



Fachkommission für Hochspannungsfragen

Commission d'étude des questions relatives à la haute tension



JAHRESBERICHT 2004

Inhalt:	Seite
1. Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters.....	3
2. Struktur und Leitbild der FKH	5
3. FKH-Vorstand	6
4. FKH-Arbeitsgruppe	7
5. Dienstleistungen der FKH	8
6. Auftragsarbeiten und statistische Übersicht	9
7. Ausgewählte Auftragsarbeiten F&E-Projekte	11
8. FKH-Labor für Isolierölanalysen	19
9. Anschaffungen und Entwicklungen	21
10. FKH-Fachtagung 2004	25
11. Zusammenarbeit mit Hochschulen / Nachwuchsförderung.....	27
12. Referate, Publikationen	28
13. Mitgliedschaft / Mitarbeit in Fachgremien und Kommissionen.....	31
14. FKH-Mitglieder	32

1. Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters

Sehr geehrte FKH-Mitglieder, sehr geehrte Freunde der FKH

Gemäss dem finanziellen Jahresabschluss kann die FKH auf ein erfolgreiches Geschäftsjahr 2004 zurückblicken. Für viele Mitglieder und Kunden konnte ein breites Spektrum an Dienstleistungen erbracht werden, wobei Anzahl und Volumen der Aufträge erneut weiter angestiegen sind. Wie diesem Jahresbericht zu entnehmen ist, wurden in einigen Fällen wieder neue Fragestellungen angegangen, die interessante und verwertbare Erkenntnisse erbracht haben.

Als Erfolg kann auch die unter dem Patronat des VSE durchgeführte FKH-Fachtagung „Erdschlussprobleme in Verteilnetzen“ bezeichnet werden, die beinahe 200 Interessenten angezogen hat und die auch eine fruchtbare Diskussion auslösen konnte.

Nachdem die FKH im Jahr 2003 ein Labor für Isolierölanalysen mittels einer Vorfinanzierung durch die grossen Elektrizitätsversorgungsunternehmen aufbauen konnte, hat der damit geschaffene Dienstleistungszweig im vergangenen Jahr sein erstes volles Betriebsjahr erfolgreich hinter sich gebracht. Die Erwartungen an die Nachfrage für Isolierölanalysen wurden deutlich übertroffen. Dies zeigt, dass die Zustandsüberwachung von Transformatoren und anderen öl-isolierten Hochspannungsapparaten heute eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die Instandhaltung der Betriebsmittel darstellt.

Auch auf den etablierten Gebieten der verschiedenen Hochspannungsprüftechniken konnte die FKH eine rege Nachfrage verzeichnen. Für den wachsenden Bedarf an Zustands- und Qualitätsprüfungen vor Ort sind mehrere Entwicklungen ausschlaggebend: Zu nennen sind die modernen zustandsorientierten Instandhaltungsstrategien, aber auch das zunehmende mittlere Betriebsalter der Infrastruktur für die Elektrizitätsversorgung. Eine wesentliche Rolle spielt zudem der steigende Wettbewerb in der Herstellerindustrie, welcher zu neuen Lösungen aber auch zu sparsamen Auslegungen und Fertigungsverfahren und damit auch zu vermehrten Qualitätskontrollen zwingt.

Die von der FKH erarbeiteten Mittel werden zur Zeit in neue Prüfmittel investiert (siehe Abschnitt „Neue Entwicklungen und Investitionen“), wobei im Jahr 2005 der Ausbau der Prüfanlagen für Grosstransformatoren im Zentrum steht.

Aus heutiger Sicht können wir zuversichtlich sein, dass die FKH ihren Mitgliedern auch in den kommenden Jahren bei Problemstellungen praktischer Prüfaufgaben im Bereich der Hochspannungsanlagen und Apparate tatkräftig zur Seite stehen wird. Wir möchten Sie dazu aufrufen, mit Ihrem direkten Kontakt zur FKH und mit den von Ihnen gestellten Ansprüchen an die Arbeitsgruppe dazu beizutragen, dass sich unser Verein den Bedürfnissen der Mitglieder laufend anpassen kann.

Dr. Gianni Biasiutti
Präsident

Dr. Reinhold Bräunlich
Geschäftsleiter

2. Struktur und Leitbild der FKH

Struktur der FKH

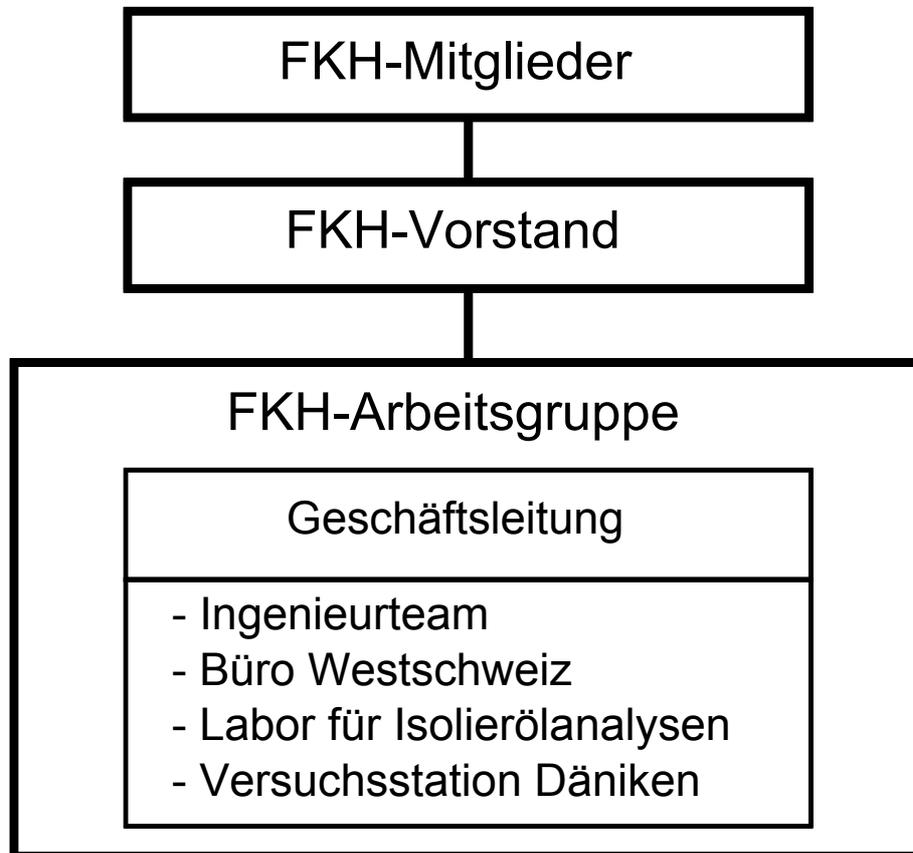


Abbildung 1 Struktur der FKH

FKH-Leitbild

Die FKH-Arbeitsgruppe (FKH-AGr) ist eine Gruppe neutraler Sachverständiger und verfügt über eigene Prüf- und Messeinrichtungen. Sie betreibt selbst **Entwicklungen** und steht ihren Mitgliedern sowie Dritten für **Dienstleistungen** zur Verfügung.

Die FKH übt eine **Brückenfunktion** zwischen den schweizerischen Hochschulen und den Unternehmungen der Elektroenergie-technik aus. Durch aktive Kontakte zu den beiden ETH und den Fachhochschulen und durch Beteiligung an der Forschung leistet sie einen Beitrag zur Förderung der Attraktivität der energietechnischen Disziplinen.

Die FKH offeriert - im Sinne der **Nachwuchsförderung** - Studenten und Absolventen der Hochschulen die Mitarbeit an praxisorientierten Arbeiten.

Sie betätigt sich in **Normen- und Fachgremien** und macht ihren Mitgliedern das Wissen der Fachstellen und Hochschulen zugänglich.

3. FKH-Vorstand

Präsident:	Dr. Gianni Biasiutti KWO, Kraftwerke Oberhasli AG
Vizepräsident:	Dr. Thomas Aschwanden BKW FMB Energie AG
Mitglieder:	Heinz Aeschbach AREVA T&D AG
	Dr. Peter Biller ABB Sécheron SA
	Werner Graber (bis 31.08.2004) Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)
	Serge Michaud Electrosuisse
	Dr. Reinhold Bräunlich *) Fachkommission für Hochspannungsfragen (FKH)
	Benedikt Burkhardt Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK)
	Peter Fessler Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz)
	Prof. Dr. Klaus Fröhlich **) Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ)
	Dr. Pierre Zweiacker **) Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)
	Bernhard Krummen Service de l'Electricité de la Ville de Lausanne (SEL)
	Peter Mathis SBB, Energie
	Markus Pauli Brugg Kabel AG
	Dr. Heinrich Zimmermann Atel Netz AG
	Vertreter der Fachhochschulen **)
	Prof. Hubert Sauvain Ecole d'Ingénieurs et d'Architectes de Fribourg
Kontrollstelle:	Daniel Baumgärtner Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ)
	Anton Stähler Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz)

*) Mitglied mit beratender Stimme

**) Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats

4. FKH-Arbeitsgruppe

Geschäftsleitung: Dr. Reinhold Bräunlich
Stellvertretung: Günther Storf

Sekretariat: Brigitte Egger

FKH-Geschäftsstelle: Voltastrasse 9, 8044 Zürich Tel. 044-253 6262
Fax 044-253 6260

Dr. Reinhold Bräunlich, dipl. El.-Ing. ETH braeunlich@fkh.ch
Dr. Vahe Der Houhanessian, dipl. El.-Ing. ETH houhanessian@fkh.ch
Brigitte Egger egger@fkh.ch
Martin Hässig, El.-Ing. HTL haessig@fkh.ch
Dr. Thomas Heizmann, dipl. El.-Ing. ETH heizmann@fkh.ch
(Ansprechpartner französische Schweiz) Tel. 032-725 24 85
Fax 032-835 11 30
Adamo Mele, Elektromechaniker mele@fkh.ch
Günther Storf, dipl. El.-Ing. ETH storf@fkh.ch

FKH-Isolieröllabor 4658 Däniken (SO) Tel. 062-288 7799
Fax 062-288 7790
trafo@fkh.ch

Dr. Hans-Josef Knab, Dipl. Phys. knab@fkh.ch
Peter Frey, Chemielaborant frey@fkh.ch ab 01.02.04

FKH-Versuchsstation 4658 Däniken (SO) Tel. 062-288 7795
Fax 062-288 7794

Aldo Resenterra, Elektromonteur resenterra@fkh.ch
Toni von Deschwanden, Elektromechaniker deschwanden@fkh.ch

Internet-Adresse FKH: <http://www.fkh.ch>

5. Dienstleistungen der FKH

Als unabhängige Institution bietet die FKH folgende Standarddienstleistungen an, welche vor allem vor Ort (z.B. in Unterwerken oder Kraftwerken), aber auch in Hochspannungslabors oder auf dem FKH-Freiluftprüffeld Däniken ausgeführt werden können:

- Hochspannungsprüfungen mit Wechselfeldspannung von Anlagen und Komponenten vor Ort oder im Labor
- Teilentladungsmessungen und Messungen dielektrischer Eigenschaften vor Ort oder in abgeschirmten Prüflabors
- Stossspannungs- und Stossstromprüfungen vor Ort oder stationär in der Versuchsstation Däniken
- Messung von transienten Vorgängen im Hochspannungsnetz und in Anlagen
- Nachweis der Wirksamkeit von Erdungsanlagen (Erdungsmessungen)
- Schulungskurse im Bereich Prüf- und Messtechnik
- Überprüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)
- Berechnung und Messung elektrischer und magnetischer Felder (EMF)
- Abnahme von HS-Anlagen oder Komponenten im Auftrag Dritter
- Engineering und Beratung in Hochspannungs- und Blitzschutzfragen
- Isolierölanalysen

Informationsbroschüren (werden auf Wunsch zugestellt)

- Leistungstransformator-Diagnose / Diagnostic de transformateurs de puissance / Diagnosis of power transformers
- Kabelprüfungen und Kabeldiagnose vor Ort / Essais de câbles et essais diagnostiques sur site
- Erdungsmessungen in Unterwerken und Kraftwerken / Mesure de mise à la terre des sous-stations et des centrales
- Prüfungen von gasisolierten Schaltanlagen / Essais de postes sous enveloppe métallique (PSEM)
- Isolierölanalysen / Analyses d'huile d'isolation
- Literaturrecherche

6. Auftragsarbeiten und statistische Übersicht

Neben diversen Forschungs- und Entwicklungsprojekten wurden im Berichtsjahr 2004 insgesamt 91 Auftragsarbeiten und 82 Isolierölanalysen für FKH-Mitglieder und Dritte ausgeführt mit welchen folgender Umsatz erzielt wurde (Angaben aus dem Vorjahr in Klammern):

Erlös aus Auftragsarbeiten für FKH-Mitglieder ^{*)}	CHF	1'115'755.-	(958'101.-)
Erlös aus Auftragsarbeiten für Nichtmitglieder	CHF	597'090.-	(569'174.-)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	CHF	56'000.-	(18'570.-)
Total gemäss FKH-Erfolgsrechnung 2004	CHF	1'768'845.-	(1'545'845.-)

^{*)} Nettoerlös, 10% Mitgliederrabatt abgezogen.

Tabelle 1 Erlös aus Auftragsarbeiten

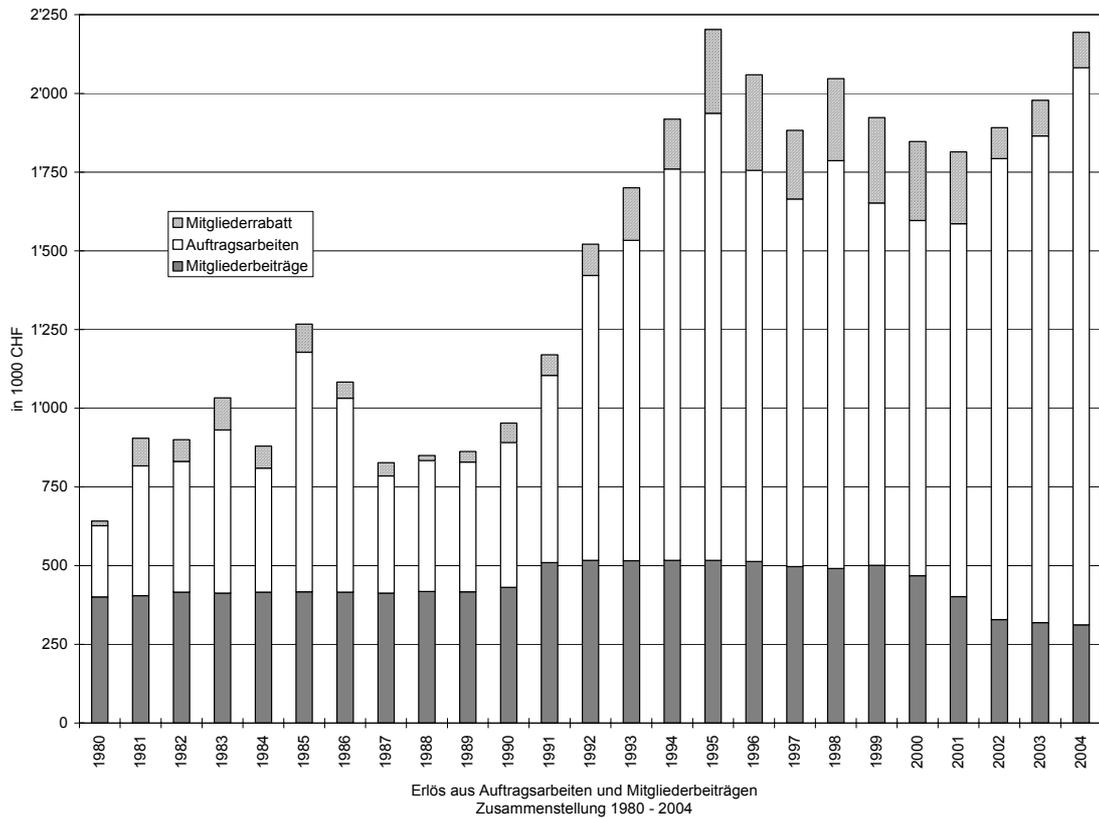


Abbildung 2 Erlös aus Auftragsarbeiten und Mitgliederbeiträgen, im Zeitraum von 1980 - 2003

Die Auftragstätigkeit der FKH-Arbeitsgruppe für Mitglieder und Dritte im Berichtsjahr 2004 kann folgenden Gebieten zugeordnet werden (prozentuale Verteilung bezogen auf den erzielten Nettoerlös, Angaben aus dem Vorjahr in Klammern):

Prüfung von Hochspannungs-Kabelanlagen	24%	(22%)
Diagnose von Hochspannungsapparaten (Transformatoren)	19%	(21%)
Prüfung von GIS	8%	(13%)
Erdungsmessungen / Nachweis von Blitzschutzmassnahmen	6%	(7%)
Typprüfungen / Spezialversuche	9%	(6%)
EMF / Korona / EMV / Transiente Vorgänge im Netz und in HS-Anlagen	1%	(17%)
Beratungs- und Betreuungsaufgaben	4%	(1%)
Isolierölanalysen	25%	(6%)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	4%	(1%)

Tabelle 2 Prozentuale Verteilung der Auftragsarbeiten im Jahr 2004 nach Dienstleistungsparten aufgeschlüsselt (Vorjahr in Klammern)

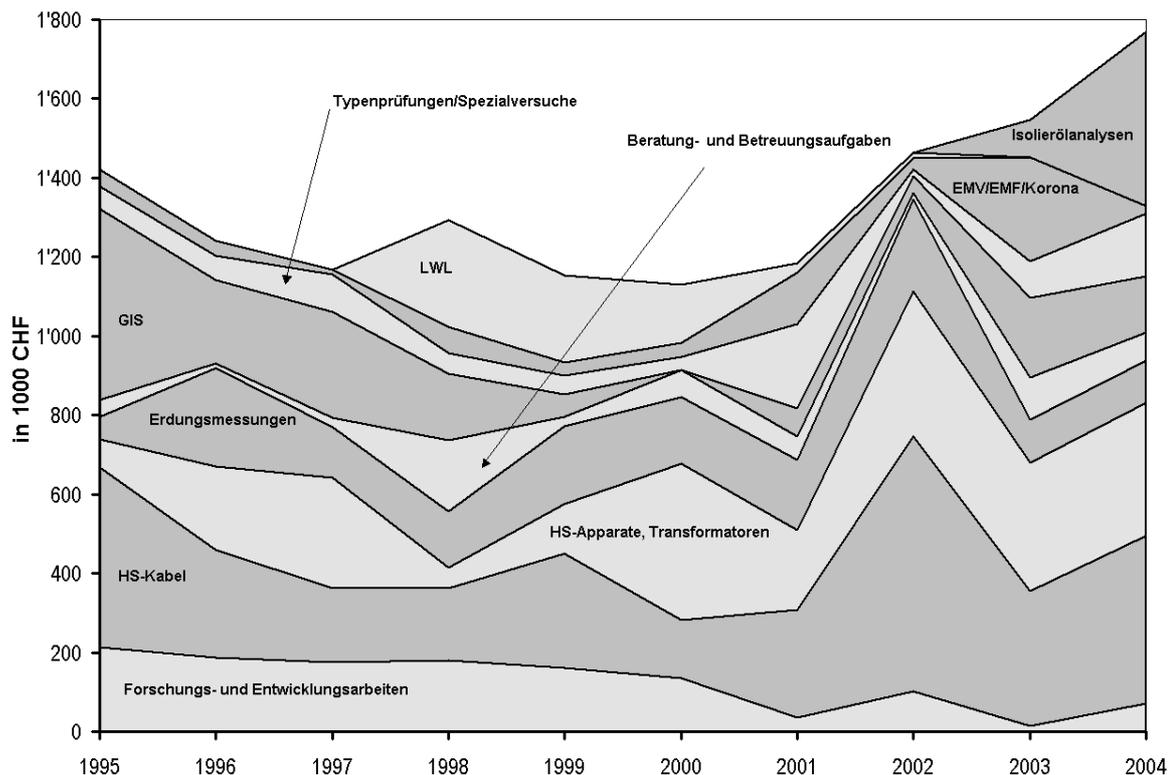


Abbildung 3 Entwicklung des Erlöses aus Auftragsarbeiten nach einzelnen Dienstleistungsparten (in CHF 1'000) über den Zeitraum von 1995 bis 2004

7. Ausgewählte Auftragsarbeiten F&E-Projekte

Hochspannungsabnahmeprüfungen mit Stoss- und Wechselspannung an GIS

Im Berichtsjahr konnten drei GIS-Prüfungen durchgeführt werden:

- Zwei Prüfungen an 123-kV-Anlagen im Ausland mit schwingender Stossspannung und mit angeschlossenen Wandlern (siehe Abbildung 4)
- Eine Integralprüfung mit Wechselspannung einer 123-kV-Anlage mit angeschlossenen Spannungswandlern und Hochspannungskabeln in der Schweiz (siehe Abbildung 5)

Die Stossprüfung kam durch die neue IEC-Norm 62271-203 „High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV“ zur Anwendung. Da in der Anlage keine TE-Sensoren eingebaut waren, und die Kapazität für die Prüfung mit einem angeflanschten Prüftransformator und klassischer TE-Messung zu gross war, wurde eine Stehwechselspannungsprüfung (185 kV/1 min) mit nachfolgender Blitzstossspannungsprüfung (440 kV) angewandt, wie dies in der erwähnten Norm empfohlen wird.

Bei einer der Anlagen schlugen bei der Stossprüfung zwei Isolatoren über. Die Ursachen waren Fehlerstellen, die bei der Stehwechselspannungsprüfung ohne TE-Messung nicht aufgedeckt wurden.



Abbildung 4 FKH-Stossgenerator bei der Prüfung einer 123-kV-GIS mit schwingendem Blitzstoss



Abbildung 5 Serie-Resonanzanlage bei der Prüfung einer 123-kV-GIS (Einspeisung der Prüfspannung über das Trafokabel)

Schalttransientenmessungen in Transformatorstationen

Drei Schaltertypen mit unterschiedlichem Löschmedium (ölar, SF₆ und Vakuum) wurden bezüglich der erzeugten Überspannungen beim Ein- und Ausschalten eines Verteiltransformators untersucht. Zur Feststellung der Maximalamplituden von Spannungs- und Stromtransienten wurden ober- und unterspannungsseitig am Transformator Spannungs- und Stromverläufe in einem Frequenzbereich von 50 Hz bis 3 MHz mit einem Vielkanaltransientenrekorder erfasst (siehe Abbildungen 6 bis 8).



Abbildung 6 Montage der Spannungsteiler auf der 400-V-Unterspannungsseite (vorne rechts) und der 22/11-kV-Oberspannungsseite (hinten links)



Abbildung 7 Montage der Spezialstromwandler auf der Unterspannungsseite (links) und Oszillographen zur Erfassung der transienten Signale (rechts)

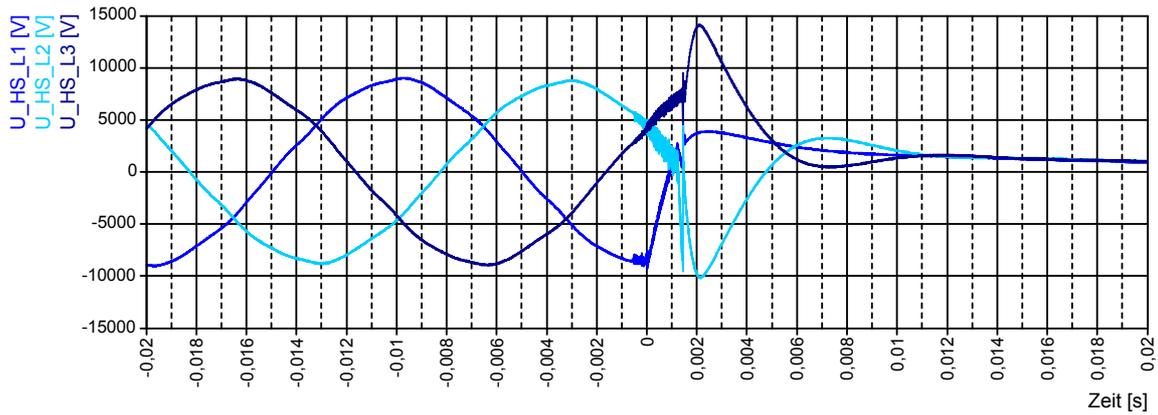


Abbildung 8 Spannungsverlauf auf der Oberspannungsseite des Transformators beim Ausschalten mit einem ölarmen Schalter

Es wurde unter anderem festgestellt, dass bei oberspannungsseitigen Ein- und Ausschaltungen des Transformators bei einer Betriebsspannung von 22 kV an den offenen Sekundärklemmen des Transformators Überspannungen mit Spannungsspitzen gegen Erde bis zu 8 kV auftreten können.

Die drei Schalter mit unterschiedlichen Löschmedien zeigen ein abweichendes Rückzündungsverhalten auf. Bezüglich Amplitude der Spannungstransienten treten aber nur verhältnismässig geringe Unterschiede auf.

Aufgrund der festgestellten Spannungs- und Stromtransienten wird die Empfehlung unterstützt, dass sowohl bei Inbetriebnahmen wie auch bei Ausserbetriebnahmen eines Verteiltransformators, wenn immer möglich, zuerst die Oberspannungsseite ein- bzw. ausgeschaltet werden soll.

Messtechnische Untersuchungen von Ferroresonanzschwingungen in Schaltfeldern mit induktiven Hochspannungsmesswandlern

Wird ein Teil einer Hochspannungsschaltanlage mit induktiven Spannungswandlern durch einen Leistungsschalter freigeschaltet, so kann dieser Anlagenteil gekoppelt über den Steuerkondensator des Schalters zu permanenten Ferroresonanzschwingungen angeregt werden. Solche Schwingungen gehen mit einer Sättigung des Wandler-Eisenkerns einher und haben stark erhöhte Ströme in der Primärwicklung des Wandlers zur Folge. Der Messwandler kann dadurch überhitzt und schliesslich auch zerstört werden.



Abbildung 9 Transientenrekorder und portabler Rechner für die Erfassung der Strom- und Spannungsverläufe an den Hochspannungsmesswandlern



Abbildung 10 Erfassung des Stroms durch die Primärwicklung des Spannungswandlers

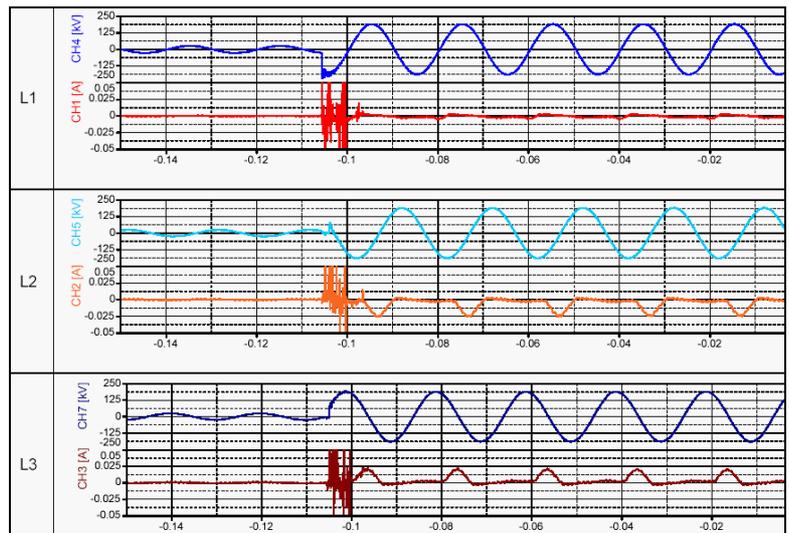


Abbildung 11 Oszillogrammbeispiel: Ausschalten eines lehrlaufenden Abgangsfelds: Dargestellt sind für alle drei Phasen oben: die Spannung über der Spannungswandlersekundärwicklung und unten: der Strom durch die Primärwicklung

Im Berichtsjahr wurden mehrere Schaltversuche in Hochspannungsanlagen zur Untersuchung sogenannter einphasigen Ferroresonanzerschwingungen oszillographisch untersucht (Abbildungen 9 bis 11). Bei diesen Messkampagnen war auch die Wirkung von Dämpfungseinrichtungen zu untersuchen, mit welchen die Spannungswandlersekundärwicklungen beschaltet werden und welche solche Schwingungen verhindern sollen.

Teilentladungsmessungen an giessharzisierten Mittelspannungswandlern

Nach vereinzelt Ausfällen von Mittelspannungswandlern wurde eine Reihe älterer Exemplare messtechnisch auf ihren Isolationszustand näher untersucht. Verschiedene Serien von 24-kV-Strom- und Spannungswandlern mit Giessharzisolierung, welche bereits längere Zeit in Betrieb gestanden waren, wurden einer Teilentladungsprüfung unterzogen. Dabei wurden Einsetz- und Aussetzspannung sowie TE-Pegel bei Prüfspannungen von 14 kV und bei 24 kV registriert. Die Messungen wurden jeweils vor und nach einer 1-Minutenspannung von 29 kV erfasst. Mit dieser reduzierten Prüfspannung wurde eine betriebliche Überspannung simuliert, welche Teilentladungsaktivität auslösen könnte (Abbildungen 12 – 14).

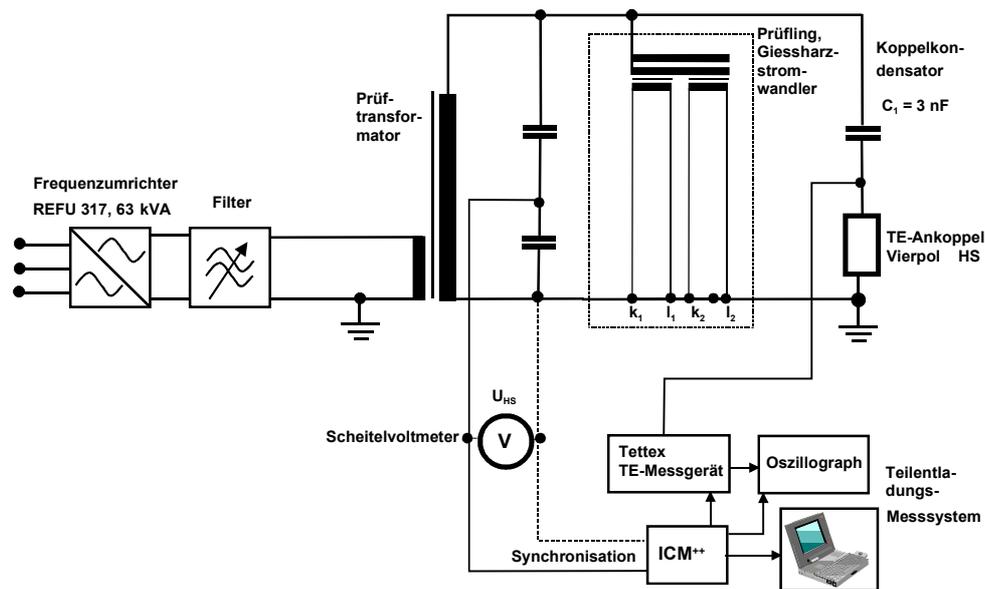


Abbildung 12 Schema der TE-Messschaltung zur Prüfung der Giessharzstromwandler



Abbildung 13
24-kV-Giessharzstromwandler, vorbereitet für die TE-Messung

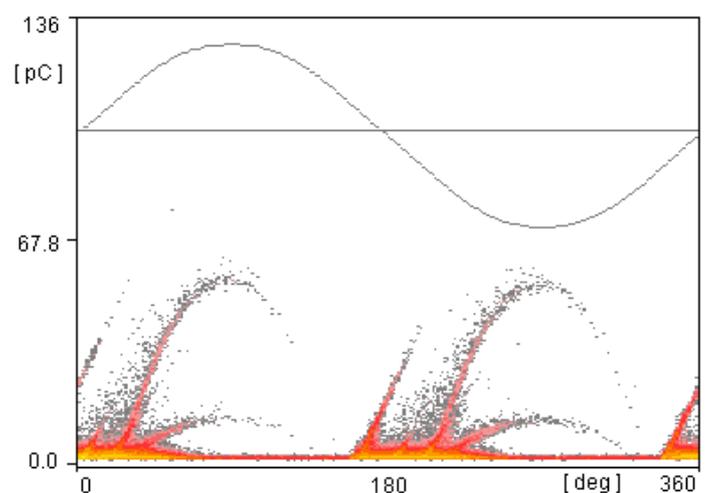


Abbildung 14
Phasenaufgelöstes Impulshöhendiagramm eines TE-Signals bei einer Prüfspannung von 14 kV, aufgenommen über eine Messperiode von einer Minute. Auf der Abszisse ist die gemessene „scheinbare Ladung“, kalibriert in pC aufgetragen.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden bei älteren Mittelspannungswandlern mit Giessharzisolierung unerwartet häufig Teilentladungen festgestellt. Trotzdem sich Teilentladungen in Feststoffisolationen bei Mittelspannung weniger drastisch auswirken als bei höheren Spannungen, ist mit vereinzelt Isolationsfehlern zu rechnen. Statistische Erhebungen, die ebenfalls durchgeführt wurden, haben allerdings generell keine alarmierende Fehlerrate bei giessharzisierten Spannungswandlern ergeben.

8. FKH-Labor für Isolierölanalysen

Das Labor für Isolierölanalysen, welches im Verlaufe des Jahres 2003 fertiggestellt und in Betrieb genommen wurde, hat nun inzwischen sein erstes volles Betriebsjahr sehr erfolgreich hinter sich bringen können. Infolge des schnell ansteigenden Bedarfs an Isolierölanalysen wurde bereits im Februar ein Laborant mit einem Pensum von 70 % eingestellt. Dank dieser personellen Verstärkung konnte das im Jahr 2004 bestellte Auftragsvolumen fristgerecht und zur Zufriedenheit der Kunden bewältigt werden.

Unter den untersuchten Apparaten befanden sich auch über hundert Hochspannungsmesswandler. Zusätzlich wurden auch einige Spezialanalysen an Durchführungen und Kabelendverschlüssen durchgeführt (siehe Tabelle 3).

Zersetzungsgas-analysen	Bestimmung des Furan-gehalts	Diel.-chemische Analysen	Bestimmung des Inhibitor-gehalts	Öl-Alterungs- und Verträglichkeitstests	Kontrolle des PCB-Grenzwerts	Buchholzgas-analysen
259	115	289	31	3	28	4

Tabelle 3 Zahlen über die im Jahr 2004 ausgeführten Standard-Isolierölanalysen

Im Jahr 2004 wurden in erster Linie die Logistik sowie die Abläufe bei der Probenentnahme und bei den Analysen optimiert (Abbildungen 15 und 16). Zudem konnte auch ein 24-h-Notfalltelefondienst eingerichtet werden, welcher bei dringlichen Analysen, z.B. bei Buchholzalarmen zur Anwendung kommt.

Unsere Telefonnummern für Dienstleistungen des Labors für Isolierölanalysen lauten:

Normalarbeitszeit Mo-Fr 08⁰⁰ – 16⁰⁰: **062 288 77 99**

übrige Zeit, Pikett 365 Tage, 24 h: **058 319 20 60**

Im weiteren wurden Hilfseinrichtungen beschafft, welche die Laborarbeit erleichtern und effizienter machen und schliesslich konnte die Datenerfassung im Labor weiter automatisiert werden (Abbildung 17).



Abbildung 15 Probenentnahmeset



Abbildung 16 Vorschriftsmässige Probenentnahme an einem Transformator für die spätere Zersetzungsgasanalyse



Abbildung 17 Das Herzstück des Isolieröllabors: Die Einrichtungen für Gasextraktion, Zersetzungsgas- und Furananalysen

9. Anschaffungen und Entwicklungen

Speisequelle für die Eigenerregung von Grosstransformatoren für Teilentladungsmessungen vor Ort

Eine universelle Prüfquelle für die Erregung dreiphasiger Leistungstransformatoren bei der TE-Prüfung vor Ort wurde konzipiert und bei einem schweizerischen Firmenkonsortium bestellt. Die Quelle besteht im Wesentlichen aus zwei Geräteschränken:

1. Einer Eingangseinheit (Abbildung 18), bestehend aus einem Transformator und einem 12-pulsigen Gleichrichter für den Spannungszwischenkreis
2. Einem dreiphasigen IGBT-Wechselrichter, (Abbildung 19) welcher zusammen mit dem Hauptsteuerprozessor und einem Ausgangsfilter in einem Geräteschrank untergebracht ist.

Das Prinzip der Selbsterregung eines grossen Leistungstransformators mit der in Bau stehenden Prüfquelle ist in Abbildung 20 dargestellt. Zur Erregung eines Grosstransformators wird zusätzlich ein Zwischentransformator benötigt, welcher in die Unterspannungs- oder die Tertiärwicklung einspeist.

Eckdaten der Speisequelle

Scheinleistungen:	600 kVA
Ausgangsspannung:	50 V ... 990 V
Ausgangsstrom:	3 x 400 A
Frequenz der Ausgangsspannung:	0 Hz ... 250 Hz (0 ..5 Hz und 150 Hz ... 250 Hz mit reduzierter Leistung)



Abbildung 18
Geräteschrank mit dem Eingangsteil bestehend aus einem Eingangstransformator und einem Gleichrichter



Abbildung 19
Steuerschrank mit Wechselrichter. Die Leistungsmodule wurden noch nicht montiert

Die Prüfquelle soll in der zweiten Hälfte des Jahres 2005 für die Vor-Ort-Prüfung von Grosstransformatoren zur Verfügung stehen.

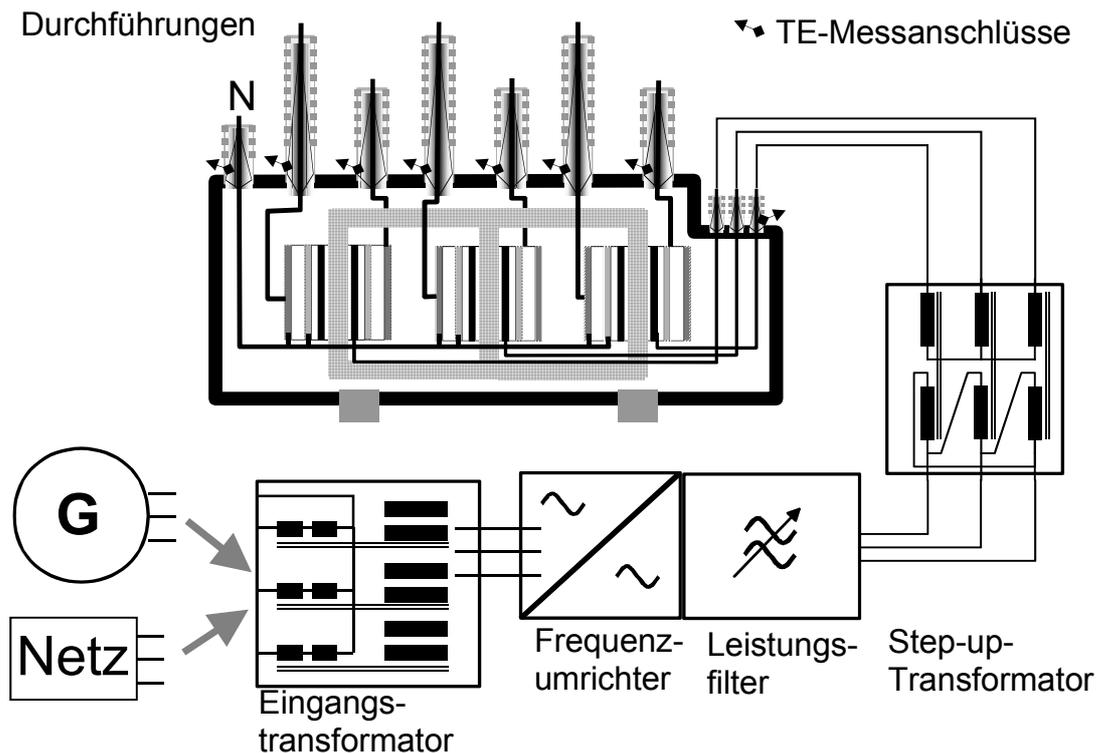


Abbildung 20 Prinzip der Selbsterregung eines grossen Netztransformators mit der im Bau befindlichen Umrichterspeisequelle

16-Kanal-Transientenrekorder

Eckdaten: Yokogawa Oszilloskop Modell DL 750:

- Eingänge 16, differenziell, isoliert, Auflösung: 12 bit
- Abtastrate bei Einzelaufzeichnung: 10 MHz
- Analogbandbreite: 3 MHz
- Speichertiefe 2.5 MS pro Kanal (50 MS total)
- Mathematikwerkzeuge inkl. FFT, netzwerkfähig, eingebaute Festplatte



Das Gerät wird als Rekorder zur Messung von Netz- und Schalttransienten aber auch zur mehrkanaligen Darstellung von Teilentladungssignalen eingesetzt.

Zusammen mit einem bereits vorhandenen 8-Kanalgerät stehen total 24 Spuren für umfangreiche Aufzeichnungen von Netzvorgängen zur Verfügung.

Spannungsteiler und Stromwandler für Messungen in Mittelspannungsnetzen und -anlagen

Für die Erfassung von Spannungsverläufen auf der Mittelspannungsebene wurde eine Reihe von Spannungsteilern und Stromwandlern realisiert, welche mehrkanalige Messungen von Netzvorgängen ermöglichen (Abbildung 21).



Abbildung 21

Kapazitiver Spannungsteiler: 5 Hz bis 500 kHz, Messunsicherheit <1%

Kapazitiver Spannungsteiler: 50 Hz bis 5 MHz, Messunsicherheit <3%

Kabel-Umbaustromwandler: 15 Hz bis 1 MHz, Messunsicherheit <2%

Programmentwicklung zur Berechnung der Starkstrombeeinflussungen von Rohren, Erdleitern und Kabelschirmen

Im Zusammenhang mit dem im letzten Jahr abgeschlossenen PSEL-Projekt: „Wechselstromkorrosion an Pipelines, Beeinflussung durch Starkstromleitungen“ und im Rahmen von Berechnungsaufträgen wurde ein Computerprogramm für die Berechnung magnetischer Kopplungen zwischen Leitungen entwickelt. Das Programm: „LFIP“ (Low Frequency Interference Program) ermittelt die in Nachrichtenkabeln, Rohrleitungen, Erdleiter und Kabelschirmen induzierten Spannungen und Ströme im Normalbetrieb und im Fehlerfall (vgl. Abbildungen 22 und 23). Alle Leitungstrassen können graphisch durch elektronisches Einlesen von Plänen übertragen werden. Das Programm arbeitet dreidimensional, womit auch Steigungen und Höhenunterschiede berücksichtigt werden. Die beeinflussten Leitungen können beliebig viele Erdungen besitzen und können auch erdfühlig verlegt sein. Notwendigerweise wird auch die grosse Erdkapazität von isolierten, und kathodisch geschützten Rohrleitungen und Kabeln berücksichtigt.

Die Ansicht der Bedieneroberfläche wird auf den Abbildungen 24 und 25 anhand des Beispiels eines eingelesenen Trassenplans gezeigt. Abbildung 26 enthält ein typisches Berechnungsergebnis in Form eines Profils der induzierten Spannungen entlang einer Rohrleitung im Fall eines Erdschlusses auf einer benachbarten Freileitung. Es zeigt die Spannungen am Metallrohr gegenüber Erde für verschiedene Konfigurationen der Rohrleitungserdung.

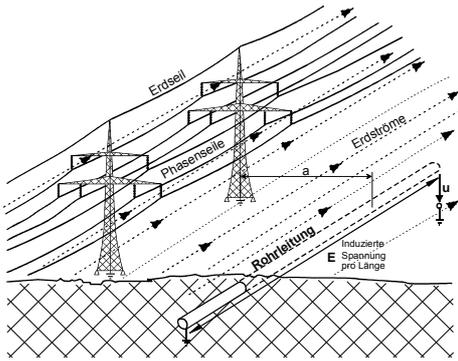


Abbildung 22
Schematische Illustration einer Beeinflussungssituation

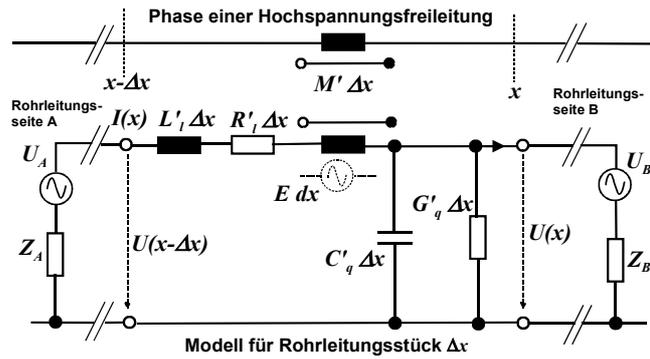


Abbildung 23
Ersatzschaltbild eines kurzen Ausschnitts eines stromdurchflossenen Leiters und einer beeinflussten Rohrlleitung



Abbildung 24
Skalierung eines elektronisch eingelesenen Trassenplans

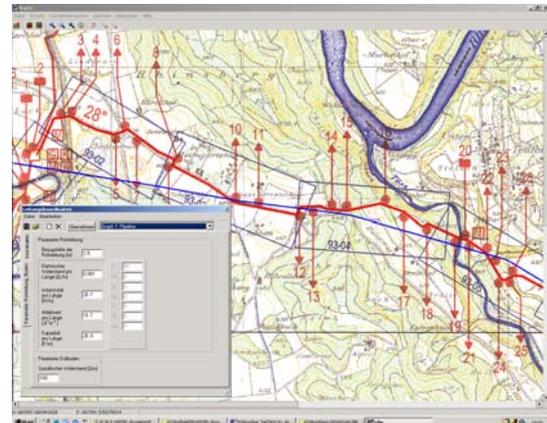


Abbildung 25
Eingabe der elektrischen Parameter für die Starkstromleitung und für die beeinflusste Rohrlleitung

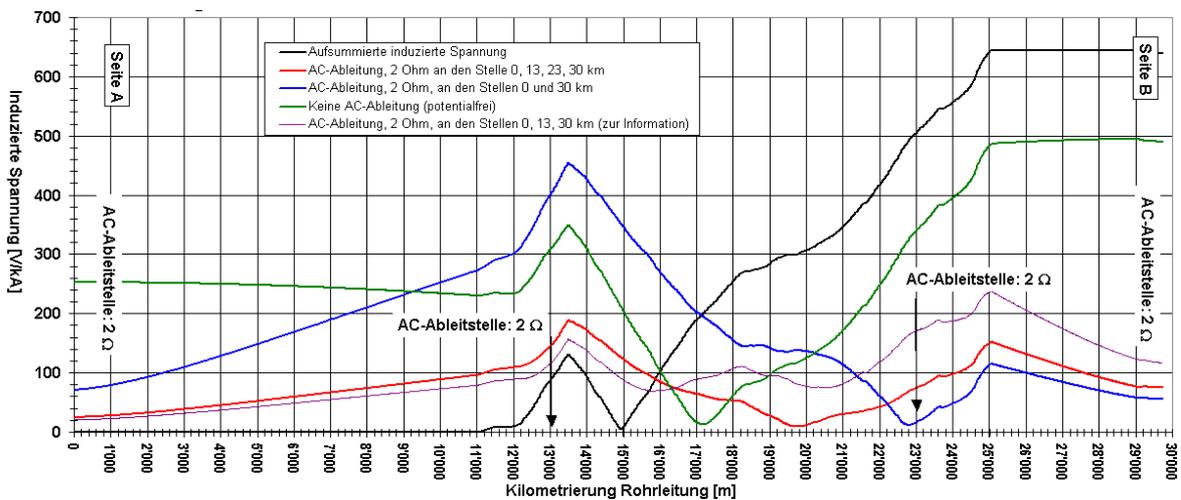


Abbildung 26 Induzierte Spannung entlang einer 30 km langen isolierten Rohrlleitung im Erdfehlerfall, bei verschiedenen Kombinationen des Einsatzes von Wechselstromableitungen. Es handelt sich dabei um Wechselstromerdungen über Polarisationszellen, die das kathodische Schutzpotential erhalten

10. FKH-Fachtagung 2004

Am 10. November 2004 fand in der Aula der Fachhochschule Aargau in Brugg-Windisch die FKH - / VSE – Fachtagung mit dem Titel „Erdschlussprobleme in Verteilnetzen“ statt. Herr Anton Bucher, Direktor VSE, begrüßte die Tagungsteilnehmer und Referenten und ordnete das Tagungsthema in die aktuelle energiewirtschaftliche Situation ein, indem er auf den zunehmenden ökonomischen Stellenwert des Managements von Störungen und Ausfällen in Versorgungsnetzen hinwies. Herr Dr. Thomas Aschwanden, BKW FMB Energie AG und Vizepräsident der FKH, leitete mit seinem Vorwort in das Thema der Veranstaltung ein.

Ein Schwerpunkt der Tagung bildeten Vorträge des AEW und der Regionalwerke Baden zur Untersuchungen des Einsatzes eines Schutzrelais-gesteuerten Polerdungsschalters im Unterwerk zur Erdung der fehlerhaften Phase bei einpoligem Erdfehler im isolierten Mittelspannungsnetz. Die Fehlerstelle soll dadurch entlastet werden. Unter Inkaufnahme der höheren Betriebsspannung an den intakten Phasen, kann dann das Netz bis zur Ortung und Beseitigung des Fehlers weiterbetrieben werden. Theoretische und praktische Untersuchungen zeigten, dass die Entlastung der Fehlerstelle im Falle eines Löschens des Erdschlusses tatsächlich eintritt. Im gemischten Netz mit Freileitungen und Kabelstrecken die kapazitiven Rückströme sind die Einwirkspannungen an den Übergangsstellen im Auge zu behalten.

Die sehr kompetente und umsichtig geführte Tagungsleitung wurde von Herrn Prof. Dr. Edmund Handschin der Universität Dortmund übernommen. Er hielt das erste einführende Referat über die Grundlagen der Sternpunktbehandlung in Verteilnetzen. Herr Handschin legte dar, dass für die Konzeptwahl der Sternpunktbehandlung zahlreiche technische Gesichtspunkte, aber in der Regel auch wirtschaftliche Betrachtungen unter Berücksichtigung der infrastrukturellen und betrieblichen Voraussetzungen entscheidend sind.



Abbildung 27 Aula der Fachhochschule Brugg-Windisch während der Fachtagung

Vorträge im Rahmen der Fachtagung:

Erdschlussmanagement, eine Frage der Sternpunktbehandlung	Prof. Dr. E. Handschin, Universität Dortmund
Exploitation d'un réseau MT du point de vue de la gestion des défauts à la terre	O. Bissat, Services Industriels de Genève
Betrieb eines Mittelspannungsnetzes unter dem Gesichtspunkt der Erdfehlerbehandlung	
Kurzschlussberechnungen: Standards, Modelle und Applikationen	Dr. L. Busarello, BCP AG, Erlenbach
Erdschlusserfassung aus Schutzsicht	Th. Küng, ABB Power Automation AG, Baden
Fehlerstromanzeiger für Freileitungs-Verteilnetze, Zweck, Funktionsprinzip, Anwendungs-Erfahrungen	Dr. R. Schmid, EcoWatt Projects AG, Altendorf
Quasistationäre Ströme und Spannungen bei einphasiger Erdung einer fehlerbehafteten Leitung mittels Polerdungsschalter im Unterwerk	Dr. G. Castelli, AEW, Aarau
Konzept und praktische Erprobung von Polerdungsschaltern zur Aufrechterhaltung des Netzbetriebs in städtischen Mittelspannungsnetzen	P. Abächerli, A. Schmid, RWB, Baden; G. Köppl, Köppl Power Experts, Wettingen
Doppelerdschlüsse, ein Sicherheitsproblem?	H.-R. Luternauer, ewz, Zürich
Messtechnische Untersuchung von Erdschlussströmen	G. Storf, FKH, Zürich
Aktuelle Fehlerortungsmethoden in Kabelnetzen	M. Bawart, Baur GmbH, Sulz, Österreich

11. Zusammenarbeit mit Hochschulen / Nachwuchsförderung

Betreuung eines Praktikanten

Simone Tesolat: 1. Januar bis 28. Februar 2004, durchgeführte Arbeit: Messungen und Optimierungen an schnellen Mittelspannungsspannungsteilern und Stromwandlern

Elektrische und magnetische Felder energietechnischer Einrichtungen und ihre biologische Wirkung

Dr. R. Bräunlich

Eingeladener Vortrag im Rahmen der Lehrveranstaltung „Technologie elektrischer Energiesysteme“, ETH Zürich, Departement Informationstechnologie und Elektrotechnik

Hochspannungstechnik

M. Hässig

Semesterkurs (80 Lektionen) im Rahmen der berufsbegleitenden FH–Ingenieurausbildung Fachhochschule Zürich (Hochschule für Technik und Verwaltung Zürich, Studienbereich Technik)

12. Referate, Publikationen

Referate, Teilnahme an Fachtagungen und Weiterbildung

Dr. R. Bräunlich

Teilnahme an der CIGRE-Konferenz, 1.-3. September in Paris

Dr. R. Bräunlich

Teilnahme an der Sitzung der CIGRE/CIREN JWG Sitzung „EMC with communication circuits, low voltage systems and metallic structures“

30.09 / 01.10. 2004, Mailand

Dr. R. Bräunlich

Referat: „Elektromagnetische Verträglichkeit von elektrischen Energieversorgungsanlagen mit anderen Infrastrukturen“ an der ETG-Fachtagung: CIGRE und CIREN, „Neue Trends und Nutzen“ vom 24. November 2004, an der ETH Zürich

M. Hässig

Teilnahme am Micafil Symposium 2004, 24.03. – 25.03.2004, Stuttgart

M. Hässig

Teilnahme am Diagnosetag in Fribourg, PD Tech Power Engineering AG, , 04.06.2004

M. Hässig

Seminar „Isolationskoordination – Überspannungen, Überspannungsschutz und Isolationsbemessung in Drehstromnetzen“ in Deidesheim, 22. – 23 November 2004

M. Hässig, Dr. H.-J. Knab

Kurzvorträge anlässlich der FKH-Mitgliederversammlung vom 12. Mai 2004: „Isolierölanalysen und elektrische Diagnosemethoden an ölisierten Betriebsmitteln, ein Instrumentarium für fallspezifische Isolationsbeurteilungen“

Dr. Th. Heizmann

Electrosuisse-Informationsveranstaltung: „Die neue Schweizer Blitzschutznorm SN SEV 4022:2004“, am 24.08.2004 in Zürich und am 14.09.2004 in Bern

Referat: Einführung zur revidierten SN SEV 4022

Dr. Th. Heizmann

Teilnahme an der gemeinsamen Sitzung des Ausschusses „Blitzschutz und Blitzforschung“ (ABB) des VDE sowie am Workshop am 12.11.2004 in Berlin

Dr. Th. Heizmann, Dr. R. Bräunlich

Korona-Leitungskontrolle mit Helikopter, SAK-Informationsveranstaltung vom 3.12.2004 in Wil. Referat Dr. Th. Heizmann: „Grundlagen der Korona-Entladung“

Dr. H.-J. Knab

Teilnahme an der Cigré TF 15/12-01-11 am 17.05.2004 in Rom

Thema: „New methods of DGA“. Die Arbeit der Arbeitsgruppe wurde abgeschlossen, die Resultate werden in ELECTRA publiziert.

Dr. H.-J. Knab

Teilnahme am Meeting IEC TC 10 MT25 am 18.05.2004 in Rom

Dr. H.-J. Knab

Meeting IEC TC10 MT25 am 24.09.2004 in Brüssel

Aufgabe von MT 25: Revision des IEC Standards 61181: „Application of dissolved gas analysis to factory tests on electrical equipment“. Die Arbeit von MT25 wurde als Committee Draft zusammengefasst und das Vernehmlassungsverfahren bei IEC eingeleitet.

G. Storf

Teilnahme an der ETG-Informationstagung „MS- und HS-Kabelsysteme“, 21.1.2004, Fribourg

G. Storf

Referat: „Messtechnische Untersuchung von Erdschlussströmen“

FKH-/VSE-Fachtagung 2004 „Erdschlussprobleme in Verteilnetzen“

G. Storf

Teilnahme an der Tagung „Diagnostik elektrischer Betriebsmittel“, 9.-10.03.2004, Köln

Referat: „Teilentladungserfassung an Hochspannungskabelendverschlüssen und –muffen vor Ort: Methoden und Erfahrung“

Publikationen

Dr. R. Bräunlich

„Elektromagnetische Verträglichkeit von elektrischen Energieversorgungsanlagen mit anderen Infrastrukturen“, ETG-Fachtagung: CIGRE und CIRED, „Neue Trends und Nutzen“, 24. November 2004, an der ETH Zürich

G. Storf

„Messtechnische Untersuchung von Erdschlussströmen“, FKH-/VSE-Fachtagung 2004
„Erdschlussprobleme in Verteilnetzen“, VSE-Druckschrift 5.68d/f

13. Mitgliedschaft / Mitarbeit in Fachgremien und Kommissionen

Die FKH ist bei folgenden Institutionen als Mitglied eingetragen:

Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik (FGH) e.V., Mannheim

Die FKH ist korrespondierendes Mitglied bei der FGH.

Fördererkreis "Blitzschutz und Blitzforschung" des VDE, Frankfurt am Main

Die FKH ist Mitglied im Fördererkreis des ABB (Ausschuss Blitzschutz und Blitzforschung).

Die FKH ist bei folgenden nationalen und internationalen Fachgremien vertreten:

TK 14 des CES: „Transformatoren“

Vorsitz: M. Hässig

TK 20 des CES: „Elektrische Kabel“

Mitglied: G. Storf

TK 81 des CES: „Blitzschutz“

Vorsitz: Dr. Th. Heizmann

TK „Erdungssysteme“ des CES

Mitglied: Dr. R. Bräunlich

Ausschuss "Blitzschutz und Blitzforschung" (ABB) des VDE

Mitglied: Dr. Th. Heizmann

Cigré TC C4 "Power System Electromagnetic Compatibility"

Mitglied: Dr. R. Bräunlich

Mitarbeit in der CIGRE/CIRED JWG: C4.02.2 „EMC with communication circuits, low voltage systems and metallic structures“

WG 1: „Ferroresonanz“ im TK 38: „Messwandler“ des CES

Mitglied: Dr. R. Bräunlich

14. FKH-Mitglieder

Verbände

Electrosuisse
8320 Fehraltorf

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)
5001 Aarau

Werksmitglieder

ATEL Netz AG
4601 Olten

Elektrizitätswerk des Kt. Thurgau AG
9320 Arbon

AEK Energie AG
4503 Solothurn

Elektrizitätswerke des Kantons Zürich
8022 Zürich

AEW ENERGIE AG
5001 Aarau

Energie-Service Biel/Bienne
2504 Biel

AG Kraftwerk Wägital
8854 Siebnen

IBAaurau Strom AG
5001 Aarau

Azienda Elettrica Ticinese
6501 Bellinzona

Industrielle Werke Basel
4008 Basel

Aziende Industriali della città di Lugano
6901 Lugano

Kraftwerke Hinterrhein AG
7430 Thusis

BKW FMB Energie AG
3013 Bern

Kraftwerke Oberhasli AG
3862 Innertkirchen

CKW AG
6002 Luzern

Nordostschweizerische Kraftwerke
5401 Baden

Electricité Neuchâteloise SA
2035 Corcelles

onyx Energie Netze
4901 Langenthal

Elektra Birseck
4142 Münchenstein

Rätia Energie Klosters AG
7250 Klosters

Elektrizitäts-Gesellschaft Laufenburg AG
5080 Laufenburg

**S. A.
l'Energie de l'Ouest-Suisse**
1001 Lausanne

Elektrizitätswerk der Stadt Bern
3001 Bern

SBB Energie
3052 Zollikofen

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
8050 Zürich

sbo Städtische Betriebe Olten
4601 Olten

Städtische Werke Winterthur
8402 Winterthur

Service de l'électr. de la Ville de Lausanne
1000 Lausanne 9

Verzasca SA
6901 Lugano

St. Gallisch-Appenz. Kraftwerke AG
9001 St. Gallen

Industriemitglieder, Ingenieurbüros und weitere Mitglieder

ABB Schweiz AG
8050 Zürich

Stationenbau AG
5612 Villmergen

ABB Sécheron SA
1211 Genève 2

Trench Switzerland AG
4028 Basel

Agea - Kull AG
4552 Derendingen

Sefag ixosil AG
6460 Altdorf

Alpha Elektrotechnik AG
2560 Nidau

Walter Rozner, Ing. Büro
3613 Steffisburg

AREVA T&D AG
5036 Oberentfelden

**Weidmann Transformerboard Systems
AG**
8640 Rapperswil

AXICOM AG
5610 Wohlen

Brugg Kabel AG
5200 Brugg

EA Elektroarmaturen AG
8200 Schaffhausen

Eidgenössisches Starkstrominspektorat
8320 Fehraltorf

Electrowatt-Ekono AG
8037 Zürich

Haefely Test AG
4028 Basel

Maxwell Technologies SA
1728 Rossens

Pfiffner Messwandler AG
5042 Hirschthal

Korrespondierende Mitglieder

Berner Fachhochschule
3400 Burgdorf

Ecole d'Ingénieurs de l'Etat de Vaud
1400 Yverdon-les-Bains

Ecole d'Ingénieurs et d'Architectes de Fribourg
1705 Fribourg

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
1015 Lausanne

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, FG Hochspannungstechnologie
8092 Zürich

Fachhochschule beider Basel
4132 Muttenz

Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik E.V.
D-68201 Mannheim

GVE/EMPA
8600 Dübendorf

Hochschule für Technik + Architektur Chur
7000 Chur

Zürcher Hochschule Winterthur
8401 Winterthur

Elektrizitätswerk des Kt. Schaffhausen AG (Gönner)
8201 Schaffhausen

Mitgliederbestand per 31.12.2004

Verbände	2	(2)
Werksmitglieder	30	(31)
Industriemitglieder, Ingenieurbüros und weitere Mitglieder	18	(18)
Korrespondierende Mitglieder	10	(10)
Total Mitglieder per 31.12.2004	60	(61)
(Stand per 31.12.2003 in Klammern)		