptwerkstatt
- 1960 bis 1966 Leiter der Elektrohauptwerkstatt
- 1966 Ernennung zum Obergeringieur
- 1966 bis 1970 Hauptelektriker
- 1971 bis 1990 Leiter der Abteilung Elektrotechnik
- 1990 bis 1992 Leiter der Hauptabteilung Elektrotechnik
- 30.06.1992 Beendigung der Berufstätigkeit im Buna-Werk Schkopau

TRANSFORMATOREN UND TRANSFORMATORENWERKSTATT IM BUNA-WERK SCHKOPAU

von Jürgen Vogler

Einleitung

Die Transformatoren im Buna-Werk Schkopau sind wichtige Bindeglieder zwischen den elektrischen Netzen verschiedener Spannungsebenen, an den Verbraucherschwerpunkten der Produktion sowie in den Kraftwerken, im Wasserwerk, den Rückkühlwerken sowie in den Energieversorgungs-, Eigenbedarfs- und Maschennetzanlagen. Ihr störungsfreier Betrieb bildet eine wesentliche Voraussetzung für einen kontinuierlichen Produktionsablauf.

Mit dem Aufbau des Werkes kamen auch die ersten Transformatoren. Im Kraftwerk A 65 waren es in den Jahren 1937/1938 die ersten 30 MVA-Maschinentransformatoren, in der Calciumcarbidfabrik I 21 in den Jahren 1938/1939 die ersten 36 MVA-Ofentransformatoren der Firma Siemens.

In die Chloralkalielektrolyse H 56 kamen in den Jahren 1938 bis 1941 die ersten BBC-Gleichrichtertransformatoren, denen weitere in der Zeit von 1942 bis 1951 in I 54 folgten. Diese Gleichrichtertransformatoren speisten zunächst Quecksilberdampf-Gleichrichter.

In der zweiten Calciumcarbidfabrik G22 wurden in der Zeit von 1941 bis 1945 bereits 40 MVA-Ofentransformatoren der Firma Siemens eingesetzt.

Bei den Gleichrichtertransformatoren der Chloralkalielektrolyse und den Ofentransformatoren der Calciumcarbidfabrik handelte es sich um Spezialtransformatoren, die im praktischen Betrieb besonderen elektrischen, thermischen und dynamischen Beanspruchungen ausgesetzt waren. Hinzu kam - technologisch bedingt - eine hohe Schalthäufigkeit sowohl der Stufenschalter als auch der vorgeordneten Hochspannungs-Leistungsschalter.

In der weiteren Entwicklung zu höheren Produktionsergebnissen in der Chloralkalielektrolyse durch die Inbetriebnahme zusätzlicher Elektrolysezellen und deren systematischer Weiterentwicklung [1] stieg der

Leistungsbedarf, so daß der Einsatz neuer Transformatoren erforderlich wurde. Im Jahre 1962 kam der erste Silizium-Gleichrichter nach H 56 mit einem modernen 14 MVA-Gleichrichtertransformator der Firma AEG mit integrierten Transduktordrosseln. Im Jahre 1964 wurde die dritte Chloralkalielektrolyse in L 66 mit drei 14 MVA-Gleichrichtertransformatoren der Firma Siemens in Betrieb genommen. Diese neue Anlage arbeitete ebenfalls mit modernen Silizium-Gleichrichtern. Im Bereich der Calciumcarbidproduktion kam es ebenfalls zu einer kontinuierlichen Produktionssteigerung durch Optimierung der Elektrodenabmessungen und -abstände sowie durch die Weiterentwicklung der Calciumcarbidöfen selbst [2]. Hierdurch wurden ständig höhere Ofenströme erforderlich, so daß die Entwicklung neuer Ofentransformatoren im VEB Transformatoren- und Röntgenwerk Dresden aufgenommen wurde. In der Zeit von 1952 bis 1955 wurden jeweils drei 17,6 MVA-Einphasen-Ofentransformatoren an den Öfen 1, 2, 7 und 8 eingesetzt.

Die freiwerdenden 36 MVA- und 40 MVA-Ofentransformatoren wurden jeweils als Paralleltransformator an den Öfen 3, 4, 5 und 6 eingesetzt. Sowohl der Einsatz der drei Einphasen-Ofentransformatoren als auch der Parallelbetrieb von jeweils zwei 36 MVA- bzw. zwei 40 MVA-Ofentransformatoren erforderte komplizierte Anschlußkonstruktionen (Spinne genannt) an die Calciumcarbidöfen (Bild 1).

Das zweite Kraftwerk I 72 wurde in der Zeit von 1940 bis 1944 gebaut. Die in den Kraftwerken erzeugte Eigenleistung wurde von den Generatoren über die Maschinentransformatoren in die 30 kV-Netze gespeist. Der Fremdleistungsbezug erfolgte vom 110 kV-Netz über 60 MVA-Netztransformatoren, von denen zunächst zwei in A 71 und vier in I 18 aufgestellt waren.



Bild 1
Zusammenschaltung von drei
Einphasentransformatoren

Die in I 18 im Freien aufgestellten 60 MVA-Netztransformatoren der Firma AEG waren mit Radiatoren ausgerüstet, die durch Lüfter beblasen wurden. Der durch die beiden Calciumcarbidfabriken hervorgerufene hohe Verschmutzungsgrad führte nach dem Auftreten mehrerer Transformatorenausfälle zu der Entscheidung, neue 63 MVA-Netztransformatoren mit Öl-Wasser-Kühlung in die 110 kV - Innenraum-schaltanlage zu integrieren.

Im Rahmen der weiteren Entwicklung des Werkes folgten zusätzliche 10, 16, 20, 25 und 31,5 MVA-Netztransformatoren, Maschinen-,

Eigenbedarfstransformatoren sowie Krafttransformatoren und der Aufbau des 6 kV-Maschennetzes mit zahlreichen 800 kVA-Maschennetztransformatoren.

Im Zeitraum von 1961 bis 1963 wurde die dritte Calciumcarbidfabrik L 17 gebaut. Die Calciumcarbidöfen wurden mit 60 MVA-Ofentransformatoren der Firmen Siemens und ELIN bestückt. Die Einspeisung dieser Transformatoren erfolgte nicht mehr aus dem 30 kV- sondern aus dem 110 kV-Netz. Die Weiterentwicklung der Calciumcarbidöfen erforderte immer höhere Ofenströme, so daß bereits 1969 an den Öfen 11 und 12 78,8 MVA-Ofentransformatoren der Firma ELIN zum

Zwischenkreisspannung von 10,5 kV auf 22 kV bis zuletzt, weil sich der nunmehr geringere Strom im Zwischenkreis günstig auf den Verschleißgrad der Lastumschalter auswirkte und die störanfälligen Stromteilerdrosseln entfallen konnten. Um jedoch der Ofenentwicklung und dem verbesserten Rohstoffeinsatz Rechnung zu tragen, wurde 1988 und 1990 jeweils ein 91 MVA-Ofentransformator beschafft. Diese neue Transformatorausführung ermöglichte durch die Vergrößerung der Außenschenkel der als Fünfschenkelkern ausgeführten Kernkonstruktion eine vollständige Auseinanderregelung der einzelnen Phasen. Bei den bisherigen Ausführungen der Ofentransformatoren durfte die Phasendifferenz 105 V nicht übersteigen.

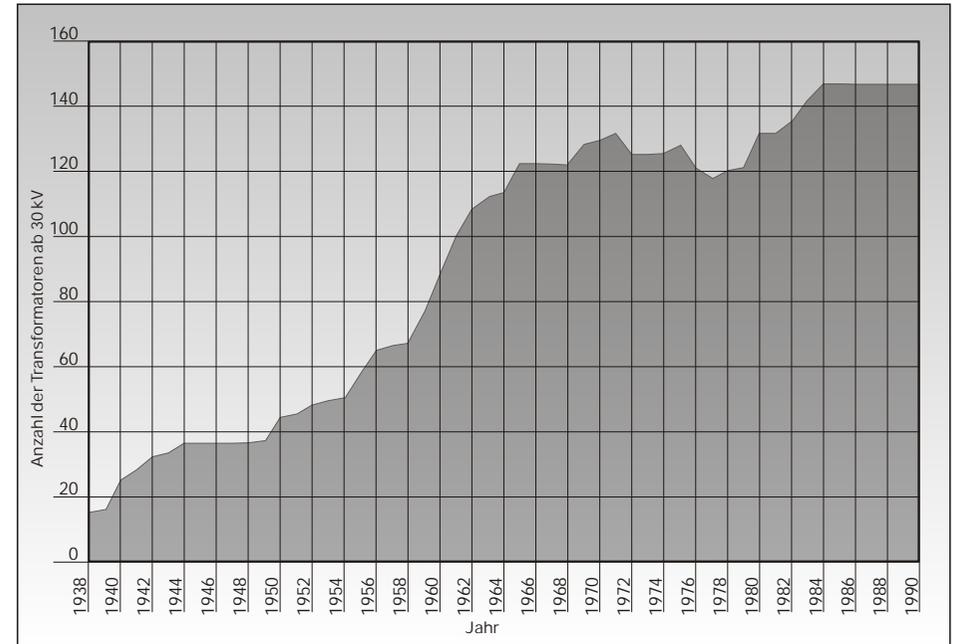
1977 bis 1979 erfolgte der Bau des Komplexvorhabens durch die Firma Uhde mit zahlreichen Kraft- und Eigenbedarfstransformatoren sowie mit vier 31,5 MVA-Netztransformatoren der Firma Volta, drei 42,5 MVA-Gleichrichtertransformatoren von Trafo-Union und zwei 110 kV-Erdschlußspulen von Spezialelektra.

Bis zum Jahre 1990 betrug die Zahl der im Buna-Werk Schkopau vorhandenen Transformatoren 571 Stück (Tabelle 1). Die Zahl der Großtransformatoren mit einer Nennspannung ab 30 kV betrug 146 Stück (Grafik 1). Die in diese Transformatoren verfüllte Gesamtölmenge betrug annähernd 3000 t. Mit den Forderungen nach fachgerechter Durchführung von Demontage- und Montagearbeiten an den Transformatoren sowie die Instandsetzung ausgefallener Transformatoren begann die Entwicklung der Transformatorenwerkstatt zunächst im Bereich der Elektrohauptwerkstatt A 85. Hier reichte die vorhandene Krankapazität jedoch nicht aus, so daß andere Möglichkeiten gesucht werden

Großtransformatoren	
Ofentransformatoren	21
Regeltransformatoren	33
Netztransformatoren	52
Gleichrichtertransformatoren	19
Maschinentransformatoren	21
Summe	146
Andere Transformatoren	
Maschennetztransformatoren	128
Eigenbedarfstransformatoren	123
Krafttransformatoren	9
Abstichtransformatoren	13
Grafitierofentransformatoren	4
Erdschlußspulen	29
HochspannungsfILTERtransformatoren	92
Sonstige Transformatoren	27
Summe	425
Gesamtsumme	571
110 kV-Strom- u. Spannungswandler	183

Tabelle 1 Bis 1990 vorhandene Transformatoren und Wandler

mußten. Das Aufgabengebiet der Transformatorenwerkstatt erweiterte sich im Laufe der Jahre auf Grund der ständig zunehmenden Anzahl und der wachsenden Beanspruchungen sowie der erhöhten Forderungen nach hoher Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit. Es entwickelte sich eine moderne Isolierölmwirtschaft mit entsprechendem Isolieröllabor, Isolieröl-Tanklager und Isolierölaufbereitung. Mit der



Grafik 1 Entwicklung des Transformatorbestandes mit einer Nennspannung ab 30 kV

vorbeugenden Instandhaltung entstand 1976 auch die Transformatorndiagnostik, die sich ständig weiterentwickelte und zu einer wichtigen Voraussetzung für die zustandsabhängige Instandhaltung wurde.

Entwicklung der Transformatorenwerkstatt

Nach dem Auftreten der ersten Transformatorausfälle im Jahre 1945 ergab sich die Notwendigkeit einer schnellen Instandsetzung. Zunächst konnten die Aktivteile der Transformatoren bis zu einem Gesamtgewicht von 15 t in der Elektrohauptwerkstatt A 85 gezogen und demontiert werden. Der Transformatortransport erfolgte per Schiene zum sogenannten Karrenberggleis südlich von A 85 und von dort über zwei Drehscheiben nach A 85.

Schwerpunktmäßig handelte es sich um Schwenk-, Regel- und Haupttransformatoren aus der Chloralkalielektrolyse, die durch Wicklungsschäden ausgefallen waren. Die wirtschaftliche Lage in den ersten Nachkriegsjahren zwang zur Improvisation und zu Notlösungen. Da der für die Instandsetzung erforderliche Kupfer-Wickeldraht nicht zur Verfügung stand, mußte der alte Wickeldraht wieder aufgearbeitet werden. Zur Neuisolierung wurde eine Drahtumspinnmaschine aufgestellt, mit der bis 1958 Profildrähte neu isoliert wurden. Notwendige Vorrichtungen, Hilfseinrichtungen und sogar Wickelmaschinen mußten selbst entwickelt und gebaut werden. Das Instandsetzungspersonal mußte sich spezielle Kenntnisse und Fertigkeiten aneignen

und Erfahrungen sammeln. Hierbei wuchs die Qualifikation mit den gestellten Anforderungen.

Nachdem 1952 der erste 40 MVA-Ofentransformator in der Calciumcarbidfabrik ausfiel, mußten auf Grund der fehlenden Krankkapazität in der Elektrohauptwerkstatt A 85 neue Wege besprochen werden. Die Lösung bestand in der freien Transformatorzelle des ehemaligen 60 MVA-Netztransformators 161 in A 71. Die Transformatorzelle wurde mit einem alten starren 60 t-Kran ausgerüstet, der unter bestimmten Voraussetzungen bis zu 90 t belastet werden konnte. Diese Transformatorzelle befand sich direkt am Karrenberggleis, so daß der Transport der Reparaturobjekte ebenfalls per Schiene erfolgen konnte. Sie wurde bis 1965 als Transformatorwerkstatt genutzt (Bild 2).

Die Anforderungen an die Transformatorwerkstatt stiegen ständig. Deshalb wurde im Zeitraum von 1961 bis 1965 mit einem Kostenaufwand von etwa 1 Mio. Mark die Transformatorwerkstatt A 89 gebaut. Ausschlaggebend hierfür war, daß ein geeigneter 90 t-Brücken-kran im Werk vorhanden war, der nicht mehr benötigt wurde. Hieraus ergab sich aber auch, daß dieser Neubau nicht speziell als Transformatorwerkstatt konzipiert werden konnte, sondern an den vorhandenen Brückenkran angepaßt werden mußte.

Die Transformatorwerkstatt A 89 - ausgerüstet mit einem Gleisanschluß - wurde am 7.5.1965 mit der Anlieferung eines 17,6 MVA-Einphasen-Ofentransformators in Betrieb genommen (Bilder 3 und 4).

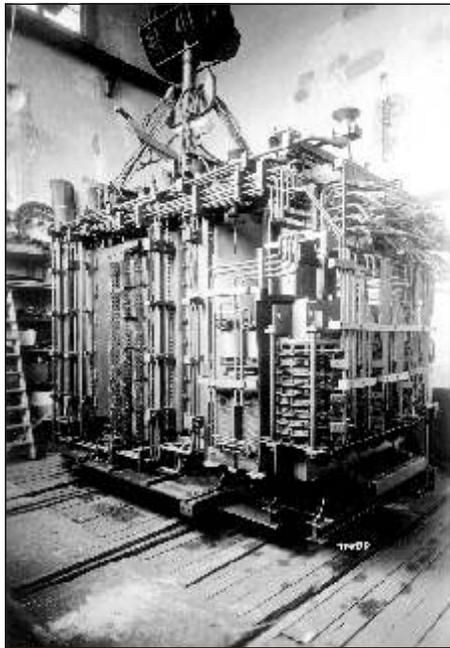


Bild 2 Provisorische Transformatorwerkstatt in A 71

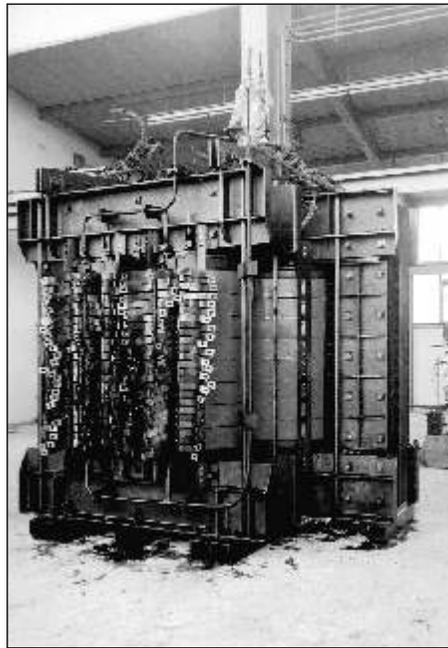


Bild 3 Erstes Reparaturobjekt in A 89 - ein Einphasen-Ofentransformator



Bild 4 Anlieferung eines Reparaturtransformators nach A 89 per Schiene

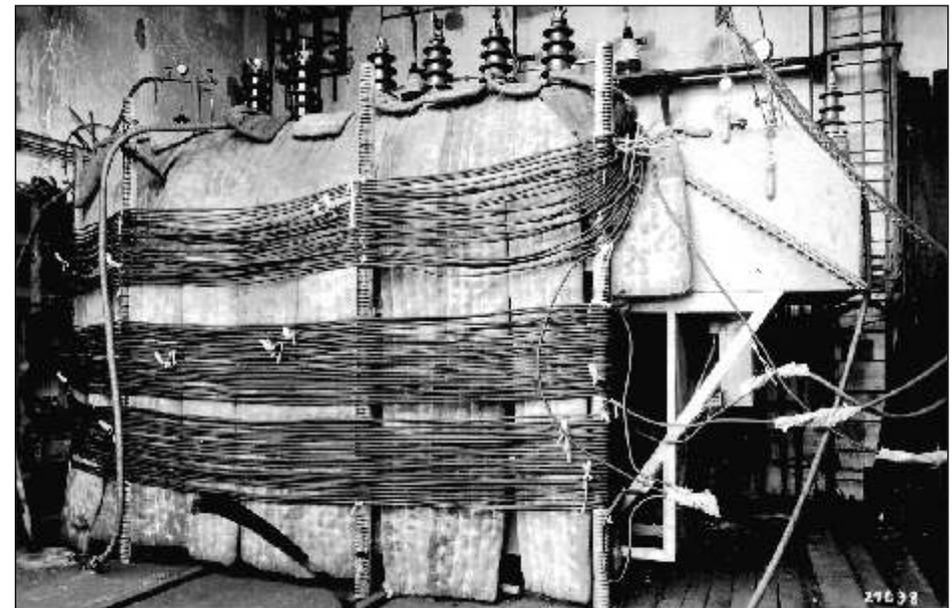


Bild 5 Induktionsheizung zur Trocknung von Transformatoren

isoliert waren, wurde die Wärme durch Strahlung an den Aktivteil abgegeben. Mit Hilfe von Heißluftventilatoren wurde zusätzlich erwärmte Luft in den Kessel eingeblasen, um die Wärmeübertragung durch Konvektion zu verstärken. In bestimmten Zeitabständen erfolgten entsprechende Vakuumphasen zur Abscheidung der von den Wicklungen abgegebenen Feuchtigkeit in einem Kondensator. Die Temperaturverteilung an den Kesselwänden sowie am Kern des Transformators wurden durch Thermoelemente erfaßt und aufgezeichnet. Die Wicklungstemperatur wurde durch Messung der Wicklungswiderstände und Ermittlung der Widerstandszunahme rechnerisch ermittelt. Ferner wurden das Vakuum, der Isolationswiderstandsverlauf und der Wasseranfall erfaßt und aufgezeichnet. Nach Erreichen bestimmter Trocknungskriterien, wie Wasseranfall je Zeiteinheit und Verlauf des

Isolationswiderstandes, wurde das Isolieröl mit der Ölaufbereitungsanlage aufbereitet und unter Vakuum in den Transformator eingefüllt. Im Zeitraum von 1953 bis 1968 wurden 49 Großtransformatoren mit der "Induktionsheizung" getrocknet. Nachteil dieser Trocknungsmethode war, daß zwischen Kesselwänden, Wicklungen und Kern zu große Temperaturdifferenzen auftraten, die zur Rostbildung an nicht zugänglichen Teilen des Aktivteils der so behandelten Transformatoren führte.

Zur Prüfung der Transformatoren nach erfolgter Instandsetzung diente eine 30 kV-Kabelverbindung von A 71 nach A 89. Hier konnte mit einem freigeschalteten Kraftwerksgenerator der Prüfling "hochgefahren" werden. Dabei wurden die erforderlichen Prüfdaten erfaßt. Im Jahre 1975 wurde eine neue modernere Prüfanlage in A 89 errichtet, mit der alle erforderlichen



Bild 6 Anbau der Kleinwicklei und des Prüffeldes

Prüfungen, zum größten Teil auch ohne Kraftwerksgenerator, durchgeführt werden konnten (Bild 6).

Für die Trocknung kleinerer Transformatoren bis 1600 kVA wurde ein dampfheizter Vakuum-Trockenofen aus der Elektrohauptwerkstatt A 85 nach A 89 umgesetzt.

Ebenfalls im Jahre 1975 wurde eine neue Kleinwicklei errichtet, in der Klein- und Steuertransformatoren, Schütz- und Relaispulen, Spezialtransformatoren und Wandler angefertigt und repariert wurden. Ferner wurden hier Magnetspulen für die Rutenschleifmaschinen sowie Magnetvibratoren für die Schwingförderanlagen der Calciumcarbidfabriken angefertigt und instandgesetzt. Ebenso wurden

Entwicklung der Isolierölwirtschaft

Das Lager für Isolieröl befand sich bis 1959 in A 53. Danach erfolgte eine provisorische Aufstellung der Lagertanks im Freien östlich von A 79, wo sich auch die Öltreinigung befand. Der Isolierölbedarf erhöhte sich mit der zunehmenden Zahl von Transformatoren. Deshalb wurden immer mehr provisorische Tanks aufgestellt.

An die Isolierölfüllung eines Transformators werden hohe Anforderungen in Bezug auf Reinheit, Restfeuchte, Gasaufnahme-fähigkeit, Durchschlagfestigkeit und Alterungsbeständigkeit gestellt. Deshalb muß das Isolieröl vor dem Einfüllen in einen Transformator bzw. bei Unterschreiten der zulässigen Kenndaten eines in Betrieb befindlichen Transformators mit Hilfe einer mobilen Ölaufbereitungsanlage behandelt werden. Mit derartigen Ölaufbereitungsanlagen wird das Öl gefiltert und entgast; in einem Vakuumsprühkessel wird dem Öl die Feuchtigkeit entzogen. Wie bereits bei der Anwendung der "Induktionsheizung" erwähnt wurde, stand von 1950 bis 1965 eine fahrbare Ölaufbereitungsanlage der Firma Hering zur Verfügung, die mit einem Vakuumsprühkessel, einem Separator und einer indirekten 50 kW-Heizung ausgerüstet war. Die Filtrierung erfolgte mit einer externen Kammerfilterpresse. Vakuum- und Ölförderpumpe befanden sich mit dem Motor auf einer gemeinsamen Welle. Diese Anlage hatte eine schlechte Heizleistung und einen geringen Trocknungseffekt. Ungünstig wirkte sich der Separator aus, weil die vorhandene Feuchtigkeit im Isolieröl fein verteilt und nicht entfernt wurde. Außerdem war der Separator sehr störanfällig, so daß dieser aus der Anlage entfernt wurde.

Die erhöhten Anforderungen an die Transformatorenwerkstatt erforderten auch eine grundlegende Veränderung der

Isolierölwirtschaft. So wurde 1964 die Isolierölwirtschaft in A 83 untergebracht (Bild 7) und 1966 eine neue Isolierölaufbereitungsanlage Typ 8.82 von der Firma Dreyer & Holland-Merten aus Sangerhausen gekauft. Diese Anlage hatte eine dreistufige Entgasungseinrichtung, war mit einer indirekten 75 kW-Heizung sowie mit einer Filtereinrichtung ausgestattet und verfügte über eine größere Durchflußleistung als die Hering-Anlage.

In A 83 wurde ein Isolieröllabor errichtet und eine zentrale Überwachung des Isolationszustandes der Isolierölfüllungen sämtlicher Transformatoren im Buna-Werk Schkopau aufgebaut. Veraltete Beurteilungskriterien, wie z.B. Aschegehalt, Teerzahl und Spratzprobe, wurden durch neue, aussagekräftigere ersetzt.

So wurde der Alterungszustand zunächst durch Messung des spezifischen elektrischen Volumenwiderstandes und wenig später durch Messung des dielektrischen Verlustfaktors charakterisiert. Der Wassergehalt des Isolieröles wurde in Zusammenarbeit mit dem Hauptlabor F 17 nach der Karl-FISCHER-Methode bestimmt. Es kamen neue Isolierölsorten auf den Markt, die durch Beimischung von Oxidationsstabilisatoren (Inhibitoren) ein besseres Alterungsverhalten aufwiesen. Es mußte in regelmäßigen Abständen der Inhibitorverbrauch überwacht werden. Auch hier wurde die Zusammenarbeit mit dem Hauptlabor F 17 erfolgreich genutzt. Mit Hilfe der IR-Spektroskopie konnte im Buna-Werk Schkopau Pionierarbeit bei der turnusmäßigen Betriebsöl-untersuchung geleistet werden.



Bild 7 Ölreinigung in A 83

Mit der ständig steigenden Zahl der Transformatoren erhöhte sich natürlich auch die zu betreuende Ölmenge, die in den Transformatoren elektrischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen ausgesetzt war. Die steigenden Anforderungen an die Transformatorenwerkstatt und die Isolierölwirtschaft machten auch die Lagerung immer größerer Ölmengen erforderlich. Der jährliche Neuölverbrauch war auf etwa 120 t angestiegen. Darüber hinaus mußte eine Havarie-Ölmenge für mindestens ein bis zwei der größten Transformatoren bereitgehalten werden. Dies entsprach einer Menge von nahezu 50t.

Aus umweltschutztechnischen Gründen konnte die Art der Isolieröllagerung mit den provisorisch aufgestellten Tanks nicht

weitergeführt werden. Es war ein zentrales Tanklager für die verschiedensten Ölsorten (Transformatoren-, Turbinen-, Hydraulik- und Verdichteröl) in G 122 geplant. Hier waren auch die Lagerkapazitäten für das Isolieröl vorgesehen. Da jedoch der Öltransport von G 122 nach A 89 und der Rücktransport des Altöles viel zu aufwendig geworden wäre und die Anforderungen an die Qualität des Neuöles ohnehin eine Zwischenlagerung in unmittelbarer Nähe der Transformatorenwerkstatt erforderlich gemacht hätten, wurde dem Bau des separaten Isolieröltanklagers A 87 zugestimmt. Dieses moderne Isolieröltanklager wurde 1975 fertiggestellt und in Betrieb genommen. Es verfügte über eine Lagerkapazität von 160 t, war mit einer ausreichend großen Tanktasse ausgerüstet. Das gelagerte Isolieröl wurde durch

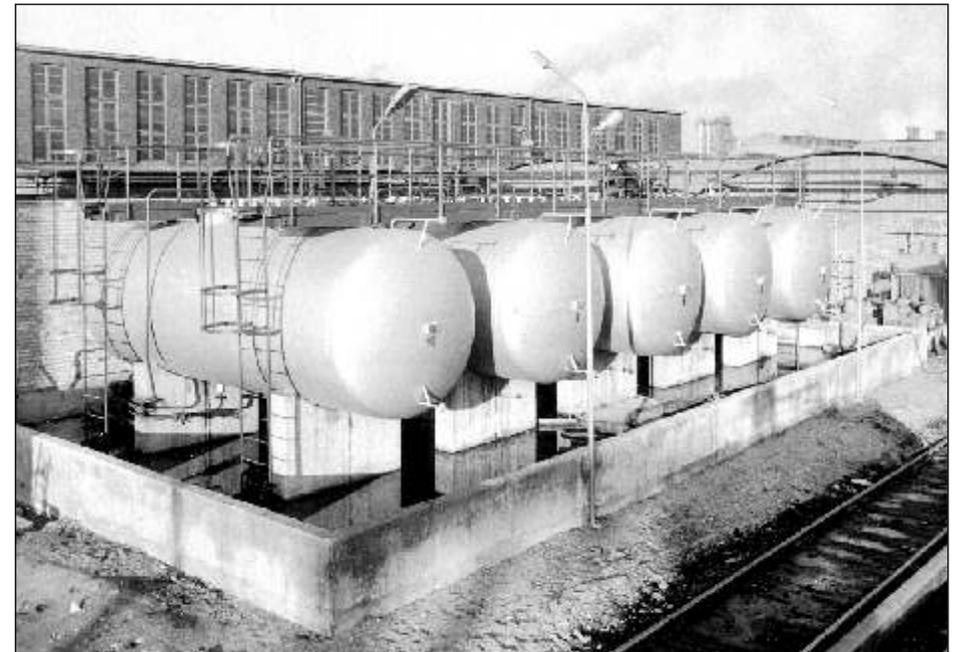


Bild 8 Neues und modernes Öltanklager A 87

Über viele Jahre wurde bei auftretenden Transformatorausfällen das im Buchholzrelais angesammelte Gas mit sogenannten Indikator-Flüssigkeiten (Palladiumchlorür- und Silbernitrat-Lösung) geprüft, um Hinweise auf die Art des Schadens zu erhalten und gleichzeitig entscheiden zu können, ob eine Wiederinbetriebnahme des betroffenen Transformators möglich war oder nicht. Dieses Verfahren hatte den Nachteil, daß keine quantitative Aussage zu den vorhandenen Gasen möglich war und nur Hinweise auf das Vorhandensein von Ethin und Kohlenmonoxid gegeben werden konnten. Größter Mangel war die zeitlich begrenzte Haltbarkeit dieser Indikator-Flüssigkeiten.

Aus diesem Grund wurden seit 1952 die im Buchholzrelais angesammelten Gase im Hauptlabor F 17 gaschromatografisch untersucht. Nach Vorliegen ausreichender Erfahrungen wurde im Jahre 1983 ein Fehlerbereich für innere Fehler bei Transformatoren ermittelt, der eine wichtige Entscheidungshilfe für die Vorgehensweise bei auftretenden Buchholzrelais-Anregungen war [3].

Die Bedeutung der Transformatoren für einen störungsfreien und kontinuierlichen Produktionsablauf machte die frühzeitige Erkennung von im Entstehen befindlichen Fehlern und die rechtzeitige Einleitung geeigneter Maßnahmen zur Fehlerfrüherkennung bzw. zur Verhinderung einer Schadensausweitung notwendig.

Mit der Fertigstellung des Isolieröltanklagers war auch ein Gebäude für die Isolierölwirtschaft entstanden, das bereits ein Isolieröllabor vorsah. Nunmehr wurde ein zusätzliches Gaslabor mit Gasextraktionseinrichtung und Gaschromatograf eingerichtet und in Betrieb genommen. Damit begann im Jahre 1976 die gasanalytische Transformatorendiagnostik.

Durch systematische und turnusmäßige Ölprobenentnahme und -untersuchung der im Isolieröl gelösten Gase konnten zahlreiche

Fehler an den im Betrieb befindlichen Netz-, Maschinen-, Gleichrichter- und Ofentransformatoren erkannt werden. Mit der Vermeidung spontaner Transformatorausfälle ließen sich gleichzeitig erhebliche Produktionsausfälle und überbetriebliche Folgeschäden verhindern.

Die Verwendung von Drengenburg-Lack, ein Gemisch aus Borax und Wasserglas, als Kernblechisolation in den Transformatoren bis zum Jahre 1962 führte dazu, daß sich bei einem erhöhten Wassergehalt im Isolieröl die Kernblechisolation ablöste und Zunderteilchen von den Kernblechen mitgerissen wurden. Die nun nicht mehr einwandfrei isolierten Kernbleche der betroffenen Transformatoren führten zu der Gefahr von Eisenbränden. Andererseits lagerte sich die abgelöste Kernblechisolation in Form von Schlamm auf Wicklungsableitungen, Wicklungen und anderen Teilen des Aktivteils ab. Da dieser Schlamm durch die mitgerissenen Zunderteilchen hochleitfähig war, bestand die Gefahr von Kriechüberschlägen. Im Buna-Werk Schkopau mußten 42 Transformatoren als eisenbrandgefährdet eingestuft werden [4].

Dies war der Anlaß, im Jahre 1969 eine neue leistungsfähige Isolierölaufbereitungs- und Regenerieranlage vom Typ HV2D der Firma MICALFIL/Schweiz anzuschaffen (Bild 9). Diese Anlage verfügte über zwei Entgasungskessel mit Raschigringfüllung, einer direkten 150 kW-Heizung, einer leistungsfähigen Vakuumfilterpresse und über zwei leistungsstarke Vakuumpumpsätze. Außerdem waren auf der Anlage zwei Fullerkessel und eine Nachinhibiereinrichtung installiert.

Mit dieser Anlage konnte eine Öldurchlaufleistung von 8000 l/h erreicht werden. Davon konnten 2800 l/h über die Entgasungseinrichtung und Vakuumfilterpresse geleitet werden. Zwei getrennte Ölkreisläufe garantierten sowohl eine schnelle Aufheizzeit

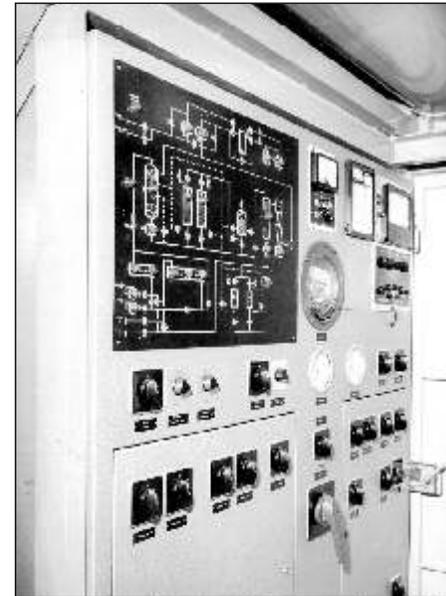


Bild 9 MICALFIL-Ölaufbereitungs- und Regenerieranlage

der Ölfüllung eines Transformators als auch eine optimale Isolieröltrocknung. Mit dieser MICALFIL-Isolierölaufbereitungs- und Regenerieranlage wurde bis 1990 eine Vielzahl von Transformatoren getrocknet oder an ihnen Isolierölwechsel durchgeführt, weil durch Einsatz neuer inhibierter Isolieröle die Schlammbildungsneigung stark verzögert, die Alterungsstabilität verbessert und die Gefahr des Auftretens von Kriechüberschlägen verhindert werden konnte. Von großer Bedeutung waren hierbei die angewandten Aufbereitungstechnologien. Je nach Vakuumfestigkeit des Transformatorenkessels wurde das Umlaufverfahren oder das Vakuum-Pulsations-Verfahren angewandt.

Das für die Transformatoren benötigte Isolieröl wurde im ehemaligen VEB Mineralölwerk Lützkendorf im Zeitraum von 1950 bis 1963 auf der Basis österreichischen Erdöles mit der

Bezeichnung „01 TRF“ hergestellt. Nach Einstellung der Rohöllieferungen aus Österreich erfolgte die Produktion auf der Basis sowjetischen Anastasjewer Rohöles mit der Bezeichnung „01 TRFa“. Diese Isolieröle hatten eine schlechte Alterungsstabilität, so daß nur mit einer Lebensdauer der Ölfüllungen von 5 bis 6 Jahren gerechnet werden konnte. 1968 wurde ein neues Isolieröl auf der Basis sowjetischen Romaschkinker Rohöles entwickelt. Da das Romaschkinker Rohöl einen hohen Paraffingehalt aufwies, mußte eine sogenannte Tieftemperatur-Entparaffinierung erfolgen, die sich ungünstig auf das Stockpunktverhalten des Isolieröles auswirkte. Deshalb wurde eine Mischung mit rumänischem Transformatoröl vorgenommen. Das so entstandene Isolieröl mit der Bezeichnung „TRF-G“ hatte ein gutes Alterungsverhalten. Eine sogenannte legierte Variante, mit 0,3-Masse-% DBPC (Ditertiär-Butyl-Para-Cresol) versehen, trug die Bezeichnung „TRF-GI“. Diese beiden Isolierölsorten wurden bis etwa 1995 eingesetzt. Die im Zeitraum von 1950 bis 1967 hergestellten Isolieröle „01 TRF“ und „01 TRFa“ führten infolge ihrer schlechten Alterungsstabilität und besonders im Zusammenhang mit der Drengenburglack-Isolation der Kernbleche zu einer enormen Verschlechterung des Isolationszustandes der betroffenen Transformatoren. Es kam zu einer verstärkten Schlammbildungsneigung und zu einem hohen Anstieg der Verlustfaktorwerte. Mit der 1969 angeschafften MICALFIL-Ölaufbereitungs- und Regenerieranlage wurden deshalb zahlreiche Transformatoren einem Regenerierprozeß unterzogen. Das Isolieröl wurde über zwei mit natürlich aktivierter Bleicherde (Sorte Attapulcus Clay) gefüllte Fullerkessel geleitet. Hierbei wurden dem Isolieröl die Alterungsprodukte entzogen. Durch die Anwendung des Vakuum-Pulsationsverfahrens konnten die Alterungsprodukte auch aus den Wicklungs-

und Isolationsteilen herausgezogen werden. Am Ende der Behandlung erfolgte eine Inhibierung der behandelten Isolierölfüllung mit 0,3 Masse-% DBPC zur Verzögerung der Schlammbildungsneigung und Verbesserung der Alterungsstabilität.

Durch diese Behandlung war es möglich, einerseits große Mengen Isolieröl zu sparen, andererseits die von Eisenbrand, Kriechüberschlägen und Wärmedurchschlag bedrohten Transformatoren zu erhalten. Diese Regenerierungen wurden bis etwa 1980 durchgeführt.

Erwähnt werden soll an dieser Stelle, daß es durch diese Maßnahme im Buna-Werk Schkopau zu keinem Spontanausfall der betroffenen Transformatoren gekommen ist.

• **Transformator-trocknung**
 • **Regenerierung**
 • **Ölwechsel**
 • **Nachinhibierung**

Dagegen wurden in der Energiewirtschaft eine Vielzahl dieser Transformatoren ausgesondert und durch neue ersetzt. Im Jahre 1973 wurde ein EDV-Programm zur Erfassung und Auswertung vorhandener Transformatoren und Wandler sowie der gemessenen Isolierölkennwerte erarbeitet, das in der Lage war, erforderliche Isolationsverbessernde Maßnahmen wie

vorzuschlagen. Im Jahre 1989 erfolgte die Entwicklung eines Expertensystems zur Bewertung von Ergebnissen der Gas-in-Öl-Analysen. Dieses Expertensystem bewährt sich bis zum heutigen Tag. Es ist in der Lage, Fehler zu erkennen und in verschiedene Fehlerarten zu unterscheiden. Außerdem können umfangreiche grafische und andere statistische Auswertungen vorgenommen werden.

Im Jahre 1981 wurde auf Basis der Micafil-Ölaufbereitungsanlage eine neue Anlage von der Firma VEB Vakuumtechnik Sangerhausen entwickelt und im Buna-Werk Schkopau die

Industrieerprobung durchgeführt. Die direkte 100 kW-Heizung wurde im Rahmen der Mitarbeit im Entwicklungsteam in der Transformatorenwerkstatt A 89 entwickelt und erprobt. Die Anlage entsprach in den wesentlichen Parametern der Micafil-Anlage, war jedoch sehr stör anfällig in Bezug auf die Zuverlässigkeit der Vakuum- und Ölförderpumpen. Im Jahre 1990 wurde deshalb

eine neue leistungsfähige Ölaufbereitungsanlage der Type VH 121-R der Firma MICAFIL gekauft, die mit einem optimierten Entgasungssystem und Kunststoff-Filtern mit von außen nach innen abgestufter Filtertiefe sowie einem geschlossenen Wasser-Kühlkreislauf mit Kälteaggregat ausgerüstet wurde. Die Heizleistung dieser modernen Isolierölaufbereitungsanlage beträgt 150 kW und die Umwälzleistung 12 000 l/h.

Besonderheiten der Transformatorenarten

Die energieintensive Calciumcarbid- und Chloralkaliproduktion im Buna-Werk Schkopau erforderte den Einsatz zahlreicher Spezialtransformatoren mit besonderen Konstruktionsmerkmalen. Hinzu kamen die besonderen Belastungsbedingungen und Beanspruchungen, z.B. durch hohe Schalthäufigkeiten, hohe dynamische Beanspruchungen infolge aufgetretener Rückzündungen oder Kurzschlußbeanspruchungen und Überspannungsbeanspruchungen. Bei den zu beschaffenden Transformatoren für die Calciumcarbidöfen handelte es sich um Importe, die erhebliche Vorbereitungsarbeiten und aufwendige Begründungen erforderlich machten. Mit dem Betrieb dieser Calciumcarbidofen-transformatoren (die größten Ofentransformatoren Europas), mit den über viele Jahre gesammelten Betriebserfahrungen, den Erfahrungen bei der Wartung und Instandhaltung und aus dem Störungsgeschehen hatte sich im Buna-Werk Schkopau eine hohe Fachkompetenz entwickelt, die auch über die Werksgrenzen hinaus bekannt war. Dies führte zur Mitarbeit in Fachgremien, z.B. Fachunterausschuß Transformatoren und Wandler, Fachunterausschuß Isolierölwirtschaft, Fachunterausschuß Transformatorendiagnose, Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, der

Leitung von Arbeitsgruppen, Vorträgen u.a.m..

Die ersten 60 MVA-Netztransformatoren wurden wegen der Oberwellenkompensation im Netz und damit der Vermeidung einer Verzerrung der Spannungskurve mit einer magnetischen Stern-Dreieck-Schaltung versehen. Hierzu wurden die Jochbleche geschlitzt und in diese Schlitzte entsprechende Hilfswicklungen eingebracht. Diese Ausführung bewährte sich nicht, weil an den Hilfswicklungen Isolationsdurchschläge auftraten, die zum Ausfall der Transformatoren führten. Zunächst wurden diese Hilfswicklungen demontiert, später die Transformatoren durch neue ersetzt.

Bei den eingesetzten Netztransformatoren handelt es sich um 10, 16, 20, 25, 31,5, 40 und 63 MVA-Transformatoren, mit einem Übersetzungsverhältnis von 30/6,3 kV und 110/31,5 kV (Tabelle 2). Ab einer Leistung von 20 MVA sind die Netztransformatoren mit Stufenschaltwerken ausgerüstet. Die 63 MVA-Netztransformatoren haben teilweise eine sogenannte Ausgleichswicklung, damit beim Anschluß von Erdschlußdrosselspulen der Strom durch die einphasige Belastung des in Stern geschalteten Transformators auf alle drei Phasen verteilt wird (Bild 10).

Ab 1962 wurden alle Transformatoren mit Texturblech-Kernen ausgerüstet. Hierdurch konnten die Verluste gesenkt sowie Abmessungen und Gewichte verringert werden. Bei den Stufenschaltwerken wurde von den Aufbau-Lastumschaltern zur versenkten Bauweise und bei den Kesselkonstruktionen vom verschraubten Deckel auf die verschweißte Stromrichter- bzw. Gleichrichter-Haubenkessel-Ausführung übergegangen. *Maschinentransformatoren*

Die Maschinentransformatoren in den Kraftwerken im Leistungsbereich von 16 bis 40

Bezeichnung/Bau	Leistung in MVA	Fabrikat	Nennspannung in kV	Baujahr
NT 31 / I 16	25	TuR	30	1982
NT 32 / I 16	25	TuR	30	1982
NT 33 / I 16	25	TuR	30	1980
NT 34 / I 16	25	TuR	30	1980
NT 36 / A 65	25	SSW	30	1949
NT 37 / A 71	40	TuR	30	1976
NT 45 / E 76	20	TRO	30	1961
NT 46 / E 76	20	TRO	30	1961
NT 47 / E 76	20	TRO	30	1961
NT 48 / E 76	20	TRO	30	1968
NT 101 / I 18	63	TRO	110	1988
NT 102 / I 18	63	TRO	110	1990
NT 103 / I 18	63	TRO	110	1988
NT 104 / I 18	63	TRO	110	1990
NT 105 / I 18	63	TRO	110	1989
NT 106 / I 18	63	TRO	110	1990
NT 161 / A 71	63	TRO	110	1958
NT 162 / A 71	60	BBC	110	1942
NT 51-1 / I 74	31,5	TuR	30	1968
NT 51-2 / I 74	31,5	TuR	30	1968
NTP 166	25	TuR	30	1978
NTQ 167-1	31,5	VOLTA	110	1977
NTQ 167-2	31,5	VOLTA	110	1977
NTQ 167-3	31,5	VOLTA	110	1977
NTQ 167-4	31,5	VOLTA	110	1977
EBTG 15-1	31,5	TuR	30	1962
EBTG 15-2	31,5	TuR	30	1962
EBTL 10 O	16	TuR	30	1961
EBTL 10 W	16	TuR	30	1961
EBTM 47 S	10	TuR	30	1977
EBTM 47 N	10	TuR	30	1962
EBTY 144-1	6,3	TuR	30	1982
EBTY 144-2	6,3	TuR	30	1982
EBTW 12	16	TuR	30	1961
EBTW 12a	16	TuR	30	1963
EBTW 22	25	TuR	30	1980
NTY 44-1	16	ABB	30	1988
NTY 44-2	16	ABB	30	1988
EBTL 121-1	25	TuR	30	1976
EBTL 121-2	25	TuR	30	1076
EBTL 121-3	25	TuR	30	1976
EBTF 115-1	16	TuR	30	1963
EBTF 115-2	16	TuR	30	1964

Tabelle 2 Bis 1990 vorhandene Netztransformatoren

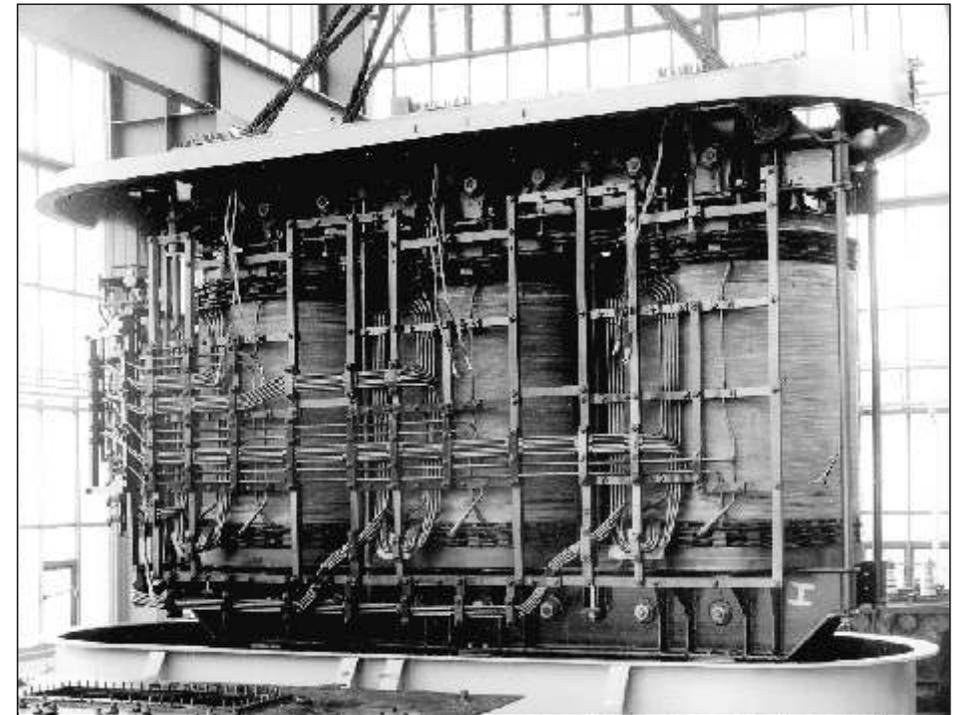


Bild 10 63 MVA-Netztransformator

Bezeichnung/Bau	Leistung in MVA	Fabrikat	Nennspannung in kV	Baujahr
MT 3 / A 65	30	SSW	30	1938
MT 7 / A 65	31,5	TuR	30	1963
MT 11 / I 72	16	TuR	30	1981
MT 12 / I 72	40	TuR	30	1981
MT 13 / I 72	40	TuR	30	1983
MT 14 / I 72	25	TuR	30	1982
MT 15 / I 72	25	TuR	30	1982
MT 16 / I 72	40	TuR	30	1981
MT 17 / I 72	30	AEG	30	1944
MT 18 / I 72	40	TuR	30	1980
MT 19 / I 72	40	TRO	30	1970

Tabelle 3 Bis 1990 vorhandene Maschinentransformatoren

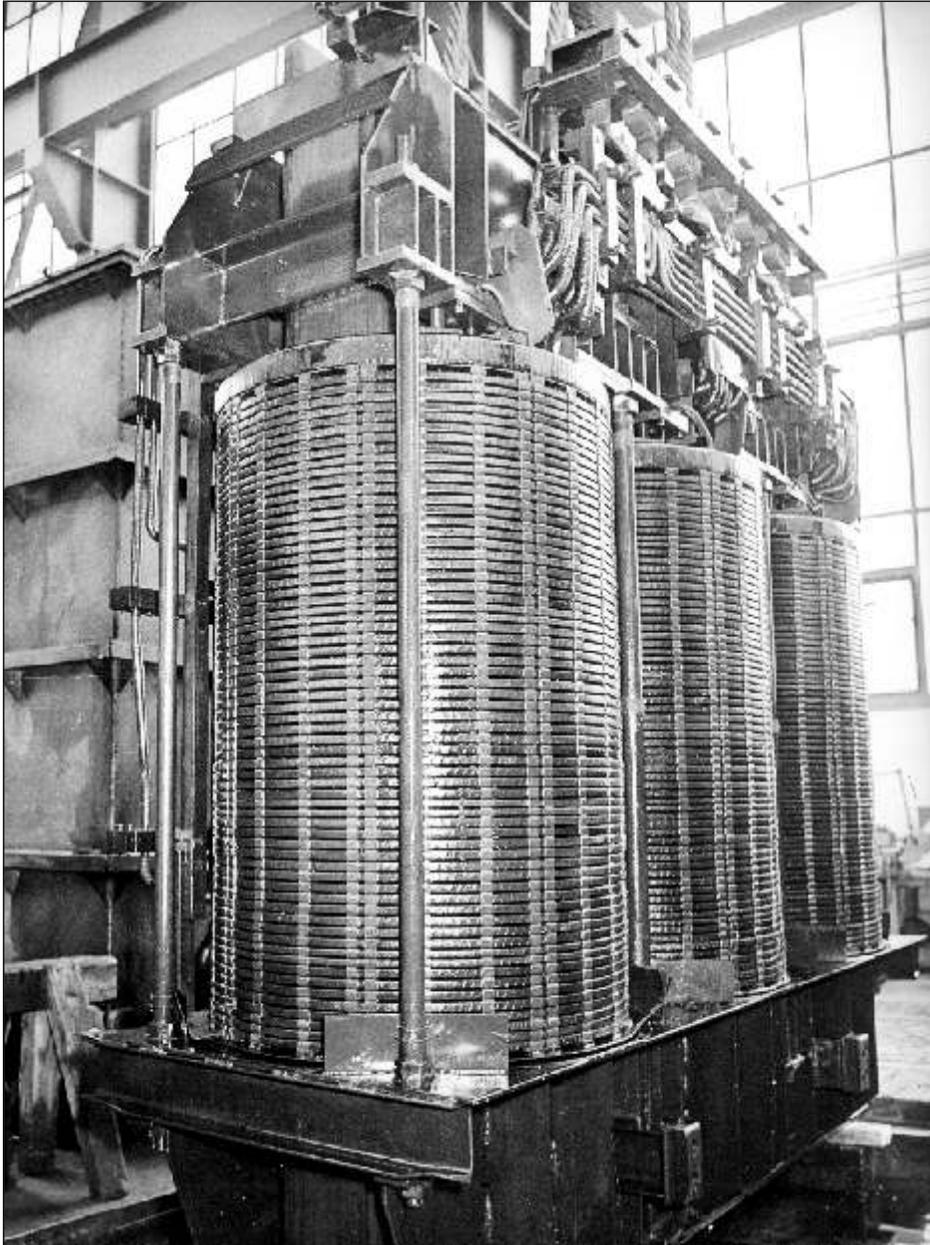


Bild 11 30 MVA-Maschinentransformator

wurden aus dem 30 kV-Netz gespeist und konnten die Spannung im Bereich von 24 kV bis 36 kV in den Haupttransformator einspeisen und somit die Gleichspannung der Anlage bei Strömen von 6000 bzw. 8000 A - je nach Gleichrichterart - regeln.

Die Gleichrichterhaupttransformatoren waren als sogenannte Doppelstock-Transformatoren mit Schwenkwicklung und eingebauter Saugdrossel ausgeführt. Dabei diente die Schwenkwicklung zur Erhöhung der Pulszahl, um die Restwelligkeit der Gleichspannung zu verringern. Durch die Saugdrossel konnte die Brenndauer der einzelnen Anoden des Gleichrichters erhöht und der Anodenstrom

verringert werden, so daß sich ein einfacherer Aufbau des Transformators ergibt (Tabelle 4, Bild 12).

Ungünstig war der Transformatoraufbau mit stumpfgestoßenem Joch und einer Federpressung der Wicklungen. Diese Ausführung war den Beanspruchungen bei auftretenden Rückzündungen der Quecksilberdampf-Gleichrichter nicht gewachsen.

Die später zum Einsatz gekommenen Gleichrichtertransformator-Kombinationen für Silizium-Gleichrichter vereinigten Gleichrichter-Regeltransformator, Gleichrichter-Haupttrans- formator,

Bezeichnung	Bau	Leistung in MVA	Fabrikat	Nennspannung in kV	Baujahr
GR 801	H 56	13,7	AEG	30	1961
GR 802	H 56	14,5	TRO	30	1965
GR 803	H 56	14,5	TRO	30	1969
GR 804	H 56	14,5	TRO	30	1969
GR 805	H 56	14,5	TRO	30	1965
GR-HT 806	I 54	7,3	BBC	30	1950
GR-RT 806	I 54	7,48	BBC	30	1950
GR-HT 807	I 54	7,3	BBC	30	1950
GR-RT 807	I 54	7,3	BBC	30	1950
GR-HT 808	I 54	7,3	BBC	30	1945
GR-RT 808	I 54	7,1	BBC	30	1945
GR-HT 809	I 54	7,9	BBC	30	1961
GR-RT 809	I 54	8,1	BBC	30	1961
GR-HT 810	I 54	7,9	BBC	30	1961
GR-RT 810	I 54	8,1	BBC	30	1961
GR-HT 811	I 54	7,9	BBC	30	1961
GR-RT 811	I 54	8,1	BBC	30	1961
GR-HT 812	I 54	7,3	AEG	30	1956
GR-RT 812	I 54	7,3	TRO	30	1950
GR 821	L 66	13,96	SSW	30	1961
GR 822	L 66	13,96	SSW	30	1961
GR 823	L 66	13,96	SSW	30	1961
GR 831	P 155	42,5	TU	110	1978
GR 832	P 155	42,5	TU	110	1978
GR 833	P 155	42,5	TU	110	1978

Tabelle 4 Bis 1990 vorhandene Gleichrichtertransformatoren

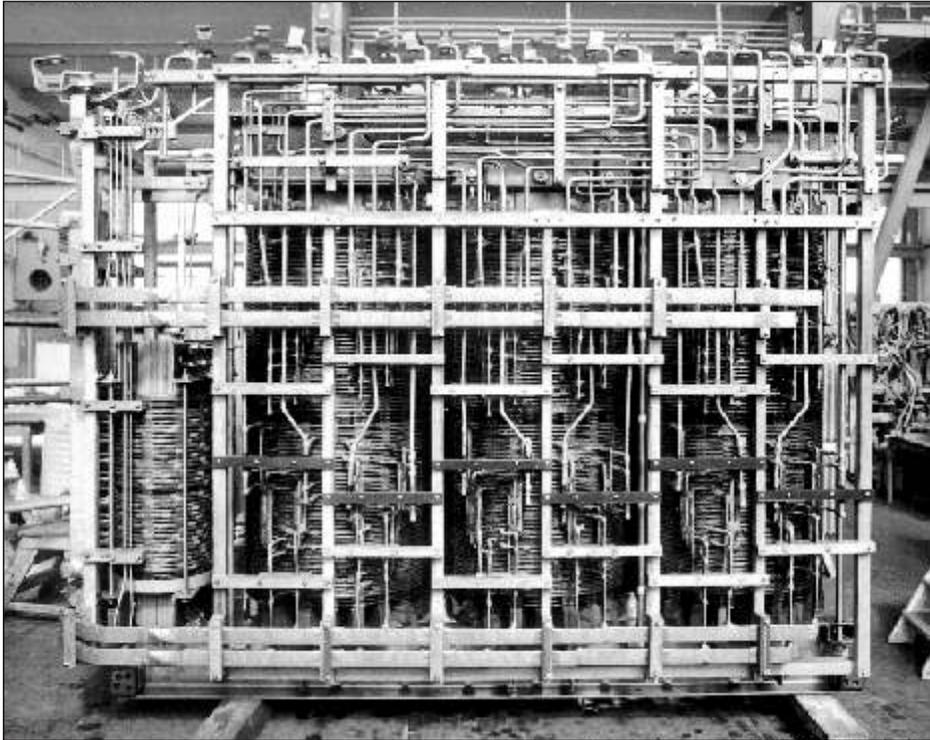


Bild 12 7,3 MVA-Gleichrichtertransformator

nen Gleichrichtertransformatoren im Komplexvorhaben erfolgte die Einspeisung aus dem 110 kV-Netz über Kabelendverschlußkästen. In einem gemeinsamen Kessel waren hier ein Sparregeltransformator neben zwei in sogenannter Kiellinienbauweise angeordneten Gleichrichter-Doppelstocktransformatoren, zwei Saugdrosseln und den Transduktordrosseln angeordnet (Bild 13). Jeder dieser 160 t schweren Gleichrichtertransformatoren speist auf eine 357 kA-Gleichstrom-Sammelschiene. Die Regelung des Gleichstromes erfolgt durch die Stufenschalter und die eingebauten Transduktordrosseln der Transformatoren.



Bild 13 42,5 MVA-Gleichrichtertransformator in P 155

Ofentransformatoren

Die ersten 30 kV-Drehstrom-Ofentransformatoren beinhalteten in einem Kessel einen sogenannten Feinstufentransformator und das eigentliche Ofentransformator-Aggregat, bestehend aus Haupt- und Zusatztransformator (Zwischenkreis).

Bei den als sogenannte Rechtecköfen ausgeführten Calciumcarbidöfen waren die Hochstromzuleitungen zu den Elektroden unterschiedlich lang, so daß sich auch unterschiedliche Blindwiderstände ergaben. Hierdurch mußte die Sekundärspannung des Transformators in den einzelnen Phasen entsprechend angepaßt werden. Daraus ergab sich die Notwendigkeit, daß die drei Phasen des Zusatztransformators im Zwischenkreis einzeln und verschieden hoch geregelt werden mußten.

Die Hochstromwicklung umfaßte als massiv ausgebildeter Kupfermantel die einzelnen Schenkel von Haupt- und Zusatztransformator. Hierdurch konnte durch Zu- und Gegenschaltung der Zwischenkreisspannung die Sekundärspannung im Bereich von 128 bis 260 V in 48 Stufen bei Sekundärströmen von 88 000 A geregelt werden. Als Stufenschalter waren sogenannte Lauflastschalter der Firma Siemens eingesetzt, die in einem separaten Ölräum - der anfangs sogar wassergekühlt war - untergebracht waren. Der Kontaktverschleiß dieser Lauflastschalter war sehr hoch und die Wasserkühlung im separaten Ölräum des Lauflastschalters sehr störanfällig, so daß diese bald ausgebaut wurde.

Bei der Entwicklung der Einphasen-Ofentransformatoren durch das Transformatoren- und Röntgenwerk Dresden in der Zeit von 1953 bis 1955 waren zunächst Regel-, Zusatz- und Haupttransformator in einem Kessel vereinigt. Die Transformatoren lieferten eine Ofenspannung von 140 bis 280 V in 27 Stufen bei einem Ofenstrom von 110 kA.

Nachdem es zu zahlreichen Ausfällen des

Regeltransformators gekommen war und, konstruktionsbedingt, stets das gesamte Ofentransformator-Aggregat gewechselt und repariert werden mußte, wurde der Regelteil als eigenständiger Transformator herausgelöst. Die Regeltransformatoren wurden abseits von den Calciumcarbidöfen ebenerdig aufgestellt, so daß bei einem Regeltransformatorausfall der betroffene Calciumcarbidofen in sogenannter V-Schaltung trotzdem weitergefahren werden konnte. Hier mußte ein Transformator von den drei in Dreieck geschalteten Transformatoren herausgelöst werden, so daß die beiden verbleibenden Transformatoren im offenen Dreieck mit verminderter Leistung wieder in Betrieb genommen werden konnten.

Mit dem Bau der neuen Calciumcarbidfabrik L 17 kamen 60 MVA-Ofentransformatoren der Firmen Siemens und ELIN zum Einsatz, die mit einer Nennspannung von 110 kV eingespeist wurden. Diese Drehstrom-Ofentransformator-Aggregate bestanden aus einem getrennt aufgestellten Sparregeltransformator und aus Zusatz- und Haupttransformator in einem gemeinsamen Kessel. Die Zwischenkreisspannung betrug 10,5 kV. Mit Hilfe des Regeltransformators konnte die ofenseitige Spannung im Bereich von 150 bis 290 V bei einem Strom von 120 kA geregelt werden. Bei Ausfall eines Regeltransformators konnte der Ofentransformator starr geschaltet weiterbetrieben werden.

Die Weiterentwicklung der Calciumcarbidöfen erforderte immer größere Ofenströme. So wurden 1969 zwei 78,8 MVA-Ofentransformator-Aggregate beschafft und an den Öfen 11 und 12 eingesetzt, die einen Ofenstrom von 130 kA liefern konnten. Zur Senkung der Verluste wurde die bisher als massiver Kupfermantel ausgebildete Sekundärwicklung in 14 Teilwicklungen aufgeteilt. Verändert wurde auch die Sternpunktbildung der Sekundärwicklung, um

thermische Probleme an dieser Stelle durch die sonst unvermeidliche Stromdichteerhöhung zu vermeiden. Das bewährte Prinzip des getrennt aufgestellten Regeltransformators wurde beibehalten. Nachteilig wirkte sich jedoch die niedrige Zwischenkreisspannung aus. Diese bedingte einen hohen Zwischenkreisstrom, der bei den Lastumschaltern der Stufenschalter einen hohen Verschleiß zur Folge hatte. Die Steigerung des Ofenstromes auf 140 kA erforderte den Einsatz von 85 MVA-Ofentransformatoren, die von der Firma Dominit mit einer Zwischenkreisspannung von 22 kV entwickelt wurden (Tabelle 5, Bild 14). Die ofenseitige Spannung konnte im Bereich von 150 bis 350 V in 29 Stufen geregelt werden. Hierdurch verringerte sich der Zwischenkreisstrom erheblich und es konnte eine hohe Schalthäufigkeit der Stufenschaltwerke erreicht werden. Eine weitere Leistungssteigerung konnte durch die Firma ABB mit der Lieferung von zwei 91 MVA-Ofentransformatoren erreicht werden. Hierbei wurde eine völlige Auseinanderregelung der einzelnen Phasen

berücksichtigt. Der Ofenstrom konnte bis zu 150 kA gesteigert werden. Die hohe Schalthäufigkeit der Stufenschalter erforderte seit 1964 den Einsatz von MR-Stufenschaltern (Maschinenfabrik Reinhausen). Um jeweils 100 000 Schaltungen zwischen den Revisionsterminen erreichen zu können, wurden die Lastumschalter der Stufenschalter mit einer Ölfilteranlage ausgerüstet.

Der Überspannungsschutz der Transformatoren im Zwischenkreis bestand zunächst aus Kathodenfallableitern, die zwischen den Phasen und gegen Erde angeordnet waren. Diese Schaltung wurde auch beim späteren Einsatz von Maschinen- und ZnO -Ableitern beibehalten.

Der Einsatz neuer Ofentransformatoren war stets mit Importen verbunden, weil die einheimischen Transformatorenhersteller technisch und technologisch auf die Produktion und auch den Export von Netztransformatoren eingerichtet waren. Vor der Genehmigung eines Importes mußten stets alle Möglichkeiten der Lieferung aus dem eigenen Lande bzw. aus den

Ofen	Bau	Leistung in MVA	Fabrikat	Nennspannung in kV	Ofenstrom in kA	Zwischenkreis in kV	Baujahr
1	I 21	3 x 19,8	TuR Dresden	30	110	10,5	1952
2	I 21	91	ABB	110	150	22	1985
3	I 21	85	Dominit	110	140	22	1973
4	I 21	85	Dominit	110	140	22	1972
5	G 22	85	ASEA	110	140	22	1983
6	G 22	91	ASEA	110	150	22	1990
7	G 22	85	Dominit	110	140	22	1977
8	G 22	85	ASEA	110	140	22	1983
9	L 17	85	Dominit	110	140	22	1970
10	L 17	85	Dominit	110	140	22	1970
11	L 17	78,8	ELIN-UNION	110	130	10,5	1969
12	L 17	78,8	ELIN-UNION	110	130	10,5	1969

Tabelle 5 Bis 1990 vorhandene Ofentransformatoren

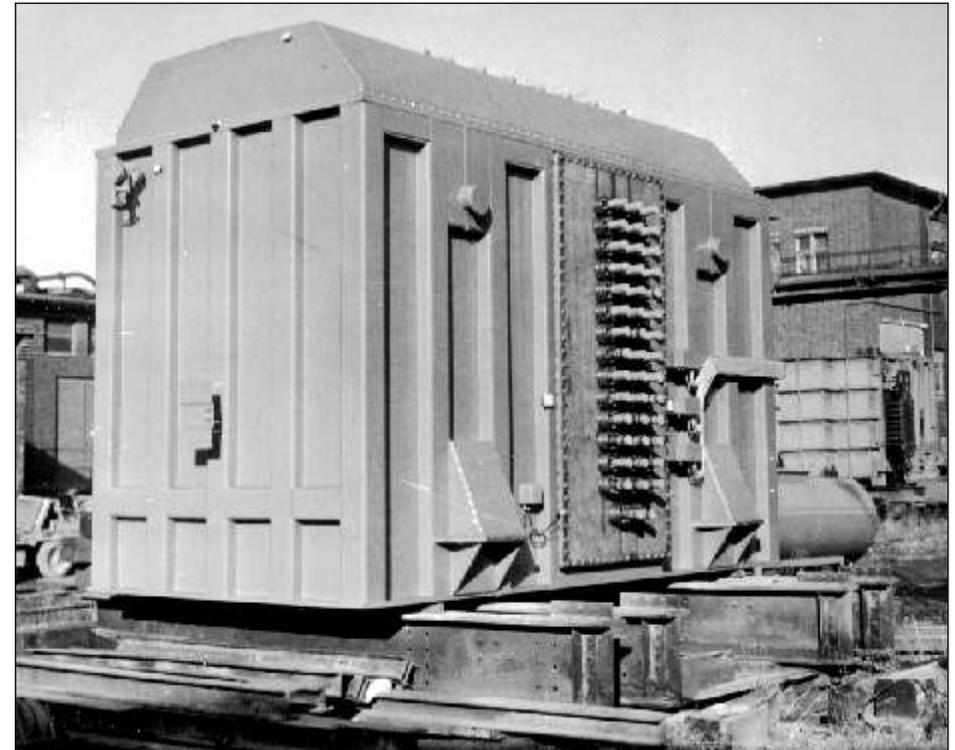


Bild 14 85 MVA-Ofentransformator für Ofen 7

Ländern des RGW geprüft werden. So fanden auch Verhandlungen über die Entwicklung und Lieferung von Ofentransformatoren im Jahre 1969 mit dem Transformatorenwerk in Moskau und im Jahre 1971 in Budapest mit dem Transformatorenwerk „Ganz“ statt, die jedoch nicht zum Erfolg führten.

Im Zeitraum von 1981 bis 1984 wurden auf der Grundlage von durchgeführten Modelluntersuchungen von Prof. BUDDE, Sektion Verfahrenstechnik der Technischen Hochschule Leuna/Merseburg, umfassende Untersuchungen zur Entwicklung eines Hochleistungs-Calciumcarbidofens durchgeführt. Die dazu erforderlichen Transformatoren sollten in der

Es ergaben sich folgende Schaltungsvarianten:

- Drei Einphasen-Ofentransformatoren, Haupt- und Regeltransformator getrennt, unsymmetrisch in einem gemeinsamen Transformatorenraum aufgestellt.
- Drei Einphasen-Ofentransformatoren, Haupt- und Regeltransformator getrennt, symmetrisch angeordnet, jeweils ein Haupt- und ein Regeltransformator in einem Transformatorenraum aufgestellt.
- Drei Einphasen-Ofentransformatoren symmetrisch angeordnet und in je einem Transformatorenraum aufgestellt sowie die Aufstellung von drei Einphasen-Regeltrans-

formatoren in einem getrennten Transformatorenraum.

- Drei Einphasen-Ofentransformatoren symmetrisch angeordnet und in je einem Transformatorenraum untergebracht; ein Drehstrom-Regeltransformator in einem getrennten Transformatorenraum aufgestellt.
- Drei Einphasen-Ofentransformator-Aggregate mit in den Zwischenkreis integriertem Regeltransformator symmetrisch angeordnet, in je einem Transformatorenraum angeordnet.
- Drei Einphasen-Ofentransformatoren symmetrisch angeordnet, in je einem Transformatorenraum aufgestellt. Die Einphasen-Regeltransformatoren sind gleichfalls symmetrisch in je einem Transformatorenraum aufgestellt.
- Unsymmetrische Aufstellung eines Drehstrom-Ofentransformators in einem Ofentransformatorraum sowie gemeinsame Aufstellung von drei Einphasen-Regeltransformatoren in einem zweiten Transformatorenraum.
- Unsymmetrische Aufstellung eines Drehstrom-Ofentransformators sowie drei Einphasen-Regeltransformatoren in einem gemeinsamen Transformatorenraum.
- Unsymmetrische Aufstellung eines Drehstrom-Ofentransformators und eines Drehstrom-Regeltransformators in einem gemeinsamen Transformatorenraum.
- Unsymmetrische Aufstellung eines Drehstrom-Ofentransformator-Aggregates mit in den Zwischenkreis integriertem Regeltransformator in einem gemeinsamen Transformatorenraum.

Nach Vorliegen des sowjetischen Konstruktionsentwurfs für die Transformatoren wurde dieses Vorhaben auf Grund

- nicht gegebener Bahnprofilgängigkeit,
- eines zu hohen Gesamtgewichtes,
- zu großer Abmessungen,
- zu hoher spezifischer bautechnischer Beanspruchungen und
- zu geringer zulässiger Schalthäufigkeit der Stufenschaltwerke der Transformatoren

abgebrochen.

Besonderheiten im Betriebs- und Instandhaltungsgeschehen

Die zahlreich auftretenden Rückzündungen an den Quecksilberdampf-Gleichrichtern der Chloralkalielektrolyse haben bei den Gleichrichtertransformatoren zu häufigen Wicklungsschäden geführt, weil die Wicklungen den auftretenden Kurzschlußbeanspruchungen nicht standhielten.

Mitte der 60er Jahre war die Ausfallquote der Transformatoren besonders hoch. Als Ursache wurden vor allem die wasserseitigen Druckverhältnisse an den Öl-Wasser-Kühlanlagen der Transformatoren erkannt. Durch den zu hohen wasserseitigen Druck konnte bei auftretenden Kühlerschäden - hervorgerufen durch ungünstige

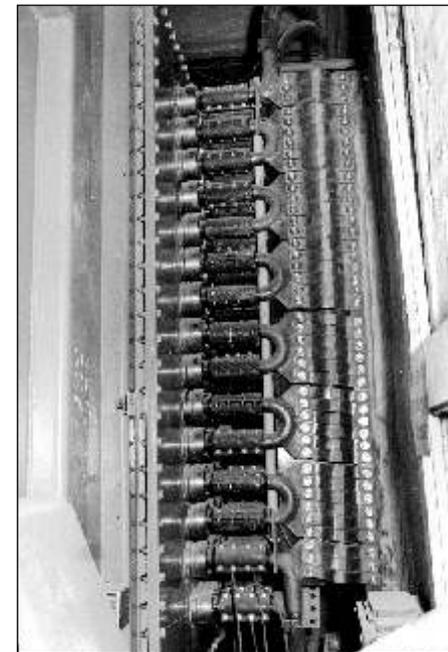


Bild 15 Wassergekühlte Hochstrom-Durchführungen eines 85 MVA-Ofentransformators

Kühlerberohrung und der Verwendung von Flußwasser als Kühlwasser - stets Wasser in den Ölkreislauf eindringen. Durch die damit verbundene Reduzierung der Durchschlagfestigkeit des Isolieröles kam es zu Isolationdurchschlägen und Windungsschlüssen.

Erst nach einer umfassenden Untersuchung der wasserseitigen Druckverhältnisse und der konstruktiven Veränderung der Öl-Wasser-Kühlanlagen im Jahre 1973 konnte diese Ausfallsursache beseitigt werden. Bei der Lieferung neuer Transformatoren wurde die Ausführung der Öl-Wasser-Kühlanlage nach den Erkenntnissen dieser umfassenden Untersuchungen gestaltet. Die Berohrung der Kühlerbündel erfolgte mit Cu-Ni-Fe 30, um den Beanspruchungen durch das Flußwasser gerecht zu werden. Die konstruktive Gestaltung der Öl-Wasser-Kühlanlagen mit Sicherheitsüberlauf, kontinuierlicher Entlüftung und Standrohr sowie dem Einbau von Drosselscheiben im Wasservorlauf zur Reduzierung des Kühlwasserverbrauchs führte zu einem starken Rückgang der Transformatorausfälle.

Eine Schwachstelle stellten wiederholt die Umsteller in den Maschinentransformatoren dar. Da die Umsteller nicht betätigt wurden, bildeten sich im Laufe der Zeit Übergangswiderstände. Hier kam es zu einer örtlichen Überhitzung und im weiteren Verlauf zur Ölkohlebildung und zum Ansprechen des Buchholzrelais.

Bei den an den Calciumcarbidöfen 1, 2, 7 und 8 eingesetzten Einphasen-Ofentransformatoren wurde in der Zeit von 1965 bis 1966 jeweils ein Transformator auf eine höhere Sekundärspannung umgewickelt. Damit erhöhte sich die Leistung dieses Transformators durch Verwendung eines Texturblechkernes und Beibehaltung der Sekundärwicklung auf 19,8 MVA. Die ständig fortschreitende notwendige Erhöhung der Produktion erforderte, daß die

Einphasen-Ofen-transformatoren einen um 18% höheren Sekundärstrom liefern mußten. Diese hohe Beanspruchung führte zu Dichtheitsproblemen an den Hochstrom-Durchführungen infolge der damit verbundenen höheren Erwärmung und thermischen Überbeanspruchung der Dichtungen (Bild 15). Bei den 60 MVA-Ofentransformatoren von Siemens und ELIN mußte der Sekundärstrom von 120 kA auf 130 kA erhöht werden. Bei den 60 MVA-Siemens-Transformatoren führte diese Fahrweise zu zahlreichen Ausfällen (Bilder 16 und 17). Die Ursachen lagen in der konstruktiven Ausführung der hochstromseitigen Sternpunktbildung, der Auslegung der Öl-Wasser-Kühlanlage und den wartungsaufwendigen Lastumschaltern dieser Transformatoren, die nicht für die notwendige hohe Schalthäufigkeit ausgelegt waren.

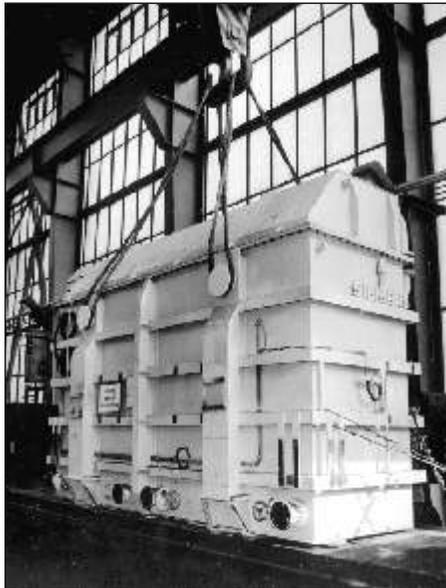


Bild 16 Entladung eines 60 MVA-Ofentransformators in der Transformatorenwerkstatt A 89

Bei den 110 kV-Ofentransformatoren kam es zu einer Schadenshäufung. Isolationsdurchschläge

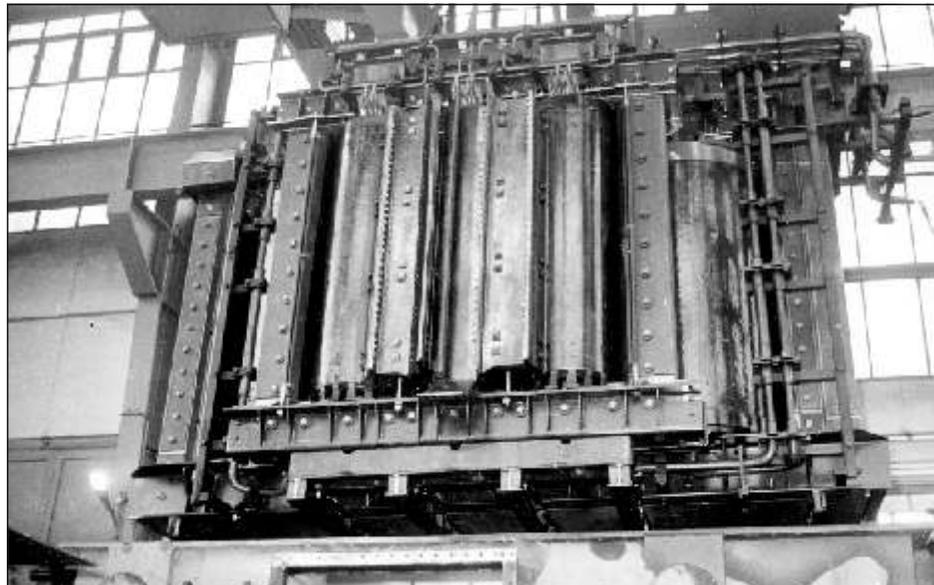


Bild 17 Demontage eines 60 MVA-Ofentransformators in der Transformatorenwerkstatt A 89

an den 110 kV-Wicklungsausleitungen und Entladungserscheinungen in der Hauptisolation wiesen auf hohe Überspannungsbeanspruchungen, deren Ursache zunächst nicht erklärt werden konnte. Im Jahre 1982 wurde im Auftrag des Ministeriums für Chemische Industrie eine Expertenkommission zur Untersuchung der Ausfallhäufigkeit von Ofentransformatoren eingesetzt. Es arbeiteten zwei Arbeitsgruppen, die AG Calciumcarbidofentransformatoren und die AG Netze. Im Ergebnis der Arbeit dieser Arbeitsgruppen wurden drei Schadensbereiche herausgearbeitet:

- Halterungen der 110 kV-Wicklungsausleitungen
- 110 kV-Wicklungen einschließlich Hauptisolation
- Isolation an der unterspannungsseitigen Sternpunktchiene.

Die durchgeführten Untersuchungen der AG

Netze durch erste Orientierungsmessungen über auftretende Überspannungen lieferten nur qualitative Ergebnisse. Weiterführende Messungen mußten mit einem Transientenrecorder durch die TU Dresden durchgeführt werden.

Im Ergebnis der Arbeit dieser Expertenkommission erfolgte die Neuwicklung von zwei 60 MVA-Siemens-Ofentransformatoren im Transformatoren-Reparaturwerk Halle-Büschdorf. Außerdem wurde die Beschaffung eines neuen 85 MVA-Ofentransformators eingeleitet und die Durchführung weiterer meßtechnischer Untersuchungen festgelegt. Nach dem Ausfall eines 85 MVA-Ofentransformators am Calciumcarbidofen 6 wurde am 20.6.1988 erneut eine Expertenkommission zur Untersuchung der Ausfallursachen eingesetzt. Als Ursache des Ausfalls wurden die aus Makrolon bestehenden Isolierteile der Hochstrom-Durchführungen ermittelt.

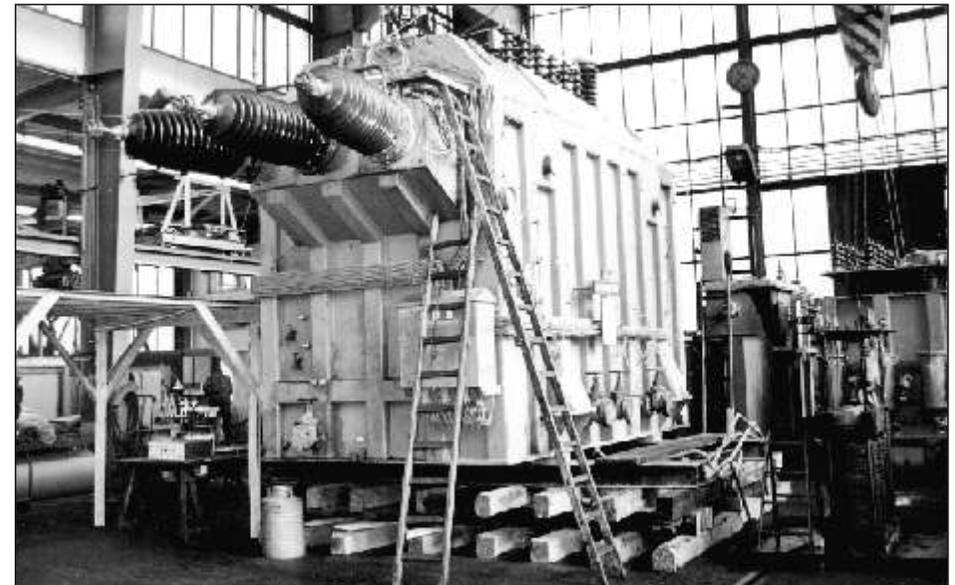


Bild 18 Prüfung eines 85 MVA-Ofentransformators in der Transformatorenwerkstatt A 89

Erst durch vergleichende Schaltversuche mit einem SF6 -Leistungsschalter von ABB zeigte sich, daß die über 300 bis 500 m lange Kabelstrecken ausgelagerten 110 kV-Druckluftschalter beim Abschalten zu Rückzündungen neigen und Resonanzüberspannungen hoher Steilheit im Transformator erzeugen.

Durch die zielgerichtete Tätigkeit der Transformatorenwerkstatt im Hinblick auf die Überwachung des Isolationszustandes der in Betrieb befindlichen Transformatoren, die frühzeitige Erkennung im Entstehen befindlicher Fehler sowie die rechtzeitige Einleitung und Durchführung geeigneter Maßnahmen in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Produktionsbereichen gelang es, die Ausfallquote im Zeitraum von etwa 25 Jahren von 12 % auf unter 2 % zu senken. Hierbei war es bereits ein Erfolg, wenn ein ungeplanter Produktionsstillstand vermieden werden konnte. Damit kann die Transformatorenwerkstatt A 89 im Buna-Werk Schkopau auf eine erfolgreiche Tätigkeit zurückblicken, die auch ihre Anerkennung über die Werksgrenzen hinaus fand.

Dieser vorliegende Bericht soll gleichzeitig ein Dank an alle früheren Mitarbeiter und Vorgesetzten sowie an die zahlreichen Partner in den Produktionsbereichen und den anderen Fachgewerken für die stets gute Zusammenarbeit sein.

Das Ende

Der technische Verfall der Chloralkalielektrolyse und die Veränderung des Produktionsprofils führte im Dezember 1986 zur Außerbetriebnahme von I 54. Es folgten im Mai 1990 die Stilllegung von H 56 und im November 1990 von L 66 [1]. Nach einer Havarie am Calciumcarbid-ofen 11 im Februar 1990 wurde die Calciumcarbidfabrik L 17 nicht wieder in Betrieb genommen. Die endgültige Stilllegung der Calciumcarbidfabrik erfolgte im Juni 1991 [2].

Mit der schrittweisen Außerbetriebnahme und Stilllegung dieser energieintensiven Produktionsstätten ging die Zahl der zu betreuenden und vor allem der am höchsten beanspruchten Transformatoren zurück. Die Transformatorenwerkstatt A 89 mußte sich mit der Verschrottung dieser Transformatoren und der wirtschaftlichen Verwertung sowie mit der vorschriftsmäßigen Entsorgung der Reststoffe beschäftigen. Am 30.4.1993 endete nach 28 Jahren die Arbeit der Transformatorenwerkstatt im Buna-Werk Schkopau. Das Personal, das über einen Zeitraum von 1965 bis 1989 nahezu unverändert aus 22 Arbeitskräften bestand, wurde bis 1991 auf 13 und bis 1993 auf 8 Arbeitskräfte reduziert.

Im Rahmen einer Ausgliederung übernahm die Firma ABB Service GmbH Halle die Transformatorenwerkstatt A 89 mit der Isolierölwirtschaft A 87. Nach Abschluß eines entsprechenden Rahmenvertrages zwischen der Buna GmbH und ABB Service GmbH Halle wurden die beiden Bauten A 87 und A 89 angemietet und für die Transformatoreninstandsetzung und -verwertung sowie die Transformatorendiagnostik bis 30.11.1997 genutzt. Nach erfolgter Kündigung des

Literaturverzeichnis

- [1] HOCHHAUS; Rolf u.a. Vom Steinsalz zum PVC-Fenster, Merseburger Beiträge zur Geschichte der chemischen Industrie Mitteldeutschlands; Heft 2/1997
- [2] REHMANN, Heinz Von der Kohle zum Kautschuk, Merseburger Beiträge zur Geschichte der chemischen Industrie Mitteldeutschlands; Heft 2/1996
- [3] MAUS, Otfried und VÖGLER, Jürgen Auswertung der im Transformatorenschutzrelais angesammelten Gase zum Beurteilen von Transformatorenschäden; Elektrische Heft 7/1968



Jürgen Vogler

geboren 1938 in Halle

- 1952 bis 1955 Lehre als Transformatorenbauer im VEB Transformatoren-Reparaturwerk Halle-Büschdorf
- 1955 bis 1959 Transformatorenbauer im VEB Transformatoren-Reparaturwerk Halle-Büschdorf
- 1959 bis 1962 Studium an der Ingenieurschule für Schwermaschinenbau und Elektrotechnik Leipzig
- 01.09.1962 bis 30.04.1993 Tätigkeit im VEB Chemische Werke Buna / Buna AG
- 1967 Betriebsingenieur Transformatorenwerkstatt
 - 1969 bis 1974 Hochschul-Fernstudium an der TU Dresden
 - 1970 Fachingenieur Transformatorenwerkstatt
 - 1985 Abschnittsleiter Transformatoren- und Schaltgerätekwerkstatt
 - 1990 Leiter der Firmenkoordinierung in der HA EMR
- 01.05.1993 Leiter Profitcenter Transformatorenservice ABB Service GmbH Deutschland, Standort Halle

Technisches Denkmal - Historischer Chemiezug

Am 5. November 1998 konnte der SCI e.V. einen historischen Chemiezug, der auf dem Personenbahnhof der Stadt Merseburg aufgestellt wurde, an die Stadtverwaltung der Stadt Merseburg als Technisches Denkmal übergeben (Bild 1). Damit wurden weitere bedeutende Sachzeugen aus der Geschichte der chemischen Industrie Mitteldeutschlands öffentlich zur Präsentation gebracht.

Das Exponat "Chemiezug" ordnet sich in die Sammlung des SCI e.V. wie folgt ein: Seit seiner Gründung im Jahre 1993 hat der SCI e.V. bis November 1998 zahlreiche Sachzeugen der chemischen Industrie aufgespürt und zusammen mit der Leuna Sanierungsgesellschaft mbH gesichert und zu einem nicht unerheblichen Teil bereits zur Präsentation im **Deutschen Chemie-Museum**

auf dem Campus der Fachhochschule Merseburg vorbereitet. Es handelt sich dabei bisher um

Sachzeugen aus den Bereichen	
Maschinen und Apparate	636
Automatisierung	450
Labor	62

Die Mehrzahl dieser Exponate entstammt den ehemaligen Leuna-Werken und den Chemischen Werken Buna-Schkopau, einige aus dem ehemaligen Mineralölwerk Lützkendorf und wenige aus

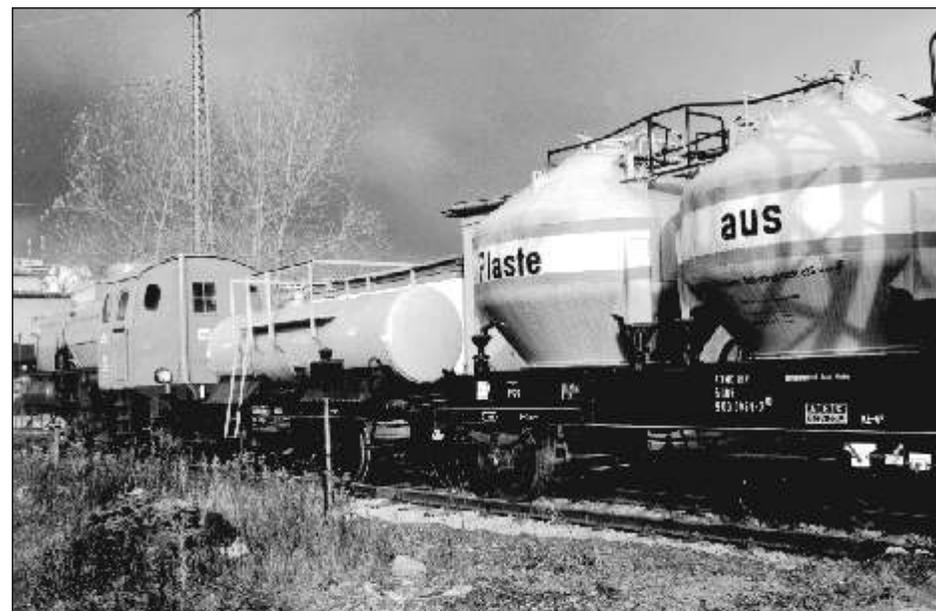


Bild 1 Teil des historischen Chemiezuges, Ansicht von Südwest

Bereits 1994 entstand die Idee, in Merseburg einen Chemiezug zur Aufstellung zu bringen. Deshalb wurden entsprechende Fahrzeuge der Eisenbahntechnik gesammelt.

Nach der Verpachtung eines Geländestückes auf dem Personenbahnhof Merseburg mit dem Gleis 7a und der Verlängerung bis zum denkmalgeschützten Wasserturm durch die Deutsche Bahn AG wurde die Idee realisierbar. Allerdings mußte wegen der Beschränkung auf etwa 45 m Schienenlänge eine Auswahl der gesammelten Schienenfahrzeuge vorgenommen werden (Bild 2).

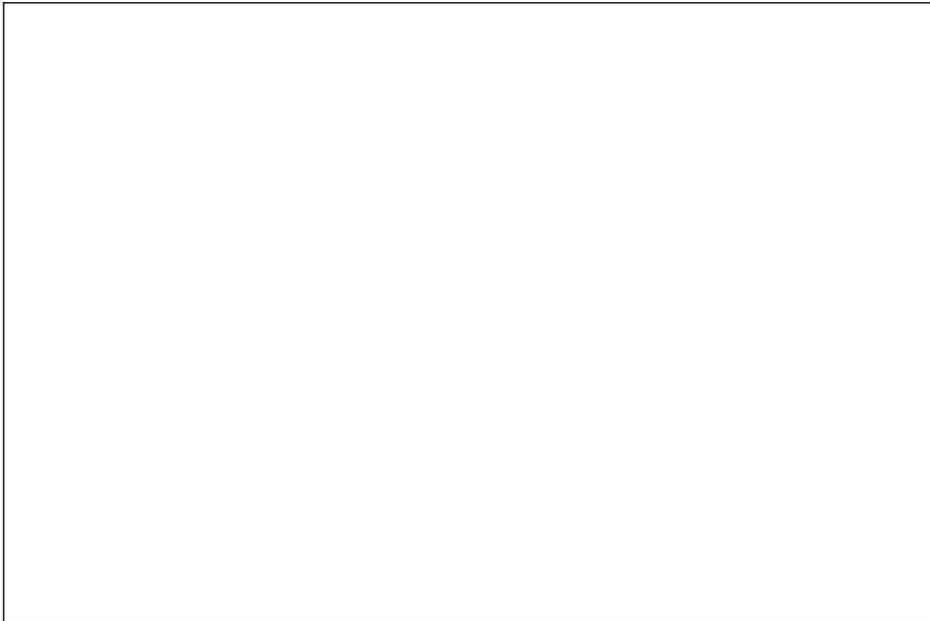


Bild 2 Der vollständige historischen Chemiezug in der Nähe des denkmalgeschützten Wasserturmes auf dem Personenbahnhof Merseburg, Ansicht von Nordwest

Zur Aufstellung gekommen sind:

- eine feuerlose Dampfspeicherlokomotive wie sie für den gefahrlosen Werksverkehr in Betrieben der chemischen Industrie im Einsatz waren, Baujahr 1961 (Bild 3)
- ein zweiachsiger Kesselwagen für Flüssiggüter, Baujahr 1911 (Bild 4)
- ein zweiachsiger (halber) Kohlewagen, Baujahr 1939 (Bild 5), alle von der Leuna GmbH bereitgestellt
- und ein Chemiebehälterwagen zum Transport von staubförmigen und körnigen Ladegütern mit hohem Reinheitsgrad, Baujahr 1965 (Bild 6), von der Buna GmbH, Schkopau, bereitgestellt.

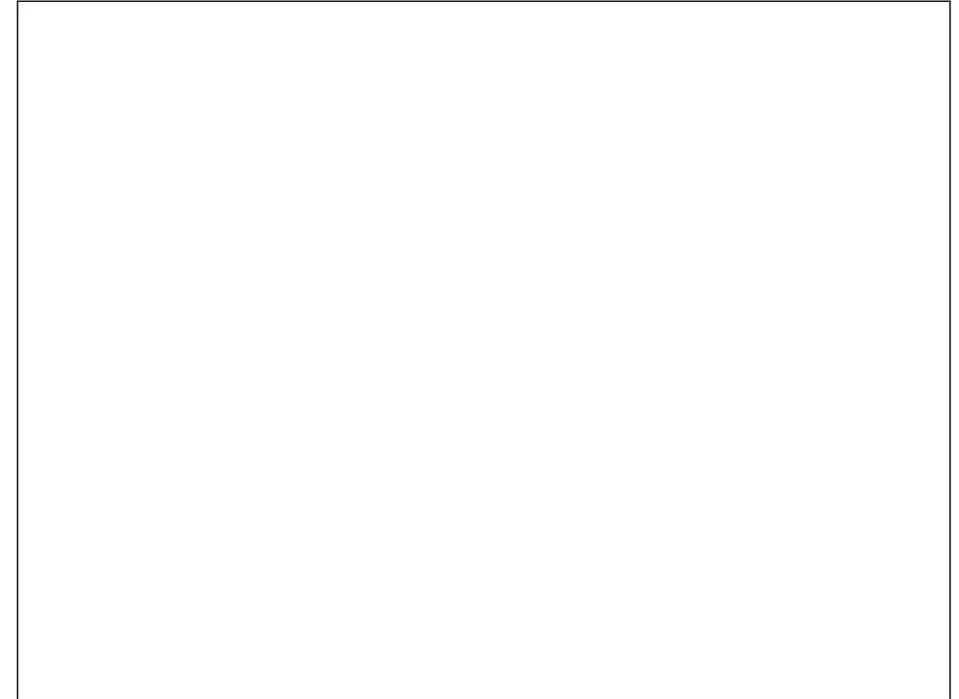


Bild 3 Dampfspeicherlokomotive, Bauart Cn2

Die dreifach gekuppelten Dampfspeicherlokomotiven wurden im Anschlußbahnbetrieb für den leichten und mittelschweren Rangierdienst eingesetzt. Durch das Vorhandensein eines umfangreichen Dampfnetzes im Leuna-Werk waren diese Lokomotiven eine hervorragende Ergänzung zu den rostgefeuerten Dampflokomotiven bzw. den danach beschafften Diesellokomotiven V 75 und V 60. Außerdem hatten sie gegenüber anderen Zugfördermitteln den Vorteil, daß sie auch an feuer- und explosionsgefährdeten Stellen eingesetzt werden konnten.

Das Dampfspeicherprinzip nutzt die Fähigkeit des Wassers, unter hohem Druck große Energiemengen zu speichern. Ein zylindrischer Behälter, der als Dampfspeicher dient, wird zu 2/3 seines Inhaltes mit Wasser gefüllt und über eine Füllstation mit Dampf bis 20 bar aufgeladen. Durch die im Wasser gespeicherte Wärmemenge findet dann während des Betriebes durch den Druckabfall bei der Dampfentnahme laufend ein Nachverdampfen statt.

Hauptabmessungen

Länge über Puffer : 9840 mm
Lokhöhe über SO : 4180 mm
Lokbreite : 3080 mm
Radstand : 1800 mm

Technische Daten

Höchstgeschwindigkeit : 30 km/h
Dienstmasse : 50 t
Leermasse : 34 t
max. Zugkraft : 94 176 N
max. Dampfdruck : 20 bar

Baujahr: 1961

Hersteller: Lokomotivbau Babelsberg

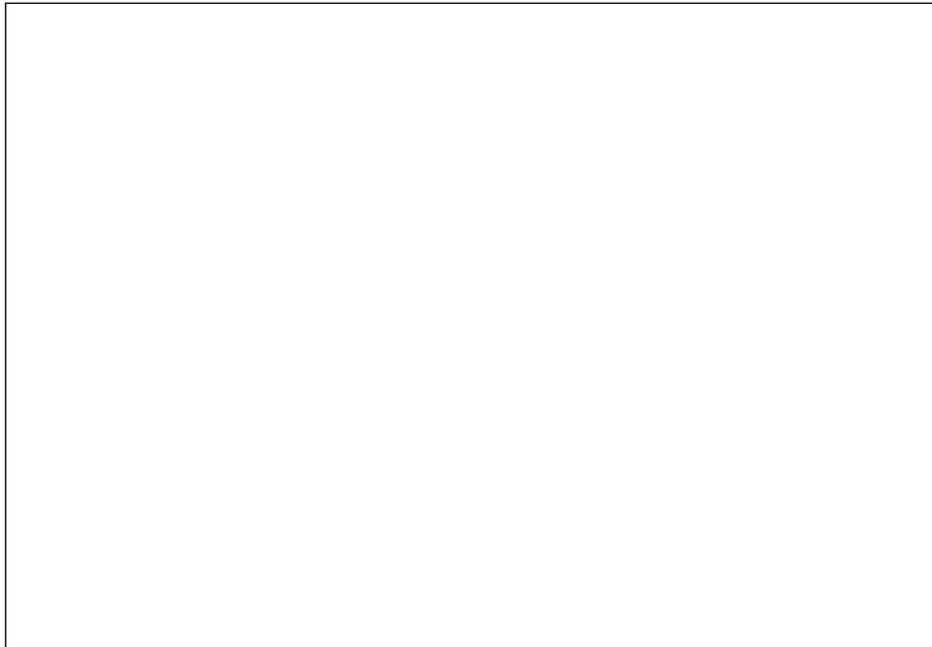


Bild 4 Zweiachsiger Kesselwagen, Gattung Z

Kesselwagen dieser Bauart wurden in den Leuna-Werken für den innerbetrieblichen Transport von chemischen Zwischenprodukten zwischen einzelnen Betriebsteilen oder als Lager- und Sammelbehälter für Abprodukte und Altöl genutzt. Es waren 31 Stück dieser Fahrzeuge im Einsatz.

Auf Grund der technischen Ausstattung, der Abmessungen des Laufwerkes und der Ausführung der Zug- und Stoßvorrichtung war der Einsatz dieser Fahrzeuge auf den Gleisen der Deutschen Reichsbahn nicht mehr gestattet. Der gezeigte Wagen war jedoch vor 1945 als Reichsbahnkesselwagen eingestellt.

Der Kessel des Wagens und Teile des Untergestelles sind im Original erhalten, das Laufwerk wurde im Jahr 1971 von Gleit- auf Rollenlagerradsätze umgebaut.

Hauptabmessungen

Länge über Puffer : 8800 mm
 Wagenhöhe über SO : 3000 mm
 Wagenbreite (max.) : 2840 mm
 Radstand : 4000 mm

Technische Daten

Höchstgeschwindigkeit: 30 km/h
 max. Lademasse : 15,0 t
 Eigenmasse : 8150 kg
 Kesselinhalt : 8800 l
 Entleerung : 2 Kükenhähne NW 100

Baujahr: 1911

Hersteller: Waggonbaufabrik AG, vorm. P. Herbrand u. Co., Cöln-Ehrenfeld

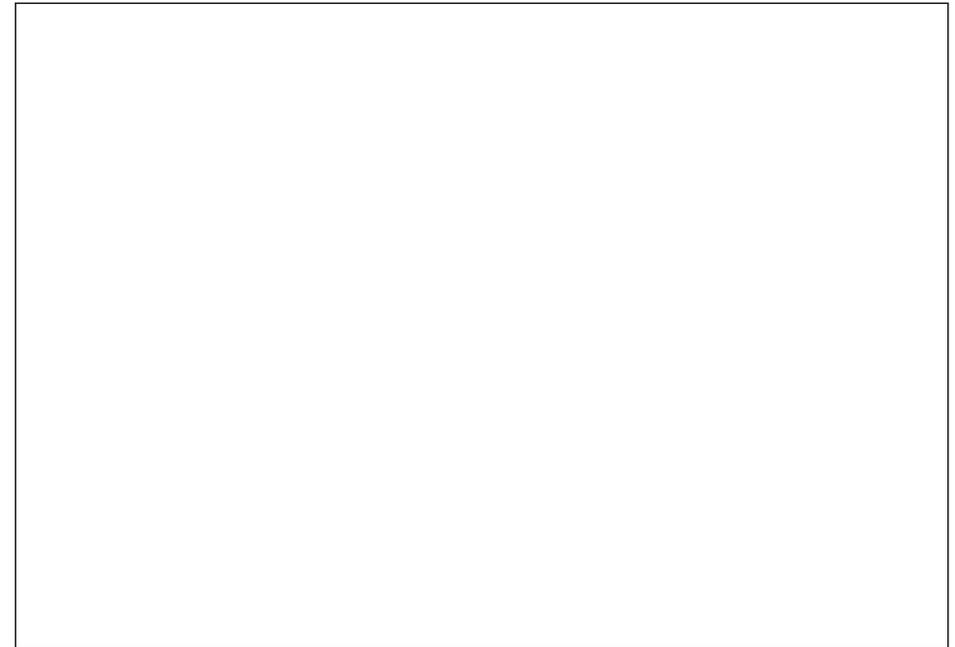


Bild 5 Zweiachsiger Kohlewagen, Gattung Fpp

Diese Spezialfahrzeuge sind bis zum Juni 1993 zur Versorgung der Kraftwerke der Leuna-Werke mit Rohbraunkohle aus dem Geiseltaler Braunkohlerevier eingesetzt worden. Es wurden stets zwei Fahrzeuge miteinander als Doppelwagen kurzgekuppelt.

Die Züge verkehrten mit leunaeigenen Lokomotiven zwischen dem Kohlebahnhof Neumark und den Leuna-Werken.

Die Beladung erfolgte unter dem Bagger im Tagebau direkt in die Wagen, die Entleerung geschah durch das Öffnen der mittig angeordneten Bodenklappen direkt in die Bunkeranlage der Kraftwerke. Ein Teil der Fahrzeuge wurde auch in den Braunkohletagebauen zur Stabilisierung der Gleise eingesetzt, da durch die mittige Bodenöffnung Kies direkt auf das Gleis zur Verfestigung aufgebracht werden konnte.

Hauptabmessungen (Doppelwagen)

Länge über Puffer : 12700 mm
 Wagenhöhe über SO : 3400 mm
 Wagenbreite (max.) : 3090 mm
 Radstand pro Wagen : 4000 mm

Technische Daten

Höchstgeschwindigkeit : 60 km/h
 max. Lademasse : 20,0 t
 Eigenmasse pro Wagen : 10,8 t
 Lademenge pro Wagen : 28,0 m³
 Bremsbauart : Hildebrandt-Knorr (Hik)

Baujahr: 1939

Hersteller: Waggonbaufabrik Talbot, Aachen

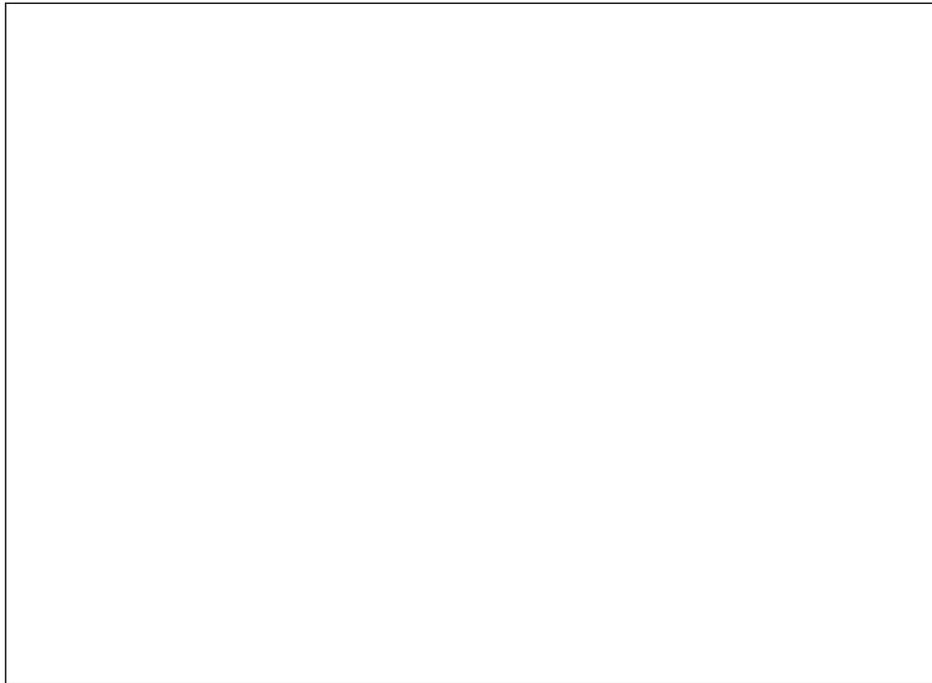


Bild 6 Der Vorsitzende des SCI e.V., Prof. Dr. Krug (1. v.r.), bei der Übergabe des Chemiezuges an den Oberbürgermeister der Stadt Merseburg, Dr. Glietsch (2. v.r.), am 5. November 1998
Im Hintergrund: Zweiachsiger Chemiebehälterwagen Uc-y

Das Fahrzeug ist geeignet zum Transport von staubförmigen, aber auch körnigen Ladegütern mit besonders hohem Reinheitsgrad und äußerst geringem Feuchtigkeitsgehalt.

Die Chemischen Werke Buna - Stammwerk Schkopau - nutzten das Fahrzeug, um Transporte zu Großverbraucher realisieren zu können. Es waren 124 Stück Uc-y -Fahrzeuge für das Stammwerk im Einsatz.

Transportierte Produkte: pulverförmiges PVC (PVC/S, PVC/E)
Polyacrylnitril PAN
körniges Hochdruckpolyäthylen HDPE (NDPE)

Die Beladung erfolgte von oben über die jeweilige Behälteröffnung (Behälterdom), die Entleerung erfolgte von unten über den jeweiligen Gewindeanschlußstutzen.

Hauptabmessungen

Länge über Puffer : 12149 mm
Wagenhöhe über SO : 4205 mm
Wagenbreite (max.) : 3120 mm
Achsstand : 8200 mm
lichter Durchm. d. Domes : 500 mm

Technische Daten

Höchstgeschwindigkeit: 100 km/h
max. Lademassee : 28,0 t
Eigenmassee ca. : 12,0 t
Behälterwerkstoff : Al Mg 5
max. Betriebsdruck : 1,5 bar
Behälterinhalt insges. : 39,3 m³
Förderleitungsanschluß: 5 1/2" Whitworth-Außengewinde
Druckluftanschluß : Festkupplung C

Baujahr: 1965

Hersteller: Waggonbau Niesky

Seit der ersten Idee 1994 bis zur Verwirklichung sind mehr als 50 Monate vergangen. Die Organisatoren des SCI e.V. hatten eine Vielzahl von Aufgaben zu lösen und dabei rechtliche, finanzielle und materielle Probleme zu meistern. Mittel und Leistungen wurden vor allem durch

- die Maßnahme „Sicherstellung, Aufarbeitung und Aufstellung von Sachzeugen der chemischen Industrie“ der Leuna Sanierungsgesellschaft mbH,
- die Lotto-Toto GmbH Sachsen-Anhalt,
- die Stadtverwaltung Merseburg
- den SCI e. V.

erbracht.

Insgesamt waren ca. 125 TDM für

- die Bergung und Aufarbeitung der Fahrzeuge,
- die Herstellung der Fahrtauglichkeit und die Überführung der Fahrzeuge,
- die Erweiterung des Gleisbettes, der Gleise und Bahnsteigkante,
- die Gestaltung der Begleitflächen u. a.

erforderlich, wozu die Lotto-Toto GmbH Sachsen-Anhalt mit Zweckerträgen in Höhe von 30 TDM beitrug.

Die Fahrzeuge selbst sowie die erheblichen unbaren Leistungen des SCI e.V. bei der gesamten Organisation der Aufgaben sind in dieser Summe nicht enthalten.

An der Planung und Realisierung der vergebenen Leistungen waren vor allem beteiligt:

- die Deutsche Bahn AG mit den Geschäftsbereichen Netz (NL Südost), Bahnbau (NL Südost), Personenbahnhof Merseburg (Management),
- die Deutsche Bahn Immobiliengesellschaft mbH (NL Leipzig),
- die Leuna Sanierungsgesellschaft mbH,
- die KÖ Hebezeugtechnik GmbH, Merseburg,
- die K.A.F. Falkenhahn Baugesellschaft mbH, Teutschenthal,
- die INFRALEUNA Infrastruktur und Service GmbH,
- die BSL Olefinverbund GmbH, site Logistic, Schkopau,
- die Stadtverwaltung Merseburg, Dezernat für Bau und Wirtschaft,
- die Merseburger Baugesellschaft mbH
- die Firma ROESCH WERBUNG, Halle.

Prof. Dr. Hans-Joachim Hörig

Kolloquien

Seit seiner Gründung hat der Verein gemeinsam mit der Fachhochschule Merseburg nachstehend aufgeführte wissenschaftliche Kolloquien durchgeführt.

1994

1. 08. März 1994
Obering. Dipl.-Ing. O. MAUS, ehemals Buna AG Schkopau
"Technische Diagnostik - ein Beitrag zur Umweltentlastung"
(30 Teilnehmer)
2. 03. Mai 1994
Dipl.-Chem. H.-P. CHOWANITZ, Dr. R. HOCHHAUS, Dr. F. SLADEZCEK,
Dipl.-Ing. E. WACHE, Buna GmbH
"PVC - Für und Wider"
Ehrenkolloquium für Dr. A. ILOFF, Halle, einem Pionier der PVC - Produktion in Deutschland
(80 Teilnehmer)
3. 18. Oktober 1994
Dr. H. KESSLER, Dr. J. HERRMANN, ehemals Leuna-Werke AG,
"Die Entwicklung der Ammoniaksynthese in den Leuna-Werken - die technisch-technologische
Entwicklung der Ammoniakfabrik"
(60 Teilnehmer)
4. 15. Dezember 1994
Dipl.-Chem. F. BAUMANN, Leipzig
"Zur Geschichte der Kohleveredlungsprozesse in den Leuna-Werken und ihre ökologischen Folge-
erscheinungen"
Kurzvortrag anlässlich der Jahreshauptversammlung des Vereins
(70 Teilnehmer)

1995

5. 17. Januar 1995
Dipl.-Ing. E. ONDERKA, Dr. J. KÖLLER/Leuna-Raffinerie-Gesellschaft mbH
"Zur Geschichte der Kohlehydrierung in den Leuna-Werken"
(60 Teilnehmer)
6. 09. Februar 1995
Dr. D. STOLTZENBERG, Autor der HABER-Biografie, Hamburg
"Fritz HABER - der chemische Krieg, das Völkerrecht und die allgemeine öffentliche Verurteilung"
(70 Teilnehmer)
7. 30. März 1995
Dr. J. DASSLER, Geschäftsführer Leuna-Werke GmbH
"Zur Geschichte der Leuna-Werke"
(80 Teilnehmer)

8. 27. April 1995
Dipl.-Vw. R. SCHADE, Stadtarchivar der Stadt Leuna
"Die Gesellschaftsbauten von IG-Farben und Zweckverband/Gemeinde Leuna bis 1945"
(30 Teilnehmer)
9. 01. Juni 1995
Obering. Dipl.-Ing. W. KARL, ehemals Leuna-Werke AG
"Einige historisch-technische Entwicklungen aus der Energiewirtschaft der Leuna-Werke"
(35 Teilnehmer)
10. 22. Juni 1995
Obering. Dipl.-Ing. K. SCHARFE, ehemals Buna AG
"Die Entwicklung der Elektrotechnik in der chemischen Industrie Mitteldeutschlands"
(50 Teilnehmer)
11. 17. August 1995
Dr. R. AUST, Dr. J. SCHAFFER; Buna GmbH
"Polymere im Wechselspiel zwischen Natur- und Kunststoffen"
anlässlich der gemeinsamen Ausstellung mit dem KMV Düsseldorf von Juni bis Oktober 1995 im
Schloßmuseum Merseburg (KMV = Kunststoffmuseumsverein)
(65 Teilnehmer)
12. 21. September 1995
Dr. W. SCHEPERS, Kustos für Design am Kunstmuseum Düsseldorf
"Kunststoffe in Form-Designgeschichte als Werkstoffgeschichte"
Ausstellung im Schloßmuseum Merseburg
(35 Teilnehmer)
13. 09. November 1995
Dr. D. SCHNURPFEIL, Buna GmbH
"Zur Geschichte der Acetylenchemie in den Chemischen Werken Buna"
(75 Teilnehmer)
14. 07. Dezember 1995
Vortrag anlässlich der Jahreshauptversammlung 1995 von Dr. V. UHLIG, Geschäftsführer des VCI,
LV Ost
"Stand und Entwicklungsperspektiven der chemischen Industrie in den neuen Bundesländern"
(90 Teilnehmer)

1996

15. 18. Januar 1996
Dipl.-Ing. A. OHSE, Geschäftsführer Mitteldeutscher Umwelt- und Technik Park e. V., Zeitz
Mitteldeutsche Industriekultur (DIA-Vortrag)
(70 Teilnehmer)

16. 15. Februar 1996
Prof. Dr. K. LADENSACK, zuletzt TH Merseburg, Halle
"DDR-Manager der Kombinate im Einsatz vor und nach der Wende"
(80 Teilnehmer)
17. 21. März 1996
Dipl.-Vw. R. SCHADE, Stadtarchivar der Stadt Leuna
"75. Jahrestag der Märzkämpfe in Leuna"
(70 Teilnehmer)
18. 18. April 1996
Dr. H. ALBRECHT, zuletzt BSL Olefinverbund GmbH, Werk Schkopau
"Die Geschichte der Entwicklung des Synthesekautschuks in Schkopau"
(110 Teilnehmer)
19. 23. Mai 1996
Bart GROOT, Geschäftsführer der BSL Olefinverbund GmbH
"Ein Unternehmen im Wandel"
(90 Teilnehmer)
20. 20. Juni 1996
Dipl.-Ing. J. EHMKE, Merseburg, SCI e. V.
"Beispiele zu Auftragskunst und Laienschaffen in der chemischen Industrie als Ausdruck sozialistischen Mäzenatentums"
(65 Teilnehmer)
21. 19. September 1996
Dr. H. KNOCHENHAUER, zuletzt Haupttechnologe des BKK "Geiseltal", Merseburg
"Zur Geschichte des Braunkohlebergbaues im Geiseltal"
(80 Teilnehmer)
22. 17. Oktober 1996
Obering. Dipl.-Ing. K. ANNACKER, vormals Kraftwerksleiter der Chemischen Werke Buna, Schkopau
"Die Entwicklung der Kraftwerke in den Chemischen Werken Buna Schkopau"
(80 Teilnehmer)
23. 21. November 1996
Dipl.-Chem. H.-D. NAGEL, vormals Leuna-Werke AG, Leuna
"Die Gartenstadt Leuna"
(55 Teilnehmer)
24. 05. Dezember 1996
Prof. Dr. Ch. HUBIG, Universität Leipzig
"Nachhaltigkeit als Thema angewandter Technikethik"
(76 Teilnehmer)

1997

25. 16. Januar 1997
Reinhart KROLL, Produktionsleiter, und Olaf WAGNER, Pressesprecher der Mitteldeutschen Erdöl-Raffinerie GmbH, Spergau
Baustellenbesichtigung und Vorträge zur Präsentation des Projektes Leuna 2000
(60 Teilnehmer)
26. 20. Februar 1997
Oberingenieur Heinz REHMANN, ehemals Buna AG, Schkopau
"Die Geschichte des Kalkwerkes Rübeland und seine Bedeutung für das Buna-Werk"
(70 Teilnehmer)
27. 20. März 1997
Dr. Horst SLADECZEK, ehemals Werksentwicklung Buna AG und Dipl.-Oec. Rolf DONATH, ehemals Controlling BSL Olefinverbund GmbH, Werk Schkopau
"Plan und Wirklichkeit - die Realität des Wirtschaftens im Buna-Kombinat"
(75 Teilnehmer)
28. 17. April 1997
Dipl.-Ing. Wolfgang MERTSCHING, ehem. Addinol Mineralöl GmbH Lützkendorf, Merseburg
"60 Jahre Mineralölwerk Lützkendorf"
(90 Teilnehmer)
29. 15. Mai 1997
Dipl.-Vw. Ralf SCHADE, Archivar der Stadt Leuna, Leuna
"80 Jahre Zweckverband Leuna - Probleme der Verwaltung zwischen Ort und Werk"
(25 Teilnehmer)
30. 19. Juni 1997
Martin PABST, Cuxhaven
"Die Arbeiterziehungslager Spergau und Zöschen im 2. Weltkrieg - Ausbeutung und Unterdrückung ausländischer Arbeitskräfte im Kreis Merseburg"
(80 Teilnehmer)
31. 18. September 1997
Dr. med. Frank SLADECZEK, Leiter des werksärztlichen Dienstes, BSL Olefinverbund GmbH, Werk Schkopau
"Werksärztliche Betreuung im Wandel der Zeiten am Standort Schkopau"
(35 Teilnehmer)
32. 16. Oktober 1997
Dipl.-Ing. Dieter SCHEIL und Dipl.-Ing. Werner SCHREIBER, BSL Olefinverbund GmbH, Werk Schkopau
"Entsorgungssysteme auf dem Territorium der ehemaligen Chemischen Werke Buna Schkopau früher und heute"
(40 Teilnehmer)

33. 20. November 1997
Dr. A. SCHROETER, Geschäftsführer der Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH, Büro Halle
"Zu umwelt- und hydrogeologischen Problemen der Bergbausanierung im Geiseltal"
(100 Teilnehmer)

1998

34. 15. Januar 1998
Prof. Dr. Karl-Heinz BERGK, Geschäftsführer Stern-Waschmittel Reichardtswerben
"Die Wende und die Waschmittel - eine historische Betrachtung der letzten 10 Jahre"
(85 Teilnehmer)
35. 19. Februar 1998
Dr. Wolfgang KUBAK, DGPh, Freischaffender Designer, Merseburg
"Mitteldeutsche Beiträge zur Fototechnik und -industrie"
(80 Teilnehmer)
36. 19. März 1998
Dr. Jürgen KOPPE, Geschäftsführer MOL Katalysatortechnik GmbH Mücheln, Schkopau
"Zur Geschichte der heterogenen Katalyse"
(75 Teilnehmer)
37. 16. April 1998
Obering. Dipl.-Ing. Louis LENZ, zuletzt SKW Piesteritz, Apollensdorf
"Die Entwicklung der Stickstoffindustrie"
(80 Teilnehmer)
38. 28. Mai.1998
Hans-Joachim PLÖTZE, Mitarbeiter des Bundesbeauftragten für die Unterlagen des Staatssicherheitsdienstes der ehemaligen DDR Sachsen-Anhalt, Halle
"Das Chemiedreieck im Bezirk Halle aus der Sicht des MfS"
(110 Teilnehmer)
39. 18. Juni.1998
Prof. Dr. Johannes BRIESOVSKY, ANA GmbH Merseburg, Merseburg
"90 Jahre Vakuumtechnik aus Merseburg"
(50 Teilnehmer)
40. 17. September 1998
Dr. Heinz GRÖNE, Ehrenvorsitzender der Deutschen Kautschuk-Gesellschaft, vormals Geschäftsführer der Buna Werke Hüls GmbH, zuletzt Bayer AG, Marl
"Die Entwicklung der Kautschukindustrie in der BRD nach dem 2. Weltkrieg"
(90 Teilnehmer)

41. 15. Oktober 1998
Dr. Horst BARA, ehemals Ministerium für Chemische Industrie der DDR, Berlin
"Polymerwerkstoffe der DDR - die Diskrepanz zwischen Forschung und Realisierung"
(90 Teilnehmer)

42. 19. November 1998
Dr. Peter RICHTER, zuletzt Leuna-Werke AG, Halle
"60 Jahre Ethylen in Leuna"
(85 Teilnehmer)

1999

43. 21. Januar 1999
Dipl.-Chem. Helmut HIMMSTÄDT, zuletzt Leuna-Werke AG, Leuna und
Dr. Jürgen SCHAFFER, Investitionsvorbereitungsgesellschaft mbH Schkopau, Halle und
Dipl.-Volksw. Ralf SCHADE, Stadtarchivar Leuna, Leuna
"Butter aus Kohle - Vision und Realität in Leuna"
Der Vortrag ist gekoppelt mit einer Ausstellung zu NS-Umgestaltungskonzepten für ein Groß-Leuna
(110 Teilnehmer)
44. 18. Februar 1999
Jürgen JANKOFSKY, Schriftsteller aus Leuna
"Neues von Walter Bauer, der Stimme aus Leuna"
(75 Teilnehmer)
45. 18. März 1999
Dipl.-Ing. Aribert WEIGELT, Leiter des Planungsamtes Merseburg, Halle
"Aktueller Planungsstand der neuen überregionalen Verkehrswege im LK Merseburg-Querfurt"
"Alte Fernverkehrswege zwischen Unstrut und Pleiße und ihr Einfluß auf die städtebauliche Raumbildung"
(120 Teilnehmer)
46. 15. April 1999
Berging. Karl-Heinz GÖTZ, zuletzt Verbundnetz Gas AG Leipzig, Angersdorf
"Entstehung und Betrieb des Untergrundspeichers Bad Lauchstädt"
(100 Teilnehmer)
47. 20. Mai 1999
Dr. Günter GRÜNZIG, zuletzt Chemie AG Bitterfeld, Bitterfeld
"Walter RATHENAU - zur Geschichte der Chlorchemie in Bitterfeld"
(65 Teilnehmer)
48. 17. Juni 1999
Dr. Wolfgang PÖGE, zuletzt BSL Olefinverbund GmbH Schkopau, Halle
"Heinzelmännchen des Alltags - zur Geschichte der Polymerdispersionen i.d. Chem. Werken Buna"
(60 Teilnehmer)

Weiterhin sind für 1999 folgende Kolloquien vorgesehen:

49. 23. September 1999
 Dr. Rudolf MIRSCH, zuletzt Haupttechnologe im Werk Bergbau Eisleben (Kupferschiefer), Eisleben
 "Das Wunder von Lengede" Bericht über eine dramatische Rettungsaktion vor 36 Jahren (1963), ergänzt durch ein Video zum Geschehen vor Ort und Diskussion mit Zeitzeugen
50. 28. Oktober 1999
 Prof. Dr. sc. Klaus KRUG, Vorsitzender des SCI e.V., Merseburg
 "100 Jahre Promotionsrecht an den Technischen Hochschulen Deutschlands - der Gnadenerlaß des Kaisers vom 11. Oktober 1899"
51. 18. November 1999
 Dr. Günter KNERR, Hauptabteilungsleiter im Deutschen Museum München, Hohenlinden
 "Konzeption zum Deutschen Chemie-Museum Merseburg"

Mitgliederverzeichnis (Stand Juli 1999)

Korporative Mitglieder

Mitglied	vertreten durch	Mitglied seit
Stadtverwaltung Merseburg	Oberbürgermeister Herr Dr. Glietsch, Jürgen	Februar 1994
Bildungsverbund Chemie u. Technik e. V. Halle (BVCT)	Geschäftsführer Herr Dr. Schmidt, Frank	Februar 1994
Kreisverwaltung Merseburg-Querfurt	Beauftragte des Landrates Frau Krehan, Ingrid	März 1994
Fachhochschule Merseburg	Rektorin Frau Prof. Dr. Wanka, Johanna	April 1994
Interessengemeinschaft Bildung Leuna-Merseburg e. V.	Geschäftsführer Herr Dr. Brandl, Harald	Mai 1994
Verband der chemischen Industrie/ Landesverband Nordost, Berlin	Geschäftsführer Herr Dr. Uhlig, Volkhard	Mai 1994
Buchhandlung Gondrom Halle	Geschäftsführer Herr Grätz, Georg	Juni 1994
Merseburger Innovations- und Technologiezentrum (MITZ)	Geschäftsführer Herr Dr. Schmidt, Bernd	Juli 1994
Buchhandlung Stollberg Merseburg	Geschäftsführer Herr Müller, Hartmut	Juli 1994
Kunststoff-Museums-Verein Düsseldorf	Geschäftsführer Herr Erdmann, Günther	August 1994
ORGA CONCEPT Bürotechnik GmbH, Schkopau	Prokurist Herr Dipl.-Ing. Meyer, Joachim	Oktober 1994
Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie Heidelberg	Geschäftsführer der Bezirksverwaltung Halle Herr Ass. Holtstraeter, Reinhard	März 1995
ROESCH WERBUNG Halle	Inhaber Herr Roesch, Reinhart	Oktober 1995
Stadtverwaltung Leuna	Bürgermeisterin Frau Dr. Hagenau, Dietlinde	April 1996
DECHEMA e.V. Frankfurt/Main	Geschäftsführer Herr Prof. Dr. Kreysa, Gerhard	Dezember 1996
Verwaltungsgemeinschaft Saale-Elster-Aue, Trägergemeinde Schkopau	Bürgermeister Herr Dipl.-Ing. Albrecht, Detlev	Januar 1997
VDI e.V. Hallescher Bezirksverein	Vorsitzender Herr Dr. Oertel, Ronald	Dezember 1996
Kreissparkasse Merseburg-Querfurt	Vorstandsvorsitzender Herr Dr. Spielhagen, Volkhard	September 1997
Infrastruktur und Service GmbH Leuna	Geschäftsführer Herr Dipl.-Ing. (FH) Kraus, Walter	November 1997

Korporative Mitglieder

Mitglied	vertreten durch	Mitglied seit
Luftfahrt- und Technik Museumpark Merseburg e.V.	1. Vorsitzender Herr Schönau, Diethard	Oktober 1998
Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen	Geschäftsführer Herr Dr. Hansel, Karl	Februar 1999
Internationaler Freundes-, Förderer- und Arbeitskreis sowie Historische Präsenz-Bibliothek zur Geschichte der Chemie, der Pharmazie, der Landwirtschaft, der Technologie und des Handels	Geschäftsführer Herr Lewicki, Wilhelm	Mai 1999
Heimatverein Leuna e.V.	Vorsitzender Herr Dipl.-Chem. Nagel, Hans-Dieter	Mai 1999

Natürliche Mitglieder

Titel, Name, Vorname, Ort	Titel, Name, Vorname, Ort
Dipl.-Ing. Abele, Thomas, Moers	Daute, Birgit, Dornstedt
Dr. Adler, Peter, Kötschlitz	Dr. Diederichs, Henning, Maintal
Dipl.-Arch. Ahlefeld, Gabriele, Halle/Saale	Dr. Dietzsch, Klaus, Bad Dürrenberg
Dr. Albrecht, Hubert, Luppenau	Döbel, Hans-Joachim, Halle/Saale
Dipl.-Ing. Altmann, Erich, Merseburg	Dr. Dorias, Heinz, Haren/Ems
Ob.-Ing. Anacker, Kurt, Schkopau	Dipl.-Phys. Dreizner, Harry, Leuna
Dr. Aust, Rudolf, Schkopau	Prof. Dr. Drevs, Helmuth, Schochwitz
Dipl.-Ök. Bärwinkel, Oswald, Böhlitz-Ehrenberg	Dipl.-Ing. Eckhardt, Rose-Marie, Bad Dürrenberg
Dr. Bara, Horst, Berlin	Dipl.-Ing. Ehmke, Jochen, Merseburg
Dipl.-Chem. Bauermeister, Jürgen, Halle/Saale	Dipl.-Ing. Eichner, Christian, Halle/Saale
Dipl.-Chem. Baumann, Frank, Leipzig	Dr. Eichner, Steffen, Merseburg
Dipl.-Ing. Baume, Rudolf, Merseburg	Erdmann, Günther, Düsseldorf
Ing. Bednarzik, Werner, Schkopau	Dipl.-Ing. Exner, Klaus, Halle/Saale
Behnke, Günther, Schkopau	Dipl.-Chem. Falke, Rolf, Schkopau
Dr. habil. Becker, Karl, Leuna	Prof. Dr. Fanghänel, Egon, Halle/Saale
Prof. Dr. Bergk, Karl-Heinz, Weißenfels	Fillmann, Werner, Hilchenbach
Chem.-Ing. Bergmann, Walter, Schkopau	Dipl.-Ing. Foja, Bernd, Halle/Saale
Prof. Dr. Bischof, Claus, Teltow	Prof. Dr. Fratzscher, Wolfgang, Halle/Saale
Prof. Dr. Bittrich, Joachim, Merseburg	Chem.-Ing. Freyhof, Heinz, Schkopau
Dipl.-Ing. Blech, Uwe, Halle/Saale	Dr. Gärtner, Peter, Schkopau
Dipl.-Chem. Bochmann, Dieter, Halle/Saale	Dr. Gena, Heinz, Leuna
Dipl.-Phys. Bökelmann, Lothar, Schkopau	Dr. Gerecke, Jochen, Halle/Saale
Dipl.-Chem. Bonke, Hans-Dieter, Merseburg	Dr. Glietsch, Jürgen, Merseburg
Dr. Brandl, Harald, Leuna	Dipl.-Ing. Götting, Carmen, Halle/Saale
Dipl.-Ök. Bräutigam, Ernst, Halle/Saale	Dr. Gröne, Heinz, Marl
Prof. Dr. Briesovsky, Johannes, Merseburg	Ing. Groß, Wolfgang, Leuna
Dipl.-Ing. Bringezu, Horst, Halle/Saale	Dr. Grünzig, Günter, Bitterfeld
Dr. Collin, Gerd, Duisburg	Ing. Haefner, Jürgen, Schkopau
Czepluch, Winfried, Halle/Saale	Dr. Hager, Werner, Halle/Saale
Dipl.-Ing. Dähne, Gerhard, Leuna	Dr. Hampel, Otto, Leuna

Titel, Name, Vorname, Ort

Prof. Dr. Hartmann, Horst, Merseburg
 Dr. habil. Heberer, Henning, Merseburg
 Dipl.-Ing. Hecht, Siegfried, Halle/Saale
 Dipl.-Ing. Heilbronner, Hartmut, Halle/Saale
 Dipl.-Ing. Heilemann, Udo, Leißling
 Dr. Heise, Karin, Merseburg
 DI (FH) Hergeth, Eduard, Lochau
 Herrmann, Alfred, Merseburg
 Prof. Hesse, Kurt, Düsseldorf
 Dr. Heuer, Tilo, Kötzschau
 Dipl.-Chem. Himmstädt, Helmut, Leuna
 Hirsch, Hans, Böhlen
 Dipl.-Ing. Hirschfeld, Hans-Jürgen, Merseburg
 Dr. Hochhaus, Rolf, Salzwedel
 Prof. Dr. Hörig, Hans-Joachim, Merseburg
 Dr. Hoffmann, Klaus, Halle/Saale
 Dipl.-Ing. Hölzel, Gerhard, Bad Dürrenberg
 Prof. Dr. Hradetzky, Gerd, Merseburg
 Ob.-Ing. Hübner, Herbert, Schkopau
 Dipl.-Ing. Jacke, Horst, München
 Ing. Jahn, Horst, Merseburg
 Dipl.-Ing. Jahnke, Jürgen, Lieskau
 Dipl.-Chem. Janka, Wolfgang, Merseburg
 Jankowsky, Jürgen, Leuna
 Dr. Janson, Bernd, Merseburg
 Dr. Just, Gerhard, Halle/Saale
 Dr. Keßler, Horst, Merseburg
 Dr. Kiermeyer, Jürgen, Schkopau
 Dr. Kind, Rudolf, Merseburg
 Dipl.-Ing. Kirst, Ulrich, Leuna
 Kirsten, Wolfgang, Schkopau
 Ing. Kitzing, Steffen, Bad Dürrenberg
 Dr. rer. nat. Kleemann, Werner, Bad Saarow-Piesko
 Dipl.-Ing. Klein, Heinz, Merseburg
 Dipl.-Ing. Koch, Eberhard, Taucha
 Dr. Köhler, Hans, Berlin
 Dr. Köller, Jörg, Leuna
 Dipl.-Chem. Körner, Theodor, Schkopau
 Prof. Dr. Krug, Klaus, Merseburg
 Prof. Dr. Kunze, Robert, Grimma
 Dipl.-Ing. Landskron, Karl, Leuna
 Dipl.-Chem. Lehmann, Hans-Dieter, Halle/Saale
 Dipl.-Ing. Lenz, Louis, Apollensdorf
 Leuwer, Hans, Essen
 Dipl.-Ing. Lindner, Ludwig, Marl
 Lütkenhaus, Alfred, Essen
 Dipl.-Chem. Mätje, Helmut, Halle/Saale

Titel, Name, Vorname, Ort

Dr. Marquart, Hans-Wilhelm, Bergisch-Gladbach
 Dr. Mätschke, Hans-Georg, Schkopau
 Dr. Meerbote Evelyn, Gutenberg
 Dr. Meinicke, Klaus-Peter, Merseburg
 Dipl.-Ing. Mertsching, Wolfgang, Merseburg
 Dipl.-Ing. Milz, Karl-Heinz, Markkleeberg
 Kunsthist. Mittmann, Elke, Dessau
 Dr. Mühlhaus, Christoph, Halle/Saale
 Dipl.-Ing. Müller, Helga, Halle/Saale
 Dipl.-Chem. Nagel, Hans-Dieter, Leuna
 Ing. Neuber, Klaus, Bad Dürrenberg
 Dr. Noßke, Lutz, Schkopau
 Ing. Nowak, Günther, Merseburg
 Dr. Oertel, Ronald, Merseburg
 Dipl.-Ing. Onderka, Erika, Halle/Saale
 Pastor Pabst, Martin, Cuxhaven
 Dipl.-Chem. Parschick, Roland, Leuna
 Ing. Paul, Horst, Merseburg
 Dr. Pfannmöller, Uwe, Halle/Saale
 Prof. Dr. Pippel, Lothar, Merseburg
 Dr. rer. nat. Pöge, Wolfgang, Halle/Saale
 Dipl.-Phys. Popp, Ernst, Schweina
 Prof. Dr. Pritzkow, Wilhelm, Merseburg
 Dr. Ramm, Peter, Merseburg
 Ing. oec. Reichel, Siegfried, Halle
 Ob.-Ing. Rehmman, Heinz, Schkopau
 Dr. Reusche, Wolfgang, Leverkusen
 Dipl.-Chem. Richter, Hans-Joachim, Schkopau
 Dipl.-Ing. Richter, Hartmut, Wallendorf
 Dr. Richter, Peter, Halle/Saale
 Dr. Richter, Karl-Heinz, Leuna
 Dr. Richter, Siegfried, Halle/Saale
 Dr.-Ing. Rieger, Wolfgang, Merseburg
 Röhr, Christian, Bad Dürrenberg
 DI Oec. Rosche, Harald, Halle/Saale
 Dipl.-Ing. Rost, Reinhard, Schkopau
 Dr. Rühle, Rosemarie, Merseburg
 Dipl.-Vw. Schade, Ralf, Leuna
 Dr. Schaffer, Jürgen, Halle/Saale
 Dr. Scharf, Heinz, Merseburg
 Ob.-Ing. Scharfe, Karl, Schkopau
 Schlinkert, Andreas, Niederndodeleben
 Dr. Schmidt, Frank, Halle/Saale
 Prof. Dr. Schmidt, Harald, Linz
 Dipl.-Ing. Schmidt, Karl-Heinz, Merseburg
 Dipl.-Ing. Schneider, Siegfried, Merseburg
 Dr. Schmittfincke, Rudolf, Halle/Saale

Mitteilungen aus dem Verein

Titel, Name, Vorname, Ort

Dr. habil. Schnurpfeil, Dieter, Langeneichstädt
Dipl.-Ing. Schreiber, Eberhard, Halle/Saale
Dipl.-Chem. Schobeleiter, Dieter, Merseburg
Dr. rer. nat. Scholz-Weigl, Sigrid, Marl
Dipl.-Wirt. Schreyer, Fred, Bad Lauchstädt
Dipl.-Vw. Schug, Wolfgang, Merseburg
Dr. Schütz, Ulrich, Halle/Saale
Dipl.-Chem. Schwarz, Heidrun, Zeitz
Dr. Seidel, Peter, Merseburg
Dr. Sladeczek, Horst, Halle/Saale
Dr. Späthe, Wolfgang, Bad Dürrenberg
Ing. Steinau, Wolfgang, Weißenfels
Dipl.-Chem. Steinhausen, Manfred, Holleben
Dipl.-Ing. Stierner, Uwe-Bernd, Merseburg
Dipl.-Ing. Stock, Günter, Schkopau
Ströfer, Holger, Beckum
Dipl.-Ing. Thoß, Martin, Halle/Saale
Chem.-Ing. Thümmler, Wolfgang, Leipzig
Dr. Uhlig, Volkhardt, Berlin
Dipl.-Ing. Vetterlein, Günter, Leipzig

Titel, Name, Vorname, Ort

Dipl.-Ing. Vogler, Jürgen, Halle/Saale
Dipl.-Ing. Weber, Hans-Joachim, Leuna
Dr. Wehner, Klaus, Leuna
Ing. Weichert, Helmut, Halle/Saale
Dipl.-Chem. Weise, Bernd, Halle/Saale
Prof. Dr. Weiß, Wolfram, Merseburg
Dr. Wendlandt, Hans-Peter, Merseburg
Wenzel, Karin, Merseburg
Werner, Hans-Hubert, Merseburg
Dipl.-Ing. Werner, Josef, Merseburg
Prof. Dr. Wiemann, Hans-Jürgen, Bennstedt
Obering. Winkelmann, Werner, Merseburg
Dr. Winkler, Friedrich, Merseburg
Dr. Winterstein, Michael, Teutschenthal
Dipl.-Chem. Wintzer Armin, Fichtenwalde
Dipl.-Ing. Wolf, Bernd, Halle/Saale
Dr. Zeising, Manfred, Schkopau
Dipl.-Chem. Zill, Wilfried, Dresden
Dipl.-Ing. Zosel, Fritz, Eckartsberga
Dipl.-Chem. Zschach, Hans-Jürgen, Halle/Saale

Quellenverzeichnis

Beitrag: Technische Diagnostik an elektrischen Betriebsmitteln ...

Bild 1	Kurswechsel, Artemis & Winkler Verlag München, 1992
Bild 2	VDI-Nachrichten-Magazin, Sonderheft, VDI-Verlag Düsseldorf, 1993
Bilder 4 - 8	BSL-Archiv
Bild 9	Haus der Technik Essen, Außenstelle Schkopau
Bilder 10, 14 u. 15	BSL-Archiv
Bilder 19 - 26	BSL-Archiv
Bild 29	BSL-Archiv
Bilder 34 - 39	BSL-Archiv
Bilder 41, 43 u. 45	BSL-Archiv
Bild 46	Kunstfaserwerk Guben
Bild 47	BSL-Archiv
Bild 48	PCK Schwedt
Bilder 49 u. 50	ABB Bad Honnef
Bilder 51 - 53	BSL-Archiv
Bilder 55, 56 u. 58	BSL-Archiv
Bild 59	Fachhochschule Merseburg

Beitrag: Transformatoren und Transformatorenwerkstatt ...

Bilder 1 - 18	BSL-Archiv
---------------	------------

Beitrag: Sachzeugen vorgestellt

Bilder 1, 3 u. 6	Dr. Wolfgang Späthe
Bilder 2, 4 u. 5	SCI e.V.