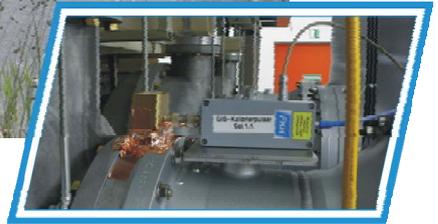




Fachkommission für Hochspannungsfragen

Commission d'étude des questions relatives à la haute tension



JAHRESBERICHT 2011

Inhalt	Seite
Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters	3
Struktur und Leitbild der FKH	5
FKH-Vorstand	7
FKH-Arbeitsgruppe	8
Die neuen Gebäude der FKH in der Versuchsstation Däniken	9
Dienstleistungen der FKH.....	10
Zertifizierung des QS-Systems der FKH.....	11
Auftragsarbeiten und statistische Übersicht	12
Ausgewählte Auftragsarbeiten.....	14
Entwicklungen und Investitionen	23
Veranstaltungen.....	26
Zusammenarbeit mit Hochschulen / Nachwuchsförderung	27
Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen	27
Mitgliedschaft / Mitarbeit in Fachgremien und Kommissionen.....	29
FKH-Mitglieder.....	31
Informationsbroschüren der FKH.....	34
Zufahrtspläne für die FKH-Standorte.....	34

Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters

Sehr geehrte FKH-Mitglieder, sehr geehrte Freunde der FKH

Das Jahr 2011 war für die FKH erneut ein sehr erfolgreiches Jahr. Die Nachfrage nach Prüfdienstleistungen lag wie im Vorjahr auf einem erfreulich hohen Niveau. Mit dem Erlös aus den Auftragsarbeiten konnte wiederum ein substantieller Teil des Neubaus in der Versuchsstation Däniken abgeschrieben werden. Die solide finanzielle Situation erlaubte zudem, die geplanten Investitionen in Prüfanlagen und Diagnosesysteme zu tätigen.

Im Berichtsjahr sind die neue Lagerhalle sowie das Werkstatt- und Bürogebäude in Däniken vollständig eingerichtet und bezogen worden. Damit konnten die Vorteile der erneuerten Infrastruktur erstmals voll genutzt werden. Die zweckmässig eingerichtete Werkstatt und die neuen Räume ermöglichen ein effizienteres Arbeiten, was sich positiv auf den Unterhalt der Prüfanlagen, aber auch auf die logistischen Abläufe der Prüfmaterialebereitstellung bei den Vor-Ort-Einsätzen ausgewirkt hat.

Die Entwicklungsarbeiten an der neuen Resonanzdrosselspule für die Kabelprüfungen sind im vergangenen Jahr erfolgreich zu Ende gegangen. Nach umfangreichen Tests an Prototypen wurde im Berichtsjahr eine Serie von fünf Drosselspulen bestellt, die nun im kommenden Jahr zur Verfügung stehen werden. Zusammen mit dem Prototyp-Exemplar verfügt die FKH in naher Zukunft über sechs leistungsfähige Drosseln, welche die Prüfkapazität insbesondere für lange Kabelstrecken wesentlich erweitern.

Mit der Einführung eines Qualitätsmanagement-Systems und der Zertifizierung nach ISO 9001 sind im vergangenen Jahr wichtige Grundlagen geschaffen worden, um die gestiegenen Qualitätsanforderungen der Mitglieder und Kunden zu erfüllen. Insbesondere kann sich diese Zertifizierung der FKH bei der Gewinnung neuer Mitglieder und Kunden als Vorteil erweisen.

Die positive Entwicklung der FKH im Berichtsjahr wäre ohne das Interesse und die konstruktive Zusammenarbeit der Mitglieder und Kunden und ohne den grossen Arbeitseinsatz der FKH-Mitarbeiter nicht möglich gewesen. An dieser Stelle möchten wir allen Mitgliedern und Kunden für das entgegengebrachte Vertrauen und für die Unterstützung herzlich danken. Wir schätzen auch das grosse persönliche Engagement der FKH-Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Allen, die zum Erfolg der FKH im letzten Jahr beigetragen haben, danken wir ganz herzlich.

Im Mai 2012 feiert die Institution FKH ihr 75-jähriges Bestehen. Wir möchten dieses Jubiläum gemeinsam mit Ihnen begehen und haben Sie deshalb zu einem Jubiläumsanlass nach Däniken eingeladen. Wir freuen uns, Ihnen dabei die neuen Gebäude in Däniken zusammen mit ebenfalls neuen leistungsfähigen Prüfeinrichtungen vorzustellen.

Damit unser Verein den aktuellen und zukünftigen Bedürfnissen der Mitglieder und Kunden entspricht, müssen der Erfahrungsschatz der FKH, die notwendigen Prüfeinrichtungen und das Dienstleistungsangebot stetig erweitert und verbessert werden. Der FKH-Vorstand und die Geschäftsleitung werden sich dafür einsetzen, dass Sie weiterhin bei der Lösung von Hochspannungsproblemen durch kompetente Beratung und mit effizienten Prüfdienstleistungen aktiv unterstützt werden.

Dr. Thomas Aschwanden
Präsident

Dr. Reinhold Bräunlich
Geschäftsleiter

Struktur und Leitbild der FKH

Struktur der FKH

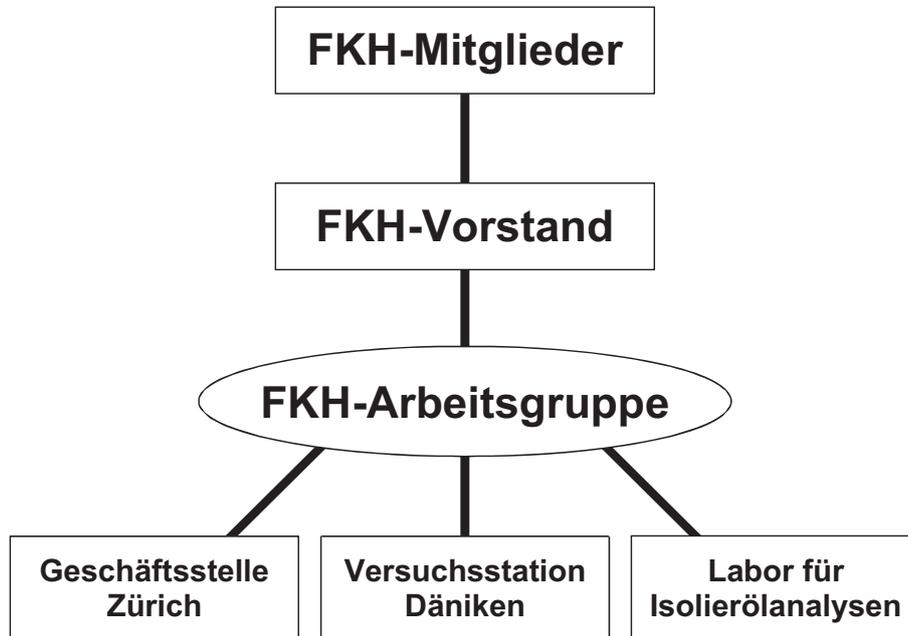


Bild 1 Struktur der FKH

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	Andreas Meier Brugg Kabel AG
Mitglieder	Martin Aeberhard Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Division Infrastruktur Energie Peter Betz Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) Dr. Reinhold Bräunlich ¹ Fachkommission für Hochspannungsfragen (FKH) Peter Fessler Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) Prof. Dr. Christian Franck ² Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ) David Gautschi ALSTOM Grid AG Dr. Werner Hofbauer ABB Schweiz AG Prof. Dr. Heinz Kronig Fachhochschule Sion Bernhard Krummen Service de l'Electricité de la Ville de Lausanne (SEL) Christian Lindner Axpo AG Serge Michaud (bis 31.12.2011) Electrosuisse Charles Moser BKW FMB Energie AG Martin Weibel Alpiq EnerTrans AG Dr. Pierre Zweiacker ² (bis 31.12.2011) Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)
Kontrollstelle	Doris Joos , ewz Oliver Junker , Axpo AG Netze

¹ Mitglied mit beratender Stimme

² Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats

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	Dr. Thomas Brügger (ab 01.08.2011) dipl. El.-Ing. ETH	bruegger@fkh.ch
	Dr. Vahe Der Houhanessian dipl. El.-Ing. ETH	houhanessian@fkh.ch
	Pascal Fehlmann , El.-Ing. FH	fehlmann@fkh.ch
	Lukas Flury , eidg. dipl. Netzfachmann (ab 01.07.2011)	flury@fkh.ch
	Mario Gobeli , El.-Ing. FH	gobeli@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
	Dr. 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
	Matthias Weidmann , Chemielaborant	weidmann@fkh.ch
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 2060 trafo@fkh.ch
	FKH-Versuchsstation 4658 Däniken	Tel. 062 288 7795 Fax 062 288 7794
Kontaktadresse für die Westschweiz	Dr. Thomas Heizmann (bis 31.03.2012) rue du Littoral 58c 2025 Chez-le-Bart	Tel. 032 725 2485 Fax 032 835 1130 heizmann@fkh.ch
Internet-Adresse	www.fkh.ch	

Die neuen Gebäude der FKH in der Versuchsstation Däniken



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 in der FKH-Versuchsstation Däniken ausgeführt werden können:

- Hochspannungsprüfungen mit Wechsellspannung von Anlagen und Komponenten vor Ort oder im Labor
- Isolierölanalysen und Beurteilung von Öl-Papier-Isolationssystemen
- Teilentladungsmessungen und Messungen dielektrischer Eigenschaften an Isolationssystemen von Hochspannungsbetriebsmitteln 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 Erdungsmessungen in Unterwerken

Zertifizierung des QS-Systems der FKH

Im Jahr 2011 hat die FKH ein Qualitätssicherungssystem nach ISO 9001: 2008 eingeführt und am 12. Oktober von der Firma Swiss TS Technical Services AG zertifizieren lassen: Registriernummer der FKH: 11-290-422.

Das Qualitätssicherungssystem umfasst den Geltungsbereich:

Elektrische Prüfungen, Diagnosemessungen und Isolierölanalysen an Hochspannungsbetriebsmitteln und –anlagen, Berechnungen, Expertisen, Durchführung von Fachveranstaltungen sowie Nachwuchsförderung auf den Gebieten der Hochspannungstechnik und der verwandten Technologien der Elektrizitätsversorgungssysteme



Bild 3 Zertifizierungsmarke

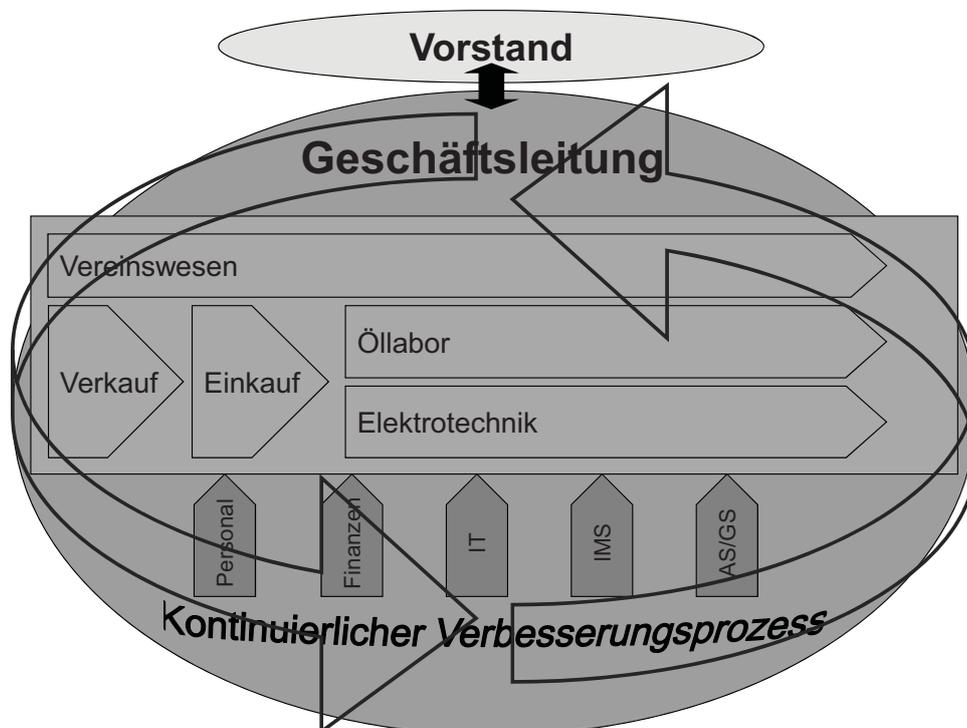


Bild 4 Übersicht Dokumentation Qualitätssicherungssystem

Auftragsarbeiten und statistische Übersicht

Neben diversen Forschungs- und Entwicklungsprojekten wurden im Berichtsjahr 2011 insgesamt 166 Auftragsarbeiten und 148 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 *)	CHF	3'890'129.- (4'027'706.-)
Erlös aus Auftragsarbeiten für Nichtmitglieder	CHF	424'257.- (537'551.-)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	CHF	
Total gemäss FKH-Erfolgsrechnung 2011	CHF	4'314'386.- (4'565'257.-)

*) Nettoerlös, 10% Mitgliederrabatt abgezogen.

Tabelle 1 Erlös aus Auftragsarbeiten

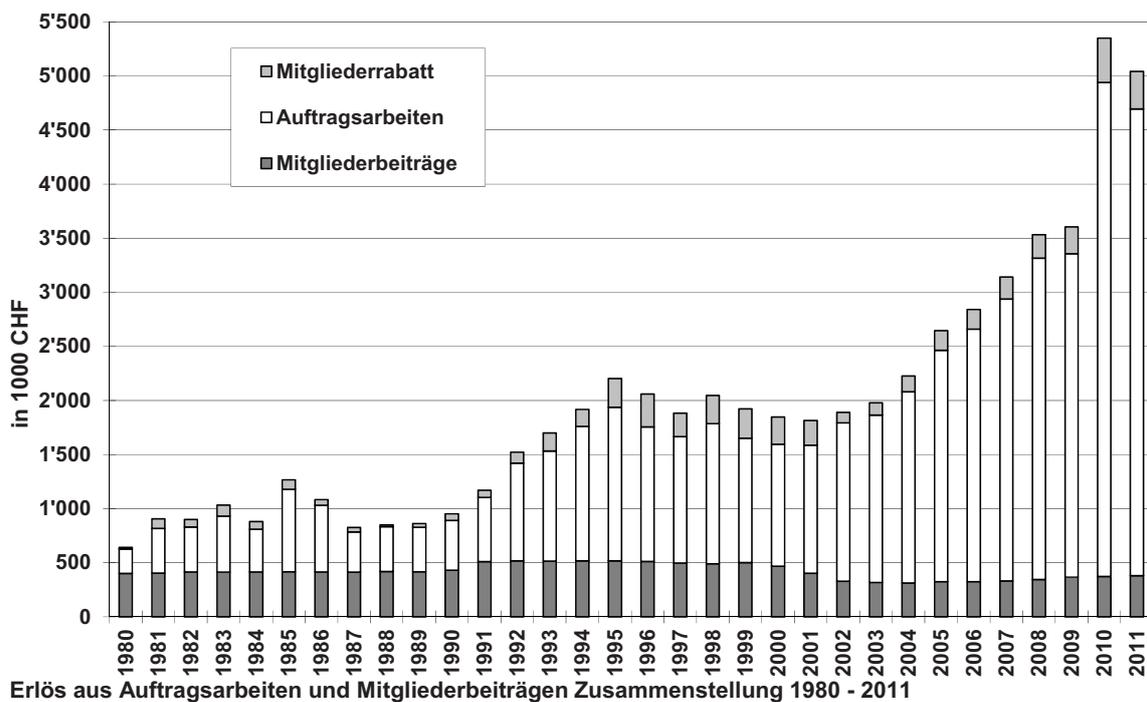


Bild 5 Erlös aus Auftragsarbeiten und Mitgliederbeiträgen, im Zeitraum von 1980 - 2011

Die Auftragstätigkeit der FKH-Arbeitsgruppe für Mitglieder und Dritte im Berichtsjahr 2011 kann folgenden Gebieten zugeordnet werden (prozentuale Verteilung bezogen auf den erzielten Nettoerlös, Angaben aus dem Vorjahr in Klammern):

Prüfung von Hochspannungs-Kabelanlagen	43% (37%)
Diagnose von Hochspannungsapparaten (Transformatoren)	17% (19%)
Prüfung von GIS oder GIL	8% (15%)
Erdungsmessungen / Nachweis von Blitzschutzmassnahmen	7% (6%)
Typprüfungen / Spezialversuche	2% (6%)
EMF / Korona / EMV / Transiente Vorgänge im Netz und in HS-Anlagen	0% (0%)
Beratungs- und Betreuungsaufgaben	2% (1%)
Isolierölanalysen	21% (16%)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	0% (0%)

Tabelle 2 Prozentuale Verteilung der Auftragsarbeiten im Jahr 2011 nach Dienstleistungssparten aufgeschlüsselt (Vorjahr in Klammern)

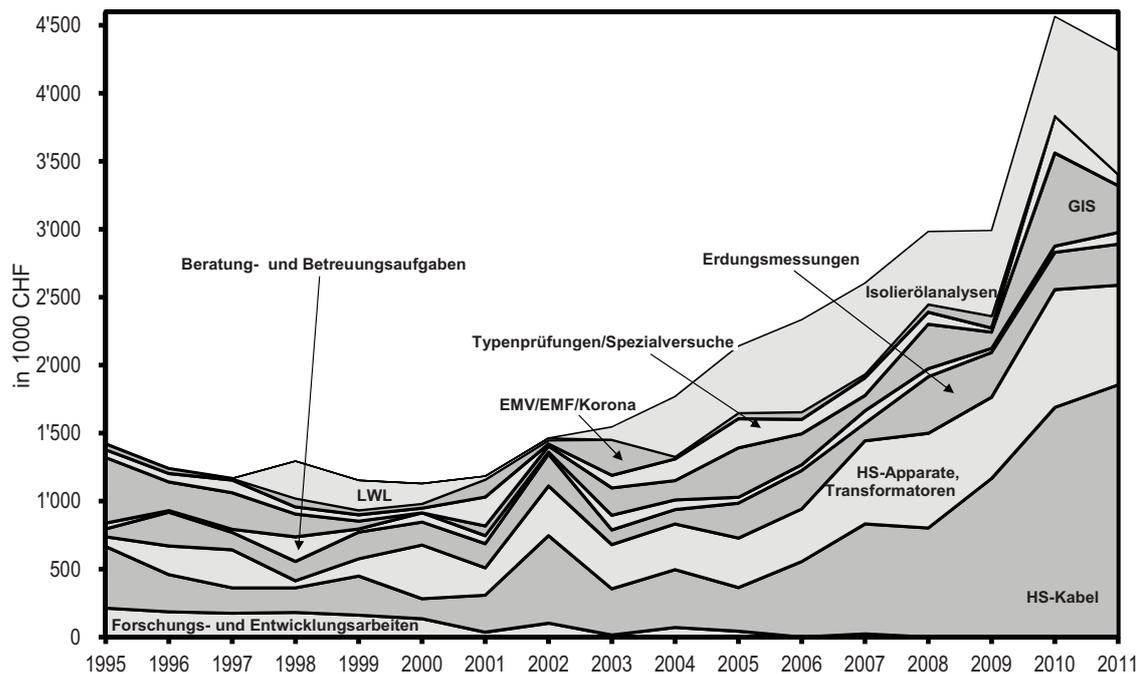


Bild 6 Entwicklung des Erlöses aus Auftragsarbeiten nach einzelnen Dienstleistungssparten (in CHF 1'000) über den Zeitraum von 1995 bis 2011

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.

Prüfung des 800-MVA-Netzkupplers im UW Lavorgo der Alpiq

Im Frühling 2011 wurde die FKH für die Isolationsprüfungen am neuen 800-MVA-Phasenschieber im Unterwerk Lavorgo der Alpiq beauftragt. Die Transformatorenbank kuppelt die Spannungsebenen 380 und 220 kV und ist der grösste in der Schweiz installierte Längs- und Querregler. Im Pflichtenheft für die Prüfung stand eine induzierte Spannungsprüfung mit Teilentladungsmessung bei 120% U_n während 60 min. Es sollte die auf der Tertiärspannungsseite (33 kV) vollständig verschaltete Gruppe geprüft werden. Die Prüfung wurde mit zwei 500-kVA-Dieselaggregaten, die mit 60 Hz betrieben wurden, durchgeführt. Als Erregertransformatoren dienten zwei parallel geschaltete 315-kVA-Transformatoren (50/0.4 kV). Die Aggregate mussten lediglich die erforderliche Wirkleistung von 282 kW liefern, da die kapazitive Blindlast von 633 kvar durch eine Drosselbatterie auf der Unterspannungsseite praktisch vollständig kompensiert wurde.

Während der Prüfung wurde eine Teilentladungsmessung mit einem phasenauflösendem Messsystem durchgeführt. Pro Transformatorpol wurde sowohl an der Hoch- und an der Mittelspannungsdurchführung als auch am Einspeisepunkt des Tertiärsystems eine TE-Messstelle installiert. Die TE-Messung konnte bei Grundstörpegeln unter 10 pC durchgeführt werden und wurde ohne Probleme bestanden.



Bild 7 Prüfanlage der FKH vor 2 Polen der Trafobank (rechts: Erregertransformatoren; Mitte: Kompensationsdrosseln)

Probleme der Vergleichbarkeit von FRA-Messungen

Die Frequency Response Analysis (FRA) ist eine Methode zur Bestimmung von Wicklungsdeformationen in Leistungstransformatoren. Dabei wird die Übertragungsfunktion einer Wicklung im Frequenzbereich von typischerweise 20 Hz bis 2 MHz gemessen. Deformationen und/oder Verschiebungen von Wicklungen wirken sich charakteristisch auf diese Frequenzgänge aus. Durch einen Vergleich mit einer Referenzmessung kann somit eine Aussage über den Zustand der Wicklungen gemacht werden.

Ideal wäre es, wenn die Vergleichsmessung (z.B. im Werk) und die folgende Messung mit demselben Messgerät, derselben Anschlusstechnik und sogar von derselben Person gemacht würden. Da dies natürlich nicht immer möglich ist, ist es wichtig, dass die Messungen einheitlich ausgeführt und dokumentiert werden. Insbesondere ist es sehr nützlich, wenn Fotos von der Anschlusstechnik von jedem Durchführungstyp gemacht werden.

Die FKH hat seit 1993 an über 200 Transformatoren FRA-Messungen durchgeführt, dabei wurden in 4 Fällen Abweichungen zwischen der Referenzmessung im Werk und der Vor-Ort-Messung registriert, die auf eine nicht standardgemässe Anschlusstechnik bei der Werksmessung zurückgeführt werden konnten.

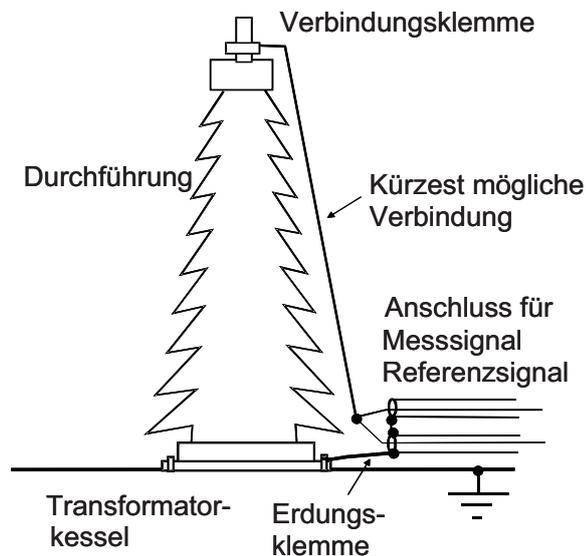


Bild 8 Anschlusstechnik der FKH

Bild 8 zeigt die von der FKH verwendete Anschlusstechnik. Dabei wird der Messkabelschirm über ein Anschlussstück aus Kupfer mit dem Kessel des Transformators verbunden, was die Einkopplung von Störungen in den Signalkreis minimiert.

Bild 9 links zeigt die Anschlusstechnik eines kommerziellen FRA-Messgeräts. Bei dieser Technik werden die Signalkabel zum Kopf der Durchführung geführt und zwei Erdbänder stellen die Verbindung zum Kessel her. Dabei spielt die Impedanz der verwendeten Erdbänder für die Einkopplung von parasitären Signalen eine grosse Rolle.

Bild 9 rechts zeigt die falsche Anschlusstechnik ohne Erdbänder. Die Konsequenzen sind in Bild 10 dargestellt: Ab ca. 100 kHz zeigen sich deutliche Unterschiede im Frequenzgang mit Veränderungen von Resonanzfrequenzen, welche als Wicklungsverschiebungen gedeutet werden könnten.



Bild 9 Anschlusstechnik eines Anbieters von FRA-Messgeräten (links: korrekt mit Erdungsbändern; rechts: falsch ohne Erdungsbänder)

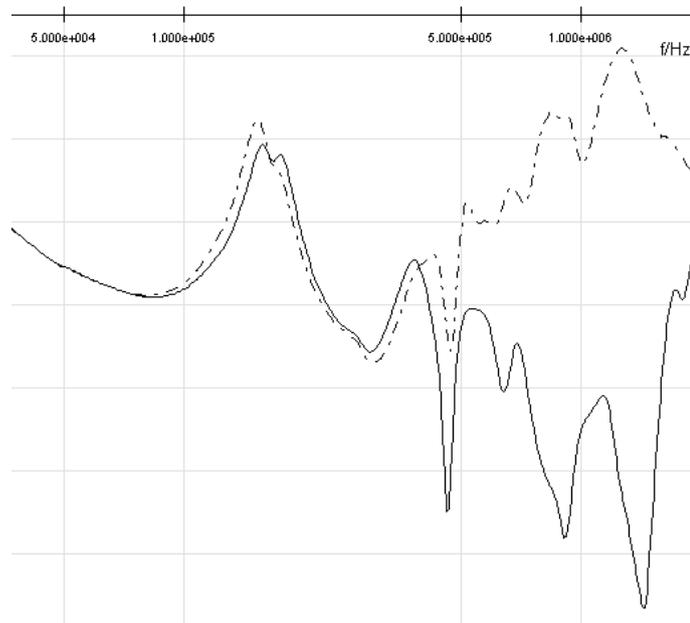


Bild 10 Unterschiedliche Frequenzgänge (ausgezogene Kurve: mit Erdungsbändern; strich-linierte Kurve: ohne Erdungsbänder)

Prüfung langer Hochspannungskabelstrecken

Aufgrund der Nachfrage für die Wechsellspannungsprüfung für immer längere Kabelstrecken der höheren Spannungsebenen vollzieht die FKH seit den letzten Jahren einen Ausbauschritt bei den Resonanzprüfanlagen. Bestellt wurden weitere Resonanzdrosseln, wie auch Speisequellen, die für grössere Prüfleistungen zusammenschaltet werden können. Heute reicht die vorhandene Prüfkapazität für viele Aufträge noch nicht aus, weshalb dann Resonanzdrosseln von anderen Prüfungsanbietern zugemietet werden müssen.

Der Bedarf an Wechsellspannungsprüfungen von langen Kabelstrecken besteht nicht nur in der Schweiz. Die FKH wird auch für Prüfungen im angrenzenden Ausland angefragt.

Hochspannungsprüfungen im Ausland stellen hohe logistische Anforderungen und verlangen oft auch eine grössere terminliche Flexibilität als Prüfungen im Inland. Bei grösseren Baustellen und bei vielen beteiligten Unternehmungen muss in anderen Ländern oft mit Verschiebungen und Verzögerungen gerechnet werden.

Die Fotografien Bilder 11 bis 13 zeigen das auf Lastwagen verladene Prüfmaterial und der Aufbau zur Prüfung einer ca. 300 m langen Kabelstrecke in der Nähe von Rom. Der grosse Materialaufwand begründete sich in erster Linie durch die vom Kunden gewünschten langen Prüfzeiten von 1 Stunde.



Bild 11 Material für eine 380-kV-Kabelprüfung in Italien



Bild 12 Zwei neue Drosseln Asea Kull DSH 5 in Kombination mit vier zugemieteten Resonanzdrosseln der ABB Schweiz AG



Bild 13 Prüfstand mit Resonanzspeisequelle, Trenntransformator und Zubehorschrank rechts

Oberwellenanalyse für Swissgrid AG, Sils i.D.

Im Auftrag der Swissgrid AG analysierte die FKH im September 2011 den Oberwellengehalt auf der 380-kV-Ebene im 380/220-kV-Netzknotenpunkt Sils i. Domleschg. Hintergrund ist das geplante 400-kV-DC-Kabel „Greenconnector“, welches gemäss Projekt zwischen Sils und Verderio in der nördlichen Lombardei eine elektrische Übertragungskapazität von 1'100 MW zur Verfügung stellen soll. Mit der Kenntnis des gegenwärtigen Oberwellengehalts können die Netzfilter der geplanten Konverter-Station in Sils optimal ausgelegt und Auswirkungen auf die Spannungsqualität minimiert werden.

Bei den Messungen kam ein Spannungsqualitäts-Messgerät vom Typ Euro-Quant der Firma Haag zum Einsatz. Die Abgriffe an den Feldsteuerbelägen der 380-kV-Transformator-Durchführungen wurden zur Bildung von kapazitiven Teilern zur Spannungsmessung verwendet. Gleichzeitig zeichnete das Gerät mittels Rogowski-Spulen, die Ströme durch die Durchführungen auf (Bild 14).

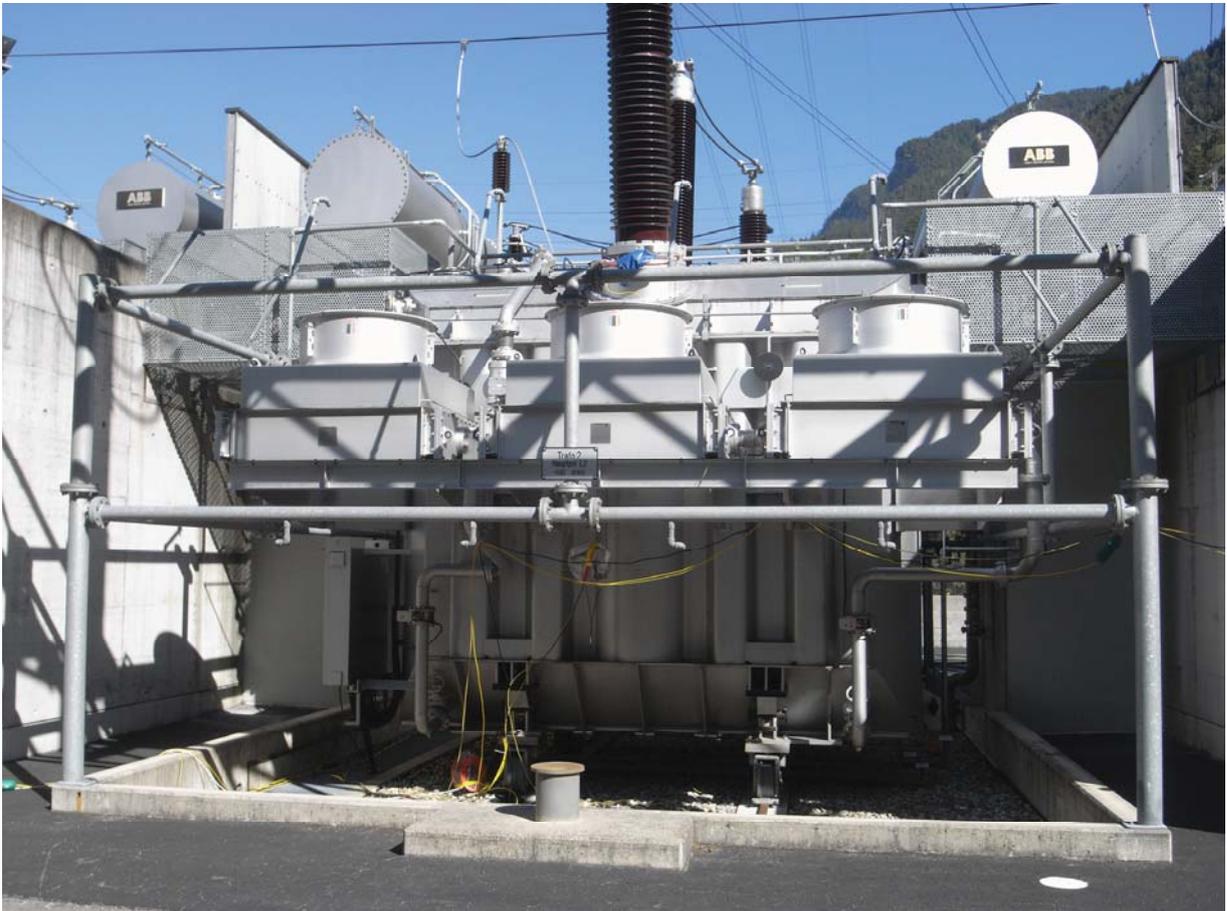


Bild 14 380/220kV Trafo L2 mit installierter Messtechnik

Die Auswertung der Messdaten ergab, dass die höchsten harmonischen Anteile von der 5. resp. der 7. Harmonischen stammten (siehe Bild 15). Der Klirrfaktor (auch THD), der den gesamten gemessenen Oberwellengehalt bis zur 50. Harmonischen im Verhältnis zur Grundschwingung angibt, erreichte Spitzenwerte von 2 % und lag damit noch unter der 3%-Grenze, die in der IEC-Norm 61000-3-6 für Höchstspannungsnetze vorgesehen ist. Die Analyse der harmonischen Leistungsflüsse zeigte zudem, dass die Quellen der Harmonischen überwiegend im 380-kV-Netz und nicht auf der Unterspannungsseite des Transformators lokalisiert sind.

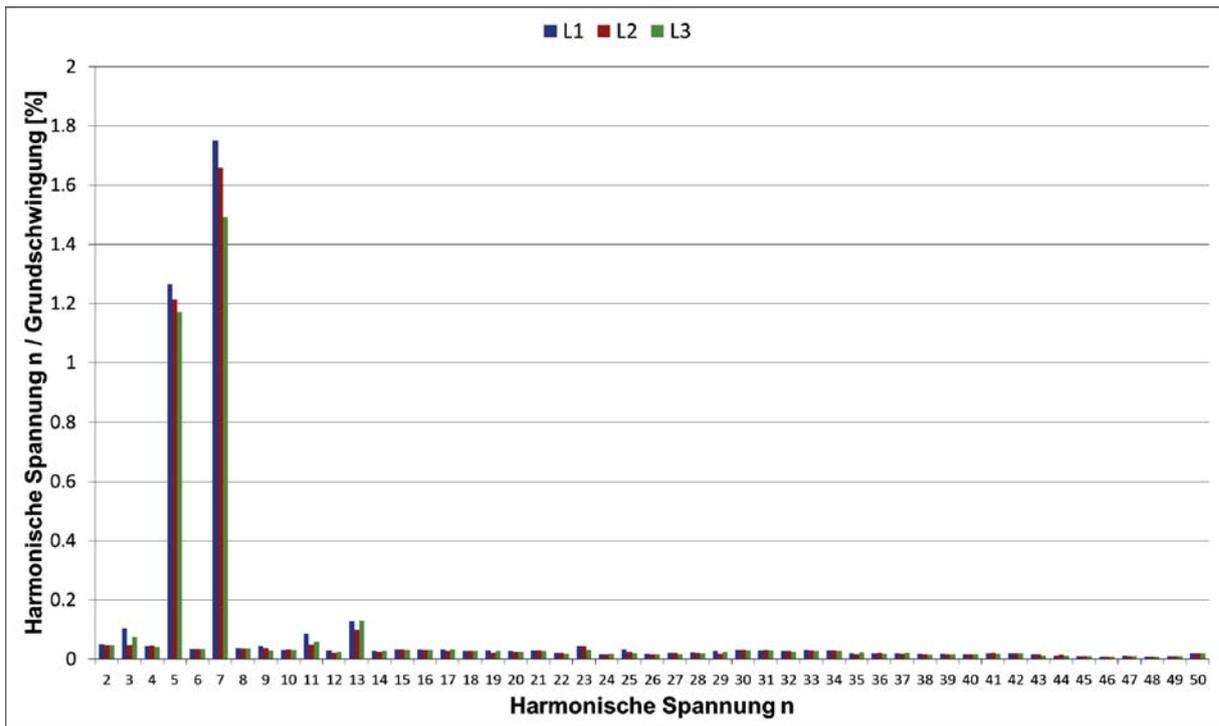


Bild 15 Spektrum der harmonischen Spannungen (bis n = 50, 2.5 kHz) am 25.09. um 13:40:00

Elektromagnetische Beeinflussung von Herzimplantaten

Aktive medizinische Implantate (AIMD Active Implanted Medical Devices) gewinnen als moderne medizintechnische Hilfsmittel laufend an Bedeutung. Aufgrund der Verfügbarkeit ausgereifter Geräte und Implantationsverfahren und der individuellen Parametrierungsmöglichkeiten nehmen die Anwendungen und auch die Anzahl der Träger insbesondere von Herzschrittmachern und Defibrillatoren laufend zu (Bild 16). Damit gewinnt auch die Frage der elektromagnetischen Beeinflussung solcher Geräte an Brisanz.

Moderne Herzimplantate überwachen die Herzfunktion mit Sensorelektroden, welche insbesondere durch langsam veränderliche Felder im Frequenzbereich der physiologischen Herzstimulation beeinträchtigt werden können. Störungen durch hochfrequente elektromagnetische Felder treten durch Demodulation von darin enthaltenen langsameren Amplitudenverläufen auf.

Bis heute fehlen in Europa gültige Normen beziehungsweise Grenzwerte für Störfestigkeiten gegenüber elektromagnetischen Feldern. Die Koexistenz unterschiedlicher Typen und Generationen von Geräten sowie die unterschiedlichen Betriebsarten und Parametrierungen erschweren die Festlegung elektromagnetischer Immunitätsgrenzwerte von Implantaten enorm. In einem Normenentwurf DIN/VDE 0848-3-1 aus dem Jahr 2002 werden Störspannungswerte aus Produktnormen an den Sensoranschlüssen auf äussere Feldbeeinflussung für den ungünstigsten Fall umgerechnet. Hieraus werden maximal zulässige Störfelder für den gesamten technischen Frequenzbereich abgeleitet (von 0 Hz ... 300 GHz), wobei drei Empfindlichkeitsklassen für Herzimplantate unterschieden werden.

Im Zusammenhang mit elektrischen Demonstrationseinrichtungen wurde die FKH für eine Studie betreffend möglicher Beeinflussung von Herzschrittmachern beauftragt. Im Bereich des Personenaufenthalts wurden die elektrischen und magnetischen Felder berechnet und anhand des obengenannten Normenentwurf beurteilt.

Bild 17 zeigt eine grafische Darstellung des Frequenzverlaufs der Sicherheitsgrenzen bezüglich Beeinflussung für den Spitzenwert des elektrischen und magnetischen Felds für die unempfindlichste Kategorie 0 von Herzschrittmachern: „angemessen störfest“.

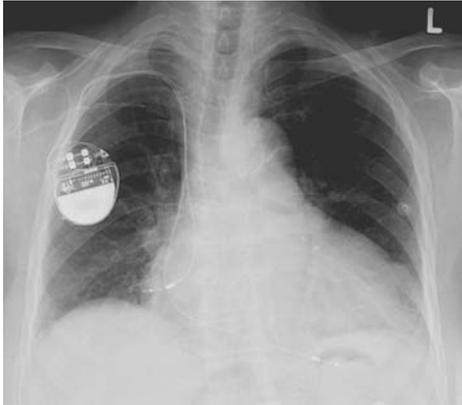


Bild 16 Thorax-Röntgenbild mit Herzimplantat: http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Lucien_Monfils

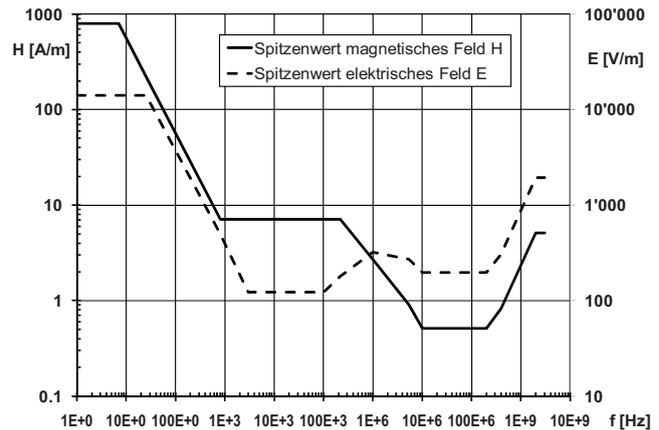


Bild 17 Spitzenwerte für elektrische und magnetische Felder, welche bei der Kategorie 0: „angemessen störfest“ nicht überschritten werden sollten

Als relevante Störquellen für eine Beeinflussung von aktiven Implantaten (Herzschrittmacher und Defibrillatoren) kommen neben elektrischen Energieanlagen Personensicherheits-, Diebstahlsicherungs- und Mobilkommunikationsanlagen in Frage.

Durch den vermehrten Einsatz von dezentralen elektrischen Energieerzeugungsanlagen und durch die Verwendung von Leistungselektronik mit hohen Strömen entstehen neue Fragestellungen, die zukünftig vermehrt zu Abklärungen der Beeinflussung medizinischer Implantate führen werden.

Prüfung der Mittelspannungsanlagen im Grossrechenzentrum von E-Shelter, Rümlang

Aufgrund von wachsenden Anforderungen an die Betriebssicherheit von hochtechnisierten Stromkunden wird die FKH immer häufiger auch für die Prüfung von Mittelspannungsschaltanlagen mit und ohne Teilentladungsmessungen beauftragt. Im Berichtsjahr wurden unter anderem die 16-kV-Schaltanlagen für die redundante Stromversorgung des Grossrechenzentrums von E-Shelter vor der Inbetriebsetzung einer Spannungsprüfung durch die FKH unterzogen (Bilder 18 und 19).

Im ersten Ausbauschnitt des Rechenzentrums wurden Speiseleistungen von je 16 MVA pro Schaltanlage installiert.



Bild 18 Das Gebäude des Grossrechenzentrums in Rümlang



Bild 19 Die modularen FKH-Prüfanlagen, die zu den zwei unabhängigen Schaltanlagen im Gebäudekeller transportiert werden mussten

Rückblick des Isolieröllabors

Das Jahr 2011 war geprägt durch eine Rekordzahl von Isolieröluntersuchungen: Insgesamt wurden über 1700 Proben analysiert! Dies machte es notwendig, dass sowohl beim stv. Laborleiter Matthias Weidmann als auch bei der Laborantin Franziska Schenker das Beschäftigungspensum erhöht wurde.

Neben den Routine-Isolierölkontrollen ist aber auch die Umstellung des Öllabors auf ein LIMS (Labor-Informations- und Management-System) weiter fortgeschritten. Es wurden alle Grundlagen geschaffen, um bis Ende 2012 alle Abläufe über das LIMS abwickeln zu können. Mit dem System sind insbesondere auch alle Analysedaten jederzeit aktuell auf einer Datenbank verfügbar.

Des Weiteren wurden im Zusammenhang mit der Akkreditierung mehrere Prozesse neu definiert oder eingeführt, was zu einer Steigerung der Qualität und Zuverlässigkeit der Resultate führte:

- Jährliche Überprüfung der Analysegeräte durch den Hersteller
- Vergleichsmessungen mit anderen Laboratorien
- Regelmässige Überprüfung der Resultate mit Kontrollproben (siehe Bild 20)
- Einheitliche Arbeitsanweisungen
- Klare Regelungen der Ablage von Eichungen und Kalibrierdaten

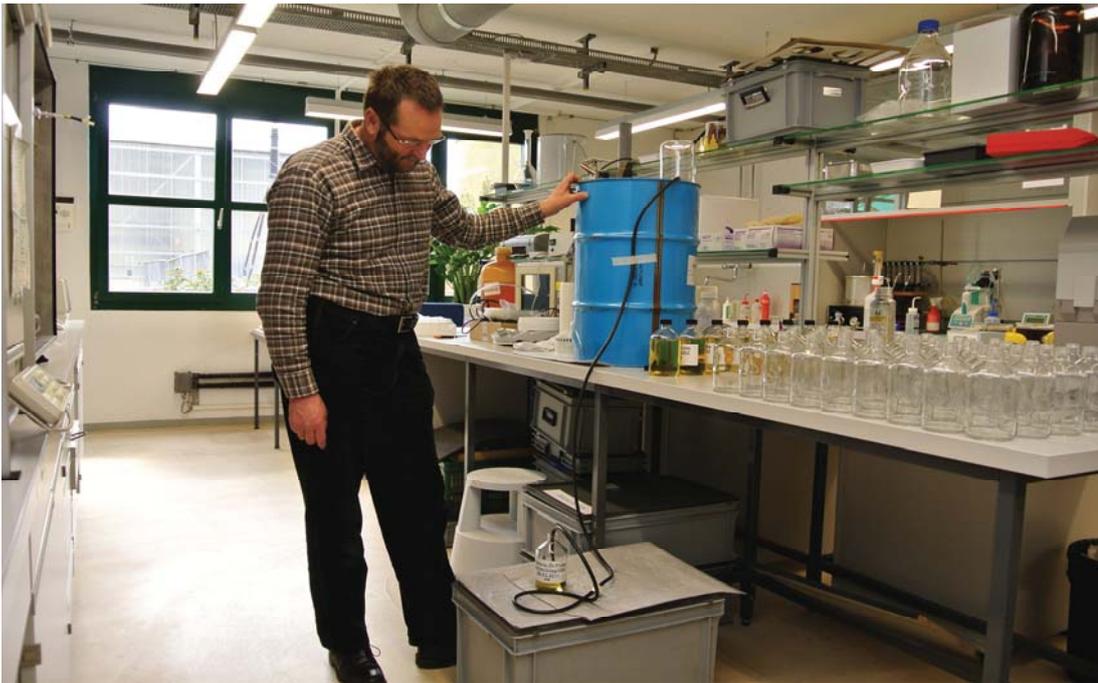


Bild 20 Matthias Weidmann beim Herstellen von Kontrollproben für die Qualitätsüberwachung

Mit all diesen Massnahmen können allfälligen Abweichungen von Messgeräten noch schneller erkannt und behoben werden.

Weiterhin beteiligte sich der Laborleiter Dr. Hans-Josef Knab aktiv an der Arbeit einer interdisziplinären Arbeitsgruppe (Cigré JWG D1/A2.47), welche sich mit der Interpretation von Zersetzungsgasanalysen beschäftigt. Gleichzeitig arbeitete er in verschiedenen Normengremien des Technischen Komitees 10 der IEC mit. Nebst der Revision der bestehenden IEC-Normen über Isolieröle beschäftigt sich das Komitee aktuell mit einer neuen Norm über die Anforderungen an rezyklierte Öle (IEC 62701).

Entwicklungen und Investitionen

Erneuerung des Standorts Däniken

Nachdem der Betrieb der Lagerhalle bereits im Jahr 2010 aufgenommen werden konnte, wurde im Berichtsjahr das Betriebsgebäude mit Werkstätten und Büros bezogen (Bild 21). Als Ergänzung zu den Gebäudeerneuerungen wurden seit Ende Jahr Parkplätze erstellt und die Geländezufahrt neu gestaltet (Bild 22).

Als letzter Schritt wird im Jahr 2012 ein Unterstand vor dem Koronaschopf erstellt, der gedeckte Freiluftversuche erlaubt.



Bild 21 Westansicht mit Lastwageneinfahrt



Bild 22 Ausführung der Umgebungsarbeiten im Bereich Parkplätze und Einfahrtstor

Neue Resonanzdrosseln

Zusammen mit der Firma Agea-Kull entwickelte die FKH neue, leistungsstärkere Hochspannungsdrosseln für die Resonanzprüfung von grossen Hochspannungskabelanlagen. Sie besitzen eine Induktivität von 80 H, liefern einen reaktiven Strom von 10 A während 3 x 15 Minuten pro Tag und können pro Drosselstufe für Prüfspannungen bis 260 kV eingesetzt werden. Die ersten beiden Prototypen wurden im vergangenen Jahr bereits mehrfach vor Ort eingesetzt (Bild 22, siehe auch Artikel S. 17).

Im Berichtsjahr wurde eine Serie von 5 weiteren Drosseln bestellt, die in der ersten Hälfte des Jahres 2012 ausgeliefert werden.



Bild 23 Die zwei ersten Exemplare (Prototypen) der neuen Hochleistungsresonanzdrosseln der FKH im Prüfeinsatz an einer 220-kV-Kabelanlage

Hochspannungsverbindungen mit CFK

Bei Hochspannungsprüfungen mit Teilentladungsmessung wurden bisher die Hochspannungsverbindungen ausschliesslich mit Aluminiumrohren erstellt, die einen Durchmesser von 60 mm bis 120 mm aufweisen (Bild 24). Die grossen Durchmesser werden benötigt, damit die Einsatzfeldstärken für Koronaentladungen nicht überschritten werden.



Bild 24: Alu-Rohr, Kabelprüfung im UW Riddes Bild 25: Verbindungs-Set aus CFK-Rohren

Die Aluminiumrohre haben den Nachteil, dass sie bei grosser Länge ein unhandlich hohes Gewicht aufweisen. Die Gewichtsreduzierung war der Anstoss für die Entwicklung von Hochspannungsverbindungen aus kohlefaserverstärktem Kunststoff CFK. In Bild 25 ist ein CFK-Verbindungs-Set zur Überbrückung grosser Längen zu sehen. Die CFK-Rohre wurden bereits bei zahlreichen Vorort-Prüfungen mit Erfolg eingesetzt, siehe Bilder 26 und 27.



Bild 26: Prüfung im 380-kV-Unterwerk Lavorgo, Länge der Verbindungsstange 12 m

Bild 27: Prüfung in der 220-kV-Schaltanlage Innertkirchen, Stangenlänge 15 m

Daten Verbindungs-Set mit Alu-Rohren:

- Spannung für TE-Messung bis ca. 600 kV
- Set-Länge: 12 m
- Gewicht pro Meter: ca. 3 kg

Daten Verbindungs-Set mit CFK-Rohren:

- Spannung für TE-Messung bis ca. 500 kV
- Set-Länge: 15 m
- Gewicht pro Meter: ca. 1 kg

Veranstaltungen

FKH-Fachtagung

Am Mittwoch, 9. November 2011 fand die traditionelle Fachtagung der FKH an der Hochschule für Technik FHNW in Brugg-Windisch mit dem Thema „Berechnungsmethoden für Auslegung, Betrieb und Sicherheit von elektrischen Energieversorgungssystemen“ statt, an welcher 130 Teilnehmer, vornehmlich aus dem Kreis der FKH-Mitglieder begrüsst werden konnten.

Gehaltene Vorträge im Rahmen der Fachtagung	Referent
Begrüssung durch den Präsidenten der FKH	Dr. Thomas Aschwanden, KWO, Innertkirchen
Einführung in das Tagungsthema	Dr. Rainer Bacher Bacher Energie AG, Baden
Netzberechnung und Simulation: ein Überblick	Dr. Luigi Busarello BCP Busarello+Cott+Partner AG, Erlenbach
Optimierungsverfahren für den Betrieb virtueller Kraftwerke aus Lasten, Quellen und Speichern	Stephan Koch, ETH Zürich, EEH Power Systems Laboratory
Einsatz von Simulationstools beim Design von HS-Apparaten	Renato Grütter ALSTOM Grid AG, Oberentfelden
Anregung von Spannungsresonanzen in Transformatorwicklungen; ein Beispiel für die Berechnung von Netztransienten	Georg Köppl Köppl Power Experts, Wettingen
Thermische Berechnung von Kabelanlagen	Dr. Thomas Heizmann FKH, Zürich
Berechnung von Erdungsanlagen	Frédéric Jolliet BKW FMB Energie AG, Ostermundigen
Berechnung der Magnetfelder von Freileitungen und Trafostationen	Hansruedi Luternauer, David Hearn, ewz Zürich
Computersimulation der Beeinflussungsspannungen auf Rohrleitungen und Kommunikationskabeln durch Starkstromleitungen	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).

Zusammenarbeit mit Hochschulen / Nachwuchsförderung

Praktikum

Soma Koné, B.sc. Elektroingenieur, 01.04.2011 – 31.08.2011

Studienarbeit (WS 2011 / 2012)

Mitbetreuung einer Semesterarbeit in der Fachgruppe Hochspannungstechnologie ETH Zürich:

Roman Jenni, Jonas Schmutz: „Erdfehlerspannungen an Hochspannungs- Freileitungsmasten mit Erdseil“

Betreuer: Ulrich Straumann, ETH; Reinhold Bräunlich, FKH

Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen

Teilnahme an Fachtagungen, Referate

Reinhold Bräunlich

Computersimulation der Beeinflussungsspannungen auf Rohrleitungen und Kommunikationskabeln durch Starkstromleitungen

Referat an der FKH- / VSE-Fachtagung vom 09. November 2011

Thomas Heizmann

Thermische Berechnung von Kabelanlagen

Referat an der FKH- / VSE-Fachtagung vom 09. November 2011

Thomas Heizmann

Essais des câbles haute tension, mise en service et diagnostique

Referat am Corso di formazione continua ESI „Diagnostica cavi AT e MT“

Stefan Neuhold

CIGRE WG D1.25: Application Guide for PD Detection in GIS using UHF or Acoustic Method

Meetings: 2011-01-12 Dresden, 2011-05-25 Interlaken

Stefan Neuhold

Teilnahme am HIGHVOLT Kolloquium 2011 in Dresden mit dem Beitrag „Vorortprüfungen von GIS“

19. – 20 Mai 2011

Vahe Der Houhanessian

Teilnahme am WEIDMANN Seminar Transformatoren in Pfäffikon

28. – 30. Juni 2011

Mario Gobeli

Teilnahme am WEIDMANN Seminar Transformatoren in Pfäffikon

28. – 30. Juni 2011

Günther Storf

Teilnahme an der ETG-Fachtagung „Wandler und Messtechnik“ – klassische und moderne Technologien, 15. März 2011, Luzern

Hans-Josef Knab

CIGRE WG 32: „New developments in the interpretation of DGA“, Budapest/Ungarn, 14.03.2011

Hans-Josef Knab

IEC TC10 WG 21: Preparing a new IEC-Standard: „Fluids for electrotechnical applications, Recycled mineral oils for transformers“, Budapest/Ungarn, 15.03.2011

Hans-Josef Knab

IEC TC10 MT 25: „Revision of IEC-Standard 60475 (Sampling of oil) and 60567 (Dissolved Gas Analysis)“, Budapest/Ungarn, 16.03.2011

Hans-Josef Knab

IEC TC10 MT 22: Revision of IEC-Standard 60422 („Mineral insulating oils in electrical equipment – Supervision and maintenance guidance“), Budapest/Ungarn, 17.03.2011

Hans-Josef Knab

IEC TC10 MT 21: Revision of IEC-Standard 60296: „Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral oils for transformers and switchgear“, Budapest/Ungarn, 18.03.2011

Hans-Josef Knab

CIGRE JWG A2/D1.47: Scope: case studies, problems and actions, significance of the ratio CO_2/CO for paper involvement, monitors, recommendations for the revision of 60599, gas losses from free breathing transformers in operation, Maschinenfabrik Reinhausen, Regensburg, 20./21.09.2011

Hans-Josef Knab

„Design, Betrieb und Diagnostik: Isolierölanalysen“. Vortrag am Weidmann Seminar Transformatoren, 28. – 30.06.2011, Pfäffikon

Hans-Josef Knab

6. Sitzung IG Trafo CH am 17.06.2011 in Lavorgo



Bild 28 Messung des Blitzschutzpotentialausgleichs an den Flugsicherungsradaranlagen der Skyguide

Publikationen

S.M. Neuhold

„On site tests of GIS“, HIGHVOLT Kolloquium 2011, Dresden, 19./20.05.2011

Stefan M. Hoek and Stefan M. Neuhold

„Tuned Medium-Band UHF PD Measurement Method for GIS“, XVII International Symposium on High Voltage Engineering ISH, Leibniz University of Hannover, Schering-Institut, 2011-08-22 bis 26

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: Reinhold Bräunlich

Mitglied: Günther Storf

CES electrosuisse TK 10: "Flüssigkeiten für elektrotechnische Anwendungen"

Mitglied: Hans-Josef Knab

CES electrosuisse TK 20: "Elektrische Kabel"

Mitglied: Günther Storf

CES electrosuisse TK 38, WG 1 und IEC TC 38, WG 42: "Messwandler, Ferroresonanz"

Mitglied: Reinhold Bräunlich

CES electrosuisse TK 42: "Hochspannungs- und Hochstrom-Prüftechnik"

Mitglied: Reinhold Bräunlich

CES electrosuisse TK 2: "Elektrische Maschinen"

Mitglied: Thomas Brügger

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

Mitglied: Stefan Neuhold

IEC TC 10 WG 21: IEC 62701 "Reprocessed mineral insulating oils – Re-refined oils and reclaimed mineral oils for transformers and switchgear"

Mitglied: Hans-Josef Knab

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

Mitglied: Hans-Josef Knab

CIGRE WG D1.29 „Partial Discharges in Transformers“

Mitglied: Thomas Heizmann

CIGRE TF D1.01.13: "Furans for diagnostics"

Mitglied: Hans-Josef Knab

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

Mitglied: Hans-Josef Knab

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

Mitglied: Hans-Josef Knab



Bild 29 Resonanzprüfung mit Teilentladungsmessung einer 24-kV-Mittelspannungsschaltanlage

FKH-Mitglieder

Verbände

Electrosuisse
8320 Fehraltorf

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)
5001 Aarau

Werksmitglieder

Aare Energie AG
4601 Olten

AEK Energie AG
4503 Solothurn

AEW ENERGIE AG
5001 Aarau

AG Kraftwerk Wägital
8854 Siebnen

Alpiq EnerTrans AG Gösgen
4601 Olten

Alpiq Réseau SA Lausanne
1001 Lausanne

Axpo AG - Netze
5401 Baden

Azienda Elettrica Ticinese
6501 Bellinzona

Aziende Industriali della città di Lugano
6901 Lugano

BKW FMB ENERGIE AG
3013 Bern

CKW AG
6002 Luzern

EBM Netz AG
4142 Münchenstein

EKT AG
9320 Arbon

EGL AG
5080 Laufenburg

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
8050 Zürich

Elektrizitätswerke des Kantons Zürich
8022 Zürich

Energie-Service Biel/Bienne
2504 Biel

Energie Wasser Bern
3001 Bern

ewl energie wasser luzern
6002 Luzern

GROUPE E SA
1701 Fribourg

IBAAarau Strom AG
5001 Aarau

Industrielle Werke Basel
4008 Basel

Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG
4658 Däniken

Kraftwerke Hinterrhein AG
7430 Thusis

Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)
3862 Innertkirchen

onyx Energie Netze
4901 Langenthal

Repower AG
7742 Poschiavo

Sankt Galler Stadtwerke
9001 St. Gallen

SBB Energie
3052 Zollikofen

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

Services Industriels de Genève SIG
1211 Genève 2
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

ALSTOM Grid AG
5036 Oberentfelden

Arnold AG
Energie & Telecom
3072 Ostermündigen

Brugg Kabel AG
5200 Brugg

Cellpack Power Systems AG
5612 Villmergen

EA Elektroarmaturen AG
8200 Schaffhausen

EcoWatt Projects AG
8852 Altendorf

**Eidgenössisches
Starkstrominspektorat**
8320 Fehraltorf

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

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

Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik E.V.

D-68201 Mannheim

Haute école valaisanne

1950 Sion

Hochschule für Technik + Architektur Chur

7000 Chur

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW

8401 Winterthur

Mitgliederbestand per 31.12.2011

Verbände	2	(2)
Werksmitglieder	33	(32)
Industriemitglieder, Ingenieurbüros und weitere Mitglieder	22	(23)
Korrespondierende Mitglieder	8	(9)
Total Mitglieder per 31.12.2011	65	(66)
(Stand per 31.12.2010 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

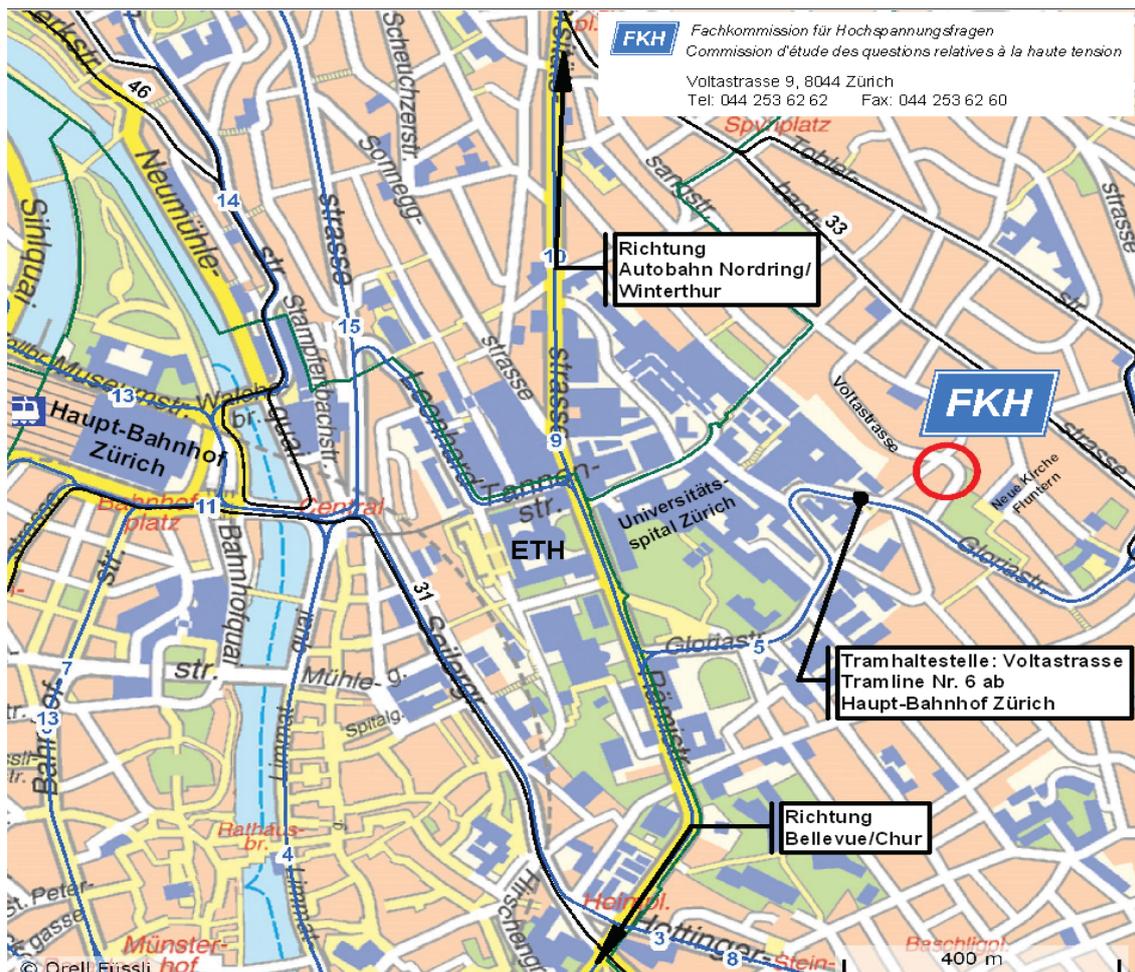
Isolierölanalysen / Analyses d'huile d'isolation / Insulating oil analysis

Literaturrecherche

Die Broschüren werden auf Wunsch zugestellt.

Zufahrtspläne für die FKH-Standorte

FKH-Geschäftsstelle, Voltastrasse 9, 8044 Zürich



FKH-Versuchsstation und –Isolieröllabor, 4658 Däniken

