

Fachkommission für Hochspannungsfragen Commission d'étude des questions relatives à la haute tension



JAHRESBERICHT 2009

Inhalt:	Seite
Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters	3
Struktur und Leitbild der FKH	5
FKH-Vorstand	7
FKH-Arbeitsgruppe	8
Dienstleistungen der FKH	9
Auftragsarbeiten und statistische Übersicht	10
Ausgewählte Auftragsarbeiten	12
Labor für Isolierölanalysen	14
Entwicklungen und Investitionen	20
Veranstaltungen	21
Zusammenarbeit mit Hochschulen / Nachwuchsförderung	23
Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen	23
Mitgliedschaft / Mitarbeit in Fachgremien und Kommissionen	25
FKH-Mitglieder	26
Informationsbroschüren der FKH	29
Zufahrtspläne für die FKH-Standorte	29

Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters

Sehr geehrte FKH-Mitglieder, sehr geehrte Freunde der FKH

Die FKH kann wiederum auf ein erfolgreiches Geschäftsjahr zurückblicken. Trotz schlechteren wirtschaftlichen Randbedingungen im Umfeld wurden im Berichtsjahr die meisten Ziele erreicht oder sogar teilweise erheblich übertroffen.

Gründe für dieses positive Resultat gibt es mehrere: Die FKH verfügt über ein erstklassiges Dienstleistungsangebot und ist für viele Mitglieder und Kunden der bevorzugte Ansprechpartner für die Lösung von hochspannungstechnischen Problemen. Insbesondere im Bereich der Vor-Ort-Prüftechnik und der Isolationsdiagnose konnte die FKH ihre Marktposition in der Schweiz weiter ausbauen.

Das eigentliche Kapital unseres Vereins sind jedoch die qualifizierten Mitarbeiter der FKH-Arbeitsgruppe, die auch unter schwierigen Bedingungen ihr Bestes geben, um die Wünsche und Anliegen der Mitglieder und Kunden zu erfüllen. Ihnen gebührt unser ausdrücklicher Dank für ihre hohe Leistungsbereitschaft und für ihren Einsatz!

Danken möchten wir aber auch unseren Mitgliedern und Kunden, die mit ihrem Vertrauen und dem entgegengebrachten Interesse diesen Erfolg der FKH erst ermöglichen.

Die Nachfrage für Hochspannungsprüfungen hat in der Schweiz in den letzten Jahren stetig zugenommen. Durch den regen Export der Schweizerischen Elektroindustrie ergaben sich im Berichtsjahr auch Prüfaufträge in den Nachbarländern. Der zeitweise sehr hohe Bedarf an Resonanzprüfungen überstieg die verfügbaren Kapazitäten der FKH-Prüfmittel. Um diesem Kapazitätsengpass zu begegnen, musste wiederholt auf Hochspannungsprüfgeräte von Industrie-Partnern und FKH-Mitgliedern zurückgegriffen werden. An dieser Stelle danken wir diesen Partnern ganz herzlich für die konstruktive Zusammenarbeit und die Hilfestellung.

Zur Erweiterung des Prüfgeräteparks wurde 2009 die Beschaffung für einen zusätzlichen elektronischen Frequenzumrichter für die Speisung von Hochspannungsresonanzkreisen eingeleitet. Die Entwicklung von leistungsstärkeren Resonanzdrosseln ist bereits weiter fortgeschritten: Ein Prototyp für eine neue Hochleistungsdrossel (260 kV/10 A/3x15 min) wurde im vergangenen Jahr fertiggestellt und bei Vor-Ort-Prüfungen bereits mehrfach erfolgreich eingesetzt. Der geplante Ausbau der FKH-Resonanzprüfanlagen sieht vier solche Hochleistungsdrosseln vor. Damit kann die gegenwärtige Prüfleistung bei Vor-Ort-Resonanztests in naher Zukunft nahezu verdreifacht werden.

Die Planungs- und Projektierungsarbeiten für die Erneuerung der Infrastruktureinrichtungen in der Versuchsstation Däniken konnten Ende 2009 abgeschlossen werden. Das Projekt sieht die Erstellung einer neuen Lagerhalle mit angebautem Werkstatttrakt mit Büroobergeschoss vor. Nachdem inzwischen die Baubewilligung vorliegt, steht einer Ausführung der Bauarbeiten im Sommerhalbjahr 2010 nichts mehr im Wege. Mit dieser für die FKH bedeutenden Investition wird der Standort Däniken substantiell aufgewertet und durch eine optimierte Logistik der Prüfmittel die Effizienz der Vor-Ort-Einsätze wesentlich verbessert.

Im Bereich Isolierölanalysen wurden im Berichtsjahr die Vorarbeiten für eine Akkreditierung des FKH-Isolieröllabors nach ISO/EN/IEC 17025 in Angriff genommen. Mit der Beschreibung und Dokumentation der Prozesse wird die Qualität der Analysen verbessert und die Kontinuität der Dienstleistung auch für die Zukunft sichergestellt werden.

Die Umsetzung dieser eingeleiteten Entwicklungsschritte stellt für alle Beteiligten der FKH im Jahr 2010 ein echte Herausforderung dar. Aufgrund der finanziellen und personellen Voraussetzungen sind wir jedoch zuversichtlich, dass FKH-Mitglieder und Kunden bereits Ende des laufenden Jahres von diesen Verbesserungen und Erneuerungen profitieren können.

Dr. Thomas Aschwanden
Präsident

Dr. Reinhold Bräunlich Geschäftsleiter



Struktur und Leitbild der FKH Struktur der FKH

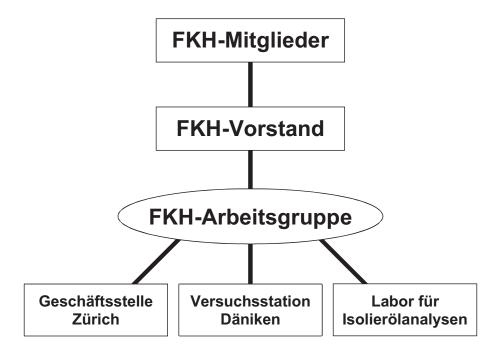


Bild 1 Struktur der FKH

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 Elektroenergietechnik 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.

FKH-Vorstand

Präsident Dr. Thomas Aschwanden

Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)

Vizepräsident Benedikt Burkhardt

Axpo AG - Netze

Mitglieder Martin Aeberhard

Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Division Infrastruktur, Energie

Heinz Aeschbach AREVA T&D AG

Peter Betz

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)

Dr. Reinhold Bräunlich 1

Fachkommission für Hochspannungsfragen (FKH)

Peter Fessler

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz)

Prof. Dr. Klaus Fröhlich ²

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ)

Dr. Werner Hofbauer (ab 29.04.2009)

ABB Schweiz AG

Prof. Dr. Heinz Kronig Fachhochschule Sion

Bernhard Krummen

Service de l'Electricité de la Ville de Lausanne (SEL)

Andreas Meier Brugg Kabel AG Serge Michaud

Electrosuisse

Charles Moser (ab 29.04.2009) BKW FMB Energie AG (BKW)

Martin Weibel (ab 29.04.2009)

Alpiq Netz AG Gösgen

Dr. Pierre Zweiacker²

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Kontrollstelle Doris Joos, ewz

Heinz Huber, EKZ

¹ Mitglied mit beratender Stimme

² Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats



FKH-Arbeitsgruppe

Leitung	Dr. Reinhold Bräunlich, dipl. ElIng. ETH	braeı	ınlich@fkh.ch	
Stellvertretung	Günther Storf, dipl. ElIng. ETH	storf	@fkh.ch	
Sekretariat	Brigitte Egger	egge	r@fkh.ch	
Mitarbeiter	Dr. Vahe Der Houhanessian dipl. ElIng. ETH	houh	anessian@fkh.ch	
	Pascal Fehlmann (ab 01.01.2009) ElIng. FH	fehln	nann@fkh.ch	
	Mario Gobeli (ab 15.10.2009) ElIng. FH	gobe	li@fkh.ch	
	Dr. Thomas Heizmann, dipl. ElIng. ETH	heizn	mann@fkh.ch	
	Dr. Hans-Josef Knab, dipl. Phys. Leiter Labor für Isolierölanalysen	knab	@fkh.ch	
	Adamo Mele, Elektromechaniker	mele	@fkh.ch	
	Dr. Stefan Neuhold, dipl. ElIng. ETH	neuh	old@fkh.ch	
	Aldo Resenterra, Elektromonteur	resen	terra@fkh.ch	
	Franziska Schenker, Chemielaborantin	scher	nker@fkh.ch	
	Markus von Arx, Elektromonteur	vona	rx@fkh.ch	
	Toni von Deschwanden, Elektromechaniker	deschwanden@fkh.ch		
	Matthias Weidmann, Chemielaborant	weidmann@fkh.ch		
	Rudolf Zellweger, dipl. Phys. ETH	zellw	veger@fkh.ch	
Betriebsstätten	FKH-Geschäftsstelle Voltastrasse 9 8044 Zürich	Tel. Fax	044 253 6262 044 253 6260	
	FKH-Isolieröllabor 4658 Däniken		062 288 7799 062 288 7790 t 058 319 2060 @fkh.ch	
	FKH-Versuchsstation 4658 Däniken	Tel. Fax	062 288 7795 062 288 7794	
	Dr. Thomas Heizmann	Tel.	032 725 2485	
die Westschweiz	rue du Littoral 58c 2025 Chez-le-Bart	Fax heizn	032 835 1130 nann@fkh.ch	
Internet-Adresse	www.fkh.ch			



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
- Isolierölanalysen und Beurteilung von Öl-Papier-Isolationssystemen
- 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 (Überspannungen, Resonanzen)
- Nachweis der Wirksamkeit von Erdungsanlagen (Erdungsmessungen)
- Schulungskurse im Bereich der Prüf- und Messtechnik
- Überprüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)
- Berechnung der thermischen Auslegung von Kabelstrecken und theoretische Abklärung von Beeinflussungsfragen
- Berechnung und Messung elektrischer und magnetischer Felder (EMF)
- Abnahme von HS-Anlagen oder Komponenten, Überwachung von HS-Prüfungen beim Hersteller
- Engineering und Beratung in Hochspannungs- und Blitzschutzfragen

Die erhältlichen Informationsbroschüren zu den Dienstleistungen werden auf der letzten Seite des Jahresberichts aufgeführt.



Bild 2 Teilentladungssensoren an Transformatordurchführungen

Auftragsarbeiten, statistische Übersicht

Neben diversen Beschaffungs- und Entwicklungsprojekten wurden im Berichtsjahr 2009 insgesamt 143 (117) Auftragsarbeiten und 150 (134) Isolierölanalysen für FKH-Mitglieder und Dritte ausgeführt, mit welchen folgender Umsatz erzielt wurde (Angaben aus dem Vorjahr in Klammern, siehe auch Bild 3):

Total gemäss FKH-Erfolgsrechnung 2009	CHF	2'988'797	(2'969'007)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	CHF	-,-	()
Erlös aus Auftragsarbeiten für Nichtmitglieder	CHF	743'597	(431'616)
Erlös aus Auftragsarbeiten für FKH-Mitglieder *)	CHF	2'245'200	(2'537'391)

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

Tabelle 1 Erlös aus Auftragsarbeiten

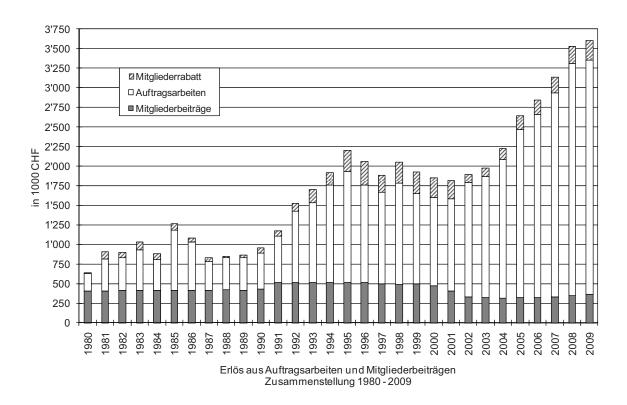


Bild 3 Erlös aus Auftragsarbeiten und Mitgliederbeiträgen, im Zeitraum von 1980 - 2009



Die Auftragstätigkeit der FKH-Arbeitsgruppe für Mitglieder und Dritte im Berichtsjahr 2009 kann folgenden Gebieten zugeordnet werden (prozentuale Verteilung bezogen auf den erzielten Nettoerlös, Angaben aus dem Vorjahr in Klammern):

Prüfung von Hochspannungs-Kabelanlagen	39% (27%)
Diagnose von Hochspannungsapparaten (Transformatoren)	20% (23%)
Prüfung von GIS	4% (11%)
Erdungsmessungen / Nachweis von Blitzschutzmassnahmen	11% (14%)
Typprüfungen / Spezialversuche	1% (3%)
EMF / Korona / EMV / Transiente Vorgänge im Netz und in HS-Anlagen	3% (2%)
Beratungs- und Betreuungsaufgaben	1% (2%)
Isolierölanalysen	21% (18%)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	0% (0%)

Tabelle 2 Prozentuale Verteilung der Auftragsarbeiten im Jahr 2009 nach Dienstleistungssparten aufgeschlüsselt (Vorjahr in Klammern)

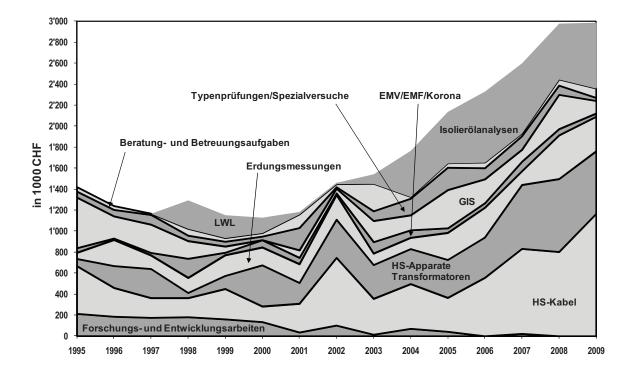


Bild 4 Entwicklung des Erlöses aus Auftragsarbeiten nach einzelnen Dienstleistungssparten (in CHF 1'000) über den Zeitraum von 1995 bis 2009



Ausgewählte Auftragsarbeiten

In diesem Teil des Jahresberichts wird dem Leser ein Einblick in einige aktuelle Arbeitsgebiete und Auftragsprojekte gegeben, welche sich durch Innovationen auszeichnen oder bei welchen die Aufgabenstellung neue Lösungsansätze erfordert.

Erfahrungen der FKH aus Kabelprüfungen seit 1986, statistische Auswertung

Die ursprünglich für die Prüfung von gasisolierten Schaltanlagen entwickelten Serie-Resonanz-Anlagen der FKH werden seit 1986 regelmässig auch für Kabelprüfungen eingesetzt. Nachdem die Hochspannungsresonanzprüfungen zunächst als einzigartige Spezialität an ausgewählten Kabelstrecken zum Einsatz kamen, wurde der Nutzen dieser Qualitätsprüfung an verlegten Kabelstrecken im In- und Ausland immer eutlicher erkannt, woraus sich eine steigende Nachfrage entwickelte. Auch die Prüfinstitutionen der Nachbarländer haben sich inzwischen mit eigenen Prüfanlagen ausgerüstet. Ab 1996 reduzierten sich deshalb die Auslandeinsätze, wohingegen aber die jährliche Anzahl der geprüften Strecken in der Schweiz kontinuierlich zunahm.

Tabelle 3 zeigt diesen markanten Anstieg der Anzahl geprüfter Systeme in den letzten Jahren je Spannungsebene und fasst auch die Testergebnisse zusammen.

Mittelspannungskabel	werden vor	n der FKH nur	in seltenen	Spezialfällen geprüft.
Witterspainfullgskabel	WCIUCII VO	n uci i ixii nui	III SCITCHOIL	SDCZIananch gebruit.

	MS		45	- 65 l	κV	110 – 150 kV		220 – 275 kV			400 kV				
Jahr	Anz	4	TE	Anz	4	TE	Anz	4	TE	Anz	4	TE	Anz	4	TE
Bis 1989	0	0		0	0		16	1		1	0		0	0	
1990-1999	1	0		16	2		70	10	1	12	0		0	0	
Ab 2000	33	1		66	3		211	2	4	30	3	3	11	0	0
Alle Jahre	34	1		82	5		297	12	5	43	3	3	11	0	0
Total	A	nzahl:	467	67 ☆ : 22 TE-Befunde: 8											

Tabelle 3: Vor-Ort-Kabelprüfungen der FKH, aufgeteilt nach Spannungsreihen, Anzahl Prüfungen (Anz), Anzahl Durchschläge (★), Anzahl Teilentladungsbefunde (TE)

Gesamthaft wurden bei den 467 durchgeführten Hochspannungsresonanzprüfungen 22 Durchschläge festgestellt. Diese betrafen 12 Endverschlüsse, 8 Muffen und zwei Kabel auf offener Strecke. Bei einem der Kabel handelte es sich um eine ältere 110-kV-Anlage, die bis dahin nur mit 50 kV betrieben wurde. Nachdem das Kabel in ein erneuertes UW eingeführt wurde und mit neuen Endverschlüssen ausgerüstet worden war, wurde es erstmals mit Wechselspannung geprüft.

Seit den 90-er-Jahren werden an verlegten Kabeln auch Teilentladungsmessungen durchgeführt. Anfangs wurden die TE-Signale im Zusammenhang mit GIS-Prüfungen bei kürzeren Kabelverbindungen mit TE-Sensoren der Schaltanlagen erfasst. In neuerer Zeit werden bei Hochspannungsprüfungen von Kabelanlagen mit Systemspannungen von 150 kV und höher meistens TE-Messungen vorgenommen.

Aufgrund der Auswertung aller Hochspannungsresonanzprüfungen erfolgte bei 4.7% der Kabelsysteme bei der Prüfung ein Durchschlag. Werden die Isolationsfehler, die aufgrund von Teilentladungsbefunden zum Auswechseln der betroffenen Garnitur führten, hinzugerechnet, ergibt sich ein Anteil von 6.4% der Kabelsysteme, welche die Prüfung nicht bestanden haben.



Bild 5: Vor-Ort-Kabelprüfung, bei welcher vier verschiedene Resonanzdrosseltypen kombiniert eingesetzt wurden

Untersuchung von Ferroresonanzschwingungen

Ferroresonanzschwingungen im Zusammenhang mit induktiven Spannungswandlern in Hochspannungsschaltanlagen stellen auch in der Schweiz ein immer wiederkehrendes Problem dar, das zu erheblichen Schäden und Versorgungsausfällen führen kann. Anlagenkonfigurationen, bzw. Schaltzustände mit potenzieller Gefährdung für Ferroresonanzschwingungen sind zwar bekannt, Schwierigkeiten bereiten aber die Voraussage, ob diese Schwingungen unter der gegebenen Kombination der Apparatedaten tatsächlich auftreten. Mit praktischen Untersuchungen aber auch durch Mitarbeit in einer Arbeitsgruppe "Ferroresonanz" im CES TK 38 "Hochspannungsmesswandler" engagiert sich die FKH für die Information über das Problem und die Beschreibung von Abhilfemassnahmen gegen das unerwünschte Phänomen.

Die genannte Arbeitsgruppe hat in den letzten Jahren praxisrelevante Informationen zu diesem Thema zusammengefasst und im Bulletin der Electrosuisse und des VSE publiziert. Zur Zeit arbeitet das Gremium an einem IEC-Bericht und einem Buch im VDE-Verlag über Ferroresonanzschwingungen in Hoch- und Mittelspannungsnetzen.

Ferroresonanzschwingungen können unter bestimmten Bedingungen in nicht geerdeten Teilen von Hochspannungs-Schaltanlagen oder -Netzen mit induktiven Spannungswandlern auftreten. In der Regel treten die Schwingungen bei Teilabschaltungen, d.h. nicht im Normalbetrieb auf.

Bei Ferroresonanzschwingungen werden die Kerne der beteiligten induktiven Spannungswandler magnetisch gesättigt. Dadurch reduziert sich periodisch die Hauptinduktivität der Primärwicklung um Zehnerpotenzen (Bild 6). Es entstehen hohe nicht-sinusförmige Phasenspannungen und Magnetisierungsströme grosser Amplitude, welche die Hochspannungswicklung der Spannungswandler thermisch überlasten können.

Besonders komplex sind sogenannte dreiphasige Ferroresonanzschwingungen in Teilen von nicht starr geerdeten Verteilnetzen. Im Jahr 2009 hat die FKH einen solchen Fall messtechnisch untersucht. Ein kurzer Ausschnitt der gemessenen Spannungs- und Stromverläufe ist in Bild 7 dargestellt. Bild 8 zeigt den Messaufbau in der Mittelspannungsschaltanlage, in welcher die Messungen durchgeführt wurden.

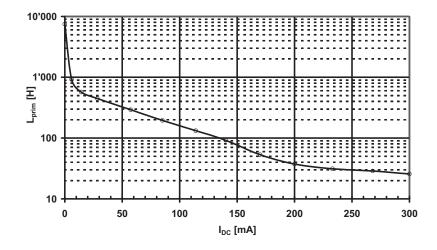


Bild 6: Darstellung des Sättigungsverhaltens eines induktiven Spannungswandlers: Abnahme der Hauptinduktivität der Primärwicklung in Funktion eines überlagerten Gleichstroms, welcher die Sättigung des Eisenkerns hervorruft

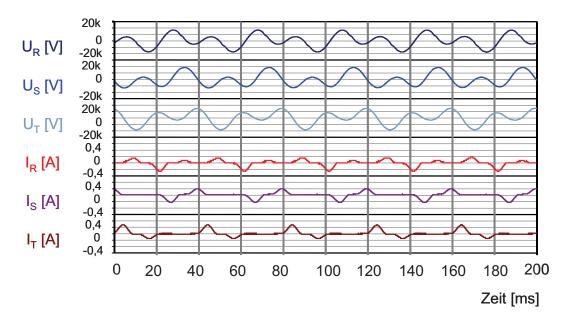


Bild 7: Verlauf der Phasenspannungen und der Ströme durch die Spannungswandlerprimärwicklung während einer dreiphasigen Ferroresonanzschwingung



Bild 8: Messtechnische Untersuchung der Bedingungen für das Auftreten einer dreiphasigen Ferroresonanzschwingung in einem Mittelspannungsteilnetz: links: Auskopplung der Stromsignale in den Primärwicklungen von Spannungswandlern rechts: Vielkanal-Oszillograf zur Aufzeichnung der dreiphasigen Strom- und Spannungsschwingungen

Bewertung von TE-Signalen bei Hochspannungsresonanzprüfungen von GIS

Spannungsprüfungen an SF₆-Gas-gekapselten Schaltanlagen begleitet mit Teilentladungsmessungen erfreuen sich in den vergangenen Jahren zunehmender Nachfrage. Zur Qualitätssicherung bei neu erstellten Schaltanlagen wird die Prüfdienstleistung nicht mehr nur im Höchstspannungsbereich, sondern bei wichtigen Anlagen auch bis hinunter in den Mittelspannungsbereich verlangt. Im Berichtsjahr wurden 6 Resonanzprüfungen mit begleitender TE-Messung an gekapselten Hochspannungsschaltanlagen durchgeführt. Die Betriebsspannungen reichten von 24 kV bis 380 kV. Ein Bespiel eines Prüfaufbaus für eine 150-kV-GIS zeigt Bild 9.

Die Verfügbarkeit empfindlicher in die GIS eingebauten Sonden und effizienter Messsysteme für die so genannte UHF-Methode ermöglicht es, aussagekräftige Messungen durchzuführen. Die FKH hat sich auf diese Höchstfrequenztechnik seit den neunziger Jahren spezialisiert.

Entscheidend ist, dass die Empfindlichkeit der TE-Messkette vor jeder Prüfkampagne durch einen entsprechenden Test an der betreffenden GIS überprüft wird (Bild 10).





Bild 9: Prüfaufbau für die:

links: Einspeisung der Prüfspannung mittels eines Serieresonanzkreises in eine GIS-Freiluft-Durchführung

rechts: Mehrkanal-UHF-Messsystem für die TE-Registierung an in die GIS eingebauten Hochfrequenzsensoren

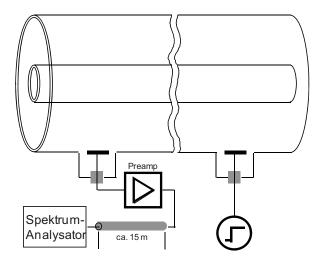


Bild 10: Prinzip des Empfindlichkeitsnachweises für die UHF-TE-Messung an einer GIS: Ein Referenzschrittimpuls, welcher vorgängig im Herstellerwerk festgelegt worden ist, wird bei ausgesuchten Sensoren (im Bild rechts) eingespeist, und es wird geprüft, ob das Signal an den jeweiligen Nachbarsensoren (im Bild links) detektiert werden kann. Die eingespeiste Amplitude des Referenzimpulses soll der Anregung einer Teilentladungsquelle mit 5 pC scheinbarer Ladung entsprechen. Ist die Detektion des übertragenen Impulses möglich, so gilt der Empfindlichkeitstest als bestanden und es wird angenommen, dass eine Teilentladung mit scheinbarer Ladung von 5 pC registriert werden kann.

Im Zusammenhang mit dem genannten Empfindlichkeitstest bestehen heute noch ungelöste Fragen, welche in internationalen Fachgremien mit Beteiligung der FKH bearbeitet werden (Cigré WG D1.25): Durch die unterschiedlichen Signal-Übertragungsfunktionen, welche sich zwischen Sensorenpaaren in einer GIS ergeben können, werden die Frequenzbereiche stark unterschiedlich übertragen (Bild 11). Dies macht die gemessenen Signalamplituden abhängig von der Anstiegszeit des eingespeisten Impulses aber auch von der verwendeten Messeinrichtung und des verwendeten Frequenzbands.

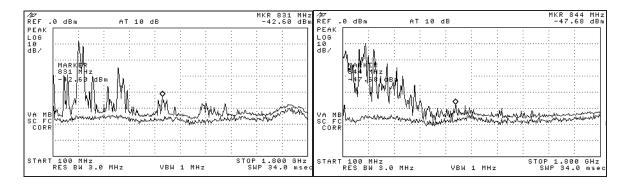


Bild 11: Zwei Beispiele von gemessenen Spektren der Impulssignale aus derselben Messkampagne bei verschiedenen Einbauorten des Sensorenpaars, über welche die Signalübertragung des Referenzimpulses getestet wird. Der untere Spektralverlauf zeigt jeweils den gemessenen Grundstörpegel, die obere Kurve das Spektrum des übertragenen Referenzimpulses

Damit der Empfindlichkeitsnachweis mit unterschiedlichen Messsystemen reproduziert werden kann, müssen zweckmässige Bedingungen für die Übertragungsfunktionen der Signalpfade definiert werden. Mit diesen Festlegungen, an welcher die internationale Arbeitsgruppe 25 des Cigré-Studienkomitees D1 arbeitet, wird die Zuverlässigkeit und Aussagekraft der UHF-Methode zukünftig noch besser abgesichert werden.

Beurteilung älterer giessharzisolierter Stromschienen in Unterwerken und Kraftwerken

Giessharzisolierte Betriebsmittel werden seit den 50-er Jahren des letzten Jahrhunderts in grosser Zahl eingesetzt. Da sie organische Isoliermaterialien besitzen, unterliegen diese einer gewissen Alterung, weshalb nach jahrzehntelanger Betriebszeit die Ausfallsrate ansteigen kann. Die Abnahme der Isolationsfestigkeit ist nicht nur durch elektrische, sondern auch durch thermische, mechanische und chemische Beanspruchungen bestimmt (z.B. Materialschrumpfung und Rissbildung durch Verformung, chemische Zersetzung und Ausgasung flüchtiger Stoffe).

Da sich ein Ausfall in der Regel durch eine längere Phase mit Teilentladungsaktivität ankündigt, eignet sich eine TE-Messung zur Beurteilung des Alterungszustands solcher Isolationen.

Wichtige Betriebsmittel stellen Stromschienensysteme in Unterwerken und Kraftwerken dar, welche bei Isolationsversagen - wegen der oft nicht vorhandenen Ersatzteile - längere Ausfallszeiten zur Folge haben können. Im vergangenen Jahr hat die FKH an einer ausgedehnten Stromschienenanlage eine Teilentladungsmesskampagne durchgeführt. Die Ergebnisse konnten bei der Planung der Revision wichtige Informationen liefern.





Bild 12: 50-kV-Stromschienenanlage in einem grossen Speicherkraftwerk



Bild 13: Auskopplung von Teilentladungssignalen im Anschlussleiter des Erdbelags einer Stromschiene

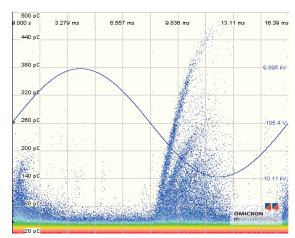


Bild 14: Phasenaufgelöste Impulsstatistik einer Teilentladungsquelle in einer gealterten Stromschiene

Labor für Isolierölanalysen

Auch im Jahr 2009 verzeichnete das Isolieröllabor wieder einen zufriedenstellenden Bestellungseingang, so dass das Labor erneut seit seiner Inbetriebnahme im Jahr 2003 kostendeckend arbeiten konnte.

Der im vergangenen Jahr als Nachfolger von Peter Frey neu eingetretene Matthias Weidmann hat sich erfolgreich in das Isolieröl-Team eingearbeitet und hat in der Zwischenzeit die Funktion des stellvertretenden Laborleiters übernommen.

Der Jahreshöhepunkt bildete zweifelsohne die Gastgeberschaft der FKH für eine Expertengruppe für Isolieröle, welche eine CIGRE- und zwei IEC- Arbeitsgruppensitzungen in Zürich abhielt (30. September bis 2. Oktober).

Beim CIGRE-Meeting handelte es sich um ein Treffen der WG D1.01.15: "DGA in nonmineral oils, load tap changers and other topics", welche sich unter anderem mit der Zersetzungsgasanalyse bei neuen nichtmineralischen Ölen und bei weiteren ölisolierten Geräten, z.B. bei Stufenschaltern beschäftigt.



Bild 15 Gruppenfotografie des eingeladenen Gremiums mit Teilnehmern aus 16 Ländern vor dem Tagungshotel

Die beiden IEC-Arbeitsgruppen MT 21 und MT 25 beschäftigten sich mit der Aktualisierung der IEC-Dokumente IEC 60475, IEC 60567 und IEC 61181 betreffend "Probenentnahme von Isolierölen und deren Analysen" sowie mit dem IEC-Dokument 60296 "Anforderungen an neue Isolieröle". In beiden Arbeitsgruppen konnte die Arbeit an den entsprechenden Standards so weit vorangetrieben werden, dass sie nach dem nächsten Meeting im Frühjahr 2010 als "Committee Drafts (CD)" an die IEC zum Vernehmlassungsverfahren weitergereicht werden können. Als wesentliche Neuerung wird bei IEC 60296 ein Passus eingeführt werden, dass sämtliche dem Isolieröl zugefügten Additive im Produktdatenblatt spezifiziert werden müssen. Zudem wurde ein Abschnitt betreffend potentiell korrosivem Schwefel komplett neu überarbeitet.



Entwicklungen und Investitionen

Erneuerung des Standorts Däniken

Zur Werterhaltung und zur besseren Nutzung des Standorts Däniken wurde in der letzten Generalversammlung am 29. April 2009 eine umfassende Erneuerung der Betriebsgebäude am Standort Däniken beschlossen.

Das Projekt sieht im Zentrum des Areals eine Lagerhalle für die Hochspannungsprüfmittel und eine den heutigen Anforderungen entsprechende Werkstatt sowie Büroarbeitsplätze im Obergeschoss vor. Im Bild 16 ist die Situation im Grundriss und im Bild 17 die Frontansicht des geplanten Gebäudes zu sehen. Ein entsprechendes Baugesuch wurde von der Gemeinde Niedergösgen bereits bewilligt. Die Realisierung wird im Jahr 2010 stattfinden, so dass die neue Infrastruktur am Ende des Jahres 2010 zur Verfügung stehen wird.

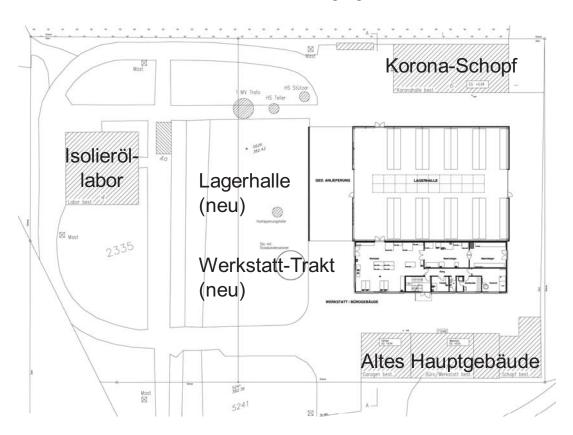


Bild 16 Ansicht der geplanten Betriebsgebäude in der Versuchsstation Däniken

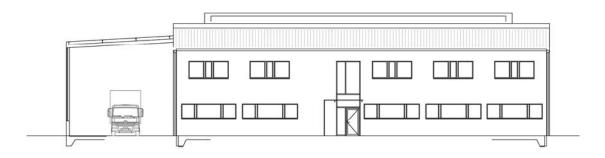


Bild 17 Nordansicht des Gebäudes



Veranstaltungen

FKH-Fachtagung

Am Mittwoch, den 4. November 2009 hielt die FKH ihre traditionelle Fachtagung in der Hochschule für Technik und Architektur Fribourg ab unter dem Titel: "Hochspannungskabel – aktuelle technologische Herausforderungen". Die Tagung fand besonders grossen Anklang; es wurde eine Rekordteilnehmerzahl von 165 verzeichnet. Neben der Vorstellung aktueller Schweizer Grossprojekte standen bei dieser Tagung die folgenden drei technischen Aspekte im Vordergrund:

Thermische Dimensionierung von Hochspannungskabelanlagen

Mit der zunehmenden Belastung der Netze und dem ebenfalls zunehmenden Kostendruck wird die korrekte thermische Dimensionierung von Hochspannungskabelanlagen immer wichtiger, insbesondere wenn eine Kabelanlage z.B. im Notbetrieb voll ausgelastet werden soll. Dabei ist es wichtig, die thermisch ungünstigsten Stellen zu kennen (z.B. Näherung zu Wärmequellen, Häufung/Kreuzung von Kabeln, grosse Verlegetiefe etc.) und die jeweiligen Belastbarkeiten mit verbesserten Methoden möglichst genau berechnen zu können.

Entwicklungen im Zubehörbereich

Die grössten Entwicklungsfortschritte finden zur Zeit bei Muffen und Endverschlüssen statt. Mit dem Ziel, die Montage leichter und sicherer zu machen, findet vor allem ein Trend zu trockenen Endverschlüssen statt.

Prüfung / TE-Messung

Die Prüfung mit Wechselspannung ist in der Schweiz für Hochspannungskabelanlagen praktisch Standard und es liegen bereits 25 Jahre Prüferfahrung vor. Insbesondere bei den höheren Spannungen findet die TE-Messung an den Garnituren immer mehr Anwendung, was auch die Hersteller zur Entwicklung von geeigneten TE-Sensoren veranlasst.

Die Tagung schloss mit einer Diskussionsrunde ab, in welcher auf Fragen zu den behandelten aber auch zu weitergehenden Aspekten der Hochspannungskabeltechnik eingegangen wurde.

Gehaltene Vorträge im Rahmen der Fachtagung	Referent
Begrüssung durch den Präsidenten der FKH	Dr. Thomas Aschwanden, KWO, Innertkirchen
Vorwort und Einleitung ins Tagungsthema durch den Vorstand der ETG	Markus Burger, Brugg Kabel AG, Brugg
Vorstellung des Projekts Manno – Mendrisio - Cagno Neue Verbindung Schweiz - Italien – 400-kV-Kabelleitung – Verdoppe- lung der Übertragungskapazität der bestehenden Freileitung und Kabel	Dr. Roberto Pronini, AET, Bellinzona
Optimierung von Hochspannungskabelanlagen Thermische Dimensionierung – Reserven im Störungsfall – neue Rückfüll- materialien – magnetische Felder – Leistungsgrenzen	Prof. DrIng. habil. Heinrich Brakelmann, Universität Duisburg-Essen, D-Duisburg
Prüf- und Diagnosemethoden für Hochspannungskabel Neue Prüfanlagen – Erfahrungen aus der Praxis – Statistik Kabelprüfungen – Checkliste für Ausschreibungen hinsichtlich Prüfung	Günther Storf, FKH, Zürich
UHF Teilentladungsmessung an Kabelgarnituren Verschiedene TE-Messmethoden – UHF-Messung – Vergleich von Labor- und Feldversuchen – Sensoren für verschiedene Kabelgarnituren	Dr. Thomas Klein, Pfisterer Kontaktsysteme GmbH & Co. KG, D-Winterbach
Enfouissement partiel des lignes HT: avantages techniques Lenteur des procédures d'acceptation – réduction des pertes –comportement réactif des lignes (présentation en français) Teilweise Verkabelung von Hochspannungsleitungen: Technische Vorteile Langwierige Bewilligungsverfahren – Reduktion der Verluste – reaktives Verhalten der Leitungen (Präsentation auf französisch)	Jean Fehlbaum, Nexans Suisse SA, Cortaillod
Material, Design, Installation und Tests von Muffen für Hochspannung- kabel Materialauswahl – neue Erkenntnisse zu Tests – Lebensdauererfahrungen	Dr. Ruben Vogelsang, Brugg Kabel AG, Brugg
Die Kabelanlagen im Gotthard-Basistunnel Organisationsstrukturen – Versuchsstollen Hagebach – Einzugskonzepte für Energie- und Telekommunikationskabel – Planung 2010 bis Inbetriebnahme	Jürg Hosner, Leoni Studer AG, Däniken
Teilentladungs-Monitoring an Hochspannungs-Kabelanlagen	Dr. Kay Rethmeier, Omicron Electronics GmbH, A-Klaus

Tagungsbände für diese Veranstaltungen und auch für frühere Fachtagungen sind bei der FKH zum Selbstkostenpreis erhältlich (siehe auch Internetseite der FKH: www.fkh.ch).



Zusammenarbeit mit Hochschulen / Nachwuchsförderung

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder von elektrischen Energieversorgungsanlagen

Dr. R. Bräunlich

Eingeladene Vorträge im Rahmen der Lehrveranstaltung "Technologie elektrischer Energiesysteme", ETH Zürich, Departement Informationstechnologie und Elektrotechnik, am 16.12.2009

Diplomarbeit

"Thermische Kapazität von Hochspannungsresonanz-Drosselspulen"

D. Pedrotta, C. Corral

Hochschule für Technik und Architektur Freiburg und Fachkommission für Hochspannungsfragen, Mai – Juli 2009

Praktikum

S. Gianella, 01.07. – 30.09.2009

Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen

Teilnahme an Fachtagungen, Referate

Dr. R. Bräunlich

EMC Zürich, 20th Int. Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility, ETH Zürich, 12.01.-15.01.2009 (siehe Publikationsliste)

Dr. R. Bräunlich

ETG Informationsnachmittag zum CIRED-Congress 2009 "Von der Verteilung elektrischer Energie bis zu aktiven Stromnetzen", ETH Zürich, 26.11.2009

Dr. R. Bräunlich

SEREC-Meeting "Electrosmog, Risk Assessment & Public Perception", 21.12.2009, ETH Zürich

Vortrag: "Electromagnetic compatibility in electrical power installations"

Dr. V. Der Houhanessian

ETG Fachtagung "Transformatoren im Trend" in Baden, 09.12.2009

Dr. Thomas Heizmann

ETG-Tagung "Freileitung vs. Erdverkabelung", 2. April 2009, ETH Zürich

Dr. Thomas Heizmann

Omicron Workshop "Diagnose von Leistungstransformatoren", 22./23.09.2009, Festspielhaus Bregenz

Vortrag: "Vor-Ort-Teilentladungsmessung an Leistungstransformatoren: Erfahrungen aus der Praxis"



H.-J. Knab

Teilnahme an Arbeitsgruppensitzungen in Oslo vom 06. - 08.05.09 und in Zürich vom 30.09. - 02.10.09

- 1) IEC-MT25: Maintenance of IEC 60475, IEC 60567 and IEC 61181 "Standardisierung der IEC-Dokumente betreffend Probenentnahme von Isolierölen und deren Analysen"
- 2) IEC-MT21: Maintenance of IEC 60296 "Standardisierung des IEC-Dokuments betreffend Anforderungen an neue Isolieröle"
- 3) CIGRE WG D1.01.15: "DGA in non-mineral oils, load tap changers and other topics"

Dr. Stefan Neuhold

CIGRE TF D1.03.09 (Risk assessment on Defects in GIS based on PD Diagnostics) und CIGRE WG D1.25 (Application Guide for PD Detection in GIS using UHF or Acoustic Method), 29./30.04.2009 in Klaus (A)

Dr. Stefan Neuhold

CIGRE WG D1.25 (Application for PD Detection in GIS using UHF or Acoustic Method), 02.12.2009 in München

G. Storf

HIGHVOLT Workshop über "On-Site Cable Testing" in Dresden vom 24. - 25.09.2009

G. Storf

"Prüf- und Diagnosemethoden für Hochspannungskabel" Referat an der FKH-/ETG-Fachtagung 2009

Publikationen

R. Bräunlich, H. Däumling. M. Hofstetter, U. Prucker, H.W. Schlierf, R. Minkner "Ferroresonanzschwingungen in Hoch- und Mittelspannungsnetzen – Teil 4: Behebung von Ferroresonanzschwingungen", Bulletin SEV/VSE 100/1 2009, S. 23-29

G. Bräunlich, R. Bräunlich

"Worst case evaluation of magnetic field in the vicinity of electric power substations" Int. Zurich Symposium on electromagnetic compatibility Proceedings, 20th Int. Zurich Symposium on EMC, Zurich 2009

R. Bräunlich, H. Däumling, M. Hofstetter, U. Prucker, H.W. Schlierf, R. Minkner "Einphasige Ferroresonanzschwingungen in Hochspannungsanlagen" etz, Heft 1/2009, S. 40-51

Th. Heizmann, R. Bräunlich, Th. Aschwanden, J. Fuhr, M. Hässig, P. Müller "The Swiss experience of on-site high voltage tests and diagnostic measurements on large power transformers", eingereicht für die CIGRE 2010 Session Paris, 22.-27.08.2010

Uwe Riechert, Alexander Tröger, Markus Schraudolph, Reinhold Bräunlich, Stefan Neuhold, "TE-Diagnose von Gasisolierten Schaltanlagen – Nachweis der Empfindlichkeit / PD Diagnostics of Gas-Insulated Switchgear – Sensitivity Verification", Präsentation durch Uwe Riechert, ABB, am Internationalen ETG Kongress 2009 vom 27./28.10.2009 in Düsseldorf, Thema "Diagnostik elektrischer Betriebsmittel"

FKH

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:

CES electrosuisse TK "Erdungssysteme"

Mitglied: Dr. R. Bräunlich

Mitglied: G. Storf

CES electrosuisse TK 10: "Flüssigkeiten für elektrotechnische Anwendungen"

Mitglied: Dr. H.-J. Knab

CES electrosuisse TK 20 des CES: "Elektrische Kabel"

Mitglied: G. Storf

CES electrosuisse WG 1: "Ferroresonanz" im TK 38: "Messwandler"

Mitglied: Dr. R. Bräunlich

CIGRE TC C4: "Power Systems Performance"

Mitglied: Dr. R. Bräunlich

CIGRE WG TF 15, TF D01.01.13: "Furans for diagnostics"

Mitglied: Dr. H.-J. Knab

CIGRE WG D1.01.15: "DGA in non-mineral oils, load tap changers and other topics"

Mitglied: Dr. H.-J. Knab

CIGRE WG D1.25: "Review of UHF and acoustic PD detection on GIS"

Mitglied: Dr. Stefan Neuhold

IEC TC 10 WG 35: "Corrosive sulfur in insulating liquids"

Mitglied: Dr. H.-J. Knab

IEC TC 10 Maintenance Teams: MT 20, MT 21, MT 22, MT 24, MT 25, MT 30

Mitglied: Dr. H.-J. Knab

DKE (VDE/DIN) als Gast im K182: "Flüssigkeiten und Gase für elektrotechnische

Anwendung"

Mitglied: Dr. H.-J. Knab



FKH-Mitglieder

Verbände

Electrosuisse

8320 Fehraltorf

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)

5001 Aarau

Werksmitglieder

AEK Energie AG Elektrizitätswerke des Kantons Zürich

4503 Solothurn 8022 Zürich

AEW ENERGIE AG Energie-Service Biel/Bienne

5001 Aarau 2504 Biel

AG Kraftwerk Wägital Energie Wasser Bern

8854 Siebnen 3001 Bern

Alpiq Netz AG Gösgen ewl energie wasser luzern

4601 Olten 6002 Luzern

Alpiq Réseau SA Lausanne GROUPE E SA

1001 Lausanne 1701 Fribourg

Axpo AG - Netze IBAarau Strom AG

5401 Baden 5001 Aarau

Azienda Elettrica Ticinese Industrielle Werke Basel

6501 Bellinzona 4008 Basel

Aziende Industriali della città di Lugano Kraftwerke Hinterrhein AG

6901 Lugano 7430 Thusis

BKW FMB ENERGIE AG Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)

3013 Bern 3862 Innertkirchen

CKW AGonyx Energie Netze6002 Luzern4901 Langenthal

EKT AG Repower AG

9320 Arbon 7742 Poschiavo

Elektra Birseck Sankt Galler Stadtwerke

4142 Münchenstein 9001 St. Gallen

Elektrizitäts-Gesellschaft Laufenburg AG SBB Energie

5080 Laufenburg 3052 Zollikofen

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich sbo Städtische Betriebe Olten

8050 Zürich 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

LEONI Studer AG 4658 Däniken

ABB Sécheron SA

1211 Genève 2

Maxwell Technologies SA

1728 Rossens

Agea - Kull AG

4552 Derendingen

Nexans Suisse SA

2, rue de la Fabrique 2016 Cortaillod

Alpha Elektrotechnik AG

2560 Nidau

OMICRON electronics GmbH

A-6833 Klaus

AREVA T&D AG

5036 Oberentfelden

Pfiffner Messwandler AG

5042 Hirschthal

Arnold AG

Energie & Telecom

2545 Altreu

Pfisterer Ixosil AG

6460 Altdorf

Brugg Kabel AG

5200 Brugg

Pöyry Energy AG

8037 Zürich

EA Elektroarmaturen AG

8200 Schaffhausen

Siemens Schweiz AG

8047 Zürich

EcoWatt Projects AG

8852 Altendorf

Stationenbau AG 5612 Villmergen

Eidgenössisches Starkstrominspektorat

8320 Fehraltorf

Trench Switzerland AG 4052 Basel

GMC-Instruments Schweiz AG

8052 Zürich

Weidmann Electrical Technology AG

8640 Rapperswil

Haefely Test AG

4052 Basel



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

Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik E.V.

D-68201 Mannheim

Haute école valaisanne

1950 Sion

Hochschule für Technik + Architektur

Chur

7000 Chur

Elektrizitätswerk des Kt. Schaffhausen

AG (Gönner) 8201 Schaffhausen

Mitgliederbestand per 31.12.2009

Verbände	2	(2)
Werksmitglieder	32	(32)
Industriemitglieder, Ingenieurbüros und weitere Mitglieder	23	(23)
Korrespondierende Mitglieder	9	(9)
Total Mitglieder per 31.12.2009	66	(66)
(Stand per 31.12.2008 in Klammern)		

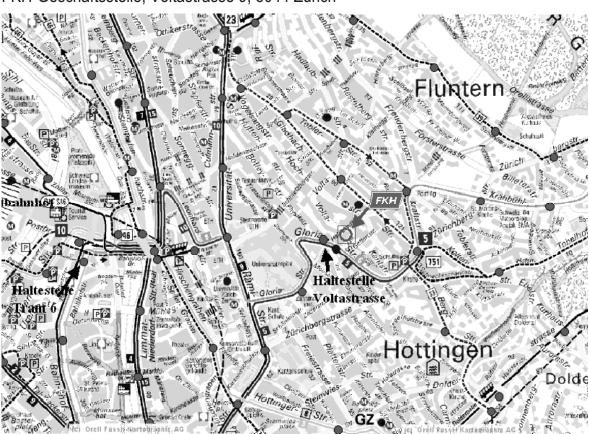
Informationsbroschüren der FKH

- FKH Portrait d/f/e
- Leistungstransformator-Diagnose / Diagnostic de transformateurs de puissance / Diagnosis of power transformers
- Kabelprüfungen und Kabeldiagnose vor Ort / Essais de câbles et essais diagnostiques sur site / On-site cable testing and diagnosis
- Erdungsmessungen in Unterwerken und Kraftwerken / Mesure de mise à la terre des sous-stations et des centrales / Grounding measurements in substations and power plants
- Prüfungen von gasisolierten Schaltanlagen / Essais de postes sous enveloppe métallique (PSEM) / Testing of gas insulated switchgear
- Isolierölanalysen / Analyses d'huile d'isolation / Insulating oil analysis
- Literaturrecherche

Die Broschüren werden auf Wunsch zugestellt.

Zufahrtspläne für die FKH-Standorte

FKH-Geschäftsstelle, Voltastrasse 9, 8044 Zürich



FKH-Versuchsstation und –Isolieröllabor, 4658 Däniken

