



Fachkommission für Hochspannungsfragen

Commission d'étude des questions relatives à la haute tension



# JAHRESBERICHT 2008

<b>Inhalt:</b>	<b>Seite</b>
Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsführers .....	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 .....	19
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

Es ist der FKH im Berichtsjahr 2008 erneut gelungen, die in den vergangenen Jahren geschaffenen günstigen Voraussetzungen in ein positives Geschäftsergebnis umzusetzen. Die gesteckten Ziele bezüglich Prüfdienstleistungen wurden übertroffen. Ausschlaggebend für diese erfreuliche Entwicklung unserer Dienstleistungen waren wiederum die zahlreichen Erweiterungs- und Erneuerungsprojekte unserer Mitglieder und Kunden in den Bereichen Netze und Produktionsanlagen. Allen Mitgliedern und Auftraggebern, die zu diesem Erfolg beigetragen haben, danken wir ganz herzlich für das entgegengebrachte Vertrauen und das Interesse.

Erfreulicherweise konnten einige neue Kunden von der Idee unseres Vereins und von den angebotenen Dienstleistungen überzeugt werden. Solche Kontakte haben sich letztendlich auch positiv auf den Mitgliederbestand ausgewirkt. So wurden anlässlich der letzten Generalversammlung vom 24. April 2008 drei weitere Unternehmungen in den Mitgliederkreis der FKH aufgenommen.

Neben zahlreichen Hochspannungsprüfungen an Kabelanlagen und Grosstransformatoren sind im Berichtsjahr Schwerpunkte bei der Vor-Ort-Prüfung von gasisolierten Schaltanlagen (GIS) aber auch bei Erdungsmessungen in Kraftwerken und Unterwerken festzustellen. Der jährliche Wechsel der Auftragschwerpunkte zeigt deutlich, dass die Breite des Dienstleistungsangebots für die Stabilität der FKH eminent wichtig ist.

Wegen der anhaltend hohen Auslastung durch Prüfaufträge der vergangenen Jahre war eine personelle Erweiterung der FKH-Arbeitsgruppe notwendig. Mit der Einstellung eines jungen Prüfingenieurs mit einschlägiger Berufserfahrung konnte das Team substantiell verstärkt werden.

Um den wachsenden Kundenbedürfnissen zu genügen, sind Massnahmen zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Prüfanlagen für Kabel- und Transformatorenprüfungen in Angriff genommen worden. Im Berichtsjahr wurden dazu die Entwicklungsarbeiten an leistungsstärkeren Prüfmitteln weiter vorangetrieben.

Für die sachgerechte Lagerung und effiziente Instandhaltung des umfangreichen und weiter wachsenden Prüfmittelparks war für die FKH-Versuchsstation Däniken eine zweckmässige und wirtschaftlich tragbare Lösung zu suchen. Um den Standort Däniken in Zukunft effizienter zu nutzen und aufzuwerten, ist eine umfassende Erneuerung der veralteten Gebäude und Einrichtungen unumgänglich. In diesem Zusammenhang entstand im Berichtsjahr ein Vorprojekt für ein neues Mehrzweckgebäude zur Lagerung der Prüfgeräte und für den Ersatz der mechanischen Werkstatt. Die praktische Umsetzung dieses bedeutsamen Erneuerungsvorhabens soll innerhalb der nächsten zwei Jahre geschehen.

Dr. Thomas Aschwanden  
Präsident

Dr. Reinhold Bräunlich  
Geschäftsleiter



## Struktur und Leitbild der FKH

### Struktur der FKH

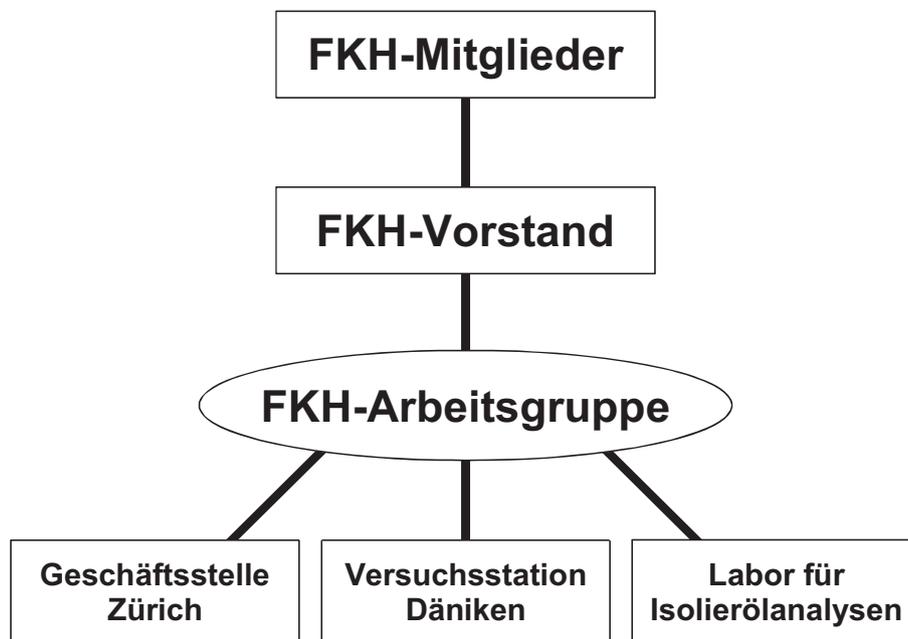


Bild 1 Struktur der FKH

### 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 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.



## FKH-Vorstand

<b>Präsident</b>	<b>Dr. Thomas Aschwanden</b> Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)
<b>Vizepräsident</b>	<b>Benedikt Burkhardt</b> Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK)
<b>Mitglieder</b>	<b>Martin Aeberhard</b> Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Division Infrastruktur, Energie <b>Heinz Aeschbach</b> AREVA T&D AG <b>Peter Betz</b> Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) <b>Dr. Peter Biller</b> (auf Ende Jahr zurückgetreten) ABB Sécheron SA <b>Dr. Reinhold Bräunlich</b> <sup>1</sup> Fachkommission für Hochspannungsfragen (FKH) <b>Peter Fessler</b> Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) <b>Prof. Dr. Klaus Fröhlich</b> <sup>2</sup> Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ) <b>Bernhard Krummen</b> Service de l'Electricité de la Ville de Lausanne (SEL) <b>Andreas Meier</b> Brugg Kabel AG <b>Serge Michaud</b> Electrosuisse <b>Dr. David Orzan</b> (auf Ende Jahr zurückgetreten) BKW FMB Energie AG (BKW) <b>Prof. Dr. Heinz Kronig</b> Fachhochschule Sion <b>Dr. Heinrich Zimmermann</b> Atel Netz AG <b>Dr. Pierre Zweiacker</b> <sup>2</sup> Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)
<b>Kontrollstelle</b>	<b>Doris Joos</b> , ewz <b>Heinz Huber</b> , EKZ

---

<sup>1</sup> Mitglied mit beratender Stimme

<sup>2</sup> Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats

## FKH-Arbeitsgruppe

<b>Leitung</b>	<b>Dr. Reinhold Bräunlich</b> , dipl. El.-Ing. ETH	braeunlich@fkh.ch
<b>Stellvertretung</b>	<b>Günther Storf</b> , dipl. El.-Ing. ETH	storf@fkh.ch
<b>Sekretariat</b>	<b>Brigitte Egger</b>	egger@fkh.ch
<b>Mitarbeiter</b>	<b>Dr. Vahe Der Houhanessian</b> dipl. El.-Ing. ETH	houhanessian@fkh.ch
	<b>Peter Frey</b> , Chemielaborant	bis 31.08.2008
	<b>Dr. Thomas Heizmann</b> , dipl. El.-Ing. ETH	heizmann@fkh.ch
	<b>Dr. Hans-Josef Knab</b> , dipl. Phys. Leiter Labor für Isolierölanalysen	knab@fkh.ch
	<b>Adamo Mele</b> , Elektromechaniker	mele@fkh.ch
	<b>Dr. Stefan Neuhold</b> , dipl. El.-Ing. ETH	neuhold@fkh.ch
	<b>Aldo Resenterra</b> , Elektromonteur	resenterra@fkh.ch
	<b>Franziska Schenker</b> , Chemielaborantin	schenker@fkh.ch
	<b>Markus von Arx</b> , Elektromonteur	vonarx@fkh.ch
	<b>Toni von Deschwanden</b> , Elektromechaniker	deschwanden@fkh.ch
	<b>Matthias Weidmann</b> , Chemielaborant ab 01.08.2008	weidmann@fkh.ch
	<b>Rudolf Zellweger</b> , dipl. Phys. ETH ab 01.05.2008	zellweger@fkh.ch
<b>Betriebsstätten</b>	<b>FKH-Geschäftsstelle</b> Voltastrasse 9 8044 Zürich	Tel. 044 253 6262 Fax 044 253 6260
	<b>FKH-Isolieröllabor</b> 4658 Däniken	Tel. 062 288 7799 Fax 062 288 7790 Pikett 058 319 2060 trafo@fkh.ch
	<b>FKH-Versuchsstation</b> 4658 Däniken	Tel. 062 288 7795 Fax 062 288 7794
<b>Kontaktadresse für die Westschweiz</b>	<b>Dr. Thomas Heizmann</b> rue du Littoral 58c 2025 Chez-le-Bart	Tel. 032 725 2485 Fax 032 835 1130 heizmann@fkh.ch
<b>Internet-Adresse</b>	<b>www.fkh.ch</b>	

## 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 Wechsellspannung 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 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 im Werk
- Engineering und Beratung in Hochspannungs- und Blitzschutzfragen
- Isolierölanalysen und Beurteilung von Öl-Papier-Isolationssystemen

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



**Bild 2** Erdungsmessung in einem Bahnunterwerk

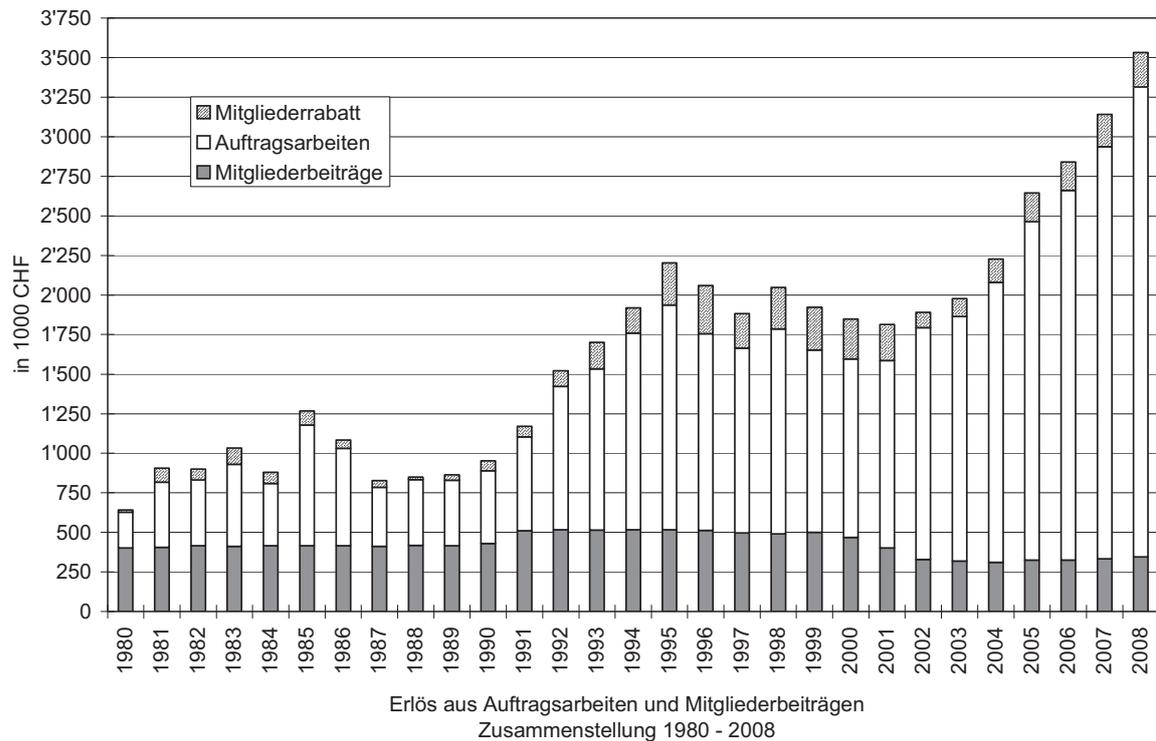
## Auftragsarbeiten und statistische Übersicht

Neben diversen Forschungs- und Entwicklungsprojekten wurden im Berichtsjahr 2008 insgesamt 117 Auftragsarbeiten und 134 Isolierölanalysen für FKH-Mitglieder und Dritte ausgeführt, mit welchen folgender Umsatz erzielt wurde (Angaben aus dem Vorjahr in Klammern, siehe auch Bild 3):

Erlös aus Auftragsarbeiten für FKH-Mitglieder <sup>*)</sup>	CHF	2'537'391.-	(2'278'709.-)
Erlös aus Auftragsarbeiten für Nichtmitglieder	CHF	431'616.-	(302'364.-)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	CHF	.-	(22'843.-)
<b>Total gemäss FKH-Erfolgsrechnung 2008</b>	<b>CHF</b>	<b>2'969'007.-</b>	<b>(2'603'916.-)</b>

<sup>\*)</sup> Nettoerlös, 10% Mitgliederrabatt abgezogen.

**Tabelle 1 Erlös aus Auftragsarbeiten**

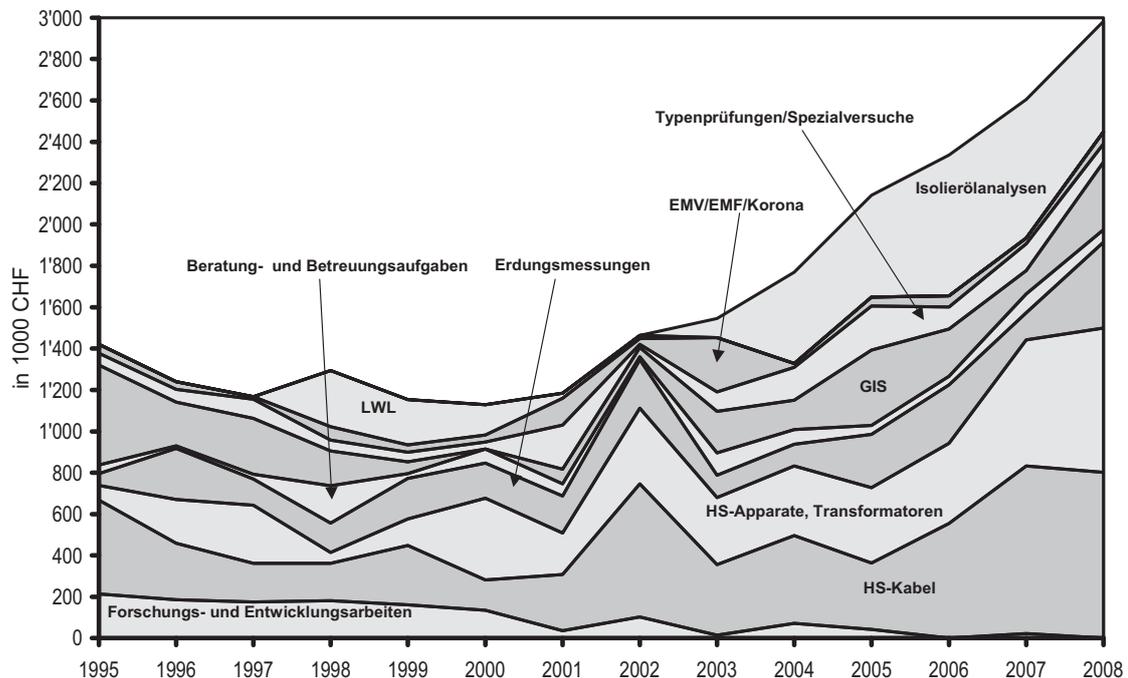


**Bild 3 Erlös aus Auftragsarbeiten und Mitgliederbeiträgen, im Zeitraum von 1980 - 2008**

Die Auftragstätigkeit der FKH-Arbeitsgruppe für Mitglieder und Dritte im Berichtsjahr 2008 kann folgenden Gebieten zugeordnet werden (prozentuale Verteilung bezogen auf den erzielten Nettoerlös, Angaben aus dem Vorjahr in Klammern):

Prüfung von Hochspannungs-Kabelanlagen	27% (31%)
Diagnose von Hochspannungsapparaten (Transformatoren)	23% (23%)
Prüfung von GIS	11% (4%)
Erdungsmessungen / Nachweis von Blitzschutzmassnahmen	14% (5%)
Typprüfungen / Spezialversuche	3% (5%)
EMF / Korona / EMV / Transiente Vorgänge im Netz und in HS-Anlagen	2% (1%)
Beratungs- und Betreuungsaufgaben	2% (4%)
Isolierölanalysen	18% (26%)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	0% (1%)

**Tabelle 2** Prozentuale Verteilung der Auftragsarbeiten im Jahr 2008 nach Dienstleistungsparten aufgeschlüsselt (Vorjahr in Klammern)



**Bild 4** Entwicklung des Erlöses aus Auftragsarbeiten nach einzelnen Dienstleistungsparten (in CHF 1'000) über den Zeitraum von 1995 bis 2008

## Ausgewählte Auftragsarbeiten

In diesem Teil des Jahresberichts wird dem Leser ein Einblick in einige besondere Auftragsprojekte und Arbeitsgebiete gegeben, welche sich durch Innovationen auszeichnen oder bei welchen aufgrund einer speziellen Aufgabenstellung interessante Lösungsansätze gewählt wurden.

### Prüfung von Hybrid-Schaltfeldern

In der Schweiz wurden in den letzten Jahren vor allem auf der 400-kV-Ebene vermehrt Hybrid-Schaltfelder eingesetzt. Wegen ihrer kompakten Bauweise werden Hybrid-Schaltfelder sowohl bei Umbauten und Erweiterungen von bestehenden Freiluftanlagen als auch in Neuanlagen eingesetzt. Die Schaltfelder bestehen im Wesentlichen aus SF<sub>6</sub>-isolierten GIS-Komponenten, welche bei den höchsten Spannungsebenen erst vor Ort zusammengebaut werden und daher auch nach IEC 62271-203 geprüft werden müssen.

Die erwähnte Norm empfiehlt bei Spannungen von  $U_r \geq 245$  kV eine Stehwechselfeldspannungsprüfung mit Teillenladungsmessung. In der Praxis wird vor Ort oft nur die Spannungsprüfung durchgeführt. Zur Spannungserzeugung bei der Vor-Ort-Prüfung eignen sich die modularen Resonanzanlagen der FKH, die bei entsprechender Schaltung die geforderten Spannungen von 515 kV oder höher problemlos erzeugen können. Die Leistungsfähigkeit der Resonanzanlagen erlaubt es auch, vier und mehr Schaltpole für die Prüfung parallel zu schalten (siehe Bild 5).



**Bild 5** Parallele Prüfung von 4 Hybrid-Schaltpolen

Eine Teilentladungsmessung kann mit vertretbarem Zusatzaufwand durchgeführt werden. Dabei muss beachtet werden, dass der gesamte hochspannungsseitige Aufbau bei der TE-Messspannung teilentladungsfrei ist (siehe Bild 6). Die Teilentladungsmessung erfolgt in der Regel nach der UHF-Methode unter Verwendung von eingebauten Feldsonden oder von geschirmten Erdern.



**Bild 6** Prüfung mit TE-Messung eines 400-kV-Schaltfeldes mit Kabelanschluss

Im Berichtsjahr wurden 3 Pole mit  $U_r = 245$  kV und 12 Pole mit  $U_r = 420$  kV geprüft. Bei diesen Prüfungen sind keine Fehler aufgetreten.

## Statistik Prüfergebnisse Trafoprüfungen

Die FKH führt seit 1993 systematisch Diagnosemessungen an Leistungstransformatoren durch. Die angewandten Methoden wurden teilweise im Rahmen eines PSEL-Projekts entwickelt und zur Anwendungsreife gebracht. Dabei wurden die in Tabelle 3 genannten Methoden angewandt.

Messmethode	Ziel
Teilentladungsmessung (TE)	Nachweis der Integrität des Isolationssystems; Selektive Messung an allen Durchführungen; Vergleichswert für spätere Messungen
Polarisation-/Depolarisation Current und Ölanalysen (PDC)	Bestimmung der Feuchte im Öl <b>und</b> in der Zellulose vor dem Ablassen des Öls; Vergleichswert für spätere Messungen
Frequency response analysis (FRA)	Vergleichswert für spätere Messungen; Fabrikationsstreuung innerhalb einer Serie

**Tabelle 3: Angewandte Verfahren**

In den Jahren 1993 bis 2008 wurden insgesamt 147 Prüfungen an 248 Einheiten durchgeführt. 72 Einheiten wurden im Werk und 176 Einheiten vor Ort in einem Unterwerk oder Kraftwerk geprüft. Bei den geprüften 248 Einheiten handelte es sich um 135 fabrikneue und 113 betriebsgealterte Transformatoren.

Die Nennspannungen der geprüften Einheiten reichten von 50 bis 525 kV mit Leistungen von 15 bis 1630 MVA (Gruppe).

An 232 Einheiten wurde eine Spannungsprüfung mit Teilentladungsmessung durchgeführt. Die FRA-Messung kam bei 184 Einheiten, die PDC-Messung bei 180 Einheiten zur Anwendung.

Die gemachten Prüferfahrungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

### **TE-Messungen im Werk an neuen Einheiten (68)**

Oft sind bei einem Grundstörpegel von einigen pC keine phasenkorrelierten TE sichtbar oder die TE-Pegel sind unter 25 pC. Bei für die Schweiz bestimmten Transformatoren wurden nur in einem Fall TE in der Grössenordnung von 100 pC festgestellt, die nach Massnahmen verlangten. In fünf Fällen wurde die FKH aufgeboten, um bei der TE-Fehlerstellensuche behilflich zu sein. Die betreffenden Transformatoren hatten TE in der Grössenordnung von 1 – 2 nC.

### **TE-Messungen vor Ort an neuen Einheiten (67)**

Bei Vor-Ort-Messungen sind oft Grundstörpegel von 5 – 20 pC erreichbar. In fünf Fällen wurden TE in der Grössenordnung von ca. 100 pC bis zu 2 nC festgestellt, die nach Abhilfemassnahmen verlangten (2 mal Durchführungen tauschen, 2 mal nachtrocknen, 1 mal reinigen).

### TE-Messungen vor Ort an gealterten Einheiten (109)

Bei Einheiten, die über 30 Jahre alt sind, werden häufiger TE-Pegel von ca. 50 pC bis zu einigen 100 pC festgestellt. Nach einer Eingrenzung der möglichen Herkunft der TE wird abgewogen, ob die TE potentiell gefährlich sind und unmittelbar nach Sanierungsmassnahmen verlangen, oder ob der Transformator, allenfalls mit einer strengeren Überwachung der gelösten Gase, weiter betrieben werden kann.

### PDC-Messungen

Neue Transformatoren weisen Feuchtigkeiten im Zelluloseanteil der Isolierung von 0.25% bis 1% auf. Mit zunehmendem Alter steigt der Wassergehalt an und kann dann z.B. bei einem 40-jährigen Transformator zwischen 1.5% und 3% liegen, wobei von Fall zu Fall grosse Unterschiede bestehen können. Ab 3% Wassergehalt in der Zellulose müssen Massnahmen erwogen werden.

### FRA-Messungen

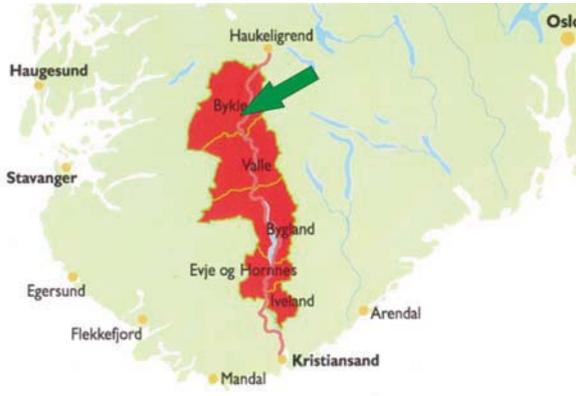
Bis jetzt liegt bei der FKH kein Fall vor, bei dem durch die FRA-Messung eine Wicklungsdeformation aufgedeckt werden konnte. Transportschäden sind bislang keine aufgetreten.



**Bild 7** Vor-Ort-Prüfung 75-MVA-Transformator 132 / 50 kV

## Prüfung einer 400-kV-GIS in Norwegen

Eine Hochspannungsprüfung an einem landschaftlich besonders malerischen Ort durfte die FKH im Juni 2008 ausführen. In der Nähe von Bykle (Norwegen) wurde eine Erweiterung einer 420-kV-GIS mit Wechselspannung und UHF-TE-Messung geprüft.



Bykle (Norwegen)



Einspeisung via Freiluftendverschlüsse

### Bild 8 Hochspannungsprüfung einer 420-kV-GIS in der Nähe von Bykle (Norwegen)

Es handelte sich um ein Erweiterungs-Feld einer 1½ -Leistungsschalter Anordnung mit langen Ausleitungen bis zum Abspannportal. Die GIS hat die Prüfung mit Erfolg bestanden.

Das Kraftwerk wird von einem der grössten Speicherstauseen Norwegens mit einer Kapazität von 1150 Millionen m<sup>3</sup> gespeist. Zum Vergleich: Der grösste Stausee der Schweiz (Lac des Dix) mit der Grande Dixence Staumauer weist eine Kapazität von 401 Millionen m<sup>3</sup> auf.



Einer der sehr zahlreichen Wasserläufe



Speicherstausee „Vatnedalsvatn“

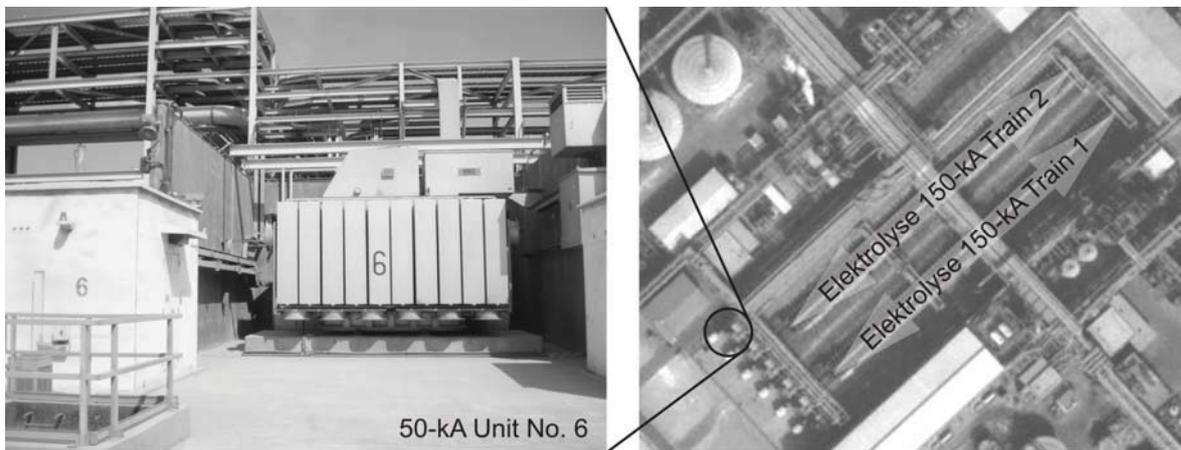
### Bild 9 Norwegen ist weltweit sechstgrösster Produzent von elektrischer Energie aus Wasserkraft

Aufgrund der Nähe zum Polarkreis war es selbst um Mitternacht nicht dunkler als hierzulande bei der Abenddämmerung.

## EMV-Untersuchungen an 150-kA-Gleichrichteranlagen in Saudiarabien

Im vergangenen Jahr wurden an zwei 150-kA-Gleichrichteranlagen in Al Jubail (Saudiarabien) EMV-Messungen durchgeführt.

Die Anlage dient der Herstellung von Chlor durch Elektrolyse für die PVC Produktion. Elektrisch betrachtet besteht jeder 150-kA-Gleichrichter (Train) aus 3 zusammengeschalteten 50-kA-Gleichrichter-Einheiten (Units), welche von einer 500 m entfernten Unterstation mit einer Betriebsspannung von 13.8 kV gespeist werden. Die Chlorgasproduktion erfolgt durch Elektrolyse einer Kochsalzlösung in Behältern mit einer Zellenspannung von ca. 2 Volt. Cirka 250 Behälter sind seriegelagert, was eine Betriebsspannung von ca. 500 VDC und eine Wirkleistung von 75 MW ergibt. Damit bei einem Erdschluss im Bereich der Elektrolyse-Zellen die Anlage weiterbetrieben werden kann, sind die 50-kA-Gleichrichter-Einheiten isoliert aufgebaut und mit einer Erdschluss-Überwachung versehen. Die Chlorgasproduktions-Anlage selbst (70 m x 200 m) ist Teil einer grösseren Industrieanlage von einem Quadratkilometer Grundfläche.



50-kA-Gleichrichter-Einheit mit Trafo

Elektrolyse mit 150-kA-Strompfad

**Bild 10 Chlorproduktionsanlage**

Die hohen Gleichströme stellen extreme Anforderungen an die EMV-Festigkeit der Steuereinrichtungen, deren richtiges Funktionieren in allen Betriebssituationen garantiert werden muss.

Ausserdem besteht gemäss früheren Erfahrungen des Betreibers stets ein Risiko für eine Beschädigung des Erdungssystems durch Korrosion. Eine besondere Gefährdung hierfür stellt das hochkorrosive Chlor (welches in kleinen Mengen auch an die Umgebung freigesetzt wird) und der salzhaltige Boden in Kombination mit einem hohen Grundwasserspiegel (Meer) dar.

Die FKH wurde beauftragt, die Integrität des Erdungssystems zu untersuchen und auch Messungen der Magnetfelder und der induzierten Spannungen und Ströme im Erdungssystem und in den Steuerkreisen zu analysieren. Für die Untersuchungen waren einerseits die auftretenden betrieblichen Störgrössen theoretisch und praktisch zu eruieren und

andererseits sollten auch die EMV-Massnahmen, wie Potentialsteuerung Erdung und Behandlung von Kabelschirmen beurteilt werden.

In einem ersten Schritt wurden Erdungsmessungen im Industrieareal durchgeführt, welche eine Beurteilung der Erdung und der EMV-Massnahmen im stationären Zustand erlaubten. Zur Analyse des dynamischen Verhaltens wurden schliesslich ausgedehnte vielkanalige oszillographische Aufzeichnungen der Spannungs- und Stromtransienten bei diversen Schalthandlungen ausgeführt.



Mehrkanalmessung 10m entfernt vom Gleichrichter



Magnetfeldmessung im Gleichrichter

**Bild 11 EMV Untersuchungen am Gleichrichter**

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen konnten dem Anlagenhersteller einige Verbesserungsvorschläge unterbreitet werden. Entsprechenden Korrekturen werden im Frühjahr während einer Revision vorgenommen. Anschliessend soll im Betrieb überprüft werden, inwieweit die Massnahmen zu einer Reduktion der Beeinflussungsgrössen führen.

## Labor für Isolierölanalysen

In den letzten zwei Jahren wurde intensiv an einer Datenbank zur systematischen Erfassung der Resultate von Isolierölanalysen gearbeitet. Diese Datenbank wurde im vergangenen Jahr fertig gestellt und in Betrieb genommen. Sämtliche Analyseergebnisse seit dem Beginn des Laborbetriebs im Jahr 2003 wurden bereits erfasst und sind für spätere Datenvergleiche abrufbar.

Die Datenbank beinhaltet nebst den Analyseresultaten auch alle wichtigen Angaben über die Betreiber, die Apparate und ihre Standorte. Damit kann der Verlauf interessierender Parameter für ein Objekt über mehrere Analysen bzw. Betriebsjahre rasch gegenübergestellt werden, oder es können Ergebnisse ähnlicher Apparate miteinander verglichen werden. Für interessierte Kunden besteht die Möglichkeit, Datenauszüge über mehrere Apparate oder über eine längere Zeit zu erstellen. Ausserdem wurde darauf geachtet, dass auch für die Eingabe der Daten eine einfache Kundenschnittstelle existiert (Tabellenvorlage für Microsoft Excel).

Im Jahre 2008 hat im Labor für Isolierölanalysen ein Personalwechsel stattgefunden. Nach vier intensiven und fruchtbaren Arbeitsjahren hat Herr Peter Frey, Laborant und Stellvertreter des Laborleiters, eine neue berufliche Herausforderung angenommen. Der Leiter des Labors für Isolierölanalysen und die FKH-Geschäftsleitung spricht ihm einen besonderen Dank für die motivierte und kompetente Arbeit aus. Während seiner Anstellungszeit engagierte sich Herr Frey für technische Verbesserungen bei der Laborgerätschaft und für die Realisierung der oben bereits beschriebenen Analysedatenbank.

Mit Herrn Matthias Weidmann konnte ein vielseitig erfahrener Nachfolger gewonnen werden, der nicht zuletzt durch eine zeitliche Überlappung mit Herrn Frey rasch in die spezifischen Techniken der Ölanalyse eingeführt wurde. Die Bedienung der FKH-Mitglieder und Kunden mit Isolierölanalysen konnte somit ohne zeitliche Engpässe in üblicher Qualität sichergestellt werden.



Peter Frey – bis Ende August 2008



Matthias Weidmann - ab Anfang August 2008

**Bild 12** Staffelübergabe im FKH-Labor für Isolierölanalysen

## Entwicklungen und Investitionen

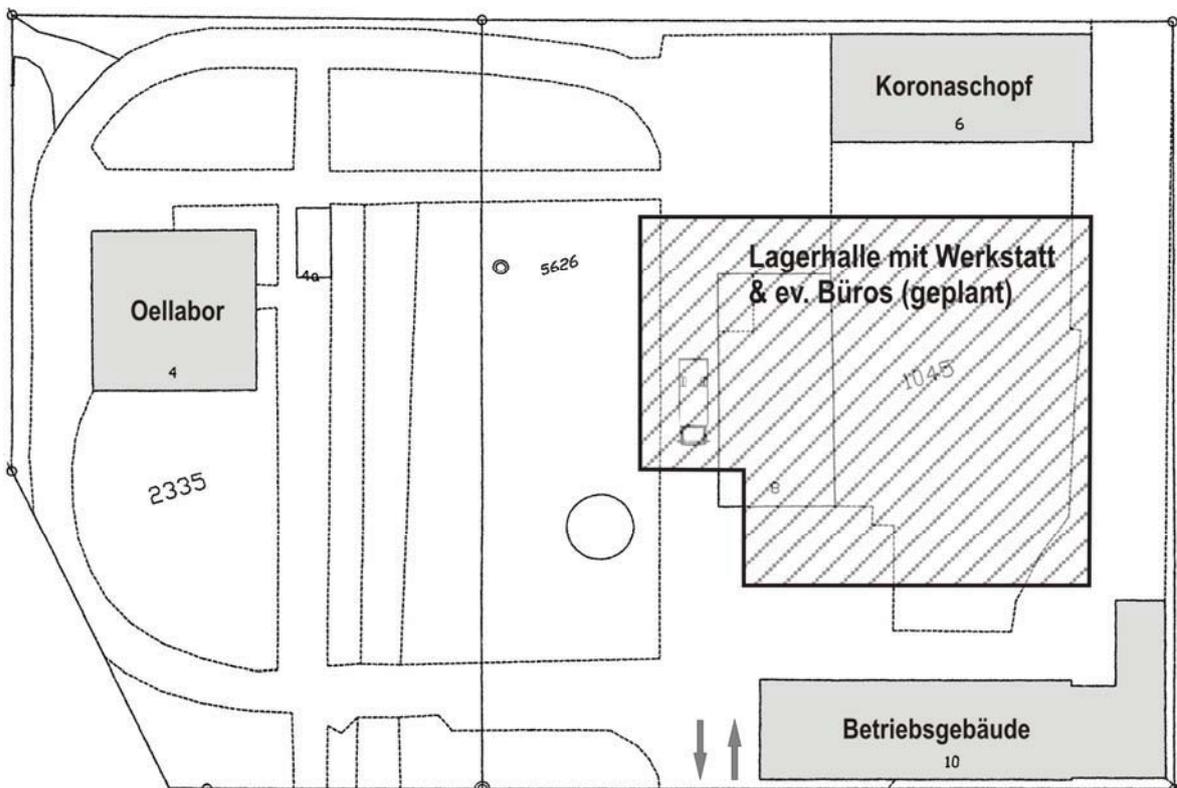
### Erneuerung des Standorts Däniken

Zur Werterhaltung und zur besseren Nutzung des Standorts Däniken sind in nächster Zeit umfassende Erneuerungs- und Instandhaltungsmassnahmen notwendig. Der geschlossene, bzw. gedeckte Lagerplatz für die umfangreichen FKH-Prüf- und Messmittel reicht nicht mehr aus. Die mobile Infrastruktur der FKH kann z.T. nicht mehr sachgerecht gelagert und gewartet werden, wodurch vermeidbare Alterung und ein Mehraufwand bei der Instandhaltung resultieren.

Im vergangenen Jahr wurde deshalb ein Pflichtenheft erstellt, um die Erneuerungsmassnahmen auf die aktuellen und zukünftigen Bedürfnisse der FKH-Versuchsstation und der Prüfmittel abzustimmen. Im Rahmen von Vorprojekten hat sich ergeben, dass ein Neubau im Zentrum des Areals in verschiedener Hinsicht optimal wäre. Das alte Versuchsgerüst, welches keinen Nutzungswert mehr besitzt und der Holzunterstand sollen vorgängig abgerissen werden.

Beim geplanten Neubau handelt es sich um eine Lagerhalle für die Prüfmittel, eine zweckmässige Werkstatt und optional neue Büroarbeitsplätze. Im Bild 13 ist die ungefähre Form des geplanten Gebäudes schraffiert eingezeichnet. Zur Zeit werden Auflagen betreffend die Bauvorschriften mit dem Kanton Solothurn und der Gemeinde Niedergösgen verhandelt.

Das Projekt soll an der nächsten Generalversammlung am 29. April 2009 den FKH-Mitgliedern vorgelegt werden.



**Bild 13** Möglicher Grundriss eines neuen Infrastrukturgebäudes im Zentrum des FKH-Areals in Däniken

## Veranstaltungen

### Powerstage

Wie bereits in den Jahren 2004 und 2006 war die FKH auch im vergangenen Jahr wieder an der Ausstellungsmesse „Powerstage“ präsent, welche vom 9.-11. Mai 2008 im Messezentrum Zürich-Oerlikon stattfand. Durch die zweckmässig und attraktiv organisierte Veranstaltung stiegen die Aussteller- und Besucherzahlen aus der Elektrizitätsversorgungsbranche im vergangenen Jahr erneut an.

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



**Bild 14:** FKH-Stand an den "Powertagen"

## FKH-Fachtagung

Das Thema der am 11. November 2008 an der Hochschule für Technik, Rapperswil durchgeführten FKH-Fachtagung lautete „Überspannungen und Isolationskoordination im Hochspannungsnetz“. Für die Leitung der Tagung konnte Herr Dr. Karl-Heinz Weck, FGH Mannheim, gewonnen werden, welcher als Vorsitzender des IEC Komitees 28 „Isolationskoordination“ die Einführungsvorträge übernahm und die Tagung kompetent leitete.

Nach einer Übersicht über die physikalischen Grundlagen und die Regeln der Isolationskoordination wurden in den folgenden Referaten die weiteren Teilaspekte des interdisziplinären Tagungsthemas vorgestellt und diskutiert. Dabei kamen die Ursachen und Arten von Überspannungsbeanspruchungen zur Sprache, und es wurde auch auf Methoden zur Vermeidung von Blitz- und Schaltüberspannungen eingegangen. Ein weiterer Schwerpunkt der Tagung betraf die Kriterien zur Auslegung der Isolation in modernen Schaltanlagen bis zu einer Höchstspannung von 1100 kV. Hierzu wurden auch die Isolationsprüfverfahren miteinbezogen. Weitere behandelte Themen betrafen die Ausbreitung transientser Überspannungen in Netzen und den Stand der Technik beim Design und Einsatz von Überspannungsableitern.

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

<b>Gehaltene Vorträge im Rahmen der Fachtagung</b>	<b>Referent</b>
Begrüssung durch den Präsidenten der FKH	Dr. Thomas Aschwanden, KWO, Innertkirchen
Einführung: Entstehung von Überspannungen, Arten und Höhe der Überspannungen, Schutzvorkehrungen	Dr. Karl-Heinz Weck, FGH, Mannheim
Grundsätze der Isolationskoordination - Übersicht über die Normung	Dr. Karl-Heinz Weck, FGH, Mannheim
Design und Test einer gasisolierten Schaltanlage für 1100 kV	Dr. Urs Krüsi und Dr. Uwe Riechert ABB Schweiz AG, Gasisolierte Schaltsysteme, Zürich
Berechnung von Netztransienten, Wanderwellenvorgänge im Netz	Georg Köppl, Koeppel Power Experts, Wettingen
Blitzschutz von Schaltanlagen und Freileitungen	Dr. David Orzan, The Energy Consulting Group Ltd, Zürich
Begrenzung von transienten Überspannungen und Inrush-Strömen durch kontrolliertes Schalten von Leistungstransformatoren	Andreas Ebner, ETH, Fachgruppe Hochspannungstechnologie, Zürich
Design und Dimensionierung von Überspannungsableitern	Bernhard Doser, ABB Schweiz AG, Hochspannungsprodukte, Wettingen
Auswirkung des Schaltprinzips auf Überspannungen in MS-Verteilstationen	Hansruedi Luternauer, ewz, Zürich Dr. Reinhold Bräunlich, FKH, Zürich

Tagungsbände für diese Veranstaltungen und auch für frühere Fachtagungen sind bei der FKH zum Selbstkostenpreis erhältlich (siehe auch Internetseite der FKH: [www.fkh.ch](http://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 22. Oktober 2008.

## Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen

### Teilnahme an Fachtagungen, Referate

#### Dr. R. Bräunlich

Tagungsleitung ETG-Tagung "Erdungen", 29.01.2008, Luzern

#### Dr. R. Bräunlich

Teilnahme am Stuttgarter Hochspannungssymposium "Modernes Design und zuverlässiger Betrieb von Komponenten des elektrischen Netzes", 5./6. März 2008

#### Dr. R. Bräunlich

Teilnahme am Workshop "Hydro Power - New Challenges and New Solutions" IEEE PES, 11./12. Juni 2008, Kraftwerke Oberhasli AG (KWO), Sponsor und Gastgeber

#### Dr. R. Bräunlich

Teilnahme an einem Task Force Meeting Cigré TF D1.03.09 "Risk assessment of defects in GIS based on PD diagnostics" and TF D1.25 "Review of UHF and acoustic PD detection on GIS", 4./5. Dezember 2008, IEH, TU Stuttgart

#### Dr. R. Bräunlich

Teilnahme an der 42. Cigé-Session in Paris vom 26.08.-29.08.2008 in Paris

#### Dr. Vahe Der Houhanessian

Teilnahme an der ETG-Fachtagung "Rotating Machines", EIA Fribourg, 04.12.2008

#### Dr. Th. Heizmann

Teilnahme am Seminar "Diagnose von Mittel- und Hochspannungskabeln - Möglichkeiten und Grenzen" mit den Referaten: "Kabeldiagnose: Vorstellung der verschiedenen Methoden - kommerzielle Anlagen" und "Zusammenfassung: Aussagekraft und Interpretation der verschiedenen Mess- und Prüfmethode"  
18. April 2008, BKW FMB Energie AG, Bern

#### Dr. Th. Heizmann

Corso di formazione ESI "La messa a terra"

Vortrag über Erdungssysteme, Vorschriften und Messtechnik, 08.09.2008, Tenero

Dr. Hans-Josef Knab

Teilnahme an der CIGRE TF D1.01.13 "Furanic Compounds" am 22./23. Juni 2008 in Nürnberg

Dr. Hans-Josef Knab

Teilnahme am IEC TC10 MT 21 und MT 22 am 24./25. Juni 2008 in Nürnberg

Dr. Hans-Josef Knab

Teilnahme an der CIGRE TF 15 am 08.10.2008 in Porto

Dr. Hans-Josef Knab

Teilnahme am IEC TC10 MT 21 und MT 22 am 09./10. Oktober 2008 in Porto

Günther Storf

Teilnahme an der ETH-Tagung "Erdungen", 29.01.2008, Luzern

## Publikationen

R. Bräunlich

Korrosionsschutz, "Anti Aging" für unsere Infrastrukturnetze  
Vorwort für die Fachzeitschrift GWA, August 2008

H. Luternauer, R. Bräunlich

"Auswirkungen des Schaltprinzips auf Überspannungen in MS-Verteilstationen"  
FKH-/VSE-Fachtagung 2008 "Überspannungen und Isolationskoordination im Hochspannungsnetz", FKH-/VSE-Fachtagung, 11.11.2008, Rapperswil, VSE-Druckschrift 8.03d

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

"Ferroresonanzschwingungen in Hoch- und Mittelspannungsnetzen"  
Teil 3: Parameter von Ferroresonanzkreisen und Methoden zur Untersuchung  
Bulletin SEV/AES 22/23 2008, S. 33-40

G. Bräunlich, R. Bräunlich

"Worst case evaluation of magnetic field in the vicinity of electric power substations"  
Paper 131, 20<sup>th</sup> Int. Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility, 12.-16. Januar  
2009 (accepted paper)

Th. Heizmann

"Kabeldiagnose: Vorstellung der verschiedenen Methoden - kommerzielle Anlagen" und  
"Zusammenfassung: Aussagekraft und Interpretation der verschiedenen Mess- und  
Prüfmethoden"  
Seminar "Diagnose von Mittel- und Hochspannungskabeln - Möglichkeiten und Grenzen"  
18. April 2008, BKW FMB Energie AG, Viktoriaplatz 2, Bern

Günther Storf

"Auswirkungen der Trennung städtischer Erdungsnetze vom Wasserleitungsnetz"  
ETG-Tagung "Erdungen", 29.01.2008, Luzern

## 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 "Erdungssysteme" des CES**

Mitglied: Dr. R. Bräunlich

Mitglied: G. Storf

#### **Cigré TC C4: "Power Systems Performance"**

Mitglied: Dr. R. Bräunlich

#### **WG 1: "Ferroresonanz" im TK 38: "Messwandler" des CES**

Mitglied: Dr. R. Bräunlich

#### **CIGRE Working groups TF 15, TF D01.01.13**

Mitglied: Dr. H.-J. Knab

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

Mitglied: Dr. H.-J. Knab

#### **Maintenance Teams (MT) der IEC: MT 20, MT 21, MT 22, MT 24 MT 30**

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

## FKH-Mitglieder

### Verbände

**Electrosuisse**  
8320 Fehraltorf

**Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)**  
5001 Aarau

### Werksmitglieder

**ATEL 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 SA**  
1701 Fribourg

**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

**ewl energie wasser luzern**  
6002 Luzern

**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 AG**  
7742 Poschiavo

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

**Sankt Galler Stadtwerke**  
9001 St. Gallen

**SBB Energie**  
3052 Zollikofen

**sbo Städtische Betriebe Olten**  
**Service de l'électr. de la Ville de Lausanne**  
1000 Lausanne 9  
4601 Olten

**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

**Arnold AG**  
Energie & Telecom  
2545 Altreu

**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

**GMC-Instruments Schweiz AG**  
8052 Zürich

**Haefely Test AG**  
4052 Basel

**LEONI Studer AG**  
4658 Däniken

**Maxwell Technologies SA**  
1728 Rossens

**Nexans Suisse SA**  
2, rue de la Fabrique  
2016 Cortaillod

**OMICRON electronics GmbH**  
A-6833 Klaus

**Pfiffner Messwandler AG**  
5042 Hirschthal

**Pfisterer Ixosil AG**  
6460 Altdorf

**Pöyry Energy AG**  
8037 Zürich

**Siemens Schweiz AG**  
8047 Zürich

**Stationenbau AG**  
5612 Villmergen

**Trench Switzerland AG**  
4052 Basel

**Weidmann Electrical Technology 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

**Haute école valaisanne**  
1950 Sion

**Hochschule für Technik + Architektur Chur**  
7000 Chur

**Elektrizitätswerk des Kt. Schaffhausen AG (Gönner)**  
8201 Schaffhausen

## Mitgliederbestand per 31.12.2008

Verbände	2	(2)
Werksmitglieder	32	(30)
Industriemitglieder, Ingenieurbüros und weitere Mitglieder	23	(22)
Korrespondierende Mitglieder	10	(10)
<b>Total Mitglieder per 31.12.2008</b>	<b>67</b>	<b>(64)</b>
(Stand per 31.12.2007 in Klammern)		

## Informationsbroschüren der FKH

- 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

