



Fachkommission für Hochspannungsfragen

Commission d'étude des questions relatives à la haute tension



80 Jahre

JAHRESBERICHT 2016

Inhalt	Seite
Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters.....	3
Wechsel im FKH-Präsidium.....	5
1. Struktur und Leitbild der FKH	7
2. FKH-Vorstand	8
3. FKH-Geschäftsstelle	9
4. Neues FKH-Domizil	10
5. Dienstleistungen der FKH.....	11
6. Auftragsarbeiten, statistische Übersicht	12
7. Ausgewählte Auftragsarbeiten.....	14
8. F&E – Arbeiten	25
9. FKH-Labor für Isolierölanalysen	26
10. Fachtagung „Einsatz von Feststoffisolationen in Hochspannungsbetriebsmitteln...“	28
11. Zusammenarbeit mit Hochschulen / Nachwuchsförderung	29
12. Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen	30
13. Mitgliedschaft / Mitarbeit in Fachgremien und Kommissionen.....	31
14. FKH-Mitglieder	33
15. Informationsbroschüren der FKH.....	36
16. Zufahrtspläne für die FKH-Standorte	37

Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters

Sehr geehrte FKH-Mitglieder, sehr geehrte Freunde der FKH

Die Dienstleistungen der FKH waren auch im Jahr 2016 bei unseren Kunden und Mitgliedern sehr gefragt. Mit unserem spezialisierten Portfolio an Prüf-Diagnosetechnik und in der Beratung bleibt die FKH der bevorzugte Partner der Mitglieder und vieler anderer Unternehmen. Das Budget konnte auch in diesem Jahr überschritten werden und liegt mit ca. 4.4 MCHF deutlich über dem langjährigen Durchschnitt. Der Vorstand und die Geschäftsleitung bedanken sich bei den Mitgliedern und Kunden für das geschenkte Vertrauen und das Interesse an den FKH-Prüfdienstleistungen und Beratungen. Die gute Auslastung befähigt die FKH-Arbeitsgruppe, ihre Dienstleistungen laufend qualitativ zu verbessern. Ein besonderer Dank gebührt auch den Mitarbeitenden der FKH für ihren erfolgreichen Einsatz, ihre Expertise und ihre Flexibilität bei den zahlreichen Vor-Ort-Prüfeinsätzen.

Im September 2016 hat die FKH ihre Geschäftsstelle von der Voltastrasse 9 in ein Geschäftshaus an der Hagenholzstrasse 81 in Zürich Oerlikon verlegt. Die neuen Räumlichkeiten bieten für die Büroarbeitsplätze, Messmittel und vor allem für Fachveranstaltungen, Sitzungen und Seminare erweiterte Möglichkeiten und optimale Voraussetzungen.

Es freut uns ihnen mitzuteilen, dass wir uns im Jahr 2016 im Interesse aller Mitarbeiter, erfolgreich für den Wechsel in ein nachhaltiges Pensionskassensystem entscheiden konnten.

Im Berichtsjahr wurde das Kerngeschäft der FKH durch zwei weitere Hochleistungsdrohseln 260 kV/10 A verstärkt. Diese Erweiterung ermöglicht eine zusätzliche Flexibilität in der Ausführung von Hochspannungsprüfungen. Ausserdem wurden u.a. Diagnosemesssysteme im HS- und Isolierölbereich beschafft, welche die Effizienz und Analysefähigkeit bei Vor-Ort-Prüfungen und in den Labors wesentlich erhöhen.

Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 70, Teilprojekt AC/DC-Hybridfreileitung hat die FKH unter der Projektleitung des Hochspannungslabors der ETH, geleitet von Prof. Christian Franck, mit dem Aufbau des Langzeitversuchs in der Versuchsstation Däniken begonnen. Mit dem Experiment werden die gegenseitige Beeinflussung und das Verhalten der ionisierten Luftmoleküle in Abhängigkeit einer Reihe von Einflussparametern untersucht. Diese Versuche sind notwendig, um technischen Lösungen für den steigenden Bedarf an Energieübertragung über grosse Distanzen aus dem Norden in die Ballungszonen der Verbraucher im Süden zu finden.

Generell zeigt sich, dass die FKH für die Herausforderung der in den letzten Jahren stark veränderten Bedingungen in der Elektrizitätsversorgungsbranche bestens gerüstet ist. Ihr Dienstleistungsspektrum deckt entscheidende Bedürfnisse der Netzbetreiber und Versorgungsunternehmen im Bereich Qualitätsprüfung und Zustandserfassung ab. Sie bearbeitet ausserdem wichtige und aktuelle Fragestellungen der Wechselwirkung zwischen Hochspannungsbetriebsmitteln und deren Umwelteinflüssen.

Auch in Zukunft wird sich die FKH an der Untersuchung neuer technischer Problemstellungen intensiv beteiligen und bleibt damit ihren Zielsetzungen auch 80 Jahre nach ihrer Gründung treu.

Christian Lindner
Präsident

Dr. Reinhold Bräunlich
Geschäftsleiter

Wechsel im FKH-Präsidium

Rücktritt des langjährigen Präsidenten Herr Dr. Thomas Aschwanden

An der 130. Mitgliederversammlung am 25. Mai 2016 ist Dr. Thomas Aschwanden nach 11 Präsidialjahren zurückgetreten. Im Jahre 1999 war er als Vertreter der BKW Energie AG in den FKH-Vorstand und 2005 zum Präsidenten der FKH gewählt worden. Herr Aschwanden hatte schon in den Jahren 1989 bis 1998 der FKH-Arbeitsgruppe als Geschäftsleiter vorgestanden.

Als Geschäftsleiter der FKH-Arbeitsgruppe führte Herr Aschwanden in den 1990er-Jahren systematisch Diagnosemessungen an Betriebsmitteln ein, insbesondere computergestützte TE-Messungen an GIS- und an Gross-Transformatoren. In einer Zeit, wo noch keine modernen Diagnosesysteme auf dem Markt verfügbar waren, galt dieser Schritt als Pionierleistung, welcher der FKH damals einen Knowhow-Vorsprung gesichert hat.

Als Vorstandsmitglied und FKH-Präsident setzte sich Herr Aschwanden konsequent für Massnahmen zur Effizienz- und Umsatzsteigerung bei den Prüfdienstleistungen ein. Diese Schritte waren für die FKH eine notwendige Voraussetzung, ihre Dienstleistung auch angesichts einer zunehmenden Marktöffnung in der Elektrizitätsversorgungsbranche kostendeckend zu erbringen und auch die notwendigen Reserven für die Erneuerung der Prüfinfrastruktur erarbeiten zu können.

Der Vorstand und die Geschäftsleitung danken ihm ganz herzlich für seinen langjährigen und überaus erfolgreichen Einsatz für die FKH.



Wahl des neuen Präsidenten Herr Christian Lindner

Auf Vorschlag des Vorstands wurde Herr Christian Lindner, Axpo Power AG, einstimmig zum neuen Präsidenten der FKH gewählt. Herr Christian Lindner ist seit 2010 Mitglied des Vorstands und übte seit 2014 die Funktion des Vize-Präsidenten aus.

Nach dem Ingenieursstudium begann Herr Lindner seine berufliche Laufbahn als Projektleiter für GIS-Schalter-Entwicklung bei ABB in der Schweiz und in Kanada. Nach einer Phase als Leiter der Schalterentwicklung für Freiluftschalter in Oerlikon wechselte er in die ABB Management AG als Verantwortlicher für globales R&D und Marketing für HS-Schaltanlagen. Im Jahr 2002 erfolgte ein Wechsel zu Alstom T&D in die Position des Vice President F&E für Hochspannungsprodukte und Direktor des Forschungszentrums in Villeurbanne, Frankreich. Seit 2007 arbeitet Herr Lindner bei der NOK, heute Axpo Power AG, in Baden und leitet die Geschäftseinheit Engineering.



Foto: Catherine de Torquat

Der Vorstand und die Geschäftsleitung freuen sich, von der fachlichen Erfahrung und dem Managementwissen des neuen Präsidenten profitieren zu können.

1. Struktur und Leitbild der FKH

1.1 Struktur der FKH

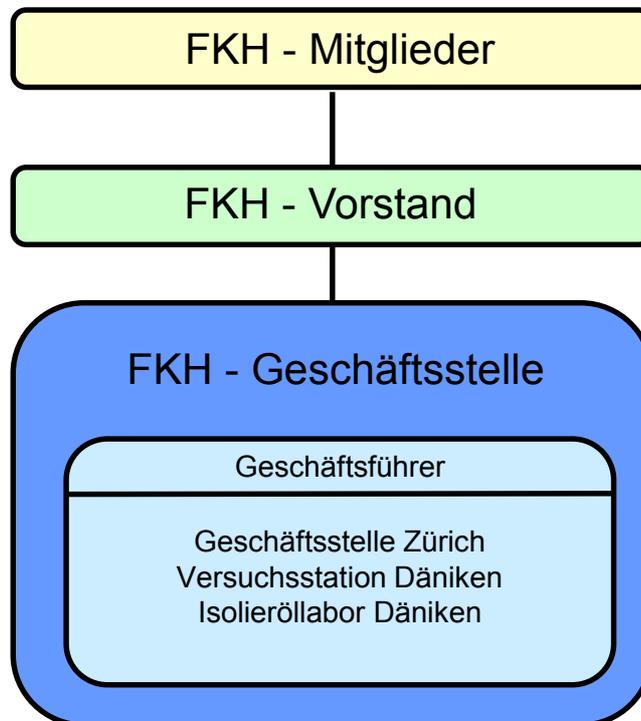


Abbildung 1 Struktur der FKH

1.2 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 Elektroenergietechnik aus. Durch aktive Kontakte zu den beiden ETH Zürich und 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.

2. FKH-Vorstand

Präsident	Dr. Thomas Aschwanden (bis 24. Mai 2016) AF Engineers + Consultants (AFEC) GmbH Christian Lindner (seit 24. Mai 2016) Axpo Power AG
Vizepräsident	Maurice Dierick (seit 14. September 2016) Swissgrid AG
Mitglieder	Dr. Josep Aniceto Schweizerische Bundesbahnen Dr. Reinhold Bräunlich ¹ Fachkommission für Hochspannungsfragen Markus Burger Electrosuisse Andreas Degen Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen Prof. Dr. Christian Franck Eidgenössische Technische Hochschule Zürich David Gautschi GE Grid (Switzerland) GmbH Michael Junghans (seit 24. Mai 2016) Brugg Kabel AG Markus Lehner Elektrizitätswerk der Stadt Zürich Prof. Dr. Farhad Rachidi Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne François Regamey (seit 24. Mai 2016) Service Industriels Lausanne Prof. Dominique Rolle Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg Dr. Alain Schenk 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

3. 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	bruegger@fkh.ch
	Dr. Vahe Der Houhanessian dipl. El.-Ing. ETH	houhanessian@fkh.ch
	Pascal Fehlmann , El.-Ing. FH	fehlmann@fkh.ch
	Peter Frey , Chemielaborant	frey@fkh.ch
	Diego Friedli , M.Sc. Elektrotechnik	friedli@fkh.ch
	Giuseppe Gatto , El.-Ing. FH	gatto@fkh.ch
	Mario Gobeli , El.-Ing. FH	gobeli@fkh.ch
	Dr. Thomas Heizmann , dipl. El.-Ing. ETH Leiter Labor für Isolierölanalysen	heizmann@fkh.ch
	Adamo Mele , Elektromechaniker	mele@fkh.ch
	Simon Mutter , Energieelektroniker	mutter@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
Betriebsstätten	FKH-Geschäftsstelle Hagenholzstrasse 81 8050 Zürich	Tel. 044 253 6262 Fax 044 253 6260
	FKH-Versuchsstation 4658 Däniken	Tel. 062 288 7795 Fax 062 288 7794
	FKH-Labor für Isolierölanalysen 4658 Däniken	Tel. 062 288 7799 Fax 062 288 7790 Pikett 058 319 2060 trafo@fkh.ch
Kontaktadresse für die Westschweiz	Pascal Fehlmann Le Verney 10 1483 Montet (Broye)	Tel. 026 665 07 20 Natel 079 275 91 50 fehlmann@fkh.ch
Internet-Adresse	www.fkh.ch	

4. Neues FKH-Domizil



Abbildung 1 Bürogebäude Aussenansicht

Ende September 2016 hat die FKH ihren Geschäftssitz von der Voltastrasse 9 in ein Geschäftshaus an der Hagenholzstrasse 81 in Zürich Oerlikon verlegt. Die Räumlichkeiten der FKH befinden sich im vierten Stock (Abbildung 1).

Nebst einem grosszügigen Büroteil bietet der neue Standort auch einen Raum für Seminare bis maximal 24 Personen (Abbildung 2).

Auch für die Lagerung von Fachliteratur und Messgeräten steht deutlich mehr Raum zur Verfügung als bisher.



Abbildung 2 Sitzungsraum

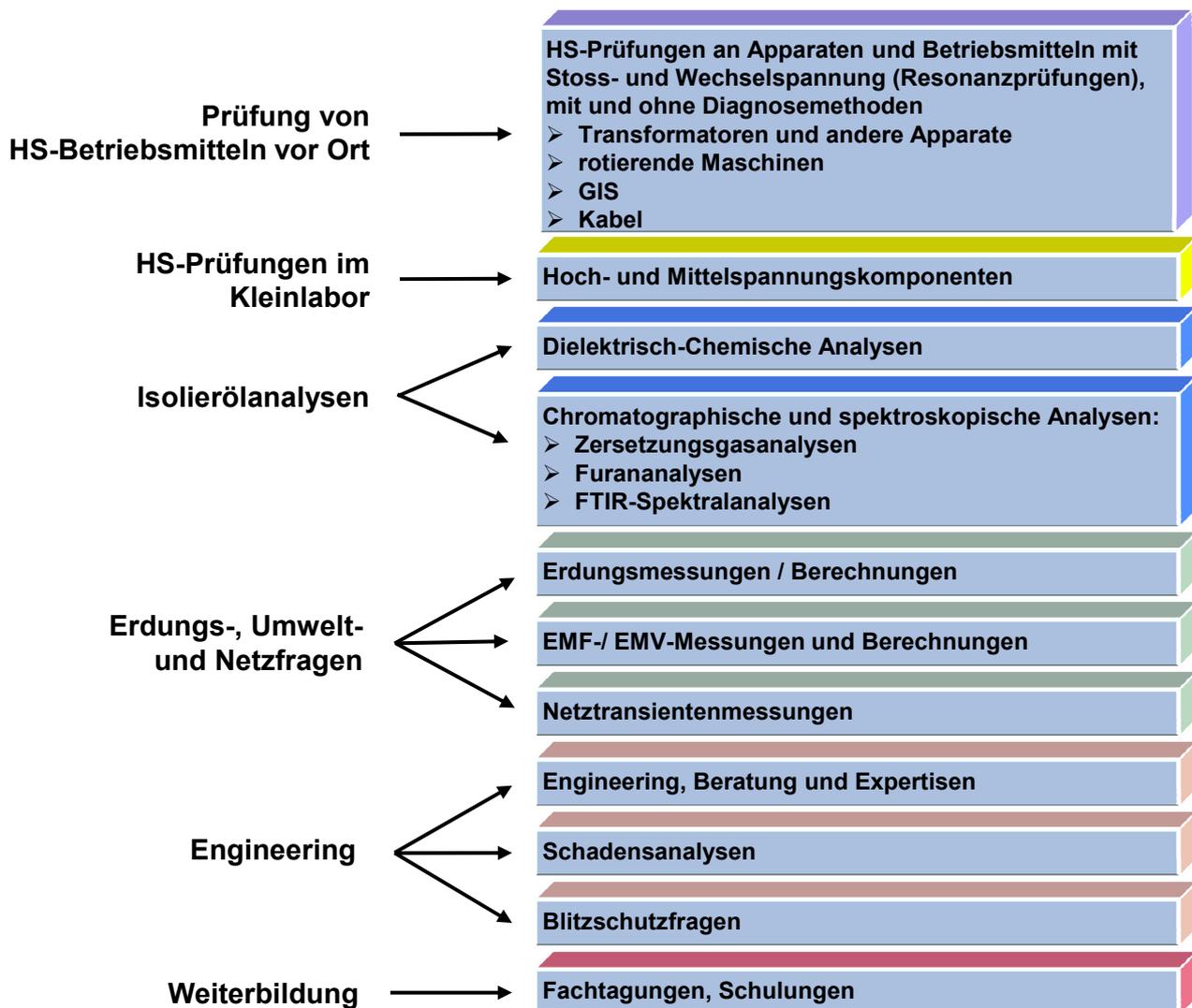
5. Dienstleistungen der FKH

Als neutrale Institution bietet die FKH ihren Mitgliedern und Kunden Dienstleistungen gemäss untenstehender 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 Apparate-Herstellern oder in der Versuchsstation Däniken ausgeführt werden.

Die wichtigsten Dienstleistungen der FKH sind in den Informationsbroschüren beschrieben. Die auf Anfrage erhältlichen Broschüren sind im Kapitel 15 des Jahresberichts aufgelistet. Sie können auch auf der Internetseite der FKH (www.fkh.ch) abgerufen werden.

Folgende Dienstleistungen bietet die FKH an:



6. Auftragsarbeiten, statistische Übersicht

Neben diversen Forschungs- und Entwicklungsprojekten wurden im Berichtsjahr 2016 insgesamt 171 Auftragsarbeiten und 160 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	3'555'623.-	(3'556'653.-)
Erlös aus Auftragsarbeiten für Nichtmitglieder	CHF	443'809.-	(1'068'134.-)
Total gemäss FKH-Erfolgsrechnung 2016	CHF	3'999'432.-	(4'624'787.-)

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

Tabelle 1 Erlös aus Auftragsarbeiten

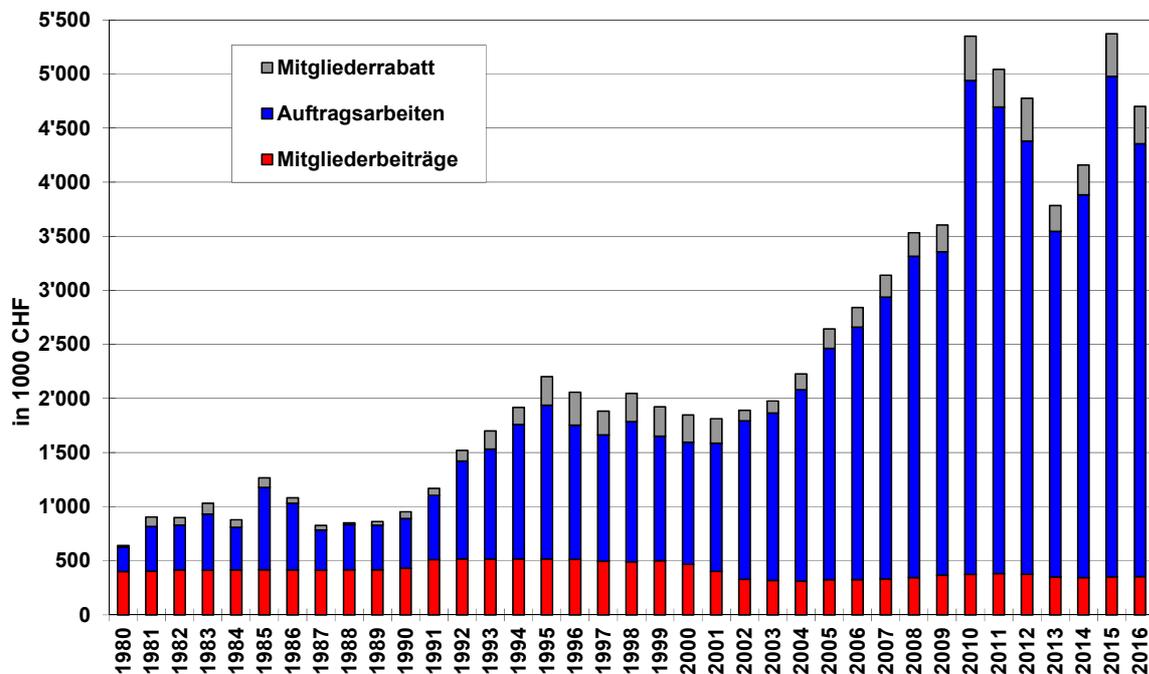


Abbildung 1 Erlös aus Auftragsarbeiten und Mitgliederbeiträgen, im Zeitraum von 1980 - 2016

Die Auftragstätigkeit der FKH-Arbeitsgruppe für Mitglieder und Dritte im Berichtsjahr 2016 kann folgenden Gebieten zugeordnet werden (prozentuale Verteilung bezogen auf den erzielten Nettoerlös, Angaben aus dem Vorjahr in Klammern):

Prüfung von Hochspannungs-Kabelanlagen	44% (52%)
Diagnose von Hochspannungsapparaten (Transformatoren)	11% (12%)
Prüfung von GIS oder GIL	13% (8%)
Erdungsmessungen / Nachweis von Blitzschutzmassnahmen	7% (5%)
Typprüfungen / Spezialversuche	3% (4%)
EMF / Korona / EMV / Transiente Vorgänge im Netz und in HS-Anlagen	0% (1%)
Beratungs- und Betreuungsaufgaben	1% (0%)
Isolierölanalysen	21% (17%)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	0% (0%)

Tabelle 2 Prozentuale Verteilung der Auftragsarbeiten im Jahr 2016 nach Dienstleistungssparten aufgeschlüsselt (Vorjahr in Klammern)

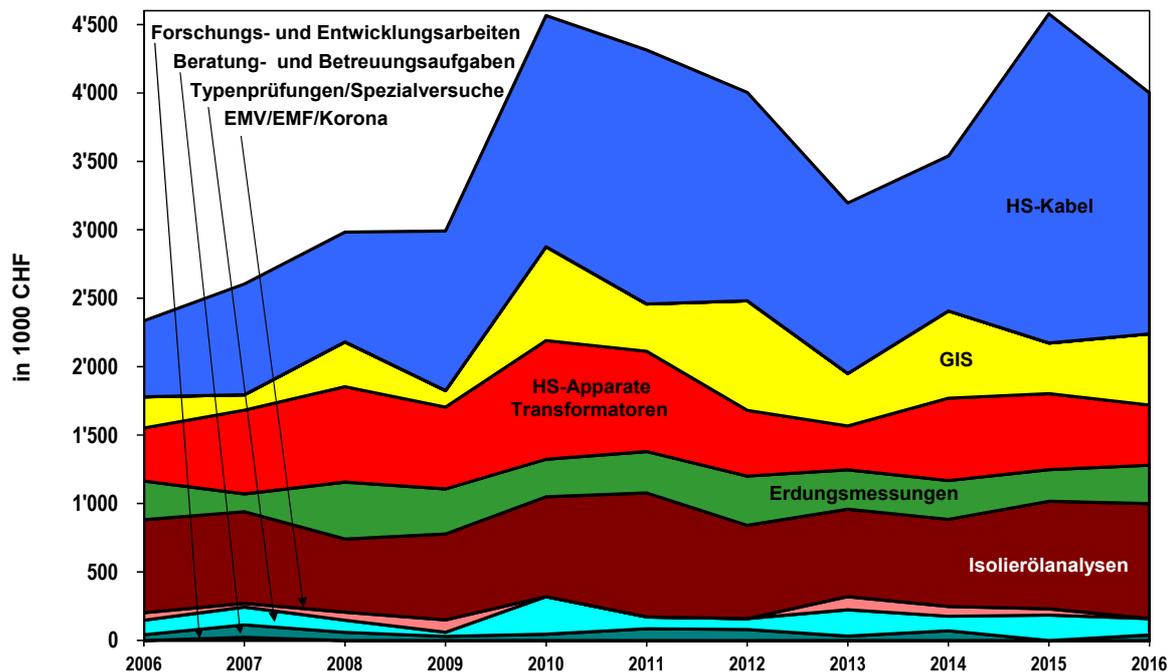


Abbildung 2 Entwicklung des Erlöses aus Auftragsarbeiten nach einzelnen Dienstleistungssparten (in CHF 1'000) über den Zeitraum von 2006 bis 2016

7. Ausgewählte Auftragsarbeiten

7.1 Stossprüfung und AC-Test an 220-kV-GIS in Rumänien

Die FKH hat im Unterwerk Bradu der Firma Transelectrica in Rumänien an einer 220-kV-GIS des koreanischen Herstellers Hyosung eine Wechselspannungsprüfung ausgeführt.

Die einminütige Stehwechselspannungsprüfung von 380 kV wurde mit einer frequenzvariablen Serieresonanz-Quelle der FKH erzeugt (Abbildung 1).

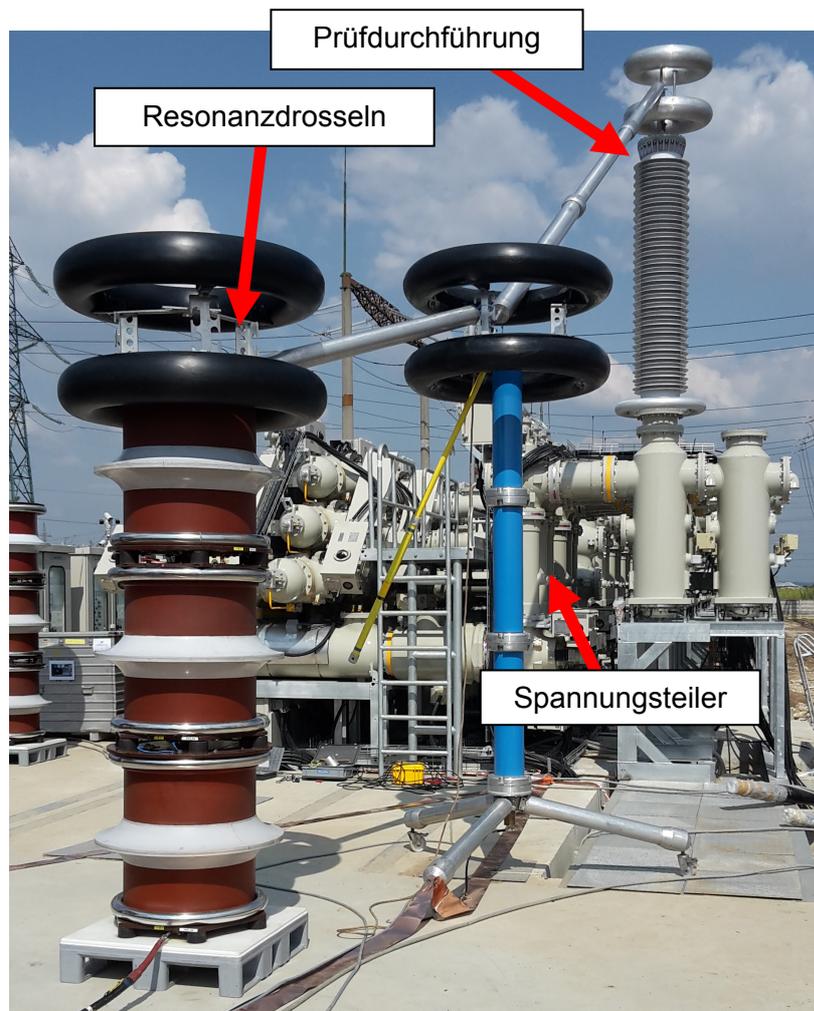


Abbildung 1 Testaufbau für die Stehspannungsprüfung mit Serieresonanzquelle

Da für TE-Messungen keine UHF-Sensoren vorgesehen waren, wurde die AC-Prüfung mit einer schwingenden Blitzstossprüfung (Oscillating Lighting Impulse, OLI) gemäss Absatz 10.2.101.1.3 (Prozedur C) der IEC 62271-203 ergänzt.

Die GIS musste dabei je drei aufeinanderfolgende schwingende Blitzstösse beider Polaritäten ohne Isolationsversagen bestehen. Der Scheitelwert betrug für beide Polaritäten 840 kV. Die Anstiegszeit des schwingenden Blitzstosses soll gemäss IEC nicht grösser als 15 μ s sein.

Als Prüfquelle diente der mobile Stossgenerator der FKH, der über eine Schwingdrossel und eine Prüfdurchführung an die GIS angeschlossen wurde (Abbildung 2).

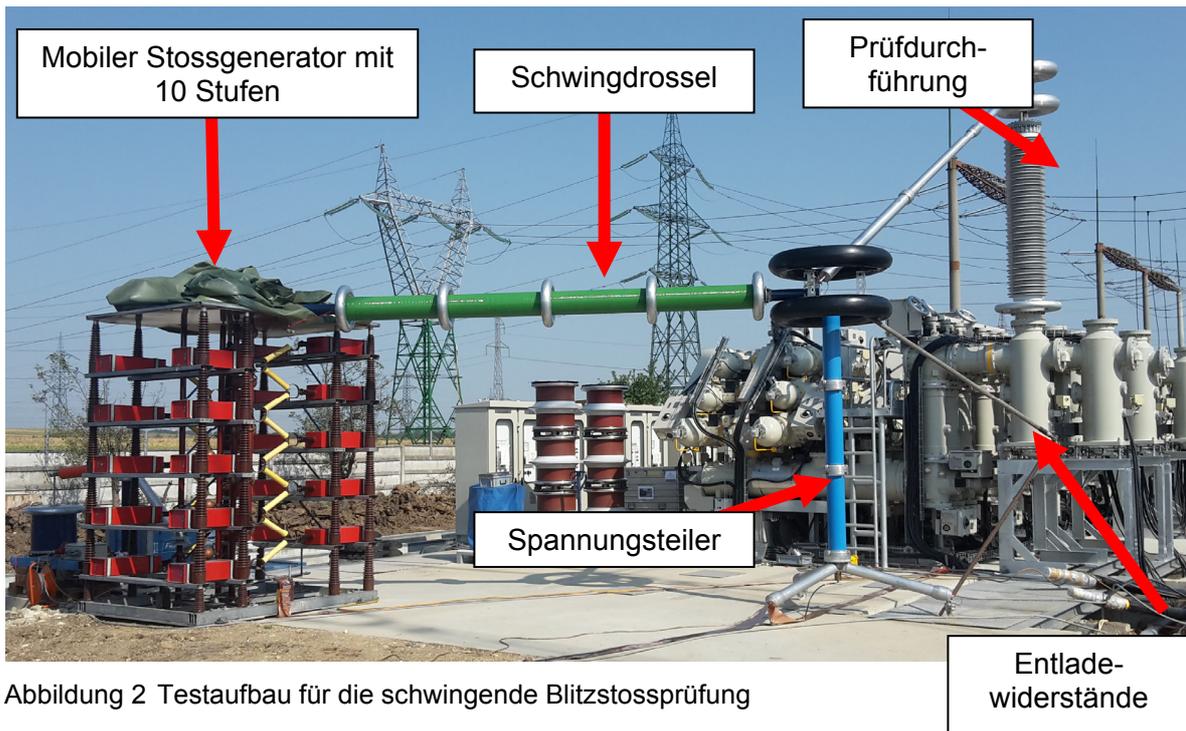
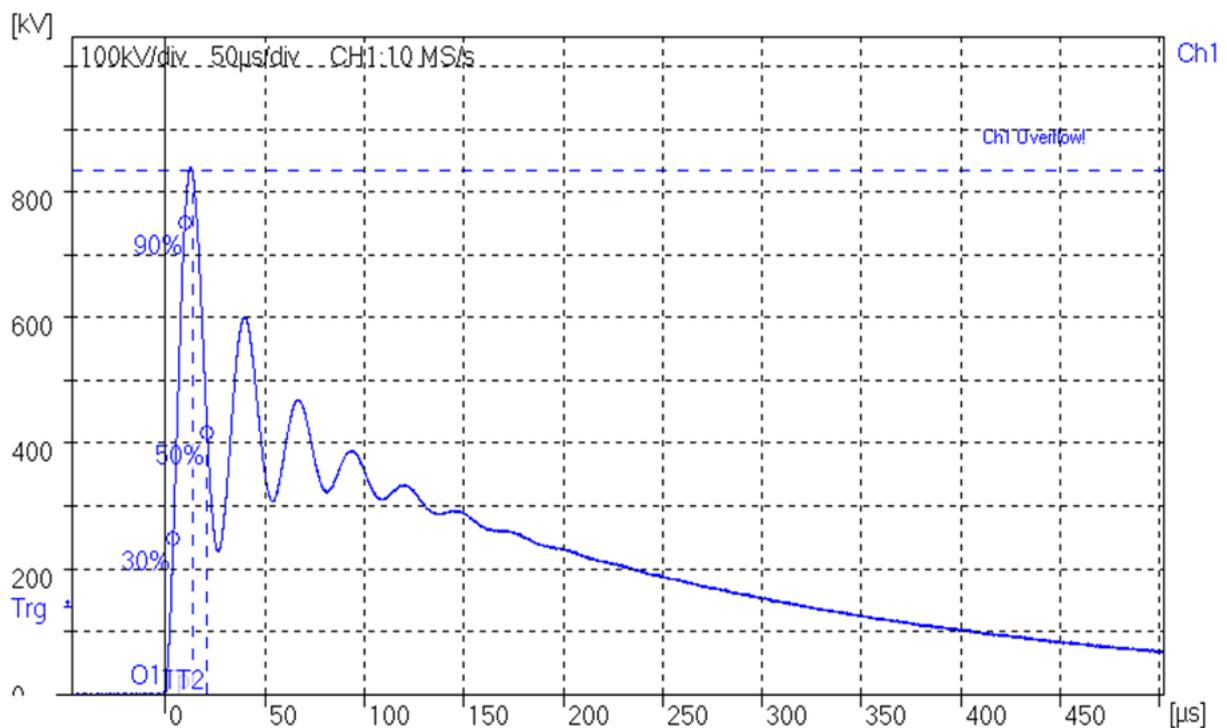


Abbildung 2 Testaufbau für die schwingende Blitzstossprüfung

Mit der Gesamtkapazität einer Phase der GIS von ca. 8 nF und einer Induktivität der Schwingdrossel von 2.35 mH konnte die IEC-Vorgabe mit einer Anstiegszeit von knapp über 14 μ s erreicht werden. Die Stossspannung wurde mit einem kapazitiven Teiler gemessen, mit dem automatischen Stoss-Analysesystem der FKH aufgezeichnet und ausgewertet.

Nach einigen Konditionierungsstößen bei tieferen Spannungen hielten alle drei Phasen je drei schwingende Stöße beider Polaritäten ohne Isolationsversagen. Abbildung 3 zeigt einen aufgezeichneten positiven Stoss.

Abbildung 3 Positiver Stoss mit Scheitelwert +829.8 kV und Anstiegszeit 14.6 μ s

7.2 Rückstrommessungen am Autotransformator-System der Luino-Linie für die SBB

Die eingleisige Luino-Linie ist Bestandteil der NEAT-Achse Gotthard und bereits heute verkehren von den 120 Güterzügen durch den Gotthard-Basistunnel pro Tag rund 40 Güterzüge mit ca. 1'500 t Gewicht und 600 m Länge über diese Strecke (Abbildung 1). Aufgrund des stetig angestiegenen Güterverkehrs ermöglichte die bis anhin verwendete einphasige Stickspeisung ab Unterwerk Giubiasco bereits nur noch eine knapp genügende Spannungsstabilität. Durch die erwartete weitere Zunahme des Güterverkehrs, infolge der Eröffnung des Gotthard-Basistunnels 2016 und des Ceneri-Basistunnels (geplant 2020), wurde der Ausbau der Bahnenergieversorgung unumgänglich. Zu diesem Zweck wird erstmals in der Geschichte der SBB ein Autotransformatorsystem (AT-System) mit 2AC 30/15 kV 16,7 Hz eingeführt¹.



Abbildung 1 Güterzug auf der Luino-Linie

Das Spannungssystem wird im Unterwerk Giubiasco mit Hilfe von drei parallel geschalteten Autotransformatoren erzeugt, von denen zwei für den Maximalbetrieb ausreichen und einer der Redundanz dient. Die auf Eisenbahnwagen aufgebauten mobilen Autotransformatoren entlang der Strecke befinden sich in Contone, Ranzo und Luino (Abbildung 2)².

¹ M. Lörtscher, F. Leu: *Autotransformatorsystem auf der NEAT-Achse Gotthard - Luino-Linie*, eb, Heft 2-3/2017

² M. Aeberhard, E. Basler, F. Leu: *Autotransformatorsystem für die Luino-Linie*, eb, Heft 6, 2014.

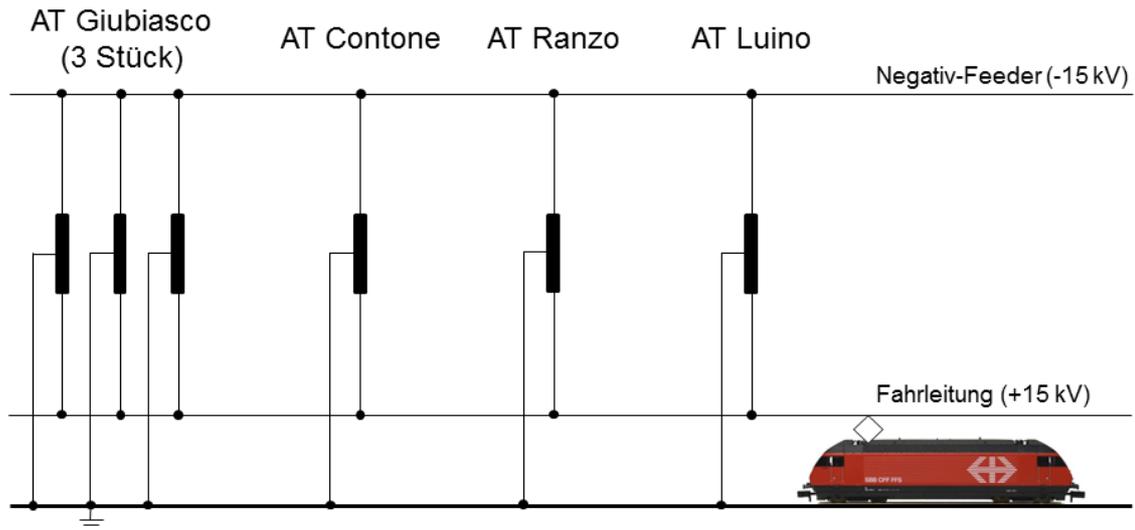


Abbildung 2 Autotransformator-System zur Speisung der Luino-Linie (Bild SBB)

Im Zuge der Inbetriebnahme des AT-Systems hat die FKH die Rückstromverteilung in den Schienen, den Rückleiterseilen sowie den Erdverbindungen des AT-Nullpunktes gemessen.

Ebenfalls wurden DC-Ströme in den Nullpunkten der AT in Contone und Ranzo gemessen. Durch die Nähe der Trennungsstelle der schweizerischen AC- und der italienischen DC-Versorgung im Bahnhof Luino wurde davon ausgegangen, dass DC-Streuströme im AT-System fließen. Dies konnte durch die Messungen bestätigt werden. Mit den von der FKH gemessenen DC-Strömen durch die Trafos in Contone und Ranzo konnte zusammen mit weiteren DC-Messergebnissen an zwei Stellen an der Strecke (Messungen SGK) u. a. ein Ersatzschaltbild für die DC-Streuströme im gesamten AT-System erstellt und verifiziert werden.

Zur Messung der DC-Ströme wurden in den Nullpunkt-Erdungen der AT Contone und Ranzo Shunt-Widerstände eingefügt. Die Spannung über den Shunts wurde zur Elimination des 16.7-Hz-Anteils mit einem LC-Tiefpass gefiltert und aufgezeichnet (Abbildung 3).

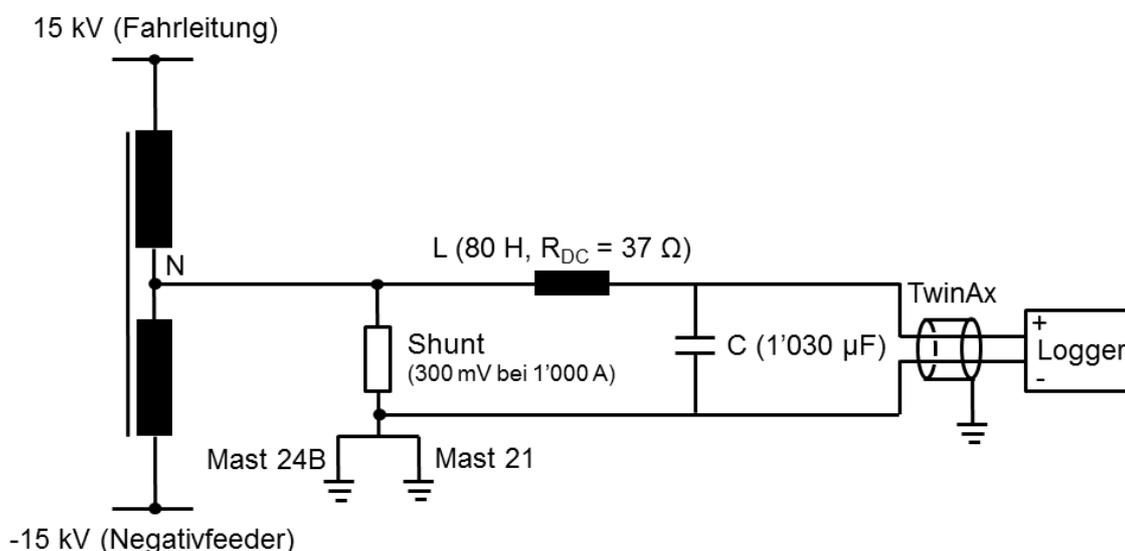


Abbildung 3 Prinzip der DC-Strom-Messung in den ATMob-Mittelpunkten mit Shunt und LC-Tiefpass

7.3 Netzqualitäts-Messung im 380-kV-Netz, UW Robbia

Die FKH hat im Auftrag von Swissgrid im UW Robbia im Puschlav die Netzqualitätsmessungen im 380-kV-Netz über die Dauer einer Woche durchgeführt und ausgewertet. Bekannte Oberschwingungen im Gebiet Engadin des 380-kV-Netzes haben die Frage nach der Höhe der Oberwellen im Puschlav aufgeworfen.



Abbildung 1 380/150-kV-Transformator 1B im UW Robbia

Zur Messung von Netzerwellen im Höchstspannungsnetz wurde von der FKH ein geeignetes Konzept entwickelt: Die Strom- und Spannungserfassung erfolgt dabei an den Transformator durchführungen (siehe Prinzip Abbildung 2). Die Spannungsmessung im erweiterten Frequenzbereich erfolgt an einem kapazitiven Spannungsteiler, der durch Anschluss einer Sekundärkapazität am kapazitiven Messanschluss einer Transformator-Durchführung realisiert wird. Der Ausgang des Spannungsteilers wird über ein Koaxialkabel mit einem Netzanalysator verbunden. Die Kalibrierung dieser Spannungsmesseinrichtung erfolgt zu Beginn der Messperiode bei Netzfrequenz mit dem Pegel eines Spannungswandlers.

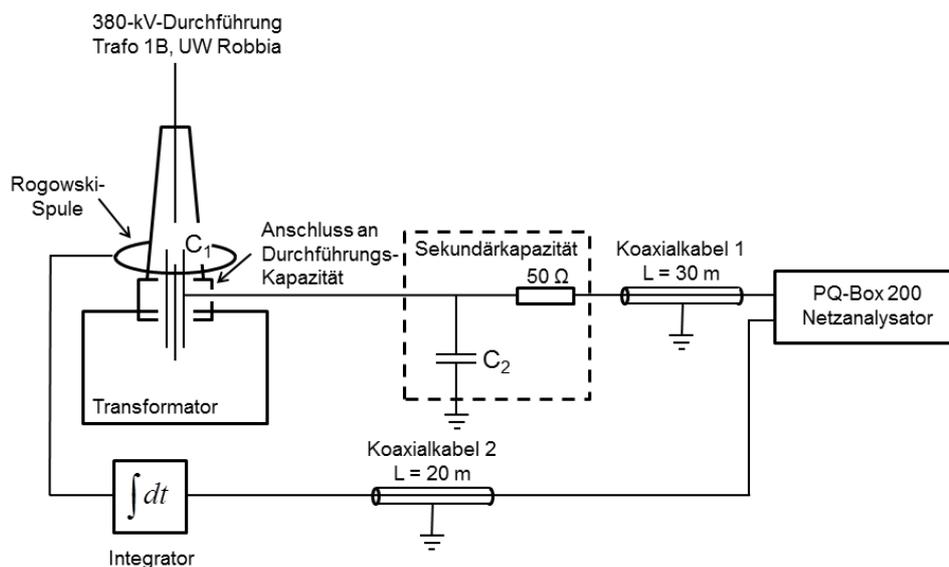


Abbildung 2 Prinzip der Messung von Strom und Spannung an einer Transformator durchführung

Der Strom wird mittels einer Rogowski-Spule gemessen, welche um die Durchführung gelegt wird (siehe Abbildung 3).

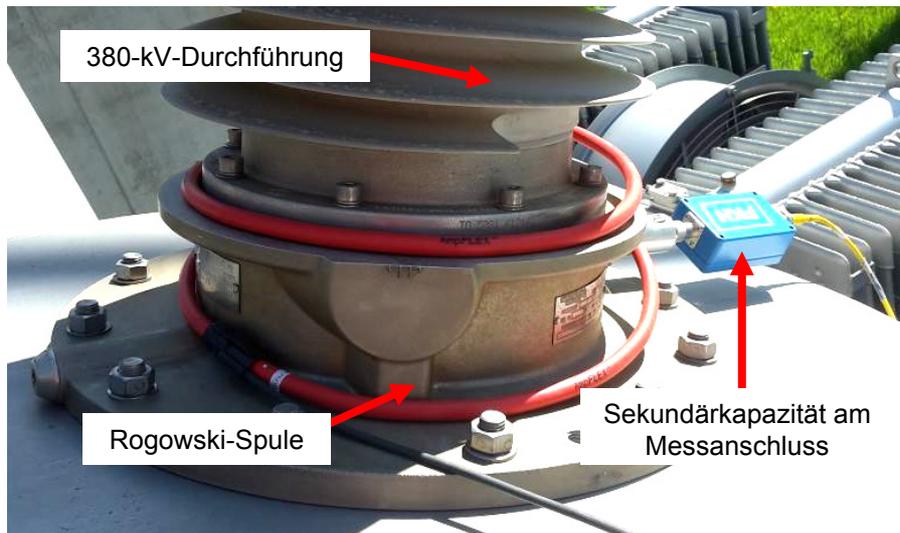


Abbildung 3 Rogowski-Spule und Sekundärkapazität am Messanschluss der 380-kV-Durchführung

Die höchsten innerhalb einer Woche gemessenen Oberwellenamplituden traten bei der 7. Harmonischen auf. An Werktagen wurden deutlich höhere Pegel als am Wochenende erreicht. Generell lagen sie allerdings mit grosser Reserve innerhalb der „Technische Regeln zur Beurteilung von Netzurückwirkungen, Ergänzungsdokument Hochspannungsverteilternetze“ (Arbeitsgruppe D-A-CH-CZ für Netzurückwirkungen, Herausgeber: VSE 2012).

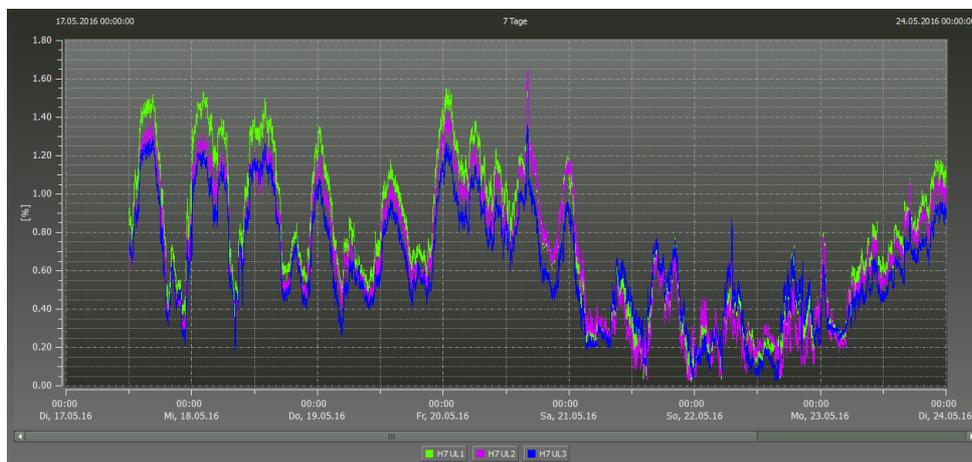


Abbildung 4 Verlauf der 7. Spannungsharmonischen über die gesamte Messperiode von einer Woche



Autor:
Thomas Brügger
Dr. sc. ETH
Projektingenieur

7.4 Modernes Instrumentarium für die Vor-Ort-TE-Messungen an Transformatoren

Mit dem neuen leistungselektronischen Testsystem für Transformatorprüfungen basierend auf einem Frequenz-Umrichter und TE-Aufzeichnungs-Geräten der neusten Generation konnte die FKH in den letzten Jahren mehrmals zeigen, dass auch Vor-Ort-Teilentladungsmessungen mit hoher Empfindlichkeit an Transformatoren möglich sind. Der kleine Grundstörpegel der Prüfanlage ermöglicht eine TE-Messsensitivität kleiner 20 pC an den Unterspannungswicklungen wo die Prüfquelle angeschlossen ist. An den Hochspannungswicklungen ist üblicherweise das Grundrauschen kleiner 10 pC.

Die Ortung von TE-Quellen in/an Transformatoren ist jeweils die grösste Herausforderung. Mit Erfahrung und ergänzenden TE-Erfassungsmethoden, welche elektromagnetische akustische und optische Emissionen einbezieht, gelingt in vielen Fällen eine Eingrenzung des Orts der Teilentladungsquelle. Deshalb setzt die FKH nebst den phasen aufgelösten Standard-TE-Messsystemen auch Oszillographen sowie Spektrumanalysatoren ein und rüstet sich stets mit neuen sensorischen Diagnosemitteln aus.

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen den Einsatz eines 4-kanaligen akustischen Ortungssystems, mit welchem TE-Impulsquellen in geometrischen 3D-Modellen der Transformatoren lokalisiert werden können. Sensoren für die Detektion innerer und äusserer Entladungen im HF- und UHF-Bereich zeigen die Abbildungen 3 und 4. Im Berichtsjahr wurde auch eine moderne UV-Kamera für die Sichtbarmachung äusserer Koronaentladungen bestellt.



Abbildung 1 akustische Sensoren

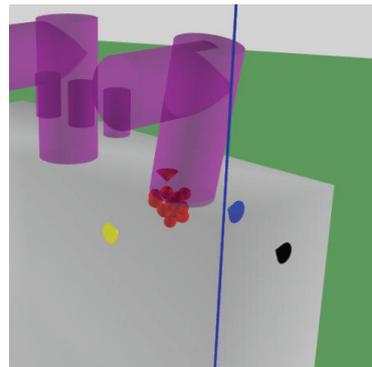


Abbildung 2 3D-Modell eines Trafos
(rot: TE-Quelle)



Abbildung 3 UHF-Sensoren die über Ölkeilschieber in den Transformator eingeführt werden können



Abbildung 4 Handsonde für die Detektion schwacher Elektromagnetischer Impulse von Teilentladungen



Autor:
Pascal Fehlmann
Dipl. El.-Ing. FH
Projektgenieur

7.5 Erdschluss an einer 220-kV-Leitung in Fusio

Bei Erdschlüssen an Höchstspannungsfreileitungen innerhalb einer Spannweite ohne Mastbeteiligung fliesst der gesamte Fehlerstrom über das Fehlerobjekt unkontrolliert ins Erdreich. Die Rückströme treten dann erst über grössere Umwege auf die Tragwerke und auf das Erdseil über und erzeugen in der Umgebung weitreichende Potentialanhebungen. Dazu kommt, dass der Erdfehlerwiderstand so hoch sein kann, dass eine Fehlerabschaltung nicht oder verspätet erfolgt.

Die FKH wurde im vergangenen Jahr zur Abklärung eines solchen Falls herangezogen, bei welchem unter anderem Nutztiere in grösserer Entfernung tödlich elektrisiert wurden.

Der Erdschluss trat im Rahmen von Baumfällarbeiten im Tessin im Bereich einer 220-kV-Freileitung auf. Ein noch nicht gefälltter Baum war in Abwesenheit der Waldarbeiter in ein Phasenbündel der Freileitung gefallen und hatte den Erdschluss verursacht. In einem Ziegenstall kam es aufgrund des Potentialtrichters zu so grossen Schrittspannungen, dass sechs Ziegen starben.

Der Schadenshergang konnte im Einzelnen rekonstruiert werden.



Abbildung 1 Baum im 220-kV-Phasenseil (Bild Swissgrid)

Der Erdfehlerstrom war durch den Widerstand des Baums und die hohe Erdungsimpedanz so tief, dass der Leitungsschutz nicht auslöste und darum der Fehler über eine Minute anstand.

Weder an der Niederspannungsinstallation des Stalls, noch beim nächstgelegenen Mast, konnten Installationsfehler gefunden werden.

Schäden durch Erdfehler von Höchstspannungsleitungen zwischen zwei Masten im offenen Gelände treten sehr selten auf. So sind auch Personenunfälle aufgrund solcher Erdschlüsse bisher nicht bekannt geworden. Technische Massnahmen zur gänzlichen Vermeidung derartiger Vorfälle sind mit vertretbarem Aufwand schwer möglich. Um das Risiko gering zu halten, sollte bei Leitungskontrollen speziell auf Bäume geachtet werden, die für den Sturz in die Leitung gefährdet sind.



Autor:
Günther Storf

Dip. El.-Ing. ETH
Stv. Geschäftsführer
Projektingenieur

7.6 Ortung von Teilentladungen in Gas isolierten Schaltanlagen

Bei Abnahmeprüfungen neuer oder erweiterter Hochspannungs-GIS vor Ort wird standardmässig eine Stehwechselfeldspannungsprüfung mit anschliessender Teilentladungsmessungen (TE-Messung) durchgeführt. Allfällige dabei festgestellte Teilentladungen stammen in der Regel von Montagefehlern, Verschmutzungen oder Fremdteilchen innerhalb der Kapselung. Diese können im Rahmen der Inbetriebsetzungsprüfung eliminiert werden. Allerdings müssen solche Fehler vor der notwendigen Öffnung der GIS jeweils geortet bzw. lokal eingegrenzt werden. Da mit der Öffnung Gasarbeiten verbunden sind, kommt der möglichst genauen Lokalisierung der Fehler eine hohe Bedeutung zu.

Die erste grobe Eingrenzung besteht in der Regel im Zu- und Wegschalten von GIS-Anlagenteilen und der Beobachtung, ob die TE noch messbar ist oder nicht. Eine weitere Möglichkeit ist die akustische Lokalisierung mittels Ultraschall-Messtechnik. Hierbei wird mit einem Ultraschall-Sensor versucht, an der Aussenseite der GIS-Kapselung die mechanischen Erschütterungen der Teilentladung im Innern zu detektieren, was insbesondere bei hüpfenden Teilchen im elektrischen Feld gelingt. Werden mehrere Sensoren eingesetzt, können für die Ortung akustische Laufzeitunterschiede ausgenutzt werden.

Beim konventionellen TE-Messverfahren nach IEC 60270 mit angeflanschem Koppelkondensator bei Messfrequenzen zwischen 30 kHz bis 1 MHz beschränkt sich die Ortungsmöglichkeit im Wesentlichen auf die obgenannten zwei Verfahren.

Die TE-Messung vor Ort wird heute standardmässig an eingebauten elektromagnetischen Feldsensoren im UHF-Bereich (100 MHz bis 2 GHz) durchgeführt. Der gute Signalabstand gegenüber Störungen von Korona, Umrichter, Sendeanlagen, etc. ermöglicht auch unter Vor-Ort-Bedingungen eine hohe Messempfindlichkeit. Der hier entscheidende Vorteil aber ist, dass bei diesen Frequenzen Zeitdifferenzen in den gemessenen TE-Signalen bis herab zu ca. 1 ns sichtbar sind. Dies erlaubt Laufzeitmessungen mit Ortsauflösungen von wenigen 10 cm. Die Erfassung eines TE-Impulssignals an zwei Sensoren beidseitig der Fehlerstelle lässt damit eine Fehlerortungen zu, bei welcher in der Regel der betroffene Gasraum identifiziert werden kann.

Eine Voraussetzung dazu ist, dass die UHF-TE-Sensoren in ausreichender Anzahl eingebaut wurden, so dass das TE-Signal unter Berücksichtigung der typischen Dämpfungen an zwei Stellen messbar ist. Aufgrund ihrer Mess- und Prüferfahrung kann die FKH bei Bedarf Empfehlungen für die Anordnung der Sensoren in einer GIS abgeben.

Abbildung 1 zeigt ein Oszillogramm-Beispiel, bei welchem die aufgezeichneten TE-Signale an den beiden Sensoren mit einer Zeitdifferenz von ca. 9.4 Nanosekunden eintreffen.

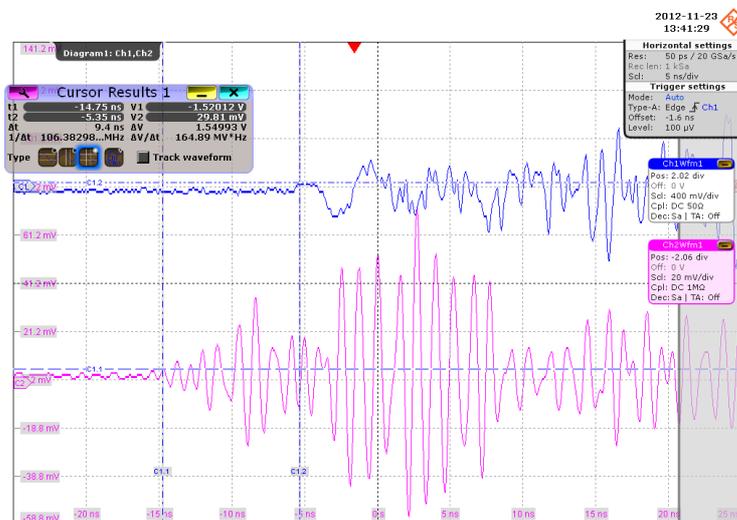


Abbildung 1 Messung von Signal-Laufzeitdifferenzen von Teilentladungssignalen [2]

Nach Herausrechnen von möglichen Messkabel-Längenunterschieden und Einbezug der Signalausbreitungsgeschwindigkeit konnte hieraus für den Ort eine Abweichung von der halben Distanz zwischen den zwei Sensoren von ca. 153 cm in Richtung Sensor 1 berechnet werden. Die Schwierigkeit bei der Anwendung der Laufzeitmessung steckt im Detail. Stärkere Störsignale in der Umgebung der Messung können ein zuverlässiges Triggern auf das TE-Signal verhindern. Im Weiteren ist die Bestimmung des TE-Signal-Anfanges bei geringer Messempfindlichkeit erschwert, so dass die Genauigkeit der Ortung vermindert wird. Ein weiterer Einflussfaktor ist die verminderte Signal-Ausbreitungs-Geschwindigkeit in festen Isolierstoffen. Bei höherem Feststoff-Anteil auf der Wegstrecke von Sensor A gegenüber Sensor B breitet sich das Signal entsprechend langsamer aus. Eine Nicht-Berücksichtigung führt zu zusätzlichen Ungenauigkeiten in der Ortung. Ein Beispiel für einen deutlich erhöhten Feststoff-Anteil im Signalpfad ist z.B. ein Kabelendverschluss (Messung mit einem externen UHF-Sensor, siehe Abbildung 2).

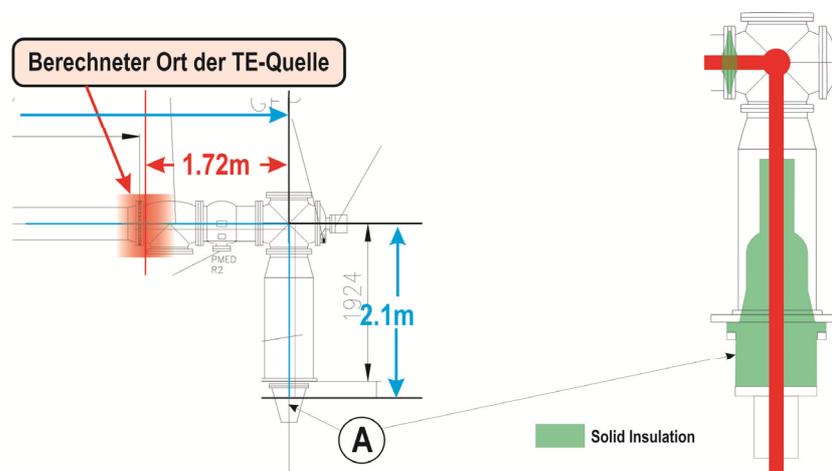


Abbildung 2 Illustration von deutlich erhöhtem Feststoff-Anteil im TE-Signalpfad [2]

Zu diesem Thema wurde gemeinsam mit der ABB Hochspannungstechnik und der Fachhochschule in Rapperswil eine Publikation veröffentlicht [2].

- [1] Reid A. J., Judd M. D.; Ultra-wide bandwidth measurement of partial discharge current pulses in SF6; Journal of Physics D: Applied Physics, Vol. 45 (2012)
- [2] Behrmann G., Wyss K., Weiss J., Schraudolph M., Neuhold S., Smajic J.; Signal delay effects of solid dielectrics on time-of-flight measurements in GIS; IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol 23, No. 3; June 2016



Autor:
Stefan Neuhold

Dr. sc. ETH
Projektgenieur

7.7 Kabelprüfungen bei komplexen Bedingungen

Durch schwindende Platzreserven und immer kompaktere Bauweisen von Schaltanlagen werden bei Vor-Ortprüfungen vermehrt Situationen vorgefunden, wo vor dem Prüfling kein Raum für einen Lastwagen bzw. für die Aufstellung einer Prüfanlage gegeben ist. In diesen Fällen müssen oft Hindernisse, wie Zäune, Mauern, Gebäudeteile oder Teile einer Schaltanlage mit komplexen Zuleitungen für die Prüfhochspannung überwunden werden.

Im Abbildung 1 ist ein Beispiel eines aufwändigen Prüfaufbaus zu sehen, bei welchem die Zuleitung über einen Netzkuppeltransformator eingerichtet werden musste. Die FKH hat im Berichtsjahr im Unterwerk Laufenburg der Swissgrid eine 275-kV-Kableprüfung im Auftrag von Brugg Cables durchgeführt. Die Verbindung musste wegen der geforderten Teilentladungsmessung koronafrei mit 100 mm Leiterdurchmesser aufgebaut werden. Hierzu wurde ein Podest über dem Transformator in 8 m Höhe aufgebaut, auf welchem der kapazitive Spannungsteiler als Stützpunkt verwendet wurde.

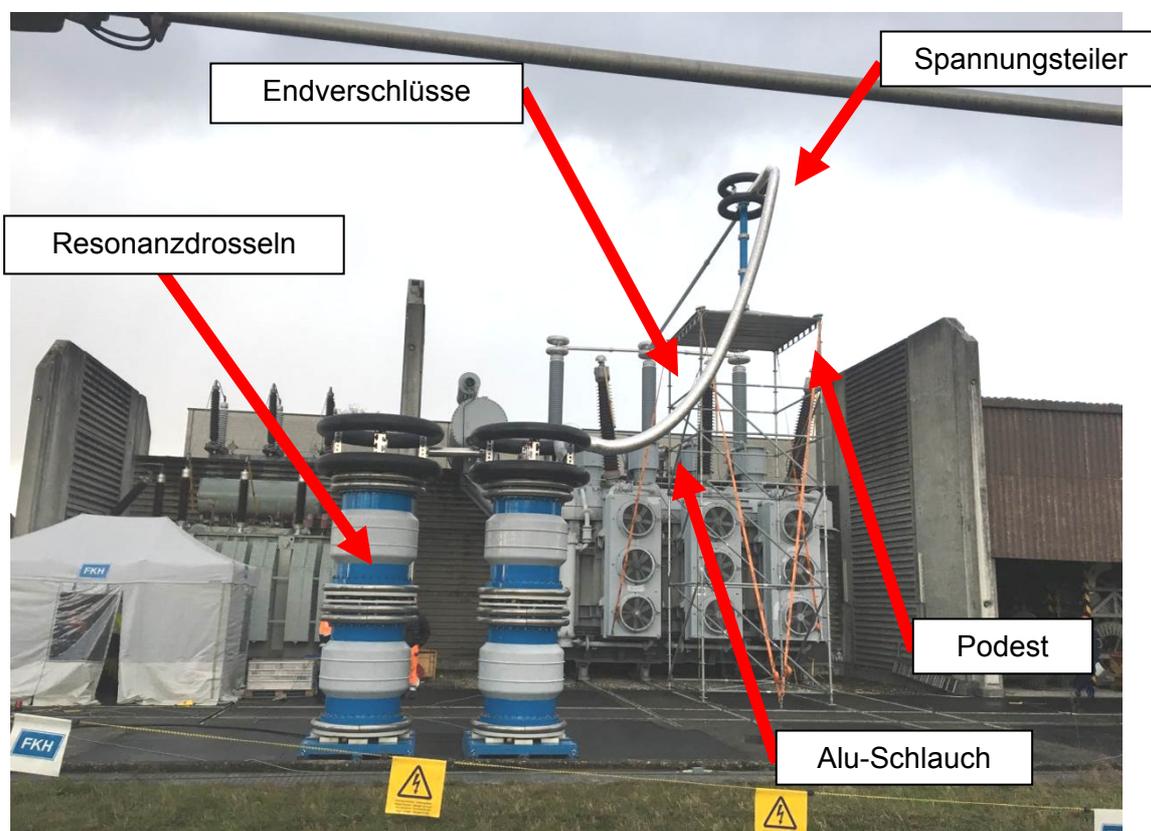


Abbildung 1 Testaufbau für die Wechsellspannungsprüfung und Teilentladungsmessung mit der Seriersonanzprüfanlage der FKH im UW Laufenburg

Es wurde beschlossen, die drei Phasen gleichzeitig zu prüfen, um die Montagearbeiten über dem Transformator auf ein Minimum zu beschränken. Zwischen den Kabelendverschlüssen der drei Phasen und für die Verbindung zum Spannungsteiler wurden Aluminiumrohre montiert. Die Verbindung zu den Resonanzdrosseln erfolgte über einen flexiblen Aluminiumschlauch.



Autor:

Diego Friedli

M.Sc.Eng. HES-SO
Projektingenieur

8. F&E – Arbeiten

8.1 Hybrid HVAC / HVDC Overhead Lines in Switzerland

Die FKH arbeitet zusammen mit EVUs und Netzbetriebsmittelherstellern unter der Leitung von Prof. Christian Franck der Fachgruppe Hochspannungstechnik der ETH Zürich am vom Nationalfonds unterstützten Projekt NFP 70.

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

Gemeinsam mit der Fachgruppe Hochspannungstechnik der ETH und unter Mithilfe der Alpiq EnerTrans AG baut die FKH zur Zeit in der Versuchsstation in Däniken ein Experiment auf, mit dem die gegenseitige Beeinflussung eines Gleichspannungs- und eines Wechselspannungsphasenbündel im längeren Versuchsbetrieb studiert wird. Im Berichtsjahr wurden die Detailplanung vorgenommen, Mess- und Steuergeräte beschafft, sowie die Vorbereitungen an den Masten der Versuchsstation vorgenommen, an welchen die Testleiterbündel aufgehängt werden.



Abbildung 1
Vorbereitungsarbeiten an den Masten der FKH-Versuchsstation Däniken für die Aufhängung eines einphasigen Modells einer AC/DC-Hybrid-Freileitung

8.2 Neues Diagnoseverfahren für die Statorisolation von Hydrogeneratoren

Ein vom PSEL unterstützte Forschungsprojekt der FKH soll klären, wie sich die Messung von Teilentladungen an der Statorisolation von Hydrogeneratoren bei sehr tiefen Prüffrequenzen (VLF: Very Low Frequency, 0.1 Hz) im Vergleich zu konventionellen Prüfungen in der Nähe der Netzfrequenz verhält. Dabei soll insbesondere die Frage beantwortet werden, inwieweit die um zwei Größenordnungen tiefere VLF-Prüffrequenz das Entladungsverhalten und die messtechnische Auflösung einzelner Impulse beeinflusst. Durch den Wechsel auf sehr tiefe Prüffrequenzen wird das Verhältnis der Periodenzeit zu den Relaxationszeitkonstanten in der Isolation verändert.

Nachdem im Jahr 2015 Messreihen an Generatoren vorgenommen worden waren, konzentrierte sich die Arbeit im Berichtsjahr auf Messungen an Generatorstabmustern mit künstlich eingebauten Fehlerstellen.

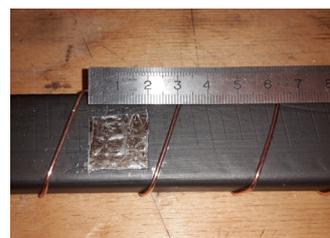


Abbildung 1 Links: Generatorstab-Versuchsmuster der Firma VonRoll Insulation; rechts: Eingebaute künstliche Fehlerstelle, welche TE verursachen

9. FKH-Labor für Isolierölanalysen

9.1 Mess- und Analysegeräte

Das anfangs 2016 beschaffte Head-Space-Gaschromatographie-System für die Zersetzungsgasanalyse wurde in den ersten Monaten des Berichtsjahrs in Betrieb genommen. Bei diesem Verfahren werden 15 ml Öl in ein gasdicht verschlossenes Probefläschen (sog. „Vial“) eingefüllt, welches dann während 30 min bei 70 °C geschüttelt wird, bis sich zwischen dem Öl und dem Gasraum oberhalb des Öls („head space“) ein Gleichgewicht der Konzentrationen gebildet hat. Dieses Gas wird mit einer Nadel abgesaugt und dem Gaschromatographen zugeführt.

Es wurden zunächst Versuchsreihen zur Bestimmung der Wiederholbarkeit (Abweichungen innerhalb einer Messserie) durchgeführt. Nach der Kalibration mit zertifizierten Gas-in-Öl-Standards wurde durch die Teilnahme an einem internationalen Ringversuch (siehe unten) auch die Vergleichbarkeit (Abweichung zwischen verschiedenen Labors) überprüft. Seit Juni 2016 wird das System routinemässig für die Zersetzungsgasanalyse eingesetzt.



Abbildung 1 Neues Messsystem für die Zersetzungsgasanalyse mit Probengeber rechts und Gaschromatograph links

Durch das Head-Space-Verfahren ist es neu auch möglich, Silikonflüssigkeiten und Polybutene auf Zersetzungsgase zu untersuchen (davon wurde früher abgesehen, weil die Vakuum-Entgasungsanlage verunreinigt worden wäre).

9.2 Teilnahme an einem internationalen Ringversuch

Durch die Teilnahme an einem internationalen Ringversuch konnte die Qualität der Analysen des Isolieröllabors demonstriert werden. Im Bereich Zersetzungsgasanalysen nahmen 53 und im Bereich dielektrisch-chemische und Furanalysen sogar 76 Laboratorien am Ringversuch teil. Von den 20 Bestimmungen, die die FKH eingereicht hat, lagen 19 innerhalb den von den Normen geforderten Grenzen für die Vergleichbarkeit. Lediglich bei der Bestimmung des Sauerstoffgehalts musste ein Ausreisser verzeichnet werden, die Gründe dafür sind noch in Abklärung.

9.3 Akkreditierung

Die 2012 erworbene Akkreditierung gemäss ISO/IEC 17025 als "Prüfstelle Typ B für Isolieröl und Buchholz-Gas" durch die Schweizerische Akkreditierungsstelle SAS konnte durch erfolgreiche Audits verlängert werden. Damit bleibt unser in der Schweiz einzigartiges Mass an Qualität in Bezug auf Messgenauigkeit und Kompetenz auf dem Gebiet der Isolieröle und der Interpretation von Analysresultaten gewahrt.



Autor:
Thomas Heizmann

Dr. sc.techn. ETH
Leiter Isolieröllabor

10. Fachtagung „Einsatz von Feststoffisolationen in Hochspannungsbetriebsmitteln

Die diesjährige Fachtagung fand am 24. November 2016 in der ETH Zürich statt. Die Tagung wurde von Professor Dr. Christian Franck, geleitet. Die Fachtagung wurde von rund 127 Teilnehmern besucht. Im Anschluss an die Fachtagung bestand die Möglichkeit, das Hochspannungslabor der ETH zu besichtigen.

Der Schwerpunkt der Tagung lag in der Vorstellung und Diskussion von Innovationen auf dem Gebieten der Materialentwicklung und des Materialeinsatzes in Hochspannungsbetriebsmitteln. Die Weiterentwicklung der festen Isolierstoffe hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Ausschlaggebend dabei ist die zunehmende Anwendung von Gleichspannung aber auch von Leistungselektronik mit prinzipiell neuen dielektrischen Beanspruchungen der Isolierstoffe. Die Anpassung der Materialeigenschaften an diese neuen Anforderungen haben grundlegende physikalische und technologische Forschungs- und Entwicklungsarbeiten notwendig gemacht.

Das Tagungsprogramm beinhaltete Beiträge über die Grundlagenforschung und der Industrie. Unter anderem wurde darauf eingegangen, wie Materialien durch gezielte Kombinationen und Zusätze angepasst und optimiert werden können.

Beiträge von Herstellerfirmen zeigten, wie die Materialien unter Wechsel- und Gleichspannungsbelastung in der Praxis erfolgreich eingesetzt werden. Behandelt wurden wichtige Fortschritte bei Freiluftisolatoren, GIS-Isolatoren, Apparategehäuse und Kabelendverschlüssen.

Programmpunkt	Referent
Begrüssung, Einführung	Prof. Dr. Christian Franck, ETH, Zürich
PET – ein thermoplastischer Isolationswerkstoff in GIS	Dr. Falko Meyer, GE Grid (Switzerland) GmbH, Oberentfelden
Grenzflächenaufladung in gasisolierten Anlagen zur Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung	Malte Tschentscher, ETH, Zürich
Diagnosemessungen an Betriebsmitteln mit Verbundisolationen	Dr. Thomas Brügger, FKH, Zürich
Hochspannungskabelanlagen -- Aktuelles und Trends bei Kabelgarnituren	Dr. Myriam Koch, Pfisterer Kontaktsysteme GmbH, Winterbach
Hochspannungsgleichstrom Kabelsysteme – Stand der Entwicklung und Herausforderungen	Dr. Markus Saltzer ABB AB, Karlskrona, SE
Repetitive Pulsbelastung polymerer Isolationsstoffe - Alterung und Diagnostik	Raphael Färber, ETH, Zürich
Geschirmte Feststoffisolation für Mittelspannungs-Schaltanlagen	Dr. Raimund Summer Schneider Electric Sachsenwerk GmbH, Oberentfelden
Aktuelle Entwicklungen und Anwendungstrends bei Freileitungsisolatoren	Dr. Frank Schmuck, Pfisterer Sefag AG, Malters

Die Präsentationen und Zusammenfassungen der Beiträge zu dieser Fachtagung sind auf unserer Internetseite einsehbar.

11. Zusammenarbeit mit Hochschulen / Nachwuchsförderung

11.1 Betreuung von Praktikumsarbeiten

Jan Ficek,

BSc Student in "Power Electrical Engineering", an der Technischen Universität "University of Technology", Brno, Tschechien

Herr Ficek arbeitete in unserem Büro der FKH in Zürich. Seine Hauptaufgabe bestand darin unsere TE-Ankoppelmöglichkeiten miteinander zu vergleichen und auszuwerten.

Betreuer: Dr. Thomas Brügger

11.2 Expertentätigkeit im Rahmen von Diplomprüfungen

Dr. Reinhold Bräunlich hat folgende zwei Diplomarbeiten (verfasst von je vier Diplomanden) an der ABB-Technikerschule Baden als Experte begutachtet:

„Finales Layout der 100kV-Hochspannungszelle, In-Betriebnahme und Design von HV-Praktika“

und

„PACCUBE - Erarbeiten eines Praktikumsversuches zum Thema Distanzschutz mit Kommunikationsanbindung nach IEC60870“

12. Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen

12.1 Teilnahme an Fachtagungen, Referate

Reinhold Bräunlich
Cigré Session 2016, Paris, 22. – 26. August 2016

Reinhold Bräunlich
Vortrag: „Starkstrombeeinflussung von Infrastruktur-Leitungen“,
VSE-Fachtagung Technik «Erdung und Potenzialausgleich», Aarau, 8. November 2016

Reinhold Bräunlich
Vortrag: „Streuströme aus elektrischen Anlagen in Tierhaltungsbetrieben“,
VSE-Fachtagung Technik «Erdung und Potenzialausgleich», Aarau, 8. November 2016

Reinhold Bräunlich
Elektrosuisse Sacac, Fachtagung Leitungsbau 2016, Lenzburg, 11. November 2016

Thomas Brügger
Stuttgarter Hochspannungs-Symposium, Stuttgart, 01. März 2016

Thomas Brügger
Cigré Session 2016, Paris, 22. – 26. August 2016

Thomas Brügger
Vortrag: "Diagnosemessungen an Betriebsmitteln mit Verbundisolationen",
FKH-Fachtagung, ETH Zürich, 24. November 2016

Diego Friedli
Congrès ETG "Sous-stations et appareillages – Explosif ! Mais sûr"
Electrosuisse, 15 September 2016, Hôtel Aquatis Lausanne

Thomas Heizmann
My Transfo (Sea Marconi) "Oil and Transformer", Turin, 15.- 16. November 2016

Thomas Heizmann
CIGRE SC D1 JWG D1/A2.47 "New frontiers of DGA interpretations", Rapperswil
01. – 02. Dezember 2016

Stefan Neuhold
Cigré Session 2016, Paris, 22. – 26. August 2016

Stefan Neuhold
ETG Fachtagung: Unterwerke und Schaltanlagen, Baden, 22. September 2016

Günther Storf
Vortrag: „Auswirkungen der Trennung globaler Erdungsnetze vom Wasserleitungsnetz“,
VSE-Fachtagung Technik «Erdung und Potenzialausgleich», Aarau, 8. November 2016

12.2 Publikationen

Th. Brügger, P. Fehlmann

„Vor-Ort-Teilentladungsmessung - Elektronische Prüfquelle für Leistungstransformatoren“,

Bulletin SEV/VSE, 12-2016, S. 65ff

G. Behrmann, K. Wyss, J. Weiss, M. Schraudolph, St. Neuhold, J. Smajic

„Signal Delay Effects of Solid Dielectrics on Time-of-Flight Measurements in GIS“

IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 23, No. 3; June 2016

M. Koch, Th. Heizmann

„Erfahrungen mit der Isolierölanalyse: Anwendung, diagnostische Aussage und Einfluss auf das Asset Management “

Bulletin SEV/VSE, 05-2016, S. 49ff

P. Müller, D. Tehlar, Th. Diggelmann, J. Hengstler, M. Hyrenbach, S. Zache, M. Mann, St. Neuhold

„Betriebserfahrung der ersten 170-kV- und 24-kV-GIS mit alternativem Isolationsmedium basierend auf Ketonen“

Stuttgarter Hochspannungs-Symposium, Stuttgart, 01. März 2016

Schichler U., Koltunowicz W., Gautschi D., Girodet A., Hama H., Lopez-Roldan J., Neuhold S., Neumann C., Okabe S., Pearson J., Pietsch R., Riechert U., Tenbohlen S.; "UHF partial discharge detection system for GIS: Application guide for sensitivity verification"

CIGRE Brochure 654; Working Group D1.25; April 2016

13. Mitgliedschaft / Mitarbeit in Fachgremien und Kommissionen

Die FKH ist bei folgenden Institutionen als Mitglied eingetragen:

Electrosuisse

Institutionelles Mitglied bei Electrosuisse

Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik (FGH) e.V., Mannheim

Korrespondierendes Mitglied bei der FGH.

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:

CES electrosuisse TK "Erdungen"

Mitglied: Günther Storf (Vorsitzender)

CES electrosuisse TK 2: "Elektrische Maschinen"

Mitglied: Thomas Brügger

CES/ SEV electrosuisse TK 10: "Flüssigkeiten für elektronische Anwendungen"

Mitglied: Thomas Heizmann (Vorsitzender)

CES electrosuisse TK 14: "Transformatoren"

Mitglied: Pascal Fehlmann

CES electrosuisse TK 20: "Elektrische Kabel"

Mitglied: Pascal Fehlmann, Mario Gobeli

CES electrosuisse TK 28: "Isolationskoordination"

Mitglied: Reinhold Bräunlich

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

Mitglied: Reinhold Bräunlich

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

14. FKH-Mitglieder

14.1 Verbände

Electrosuisse

8320 Fehraltorf

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)

5001 Aarau

14.2 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

IBAAarau Strom AG

5001 Aarau

Azienda Elettrica Ticinese

6501 Bellinzona

Industrielle Werke Basel

4053 Basel

Aziende Industriali della città di**Lugano**

6901 Lugano

Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG

4658 Däniken

BKW Energie AG

3013 Bern

Kraftwerke Hinterrhein AG

7430 Thusis

CKW AG

6002 Luzern

Kraftwerke Oberhasli AG

3862 Innertkirchen

EBM Netz AG

4142 Münchenstein

onyx Energie Netze

4901 Langenthal

EKT AG

9320 Arbon

Sankt Galler Stadtwerke

9001 St. Gallen

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich

8050 Zürich

SBB Energie

3052 Zollikofen

Elektrizitätswerke des Kantons Zürich

8022 Zürich

Service Industriels Lausanne

1000 Lausanne 9

Services Industriels de Genève SIG
1211 Genève 2

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

Swissgrid AG
5070 Frick

Stadtwerk Winterthur
8402 Winterthur

Werke am Zürichsee AG
8700 Küsnacht

Verzasca SA
6901 Lugano

14.3 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

Arnold AG, Energie&Telecom
3072 Ostermundigen

BCP Busarello+Cott+Partner AG
8703 Erlenbach

Brugg Kabel AG
5200 Brugg

EcoWatt Projects AG
8852 Altendorf

**Eidgenössisches
Starkstrominspektorat**
8320 Fehraltorf

GE Grid (Switzerland) GmbH
5036 Oberentfelden

Haefely Test AG
4052 Basel

LEONI Studer AG
4658 Däniken

Maxwell Technologies SA
1728 Rossens

Megger Schweiz AG
5107 Schinznach Dorf

Mohaupt High Voltage GmbH
A- 6142 Mieders

Nexans Suisse SA
2016 Cortaillod

OMICRON electronics GmbH
A-6833 Klaus

Pfiffner Messwandler AG
5042 Hirschthal

Pfisterer Ixosil AG
6460 Altdorf

Pöyry Schweiz AG
8048 Zürich

Retranol GmbH
8810 Horgen

Siemens Schweiz AG
8047 Zürich

VAPEC AG
8304 Wallisellen

Trafopower AG
5012 Schönenwerd

14.4 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 Ecole Valaisanne
1950 Sion

Hochschule für Technik + Architektur Chur
7000 Chur

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW
8401 Winterthur

14.5 Neue Mitglieder

An der Mitgliederversammlung vom 24. Mai 2016 wurde dem Mitgliedschaftsantrag von folgendem Unternehmen zugestimmt:

 **Megger Schweiz AG**
Wallbach 13
5107 Schinznach Dorf

 **Trafopower AG**
Grundstrasse 36
5012 Schönenwerd

 **Werke am Zürichsee AG**
Freihofstrasse 30
8700 Küsnacht

Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit und danken für das Vertrauen.

14.6 Mitgliederbestand per 31.12.2016

Verbände	2	(2)
Werksmitglieder	32	(31)
Industriemitglieder, Ingenieurbüros und weitere Mitglieder	24	(24)
Korrespondierende Mitglieder	9	(9)

Total Mitglieder per 31. Dezember 2016 **67** (66)
(Stand per 31.12.2015 in Klammern)

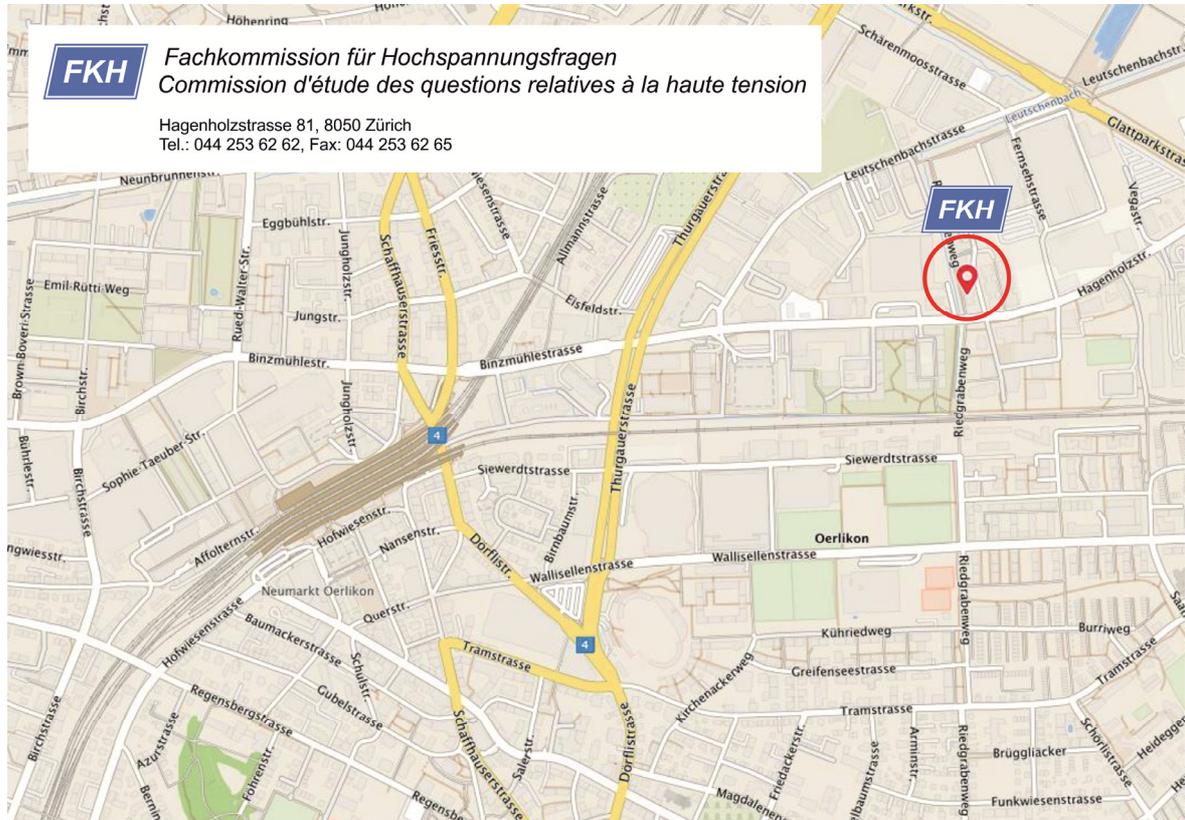
15. Informationsbroschüren der FKH

- FKH Portrait
- Leistungstransformator-Diagnose
- Kabelprüfungen
- Erdungsmessungen
- GIS – Prüfungen
- Isolierölanalysen
- Berechnungsmethoden für die elektrische Energietechnik

Die Broschüren stehen zum Download auf der Internetseite der FKH zur Verfügung (www.fkh.ch). Auf Wunsch stellen wir Ihnen die Informationen auch als Broschüren zu.

16. Zufahrtspläne für die FKH-Standorte

16.1 FKH-Geschäftsstelle, Hagenholzstrasse 81, 8050 Zürich



16.2 FKH-Versuchsstation und –Isolieröllabor, 4658 Däniken

