



Fachkommission für Hochspannungsfragen

Commission d'étude des questions relatives à la haute tension



JAHRESBERICHT 2006

Inhalt:	Seite
1. Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters.....	3
2. Struktur und Leitbild der FKH	5
3. FKH-Vorstand	7
4. FKH-Arbeitsgruppe	8
5. Dienstleistungen der FKH	10
6. Auftragsarbeiten und statistische Übersicht	10
7. Ausgewählte Auftragsarbeiten.....	13
8. Labor für Isolierölanalysen	17
9. Entwicklungen und Investitionen	19
10. Veranstaltungen	21
11. Zusammenarbeit mit Hochschulen / Nachwuchsförderung.....	23
12. Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen.....	24
13. Mitgliedschaft / Mitarbeit in Fachgremien und Kommissionen.....	26
14. FKH-Mitglieder	27
15. Informationsbroschüren der FKH.....	30

1. Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters

Sehr geehrte FKH-Mitglieder, sehr geehrte Freunde der FKH

Die Dienstleistungen der FKH waren auch im Jahr 2006 bei den Mitgliedern und weiteren Kunden sehr gefragt und unser Verein kann deshalb wiederum auf ein sehr erfolgreiches Geschäftsjahr zurückblicken. Für das Interesse an den Aktivitäten und den Dienstleistungen der FKH und das entgegengebrachte Vertrauen sprechen wir allen Mitgliedern und Auftraggebern einen besonderen Dank aus.

Das weiterhin rege Interesse an den FKH-Prüfdienstleistungen ist einerseits auf die zahlreichen Ausbau- und Erneuerungsprojekte der schweizerischen Elektrizitätsversorgungsunternehmen in den Bereichen Netze und Produktion zurückzuführen. Im Zusammenhang mit diesen Projekten kam die FKH-Arbeitsgruppe vor allem bei Prüfungen und Diagnosemessungen an Transformatoren, gekapselten Schaltanlagen (GIS) und Hochspannungs-Kabelstrecken zum Einsatz.

Andererseits gewinnt bei dem grossen Bestand älterer Anlagen und Apparate die Zustandsbeurteilung von gealterten Isolationssystemen zunehmend an Bedeutung. Durch den gezielten und langfristig ausgerichteten Aufbau der Verfahren zur Isolationsdiagnose und der dazugehörigen Fachkompetenz ist die FKH heute in der Lage, in diesem Bereich effiziente Dienstleistungen anzubieten. Dies trifft insbesondere auch für das FKH-Isolieröllabor zu, wo den Mitgliedern und übrigen Kunden aussagekräftige und günstige Analyseverfahren und die notwendige Erfahrung für die Beurteilung von Oel-Papier-Isolationen in Transformatoren und Messwandlern zur Verfügung stehen.

Die FKH-Arbeitsgruppe hat im vergangenen Jahr eine personelle Verstärkung erfahren, welche insbesondere der wachsenden Bedeutung der Versuchsstation in Däniken Rechnung trägt. So sind neben einer Personalerweiterung im Labor für Isolierölanalysen auf dem Versuchsplatz Däniken zusätzlich ein erfahrener Prüfingenieur und ein weiterer Elektromonteur tätig. Per Ende Januar 2006 hat unser geschätzter, langjähriger Prüfingenieur Martin Hässig bei einem bedeutenden Energieversorgungs-Unternehmen eine neue Herausforderung angenommen. Wir möchten Herrn Hässig an dieser Stelle für seinen grossen und engagierten Einsatz bei der FKH nochmals herzlich danken.

Der dringend notwendige Ausbau der mobilen Prüfanlagen wurde im vergangenen Jahr fortgesetzt. Neben einer Modernisierung der Vor-Ort-Einrichtungen für die Teilentladungsprüfung von Grosstransformatoren konnte auch die Erweiterung des Resonanzdrosselparks in Angriff genommen werden. Es ist erfreulich, dass die FKH diesen substantiellen Ausbau mit eigenen finanziellen Mitteln realisieren kann.

Eine weitere Herausforderung der nächsten Jahre betrifft die Instandhaltung und die verbesserte Nutzung der Versuchsstation Däniken, welche sich heute in einem veralteten Zustand befindet. Mit gezielten Verbesserungen in Däniken sollen neue Möglichkeiten für Spezialprüfungen und Langzeitversuche geschaffen werden. Vordringlich ist aber auch die Sanierung und Ergänzung der veralteten Infrastruktur, um die Effizienz im Einsatz und bei der Instandhaltung der mobilen Prüfanlagen zu verbessern.

Dr. Thomas Aschwanden
Präsident

Dr. Reinhold Bräunlich
Geschäftsleiter

2. Struktur und Leitbild der FKH

Struktur der FKH

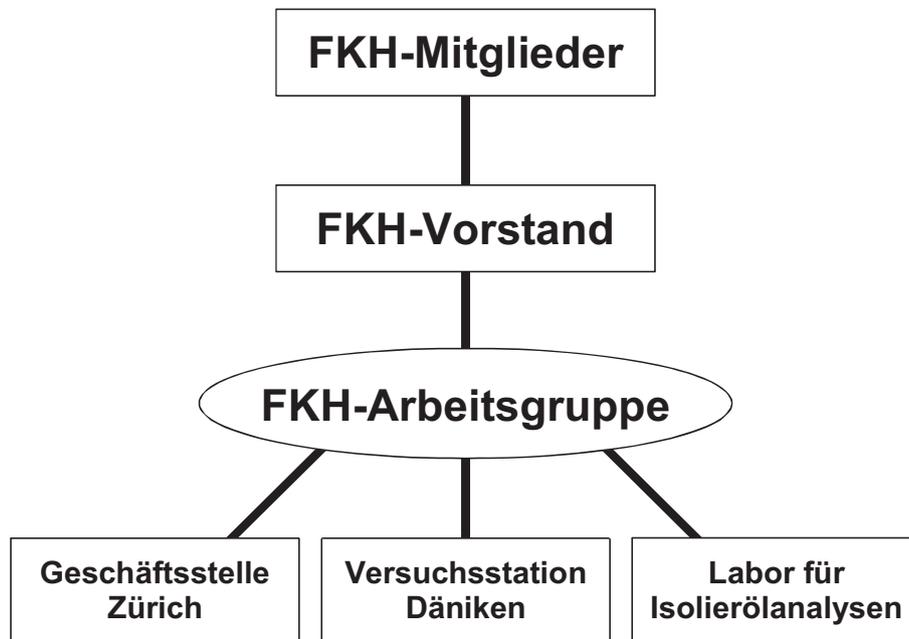


Bild 1 Struktur der FKH

FKH-Leitbild

Die FKH-Arbeitsgruppe (FKH-AGr) ist eine Gruppe neutraler Sachverständiger, die über eigene Prüf- und Messeinrichtungen verfügt. 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 sowie 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. Thomas Aschwanden Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)
Vizepräsident	Benedikt Burkhardt Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK)
Mitglieder	Heinz Aeschbach AREVA T&D AG Dr. Peter Biller ABB Sécheron SA Peter Betz Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) Serge Michaud Electrosuisse Dr. Reinhold Bräunlich *) Fachkommission für Hochspannungsfragen (FKH) Dr. David Orzan BKW FMB Energie AG (BKW) 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 (bis 03.05.2006) Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Division Infrastruktur, Energie Andreas Meier Brugg Kabel AG Dr. Heinrich Zimmermann Atel Netz AG Prof. Hubert Sauvain **) Ecole d'Ingénieurs et d'Architectes de Fribourg
Kontrollstelle	Dirk Arpagaus Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ) Anton Stähler Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz)

*) Mitglied mit beratender Stimme

**) Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats

4. FKH-Arbeitsgruppe

Leitung	Dr. Reinhold Bräunlich , dipl. El.-Ing. ETH	braeunlich@fkh.ch
Stellvertretung	Günther Storf , dipl. El.-Ing. ETH	storf@fkh.ch
Sekretariat	Brigitte Egger	egger@fkh.ch
Mitarbeiter	Peter Frey , Chemielaborant Dr. Vahe Der Houhanessian dipl. El.-Ing. ETH	frey@fkh.ch houhanessian@fkh.ch
	Dr. Thomas Heizmann , dipl. El.-Ing. ETH	heizmann@fkh.ch
	Dr. Hans-Josef Knab , dipl. Phys. Leiter Labor für Isolierölanalysen	knab@fkh.ch
	Adamo Mele , Elektromechaniker	mele@fkh.ch
	Stefan Neuhold , dipl. El.-Ing. ETH	neuhold@fkh.ch
	Aldo Resenterra , Elektromonteur	resenterra@fkh.ch
	Franziska Schenker , Chemielaborantin	schenker@fkh.ch
	Markus von Arx , Elektromonteur	vonarx@fkh.ch
	Toni von Deschwanden , Elektromechaniker	deschwanden@fkh.ch
Temporäre Mitarbeiter	Boller Amanda , Chemielaborantin Füglistaller Marco , dipl.-Ing. FH	01.02. – 31.05.2006 01.02. – 31.05.2006
Betriebsstätten	FKH-Geschäftsstelle Voltastrasse 9 8044 Zürich	Tel. 044 253 6262 Fax 044 253 6260
	FKH-Isolieröllabor 4658 Däniken	Tel. 062 288 7799 Fax 062 288 7790 Pikett 058 319 20 60 trafo@fkh.ch
	FKH-Versuchsstation 4658 Däniken	Tel. 062 288 7795 Fax 062 288 7794
Kontaktadresse für die Westschweiz	Dr. Thomas Heizmann rue du Littoral 58c 2025 Chez-le-Bart	Tel. 032 725 2485 Fax 032 835 1130 heizmann@fkh.ch
Internet-Adresse	www.fkh.ch	

Mutationen in der FKH-Arbeitsgruppe

Im Jahre 2006 hat sich die Arbeitsgruppe der FKH um folgende Mitarbeiterin und Mitarbeiter erweitert:



Frau Franziska Schenker,
Chemielaborantin im Labor
für Isolierölanalysen

Eintritt: 1. September 2006



Herr Stefan Neuhold, Dipl.
El.-Ing. ETH, Prüffingenieur in
der Versuchsstation Däniken

Eintritt: 1. Oktober 2006



Herr Markus von Arx,
Elektromonteur in der
Versuchsstation Däniken

Eintritt: 1. November 2006



Ende Januar 2006 ist unser Prüffingenieur Martin Hässig aus der FKH ausgetreten, um eine neue Herausforderung bei der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG, Baden anzunehmen. Herr Hässig war 14 Jahre für die FKH tätig und hat sich während dieser Zeit insbesondere den Vor-Ort-Diagnoseprüfungen an Transformatoren gewidmet. Durch seine Ideen, Weiterentwicklungen und durch praktische Erprobung an vielen Grosstransformatoren hat sich daraus ein erfolgreicher und bei unseren Mitgliedern besonders gefragter Dienstleistungszweig entwickelt. Die FKH dankt Martin Hässig für den grossen Arbeitseinsatz und sein Engagement und wünscht ihm in seiner neuen Funktion viel Erfolg und Befriedigung.



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 Wechselspannung 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 der Prüf- und Messtechnik
- Überprüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)
- Berechnung und Messung elektrischer und magnetischer Felder (EMF)
- Abnahme von HS-Anlagen oder Komponenten, Überwachung von HS-Prüfungen im Werk
- Engineering und Beratung in Hochspannungs- und Blitzschutzfragen
- Isolierölanalysen und Beurteilung von Öl-Papier-Isolationssystemen

Die erhältlichen Informationsbroschüren zu den Dienstleistungen werden in Abschnitt 15 auf Seite 30 aufgeführt.

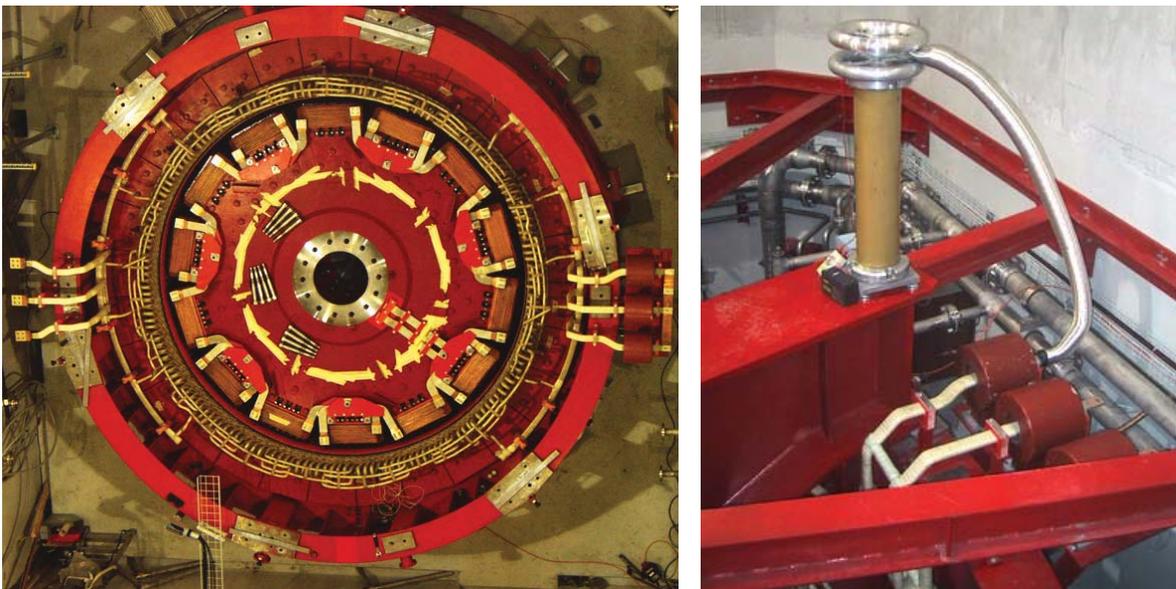


Bild 2 Teilentladungsmessung an einer Statorisolation eines Hydrogenerators (32 MVA, 13.5 kV)

6. Auftragsarbeiten und statistische Übersicht

Neben diversen Forschungs- und Entwicklungsprojekten wurden im Berichtsjahr 2006 insgesamt 108 Auftragsarbeiten und 133 Isolierölanalysen für FKH-Mitglieder und Dritte ausgeführt, mit welchen folgender Umsatz erzielt wurde (Angaben aus dem Vorjahr in Klammern, siehe auch Bild 2):

Erlös aus Auftragsarbeiten für FKH-Mitglieder ^{*)}	CHF	1'778'563.-	(1'632'311.-)
Erlös aus Auftragsarbeiten für Nichtmitglieder	CHF	556'717.-	(506'979.-)
Total gemäss FKH-Erfolgsrechnung 2006	CHF	2'335'280.-	(2'139'290.-)

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

Tabelle 1 Erlös aus Auftragsarbeiten

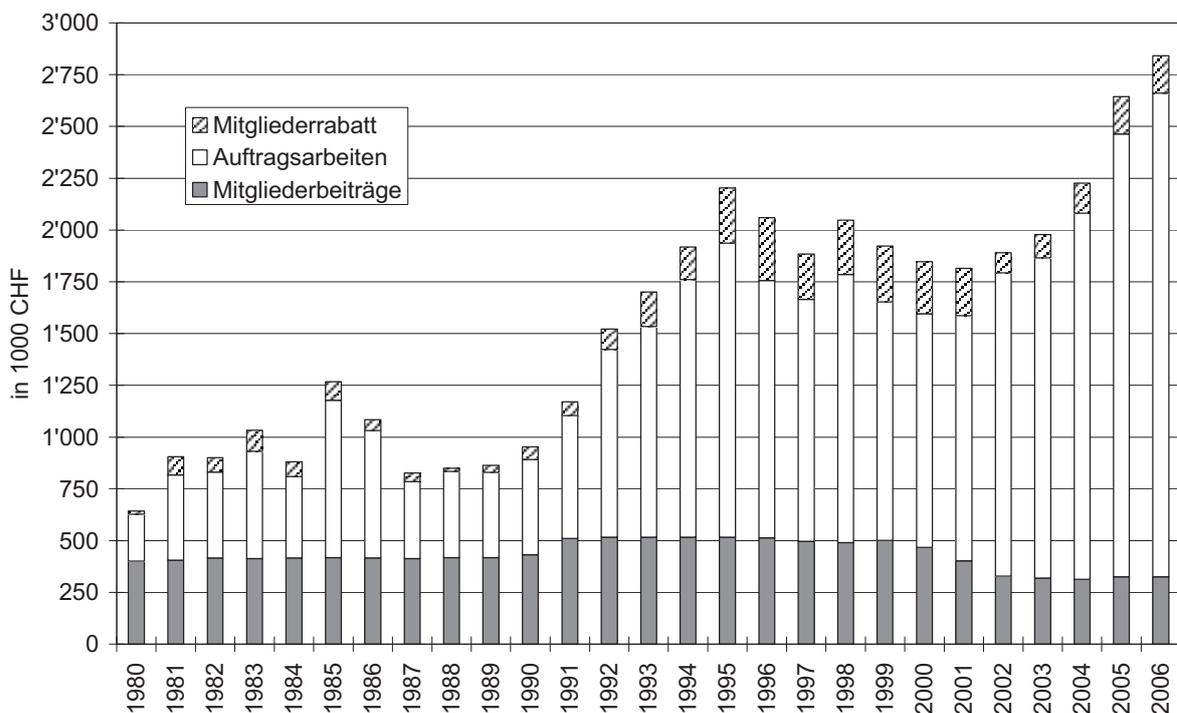


Bild 2 Erlös aus Auftragsarbeiten und Mitgliederbeiträgen, im Zeitraum von 1980 - 2006

Die Auftragstätigkeit der FKH-Arbeitsgruppe für Mitglieder und Dritte im Berichtsjahr 2006 kann folgenden Gebieten zugeordnet werden (prozentuale Verteilung bezogen auf den erzielten Nettoerlös, Angaben aus dem Vorjahr in Klammern):

Prüfung von Hochspannungs-Kabelanlagen	24%	(15%)
Diagnose von Hochspannungsapparaten (Transformatoren)	17%	(17%)
Prüfung von GIS	10%	(17%)
Erdungsmessungen / Nachweis von Blitzschutzmassnahmen	12%	(12%)
Typprüfungen / Spezialversuche	5%	(10%)
EMF / Korona / EMV / Transiente Vorgänge im Netz und in HS-Anlagen	2%	(2%)
Beratungs- und Betreuungsaufgaben	2%	(2%)
Isolierölanalysen	28%	(23%)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	0%	(2%)

Tabelle 2 Prozentuale Verteilung der Auftragsarbeiten im Jahr 2006 nach Dienstleistungsparten aufgeschlüsselt (Vorjahr in Klammern)

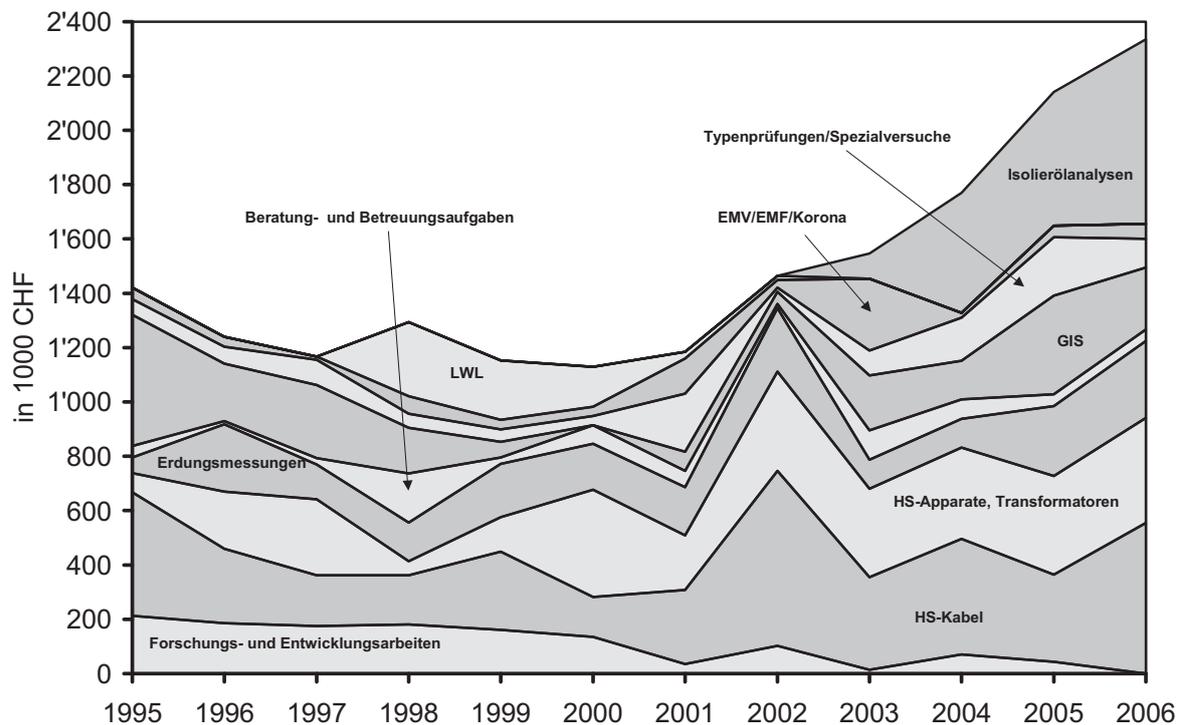


Bild 3 Entwicklung des Erlöses aus Auftragsarbeiten nach einzelnen Dienstleistungsparten (in CHF 1'000) über den Zeitraum von 1995 bis 2006

7. Ausgewählte Auftragsarbeiten

In diesem Teil des Jahresberichts wird dem Leser ein Einblick in einige besondere Auftragsarbeiten gegeben, welche sich durch Innovationen auszeichnen oder welche wegen ihrer speziellen Aufgabenstellung interessant sind.

Die vorgestellte thematische Auswahl entspricht deshalb nur einem kleinen Anteil der Auftragstätigkeit der FKH-Arbeitsgruppe. Ausschlaggebend für den Geschäftsumsatz sind allerdings die traditionellen vielgefragten FKH-Prüfdienstleistungen, welche bereits wiederholt vorgestellt wurden (vgl. hierzu Tabelle 2).

Transformator Diagnosen im Rahmen von Revisionen

Langjährige Erfahrungen zeigen, dass gewisse Komponenten von Transformatoren eine geringere Lebensdauer aufweisen als der eigentliche Aktivteil des Transformator. Dies kann z.B. sowohl auf das Isolationssystem als auch auf das Dichtungssystem von gewissen Bauarten von Durchführungen oder auch auf den Stufenschalter zutreffen.

Revisionen nach längerer Betriebszeit umfassen die Aufbereitung des Isolieröls oder manchmal auch die Trocknung des Zelluloseanteils einer Isolierung. Als aufwändigste Massnahme ist schliesslich noch die Revision des Aktivteils eines Transformators zu erwähnen, die in der Regel das Ausziehen des Aktivteils bedingt.

Tabelle 3 zeigt eine Zusammenstellung einiger Diagnosemessungen, mit welchen das Ergebnis der genannten Revisionsmassnahmen überprüft werden kann.

Revisionstätigkeiten / Komponenten	Mögliche Diagnosemes- sungen zur Kontrolle	Kurzbeschreibung und Anwendungshinweise
Aktivteil	Wicklungswiderstand Übersetzungsverhältnis	Überprüfung allfälliger Revisionsfehler
	Teilentladungsprüfung	Insbesondere nach grösseren Revisionen bzw. bei erhöhten Sicherheitsanforderungen oder bei Verdacht auf dielektrische Schädigungen des Isolationssystems
	FRA-Messung (<i>FRA = Frequency Response Analysis</i>)	Zur Bestimmung von Deformationen des Aktivteils (Referenzmessung erforderlich)
<i>Im Anschluss an die Aktivteilrevision oder unabhängig davon:</i>	Ölanalysen	Vor und nach der Revision: diel. chem. Analysen, Zersetzungsgas-, u. fallweise Furananalyse
Ölaufbereitung, Trocknung	PDC-Messung (<i>PDC = Polarization / Depolarization Current</i>)	Bestimmung der Feuchtigkeit des Zelluloseanteils der Isolierung, insbesondere vor und nach Trocknung
Stufenschalter	Kontaktwiderstandsmessung	Statisch u. ggf. dynamisch
Durchführungen	C-/tgδ, Isolationswiderstand	Konstruktionsabhängige Grenzwerte

Tabelle 3 Übersicht über die häufigsten Diagnosemessungen zur Kontrolle von Revisionen

In den letzten zwei Jahren wurden an ca. 10 Transformatoren Diagnosemessungen im Zusammenhang mit Revisionen durchgeführt. Dabei ging es vom einfachen Ersatz einzelner Komponenten bis zu vollständigen Revisionen. Unter den revidierten Transformatoren waren beispielsweise auch solche, die beim Jahrhundert-Hochwasser im August 2005 Wasser durch das Atmungssystem angesogen hatten.

Als anderes Beispiel sei hier eine 220/150-kV-Transformatorenbank (siehe Bild 4) aus dem Jahr 1960 genannt, bei welcher nach dem Ersatz der Durchführungen und der darauf folgenden Ölaufbereitung die in Tabelle 3 erwähnten Diagnosemessungen angewandt wurden. Die Resultate können wie folgt zusammengefasst werden:

PDC-Messung: Die PDC-Auswertung ergaben eine Zellulosefeuchte von 1.5%, was für das Alter der Transformatoren ein guter Wert ist.

FRA-Messung: Die Messergebnisse wurden nur zwischen den einzelnen Polen verglichen. Referenzmessungen fehlten bis zum Zeitpunkt der Revision. Bei Fehlen von Referenzmessungen sind eindeutige Aussagen nicht möglich.

TE-Messung: Angesichts des Alters des Transformators und der geplanten weiteren Einsatzdauer wurde der Transformator aufgrund der TE-Prüfung als einsetztauglich eingestuft. Bei ca. 100% U_N wurde ein TE-Pegel von ca. 100 pC aus dem Bereich des Anzapfschalters auf der Tertiärseite festgestellt. Aufgrund der relativ geringen Amplitude und der abnehmenden Tendenz über die Zeit mussten keine weiteren Massnahmen getroffen werden.



Bild 4: 220-kV-Transformator vor und nach dem Austauschen der Durchführungen

Durch Diagnosemessungen besteht für den Betreiber eine Kontrollmöglichkeit, ob die Revision erfolgreich war und ob sich das Isolationssystem des revidierten Transformators in einem einwandfreien und betriebstüchtigen Zustand befindet.

Hochspannungsabnahmeprüfungen an einem Messtriebwagen der SBB

Im Berichtsjahr wurde das Anschlussgleis der FKH-Versuchsstation in Däniken nach langem wieder für einen Versuch am SBB-Rollmaterial in Betrieb gesetzt. An einem Messtriebwagen eines ausländischen Herstellers wurde der Pantograph und die Dachdurchführung einer Wechselfspannungs- und Stossspannungsprüfung unterzogen (siehe Bild 5).

Das Fahrzeug wurde sowohl für mechanische wie auch für elektrische Messungen an der Fahrleitung entwickelt. Bei den vorgesehenen Messkampagnen im Bahnnetz sind besonders hohe Überspannungen einzurechnen. Ausserdem musste die geforderte Isolationsfestigkeit auch bei niedrigster Fahrleitungshöhe und fast vollständig eingezogenem Pantographen nachgewiesen werden.



Bild 5 Spannungsprüfung des Pantographen und der Dachdurchführung eines Messtriebwagens

Stossprüfung an einem Sonnenstorenantrieb

Der Messeturm Basel stellt mit seinen 120 m das höchste bewohnte Gebäude der Schweiz dar. Da sehr hohe Gebäude besonders häufig von Blitzschlägen getroffen werden und auch seitliche Einschläge in die Fassade möglich sind, war für die elektrischen Sonnenstorenantriebe, welche mit der Gebäudeleittechnik in Verbindung stehen, ein Nachweis für den sicheren Blitzschutz zu erbringen.

Gemeinsam mit der Firma ARNOLD Engineering und Beratung Opfikon wurden umfangreiche Modellversuche zum Test der Blitzschutzvorkehrungen unternommen. Für diese Untersuchungen wurde entsprechend der Installation im Messeturm ein in einem halben Fensterrahmen eingebauter Storenantrieb zusammen mit seiner Steuerungseinrichtung inkl. Verkabelung und Erdungsnachbildung im Prüflokal der FKH aufgebaut. Das vorbereitete Versuchsmodell wurde anschliessend einer Blitzstromstossprüfung unterzogen, wobei Stossströme bis zu 45 kA in den Fensterrahmen eingepägt wurden.



Bild 6 Übersicht der Versuchseinrichtung mit Stossstromgenerator, Fensterrahmen und Storensteuerung



Bild 7 Messung einer allfälligen Beeinträchtigung der Storensteuerung durch Überspannungen und -ströme

Gleichzeitig zur oszillographischen Erfassung der Stossstromverläufe wurden auch die Ausgleichsstromimpulse in der Storensteuerung sowie die Spannungen über den Relaiskontakten und über den Schutzableitern mit breitbandigen Oszillographen gemessen und ausgewertet. Aufgrund der Versuchsergebnisse konnte die Auslegung der Schutzmassnahmen als ausreichend eingestuft werden.

8. Labor für Isolierölanalysen

Die in den ersten drei Betriebsjahren des Isolieröllabors verzeichneten Zunahmen an Ölanalysen setzten sich auch im Berichtsjahr 2006 fort. Dies ist u.a. auch darauf zurückzuführen, dass ein grosses Energieversorgungsunternehmen sein eigenes Öllabor geschlossen und seine Analysen nun vollumfänglich der FKH übertragen hat.

Jahr	Zersetzungsgas-analyse	Furanalyse	Dielekt.-chem. Analyse	Inhibitorgehalt	Alterung	PCB-Bestimmung	Buchholzgas-analyse	Test auf korrosiven Schwefel	Total
2003 (5 Monate)	78	52	69	7	1	3	0	-	210
2004	259	115	289	31	3	28	4	-	729
2005	449	165	441	29	2	15	1	-	1102
2006	474	101	846	57	6	41	3	30	1558

Tabelle 4 Analysen des Isolieröllabors seit der Betriebsaufnahme im August 2003



Bild 8 Das erweiterte Team des Isolieröllabors

Als neue Dienstleistung konnte im vergangenen Jahr eine Zusatzprüfung von Isolierölen bezüglich korrosiven Schwefels eingeführt werden. Ein solcher Test hat sich als notwendig erwiesen, da inzwischen bekannt geworden ist, dass verschiedene Isolieröle etwa seit 1980 Schwefelverbindungen enthalten, die einerseits mit dem herkömmlichen Test (ASTM 1275) nicht erfasst werden, andererseits aber zu schweren Schädigungen des Isolations-systems von Transformatoren führen können.

Die IEC hat daher eine Expertengruppe, der auch unser Laborleiter Dr. H.-J. Knab angehört, eingesetzt, mit dem Auftrag, einen Standard zu erarbeiten, mit dem diese Art von Schwefelverbindungen in Isolierölen erkannt werden können.

Dieser Standard (IEC-Draft 10/684/NP) befindet sich z.Z. im Vernehmlassungsverfahren und dürfte vermutlich im Jahr 2007 als offizielles IEC-Dokument publiziert werden.

Das FKH-Labor wendet diese Prüfmethode bereits an und konnte damit schon etliche Fälle von korrosivem Schwefel in Isolierölen aufdecken.

9. Entwicklungen und Investitionen

Neues Softwarepaket für die optimale Planung von Kabelanlagen

Als neue Dienstleistung kann die FKH ihren Mitgliedern bei der thermischen Dimensionierung von Kabelanlagen behilflich sein. Zu diesem Zweck wurde das Softwarepaket „CYMCAP“ der Fa. CYME International T&D angeschafft.

Das Programm erlaubt folgende Analysen:

- Strombelastbarkeit im Gleichgewichtszustand nach IEC 60287
- Strombelastbarkeit bei zyklischer Last nach IEC 60853 oder nach Neher-McGrath
- Transiente Strombelastbarkeit bei beliebigen Lastkurven
- Berechnung der Kurzschlussstromfestigkeit von Leiter und Schirm nach IEC 60949
- Berechnung von Magnetfeldprofilen

Es können mehrere sowohl einphasige als auch dreiphasige Kabelsysteme bei beliebiger Frequenz simuliert werden. Eine grafische Benutzeroberfläche unterstützt die Eingabe des Kabelaufbaus (Bild 9) und der Verlegeanordnung. Die Resultate der Berechnungen werden direkt in die Grafik eingefügt (Bild 10) oder können als Tabellen ausgegeben werden, die alle relevanten Daten wie z.B. Widerstände oder Verluste in Leiter und Schirm enthalten.

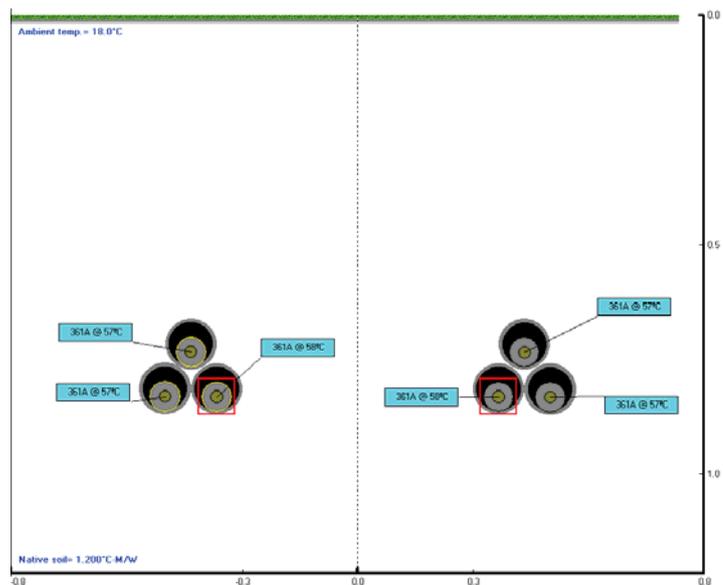
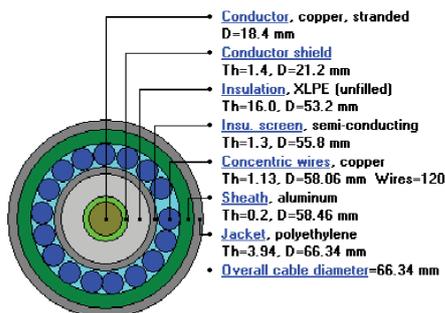


Bild 9: Kabelaufbau

Bild 10: Disposition mit Strömen und Temperaturen

Ein erstes Projekt konnte bereits in Angriff genommen werden: Bei einer bestehenden 110-kV-Kabelanlage mit beidseitiger Schirmerdung sollte das Potential der Reduktion der Verluste durch den Übergang auf einseitige Schirmerdung abgeklärt werden.

Bei der in Bild 10 gezeigten Anordnung (Verlegung im Dreieck in sich berührenden Rohren) betragen die Schirmverluste ca. 35% der Leiterverluste; werden die Kabel ohne Rohre direkt im Dreieck verlegt, betragen die Schirmverluste lediglich ca. 12% der Leiterverluste. Ob sich ein solcher Umbau einer bestehenden Leitung lohnt, hängt einerseits stark von der Belastung der Kabelleitung und andererseits von den Kosten für die notwendige Modifikation von Muffen ab (die Schirme müssten durch längsisolierte Muffen in Abschnitte unterteilt werden, da sonst die induzierten Spannungen zu gross würden).

Erweiterung der Kabelprüfanlagen

Angesichts des stetig zunehmenden Bedarfs an Vor-Ort-Hochspannungskabelprüfungen und auch der häufiger werdenden Anfragen zur Prüfung längerer Kabelstrecken, für welche die heutigen Prüfanlagen zum Teil nicht ausreichen, besteht bei der FKH die Absicht zu einer Erweiterung der Prüfkapazität der Seriersonanzanlagen.

In den vergangenen Jahren wurde das Prüfprozedere für neuverlegte Polymerkabel eingehend überdacht und mit Fachleuten der Netzbetreiber und der Kabelhersteller diskutiert. Die Prüfpegelempfehlungen in den IEC-Normen 60840 und 62067 wurden als zu wenig streng angesehen. Ausserdem sind in diesen Normen lange Prüfdauern von einer Stunde vorgesehen. Angesichts der 20-jährigen erfolgreichen Prüfpraxis in der Schweiz werden etwas höhere Prüfspannungen und die bisher praktizierten 15-min-Prüfungen empfohlen. Bis heute sind in der Schweiz noch keine Fälle bekannt geworden, bei welchen erfolgreich geprüfte Kabel später im Betrieb ausgefallen wären. Die heutige Prüfeempfehlung ist in Tabelle 5 zusammengefasst.

Referenzpegel			Empfohlenes Vorgehen bei Vor-Ort-Spannungsprüfungen für die Schweiz			
Nennspannung verkettet	maximale verkettete	Phasenspannung	Prüfspannungsfaktor	Prüfspannung	Faktor höchste Betriebsspannung	Prüfdauer
U	U _m	U ₀	*U ₀	U _p	*U _m /√3	t
[kV]	[kV]	[kV]	Faktor	[kV]	Faktor	min
45	52.0	26	2.2	57	1.9	15
60	72.5	36	2.2	80	1.9	15
110	123.0	64	2.2	140	2.0	15
132	145.0	76	2.2	167	2.0	15
150	170.0	87	2.2	190	1.9	15
220	245.0	127	2.0	254	1.8	15
275	300.0	160	2.0	320	1.8	15
380	420.0	220	1.8	400	1.6	15

Tabelle 5 FKH Empfehlung für Prüfpegel und -dauern bei Vor-Ort-Wechselspannungsprüfungen an neuverlegten polymerisolierten Hochspannungskabelstrecken

Im vergangenen Jahr wurde durch Bestellung eines Prototyps einer grossen ölisierten Drossel ein erster Schritt für die Erweiterung der Prüfkapazität der FKH-Resonanzanlagen initialisiert. Die Drossel besitzt folgende Daten:

- Maximalgewicht transportbereit: 2 t
- Induktivität: 80 H
- Belastungsstrom: 10 A, 3 x 15 min
- Maximale Prüfbetriebsspannung: 260 kV

Sie erlaubt ohne Serieschaltung die Prüfung von 220-kV-Kabelstrecken und besitzt verglichen mit den bereits vorhandenen Drosseln etwa die sechsfache Prüfscheinleistung. Mit der bestehenden Frequenzumrichterspeisung (190 kVA) können bis zu vier Drosseln des bestellten Typs mit ihrer vollen Kapazität eingesetzt werden.

10. Veranstaltungen

Powerstage

Wie bereits im Jahre 2004 war die FKH auch im vergangenen Jahr wieder an der Ausstellungsmesse „Powerstage“ präsent, welche vom 9.-11. Mai 2006 im Messezentrum Zürich-Oerlikon stattfand. Die zweckmässig und attraktiv organisierte Veranstaltung konnte viel Publikum aus der Elektrizitätsversorgungsbranche anziehen.

Der attraktiv gestaltete FKH-Stand hat das Interesse zahlreicher anwesender Besucher geweckt, wodurch ein reger Informationsaustausch stattfand und auch einige neue Geschäftsbeziehungen entstehen konnten.



Bild 11: FKH-Stand an den Powertagen



Bild 12: Besucher lassen sich die Prüftechniken erklären

FKH-Fachtagung

Am 15. November 2006 hielt die FKH unterstützt durch den VSE in der Fachhochschule für Ingenieure und Architekten Fribourg ihre Fachtagung zum Thema Erneuerung von Hochspannungsschaltanlagen ab.

Im Verlaufe der Tagung wurden die technischen und logistischen Probleme bei der Erneuerung von elektrischen Energieversorgungsanlagen anhand von aktuellen Projekten aus der jüngsten Vergangenheit vorgestellt und diskutiert. Den Ausgangspunkt der vorgestellten Beispiele bildeten die unterschiedlichen Beweggründe für einen Ersatz oder eine Erweiterung einer Schaltanlage.

Ein wichtiger Tagungsschwerpunkt betraf die Frage der Kompatibilität der Schnittstellen zwischen bestehenden und neuen Anlagenteilen. Es wurden neue Anlagenkonzepte wie die Hybridtechnologien mit Kombinationen von freiluftisolierten und gekapselten Komponenten diskutiert. Im Weiteren wurde auch auf die Anforderung zur Aufrechterhaltung des Betriebs vor allem in der Ausführungsphase eingegangen.

Die Vorträge widmeten sich schliesslich auch den ökonomischen Fragestellungen im Entscheidungsprozess bei mehreren konkurrenzierenden Projektvarianten.



Bild 13: Aula der Fachhochschule in Fribourg während der FKH-/VSE-Fachtagung 2006

Gehaltene Vorträge im Rahmen der Fachtagung

Begrüssung durch den FKH-Präsidenten und den VSE

Einführung in das Thema der Fachtagung

„Neue“ Schaltanlagenkonzepte und der daraus entstehende Nutzen für den Betreiber

Strategie und Umsetzung bei Erneuerung der Sekundärtechnik in Schaltanlagen

Zustandsdiagnose an Schaltanlagenkomponenten als Entscheidungsgrundlage für Erneuerungen

Unterbruchsfreier Ersatz einer luftisolierten Innenraumschaltanlage durch eine moderne kompakte 72.5-kV-SF₆-Gas-isolierte Schaltanlage

Poste de Praille: rénovation d'un poste HT/MT

Beispiele von Anforderungen bei Erneuerungen von Schaltanlagen aus der Sicht der Projektleitung

Applications des condensateurs à haute tension, hier et aujourd'hui

Erneuerung von Hochspannungs-Kabelanlagen

Referenten

Dr. Thomas Aschwanden, KWO
Hansjörg Holenstein, VSE

Prof. Hubert Sauvain, Hochschule für Technik und Architektur Freiburg

Dieter Fuchsle, ABB High Voltage Products, Zürich

Claude Racine, NOK, Baden

Dr. Reinhold Bräunlich,
FKH, Zürich

Endre G. Mikes, AREVA T&D AG,
Gas Insulated Substations,
Oberentfelden,
Claus Jörg, EBS Elektrizitätswerk des
Bezirks Schwyz

Olivier Bissat, SIG, Genève

Peter Bircher,
BKW FMB Energie AG, Bern

Etienne Savary, Maxwell
Technologies SA, Rossens

Andreas Meier, Brugg Kabel AG

11. Zusammenarbeit mit Hochschulen / Nachwuchsförderung

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder von elektrischen Energieversorgungsanlagen

Dr. R. Bräunlich

Eingeladener Vortrag im Rahmen der Lehrveranstaltung „Technologie elektrischer Energiesysteme“, ETH Zürich, Departement Informationstechnologie und Elektrotechnik, am 23. Januar 2006

12. Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen

Teilnahme an Fachtagungen, Referate

Dr. R. Bräunlich

Teilnahme an der 41. Cigré-Session in Paris vpm 27. August bis 1. September 2006,
Sitzung des Studienkomitees C4: „Power Systems Performance“

Dr. R. Bräunlich

Referat: „Zustandsdiagnose an Schaltanlagenkomponenten als Entscheidungsgrundlage für Erneuerungen“

FKH-/VSE-Fachtagung 2006 „Erneuerung und Erweiterung von Hochspannungsschaltanlagen“, Hochschule für Technik und Architektur Freiburg

Dr. Vahe Der Houhanessian

Teilnahme am Workshop „Diagnostic Measurements on Power Transformers“
12./13.09.2006 im Omicron Development Center in Klaus (Österreich)

Dr. Th. Heizmann

Teilnahme am Stuttgarter Hochspannungssymposium 2006
„Zustandserfassung und –beurteilung von Betriebsmitteln des elektrischen Netzes“
15. und 16. März 2006, Filderhalle Stuttgart

Dr. Th. Heizmann

Referat: „Erdungssysteme, Vorschriften und Messtechnik“
Corso di formazione continua ESI „La messa a terra“
Tenero, 06.04. und 29.09.2006

Dr. Th. Heizmann

Referat: „Erfahrungen mit der Vor-Ort-UHF-TE-Messung an GIS mit Spannungen von 72.5 – 420 kV“
Fachtagung „SF6-Hochspannungsschaltanlagen: Anwendung, Betrieb und Erfahrungen“
GIS-Anwender-Forum, Darmstadt, 04.10.2006

Dr. H.-J. Knab

Teilnahme an den IEC TC10 WG 35-Meetings in London (20./21.03.2006), Turin (21.06.2006) und Madrid (06.11.2006): „Erarbeitung eines IEC-Standards zum Nachweis von korrosivem Schwefel in Isolierölen“

Dr. H.-J. Knab

Teilnahme an dem CIGRE TF D.01.13-Meeting in Ljubljana (15./16.06.2006): „Furans for Diagnostics“

Publikationen

R. Bräunlich

„Was wir für unseren Ingenieurnachwuchs in der Elektroenergiebranche tun können“
Forum Bulletin SEV/VSE, 21/06, S. 66

R. Bräunlich, H. Däumling, M. Hofstetter, U. Prucker, J. Schmid, H.W. Schlierf,
R. Minkner

„Ferroresonanzschwingungen in Hoch- und Mittelspannungsnetzen“
Teil 1: Definitionen und allgemeine Erklärungen
Bulletin SEV/VSE, 23/06, S. 17-22

R. Bräunlich, H. Däumling, M. Hofstetter, U. Prucker, J. Schmid, H.W. Schlierf,
R. Minkner

„Ferroresonanzschwingungen in Hoch- und Mittelspannungsnetzen“
Teil 2: Fallbeispiele
Bulletin SEV/VSE, 24/25 06, S. 27-30

Th. Heizmann, G. Schneider

„Erfahrungen mit der Vor-Ort-UHF-TE-Messung an GIS mit Spannungen von
72.5–420 kV“

Fachtagung „SF6-Hochspannungsschaltanlagen: Anwendung, Betrieb und Erfahrungen“
GIS-Anwender Forum, Darmstadt, 04.10.2006

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 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

Mitglied: G. Storf

Ausschuss "Blitzschutz und Blitzforschung" (ABB) des VDE

Mitglied: Dr. Th. Heizmann

Cigré TC C4 "Power System Electromagnetic Compatibility"

Mitglied: Dr. R. Bräunlich

Vertreter des CIGRE SC C4 „Power Systems Performance“

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

Mitglied: Dr. R. Bräunlich

CIGRE TF D01.13 „Furans for diagnostics“

Mitglied: Dr. H.-J. Knab

IEC TC 10 WG 35 „Corrosive sulfur in insulating liquids“

Mitglied: Dr. H.-J. Knab

CES electrosuisse TK 10 „Flüssigkeiten für elektrotechnische Anwendungen“

Mitglied: Dr. H.-J. Knab

DKE (VDE/DIN) als Gast im K182 „Flüssigkeiten und Gase für elektrotechnische Anwendung“

Mitglied: Dr. H.-J. Knab

14. FKH-Mitglieder

Verbände

Electrosuisse
8320 Fehraltorf

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)
5001 Aarau

Werksmitglieder

A TEL Netz AG
4601 Olten

AEK Energie AG
4503 Solothurn

AEW ENERGIE AG
5001 Aarau

AG Kraftwerk Wägital
8854 Siebnen

Azienda Elettrica Ticinese
6501 Bellinzona

Aziende Industriali della città di Lugano
6901 Lugano

BKW FMB ENERGIE AG
3013 Bern

CKW AG
6002 Luzern

GROUPE E AG
2035 Corcelles

Elektra Birseck
4142 Münchenstein

Elektrizitäts-Gesellschaft Laufenburg AG
5080 Laufenburg

Energie Wasser Bern
3001 Bern

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
8050 Zürich

EKT AG
9320 Arbon

Elektrizitätswerke des Kantons Zürich
8022 Zürich

Energie-Service Biel/Bienne
2504 Biel

IBAAarau Strom AG
5001 Aarau

Industrielle Werke Basel
4008 Basel

Kraftwerke Hinterrhein AG
7430 Thusis

Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)
3862 Innertkirchen

Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK)
5401 Baden

onyx Energie Netze
4901 Langenthal

Rätia Energie Klosters AG
7250 Klosters

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

SBB Energie
3052 Zollikofen

sbo Städtische Betriebe Olten
4601 Olten

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

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

Stadtwerk Winterthur
8402 Winterthur

Verzasca SA
6901 Lugano

Industriemitglieder, Ingenieurbüros und weitere Mitglieder

ABB Schweiz AG
8050 Zürich

ABB Sécheron SA
1211 Genève 2

Agea - Kull AG
4552 Derendingen

Alpha Elektrotechnik AG
2560 Nidau

AREVA T&D AG
5036 Oberentfelden

Brugg Kabel AG
5200 Brugg

EA Elektroarmaturen AG
8200 Schaffhausen

EcoWatt Projects AG
8852 Altendorf

Eidgenössisches Starkstrominspektorat
8320 Fehraltorf

Pöyry Energy AG
8037 Zürich

GMC-Instruments Schweiz AG
8052 Zürich

Haefely Test AG
4052 Basel

Maxwell Technologies SA
1728 Rossens

OMICRON electronics GmbH
A-6833 Klaus

Pfiffner Messwandler AG
5042 Hirschthal

Pfisterer Ixosil AG
6460 Altdorf

Walter Rozner, Ing. Büro
3613 Steffisburg

Siemens Schweiz AG
8047 Zürich

Stationenbau AG
5612 Villmergen

Studer Draht- und Kabelwerk AG
4658 Däniken

Trench Switzerland AG
4052 Basel

**Weidmann Transformerboard Systems
AG**
8640 Rapperswil

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

Hochschule für Technik + Architektur Chur
7000 Chur

Zürcher Hochschule Winterthur
8401 Winterthur

Elektrizitätswerk des Kt. Schaffhausen AG (Gönner)
8201 Schaffhausen

Mitgliederbestand per 31.12.2005

Verbände	2	(2)
Werksmitglieder	30	(30)
Industriemitglieder, Ingenieurbüros und weitere Mitglieder	22	(22)
Korrespondierende Mitglieder	10	(10)
Total Mitglieder per 31.12.2006	64	(64)
(Stand per 31.12.2005 in Klammern)		



Fachkommission für Hochspannungsfragen

Commission d'étude des questions relatives à la haute tension



JAHRESBERICHT 2006

15. Informationsbroschüren 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 Wechselspannung 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 der 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, Überwachung von HS-Prüfungen im Werk
- Engineering und Beratung in Hochspannungs- und Blitzschutzfragen
- Isolierölanalysen und Beurteilung von Öl-Papier-Isolationssystemen



Bild 15 Prüfung einer 275-kV-Kabelverbindung mit TE-Messung im UW Chamoson, Wallis