



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

Jahresbericht

2017





Inhalt

Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters	4
Struktur und Leitbild der FKH	6
FKH-Vorstand	7
FKH-Geschäftsstelle	8
Dienstleistungen der FKH	9
Auftragsarbeiten und statistische Übersicht	10
Vor-Ort-Abnahmeprüfungen an Netzkuppl- transformatorengruppen	12
Kabelprüfserie bei der SIG im UW Verbois und UW Stand	14
Analyse der Erdungssituation in Bergsportgebieten	16
Schall- und Vibrationsmonitoring an einem Netzkuppltransformator	18
Versuchsmessungen zur UHF-TE-Trafodiagnose im UW Lavorgo	20
FKH-Labor für Isolieranalysen	22
F&E-Arbeiten	24
Fachtagung «Zustandsbeurteilungen von ölisierten Transformatoren und Messwandlern»	26
Zusammenarbeit mit Hochschulen / Nachwuchsförderung	27
Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen	28
Mitgliedschaft / Mitarbeit in Fachgremien und Kommissionen	30
FKH-Mitglieder	31
Zufahrtspläne für die FKH-Standorte	34

Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters

Sehr geehrte FKH-Mitglieder, sehr geehrte Freunde der FKH

Im Jubiläumsjahr 2017 ist es der FKH wiederum gelungen das Geschäftsjahr erfolgreich abzuschliessen. Obwohl wir diese Nachricht schon seit vielen Jahren als Schlagzeile für den Jahresbericht nutzen, ist es diesmal besonders erfreulich, denn die FKH bleibt auch im 80. Jahr ihres Bestehens quicklebendig. Die Energiewende 2050, bzw. das neue Elektrizitätsgesetz, für welche sich die Stimmbürger im 2017 entschieden haben, hat unsere Mitglieder dazu bewogen ihre Investitionen voranzutreiben. Wir waren daher mit Prüf- und Beratungsaufträgen gut ausgelastet, wovon eine Auswahl an Projekten in diesem Jahresbericht vorgestellt wird. Der Trend des Kabelausbaus hat sich vor allem im überregionalen Verteilnetz fortgesetzt. Bei den Schaltanlagenprüfungen bei GIS und AIS war die FKH auf allen Spannungsebenen von 16–380 kV tätig. Eine Reihe der Auftragsarbeiten stand bereits im Zusammenhang mit der Umsetzung des Strategischen Netzes 2025 der Swissgrid AG. Für Erneuerungen der Unterwerke Verbois und Laufenburg wurden vor allem Hochspannungskabelstrecken geprüft. Für das Netz der Swissgrid AG waren ausserdem grosse Netzkuppeltransformatoren 380/220 kV in den Unterwerken Beznau und Romanel zu prüfen.

Die FKH-Fachtagung zum Betriebsmittel Transformatoren und Wandler konnte einen Teilnehmerrekord verbuchen. Mit den Themen der Technik, des nachhaltigen Betriebs und der Lebensdauererlängerung, konnten die Bedürfnisse der Teilnehmer vollumfänglich abgedeckt werden.

Ein weiterer Teil der Nachfrage für Prüfungen ergab sich aus dem Bau neuer Unterwerke und Umformerwerke der SBB, welche durch den Ausbau des Schienennetzes und die Verdichtung der Zugsfahrpläne notwendig geworden waren. Im Zusammenhang mit Anpassungen und der Erneuerung

der Hochspannungsnetze wurden an die FKH auch wieder Problemstellungen betreffend Qualitätssicherung, Personen- und Betriebssicherheit sowie elektromagnetische Verträglichkeit herangetragen.

Angesichts der gesamthaft 175 elektrischen Prüfaufträge und ca. 1300 untersuchten Isolierölproben wurde von den FKH-Mitarbeitenden ein beachtliches Auftragspensum abgewickelt, wofür sich der Vorstand und die Geschäftsleitung an dieser Stelle bedanken möchten. Wir danken aber vor allem auch allen Mitgliedern und Kunden für das Vertrauen, das sie dem FKH-Dienstleistungsangebot entgegengebracht haben.

Das Interesse an den Diagnoseleistungen wurde zum Anlass genommen, die Prüf- und Messmittel der FKH auch im vergangenen Jahr intensiv weiterzuentwickeln. Die Anschaffung von Hochspannungskabelprüfadaptern erleichtert zukünftig die Abnahmeprüfungen an den Betriebsmitteln für alle Beteiligten. Für die Visualisierung von Schwachstellen von Luftisolationen wurde eine empfindliche UV-Kamera mit Tageslichtfilter evaluiert und beschafft. Diese wird vor allem für die Lokalisierung äusserer Teilentladungen eingesetzt. Auch wurden Anschaffungen zur Messung von Luftschall, Körperschall und Vibrationen getätigt, die weitergehende Abklärungen über den Betriebszustand von Anlagen und Apparaten ermöglichen.

Für das Nationale Projekt AC/DC-Hybridfreileitung (NFP-Forschungsprogramm 70) unter der Projektleitung von Prof. Christian Franck, Hochspannungslabor ETH, hat die FKH in der Versuchsstation Däniken das geplante einphasige Leitungsmodell fertiggestellt und in Betrieb genommen. An einer Wechselspannungs- und einer Gleichspannungsphase

konnten die praktischen Versuche der ETH zum Studium der gegenseitigen Beeinflussung der beiden Betriebsspannungsformen gestartet werden.

Die FKH freut sich, ihre Mitglieder auch im Jahr 2018 mit Prüfdienstleistungen sowie Lösungen zu aktuellen Problemstellungen aus dem Hochspannungs- und Mittelspannungsnetz unterstützen zu können.



A handwritten signature in black ink that reads "Christian Lindner".

Christian Lindner
Präsident



A handwritten signature in black ink that reads "Dr. Reinhold Bränlich".

Dr. Reinhold Bränlich
Geschäftsführer

Struktur und Leitbild der FKH

Struktur der FKH



Abbildung 1: Struktur der FKH

FKH-Leitbild

Die FKH-Geschäftsstelle besteht aus einer 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 Elektrotechnik aus. Durch aktive Kontakte zur ETH Zürich und ETH Lausanne sowie den Fachhochschulen, und durch Beteiligung an der Forschung, leistet sie einen Beitrag zur Förderung der Attraktivität der energietechnischen Disziplinen.

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

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

FKH-Vorstand

Präsident

Christian Lindner | Axpo Power AG

Vizepräsident

Maurice Dierick | Swissgrid AG

Mitglieder

Dr. Josep Aniceto | Schweizerische Bundesbahnen

Dr. Reinhold Bräunlich | Fachkommission für Hochspannungsfragen ¹

Markus Burger | Electrosuisse

Andreas Degen | Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Prof. Dr. Christian Franck | Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

David Gautschi | GE Grid (Switzerland) GmbH

Michael Junghans | Brugg Kabel AG

Markus Lehner | Elektrizitätswerk der Stadt Zürich

Prof. Dr. Farhad Rachidi | Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

François Regamey | Service Industriels Lausanne

Prof. Dominique Rolle | Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg

Dr. Alain Schenk (bis Mai 2017) | BKW Energie AG

Marcel Stöckli (ab Mai 2017) | BKW Energie AG

Martin Weibel | Alpiq EnerTrans AG

Daniel Zeidler | ABB Schweiz AG

Kontrollstelle

Doris Joos | Elektrizitätswerk der Stadt Zürich

Oliver Junker | Axpo Power AG

¹ Mitglied mit beratender Stimme

FKH-Geschäftsstelle

Leiter	Dr. Reinhold Bräunlich , dipl. El.-Ing. ETH	braeunlich@fkh.ch
Stellvertreter	Günther Storf , dipl. El.-Ing. ETH	storf@fkh.ch
Sekretariat	Saskia Wellner	wellner@fkh.ch
Mitarbeiter	Dr. Thomas Brügger , dipl. El.-Ing. ETH Dr. Vahe Der Houhanessian , dipl. El.-Ing. ETH Pascal Fehlmann , El.-Ing. FH Peter Frey , Chemielaborant Diego Friedli , M. Sc. Elektrotechnik Giuseppe Gatto , El.-Ing. FH (bis 30.9.2017) Mario Gobeli , El.-Ing. FH Dr. Thomas Heizmann , dipl. El.-Ing. ETH Leiter Labor für Isolierölanalysen Adamo Mele , Elektromechaniker Simon Mutter , Energieelektroniker Dr. Stefan Neuhold , dipl. El.-Ing. ETH Aldo Resenterra , Elektromonteur Franziska Schenker , Chemielaborantin Markus von Arx , Elektromonteur Toni von Deschwanden , Elektromechaniker	bruegger@fkh.ch houhanessian@fkh.ch fehlmann@fkh.ch frey@fkh.ch friedli@fkh.ch gobeli@fkh.ch heizmann@fkh.ch mele@fkh.ch mutter@fkh.ch neuhold@fkh.ch resenterra@fkh.ch schenker@fkh.ch vonarx@fkh.ch deschwanden@fkh.ch
Betriebsstätten	FKH-Geschäftsstelle Hagenholzstrasse 81 8050 Zürich	Tel. 044 253 62 62 Fax 044 253 62 60
	FKH-Versuchsstation 4658 Däniken	Tel. 062 288 77 95 Fax 062 288 77 94
	FKH-Labor für Isolierölanalysen 4658 Däniken	Tel. 062 288 77 99 Fax 062 288 77 90 Pikett 058 319 20 60 trafo@fkh.ch
Kontaktadresse für die Westschweiz	Pascal Fehlman Le Verney 10 1483 Montet (Broye)	Tel. 026 665 07 20 Natel 079 275 91 50 fehlmann@fkh.ch
Internet-Adresse	www.fkh.ch	

Dienstleistungen der FKH

Als neutrale Institution bietet die FKH ihren Mitgliedern und Kunden Dienstleistungen gemäss unten stehender Zusammenstellung an. Die FKH verfügt über eigene stationäre und mobile Hochspannungsprüfanlagen, Messeinrichtungen sowie über ein Prüflabor und ein Freiluftprüffeld.

Die angebotenen Dienstleistungen können vor Ort in elektrischen Anlagen, bei Apparateherstellern oder in der Versuchsstation Däniken ausgeführt werden.

Die wichtigsten Dienstleistungen der FKH sind in den Informationsbroschüren beschrieben, die auf der Internetseite der FKH (www.fkh.ch) abgerufen werden können. Sie sind an unseren Anlässen und auch auf Anfrage in Papierform erhältlich.

Folgende Dienstleistungen bietet die FKH an:

The infographic consists of a vertical line with six circular nodes, each containing an icon. To the right of each node is a text box describing a service. The icons are: a lightning bolt, a house with a lightning bolt, a test tube, a ground symbol, a bar chart, and an open book.

- Prüfung von HS-Betriebsmitteln vor Ort**
 HS-Prüfungen an Apparaten und Betriebsmitteln mit Stoss- und Wechselspannung (Resonanzprüfungen), mit und ohne Diagnosemethoden.
 - Transformatoren und andere Apparate
 - rotierende Maschinen
 - GIS
 - Kabel
- HS-Prüfungen im Kleinlabor**
 Hoch- und Mittelspannungskomponenten
- Isolierölanalysen**
 Dielektrisch-chemische Analysen
 Chromatographische und spektroskopische Analysen
 - Zersetzungsgasanalysen
 - Furanalysen
 - FTIR-Spektralanalysen
- Erdungs-, Umwelt- und Netzfragen**
 Erdungsmessungen / Berechnungen
 EMF-/EMV-Messungen und Berechnungen
 Schall- und Vibrationsmessungen
 Netzqualitäts- und Netztransientenmessungen
- Engineering**
 Engineering, Beratung und Expertisen
 Schadensanalysen
 Blitzschutzfragen
- Weiterbildung**
 Fachtagungen, Schulungen

Auftragsarbeiten und statistische Übersicht

Neben diversen Entwicklungsprojekten und der Behandlung aktueller Fragestellungen wurden im Berichtsjahr 2017 insgesamt 171 Auftragsarbeiten und 160 Aufträge für Isolierölanalysen für FKH-Mitglieder und Dritte ausgeführt, mit welchen folgender Umsatz erzielt wurde (Angaben aus dem Vorjahr in Klammern, siehe auch Abbildung 1):

Erlös aus Auftragsarbeiten für FKH-Mitglieder*	CHF	3'088'862	(3'555'623)
Erlös aus Auftragsarbeiten für Nichtmitglieder	CHF	691'954	(443'809)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	CHF	55'556	(-)
Total gemäss FKH-Erfolgsrechnung 2017	CHF	3'836'372	(3'999'432)

Tabella 1: Erlös aus Auftragsarbeiten

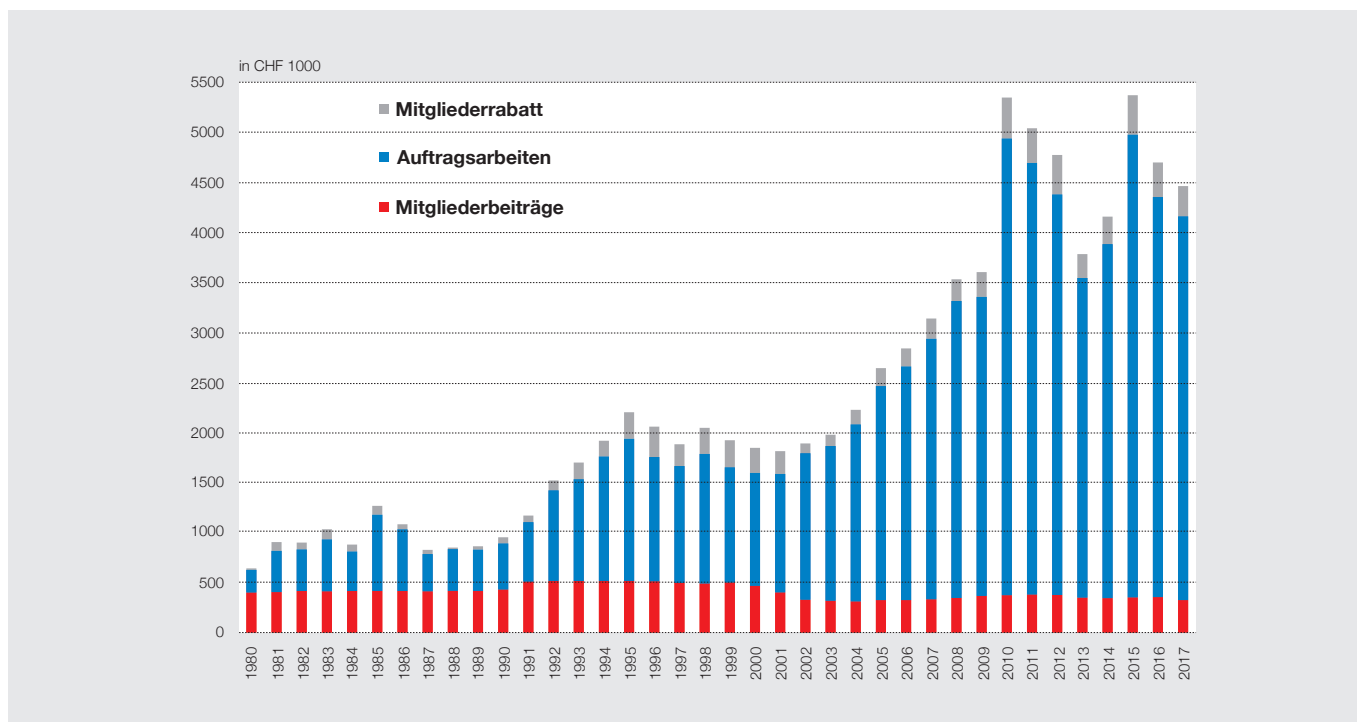


Abbildung 1: Erlös aus Auftragsarbeiten und Mitgliederbeiträgen im Zeitraum von 1980–2017, inkl. Mitgliederbeiträge

* Nettoerlös, 10% Mitgliederrabatt abgezogen.

Die Auftragstätigkeit der FKH-Arbeitsgruppe für Mitglieder und Dritte im Berichtsjahr 2017 kann folgenden Gebieten zugeordnet werden (prozentuale Verteilung bezogen auf den erzielten Nettoerlös, Angaben aus dem Vorjahr in Klammern):

Prüfung von Hochspannungskabelanlagen	41%	(44%)
Diagnose von Hochspannungsapparaten (Transformatoren)	16%	(11%)
Prüfung von GIS oder GIL	9%	(13%)
Erdungsmessungen / Nachweis von Blitzschutzmassnahmen	6%	(7%)
Typenprüfungen / Spezialversuche	5%	(3%)
EMV / Korona / EMV / Transiente Vorgänge im Netz und in HS-Anlagen	0%	(0%)
Beratungs- und Betreuungsaufgaben	2%	(1%)
Isolierölanalysen	19%	(21%)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	2%	(0%)

Tabelle 2: Prozentuale Verteilung der Auftragsarbeiten im Jahr 2017 nach Dienstleistungssparten aufgeschlüsselt (Vorjahr in Klammern)

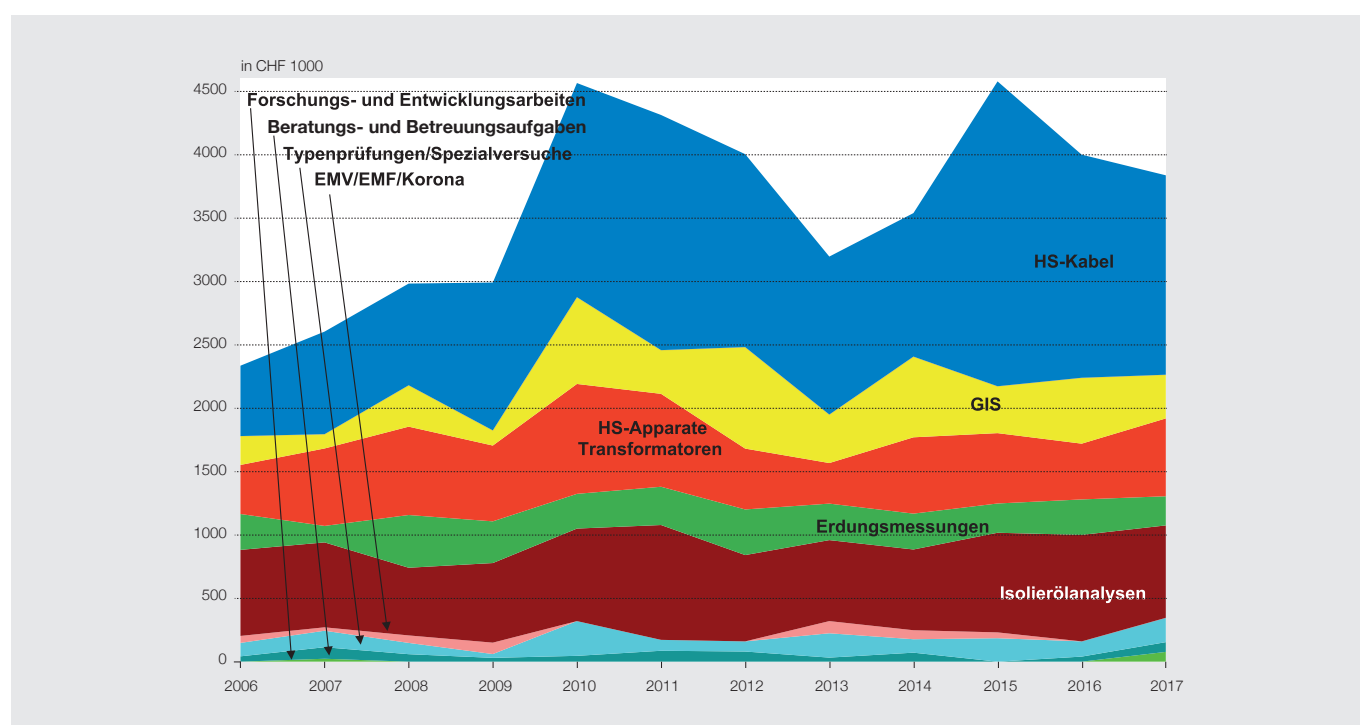


Abbildung 2: Entwicklung des Erlöses aus Auftragsarbeiten nach einzelnen Dienstleistungssparten (in CHF 1000) über den Zeitraum von 2007 bis 2017

Vor-Ort-Abnahmeprüfungen an Netzkuppeltransformatorengruppen

Die FKH hat im vergangenen Jahr im Auftrag der Siemens AG an zwei neuen 800-MVA-Phasenschieber-Transformatorgruppen nach fertiger Installation Vor-Ort-Hochspannungsprüfungen durchgeführt. Die Transformatoren wurden in den Unterwerken Beznau und Romanel der Swissgrid aufgestellt. Jede Gruppe besteht aus drei Transformatorpolen und einem Reservepol. Die einphasigen Haupttransformatoren mit der Längsregelung, und die Regeltransformatoren mit der Querregelung, sind jeweils im selben Kessel eingebaut.

Die Prüfungen umfassten eine induzierte Spannungsprüfung mit TE-Messung (Teilentladungsmessung) sowie Referenz- und Kontrollmessungen: Frequenzübertragungscharakteristik (FRA), Polarisations-/Depolarisationsstrommessung (PDC), Widerstands-, Übersetzungs- und C-tan δ -Messungen der Durchführungen im eingebauten Zustand. Bei der Spannungsprüfung waren die Transformatorpole betriebsmässig mittels Duresca-Schienen verschaltet, sodass die Prüfung an der Gruppe dreiphasig ausgeführt werden konnte. Am

Reservepol wurde am Haupt- und Regelpol je eine einphasige Prüfung durchgeführt. Abbildung 1 zeigt drei Transformatorpole (ohne Reservepol) und im Vordergrund die Einspeisequelle für die induzierte Prüfung mit TE-Messung.

Im UW Romanel wurden während der Spannungsprüfung neben der «konventionellen» TE-Messung an den Durchführungsmessanzapfungen auch Messungen an UHF-TE-Sensoren durchgeführt. Die messtechnischen Einrichtungen für die Höchsthäufigkeitssignalerfassung sind in den Abbildungen 2 und 3 zu sehen. Jeder Pol (Kessel) war mit acht Sensoren ausgerüstet. Die insgesamt 24 UHF-TE-Sensoren wurden mit einem Multiplexer verbunden, sodass alle UHF-Signale in schneller Folge mittels eines Spektrumanalysators überwacht werden konnten.

Beide Transformatorengruppen konnten in einwandfreiem Zustand dem Betrieb übergeben werden.



Abbildung 1: UW Beznau, im Vordergrund: Prüfquelle, im Hintergrund: drei Transformatorpole



Abbildung 2: Verkabelung der Teilentladungsmesskanäle



Abbildung 3: Multiplexer und Spektrum Analysator



AUTOR

Pascal Fehlmann

Dipl. El.-Ing. FH
Projektingenieur

Kabelprüfserie bei der SIG im UW Verbois und UW Stand

In den Unterwerken Stand und Verbois wurden im letzten Jahr die alten 132-kV-Schaltanlagen durch je eine neue GIS ersetzt. Die FKH konnte für das Städtetz in Genf insgesamt 24 Vor-Ort-Kabelprüfungen durchführen. Auch ein Teil der ebenfalls ersetzten Mittelspannungsanlagen in den Unterwerken wurde bereits geprüft.

Wo dies möglich war, wurden die bisher bestehenden Hochspannungsstrecken unter Wiederverwendung der vorhandenen Kabel in die neue GIS verlegt. Die übrigen Kabelstrecken, insbesondere die Transformatorenverbindungen, wurden mit neuen Kabeln ausgeführt.

Im UW Verbois wurden 18 und im UW Stand 6 Kabelprüfungen mit Prüfspannungen von 167 kV (134 kV bei den betriebsgealterten Kabeln) durchgeführt. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel für den Einsatz der Serieresonanzprüfanlage. Bei den wiederverwendeten Kabeln wurde zur Qualitäts-

sicherung eine Teilentladungsmessung vorgenommen. Bei einer dieser Messungen musste für den Koppelkondensator eine Gerüstplattform aufgebaut werden, um die Prüfspannung über den Anlagenzaun hinweg auf die Kabelendverschlüsse einzuspeisen (Abbildung 2). Es konnte festgestellt werden, dass die alten Kabel alle frei von Teilentladungen waren.

Da die Trafoleitungen im UW Stand beidseitig Connex-Steckendverschlüsse aufwiesen, mussten zum Teil ein Kabelprüfadapter und eine Prüfmuffe eingesetzt werden (Abbildung 3). Abbildung 4 zeigt die FKH-Test-Einrichtungen für die Spannungsprüfung der drei Mittelspannungsschaltanlagen im Unterwerk Stand.

Alle Betriebsmittel haben die Hochspannungsprüfungen bestanden.



Abbildung 1: Kabelprüfung im UW Verbois



Abbildung 2: Kabelprüfung im UW Verbois mit TE-Messung

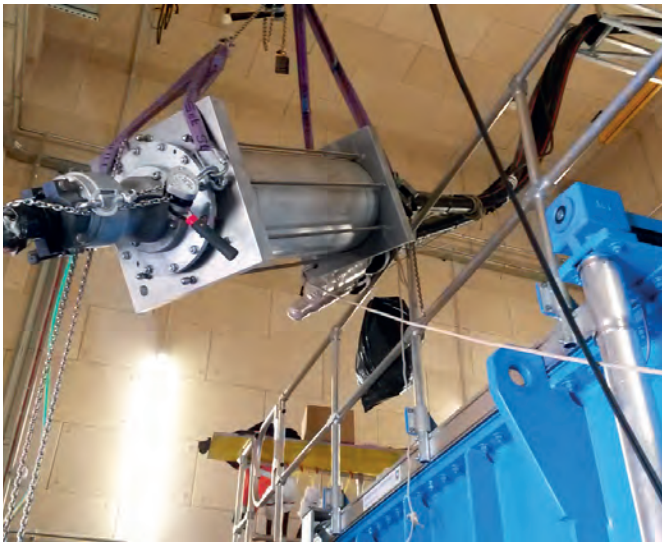


Abbildung 3: Muffe für die Prüfung der Trafoleitung im UW Stand



Abbildung 4: Prüfung der MS-Schaltanlage im UW Stand



AUTOR

Diego Friedli
M. Sc. Eng. HES-SO
Projektingenieur

Analyse der Erdungssituation in Bergsportgebieten

Viele Mittelspannungsversorgungsnetze sind ausschliesslich mit Kabelverbindungen ausgeführt. Sind bei allen MS-Leitungen die Kabelschirme beidseitig geerdet, sind die Erdungssysteme aller Trafostationen miteinander verbunden und es wird von einem globalen Erdungsnetz gesprochen. Gerade in Tourismusorten mit Wintersportanlagen ist der Verkabelungsgrad hoch. In der Regel liegen die Stromversorgungsnetze an solchen Orten auf felsigem Untergrund, weshalb hohe Erdübergangswiderstände vorliegen. Trotzdem besteht hier durch die Kabelverbindungen ein wirksames Erdungssystem für die Rückleitung der Erdfehlerströme.

Insbesondere an peripher gelegenen Trafostationen führen Erdungsimpedanzmessungen nach der einfachen 3- bzw. 4-Leiter-Methode, mit einem Handmessgerät unter Verwendung von Erdspiesen, zu überhöhten Erdungswiderstandswerten. Diese lassen dann fälschlich auf unzulässig hohe Berührungsspannungen schliessen.

Die FKH wurde vom EW Davos beauftragt, an ausgesuchten Trafostationen exemplarisch Erdungsmessungen nach der Stromspannungsmethode mit Erdschlussstromnachbildung im Kabelnetz auszuführen.

Über eine freigeschaltete Mittelspannungsleitung, welche auf der Gegenseite geerdet war, wurde zwischen den Erdungen zweier Trafostationen ein Messstrom eingespeist (Abbildung 1). Dadurch wurde eine Stromverteilung erzeugt, die dem Erdfehlerfall entspricht, bei welchem der Fehlerrückstrom vornehmlich über die Kabelschirme zurückfliesst. Mit dieser Versuchsanordnung konnten aussagekräftige Spannungsprofile, Berührungsspannungen und Erdungsstromverteilungen aufgezeichnet werden.

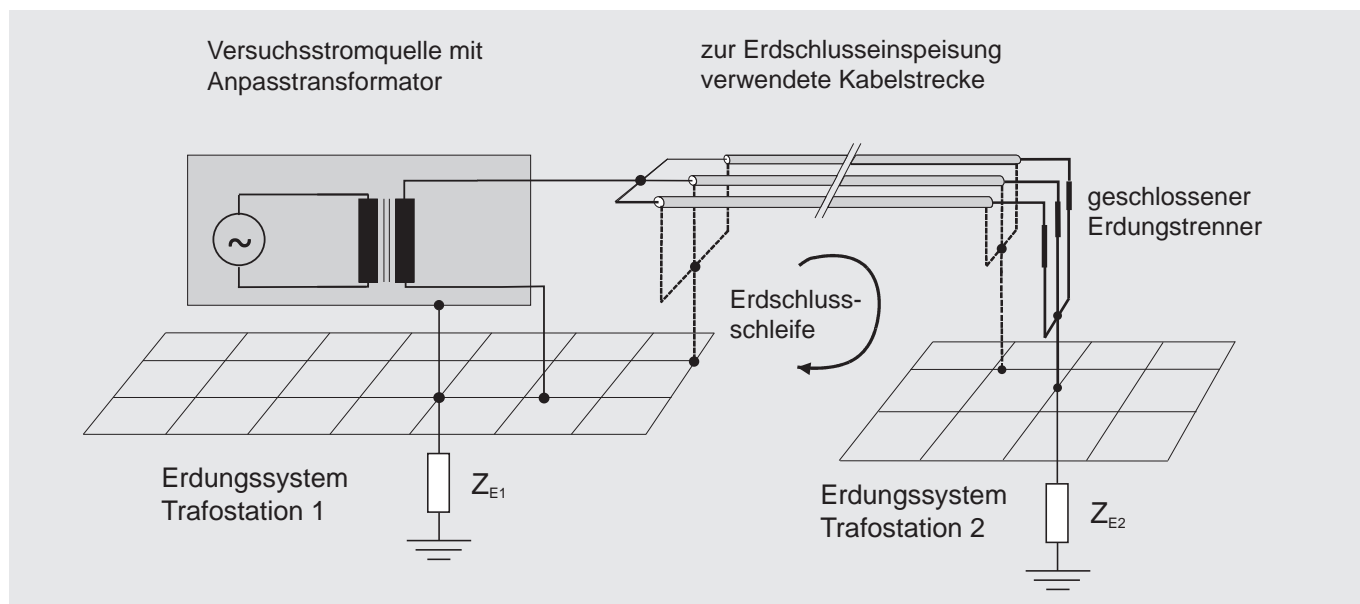


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Messanordnung



Abbildung 2: Messungen bei der Trafostation Clavadeleralp des EWD

Die Resultate wurden mit einer ebenfalls durchgeführten Erdungsmessung nach der 3-/4-Leiter-Methode mit Handmessgerät verglichen.

Es stellte sich heraus, dass im Netz des EWD in jedem Fall über 90% des Erdschlussstroms über die Kabelschirme zurückflossen und somit höchstens 10% ins Erdreich übertraten. Somit reduzierten sich die gemessenen Berührungsspannungen gegenüber den Werten der 3-/4-Leiter-Methode um den Faktor 10. In vielen Fällen ergaben sich damit Berührungsspannungen, die im zulässigen Bereich lagen.



AUTOR

Günther Storf

Dipl. El.-Ing. ETH
Stv. Geschäftsführer
Projektgenieur

Schall- und Vibrationsmonitoring an einem Netzkuppeltransformator

Im Jahr 2014 wurde im UW Sils i.D. des EWZ ein neuer 220/60-kV-Transformator mit einer Leistung von 160 MVA installiert und in Betrieb genommen (Abbildung 1).



Abbildung 1: Trafo 5 anlässlich der Vorortprüfung durch die FKH im Jahr 2014

Ende Oktober 2015 wurden zeitweise erhöhte Lärmemissionen festgestellt. Die FKH konzipierte daraufhin ein Geräusch- und Vibrationsmonitoring für den Trafo, um mögliche Probleme frühzeitig zu erkennen. Während einer Periode von knapp über einem Jahr, wurden von Juni 2016 bis Juli 2017 die Signale eines zur Vibrationsmessung am Kessel angebrachten Beschleunigungssensors sowie eines Akustikmikrofons aufgezeichnet und ausgewertet. Da die Korrelation mit den elektrischen Betriebsdaten entscheidend ist, wurde im lokalen Steuerschrank des Trafos zusätzlich ein Netzqualitätsmessgerät installiert, welches parallel Spannung und Ströme der Sekundärseite aufzeichnete.

Jeder Leistungstransformator verursacht im Betrieb ein gewisses Maß an Geräuschemissionen. Ursache sind Vibrationen des Kessels, die zu einer Abstrahlung von Schall führen. Die Vibrationen des Kessels werden im Wesentlichen durch zwei

Mechanismen angeregt: durch die Magnetostraktion des Kerns und die Lorenzkraften zwischen den stromdurchflossenen Wicklungen des belasteten Transformators. Die Grundfrequenz beider Phänomene ist die doppelte Betriebsfrequenz, also 100 Hz. Bei Betriebszuständen mit Kernsättigung, z.B. beim Einschalten, bei Betrieb an/über den Auslegungsgrenzen oder auch bei Gleichstrom in den Wicklungen, treten zusätzlich 50-Hz-Harmonische auf.

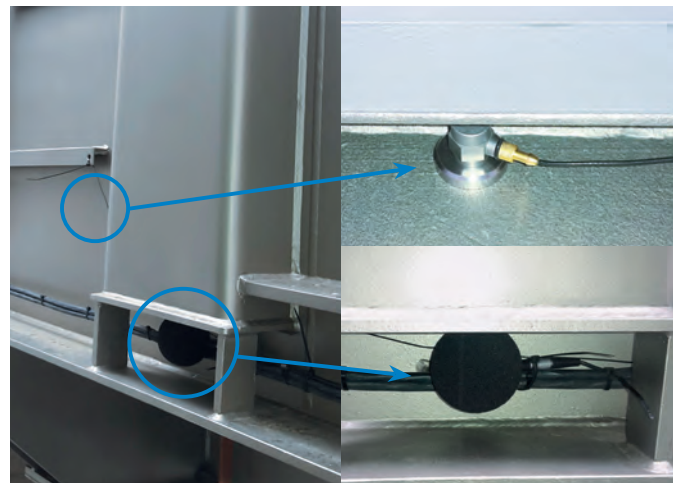


Abbildung 2: Beschleunigungssensor und Akustikmikrofon an der Kesselwand

Daneben können ungewöhnliche Trafogeräusche auch durch gelockerte mechanische Verbindungen verursacht werden.

Für die Messung wurde ein zweikanaliger Schallanalysator eingesetzt. Als Sensoren dienten ein magnetisch auf dem Kessel befestigter Beschleunigungssensor für die Vibrationsmessung sowie ein Mikrofon für den Luftschall, welches nahe an der Kesselwand installiert wurde (Abbildung 2).

Die Messwerte der Sensoren wurden vom Schallanalysator aufgezeichnet, lokal gespeichert und konnten zudem über eine Mobilfunkverbindung fernausgelesen werden. Mit der Vibrationsmessung konnten sowohl Veränderungen des durch Spannungen und Ströme bestimmten Betriebszustandes,

als auch betriebliche Ereignisse wie etwa Ein-/Ausschaltungen, Schaltungen des Laststufenschalters oder Schalthandlungen im Unterwerk erfasst und nachvollzogen werden. Abbildung 3 zeigt Beispiele für die von Schaltungen des Stufenschalters verursachten Vibrationen in Korrelation mit der Spannungsmessung.

Während der ausgewerteten Zeitperiode gab es keine Vorkommnisse, deren Vibrationssignaturen nicht auf die erwähnten Betriebsereignisse zurückgeführt werden konnten. Die auffälligsten Ereignisse waren die Ab- bzw. Wiedereinschaltungen des Trafos, deren Vibrationsspitzenwerte um ca. den Faktor 10 höher lagen als alle Werte im normalen Betrieb. Dabei dauerte es ca. 30 Minuten bis die Einschwingvorgänge im Kern abgeklungen waren und die Vibrationen wieder die für den normalen Betrieb typischen Werte annahmen (Abbildung 4).

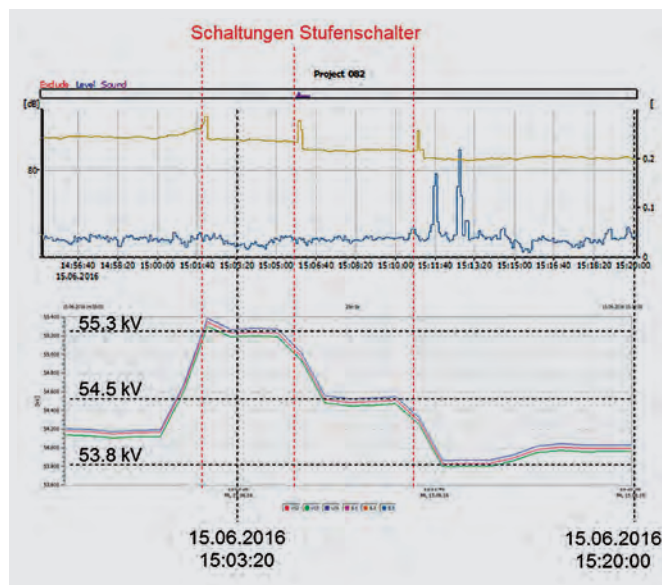


Abbildung 3: Beispiele für Stufenschalterschaltungen. Vibrationenwerte in Gelb (oberes Diagramm) mit der synchronen Spannungsmessung (unteres Diagramm)

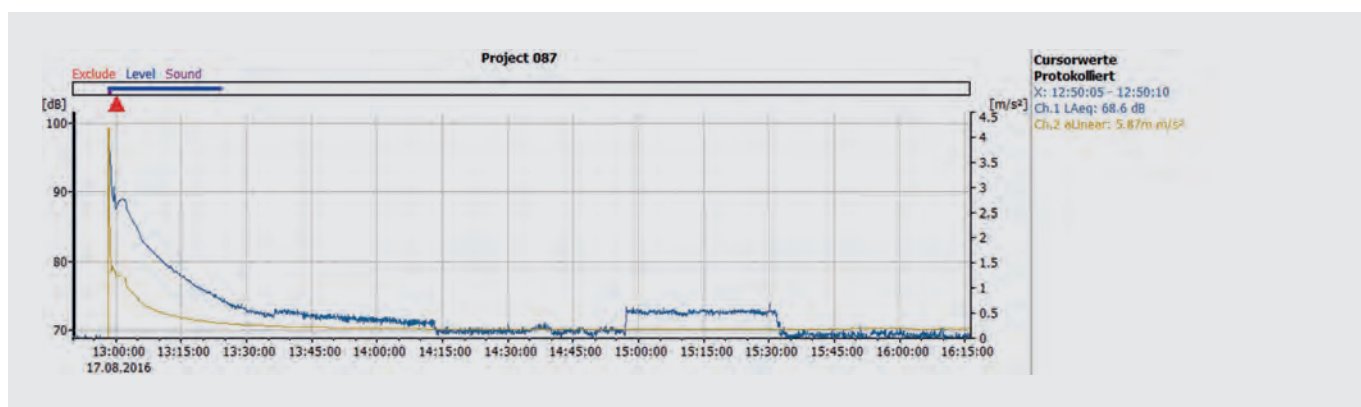


Abbildung 4: Einschaltung am 17.8.2016 um 12:58:15 (Vibration gelb, Schall blau)



AUTOR

Dr. Thomas Brügger

Dr. sc. ETH
Projektingenieur

Versuchsmessungen zur UHF-TE-Trafodiagnose im UW Lavorgo

Im September 2017 trafen sich Mitglieder einer Ad-hoc-Cigré-Arbeitsgruppe unter Beteiligung der FKH für eine Vorort-Messkampagne im UW Lavorgo der Swissgrid (Abbildung 1). Die Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit der Weiterentwicklung der UHF-TE-Diagnose an Transformatoren. Anders als bei SF6-isolierten Schaltanlagen (GIS), wo die UHF-TE-Diagnose schon seit längerer Zeit standardmässig eingesetzt wird, ist die TE-Messung im UHF-Bereich (ca. 0,1 – 2 GHz) bei Transformatoren eine neuere Entwicklung. Eine zunehmende Anzahl neu installierter Transformatoren wird aber bereits mit fest eingebauten UHF-Sensoren ausgerüstet. Bei älteren Transformatoren ohne eingebaute Sensoren besteht zudem die Möglichkeit, UHF-Sensoren durch Ölventile temporär einzubringen.



Abbildung 1: Ad-hoc-Cigré-Arbeitsgruppe bei den Versuchsmessungen

Bei der Messkampagne in Lavorgo, für die die Swissgrid den Reservepol der im Jahr 2011 in Betrieb gegangenen 800-MVA-Phasenschiebergruppe zur Verfügung stellte, ging es um den Vergleich verschiedener Messmethoden anhand von Durchkopplungsmessungen (Abbildung 2). Verglichen wurden Messungen im Zeit- und Frequenzbereich, für die verschiedene, teils bereits kommerziell erhältliche Messsysteme eingesetzt wurden.

Bei den Messungen wurden mit Pulsgeneratoren Spannungspulse in jeweils einen der insgesamt acht festinstallierten und zwei temporären UHF-Sensoren eingespeist. Da es

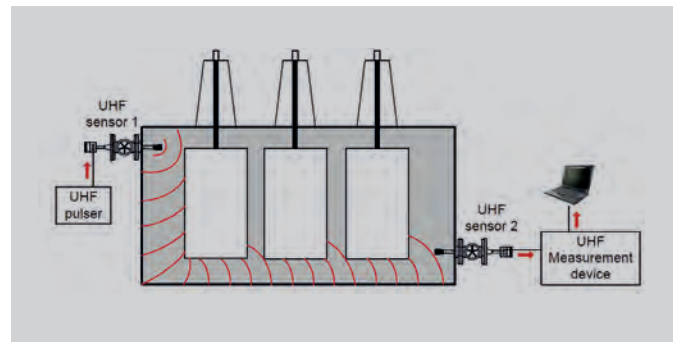


Abbildung 2: Prinzipschema Durchkopplungsmessung: Pulsgenerator an UHF-Sensor 1, Messung an Sensor 2 (im Schema sind Ölventil-Einschiebesensoren dargestellt)

sich bei den UHF-Sensoren um Antennen handelt, können diese elektromagnetische Wellen sowohl empfangen als auch abstrahlen. An den anderen UHF-Sensoren wurden die ankommenden Signale gemessen und ausgewertet (Abbildung 3). Dabei interessierten vor allem die erreichbaren Empfindlichkeiten der verschiedenen Messmethoden, aber auch Aussagen zur nötigen Anzahl und optimalen Positionierung der Sensoren.

Die FKH führte im Rahmen der Vergleichsmessungen schmalbandige UHF-Messungen mit einem Spektrumanalysator durch. Die schmalbandige UHF-TE-Messung mit variabler Mittenfrequenz ist eine Standardmethode für die Prüfung SF6-isolierter Schaltanlagen (GIS) vor Ort und wird von der FKH seit über 25 Jahren routinemässig eingesetzt. Dabei wird das vorverstärkte Signal des UHF-Sensors mit einem Spektrumanalysator visuell ausgewertet (oft im Frequenzbereich 0,1 – 2 GHz). Der Spektrumanalysator wird danach als schmalbandiger Filter genutzt und generiert im Zero-Span-Betrieb ein Zeitsignal, welches von einem konventionellen TE-Messsystem in eine phasenaufgelöste Darstellung (TE-Muster) umgesetzt wird. Verschiedene Fehlertypen können anhand ihrer spezifischen TE-Muster identifiziert werden. Die Methode kann auch unter störungsbehafteten Bedingungen

eingesetzt werden, da die Mittenfrequenz der Bandpassfilterung in (schmale) störungsfreie Frequenzbereiche gelegt werden kann. Durch geeignete Wahl der Mittenfrequenz werden zudem hohe Signal-Rausch-Verhältnisse (SNR) und damit eine hohe Empfindlichkeit erreicht.

Abbildung 4a zeigt ein Spektrum, das beim Cigré-Empfindlichkeitscheck bei einer Vor-Ort-GIS-Prüfung aufgezeichnet wurde. Dabei wurde ein 50-V-Puls in einen Sammelschienen-sensor eingespeist und beim Sensor in einem Kabelabgang gemessen.

Im Vergleich dazu zeigen die folgenden Abbildungen 4b und 4c die Einspeisung eines 50-V-Pulses die an einem benachbarten resp. entfernten Sensor gemessenen Spektren.

Grundsätzlich ergeben sich bei der Messung am Trafo bezüglich Bandbreite und Pegel der durchkoppelnden Signale ähnliche Resultate wie bei der GIS. Die zunehmende Entfernung der empfangenden Sensoren bewirkt eine deutliche Dämpfung der Frequenzanteile oberhalb ca. 1 GHz. Wird die Pulsamplitude auf 5 V reduziert, ist das Signal beim am weitesten entfernt positionierten Sensor zumindest im Bereich von 400 – 800 MHz noch klar erkennbar (Abbildung 4d).

Aufgrund dieser an einem grossen Transformator durchgeführten Durchkopplungsmessungen lässt sich sagen, dass die Schmalbandmessung mit Spektrumanalysator mit ihren Vorteilen der geringen Störanfälligkeit und der hohen erreichbaren Messempfindlichkeit für die UHF-TE-Diagnose an Transformatoren durchaus geeignet zu sein scheint. Die Erfahrung bei GIS zeigt, dass verschiedene, jeweils als gefährlich eingestufte TE-Quellen deutliche Unterschiede hinsichtlich der abgestrahlten UHF-Pegel aufweisen. Es sind deshalb weitere Untersuchungen, speziell auch mit künstlich eingebrachten und gut definierten Fehlern, nötig, um die Methode für die Transformatordiagnose weiter zu etablieren.



Abbildung 3: Reservepol im UW Lavorgo der Swissgrid, angeschlossener UHF-Vorverstärker (oben rechts), Pulsgenerator für die Durchkopplungsversuche (unten rechts)

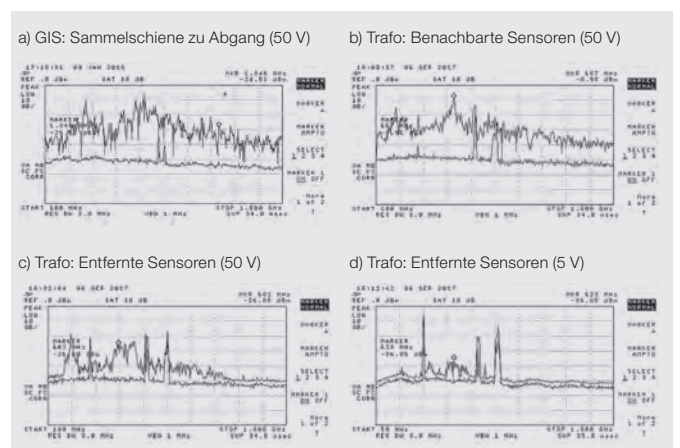


Abbildung 4: Spektren verschiedener Durchkopplungsmessungen (eingespeiste Impulsamplitude in Klammern)



AUTOR

Dr. Thomas Brügger

Dr. sc. ETH
Projektingenieur



AUTOR

Dr. Stefan Neuhold

Dr. sc. techn. ETH
Projektingenieur

FKH-Labor für Isolierölanalysen

Analyseaufträge

Das Öllabor hatte im Berichtsjahr, so wie in den vergangenen Jahren, eine gute Auslastung. Die Anzahl analysierter Proben hat im Vergleich zum Vorjahr leicht zugenommen, unter anderem auch durch den Zugang von neuen Kunden.

Mess- und Analysegeräte

Nach der grösseren Beschaffung eines Head-Space-Gaschromatographiesystems im Jahr 2016 wurden im Berichtsjahr nur kleinere Investitionen getätigt. Das neue System hat sich in der Praxis sehr bewährt. Insbesondere hat sich gezeigt, dass die Wiederholbarkeit (Abweichungen innerhalb einer Messserie) sehr gut ist und auch die Vergleichbarkeit (Abweichung zwischen verschiedenen Labors) dank der Kalibration mit zertifizierten Gas-in-Öl-Standards die Anforderungen der SNEN 60599 mit Reserve erfüllt.

Probenahme / Notfalldienst

Das Isolieröllabor der FKH bietet selbstverständlich bei Bedarf die Durchführung von fach- und normengerechten Probenahmen an. Fehler bei der Ölentnahme können u.U. unbemerkt zu Verfälschungen der Analyseresultate führen. Während bei der dielektrisch-chemischen Analyse die Problematik vor allem bei der Vermeidung einer Verunreinigung der Probe (z. B. mit Wasser) liegt, geht es bei Proben für die Zersetzungsgasanalyse um die Verhinderung des Entweichens von leicht flüchtigen Gasen (vor allem von Wasserstoff) und die Vermeidung der Verunreinigung der Probe durch atmosphärische Gase (Sauer- und Stickstoff sowie Kohlendioxid). Dieses Ziel wird durch die Verwendung von passenden, gasdichten Flanschen, der Evakuierung des Schiebers vor der Probenahme und gasdichten Glasspritzen erreicht.

Der Notfalldienst im Falle eines Buchholzalarms wurde in den letzten drei Jahren im Durchschnitt sechsmal pro Jahr beansprucht. In der Regel wird die Analyse vor Ort mit



Abbildung 1: Probeentnahme für eine Zersetzungsgasanalyse mittels Glasspritze am Hauptschieber eines Leistungstransformators

einem mobilen Gasanalysator durchgeführt. Da bei einem Lichtbogen in einem Transformator grosse Mengen von Wasserstoff und Acetylen erzeugt werden, reicht die geringere Empfindlichkeit und Genauigkeit des mobilen Gerätes meist aus, um belastbare Entscheidungsgrundlagen über die Wiederinbetriebnahme zu liefern. Bei weniger eindeutigen Fällen wie zum Beispiel einer langsamen Gasentwicklung an einer Heissstelle oder dem Ausgasen nach schnellen Temperatur- und/oder Druckänderungen werden zur Bestätigung des Befundes normalerweise auch noch Laboranalysen hinzugezogen.

Qualitätssicherung

Die 2012 erworbene Akkreditierung gemäss ISO/IEC 17025 als «Prüfstelle Typ B für Isolieröl und Buchholzgas» durch die Schweizerische Akkreditierungsstelle SAS konnte durch erfolgreiche Audits verlängert werden.

Weitere technische Informationen

Im Tagungsband der FKH-Fachtagung von 2017 ist ein ausführlicher Beitrag über die verschiedenen vom Öllabor der FKH angebotenen Analysen und deren Aussagekraft zu finden.

Dienstleistungsangebot

Das Standard-Dienstleistungsangebot des Öllabors umfasst folgende Analysen:

Dielektrisch-chemische Analysen

- Farbe und Aussehen
- Wassergehalt
- Neutralisationszahl
- Durchschlagsspannung
- Verlustfaktor
- Grenzflächenspannung
- Bestimmung des Inhibitorgehalts
- Bestimmung des Passivatorgehalts

Zersetzungsgasanalysen

- Wasserstoff (H₂)
- Methan (CH₄)
- Ethan (C₂H₆)
- Ethylen (C₂H₄)
- Acetylen (C₂H₂)
- Kohlendioxid (CO₂)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Sauerstoff (O₂)
- Stickstoff (N₂)

Furanalyse



AUTOR

Dr. Thomas Heizmann

Dr. sc. techn. ETH
Leiter Isolieröllabor

F&E-Arbeiten

Hybrid-Freileitungen mit einem Gleichspannungssystem auf gemeinsamen Masten mit Wechselspannungssystemen

Unter dem Projekttitel «Hybrid HVAC/HVDC Overhead Lines in Switzerland» arbeitet die FKH an einem Nationalfondsprojekt (NFP 70) unter der Leitung von Prof. Christian Franck der Fachgruppe Hochspannungstechnik an der ETH Zürich.

Das Projektteam setzt sich mit den technischen und wirtschaftlichen Problemen der Realisierung einer Hochspannungs-Hybridfreileitung auseinander, bei welcher auf dem gleichen Mast gleichzeitig ein Gleich- und Wechselspannungssystem betrieben wird.

Das Gesamtprojekt setzt sich aus folgenden vier Unterthemen zusammen:

1. Technologie der AC/DC-Hybridfreileitungen
2. Integration der Gleichstromsysteme in das Wechselstromnetz
3. Wirtschaftliche Vorteile einer Hybridfreileitung
4. Auswirkung auf die Gesellschaft sowie Faktoren, welche die öffentliche Ablehnung bestimmen

Die FKH arbeitet bei der ersten Themengruppe mit. Gemeinsam mit der Fachgruppe Hochspannungstechnik der ETH und unter mithilfe der Alpiq EnerTrans AG, hat die FKH auf ihrem Versuchsgelände in Däniken in den letzten zwei Jahren eine einphasige Versuchsanlage aufgebaut (Abbildungen 1 und 2).



Abbildung 1: Übersichtsfotografie der Modell-Hybridfreileitung in der Versuchsstation der FKH in Däniken

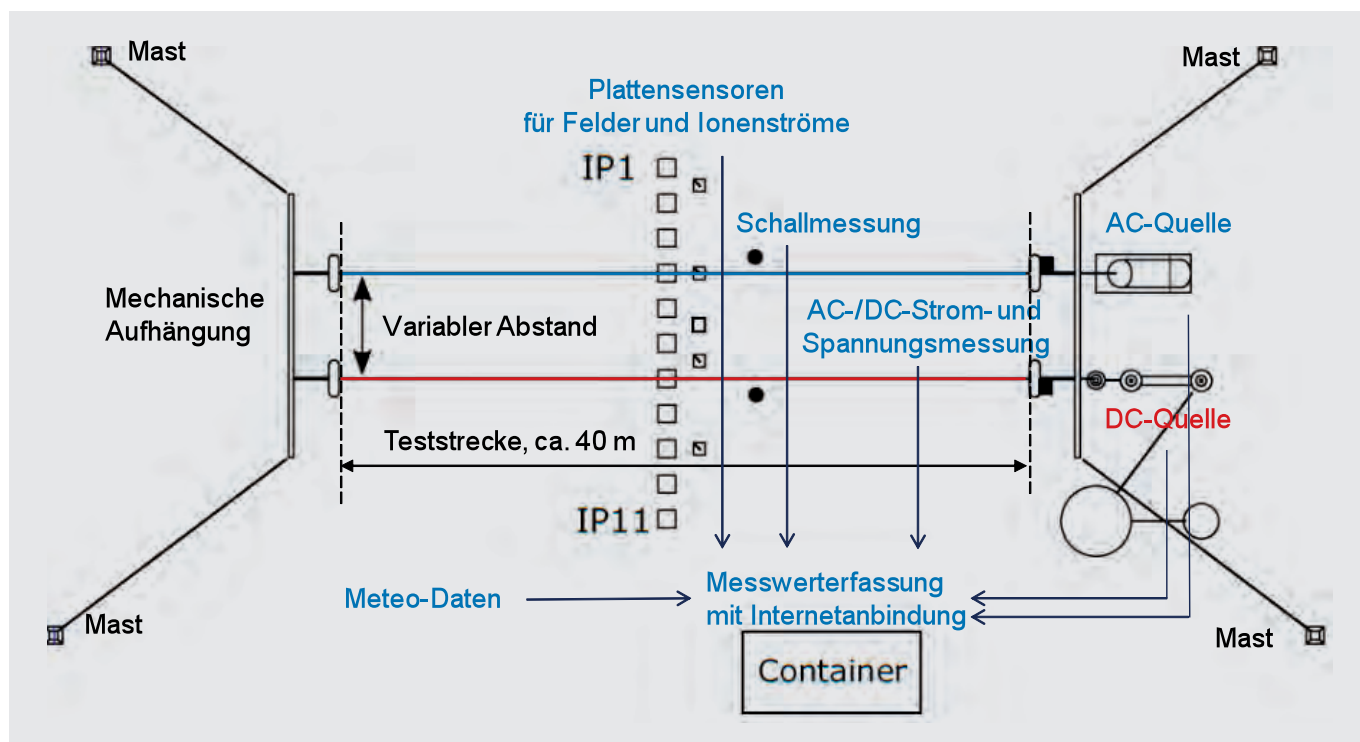


Abbildung 2: Schematische Skizze des Hybridfreileitungsmodells mit Seilaufhängung, Hochspannungsquellen für Gleich- und Wechselspannung sowie Messsensoren und -einrichtungen

Mit der Modellanlage können die gegenseitige Beeinflussung eines Gleichspannungs- und eines Wechselspannungsphasenbündels sowie allfällige Umweltbeeinträchtigungen im längeren Versuchsbetrieb studiert werden.

Die Versuchsparameter können in weiten Grenzen variiert werden. Dies ermöglicht die Untersuchung aller Einflüsse aus dem Betrieb und aus der Umgebung. Nebst den natürlich wechselnden Witterungsbedingungen können Abstand und Höhe der Leiterseile, die Seil- und Bündelbeschaffenheit sowie die Amplituden der Gleich- und Wechselspannung verändert werden.

Im Berichtsjahr wurde die Versuchsanlage in Betrieb genommen. Die wissenschaftlichen Mitarbeiter und Studenten der ETH haben erste Messreihen durchgeführt. Die wichtigsten verwendeten Messmittel können der Abbildung 2 entnommen werden. Die Resultate werden Ende des Jahres 2018 in einem Bericht zusammengefasst.



AUTOR

Dr. Reinhold Bräunlich

Dr. sc. techn. ETH
Geschäftsführer

Fachtagung «Zustandsbeurteilungen von ölisolierten Transformatoren und Messwandlern»

Die FKH-Fachtagung 2017 fand am 22. November in der Hochschule für Technik Rapperswil statt unter der Leitung von Herrn Martin Hässig, Swissgrid.

Die Beiträge der Fachtagung behandelten die technischen Betriebsfragen von Hochspannungstransformatoren und induktiven Messwandlern. Die Hauptthemen betrafen die besonderen Vor- und Nachteile der Öl-Papier-isolierten Apparate wie Komplexität, Robustheit, Langlebigkeit und teilweise Regenerierfähigkeit. Aus den gehaltenen Referaten lassen sich folgende grundlegende Schlussfolgerungen ziehen: zur Optimierung der Lebensdauerkosten bei grossen Transformatoren lohnt sich angesichts der Investitionskosten und der wirtschaft-

lichen Bedeutung für den Netzbetrieb ein umfassendes Konzept für die technische Instandhaltung dieser Betriebsmittel mit all ihren Bestandteilen.

Beurteilung und Erhalt der Zuverlässigkeit der besprochenen Netzkomponenten erfordert ein breites Ingenieur-Know-how, das seit vielen Jahrzehnten weiterentwickelt wird. Für die Zustandserfassung und Instandhaltung stehen bereits heute eine umfangreiche Wissensbasis und ein brauchbares Instrumentarium an Methoden zur Verfügung. Weiteres Entwicklungspotenzial besitzen differenzierte chemische und elektrische Diagnosemethoden zur Zustandsbeurteilung, aber auch Methoden zur Regenerierung der Kühl- und Isolierflüssigkeiten.

Beitrag	Referent
Zustandsbeurteilung aus der Sicht des Asset-Management	Martin Hässig, Swissgrid AG
Schwachstellen und Fehlermechanismen in Leistungstransformatoren und Messwandlern	Dr. Thomas Aschwanden, AFEC
Moderne Diagnosemessungen an Leistungstransformatoren vor Ort	Pascal Fehlmann, FKH
Einfluss transientscher Belastungen auf Messwandler – Erfahrungsbericht eines Messwandler-Herstellers	Martin Boss, Pfiffner Messwandler AG
Interpretation von Isolieröluntersuchungen	Dr. Thomas Heizmann, FKH
Aufbereitung und Regenerierung von Transformatorölen – worauf beim Prozess geachtet werden muss	Andreas Gruber, Micafluid AG, Martin Schättin, Axpo Power AG
Diagnosen aufgrund des dielektrischen Verhaltens von Transformatorführungen	Prof. Dr. Andreas Küchler, Hochschule FHWS Würzburg-Schweinfurt
DC-Ströme – Ursachen – Wirkungen – mögliche Massnahmen, Erfahrungen aus dem Tessin	Dr. Walter Sattinger, Swissgrid AG

Der Fachtagungsband kann auf unserer Homepage heruntergeladen werden.

Zusammenarbeit mit Hochschulen/ Nachwuchsförderung

Betreuung von Praktikanten

Filip Stojanovski, IAESTE-Praktikant aus Mazedonien, Student des Fachbereichs «Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies» an der Technischen Universität «University of St. Clement and Methodius», Macedonia.

Praktikumsarbeit: «Investigation of oscillographic method for breakdown localization during HV cable tests.» Herr Stojanovski arbeitete in unserem Büro der FKH in Zürich. Seine Hauptaufgabe bestand darin, eine Machbarkeitsstudie zur Fehlerortung bei Hochspannungs-Wechselstromprüfungen an Kabelinstallationen im Feld zu erstellen.

Betreuer: Thomas Brügger, Reinhold Bräunlich

Betreuung von Studien- und Diplomarbeiten

Diplomarbeit, ABB Technikerschule Baden, «Messung der Übergangsimpedanzen von Schienenklemmen in Abhängigkeit von mechanischen und elektrischen Parametern».
Absolventen: Stefan Müller, Benjamin Ziltener, Simon Mülheim.

Betreuung: Mario Gobeli, Günther Storf, Reinhold Bräunlich.
Diplomarbeit, Juventus Technikerschule HF Zürich:
«Modularer, resistiver Präzisions-Hochspannungsmessteiler».
Absolvent: Antonio Mele.

Betreuung: Günther Storf, Reinhold Bräunlich.

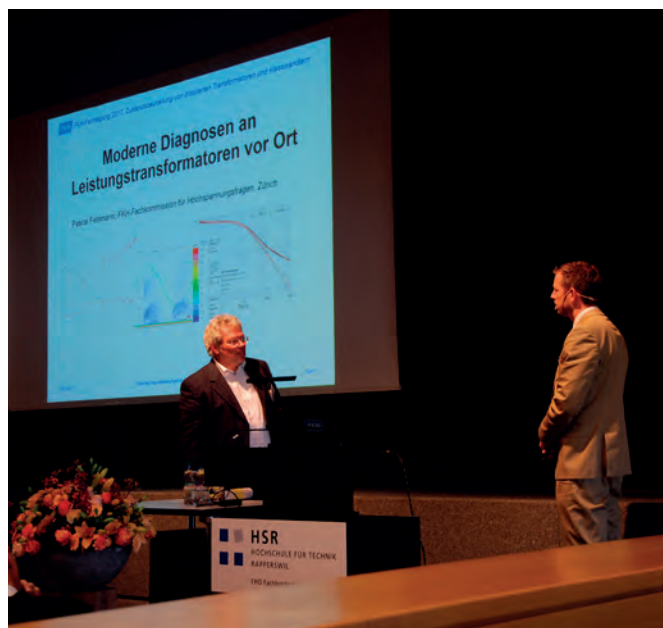


Abbildung 1+2: Szenen der FKH-Fachtagung «Zustandsbeurteilungen von ölisierten Transformatoren und Messwandlern».

Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen

Teilnahme an Fachtagungen, Referate

Reinhold Bräunlich

Axpo «Forum Innovation Netze 2017», Trafo, Baden, 9. Mai 2017

Reinhold Bräunlich

Kundentagung Siemens Energy Systems, Swissôtel Zürich, 16. Mai 2017

Reinhold Bräunlich

PIFFNER Day, «Future Grid Challenges», Hirschthal, 8. Juni 2017

Reinhold Bräunlich

Electrosuisse ETG Fachtagung Netzimpuls '17 «Intelligenz im Verteilnetz»
Kongress- und Kulturzentrum, Aarau, 27. Juni 2017

Reinhold Bräunlich

ETG-Tagung «Leitungsbau 2017», Dietikon, 8. November 2017

Reinhold Bräunlich

FKH-Fachtagung, Hochschule für Technik Rapperswil, 22. November 2017

Thomas Brügger

Omicron Diagnosewoche, Bregenz, 13.–16. März 2017

Thomas Brügger

FGH-Seminar «Lastfluss- und Kurzschlussberechnungen in Theorie und Praxis», Würzburg, 25.–27. April 2017

Thomas Brügger

Kundentagung Siemens Energy Systems, Swissôtel Zürich, 16. Mai 2017

Thomas Brügger

GIS-Anwenderforum, Darmstadt, 10. Oktober 2017

Thomas Brügger

FKH-Fachtagung, Hochschule für Technik Rapperswil, 22. November 2017

Thomas Brügger

Power Quality Fachsymposium, Aarau, 23. November 2017

Pascal Fehlmann

Omicron Diagnosewoche, Bregenz, 13.–16. März 2017

Pascal Fehlmann

Tagung Trafopower: «Der Trafo im Fokus», Schönenwerd, 8. September 2017

Pascal Fehlmann

11. Transformer-Life-Management Conference, TLM 2017, Willingen, 18.–19. September 2017

Pascal Fehlmann

Vortrag: «Moderne Diagnosemessungen an Leistungstransformatoren vor Ort»
FKH-Fachtagung Hochschule für Technik Rapperswil, 22. November 2017

Diego Friedli

Brugg Cables Symposium 2017, Brugg, 1. Juni 2017

Diego Friedli

FKH-Fachtagung, Hochschule für Technik Rapperswil, 22. November 2017

Mario Gobeli

FKH-Fachtagung, Hochschule für Technik Rapperswil, 22. November 2017

Thomas Heizmann

Vortrag: «Interpretation von Isolieröluntersuchungen»

FKH-Fachtagung, Hochschule für Technik Rapperswil, 22. November 2017

Stefan Neuhold

Vortrag: «Prüfqualität – Eine Investition in die Zukunft»

Axpo Forum Innovation Netze 2017, Baden, 9. September 2017

Stefan Neuhold

Cigré Session 2017, Winnipeg, 30. September – 6. Oktober 2017

Stefan Neuhold

ETG-Tagung «Leitungsbau 2017», Dietikon, 8. November 2017

Stefan Neuhold

FKH-Fachtagung, Hochschule für Technik Rapperswil, 22. November 2017

Günther Storf

Brugg Cables Symposium 2017, Brugg, 1. Juni 2017

Günther Storf

ETG-Tagung «Leitungsbau 2017», Dietikon, 8. November 2017

Günther Storf

FKH-Fachtagung, Hochschule für Technik Rapperswil, 22. November 2017

Mitgliedschaft / Mitarbeit in Fachgremien und Kommissionen

Die FKH ist bei folgenden Institutionen als Mitglied eingetragen:

Electrosuisse

Institutionelles Mitglied bei Electrosuisse

Förderkreis «Blitzschutz und Blitzforschung» des VDE, Frankfurt am Main

Mitglied im Förderkreis des ABB (Ausschuss Blitzschutz und Blitzforschung).

Die FKH ist bei folgenden nationalen und internationalen Fachgremien vertreten:

Electrosuisse: CES, «TK Erdungen»

Mitglied: Günther Storf (Vorsitzender)

Electrosuisse: CES, TK 2 «Elektrische Maschinen»

Mitglied: Thomas Brügger

Electrosuisse: CES/SEV, TK 10 «Flüssigkeiten für elektrotechnische Anwendungen»

Mitglied: Thomas Heizmann (Vorsitzender)

Electrosuisse: CES, TK 14 «Transformatoren»

Mitglied: Pascal Fehlmann

Electrosuisse: CES, TK 20 «Elektrische Kabel»

Mitglied: Pascal Fehlmann

Electrosuisse: CES, TK 28 «Isolationskoordination»

Mitglied: Reinhold Bräunlich

Electrosuisse: CES, TK 42 «Hochspannungs- und Hochstromprüftechnik»

Mitglied: Reinhold Bräunlich

CIGRE JWG A2/D1.51 «Improvements to partial discharge measurements for factory and site acceptance tests of power transformers»

Mitglied: Pascal Fehlmann

CIGRE JWG D1/A2.47 «New frontiers of DGA interpretations»

Mitglied: Thomas Heizmann

CIGRE WG D1.63 «Partial discharge detection under DC voltage stress»

Mitglied: Stefan Neuhold

CIGRE WG D1.51 «Dielectric performance of eco-friendly gas insulated systems»

Mitglied: Stefan Neuhold

CIGRE JWG D1/B3.57 «Dielectric testing of gas insulated HVDC systems»

Mitglied: Stefan Neuhold

CIGRE WG D1.66 «Requirements of partial discharge monitoring systems for gas insulated systems»

Mitglied: Stefan Neuhold

FKH-Mitglieder

Verbände

Electrosuisse
8320 Fehraltorf

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)
5001 Aarau

Werksmitglieder

Aare Energie AG
4601 Olten

Energie-Service Biel/Bienne
2504 Biel

AEW Energie AG
5001 Aarau

Energie Wasser Bern
3001 Bern

AG Kraftwerk Wägital
8854 Siebnen

ewl energie wasser luzern
6002 Luzern

Alpiq EnerTrans AG
5013 Niedergösgen

Groupe E SA
1701 Fribourg

Axpo Power AG
5401 Baden

Industrielle Werke Basel
4053 Basel

Azienda Elettrica Ticinese
6501 Bellinzona

Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG
4658 Däniken

Aziende Industriali della città di Lugano
6901 Lugano

Kraftwerke Oberhasli AG
3862 Innertkirchen

BKW Energie AG
3013 Bern

Onyx Energie Netze
4901 Langenthal

CKW AG
6002 Luzern

Sankt Galler Stadtwerke
9001 St. Gallen

EBM Netz AG
4142 Münchenstein

SBB Energie
3052 Zollikofen

EKT AG
9320 Arbon

Services Industriels Lausanne
1000 Lausanne 9

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
8050 Zürich

Services Industriels de Genève SIG
1211 Genève 2

Elektrizitätswerke des Kantons Zürich
8022 Zürich

St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG
9001 St. Gallen

Swissgrid AG
5070 Frick

Werke am Zürichsee AG
8700 Küsnacht

Stadtwerk Winterthur
8402 Winterthur

Verzasca SA
6901 Lugano

Industriemitglieder, Ingenieurbüros und weitere Mitglieder

ABB Schweiz AG
8050 Zürich

Megger Schweiz AG
5107 Schinznach Dorf

Agea-Kull AG
4552 Derendingen

Mohaupt High Voltage GmbH
A-6142 Mieders

Alpha Elektrotechnik AG
2560 Nidau

Nexans Suisse SA
2016 Cortaillod

Arnold AG, Energie & Telecom
3072 Ostermundigen

Omicron electronics GmbH
A-6833 Klaus

Busarello + Cott + Partner AG
8703 Erlenbach

Pfiffner Messwandler AG
5042 Hirschthal

Brugg Kabel AG
5200 Brugg

Pfisterer Ixosil AG
6460 Altdorf

EcoWatt Projects AG
8852 Altendorf

Pöyry Schweiz AG
8048 Zürich

Eidgenössisches Starkstrominspektorat
8320 Fehraltorf

Retranol GmbH
8810 Horgen

GE Grid (Switzerland) GmbH
5036 Oberentfelden

Siemens Schweiz AG
8047 Zürich

Haefely Test AG
4052 Basel

Vaptec AG
8304 Wallisellen

Leoni Studer AG
4658 Däniken

Trafopower AG
5012 Schönenwerd

Maxwell Technologies SA
1728 Rossens

Korrespondierende Mitglieder

Berner Fachhochschule
3400 Burgdorf

**Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs-
und Hochstromtechnik e.V.**
D-68201 Mannheim

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

Haute Ecole Valaisanne
1950 Sion

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

Hochschule für Technik und Architektur Chur
7000 Chur

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
1015 Lausanne

**Zürcher Hochschule für Angewandte
Wissenschaften ZHAW**
8401 Winterthur

**Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
FG Hochspannungstechnologie**
8092 Zürich

Mitgliederbestand per 31.12.2017

Verbände	2	(2)
Werksmitglieder	30	(32)
Industriemitglieder, Ingenieurbüros und weitere Mitglieder	23	(24)
Korrespondierende Mitglieder	9	(9)
Total Mitglieder per 31. Dezember 2017 (Stand per 31.12.2016 in Klammern)	64	(67)

Zufahrtspläne für die FKH-Standorte



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

Hagenholzstrasse 81 • CH-8050 Zürich

Tel. +41 44 253 62 62 • Fax +41 44 253 62 65

FKH-Isolieröllabor und -Versuchsstation, 4658 Däniken



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

FKH-Isolieröllabor Tel. +41 62 288 77 99 • Fax +41 62 288 77 90

FKH-Versuchsstation Tel. +41 62 288 77 95 • Fax +41 62 288 77 94

CH-4658 Däniken

**FKH-Hauptsitz**

Hagenholzstrasse 81
CH-8050 Zürich
Tel. +41 44 253 62 62
Fax +41 44 253 62 65

info@fkh.ch
www.fkh.ch

FKH-Isolieröllabor

CH-4658 Däniken
Tel. +41 62 288 77 99
Fax +41 62 288 77 90

FKH-Versuchsstation

CH-4658 Däniken
Tel. +41 62 288 77 95
Fax +41 62 288 77 94