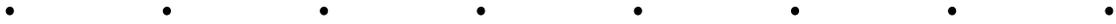




Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Jahresbericht 2001



*Mit freundlichen Grüßen überreicht von
Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz*



Kontakt:
BTU Cottbus
LS EVH
Karl Jannack Straße 2
03046 Cottbus
Tel.: 0049 – 355 – 69 –4502
Fax.: 0049 – 355 – 69 –4039
<http://www.evh.tu-cottbus.de>
Email: LSEVH@TU-Cottbus.de

⋮

Inhaltsverzeichnis

1. INSTITUT FÜR ENERGIETECHNIK.....	8
1.1. Ressourcengewinnung und –aufbereitung.....	9
1.2. Energiewandlung.....	9
1.3. Energieverteilung.....	10
1.4. Energieanwendung.....	12
1.5. Energiewirtschaft.....	13
1.6. Elektromagnetische Verträglichkeit.....	14
1.7. Regelungs- und Leittechnik	14
2. NEUE STUDIENMODELLE IN DER ENERGIETECHNIK	15
2.1. Industriegefördertes Kompaktstudium.....	15
2.2. Bachelor of Science	16
2.3. Master of Science.....	17
3. PERSONELLE BESETZUNG	22
4. LEHRE	23
4.1. Wintersemester	23
4.2. Sommersemester	25
5. FORSCHUNGSPROJEKTE	28
5.1. Pulsbasierte EMV-Prüfmethode SYS.T.E.M.P.	28
5.2. Erarbeitung eines EMV-Konzeptes für Kraftwerke.....	29
5.3. Optischer Spannungswandler.....	30
5.4. Einsatz optischer Stromwandler in EV-Netzen	32
5.5. Elektro-optische Spannungsmesssysteme	34
5.6. Prüfung von Hochspannungsdurchführungen	36

5.7.	Schutzrelaisprüfung.....	37
5.8.	Ortung von Erdschlüssen.....	39
5.9.	Temperaturverteilung in Großtransformatoren.....	40
5.10.	CargoLifter Test Series 3	42
5.11.	Langzeit-Klimaprüfung an MS-Schaltanlagen.....	44
5.12.	Dimensionierung von Hochspannungs-Messgeräten.....	45
6.	PRÜF- UND MESSEINRICHTUNGEN.....	47
6.1.	Räumlichkeiten.....	47
6.2.	Wechselspannungsprüftechnik	47
6.3.	Wechselspannungsmesstechnik	47
6.4.	Wechselstrommess- und prüftechnik	48
6.5.	Gleichspannungsmess- und prüftechnik.....	48
6.6.	Stoßspannungsmess- und prüftechnik.....	49
6.7.	Klimakammer	49
6.8.	Optiklabor.....	49
6.9.	Elektroniklabor	50
6.10.	EMV-Labor	50
6.11.	Wandlermessplatz	50
6.12.	Netzanalyselabor.....	51
6.13.	Software.....	51

⋮

Vorwort

Sehr geehrte Freunde des Lehrstuhles Energieverteilung und Hochspannungstechnik,

mit großer Freude erlaube ich mir, Ihnen einen Jahresbericht zu überreichen, der die Aktivitäten meines Lehrstuhles im Jahr 2001 zusammenfasst.

Nach der Aufbauphase in den Jahren 1995-99 und einem Jahr der Konsolidierung in 2000 war das Jahr 2001 geprägt durch eine Evaluationsphase zu Beginn des Jahres, der 10-Jahresfeier im Juli und einer weiteren Evaluation gegen Ende des Jahres.

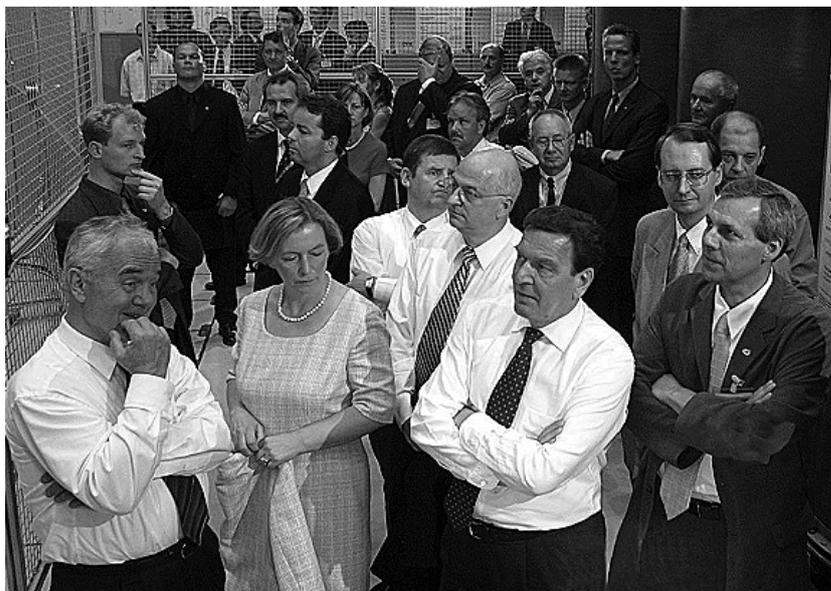


Abbildung 1: Bundeskanzler Schröder anlässlich der 10-Jahresfeier der BTU in der Hochspannungshalle (Foto: CargoLifter)

So galt es in den ersten Wochen des Jahres den Besuch des Wissenschaftsrates vorzubereiten. Im Rahmen dieses Besuches am 8./9.2.2001 wurde alle Fakultäten bezüglich ihrer Entwicklung in den zurückliegenden Jahren sowie ihrer strategischen Ausrichtung für die Zukunft detailliert analysiert. Hierin eingebunden war auch eine Voranalyse durch das Zentrum für Hochschulentwicklung. Erste Erkenntnisse aus beiden Besuchen wurden im Laufe des Jahres in den Fakultätsentwicklungsplan bis 2007 eingearbeitet. Zum Abschluss des

Jahres erfolgte dann noch eine weitere Evaluation durch den Landeshochschulrat.

Da ich seit Beginn des Jahres als eine meiner „Nebentätigkeiten“ das Amt des Prodekanes begleite, waren diese Ereignisse mit einem nicht unerheblichen Zeitaufwand verbunden. Dennoch muss rückblickend gesagt werden, dass die Strukturen, Profile und Ausrichtungen innerhalb der Fakultät nach der Einarbeitung der Evaluationsergebnisse deutlich klarer sind.

Auch mit erheblichem organisatorischem Aufwand verbunden war die Vorbereitung derjenigen Teile der Fakultät, die zur 10-Jahres Feier der BTU im Juli beitrugen. Da die Festrede von Bundeskanzler Schröder gehalten wurde, stieg das Maß der im Vorfeld abzuklärenden Dinge spürbar über das einer „normalen“ Großveranstaltung hinaus. Aus Sicht des Lehrstuhles war dieser Mehraufwand vor allem deshalb gerechtfertigt, da der Bundeskanzler bei seinem Campusrundgang insgesamt vier Lehrstühle besichtigte, wozu auch die Hochspannungshalle mit dem damals gerade im Test befindlichen 10 Meter Modell des CargoLifter-Luftschiffes gehörte.

Ebenfalls einen wesentlichen Schritt vorangekommen ist das Projekt des Lehrstuhles zur EMV-Störfestigkeitsprüfung von Schienenfahrzeugen. Eine erste Pilotanlage im Originalmaßstab konnte im Oktober in Betrieb gehen und der erste Test mit einer vollständig modernisierten Kohlebahn-Lokomotive fand im Dezember statt. Ein Aufbau der Versuchsanlage im Bereich der Deutschen Bahn AG ist für das Frühjahr 2002 in der Nähe des DB-Werkes Cottbus in enger Abstimmung mit dem Forschungs- und Technologiezentrum der DB in München geplant.

Besonders schwierig war die Bewältigung eines erheblichen Personalumbruches im Bereich der wissenschaftlichen Mitarbeiter. Bedingt durch den nahezu zeitgleichen Start der Planstellenmitarbeiter und durch das Auslaufen von Finanzierungen für Drittmittelpersonal galt es, insgesamt 6 Mitarbeiter neu abzusichern oder neu einzustellen.

Im Bereich der Lehre wurden neue Studienmodelle sowohl in der Fakultät als auch im Institut für Energietechnik diskutiert, mit dem Plan, diese in einem ersten Schritt im Bereich der elektrischen Energietechnik voranzutreiben. Geplant sind ein vollwertiges Diplomstudium in kompakter Form, d.h. in einer Regelstudienzeit von 8 Semester, sowie mehrere Bachelor of science in 6 Semester und ein internationales Master-Studium zusammen mit der Universität

Wroclaw und einer US-Universität. Insgesamt hat sich die neu begonnene Zusammenarbeit mit der Universität Wroclaw sehr positiv entwickelt und war durch je zwei Besuche in Wroclaw bzw. Cottbus geprägt.

Ich hoffe, dass dieser Jahresbericht Ihnen einen kleinen Eindruck der Aktivitäten meines Lehrstuhles vermittelt hat.

Mit den besten Wünschen für das kommende Jahr, auch im Namen meiner Kollegen und Mitarbeiter, möchte ich deshalb schließen und verbleibe

Mit freundlichen Grüßen

Harald Schwarz

1. Institut für Energietechnik

Profil und Ausbau

Energieeffiziente Systeme bezeichnet einen fakultätsübergreifenden Forschungsschwerpunkt der BTU Cottbus. Zentrales Thema ist die effiziente umweltschonende, wirtschaftliche und sichere Bereitstellung und Nutzung von Energie. Lehrstühle aller vier Fakultäten der BTU liefern einzeln oder in Kooperation wichtige Beiträge zu diesem Forschungsschwerpunkt.



Abbildung 2 Kraftwerk Jänschwalde

Ein wesentlicher Teil der Arbeit erfolgt in enger Kooperation mit dem Energieressourcen-Institut e.V. (ERI). Mitglieder des ERI sind die BTU Cottbus, das Land Brandenburg, die Stadt Cottbus, eine Reihe von Firmen und Institutionen sowie Einzelpersonen. Zu den Aufgaben des ERI zählen anwendungsnahe FuE-Arbeiten einschließlich des damit unterstützten Technologietransfers. Das ERI betreibt auch eigene Versuchsanlagen für FuE-Zwecke.

Eine besonders enge Verzahnung des ERI besteht mit dem Institut für Energietechnik der BTU Cottbus. Laboreinrichtungen als auch FuE-Arbeiten sind aufeinander abgestimmt. Daher werden die FuE-Aktivitäten beider Einrichtungen nachfolgend zusammen dargestellt, insbesondere auch, da die wissenschaftliche Leitung der einzelnen Fachbereiche in Personalunion erfolgt.

Die in der Grafik auf der folgenden Seite fettgedruckt kursiv dargestellten Ausbauplanungen betreffen dagegen nur das Institut für Energietechnik.

1.1. Ressourcengewinnung und –aufbereitung

Biomasseproduktion

BTU und ERI beschäftigen sich mit der Erzeugung von Biomasse durch Alley-Cropping (Fakultät 4) auf Rekultivierungsflächen und als alternative Landnutzungsform. Am Institut für Energietechnik wird unter anderem die thermische Verwertung der Biomasse zur dezentralen Energieversorgung untersucht (Vergasung, Co-Verbrennung mit Braunkohle).

Drucktrocknung von Braunkohle (Planung)

BTU und ERI planen gemeinsam mit industriellen Partnern die Errichtung einer Komponententestanlage zur druckaufgeladenen Dampfwirbelschichttrocknung von Braunkohle. Mit dieser Anlage sind mehrjährige Untersuchungen geplant, um den Wirkungsgrad von Braunkohlekraftwerken mit tragbaren Investitionskosten anzuheben.

1.2. Energiewandlung

Verbrennungstechnik: Druckaufgeladene Wirbelschichtfeuerung

Am Institut für Energietechnik wird eine Versuchsanlage zur Braunkohlenverbrennung mit einer zirkulierenden Druckwirbelschichtfeuerung errichtet. In mehrjährigen Untersuchungen geht es um die Umsetzung und Erprobung eines innovativen Anlagenkonzeptes für den Betrieb von Gasturbinen mit hohen Heißgastemperaturen.

Zugleich wird ein Heißgasfilter mit keramischen Filterkerzen errichtet. In einem großen Verbundprojekt werden grundlegende Fragen der Heißgasreinigung untersucht. Seitens des Institutes für Energietechnik wird ein System zur online Überwachung und Fehlerdiagnose entwickelt.

Verbrennungstechnik: Atmosphärische und druckaufgeladene Zykloidfeuerung

Am ERI werden Untersuchungen zur Weiterentwicklung der Zykloidfeuerung für die Verbrennung von Trockenbraunkohle alleine und gemischt mit Klärschlamm und Holz durchgeführt. Hierzu betreibt das ERI eine atmosphärische Zykloidfeuerungsanlage und eine druckaufgeladene Zykloidfeuerungsanlage. Ziele der Untersuchungen sind wirtschaftlich konkurrenzfähige Anlagen der dezentralen Wärmeversorgung im Bereich von 5 – 20 MW.

Vergasungstechnik: Thermoprozessor mit Crackstufe

Die Forschungen zur Vergasung nachwachsender Rohstoffe konzentrieren sich auf das Vergasungsverhalten verschiedener Rohstoffe, die Gewinnung eines Schwachgases für die motorische Nutzung und Fragen der Systemoptimierung. Hierzu betreibt das ERI eine Versuchsanlage mit Pyrolyse- und Crackstufe.

Dezentrale Energieversorgung mit Schwerpunkt Regenerative Energien

Einen immer höheren Stellenwert erhält die Einsatzoptimierung regenerativer Energien für ganzheitliche Insellösungen der Energieversorgung, d.h. für die Komplettversorgung mit Strom, Wärme, Kälte und Medien (Wasser, usw.). Entsprechende Forschungsthemen werden im Rahmen der EU und der InnoRegio– Lausitzinitiative für Unternehmensentwicklung, Transfer, Kommunikation und Innovation (LUTKI) im Cluster „Energie- und Umwelt“ durch das Institut bearbeitet. Durch Erstellung von Datenbanken, Modellsystemen und Algorithmen für entsprechende Anlagensysteme soll der Wertschöpfungsprozess speziell der KMU im ländlich geprägten Teil Brandenburgs unterstützt werden.

Dynamische Prozess- und Verfügbarkeitsmodellierung

Im Institut für Energietechnik gibt es umfangreiche Arbeiten zur dynamischen Prozessmodellierung. Die Verknüpfung dieser Modellsysteme mit Verfügbarkeits- und Störfalluntersuchungen wird für die Energieversorgungsunternehmen im Rahmen der „Verschlankung“ der Anlagenkonzepte, der Ausführung der Anlagentechnik ohne Redundanzen und des Übergangs auf die zustandsbezogene Instandhaltung immer dringender. Inzwischen wurden am Institut und ERI bereits mehrere Industrieaufträge platziert. Vergleichbare Forschungsrichtungen gibt es im Bereich der Berliner Universitäten nicht.

1.3. Energieverteilung

Technik und Betrieb von Elektrizitätsnetzen

Zukünftige Hochspannungsgeräte

Im Bereich der Hochspannungsgeräte-Entwicklung konnte eine Infrastruktur geschaffen werden, die es erlaubt, stark anwendungsorientiert und in enger Zusammenarbeit mit der Industrie Betriebsmittel der elektrischen Energieversorgung bis zu den höchsten Spannungen zu entwickeln. Derzeit laufen umfangreiche Arbeiten im Bereich der Schnittstellen zwischen den hochenergetischen Prozessen und der

digitalen Leittechnik für diese Prozesse. Kernstück dieser Arbeiten sind rein optische Verfahren zur Messung von hohen Spannungen bzw. hohen Strömen und Temperaturen auf Hochspannungsniveau. Sofern die Speichertechnik am Institut für Energietechnik mit zugehöriger kryotechnischer Infrastruktur aufgebaut wird werden auch verstärkt Arbeiten im Bereich Tieftemperaturkabel, supraleitende Transformatoren und Schalter begonnen.

EMV in energietechnischen Anlagen

Die Funktionalität hochkomplexer Anlagen, wie z.B. Schaltanlagen oder Kraftwerken ist nur gesichert, wenn der Aspekt der elektromagnetischen Verträglichkeit von der Planung über den Bau bis hin zum Betrieb dieser Anlagen konsequent berücksichtigt wird. Hierzu theoretische Grundlagen und praktische Ausführungsrichtlinien zu erarbeiten ist einer der Schwerpunkte der Energietechnik an BTU / ERI. Ergänzend wird auch der EMV-Aspekt speziell an Straßen- und Schienenfahrzeugen untersucht.

Netzschutz, Netzanalyse

Durch die De-Regulierung der Strommärkte wird der bisher klassische Netzbetrieb im höchsten Grade komplex, da Liefer- und Abnahmemengen aufgrund schwer kontrollierbarer Durchleitung eine kritische Größe darstellen. Da zu jedem Zeitpunkt die erzeugte elektrische Leistung exakt übereinstimmen muss mit der verbrauchten elektrischen Leistung (es gibt bisher keine praktisch nutzbare Speichermöglichkeit) wird der Netzbetriebsführung und dem Netzschutz eine noch größere Bedeutung zukommen, als heute schon üblich. Aus diesem Grund wird am Institut für Energietechnik dieser Bereich in nächster Zeit forciert ausgebaut werden.

Speichertechnik (Planung)

Es ist deutlich erkennbar, dass viele Hersteller, aber auch einige Hochschulen ihre Aktivitäten im Bereich der Speicherung von elektrischer Energie verstärken. Grund hierfür ist die komplexe Betriebsführung der Netze die Speichermöglichkeiten, aber auch Energiereserven im Bereich von einigen Minuten bis hin zu einigen Stunden erforderlich machen. Auch das Institut für Energietechnik plant, eigene Forschungsaktivitäten im Bereich der Speicherung von elektrischer Energie aufzubauen. Die erforderliche Infrastruktur für Arbeiten im Bereich der supraleitenden Schwungmassenspeicher könnte dann auch für die Erforschung kryotechnischer Hochspannungsbetriebsmittel,

wie z.B. Tieftemperaturkabel oder supraleitender Trafos und Schalter eingesetzt werden.

Einbindung regenerativer Stromerzeugung (Planung)

In den letzten Jahren treten Stromeinspeisungen aus regenerativen Quellen, wie Sonne, Wind, Wasser und Biomasse zunehmend in Erscheinung. Während Biomasse und Wasser als planbare und dem Bedarf anpassbare Einspeisungen im Netz keine Probleme verursachen, gestaltet sich die Einbindung regenerativer Erzeugungen vor allem bei lokal überproportional hohem Angebot an Sonnen- und Windenergie schwieriger, da die Einspeisung nicht planbar ist und kein Zusammenhang mit der zeitgleichen Energieabnahme besteht. Auch hier plant das Institut für Energietechnik einen Ausbau bisheriger Aktivitäten, die eng mit den Forschungsrichtungen „Netzanalyse“ und „Speichertechnik“ verknüpft sind.

Steuerung von Gasverteilnetzen

Zu Simulation und Zustandsschätzung großer Hochdruck-Gasverteilungsnetze sind am Institut für Energietechnik industriell bewährte Programme verfügbar. Aktuelle Arbeiten zielen auf technisch-wirtschaftliche Fragestellungen zur Betriebsführung, z.B. instationäre Bezugs- und Speicheroptimierung, Durchleitungskosten, etc..

1.4. Energieanwendung

Elektrische Maschinen

Am Institut für Energietechnik wird das gesamte Forschungsspektrum der elektrischen Maschinen bearbeitet, beginnend von den Wirkprinzipien über die konstruktive Ausführung bis hin zu der Untersuchung und Darstellung des Betriebsverhaltens für statischen und dynamischen Betrieb. Ferner wird das Betriebsverhalten bei Belastung und bei Speisung durch Leistungssteller untersucht und Energiewandler für spezielle Einsatzgebiete entwickelt.

Leistungselektronik

Auf dem Gebiet der Leistungselektronik werden vor allem die Eigenschaften und Bedingungen untersucht, die sich aus dem Einsatz der Leistungsbaulemente ergeben. Ferner werden Steuer- und Regelungsverfahren insbesondere für die Drehstromantriebstechnik betrachtet.

Antriebstechnik

Die Forschung in der Antriebstechnik umfasst ausgehend von den prozessbedingten Forderungen die optimale Auslegung des gesamten Antriebssystems einschließlich der Steuerung sowie Untersuchungen zu den Eigenschaften und zu den Wirkungen auf den technologischen Prozess, das speisende Netz und die Umwelt.

1.5. Energiewirtschaft

Energiewirtschaftliche Analysen

Im Mittelpunkt der Forschung stehen die Modellierung und wirtschaftliche Optimierung industrieller energetischer Systeme und Anlagen im industriellen, kommunalen und privaten Bereich. Zunehmend werden energiewirtschaftliche Analysen im Zusammenhang mit den in den Mittelpunkt rückenden Kostenaspekten durchgeführt.

Spezifischer Energieverbrauch

In energieintensiven Produktionstechnologien ist der spezifische Energieverbrauch unter anderem maßgeblich abhängig von betriebsbedingten Faktoren und von der Bedienung. Durch analytische Arbeiten werden Methoden entwickelt, die zur Optimierung des Energieverbrauches führen.

Lastprofile von Energieabnehmern

Mit fortschreitender Liberalisierung der Energiemärkte erlangen Lastprofile zentrale Bedeutung in der Abwicklung von Energiehandels-Transaktionen. Schwerpunkte der Forschung sind methodische Arbeiten bei der Erstellung von synthetischen Lastprofilen sowie, in enger Kooperation mit der Praxis, deren Anwendung.

Energiehandel und Deregulierung: Elektrizitätsversorgung

Durch die Liberalisierung und Deregulierung der Strommärkte kam es in den letzten Jahren zu einem massiven Umbruch in der Struktur der Elektrizitätsversorgung. Als zusätzliches Element in der elektrischen Energieversorgung wird der Handel mit Elektroenergie zunehmend an Bedeutung gewinnen. Es ist bereits erkennbar, dass hierbei nicht nur reale Strommengen gehandelt werden, sondern ähnlich Warentermingeschäften auch virtuelle Mengen ge- und verkauft werden, ohne dass physikalisch Ströme fließen.

Diese eher börsenartige Geschäftstätigkeit ist in der heutigen Energieversorgung unbekannt, sollte aber inhaltlich dort verankert werden und

auch bleiben und an den Hochschulen nicht losgelöst vom realen Versorgungsbetrieb vermittelt werden. Das Institut für Energietechnik plant deshalb in diesem Bereich einen Ausbau. Im ersten Schritt wird das Hauptaugenmerk im Bereich der Elektrizitätsversorgung liegen, wobei die Option auf eine Erweiterung in Richtung Gasversorgung offen gehalten wird.

1.6. Elektromagnetische Verträglichkeit

Schienefahrzeuge

Seit 1996 existiert eine europäische Vornorm zur elektromagnetischen Verträglichkeit von Schienenfahrzeuge. Die Problematik des Gesamtsystemtest wird dabei sehr vage formuliert, da weltweit keine Prüfanlage existiert, mit der komplette Lokomotiven, Straßenbahnen oder ganze Züge getestet werden können. Das dies jedoch dringend erforderlich ist, wird nach vermehrten Ausfällen elektronische Baugruppen in modernen Zügen von allen als notwendig angesehen. ERI/BTU hat deshalb eine erste Pilotanlage für diesen Prüfzweck entwickelt und wird im nächsten Jahr hierzu die ersten Untersuchungen an modernisierten Elektrolokomotiven durchführen.

Straßenfahrzeuge

PKW werden heute üblicherweise in Absorberkammern beim jeweiligen Hersteller auf EMV getestet. Bei Bussen und LKW gilt die gleiche Problematik wie bei Zügen, d.h. eine Prüfung des Gesamtsystems ist wegen der Größe des Prüflings nicht möglich. Auch hier soll die o.g. Prüfanlage eine Möglichkeit eröffnen.

1.7. Regelungs- und Leittechnik

Neben der Steuerung von Energieverteilungsnetzen (s. oben) gewinnt die Automatisierung energietechnischer Anlagen an Bedeutung, um den technischen und wirtschaftlichen Anforderungen besser zu genügen. Am Institut werden u.a. Verfahren zur modellbasierten Überwachung und Regelung, zur wissensbasierten Diagnose und zur Optimierung der Leittechnik entwickelt.

2. Neue Studienmodelle in der Energietechnik

Im letzten Jahr wurden die Arbeiten zur neuen Studien- und Prüfungsordnung in den Studiengängen Elektrotechnik und Maschinenbau abgeschlossen und mit dem neuen Studienjahr in Kraft gesetzt. Am Beispiel der Studienrichtung „Elektrische Energietechnik“ ist die Struktur des Hauptstudiums in der Übersicht 1 nochmals abgebildet. Erkennbar sind die beiden tragenden Säulen „Maschinen und Antriebe“ sowie „Hochspannungsanlagen und Netze“. Ein ähnlicher zweisäuliger Aufbau wurde auch bei den anderen Richtungen in der Elektrotechnik und im Maschinenbau realisiert.

Aufbauend auf dieser neuen Struktur wurden in der Fakultät im laufenden Jahr ergänzende Studienmodelle diskutiert und beschlossen, diese in einem ersten Schritt im Bereich der elektrischen Energietechnik voranzutreiben. Zeigen erste praktische Erfahrungen ab dem Studienjahr 2002/03, dass diese Angebote von den Studenten angenommen werden, soll dies auch auf die anderen Studienrichtungen der Fakultät übertragen werden.

2.1. Industriegefördertes Kompaktstudium

Studiendauer 8 Semester

Hierbei handelt es sich um ein Diplom-Studium in deutscher Sprache, welches von den Inhalten her identische mit der neuen Studien- und Prüfungsordnung ist. Es wurde jedoch ein Stundenplan entwickelt, der alle Fächer bei identischer Zuordnung WS/SS auf insgesamt 8 Semester (siehe Übersicht 2) verteilt. Damit diese Verdichtung der Lehrveranstaltung auch zu einer Reduktion der Studienzeit führt, ist es erforderlich, auch Hilfestellungen für die anderen Abläufe innerhalb des Studiums, wie z.B.

- Studienarbeit ggf. mit Industriebeteiligung
- Diplomarbeit ggf. mit Industriebeteiligung
- Industriepraktikum
- Ggf. Auslandsaufenthalte
- Finanzieller Zuverdienst zum Studium

anzubieten. Hierzu wurde in einem ersten Schritt eine Vereinbarung mit der Fa. Siemens getroffen, die sich bereit erklärt hat, in einem Auswahlverfahren gemeinsam mit der BTU, die Studenten zu selektieren, die an einem leistungsbetontem Studium interessiert sind. Für diesen Studentenkreis werden dann entsprechende Angebote bzgl. Werkstudententätigkeit für Praktikum und ggf. Studien- bzw. Diplomarbeiten im In- und evt. Auch im Ausland zusammengestellt und somit ein noch zügigerer Studienablauf gefördert.

2.2. Bachelor of Science

Studiendauer 6 Semester

Im Rahmen der allgemeinen Diskussion zur Einführung von Bachelor- und Master-Studiengängen an deutschen Hochschulen, wurden unter den Randbedingungen

- Abschluss in 6 Semester
- Berufsqualifizierend

In der Fakultät für das Gebiet der elektrischen Energietechnik drei Fächerkombinationen entwickelt:

- a) BSC Power Engineering
- b) BSC Power Generation and Drives
- c) BSC Power Transmission and Distribution

Alle drei Varianten (siehe Übersicht) basieren auf den Lehrmodulen des Diplomstudienganges Elektrotechnik, Studienrichtung Elektrische Energietechnik und werden in deutscher Sprache abgehalten. Damit kommt es zu keiner zusätzlichen Lehrbelastung durch dieses zusätzliche Studienangebot.

Die Variante a) beinhaltet Lehrinhalte sowohl im Bereich Maschinen als auch Energieübertragung und ist vorwiegend gedacht für Studenten, die ein Master-Studium entweder an der BTU oder einer anderen Hochschule anstreben.

Die Varianten b) und c) sind entweder im Bereich der Maschinen und Antriebe oder im Bereich der Hochspannungsanlagen und Netze voll berufsqualifizierend und ist für Studenten gedacht, die möglicherweise nach BSC-Abschluss eine Industrietätigkeit aufnehmen wollen. Dabei

ist die Möglichkeit, ein Masterstudium an der BTU anzuschließen selbstverständlich ohne Erbringung von Zusatzleistungen gegeben.

2.3. Master of Science

Studiendauer 4 Semester

Ergänzend wird ein internationales Master-Studium

- MSC Power Engineering

vorbereitet, wobei hier die Rahmenbedingungen wie folgt sind:

- Hoher Anteil englischsprachiger Vorlesungen
- Hoher Mobilitätsanteil
- Gleichwertigkeit zum deutschen Diplomabschluss

Diese Forderungen werden dadurch erfüllt, dass das Studium als internationaler Studiengang zusammen mit der Technischen Universität Wroclaw, Polen und einer Technischen Universität in USA angeboten werden soll. Kern hierbei ist, dass die Studenten im 7. und 10. Semester jeweils an ihrer Heimatuniversität studieren und dort einen Pflichtanteil in Landessprache hören. Ferner wird ein Wahlpflichtanteil in Englisch angeboten. Aus Sicht der deutschen Studenten ist der Ablauf in Übersicht 4 dargestellt. Der deutsche Pflichtanteil ist identisch zu den Modulen aus dem Diplomstudiengang. Damit können sowohl die vorgenannten BSC-Abschlüsse an der BTU auf einen einheitlichen Kenntnisstand angeglichen werden, als auch im Nachgang eine Gleichwertigkeitsbescheinigung zum Diplom und umgekehrt ausgestellt werden.

Im 8. und 9. Semester erfolgt jeweils ein zyklischer Tausch des Studienortes. An der jeweiligen Gastuniversität dann ebenfalls ein Wahlpflichtanteil in Englisch zu hören.

5. Semester 20 SWS			Studienrtg. Elt. Energietechnik	
4SWS Pflicht Elektrische Maschinen 1	4SWS Pflicht Hochspan- nungstechnik	4SWS Pflicht Leistungs- elektronik 1	4SWS Pflicht Grundlagen Regelungs- technik 1	4SWS WF* Wahl aus Katalog energiet. Fächer
6. Semester 8 SWS				
4SWS Pflicht Elektrische Maschinen 2	4SWS Pflicht Starkstrom- anlagen	Studienarbeit		
7. Semester 16+2 SWS				
4SWS Pflicht Elektrische Antriebe 1	4SWS Pflicht Planung von Energieüb. netzen	4SWS Pflicht Elektrizitäts- wirtschaft	4SWS WF Wahl aus Katalog energiet. Fächer	4SWS WF Wahl aus Katalog fachübergr. Fächer
8. Semester 16+2 SWS				
4SWS Pflicht Elektrische Antriebe 2	4SWS Pflicht Schutz- Leittechnik Energ. netze	4SWS WF Wahl aus Katalog energiet. Fächer	4SWS Wahl Wahl aus Angebot BTU	4SWS WF Wahl aus Katalog fachübergr. Fächer
9. Semester 16+2 SWS				
4SWS WF Wahl aus Katalog energiet. Fächer	4SWS WF Wahl aus Katalog energiet. Fächer	4SWS Wahl Wahl aus Angebot BTU	4SWS Wahl Wahl aus Angebot BTU	4SWS WF Wahl aus Katalog fachübergr. Fächer
10. Semester				
Diplomarbeit				

Tabelle 1: Studienablauf Diplom Studienrichtung Elektrische Energietechnik, WF - Wahlpflichtfach*

5. Semester 24+2 SWS		Industriengefördertes Kompaktstudium	
4SWS Pflicht Elektrische Maschinen 1	4SWS Pflicht Hochspan- nungstechnik	4SWS Pflicht Planung von Energieüb. netzen	4SWS WF* Wahl aus Katalog fachübergr. Fächer
4SWS Pflicht Grundlagen Regelungs- technik	4SWS Pflicht Leistungs- elektronik 1	4SWS WF* Wahl aus Katalog energiet. Fächer	Fachpraktikum 6-7 Wochen im Zeitraum 01.03. – 15.04., als Werkstudent
6. Semester 20+2 SWS			
4SWS Pflicht Elektrische Maschinen 2	4SWS Pflicht Starkstrom- anlagen	4SWS Pflicht Schutz- Leittechnik Energ. netze	Studienarbeit Einarbeitung im 6.Semester mit 4SWS, ges.60h
4SWS WF* Wahl aus Katalog energiet. Fächer	4SWS Wahl Wahl aus Angebot BTU	2SWS WF* Wahl aus Katalog fachübergr. Fächer	Fortführung Studienarbeit 250h im Zeitraum 01.08. – 15.10. incl. 4 Wochen Urlaub als Werk- student
7. Semester 24+2 SWS			
4SWS Pflicht Elektrische Antriebe 1	4SWS Pflicht Elektrizitäts- wirtschaft	4SWS WF* Aus Katalog energiet. Fächer	4SWS WF* Wahl aus Katalog fachübergr. Fächer
4SWS WF* Wahl aus Katalog energiet. Fächer	4SWS WF* Wahl aus Katalog energiet. Fächer	4SWS Wahl Wahl aus Angebot BTU	Fachpraktikum 6-7 Wochen im Zeitraum 01.03. – 15.04., nach Wunsch im Ausland, als Werkstudent
8. Semester 8 SWS			
4SWS Pflicht Elektrische Antriebe 2	4SWS Wahl Wahl aus Angebot BTU	Diplomarbeit Einarbeitung im 8.Semester mit 16SWS d.h. 240h gesamt	
Fortführung Diplomarbeit 250h im Zeitraum 01.08. – 15.10., incl. 4 Wochen Urlaub, nach Wunsch im Ausland, Werkstudent			

*Tabelle 2: Industriengefördertes Kompaktstudium
WF* - Wahlpflichtfach*

5. Semester 20 SWS			BSC Power Engineering	
4SWS Pflicht Electrical Machines 1	4SWS Pflicht High Voltage Engineering	4SWS Pflicht Power Electronics 1	4SWS Pflicht Basics Control Systems	4SWS WF Select from Institute Catalogue
6. Semester 8 SWS				
4SWS Pflicht Electrical Machines 2	4SWS Pflicht T-D- Equipment	Bacholararbeit		

5. Semester 20 SWS			BSC Power Generation and Drives	
4SWS Pflicht Electrical Machines 1	4SWS Pflicht Electrical Drives 1	4SWS Pflicht Power Electronics 1	4SWS Pflicht Basics Control Systems	4SWS WF Select from Institute Catalogue
6. Semester 8 SWS				
4SWS Pflicht Electrical Machines 2	4SWS Pflicht Electrical Drives 2	Bacholararbeit		

5. Semester 20 SWS			BSC Power Transm. and Distribution	
4SWS Pflicht High Voltage Engineering	4SWS Pflicht Planning of Power Trans. Networks	4SWS Pflicht Economics for Elec. Power Supply	4SWS Pflicht Basics Control Systems	4SWS WF Select from Institute Catalogue
6. Semester 8 SWS				
4SWS Pflicht T-D- Equipment	4SWS Pflicht Protection- and Control Systems	Bacholararbeit		

*Tabelle 3: Studienablauf Bachelor
WF - Wahlpflichtfach*

Semester 5 and 6 with Bachelor for Power Engineering			
7. Semester 24SWS		Master Power Engineering	
In german language Ident. with BSC-PGD/PTD or Diploma	4SWS Pflicht Electrical Drives 1 See A)	4SWS Pflicht Planning of Power Trans. Networks See B)	4SWS Pflicht Economics f. Elec. Power Supply See C)
In english language	4SWS WF Select from Institute Catalogue	4SWS WF Select from Institute Catalogue	4SWS WF Select from Institute Catalogue
8. Semester 12 SWS			
English lessons at a Technical University in the USA			
9. Semester 12 SWS			
English lessons at TU Wroclaw, Polen			
10. Semester 8 SWS			
4SWS Pflicht Electrical Drives 2 See D)	4SWS Pflicht Protection- and Control Systems See E)	Masterarbeit	

*Tabelle 4: Studienablauf Master of Science Power Engineering
WF* - Wahlpflichtfach*

BSC-PGD	BSC-PTD	BSC-???
	A	Electrical Machines 1
	D	Electrical Machines 2
	C	Power Electronics 1
	B	Electrical Drives 1
	E	Electrical Drives 2
A		High Voltage Engineering
D		T-D Equipment
B		Planing of Power Transmission Networks
E		Protection an Control Systems
C		Economics for Electr. Power Supply
		A B C D E Must be defined from faculty

3. Personelle Besetzung

Lehrstuhlleitung: Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz

Honorarprofessor: Prof. Dr.-Ing. Günter Pfeiffer

Sekretariat: Marika Scholz

Wissenschaftliche Mitarbeiter Optische Sensorik:

Dipl.-Ing. Henryk Stürmer

Dipl.-Ing. (FH) Maik Honscha

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Feige

Wissenschaftliche Mitarbeiter EMV:

Dipl.-Ing. Thomas Lange

Dipl.-Ing. Gunnar Löhning

Wissenschaftliche Mitarbeiter Netzanalyse:

Dipl.-Ing. Dirk Lehmann

Dipl.-Ing. (FH) Lothar Kleinod

Dipl.-Ing. Holger Borowiak (ab 12/01)

Technische Mitarbeiter:

Laboringenieur Dipl.-Ing. (FH) Holger Häusler

Techniker Dipl.-Ing. (FH) Maik Koch

Elektriker Karl-Heinz Kleinschmidt

Studentische und Wissenschaftliche Hilfskräfte

Steffen Dietrich

Stefan Schmalenberg

Daniel Steiger

Kathleen Stornowski

4. Lehre

Vorlesungen, Übungen, Praktika, Seminare

4.1. Wintersemester

VL 2 SWS

Grundlagen der elektrischen Energietechnik

Technisches Wahlfach für alle Fakultäten

Energieumwandlung für die Strom- und Wärmeerzeugung (fossil, regenerativ), Energie- und Informationsnetze der Energieversorgung, Hochspannungsanlagen, elektromech. Energieumwandlung, Komponenten elektrischer Antriebe und ihre Rückwirkungen.

Klinger, Krautz, Schwarz

VL/UE 4 SWS

Hochspannungstechnik

Studiengang Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen Energieversorgung 5. Semester

Grundlagen Hochspannungstechnik: Feldstärke, Raumladungen, Grenzflächen, Schichtdielektrikum, Gasentladung, Durchschlagsmechanismen, Isolierstoffe, Prüftechnik, Messtechnik. Die Veranstaltung wird durch Experimentalvorlesungen in der Hochspannungshalle begleitet.

Schwarz, Löhning, Lange

IV 2 SWS

Angewandte Hochspannungstechnik

Anhand ausgewählter Beispiele wird die praktische Umsetzung hochspannungstechnischer Verfahren vertiefend behandelt.

Löhning, Lange

VL/UE 4SWS

Planung von Energieübertragungsnetzen

Studiengang Elektrotechnik, 5. oder 7. Semester, Wirtschaftsingenieurwesen Energieversorgung

Energieverteilungsnetze: Verbundnetz, Lastfluss, Kurzschluss, Sternpunktbehandlung, Erdung, Stabilität, Hochspannungs- Gleichstrom-Übertragung.

Schwarz, Lehmann

IV 2SWS

Angewandte Netzplanung

Anhand ausgewählter Beispiele wird die praktische Umsetzung von Netzplanungsverfahren vertiefend behandelt.

Lehmann

SE 1SWS

Seminar Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Studiengang Elektrotechnik, 7. und 9. Semester

Aktuelle Vorträge aus laufenden Forschungs-, Diplom- und Studienarbeiten sowie externe Vorträge aus der regionalen Wirtschaft.

Löhning, Lange

VL 2SWS

Mittel- und Niederspannungstechnik I

Beanspruchungen von Betriebsmitteln und Schaltanlagen in der öffentlichen und industriellen Energieversorgung, Auslegungsberechnungen, Konzepte für den Selektivschutz, Personen- und Anlagensicherheit, Planungsgrundsätze, Projektbeispiele

Pfeiffer

VL/PR 4 SWS

Elektromagnetische Verträglichkeit II, Teil C

Studiengang Elektrotechnik, techn. Wahlfach, 9. Semester, 1. Semesterhälfte

Transiente Störquellen, mittel- und niederfrequente Störquellen, EMV-Prüftechnik, Blitzüberspannungen, Schaltüberspannungen, Oberschwingungen, Flicker, netzfrequente Überspannungen.

Schwarz

Elektromagnetische Verträglichkeit II

Laborübungen zu EMV Teil A,B,C

Löhning, Jänicke, Karbowskiak

4.2. Sommersemester

VL/PR 4 SWS

Hochspannungsmess- und Prüftechnik

Studiengang Elektrotechnik, 7. oder 9. Semester

Es werden die modernen Techniken zur Prüfung energietechnischer Geräte sowie die dafür erforderliche Messtechnik vorgestellt. Aufgrund des extremen Dynamikbereiches der Messgrößen (10-12 ... 10+12) stellt die Hochspannungsmesstechnik wesentlich höhere Anforderungen an Wissen, Messverfahren und eingesetzter Technik als bei der üblicherweise praktizierten Betriebsmesstechnik. Die Veranstaltung wird durch ein Praktikum im Hochspannungslabor begleitet.

Schwarz, Löhning

VL/UE 4 SWS

Starkstromanlagen

Studiengang Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen

Aufbauend auf Teil 1 der Vorlesung werden die Betriebsmittel und Anlagen der Energieverteilung wie Transformatoren, Freileitung, Kabel, Leistungs- und Trennschalter, Strom- und Spannungswandler, Ableiter, Schaltanlagenkonzepte für GIS und AIS, Blitzschutz, Erdung behandelt.

Schwarz,

VL/UE 4 SWS

Schutz- und Leittechnik von Energieübertragungsnetzen

Studiengang Elektrotechnik

Aufbau von Schutzsystemen, Fehlerarten und -erfassungskriterien, Wandler für Schutzzwecke, Analoge Schutzgeräte, Netz- und Anlagenschutz, Maschinenschutz, Digitale Signalaufbereitung, Messalgorithmen für den Digitalschutz

Schwarz, Borowiak

VL 4 SWS

Elektromagnetische Verträglichkeit I

Studiengang Elektrotechnik

Teil A 1.Semesterhälfte

Störfestigkeit von Steuerungs- und Regelungssystemen, EMV in der Informationstechnik, EMV in der Geräteebene, Inter- und Intra-systemmaßnahmen, EMV-Gesichtspunkte bei der Schaltkreisentwicklung.

Falter (LS Mikroelektronik)

Teil B 2.Semesterhälfte

Elektrische und magnetische Felder der Störquellen, Berechnung der Felder und ihrer Abschirmung mit der Methode der Finiten Elemente (FEM) und der Kopplungsmethode (FEM/BEM), Reduzierung und Abschirmung der störenden Felder, Optimierung von Abschirmungen, EMV biologischer Systeme.

Kost (LS Allgemeine ET)

Die Veranstaltung wird im WS fortgesetzt als EMV II

SE 1 SWS

Seminar Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Studiengang Elektrotechnik, 7. und 9. Semester

Aktuelle Vorträge aus laufenden Forschungs-, Diplom- und Studienarbeiten sowie externe Vorträge aus der regionalen Wirtschaft.

Lange, Löbning

EX

Exkursion Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Lehmann

VL 2 SWS

Mittel- und Niederspannungstechnik II

Fortsetzung der Veranstaltung aus dem Wintersemester mit Inhalten zur Auswahl von Schaltgeräten und Kabeln, Gestaltung und Prüfung von Mittel- und Niederspannungsschaltanlagen, Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme, Ausführung des Selektivschutzes, Anwendungsbeispiele

Pfeiffer

VL 2 SWS

Technik und Nutzung regenerativer Energiequellen

Wahlfach für technische Fachrichtungen und Wirtschaftsingenieurwesen

Überblicke, Nutzungsmöglichkeiten, Solarenergienutzung, aktive und passive Solarthermie, Photovoltaik, Wasserkraft, Meeresenergie, Windkraft, Geothermie, Biomasse, Wirtschaftlichkeit der Nutzung regenerativer Energien.

Schieferdecker, Krautz, Rogatz, Schwarz, Donath, Gutschker, Fünfgeld, Thielen

5. Forschungsprojekte

5.1. Pulsbasierte EMV-Prüfmethode SYS.T.E.M.P.

Lothar Kleinod, Thomas Lange, Gunnar Löbning

Der Nachweis der Störfestigkeit von Transportsystemen gegen elektromagnetische Beeinflussung erlangt angesichts stetig zunehmender Packungsdichten elektrischer Betriebsmittel und der breiten Anwendung sicherheitsrelevanter elektronischer Einrichtungen eine immer größere Bedeutung. Gerade für große, räumlich ausgedehnte Systeme, wie z. B. Schienenfahrzeuge, fehlten bisher jedoch weitgehend geeignete Prüfverfahren. Die derzeit üblichen Komponententests lassen keine realistische Beurteilung der Störfestigkeit zu, da der Einfluss der Verkabelung, systembedingte Resonanzen und das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten im Betriebszustand nicht erfasst werden.

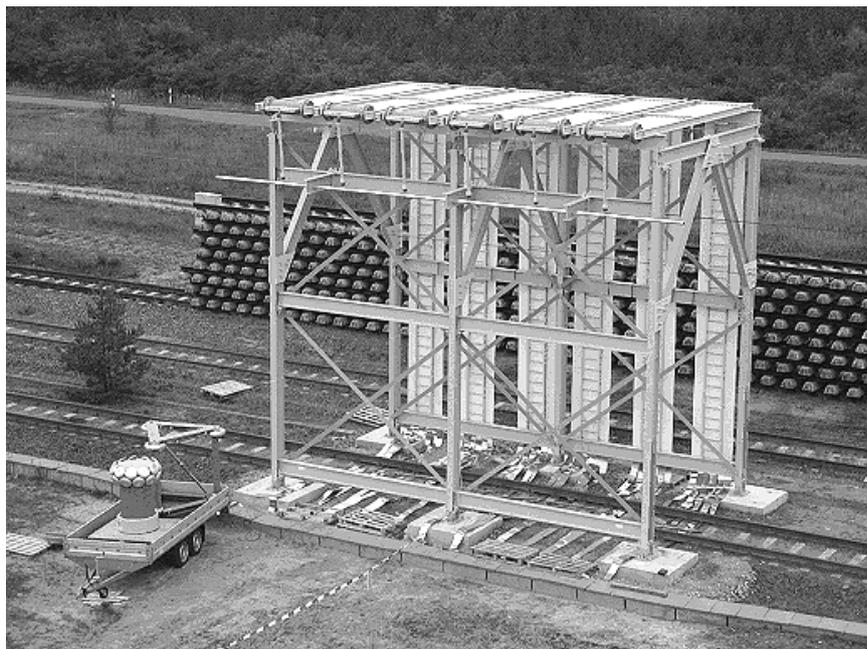


Abbildung 3: Prüfanlage für Schienenfahrzeuge am Aufbauort im Tagebau Cottbus-Nord

Aus dieser Motivation heraus wurde eine neue impulsbasierte EMV-Prüfmethode (SYS.T.E.M.P.) entwickelt, die eine Prüfung der Störfestigkeit im Betriebszustand ermöglicht. Durch die Verwendung repetierender Prüfimpulse, welche das gesamte zu prüfende Frequenzspektrum enthalten, ergibt sich überdies eine erhebliche Zeiteinsparung

im Vergleich zur konventionellen Prüfung mit monofrequenten CW-Signalen.

Nach Abschluss der Projektierungsphase erfolgte in diesem Jahr der Aufbau eines Prototypen der EMV-Prüfanlage aus sechs parallel geschalteten Antennenmodulen. Die Antennen werden von einem Stützgerüst aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) getragen und bestrahlen ein Prüfvolumen von 10 x 10 x 5 m (L x H x B). Eine erste EMV-Prüfung der modernisierten Lok EL 2 (2.4 kV DC) der Lausitzer Braunkohle AG (LAUBAG) ist derzeit in Vorbereitung. Weitere EMV-Prüfungen an Schienenfahrzeugen (15 kV AC) sind für das Jahr 2002 geplant.

[one more picture]

Neben dem Aufbau der Testanlage für Schienenfahrzeuge wurde ein weiteres Stützgerüst im Technikum des Energieressourcen-Institut e.V. errichtet. Hier steht ein Prüfvolumen von 10 x 3 x 5 m (L x H x B) für Systemprüfungen an KFZ und anderen großen Systemen zur Verfügung.

5.2. Erarbeitung eines EMV-Konzeptes für Kraftwerke

Gunnar Löhning

Kraftwerke als räumlich ausgedehnte elektrische Anlagen bereiten besondere Probleme bei der Sicherstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) durch die Vielzahl der typischerweise auftretenden Störphänomene und -quellen:

- atmosphärische Entladungen (Blitz)
- Schalthandlungen
- Entladungen statischer Elektrizität (ESD)
- Netzurückwirkungen
- hohe elektrische und magnetische Felder
- elektromagnetische Felder (Strahlung)

Durch die räumliche Ausdehnung und Komplexität der Anlage ist es in der Regel kaum möglich, Koppelpfade eindeutig zu identifizieren oder zu beschreiben. Große Kabellängen bieten außerdem Angriffsmöglichkeiten für die Einkopplung von Störgrößen. Die Sicherstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit in Kraftwerken ist somit nicht

in erster Linie ein Geräteproblem, sondern ein Problem der Anlagenplanung.

Die Erarbeitung eines EMV-Konzeptes diene zunächst der Formulierung von EMV-Anforderungen (Störfestigkeit, Störaussendung) an Komponenten und Betriebsmittel. Auf Grundlage einer Recherche zum Stand der EMV-Normung erfolgte eine EMV-Analyse für Kraftwerke. Ausgehend von der Klassifikation der elektromagnetischen Umgebung in den EMV-Grundnormen der Reihe DIN EN 61000-4 und vorhandenen Messergebnissen wurde der gesamte Kraftwerksbereich in EMV-Schutzzonen gegliedert. Für diese Zonen wurden Grenzwerte für Störfestigkeit und Störaussendung definiert. Eine Systematik für die Zuordnung von Betriebsmitteln zu den einzelnen EMV-Zonen wurde erarbeitet, welche die Zuordnung konkreter Anforderungen zu einzelnen Komponenten ermöglicht.

Derzeit laufen Vorbereitungen für die Verifikation der erarbeiteten Vorgaben durch gezielte EMV-Messungen in Kraftwerken.

5.3. Optischer Spannungswandler

Entwicklung und Test eines optischen Spannungswandlers

Alexander Feige

Aufgrund der stetig fortschreitenden Digitalisierung der Sekundärtechnik in den Energieverteilungsnetzen zeigen sich konventionelle Betriebsmittel hinsichtlich ihrer elektromagnetischen Verträglichkeit problematisch, da aufgrund ihrer induktiven und kapazitiven Kopplung mit den Energieversorgungsnetzen und der Sekundärtechnik netzseitige nicht betriebsfrequente Spannungsverläufe die Funktion der Messtechnik beeinflussen.

Zur Lösung dieses Problem bietet sich der Einsatz optischer Wandler an, die zu einer Trennung zwischen der Primär- und Sekundärseite führen. Hierzu werden im Rahmen eines Forschungsprojekt mit der Firma Ritz Messwandler GmbH & Co. aus Hamburg im Bereich der Hochspannungstechnik optische Spannungs- und Stromwandler zu Mess- und Schutzzwecken in elektrischen Netzen entwickelt. Dazu werden für den optischen Spannungswandler der PÖCKELS - Effekt und für den optischen Stromwandler der FARADAY - Effekt genutzt.

Für den optischen Spannungswandler wird eine elektronische Auswerteeinheit entwickelt, die die optischen Ausgangssignale des Sensoraktivteils des optischen Spannungswandlers in eine elektrische

Größe wandelt, die der anliegenden Spannung proportional ist. Bei der Umwandlung werden u.a. Korrekturen zur Dämpfungsberreinigung, Linearisierung, Dynamikbereichsanpassung, Bandbreitenanpassung und Störgrößenkompensation vorgenommen. Die Auswerteeinheit beinhaltet auch eine Baugruppe, die dem Wandler eine optische Welle zur Verfügung stellt.

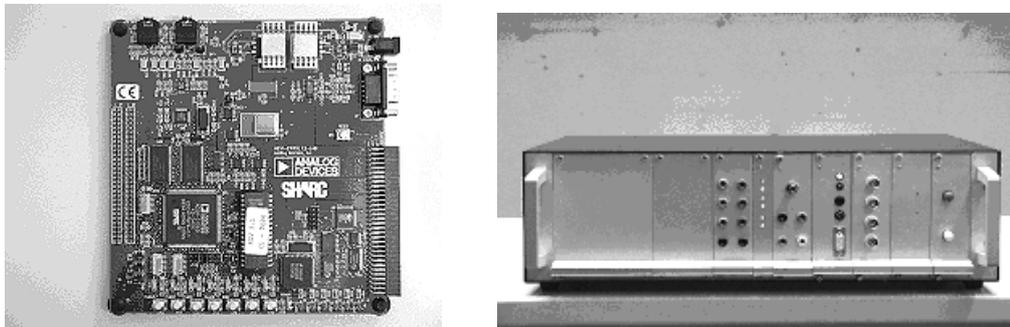


Abbildung 4: Digitale Signalverarbeitung

Für den optischen Spannungswandler wird eine Fehlerkorrektur für Temperatureinflüsse auf das Sensoraktivteil getestet. Die Prüfung der Temperaturkompensation erfolgt in der Klimakammer des Lehrstuhls. Hierzu wird der optische Wandler entsprechend vorbereitet. Der Wandler wird evakuiert und getrocknet. Nach dem Trocknen wurde der Wandler mit 0,4 bar Stickstoff gefüllt.

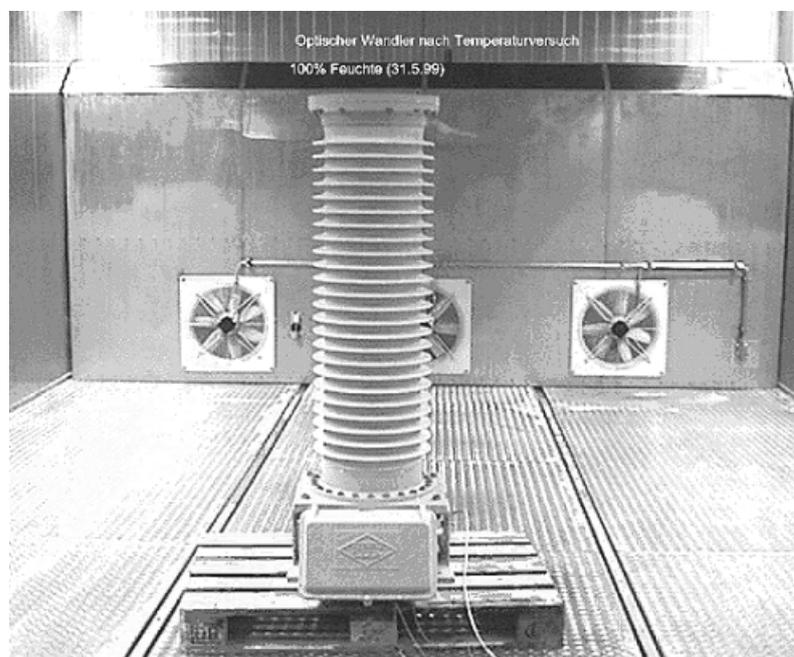


Abbildung 5: Optischer Spannungswandler in der Klimakammer

Für die Fehlerermittlung werden mehrere Temperaturfahrten mit dem Wandler ausgeführt. Der Temperaturbereich wird mit -40°C bis 80°C

festgelegt. Der Temperaturgradient beim Heizen und beim Abkühlen der Temperaturkammer wird auf 4 K pro Stunde eingestellt. Somit war gewährleistet, dass die Kammertemperatur gleich der Temperatur der Optik im Wandler war. Der Temperaturkoeffizient des optischen Wandler wird in Voruntersuchungen ermittelt. Für die Ermittlung der Messwerte der Temperaturfahrt wird eine mehrkanalige Scannerkarte eingesetzt. Die Kompensation des Temperaturfehlers erfolgt mit Hilfe eines Digitalen Signalprozessors (DSP). Der Fehler, der durch Temperatureinflüsse (-40°C bis 80°C) im Wandler entsteht, beträgt ca. 20 %. Die Fehlerkorrektur durch den DSP verbessert die Genauigkeit auf $\pm 0,8$ %. Eine weitere Optimierung der Elektronik und der Optik kann die Genauigkeit des optischen Wandlers weiter steigern.

Für die Entwicklung der Elektronik werden die Geräte des Elektroniklabors genutzt, wie z.B. Funktionsgeneratoren, Speicheroszilloskope, Leiterplattenentwurfssysteme, Klimatruhe.

5.4. Einsatz optischer Stromwandler in EV-Netzen

*Untersuchungen zum Einsatz optischer Stromwandler in
Energieversorgungsnetzen
Maik Honscha*

Bisher werden zur Messung hoher Ströme in den Hoch- und Mittelspannungsnetzen überwiegend induktive Stromwandler eingesetzt. Der allgemeinen Tendenz zu immer kleineren Schalt- und Verteilungsanlagen stehen diese konventionelle Stromwandler mit ihrem hohen Gewicht und ihrer großen Bauform gegenüber. Diese und andere Aspekte (Umweltschutz, Kosten, EMV, galvanische Entkopplung von Hoch- und Niederspannungsseite usw.) führen dazu, dass in den Energieversorgungsunternehmen intensiver über den Einsatz von unkonventionellen Wandlern, besonders von optischen Wandlern, nachgedacht wird. Ihr Hauptvorteil besteht darin, dass durch den Einsatz von Lichtwellenleitern die Hochspannungsseite völlig von der Niederspannungsseite entkoppelt wird. Sie zeichnen sich auch durch geringe Baugrößen aus, sind umweltfreundlich (ohne Öl) und haben gegenüber den konventionellen Wandlern eine höhere Bandbreite.

Insgesamt wurden drei Typen optischer Wandler entwickelt, die sich in ihrer Funktionsweise, aber vor allem in ihrer praktischen Realisierung voneinander unterscheiden. Die dabei gesammelten Erfahrungen trugen dazu bei, einen Typ zu favorisieren.

Als physikalisches Grundprinzip nutzt man den Faraday-Effekt aus: Wird linear polarisiertes Licht in ein Medium mit einer Verdet-Konstante eingekoppelt, so bewirkt ein in Strahlrichtung angelegtes magnetisches Feld eine Drehung der Polarisationssebene des eingekoppelten Lichtes. Dabei ist die Stärke des Magnetfeldes proportional zur Drehung der Polarisationssebene.

$$\alpha = V \cdot \vec{H} \cdot d\vec{s}$$

α - Drehwinkel der Polarisationssebene

H - Magnetische Feldstärke

s - Lichtweg längs des magn. Feldes

v - Verdet-Konstante

Als Sensormedium kamen verschiedene Glasfasern ("faseroptischer Stromwandler") aber auch BGO-Kristalle in Verbindung mit einem Eisenkern zum Einsatz.

Die Funktionsfähigkeit konnte bei allen drei optischen Stromsensoren nachgewiesen werden. Beim Bau der Sensoren wurden zahlreiche Erfahrungen hinsichtlich des Sensormediums, der Ein- und Auskopplung sowie der mechanischen Bauteile gesammelt, die eine Bewertung der unterschiedlichen Sensoren zulassen.

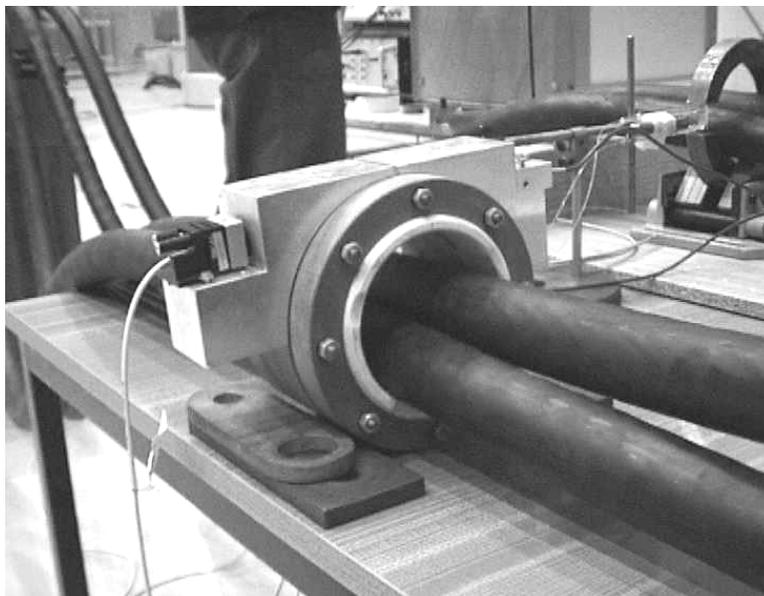


Abbildung 6: Bestimmung der Linearität von optischen Stromwandlern, im Vordergrund der faseroptische Stromwandler mit Freistrahlstrecken, hinten rechts der optische Stromwandler mit Eisenkern

Das verwendete Sensormedium bei den faseroptischen Sensoren war jedoch nicht ideal. Entsprechende Verbesserungen durch Annealing

konnten nicht erreicht werden, wobei auch dort zahlreiche Erfahrungen gesammelt wurden.

	OCT mit Freistrahlstrecken	OCT mit Eisenkern	rein faseroptischer OCT
Herstellungskosten	mittel	mittel	hoch
Handling bei Montage	mittel	gut	schlecht
Betriebsverhalten	sehr gut*	mittel*	sehr gut*
Temperaturverhalten	sehr schlecht*	mittel*	schlecht*
Verhalten bei Störfeldern	sehr gut	mittel	sehr gut
Verfügbarkeit des Materials	verfügbar	sehr gut verfügbar	Probleme bei PZ-Faser

* Angaben basieren auf Erfahrungen, nicht auf Messungen

Tabelle 1: Vergleich der 3 untersuchten optischen Stromwandler

Als Resultat der vorgenommenen Untersuchungen sollte eine Weiterentwicklung des optischen Stromwandlers mit BGO-Kristall in Verbindung mit einem Eisenkern ausgeführt werden. Bei einem faseroptischen Stromwandler mit Freistrahlstrecken sind große Probleme bezüglich des Temperaturverhaltens zu erwarten, da es bei einem Einsatztemperaturbereich von -40 bis +80 °C zu Dejustagen bei der Lichteinkopplung in die Sensorfaser kommt, was u.U. zu einer Funktionsuntüchtigkeit des Sensors führt.

5.5. Elektro-optische Spannungsmesssysteme

*Elektro-optische Komponenten für nichtkonventionelle Spannungsmesssysteme in der Hochspannungsprüftechnik
Holger Hänsler*

Ziel der Forschungsarbeit ist die Realisierung des Versuchsmusters eines elektrooptischen Messumformers mit einer optischen Übertragungsstrecke für die Messung von Wechsel-, Schalt- und vollen Blitzspannungen bis 500 kV. In diesem Jahr wurde das zweite Drittel des auf drei Jahre angelegten Forschungsprojektes abgeschlossen.

In diesem Jahr beinhaltet der Projektplan den Aufbau eines Messumformers für Hochspannung. Dazu wurde ein 5 x 5 x 5 mm³ großes Sensor-Kristall auf eine Elektrode einer Elektrodenanordnung aufgeklebt. Das Kristall ist auf einer Seite verspiegelt, d.h. der

Lichtstrahl wird an der Kristallendfläche reflektiert. Für die Kopplung mit den Lichtwellenleitern sind somit nur auf einer Seite des Elektrodenpaares optische Komponenten erforderlich (siehe Abb. Abbildung 7).

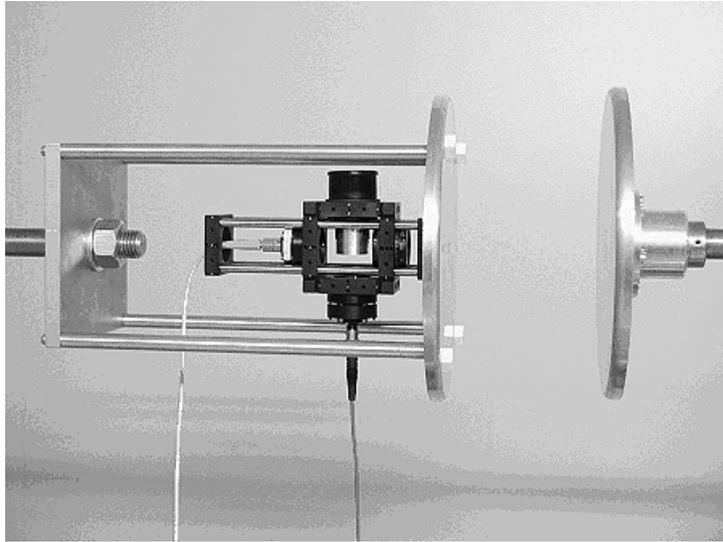


Abbildung 7: Elektrodenanordnung mit Sensorkristall und Optik

Vor den Untersuchungen mit Hochspannung wurde mit sinusförmiger Wechselspannung von max. $250 V_{pp}$ direkt am Kristall der Frequenzgang ermittelt. Im Gegensatz zu den auf dem optischen Tisch ohne spezielle Befestigung getesteten Kristallen war hier durch das Festkleben auf der Elektrode die unerwünschte Resonanzüberhöhung stark abgeschwächt.

Bei den Tests am Stoßgenerator mit Blitzstoßspannung war trotz bedämpfter Resonanz ein Schwingen vor allem im Scheitelbereich des Impulses sichtbar. Eine Anwendung dieser Sensoranordnung für die Messung von Stoßimpulsen wäre daher nur mit einer nachträglichen Filterung des Signals möglich.

Die Übertragung von hoher Wechselspannung (50 Hz) ist dagegen mit weniger Problemen behaftet. Ob die erforderliche Genauigkeit für Messzwecke (eventuell mit elektronischen Korrekturmaßnahmen) erreicht werden kann, ist Gegenstand der folgenden Untersuchungen.

5.6. Prüfung von Hochspannungsdurchführungen

*Teilentladungs- und Wechselspannungsprüfung an
Hochspannungsdurchführungen
Henryk Stürmer*

Für das Auftreten von Teilentladungen ist die Feldstärke E die maßgebende Feldgröße. Bei Überschreiten eines Grenzwertes, z.B. in Luft ein Effektivwert von 21 kV/cm, reicht die elektrische Festigkeit des Dielektrikums nicht mehr aus. Es kommt zu Teilentladungen. Diese können z.B. bei Freileitungen als Korona beobachtet werden.

In diesem Projekt erfolgten TE-Gleichspannungs-, TE-Umpol- sowie AC-Prüfungen einer großen Anzahl von Hochspannungsdurchführungen mit Längen von bis zu 14 m und Gewichten bis über 2 t.

Mit Hilfe eines TE-Messsystems wurden die Anzahl und die Amplitude von Teilentladungen während der Prüfungen aufgezeichnet. Es wurden verschiedene Typen von Transformator- und Wanddurchführungen geprüft. Dementsprechend wurden auch verschiedene Spannungsebenen bis 920 kV geprüft, die Stehwechselspannungsprüfung verschiedener Wanddurchführungen erfolgte bei 750 kV.

Bei den TE-Gleichspannungsprüfungen wird über den Prüfzeitraum die Prüfspannung angelegt. Bei der TE-Umpolprüfung wird während der Prüfung die Polarität gewechselt. Zum Bestehen der Prüfung darf eine bestimmte Anzahl Teilentladungen größer einer festgelegten Amplitudengrenze während der Prüfung nicht überschritten werden. Die Stehwechselspannungsprüfung erfolgte über 1 min.

Für die Auswertung wurden Protokolle mit den Messwerten sowie mit einer grafischen Darstellung angefertigt.



Abbildung 8: Versuchsaufbau DC-Prüfung der Durchführungen

5.7. Schutzrelaisprüfung

Schutzrelaisprüfung mittels OMICRON-

Schutzgeräteprüfsystem

Henryk Stürmer

Die Aufgabe von Schutzeinrichtungen ist es, die Auswirkungen von Störungen im elektrischen Energiesystem zu beschränken. Störungen entstehen durch äußere oder innere Einwirkungen. Für den sicheren Betrieb der elektrischen Energiesysteme haben Schutzgeräte eine entscheidende Bedeutung und ihre Funktionsfähigkeit wird in regelmäßigen zeitlichen Intervallen überprüft.

Es wurden mehrere Schutzgeräte vom Typ SEG MRN 1 geprüft. Dabei handelt es sich um ein Netzentkopplungsrelais. Es erfolgten folgende Prüfungen:

- Überspannungsschutz 2-stufig
- Unterspannungsschutz 2-stufig
- Überfrequenzschutz 2-stufig

- Unterfrequenzschutz 2-stufig
- Prüfung der Vektorsprungfunktion

Für die Prüfung wurde ein Schutzgeräteprüfsystem vom Typ OMICRON CMC 156 mit Verstärker CMS 156 verwendet. Bei Einstellung von 180° Phasenverschiebung ist es mit diesem Gerät möglich, einphasig Spannungen bis 500V zu erzeugen.

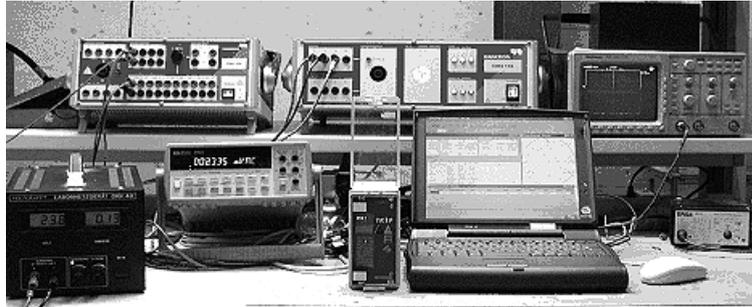


Abbildung 9: Versuchsaufbau zur Schutzgeräteprüfung

Zur Prüfung der Ansprechwerte wurde eine Rampenfunktion und zur Überprüfung der Auslösezeit die Sequenzfunktion benutzt.

Es wurden bei der Rampenfunktion die Spannung bzw. die Frequenz schrittweise über bzw. unter den jeweiligen Auslösewert erhöht bzw. verringert. So wurde der Auslösewert ermittelt.

Zur Bestimmung der Auslösezeit wurde im State Sequencer von einem fehlerfreien in einen fehlerhaften Zustand gesprungen. Die Auslösung wurde über einen binären Eingang registriert und die Auslösezeit ermittelt. Zur Ermittlung des Auslösewinkels der Vektorsprungfunktion wurde in mehreren Durchläufen schrittweise der Winkel bis zur Auslösung angenähert und ermittelt.

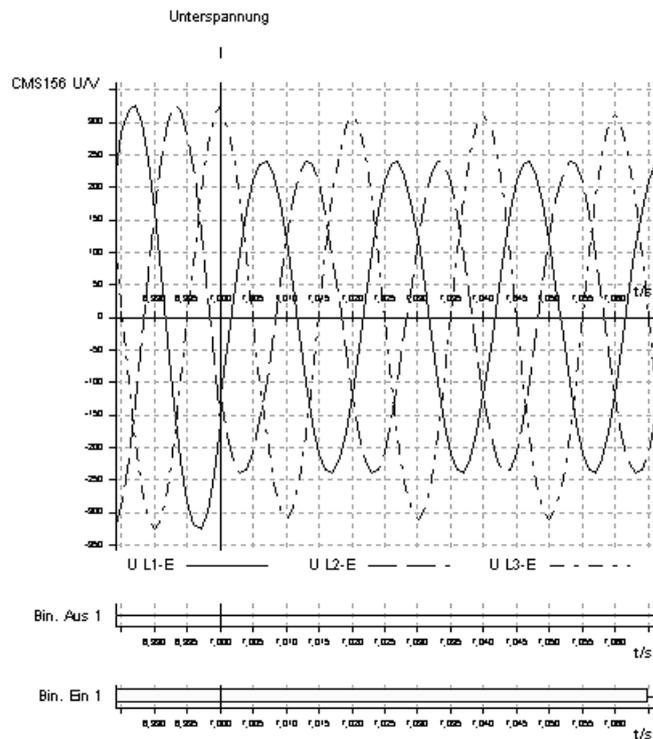


Abbildung 10: Prüfung der Auslösezeit einer Unterspannungsstufe

5.8. Ortung von Erdschlüssen

*Ortung von Erdschlüssen im vermaschten, kompensierten
Mittelspannungsnetz
Henryk Stürmer*

Erdschlüsse entstehen durch eine leitende Verbindung eines Leiters mit Erde, Doppelerdschlüsse durch die leitende Verbindung zweier Leiter über die Erdimpedanz. Bei Eintreten eines einpoligen Erdschlusses kommt es zur Spannungserhöhung in den fehlerfreien Phasen. Es besteht die Gefahr der Ausweitung zum Doppelerdschluss. Ziel ist es, die Erdschlussfehlerstelle möglichst schnell mit möglichst wenigen Teilnetzabschaltungen zu finden.

Im Jahr 2000 wurden in einem Projekt Möglichkeiten zur Ortung von Erdschlüssen im kompensierten Mittelspannungsnetz untersucht. Im Jahr 2001 wurde in einem Folgeprojekt die Erdschlussselektion mit Hilfe der gefundenen Erkenntnisse durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden verschiedene 20-kV-Zellen des Mittelspannungsnetzes durch den Auftraggeber zur Durchführung einer Erdschlussmessung vorbereitet. Der Erdschluss wurde über einen Leistungsschalter künstlich eingelegt. Im folgenden ist das Netz mit den Messstellen zu sehen.

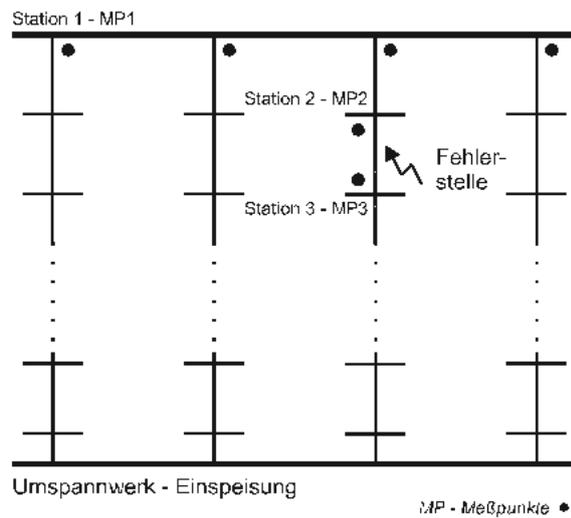


Abbildung 11: Prinzipieller Netzplan

Die Auswertung der Messergebnisse erfolgte mit Hilfe in FAMOS programmierter Sequenzen, wobei die im vorherigen Projekt gewonnenen Erkenntnisse umgesetzt wurden. So konnte der erdschlussbehaftete Mittelspannungsabgang erkannt werden.

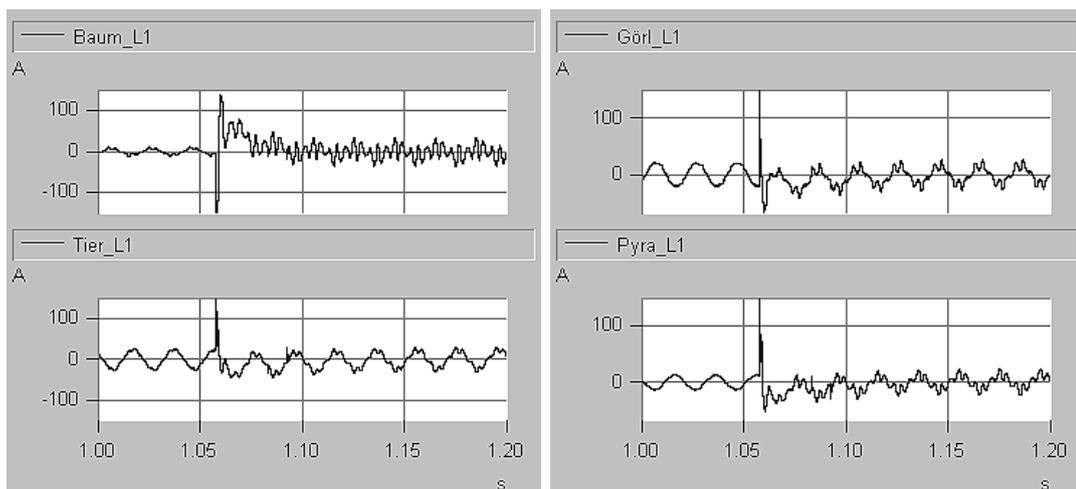


Abbildung 12: Messergebnisse der fehlerbehafteten Phase der vier Abgänge an Messpunkt 1 bei Erdschlusseintritt

5.9. Temperaturverteilung in Großtransformatoren

Untersuchung der Kerntemperatur in Großtransformatoren und Vorbereitungen für ein Transformatormonitoringsystem
Henryk Stürmer

Mittels Transformatoren wird elektrische Energie einer Spannungsebene in die gewünschte andere Spannungsebene transformiert. Sie sind damit ein wichtiges Bindeglied in der

Energieversorgung. Die auftretenden Temperaturen im Transformator bestimmen auch seine Lebensdauer. Da Großtransformatoren sehr teuer sind, ist es für die Abschätzung der Restlebensdauer interessant, die auftretenden Temperaturen in Abhängigkeit von verschiedenen Kriterien zu analysieren.

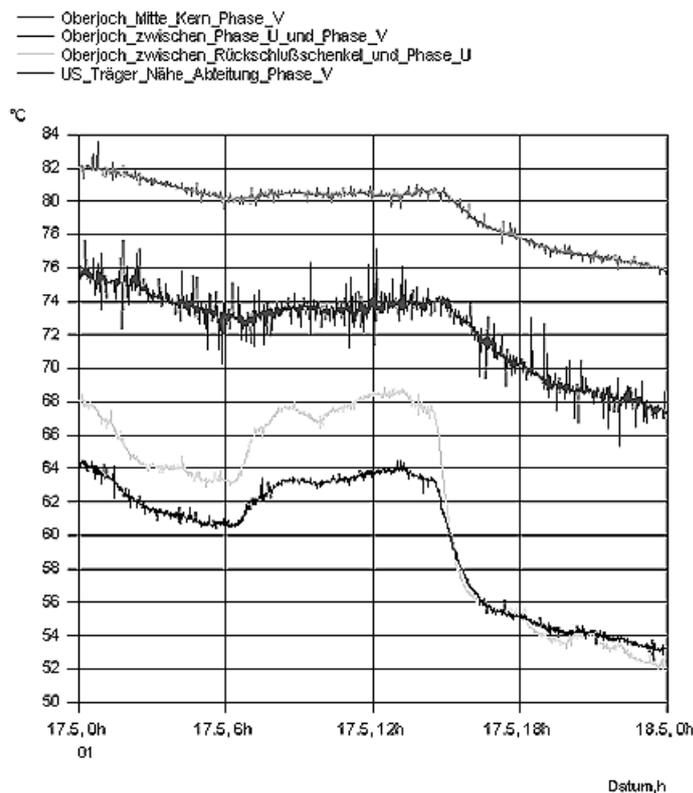


Abbildung 13: Kerntemperaturverlauf über 24h

In diesem Projekt wurde zunächst die Kerntemperatur betrachtet. Es wurde die Messung der Transformator kerntemperatur mittels Pt 100 an vier verschiedenen Stellen im Kern durchgeführt. Mittels selbst programmierter Software wurde ein Messgerät gesteuert und Messwerte zum PC gelesen. Es wurde eine Vierdrahtmessung angewandt, um Messfehler zu minimieren. Da nicht genügend Messleitungen zur Verfügung standen und der Aufwand zum Verlegen neuer Kabelstrecken aufgrund der hohen Distanz von über 100 m unverhältnismäßig hohen Aufwand bedeutet hätte, wurde hier eine Sonderschaltung verwendet. Durch die umgesetzte Art der Verschaltung konnte nun erreicht werden, vier Kanäle über nur 10 Messleitungen einzulesen. Es wurden über mehrere Monate minütlich Temperaturmesswerte des Transformators aufgenommen und gespeichert. Weiterhin wurden Messwertendaten wie Strom, Spannung,

Stufenschalterstellung und Öltemperatur verarbeitet. Zum Einlesen der verschiedenen Messdaten in FAMOS wurden Filter geschrieben.

Durch die durchgeführte Messung konnte die Temperatur im Transformatorkern in Abhängigkeit von verschiedenen Lastzuständen, zu verschiedenen Uhrzeiten und Wochentagen analysiert werden.

Für den Aufbau eines Transformatormonitoringsystems wurden verwendbare Sensoren (z.B. Hydransensor) ausgewählt sowie eine Messkarte zur Aufnahme der Messwerte programmiert.

5.10. CargoLifter Test Series 3

Maik Koch

Die CargoLifter AG beabsichtigt den Bau einer Flotte von Großluftschiffen CL 160 zur Ausführung von Lufttransporten in viele Gebiete der Erde. Deren außergewöhnliche Größe (Länge 260 m und Durchmesser 65 m) macht sie für Blitze empfindlicher als herkömmliche kleinere Flugzeuge oder Ballons. Ziel des Blitzschutzes am CL 160 ist sowohl der Schutz des Luftschiffes gegen die katastrophalen Auswirkungen eines Blitzeinschlags als auch der weitere Betrieb des Luftschiffes ohne notwendige Reparaturen nach einem erfolgten Einschlag. Für ein derartig sicher gestaltetes Blitzschutzkonzept sind neben numerischen Berechnungen umfangreiche praktische Versuche und Tests notwendig. Einige dieser Versuche fanden im Juli und August 2001 in der Hochspannungshalle des Lehrstuhls für Energieverteilung und Hochspannungstechnik an der BTU Cottbus statt.

Hochspannungs-Tests am Modell des CargoLifter

Zur Nachbildung der elektrischen Verhältnisse am CargoLifter wurde ein im Maßstab 1:25 skaliertes originalgetreu nachgebildetes Modell (Länge 10,4 m, Durchmesser 2,4 m) angefertigt. Das Hochspannungslabor ist aufgrund seiner technischen Ausstattung und seiner Abmessungen von 30 x 24 x 15 m sehr gut geeignet, um das Verhalten eines vorläufigen Blitzschutzdesigns zu ermitteln.



Abbildung 14: Modell des CargoLifter im Maßstab 1:25 mit Überschlag am Heck in der Hochspannungshalle der BTU

Zur Simulation unterschiedlicher in der Natur vorkommender Phänomene werden verschiedene Versuchsschaltungen angewandt. Beispielsweise erfolgt die Nachbildung von durch das Luftschiff initiierten Vorblitzen (Leaders) im elektrischen Feld einer Wolke durch ein elektrostatisches Feld, welches durch den 1500 kV-Gleichspannungsgenerator erzeugt wird. Dabei wird die Wolke selbst durch eine Elektrode mit einem Durchmesser von 2 m simuliert.

Natürlich vorkommende Blitze werden durch einen Impulsspannungsgenerator mit einer maximalen Amplitude von 1800 kV bei einer Flankensteilheit von $1,2/50 \mu\text{s}$ erzeugt. Das obige Bild stellt einen solchen Blitzimpuls mit Einschlag am Heckleitwerk dar.

Zusammenfassung

Mit Hilfe von Versuchen in der Hochspannungshalle der BTU wird das Blitzschutzkonzept des skalierten Modells des CargoLifter vervollständigt. Dabei konnte eine gute Übereinstimmung der Versuchsergebnisse mit den Ergebnissen der numerischen Berechnung festgestellt werden. Die Ergebnisse ermöglichen eine Übertragung der Erfahrungen vom skalierten Modell auf das Luftschiff in seiner endgültigen Größe.

5.11. Langzeit-Klimaprüfung an MS-Schaltanlagen

Maik Koch

Gekapselte Innenraum-Schaltanlagen werden zum Einsatz in subtropischen Regionen schwierigen Betriebsbedingungen durch Betauung und Fremdschicht ausgesetzt. Zwei Mittelspannungs-Lasttrennschalteranlagen der Siemens AG wurden in der Klimakammer des ERI e.V. an der BTU Langzeitprüfungen unter Betauung in Anlehnung an IEC 932 unterzogen.



Abbildung 15: Eine MS-Lasttrennschalteranlage nach der Klimaprüfung

Die IEC 932 sieht für den klimatischen Alterungstest fünf identische Testperioden von je neun Tagen, gefolgt von einer mechanischen und elektrischen Untersuchung vor. Während einer neuntägigen Testperiode wird die Temperatur während sieben Tagen zwischen 30°C und 50°C variiert, wobei die relative Luftfeuchtigkeit 95 % betragen soll. Während der gesamten Prüfung liegt die Bemessungsspannung von 24 kV an.

Eine besondere Herausforderung der Alterungsprüfung stellt die in der Norm geforderte Messung des Ableitstromes als Wirkstrom gegen Erde über die Isolation der MS-Schalteranlage dar. Als den Ableit-

strom bestimmende Größe wurde der Isolationswiderstand errechnet. Das erfolgte über eine Signalaufzeichnung von Strom und Spannung im Hochspannungszweig, nachfolgender Fast Fourier Transformation und der Berechnung aller notwendigen Kenngrößen aus dem Grundschwingungsanteil von Strom und Spannung. Deutlich konnte eine Abhängigkeit des Isolationswiderstandes von aktueller Temperatur und Luftfeuchte festgestellt werden.

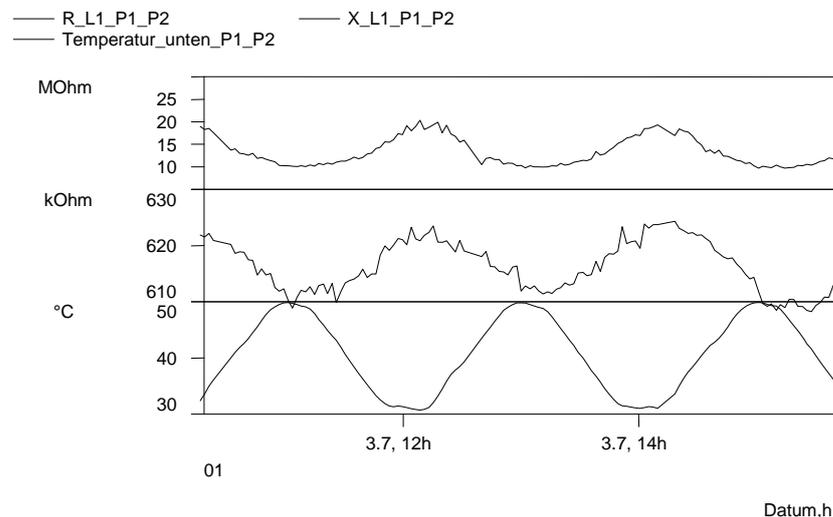


Abbildung 16: Verlauf des Isolationswirk- und Blindwiderstandes und der Temperatur während einzelner Zyklen der Klimaprüfung

Über den gesamten Prüfungszeitraum von fünf mal neun Tagen kam es zu einer eindeutig messbaren Verringerung des Isolationswirkwiderstandes, welche aber keinen Ausfall nach sich zog. Zuzüglich der Forderungen der IEC 932 wurden weitere dielektrische Spannungsprüfungen und Tieftemperaturprüfungen ausgeführt.

5.12. Dimensionierung von Hochspannungs-Messgeräten

Maik Koch

Der Betrieb einer großen Mess- Prüf- und Forschungsanlage wie der Hochspannungshalle des LS EVH bedingt einen ständigen Ausbau der Prüf- und Messtechnik. Exemplarisch soll hier die Dimensionierung eines kapazitiven Teilers für Spannungen von $U_{DC} = 1000 \text{ kV}$ und $U_{AC} = 800 \text{ kV}$ (1h) vorgestellt werden. Eingesetzt wird der kapazitive Teiler für die Messung von Teilentladungen und als Energiespeicher bei Gleich- und Wechselspannung.

Verwendet werden drei von Hochspannungsgeräte Porz gelieferte Kondensatoren mit einer Kapazität von $C = 6,75 \text{ nF}$. Die Montage

erfolgt säulenförmig übereinander und damit als Reihenschaltung der Einzelbauteile. Bei der Dimensionierung sind folgende Problemkreise zu lösen:

- Mechanische Stabilität der fahrbaren Kondensator-Säule, besondere Beachtung der Kippsicherheit
- Niederinduktive und niederohmige Gestaltung der Erdanschlüsse für Gleich- und Wechselspannung, isolierter Aufbau der Säule für die Wechselspannungsmessung
- Vorteilhaft handhabbare elektrische Verbindung auf Hochspannungspotenzial
- Unbedingte Teilentladungsfreiheit bei den angegebenen Bemessungsspannungen

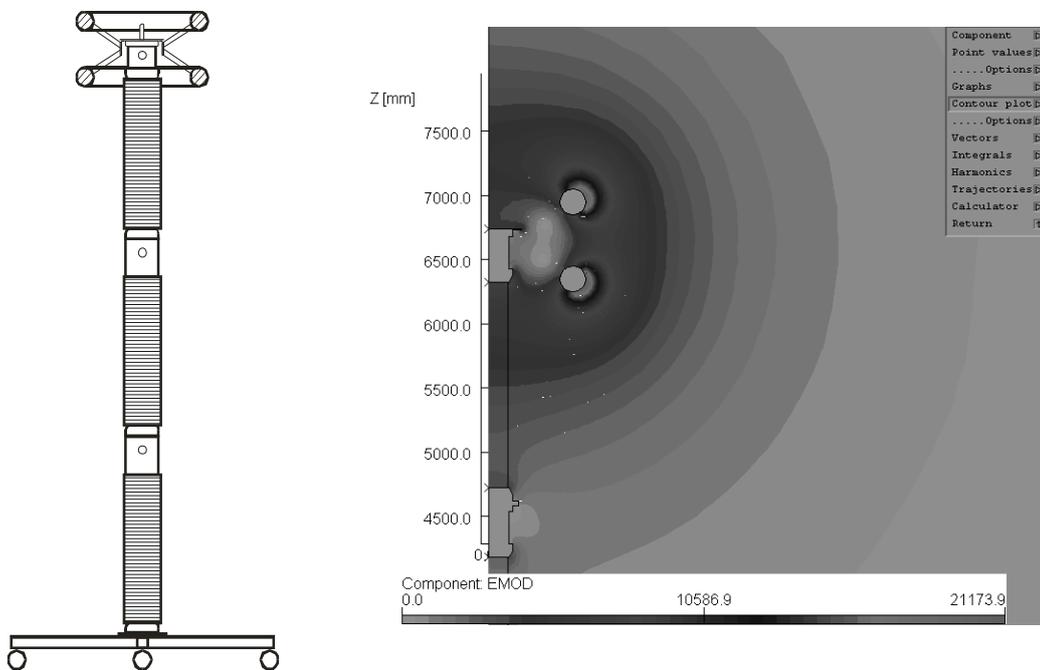


Abbildung 17: Kapazitiver Hochspannungsteiler und elektrisches Feld am Kopf

Um Teilentladungsfreiheit zu erreichen, ist eine Feldsteuerung am Kopf des Teilers durch Toroide und an allen weiteren Punkten erhöhter Feldstärke notwendig. Neben Erfahrungswerten und theoretischen Überlegungen werden Feldsteuerungen vorteilhaft mittels Feldberechnungssoftware konzipiert. Zum Einsatz kommt die auf dem Finite-Elemente-Modell basierende Software PC-Opera.

6. Prüf- und Messeinrichtungen

6.1. Räumlichkeiten

Die große Hochspannungshalle besitzt Achsmaße von 30 x 24 x 15 m (LxBxH). Die Zufahrt erfolgt über ein Tor 4,0 x 4,2 m (BxH), wobei die Torschwelle für eine Achslast von 15 t ausgelegt ist. In der Halle beträgt die zulässige Flächenpressung 10 t/m². Lasten bis 8 t können über den Hallenkran bewegt werden, darüber steht bis 20 t eine Luftkissenanlage zur Verfügung. Die Halle weist eine Vollschildung mit einer Dämpfung von ca. 100 dB im Bereich 10 kHz bis 1 GHz auf.

Als Nebenräume existieren:

- kleine Hochspannungshalle mit 4 Versuchsständen;
- Optiklabor;
- Elektroniklabor;
- EMV-Labor;
- Klimakammer;
- Wandlerlabor;
- Netzanalyselabor

6.2. Wechselspannungsprüftechnik

1 phasig

3 Plätze 350 kV, 175 kVA bzw.

1 Platz 350/700/1000 kV; 400/400/250 kVA

alternative Speisung über Maschinenumrichter 10 - 100 Hz

1 Platz 100 kV, 20 kVA

2 Plätze 100 kV, 5 kVA

3 phasig

1 Platz 600 kV, 525 kVA

6.3. Wechselspannungsmesstechnik

3 Messteiler, kapazitiv a 350 kV, kaskadierbar mit 1000 kV Kopfelektrode

3 Messteiler, kapazitiv a 100 kV

9 Messteiler, ohmsch-kapazitiv a 50 kV, kaskadierbar und freilufttauglich für Vor-Ort-Messungen

2 Kugelfunkenstrecken 500 mm bzw. 250 mm

1 TE-Messplatz mit Sperrdrossel bis 700 kV

1 TE-Messplatz mit Sperrdrossel bis 100 kV

1 Druckgaskondensator, 400 kV, 100 pF

1 Druckgaskondensator, 100 kV, 100 pF

diverse C, tan δ - Messbrücken 1 induktiver Normalspannungswandler 110/60 kV, 200 ppm

diverse Scheitelwert- bzw. True-RMS Messgeräte

6.4. Wechselstrommess- und prüftechnik

1 Hochstromanlage 10 kA DB, 40 V

1 Hochstromanlage 1 kA DB, 5 V

1 Messstromwandler 10 kA CL 0,5

1 Normalstromwandler 6 kA, 50 ppm

diverse Stromzangenwandler bzw. Shunts

6.5. Gleichspannungsmess- und prüftechnik

1 Gleichspannungsanlage 1600 kV, 10 mA mit 1000 Hz Erregermaschine

1 Gleichspannungsanlage 400 kV, 20 mA

1 Gleichspannungsanlage 140 kV, 15 mA

4 Messteiler ohmsch a 500 kV kaskadierbar mit 2000 kV Kopfelektrode

1 Messteiler ohmsch a 400 kV

2 Messteiler ohmsch a 140 kV

6.6. Stoßspannungsmess- und prüftechnik

1 Stoßanlage, 1800 kV-BIL bzw. 1400 kV-SIL, 90 kJ, aufrüstbar auf 2400 kV, 120 kJ

1 Stoßanlage, 200 kV, 2,5 kJ, aufrüstbar auf 1000 kV, 25 kJ

3 Stoßteiler ohmsch-kapazitiv a 600 kV, kaskadierbar mit Kopfelektrode 1800 kV-BIL, 1400 kV-SIL

2 Stoßteiler ohmsch-kapazitiv a 200 kV

1 Stoßteiler ohmsch 1200 kV

diverse Scheitelspannungsmessgeräte

1 Platz mit digitalem Stoßspannungsauswertesystem

9 Stoßspannungsteiler für Vor-Ort-Messungen, 200 kV-BIL, 50 KV-AC

Die Stoßspannungsanlage kann zur Stoßstromanlage umgerüstet werden und erzeugt dann 25 kA (8/20 (µs) bzw. 50 kA (4/10 (µs).

6.7. Klimakammer

Innenabmessungen 7x5x7,75 m (LxBxH)

Tor 2x7 m (BxH)

Personenschleuse

Temperaturbereich -50 ... +80°C

Feuchte 10 ... 95 %

Belastbarkeit 5 t statisch plus 50 kN dynamisch

Durchführungen 350 kV AC, 1050 kV-BIL, 10 kA AC

Sprühwasser-Vereisungsanlage

6.8. Optiklabor

2 optische Tische mit Schwingungs-Dämpfungssystem

diverse Justage- und Montageeinrichtungen

Lichtquellen, Empfänger, optisches Multimeter, Spektrometer, Mikroskop, 30 L-Temperaturtruhe (-40° ... +180°C)

Polarisationsmessgeräte sowie diverse Polarisatoren

6.9. Elektroniklabor

Leiterplattenentwurfssystem;

Funktionsgeneratoren;

6,5 bzw. 7,5 stellige Digitalmultimeter;

Speicheroszilloskope bis 8 GS/s und 8 Mbyte;

Entwicklungsplattform für S7-Steuerungen

6.10. EMV-Labor

1 Absorberkammer 7x4x4 m (3 m - Messstrecke) für Prüflinge bis 1x1x2 m (LxBxH);

1 Streifenleiter-Prüfanlage (in Vorbereitung) 24x6x6 m;

2 Antennen 9 kHz ... 30 MHz;

2 Antennen 30 MHz ... 3 GHz;

Leistungsverstärker 100 W;

Feldmesssonden DC, 16 2/3, 50 Hz;

Burstgenerator;

Surgegenerator;

ESD-Generator;

Netzunterbruchsimulator

diverse Einkoppelzangen

6.11. Wandlermessplatz

1 kap. Normalspannungswandler 400 kV, 200 ppm;

1 ind. Normalspannungswandler 110/60 kV, 200 ppm;

1 Normalstromwandler 6 kA, 50 ppm;

1 Wandlermessbrücke auch mit Schnittstellen für nichtkonventionelle Wandler nach IEC-Entwürfen;

1 Spannungsbürde, elektronisch;

1 Strombürde, mechanisch

6.12. Netzanalyselabor

Oszilloskope und Transientenrekorder bis 8 GS/s bzw. 8 MByte;

2 Analysesysteme 16 Kanal für Netzgrößen, Oberschwingungen, Flicker, Transiente mit optischer Übertragung zur Synchrontriggerung;

1 Relais-Prüfsystem zum Test aller gängigen Schutzrelais incl. Vektorsprunghrelais sowie der Generierung von Echtzeitsignalen aus EMTP-Berechnungen;

diverse Tastköpfe und Shunts;

9 gedämpft-kapazitiver Hochspannungsteiler (freilufttauglich und kaskadierbar) mit 50 kV AC / 200 kV BIL

6.13. Software

ABB-Calpos: Lastfluss; Kurzschluss; Oberschwingungen; dyn. Simulation; Distanzschutz und Selektivität; Kabeldimensionierung; Erdung

ATP-EMTP: transiente Ausgleichsvorgänge

Opera 2 D bzw. 3 D Feldberechnung

Quickfield Feldberechnung

Microsim / Orcad Pspice Simulation elektronischer Schaltungen, Leiterplattenlayout

diverse Software Pakete (z.B. Auto CAD, MathLab etc.)