FKH

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

Jahresbericht

2018

FKH

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
25 Jahre Isolationsdiagnose an Trafos: Methodenentwicklung und Erfahrungen	12
Erste Spannungsprüfung an einem 150-kV-City-Kabel	14
GIS-Prüfungen in Algerien und Island	16
Prüfungen an rotierenden Maschinen	18
Detektion von kritischen Defekten in Gas-isolierten Schaltanlagen	22
Streuströme in Tierhaltungsbetrieben	24
Berechnung der induktiven Beeinflussung von Rohrleitungen	26
FKH-Labor für Isolierölanalysen	28
F & E-Arbeiten	29
Fachtagung 2018 «Leitungsbau 2018 – Life-Cycle, Umwelt & Akzeptanz»	30
Zusammenarbeit mit Hochschulen / Nachwuchsförderung	31
Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen	32
Mitgliedschaft / Mitarbeit in Fachgremien und Kommissionen	34
FKH-Mitglieder	35
Zufahrtspläne für die FKH-Standorte	38

Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters

Das Jahr 2018 war für die FKH in finanzieller und technischer Hinsicht sehr erfreulich. Neuerlich ist die Nachfrage nach unseren zahlreichen Prüf- und Beratungsdienstleistungen, auf einem guten Niveau, stabil. Besonders freut uns, dass wichtige Ausbauschritte der Prüfanlagen in den letzten Jahren vorangetrieben werden konnten.

Im Frühling wurden die vier im Vorjahr bestellten Hochleistungsresonanzdrosseln in Betrieb genommen, womit der Bestand nun 18 Einheiten erreicht hat. Die Prüfscheinleistung aller Drosseln der FKH zusammen überschreitet damit nominell 40 MVA. Die vollen Kapazitäten unserer Prüfanlage wurden erstmals auch bei Prüfungen bereits im 2018 eingesetzt (siehe Titelbild). Damit konnten wir den wichtigsten Teil unseres Kerngeschäfts stärken.

Für die Vor-Ort-Prüfung von Transformatoren wurde ein Container mit Stützbeinen (Koffer) für die elektronische 750-KVA-Prüfquelle beschafft und erfolgreich eingesetzt. Damit ist die FKH in der Lage Teilentladungsmessungen mit Fremderregung von Transformatoren, dank kürzerer Einrichtezeit, noch effizienter abzuwickeln. Die Vervollständigung der Containerausrüstung wird im Jahr 2019 an die Hand genommen.

Mit den vorgenannten Erweiterungen der Vor-Ort-Prüfanlagen konnten die für das Jahr 2018 gesetzten Entwicklungsziele für die Prüfinfrastruktur weitgehend erreicht werden.

Bei der Prüfung gekapselter Schaltanlagen hat die FKH buchstäblich Neuland betreten: Hochspannungs-GIS wurden in Island und in Algerien geprüft (siehe Kurzbeitrag). Damit hat die FKH nicht nur einen Rekord im nördlichen Breitengrad gebrochen, sondern auch das erste Mal auf dem afrikanischen Kontinent eine Hochspannungs-Resonanzprüfung durchgeführt.

Im Zuge der Anpassungen der Hoch- und Mittelspannungsnetze an die Erfordernisse der «Energiewende», hat sich die Nachfrage im Bereich Studien und Beratungen weiterentwickelt. Fragestellungen im Zusammenhang mit Kabelanlagen, Umwelteinflüssen von Starkstromleitungen oder der technischen Verträglichkeit bei gemeinsamer Nutzung von Trassen mit anderen Infrastrukturen waren vermehrt Bestandteil von durchgeführten Berechnungen und Studien.

Im Zusammenhang mit ähnlichen Fragestellungen stand auch die Leitungsbautagung, welche die FKH gemeinsam mit Energietechnischen Gesellschaft von Electrosuisse am 7. November 2018 in Dietikon durchgeführt hat. Die Realisierung von Kabelstrecken, aber auch die Fragen nach der Lebensdauer von Hochspannungskabeln unterschiedlicher Bauart, bildeten wichtige Schwerpunkte.

Am Modell der AC/DC-Hybridleitung in der Versuchsstation Däniken wurden die Messungen des ETH-Hochspannungslabors abgeschlossen. Die Anlage bleibt für weitere bereits geplante Untersuchungen zur Verfügung.

Der FKH-Vorstand und die Geschäftsleitung danken Ihnen als Mitglieder und Kunden für das Interesse und das entgegengebrachte Vertrauen. Ein herzliches Dankeschön an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für den grossen und engagierten Einsatz bei den zahlreichen Vor-Ort-Prüfkampagnen und Arbeiten im vergangenen Jahr.

Wir freuen uns, wenn Ihnen unsere Experten im Bereich Prüfungen, Diagnosen und Problemstellungen im Hochspannungsnetzbetrieb auch zukünftig beiseite stehen können.

Christian Lindner
Präsident

Dr. Reinhold Bräunlich
Geschäftsleiter

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 Elektroenergietechnik 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 (bis Mai 2018)** | GE Grid (Switzerland) GmbH **Dr. Michael Walter (ab Mai 2018)** | GE Grid (Switzerland) GmbH **Michael Junghans** | Brugg Kabel AG **Markus Lehner (bis Mai 2018)** | Elektrizitätswerk der Stadt Zürich **Andri Casura (ab Mai 2018)** | Elektrizitätswerk der Stadt Zürich **Prof. Dr. Farhad Rachidi** | Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne **François Regamey (bis Mai 2018)** | Service Industriels Lausanne **Yves-André Bagnoud (ab Mai 2018)** | Service Industriels Lausanne **Prof. Dominique Rolle** | Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg **Marcel Stöckli (bis Mai 2018)** | BKW Energie AG **Thomas Gränicher (ab Mai 2018)** | BKW Energie AG **Martin Weibel** | Alpiq EnerTrans AG **Daniel Zeidler** | ABB Schweiz AG
Kontrollstelle	**Doris Joos (bis Mai 2018)** | Elektrizitätswerk der Stadt Zürich **Christoph Vögeli (ab Mai 2018** | Elektrizitätswerk der Stadt Zürich **Oliver Junker** | Axpo Power AG

[1] *Mitglied mit beratender Stimme*

FKH-Geschäftsstelle

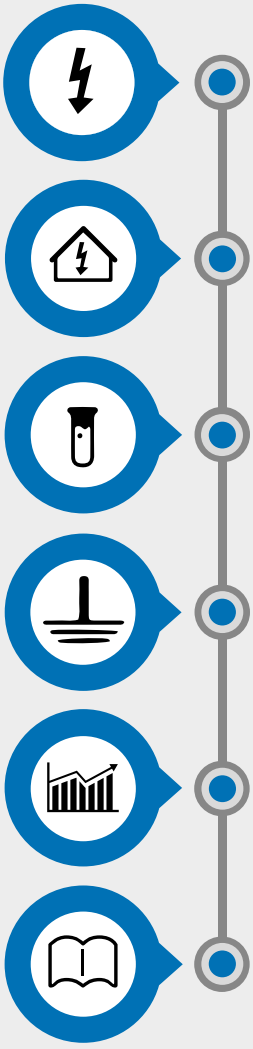
Leiter	**Dr. Reinhold Bräunlich,** dipl. El.-Ing. ETH	braeunlich@fkh.ch
Stellvertreter	**Günther Storf,** dipl. El.-Ing. ETH	storf@fkh.ch
Sekretariat	**Saskia Muraro**	muraro@fkh.ch
Mitarbeiter	**Dr. Thomas Brügger,** dipl. El.-Ing. ETH	bruegger@fkh.ch
	Dr. Vahe Der Houhanessian, dipl. El.-Ing. ETH	houhanessian@fkh.ch
	Pascal Fehlmann, El.-Ing. FH	fehlmann@fkh.ch
	Peter Frey, Chemielaborant	frey@fkh.ch
	Diego Friedli, M. Sc. Elektrotechnik	friedli@fkh.ch
	Mario Gobeli, El.-Ing. FH	gobeli@fkh.ch
	Dr. Thomas Heizmann, dipl. El.-Ing. ETH Leiter Labor für Isolierölanalysen	heizmann@fkh.ch
	Dominic Kleger, B. Sc. El.-Ing. FH	kleger@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 (bis 23.11.2018)	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 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:



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
- Furananalysen
- 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 Forschungs- und Entwicklungsprojekten wurden im Berichtsjahr 2018 insgesamt 153 Auftragsarbeiten und 205 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	2'896'488	(3'088'862)
Erlös aus Auftragsarbeiten für Nichtmitglieder	CHF	780'112	(691'954)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	CHF	10'084	(55'556)
Total gemäss FKH-Erfolgsrechnung 2018	**CHF**	**3'686'684**	**(3'836'372)**

Tabelle 1: Erlös aus Auftragsarbeiten

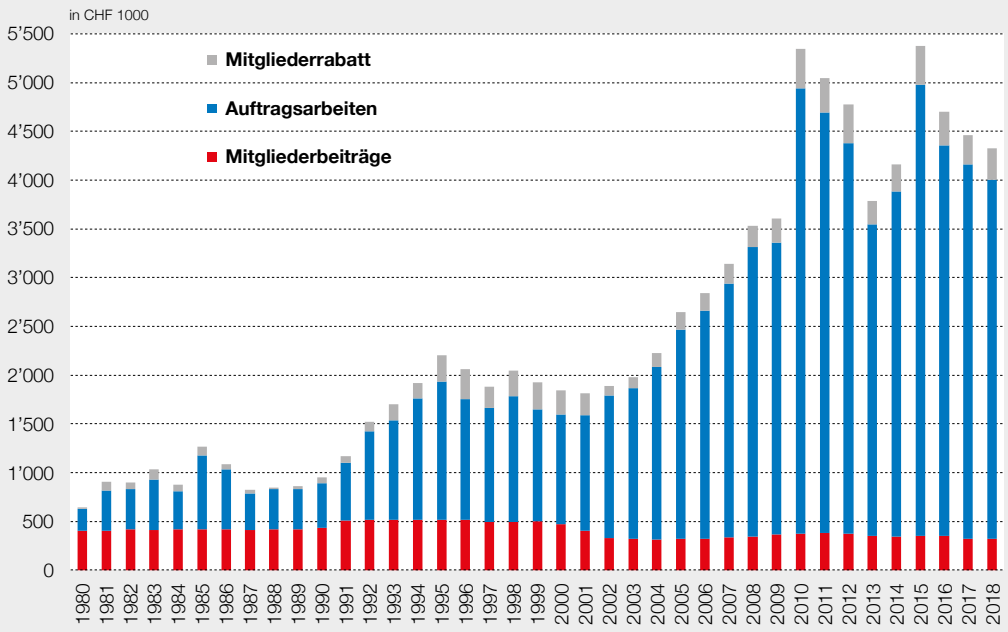


Abbildung 1: Erlös aus Auftragsarbeiten und Mitgliederbeiträgen, im Zeitraum von 1980–2018

** Nettoerlös, 10% Mitgliederrabatt abgezogen.*

Die Auftragstätigkeit der FKH-Arbeitsgruppe für Mitglieder und Dritte im Berichtsjahr 2018 kann folgenden Gebieten zugeordnet werden (prozentuale Verteilung bezogen auf den erzielten Nettoerlös, Angaben aus dem Vorjahr in Klammern):

Prüfung von Hochspannungskabelanlagen	27%	(41%)
Diagnose von Hochspannungsapparaten (Transformatoren)	11%	(16%)
Prüfung von GIS	23%	(9%)
Erdungsmessungen / Nachweis von Blitzschutzmassnahmen	11%	(6%)
Typenprüfungen / Spezialversuche	5%	(5%)
EMF / Korona / EMV / Transiente Vorgänge im Netz und in HS-Anlagen	0%	(0%)
Beratungs- und Betreuungsaufgaben	2%	(2%)
Isolierölanalysen	21%	(19%)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	0%	(2%)

Tabelle 2: Prozentuale Verteilung der Auftragsarbeiten im Jahr 2018 nach Dienstleistungssparten aufgeschlüsselt (Vorjahr in Klammern)

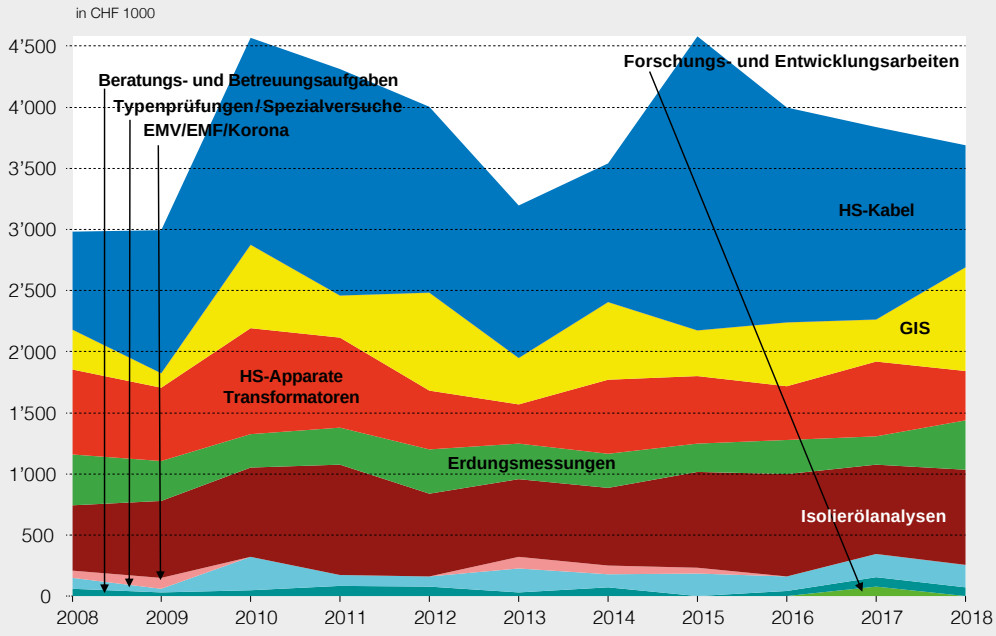


Abbildung 2: Entwicklung des Erlöses aus Auftragsarbeiten nach einzelnen Dienstleistungssparten (in CHF 1000) über den Zeitraum von 2007–2018

25 Jahre Isolationsdiagnose an Trafos: Methodenentwicklung und Erfahrungen

Die FKH beschäftigt sich seit 1993 intensiv mit der Diagnostik von Leistungstransformatoren. Den Startpunkt bildete ein vom PSEL (Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft) mitfinanziertes Projekt mit dem Namen *«Entwicklung und Erprobung von Vor-Ort-Diagnoseverfahren für die Beurteilung des Isolationszustandes von Grosstransformatoren».*

Folgende Diagnosemethoden wurden untersucht:

- Induzierte Spannungsprüfung mit phasenaufgelöster Teilentladungsmessung an allen Durchführungen (TE)
- Frequenzganganalyse (FRA)
- Polarisations- und Depolarisationsstrommessung (PDC)
- Zersetzungsgasanalyse (DGA)

In den letzten 25 Jahren wurden diese Verfahren erfolgreich bei über 400 Prüfungen vor Ort und in Herstellerwerken angewandt und laufend verbessert.

Aussagekraft / Erfahrungen

Zur Sicherstellung der Qualität eines Leistungstransformators nach Transport und Montage hat sich vor allem die Teilentladungsmessung bewährt. In 2 bis 3 Prozent der Prüfungen wurden unzulässige TE-Pegel festgestellt. In mehreren Fällen waren Durchführungen betroffen, die ausgetauscht werden mussten. Andere typische Fälle sind Feuchtigkeit oder ungenügende Imprägnierung der Isolierung, die bei der elektrischen Beanspruchung Blasen und somit Teilentladungen erzeugen können. Wenn eine Teilentladungsaktivität nur knapp über dem Grenzwert liegt, oder erst bei hohen Spannungen einsetzt, wird der Transformator zwar in Betrieb genommen, aber durch regelmässige Zersetzungsgasanalysen weiter überwacht.

Abbildung 1: Erste Prüfung eines Transformators der höchsten Spannungsebene, die auch Startpunkt war für die Weiterentwicklung der Diagnosemethoden (1994)

Wandel

Am stärksten hat sich in dieser Zeitspanne die Technik der Spannungserzeugung für die induzierte Spannungsprüfung gewandelt. Zwar wurde diese Prüfung schon seit 2002 mit einem für die TE-Messung gefilterten Frequenzumrichter durchgeführt (für einphasige Prüfung mit kleiner Leistung), für dreiphasige Prüfungen und für Prüfungen mit grosser Leistung kamen aber ausschliesslich dieselbetriebene Stromgeneratoren zur Anwendung. Erst seit 2014 steht der FKH ein selbstentwickelter, leistungsfähiger, dreiphasiger Frequenzumrichter zur Verfügung. Die Vorteile dieser Prüfquelle sind die stufenlose Einstellbarkeit von Prüfspannung und -Frequenz, was bei den verwendeten Dieselgeneratoren nur sehr eingeschränkt möglich war.

Durch die Fortschritte, vor allem in der Computertechnik, ist die Messtechnik wesentlich leistungsfähiger und bedienerfreundlicher geworden. So stehen heute mehrkanalige TE-Messsysteme zur Verfügung, die einen grossen Verstellbereich der Mittenfrequenz besitzen, eine Funktionalität, die früher nur mit einem vorgeschalteten Spektrumanalysator realisiert werden konnte. Ähnliches gilt für die FRA-Messtechnik, die nicht mehr mit einem Standard-Netzwerkanalysator, sondern mit dedizierten Messgeräten mit umfangreichen Funktionen für die Datenanalyse durchgeführt werden kann.

Abbildung 2: Teilentladungsprüfung mit Fremderregung eines 125-MVA-220/150-kV-Transformators mit der modernen gefilterten Prüfquelle im Koffercontainer

AUTOR

Pascal Fehlmann
Dipl. El.-Ing. FH
Projektingenieur

AUTOR

Thomas Heizmann
Dr. sc. techn. ETH
Leiter Isolieröllabor

Erste Spannungsprüfung an einem 150-kV-City-Kabel

Da das magnetische Streufeld einer dreiphasigen Starkstromleitung sich proportional zum Phasenabstand verhält, sind in dicht besiedelten Gebieten die Phasenabstände bei den Kabelsystemen möglichst gering zu halten. Die Kabelindustrie hat deshalb für Kabelstrecken durch Städte auch für die Hochspannungsebene Dreiphasenkabel, sogenannte «City-Kabel» entwickelt. Das Magnetfeld ist bei Dreiphasenkabeln schon im Abstand weniger Meter so gering, dass die Einhaltung der NISV vorausgesetzt wird und auf eine Überprüfung verzichtet werden kann.

Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) liess auf der Stecke Waldegg–Binz ein erstes City-Kabel verlegen. Die seit längerem bestehende Rohrblockanlage wurde für Einphasenkabel ausgelegt. Das City-Kabel musste deshalb mit viel Geschick in ein Rohr, das für eine Phase vorgesehen war, eingezogen werden.

Kabeldaten	XDFFCuCuTT-Y-FT 3 x 1 x 400 mm² Cu, 150 kV Nexans Aussendurchmesser 129,8 mm Gewicht 26 kg/m
Trasseelänge	4930 m²
Querschnitt	3 x 400 mm² Kupfer
Garnituren	8 x 3 Crossbonding-Muffen 2 x 3 Freiluftendverschlüsse

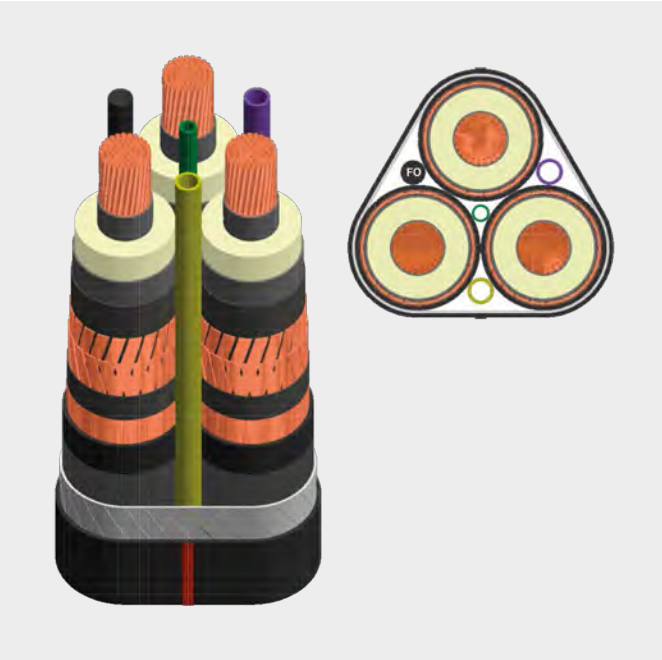


Abbildung 1: «City-Kabel» des Typs XDFFCuCuTT-Y-FT 3 x 1 x 400 mm² Cu, 150 kV (Bild Nexans)

Die FKH wurde beauftragt, nach erfolgter Verlegung und Montage, die Hochspannungsprüfung durchzuführen.

Die Prüfanlage, mit acht grossen Resonanzdrosseln, wurde im Unterwerk Binz aufgestellt. Während der HS-Prüfung bei 190 kV (2,2 U_0) wurde an allen Garnituren (zwei Endverschlüsse und acht Muffen) eine Teilentladungsmessung durchgeführt. Für die Muffenmontage an den Phasenleitern in den Schächten mussten die Kabelphasen aufgetrennt werden.

Die drei Phasen des neuen City-Kabels konnten erfolgreich geprüft werden.

Abbildung 2: Resonanzdrosseln der HS-Prüfanlage im UW Binz des ewz

Abbildung 3: Teilentladungsmessung im Muffenschacht an den drei aufgetrennten Phasen

AUTOR

Günther Storf
Dipl. El.-Ing. ETH
Stv. Geschäftsführer
Projektingenieur

AUTOR

Dominic Kleger
Dipl. El.-Ing. FH
Projektingenieur

GIS-Prüfungen in Algerien und Island

Die FKH hat im Jahr 2018 zum ersten Mal Hochspannungs-Resonanzprüfungen sowohl auf dem Afrikanischen Kontinent (Algerien) wie auch in Island durchgeführt, womit neue Meilensteine bei den Auslandseinsätzen erreicht wurden.
In Algerien wurden in den zwei Unterwerken Arzew, nahe der Küstenstadt Oran im Westen des Landes und Skikda, ebenfalls an der Küste ca. 800 km östlich von Oran gelegen, je eine 220-kV-GIS und eine 60-kV-GIS geprüft. Die Serieresonanz-Prüfanlage wurde per Luftfracht nach Algerien transportiert, was besondere Herausforderungen an die Logistik stellte. Innerhalb des Landes wurde die Prüfanlage auf der Strasse von Arzew nach Skikda spediert.

Die 220-kV-GIS mit jeweils 12 Feldern wurden mit 380 kV während einer Minute geprüft. Dabei wurde die Prüfspannung über die Freiluftdurchführungen der Trafo-Felder eingespeist (Abbildung 1). Die 60-kV-GIS mit jeweils 20 Feldern wurden mit 120 kV während einer Minute geprüft.

In Island wurde nahe des internationalen Flughafens Keflavik eine 145-kV-GIS geprüft. Zusätzlich zur Stehspannungsprüfung mit 235 kV während einer Minute wurde eine UHF-Teilentladungsmessung durchgeführt (Abbildung 3). Auch diese Prüfung konnte effizient ausgeführt und erfolgreich beendet werden.

Abbildung 1: Einspeisung der Prüfspannung in die 220-kV-GIS in Skikda

Abbildung 2: GIS-Prüfung mit UHF-TE-Messung in Island

Abbildung 3: Die Beteiligten nach erfolgreichem Abschluss der Prüfungen in Arzew

AUTOR

Thomas Brügger
Dr. sc. ETH
Projektingenieur

Prüfungen an rotierenden Maschinen

Die FKH hat 2018 zwei Prüfungen an rotierenden Maschinen durchgeführt. An einem Synchron-Generator wurden vor Ort die Teilentladungen in der Statorisolation gemessen. Die Prüfwechselspannung wurde mit einem regelbaren Prüftransformator erzeugt (Schema in Abbildung 1). Die Kapazität der Wicklung wurde zudem mit einer 50-H-Drossel kompensiert.

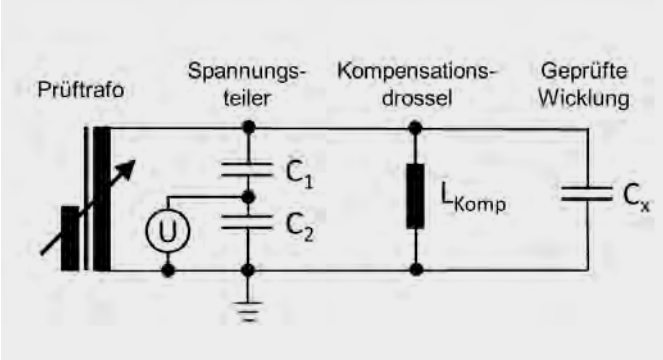


Abbildung 1: HS-Prüfaufbau für die Statorprüfung

Die Teilentladungen wurden auf beiden Seiten der Statorwicklung mittels Koppelkondensatoren CK und Messimpedanzen ZM ausgekoppelt (Abbildung 2).

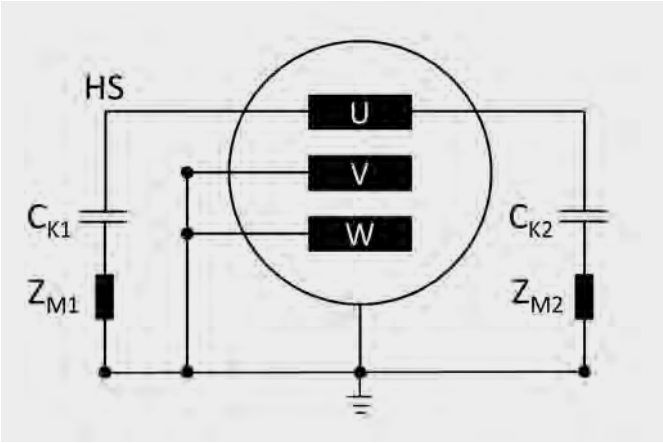


Abbildung 2: Messaufbau für die TE-Auskopplung

Im Rahmen des PSEL-Forschungsprojektes zur TE-Diagnose an Hydrogeneratoren mit VLF-Prüffrequenz (0,1 Hz) wurden am Stator eines 6-kV-Synchronmotors TE-Messungen mit 5- resp. 0,1-Hz-Prüffrequenzen vorgenommen.

Abbildung 3: Geprüfter Synchronmotor-Stator

Bei der TE-Messung mit 50 Hz traten ab ca. 1,5 U_0 im Bereich der Nutaustritte TE auf, die sowohl im phasenaufgelösten TE-Diagramm als auch bei der Untersuchung mit der UV-Kamera der FKH deutlich sichtbar waren (Abbildung 4). In Abbildung 5 sind zum Vergleich die Ergebnisse bei sehr tiefer Frequenz der Prüfspannung (VLF-Messung, 0,1 Hz) zu sehen. Die Aufnahme der UV-Kamera zeigt, dass an der gleichen Stelle keine TE mehr sichtbar sind. Durch den flacheren Potenzialanstieg bei 0,1 Hz fällt die Spannung im fehleranfälligen Bereich des Nutaustritts unter die Zündspannung von TE. Eine Publikation zu dieser Untersuchung findet sich auf der Webseite der FKH.

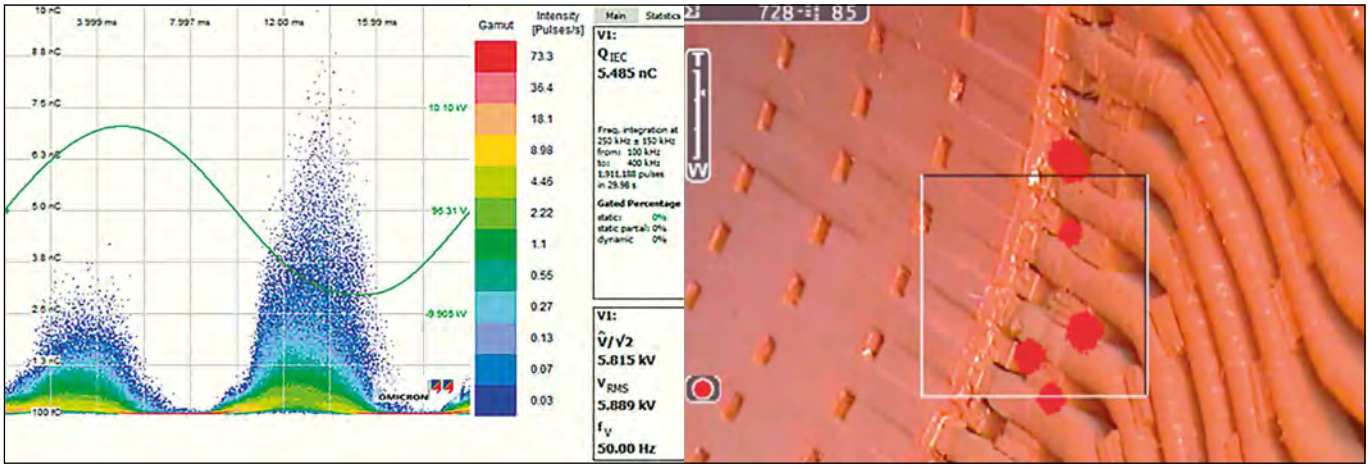


Abbildung 4: Phasenaufgelöstes Muster der TE im Bereich des Nutaustritts (links) und Untersuchung mit UV-Kamera (rechts) bei einer 50-Hz-Prüfung

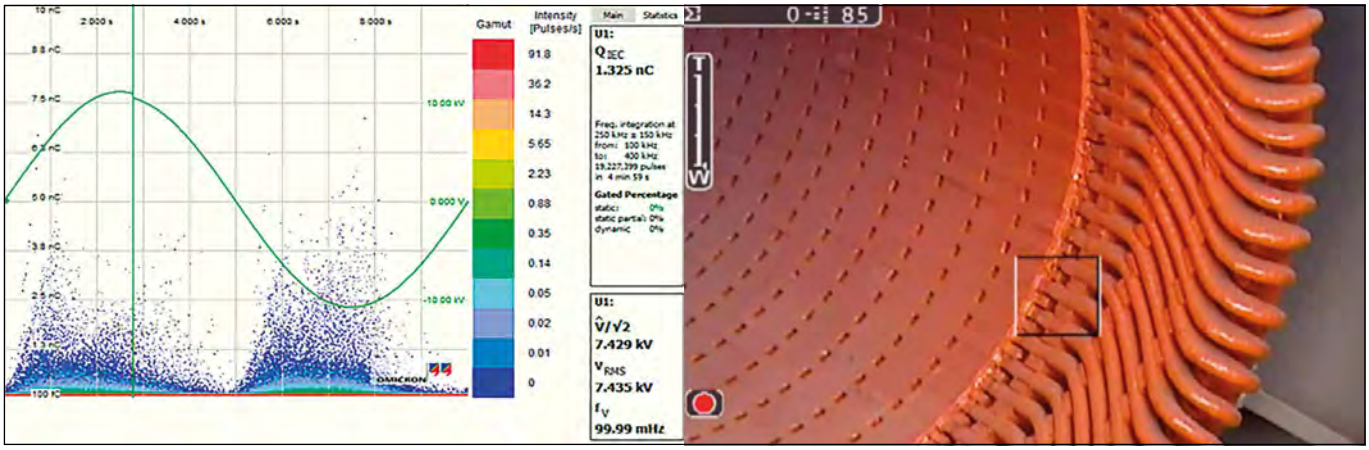


Abbildung 5: Phasenaufgelöstes Muster der TE im Bereich des Nutaustritts (links) und Untersuchung mit UV-Kamera (rechts) bei einer 0,1-Hz-Prüfung

AUTOR

Thomas Brügger
Dr. sc. ETH
Projektingenieur

FKH
FKH
FKH

Erdungsmessung an Bahn-Unterwerken am Beispiel des UW Ritom im Tessin

Detektion von kritischen Defekten in Gas-isolierten Schaltanlagen

Die dritte CIGRE-Umfrage zur Zuverlässigkeit von Hochspannungsgeräten zeigte, dass die Fehlerursache für einen Anlagenausfall durch einen Lichtbogen im Betrieb in 50% der Fälle bereits vor der Inbetriebnahme vorhanden war. Aus der Studie wird gefolgert, dass das Schwergewicht verstärkt auf aussagekräftige und systematisch durchgeführte Inbetriebnahmemessungen gelegt werden muss.

Um kritische Fehler zu eliminieren, wird in der heutigen Prüfpraxis von Gas-isolierten Schaltanlagen sehr oft die Wechselspannungsprüfung mit einer Teilentladungsmessung kombiniert. Die Effektivität einer solchen Prüfung hängt hauptsächlich von der TE-Messspannung und der TE-Messempfindlichkeit bzw. der Störunterdrückung ab.

Eine messtechnische Herausforderung stellen die stark unterschiedlichen Teilentladungspegel dar, die von verschiedenen Isolationsfehlstellen erzeugt werden. Während ein floatendes metallisches Teil Signalstärken im Nano-Coulomb-Bereich emittieren kann, ohne ein dringendes Problem für den GIS-Betrieb darzustellen, kann ein 2-mm-Partikel, welches auf einer Isolatoroberfläche liegt, Signalstärken von lediglich 0,5 Pico-Coulomb zeigen. Das Partikel kann allerdings zu einer Reduzierung der Blitzstossfestigkeit (LIWV) von bis zu 50% gegenüber der fehlerfreien Konfiguration führen. Die Rauschgrenze von sehr gut geschirmten Prüfeinrichtungen in der Fabrik liegen auch im Bereich von 0,5 pC!

Abbildung 1 zeigt einen Signalstärkevergleich von realen, vor Ort gemessenen, kritischen Defekten im UHF-Frequenzbereich [1]: Demzufolge kann ohne Kenntnis des Defekttyps und der genauen Position innerhalb der GIS keine Korrelation zwischen der Kritikalität eines Defektes und der Signalstärke hergestellt werden – weder bei der konventionellen TE-Messung nach IEC 60270 noch bei der UHF-TE-Messmethode (Ultra High Frequency).

Kritische Defekte mit kleiner TE-Signalstärke wie Partikel auf Isolierstoff oder Spitze an Hochspannung können aufgrund des

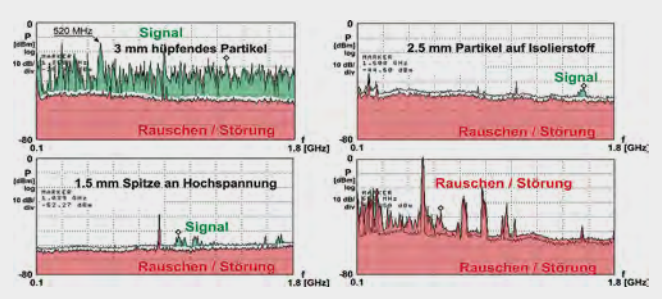


Abbildung 1: Vergleich von Signalstärken von 3 verschiedenen kritischen GIS-Defekten sowie einer schwierigen Störsignalsituation im UHF-Bereich (Amplitudendichte-Spektrum; Auflösungsbandbreite 3 MHz; 50 dB Vorverstärkung) [1]

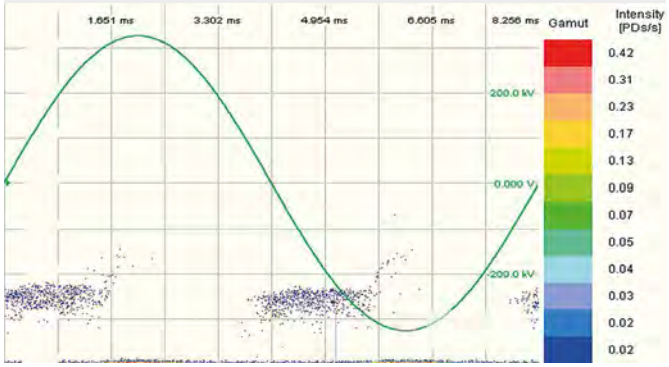
Effektes der «Korona-Stabilisierung» die Vor-Ort-Wechselspannungsprüfung bestehen, aber später im Betrieb unter transienter dielektrischer Belastung zu einem Überschlag führen (z.B. durch Blitzeinschläge nahe der Schaltanlage oder schnelle transiente Überspannungen (VFTOs) durch Schaltvorgänge).

Solche Defekte mit schwachen TE-Signalen sind meist erst deutlich oberhalb der Betriebsspannung messbar. Deshalb muss die Detektion während der Vor-Ort-Prüfung zwingend bei einer genügend hohen TE-Messspannung erfolgen. Die CIGRE hat bezüglich der Höhe der TE-Messspannung zur Detektion solcher Defekte Empfehlungen herausgegeben [2].

Seit der Einführung der UHF-TE-Messmethode in den späten 1980er-Jahren [3] ist sie inzwischen aufgrund der hohen Messempfindlichkeit und der hohen Störunempfindlichkeit (insbesondere bei der Schmalbandmethode) zum akzeptierten De-facto-Standard für die Vor-Ort-TE-Messung geworden.

Es gibt unterschiedliche Methodenvarianten der UHF-TE-Messung, welche sich je nach vorhandener Störsignalsituation vor Ort stark in der erreichbaren Empfindlichkeit unterscheiden. Die «klassische» UHF-Schmalbandmethode mit visueller Wahl der Messfrequenz gilt als die empfindlichste Methode mit der höchsten Störunempfindlichkeit.

UHF Methode @ 1333 MHz; mit 50-dB Vorverstärker



IEC Methode, 0.5 pC Signal, ca. 0.4 pC Grundrauschen

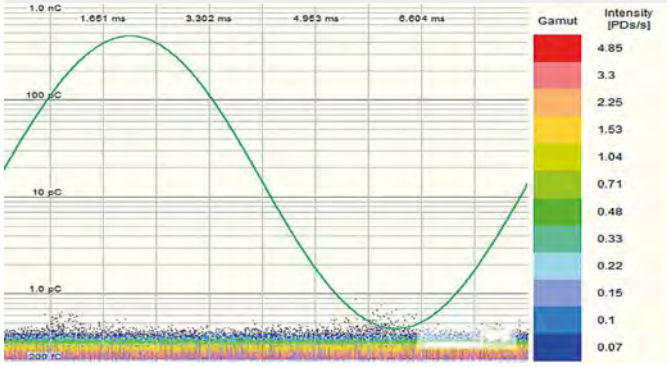


Abbildung 2: Vergleich von simultan gemessenen TE-Signalen (UHF-Schmalbandmethode vs. IEC 60270 Methode) am Beispiel eines 2-mm-Partikels auf dem Isolator eines Spannungswandlers, gemessen bei 230 kV (entspricht 100% Fabrikprüfspannung) [1]

Figur 2 zeigt einen Vergleich zwischen der Messempfindlichkeit einer konventionellen TE-Messung nach IEC 60270 (wie sie in der Fabrik angewendet wird) und der oben erwähnten UHF-Schmalbandmethode am Beispiel eines simultan gemessenen Defektes vom Typ «Partikel auf Isolierstoff» auf dem Isolator eines Spannungswandlers.

Die Abbildung 2 zeigt deutlich, dass für diesen spezifischen Defekt das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) der UHF-Schmalbandmethode deutlich höher ist als das SNR der Methode nach IEC 60270. Das TE-Signal bei der TE-Messmethode nach IEC 60270 ist mit ca. 0,5 pC oberhalb des Grundrauschens kaum zu erkennen, wohingegen die UHF-Schmalbandmethode ein klares, interpretierbares TE-Muster liefert.

Um kritische Defekte zu detektieren, welche die Vor-Ort-AC-Spannungsprüfung zwar bestehen, jedoch die Spannungsfestigkeit bei transienter Spannungsbeanspruchung im Betrieb deutlich reduzieren, wird eine UHF-TE-Messung mit der empfindlichsten Variante (siehe weiter oben) in Kombination mit einer TE-Messspannung [2] deutlich oberhalb der Betriebsspannung empfohlen.

U.a. wurde zu diesem Thema gemeinsam mit der ABB Hochspanungstechnik sowie den Elektrizitätswerken ewz, BKW und CKW eine Publikation an der CIGRE 2018 in Paris veröffentlicht [1].

[1] Neuhold S., Brügger T., Bräunlich R., Behrmann G., Schlemper H.D., Riechert U., Müller P., Lehner M., Schneiter E., Sigrist P., Return of experience: The CIGRE UHF PD sensitivity verification and on-site detection of critical defects; CIGRE Paris, CIGRE Paris; 26 – 31. August 2018

[2] CIGRE Joint Working Group 33./23. December; Insulation co-ordination of GIS; return of experience on site and diagnostic techniques; Electra No 176; February 1998

[3] B. F. Hampton; R. J. Meats, «Diagnostic measurements at UHF in gas insulated substations» (IEE Proceedings C – Generation, Transmission and Distribution, Year 1988, Volume 135, Issue: 2, pages 137–145)

AUTOR

Stefan Neuhold
Dr. sc. techn. ETH
Projektingenieur

Streuströme in Tierhaltungsbetrieben

Streuströme in landwirtschaftlichen Betrieben werden immer wieder von Landwirten und Fachleuten der Tierhaltungsbranche mit Besorgnis wahrgenommen und mit Verhaltensstörungen, Tierkrankheiten oder mit reduzierter Milchleistung in Zusammenhang gebracht. Die FKH wurde in solchen Fällen immer wieder für Gutachten und Messungen herangezogen.

Seit Ende 2018 steht beim Bulletin SEV/VSE auf der Webseite: bulletin.ch/streustroeme eine Publikation des Technischen Komitees Erdungen des CES zur Verfügung, bei der die FKH mitgearbeitet hat. Sie erklärt, weshalb Streuströme als Ursache für die beobachteten Störungen in der Regel nicht infrage kommen. Beeinträchtigungen sind nur dann zu erwarten, wenn im Stallbereich Wechselspannungsdifferenzen von über 1 V auftreten. Studien haben ergeben, dass Nutztiere wie Rinder und Schafe bei Berührung von Metallteilen mit dem Maul Differenzspannungen gegen den Boden frühestens ab 1 V wahrnehmen können. Solche Spannungen treten nur bei mangelhafter Stallerdung auf. In korrekt nach NIV geerdeten Stalleinrichtungen werden Spannungsdifferenzen im Bereich einiger Milli-Volt zwischen geerdeten Metallteilen oder von Metallteilen gegen den Stallboden gemessen, selbst wenn erhebliche Erdungsströme in metallischen Strukturen gemessen werden können.

Eine Zusammenstellung der Massnahmen für eine korrekte Ausführung der Installation und Erdung in Nutztierställen, wurde vom ESTI in der Dezemberausgabe des Bulletins SEV/VSE publiziert: https://www.esti.admin.ch/de/dokumentation/esti-publikationen/vollzug-niv/2018/

Im vergangenen Jahr hat die FKH wieder Untersuchungen von Tierhaltungsbetrieben, unter anderem deren zwei im Kanton Baselland, durchgeführt. Verhaltensstörungen bei den Rindern wurden auf negative Einflüsse der Elektrizitätsversorgung auf den Viehbestand zurückgeführt.

Bei einem der Höfe auf dem Gemeindegebiet von Liestal wurde vermutet, dass zwei vorbeiführende Freileitungen mit 380-kV- und 50-kV-Betriebsspannung die Tiere negativ beeinflussen.

In beiden Fällen wurden die Erdungsverhältnisse im Stallbereich gemäss den oben genannten Publikationen überprüft. Die gemessenen Berührungsspannungen lagen alle deutlich unter der Wahrnehmungsschwelle von 1 V. Bei den Messungen wird jeweils darauf geachtet, dass die Distanz für die Berührungsspannungsmessungen entsprechend der Körperlänge der Rinder bis zu 3 Meter Abstand vom berührbaren metallischen Objekt erfolgt.

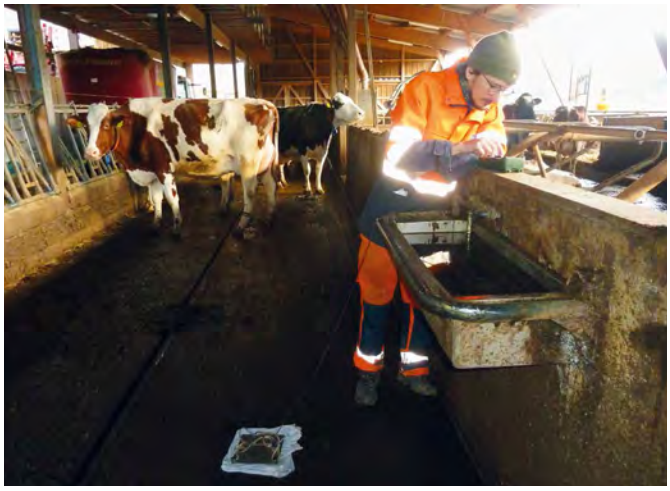


Abbildung 1: Berührungsspannungsmessung im ersten untersuchten Bauernhof

Ergänzend wurden auch die Streumagnetfelder der Freileitungen an verschiedenen Standorten gemessen.
Die Werte lagen für den massgeblichen Betriebszustand alle unter 1 µT, womit sogar der Vorsorgewert für Orte empfindlicher Nutzung nicht erreicht wird. Nutztierställe fallen allerdings nicht in diese Kategorie.

Abbildung 2: Magnetfeldmessungen im Freilaufstall des ersten untersuchten Hofs

Abbildung 3: Berührungsspannungsmessung zwischen Boden und Tränke (zweiter untersuchter Bauernhof)

AUTOR

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

Berechnung der induktiven Beeinflussung von Rohrleitungen

Bei isolierten und kathodisch geschützten Rohrleitungen werden im Falle parallel verlaufender Starkstromleitungen Spannungen längs der Rohrleitung induziert. Im Normalbetrieb der Freileitungen liegen sie typischerweise im Bereich von wenigen Volt pro Kilometer. Bei einpoligen Fehlerströmen von einigen zehn Kilo-Ampère (kA) können die induzierten Spannungen 100 V pro Kilometer überschreiten.

Für eine alpenquerende Rohrleitung wurden die Auswirkungen des Betriebs der 220-kV-Freileitungen im Obergoms theoretisch untersucht. In gebirgigem Gelände müssen induktive Beeinflussungen wegen des schlecht leitenden Untergrunds besonders beachtet werden.

Aufgrund der Trassenverläufe der Freileitungen und der Rohrleitung wurde ein koordinatengestütztes digitales Modell erstellt. Der Ausschnitt der untersuchten Leitungstrassen ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die Beeinflussungsspannungen wurden mit dem FKH-Programm LFIP [1] nach dem Verfahren berechnet, welches in der ITU-Direktive für Beeinflussungsberechnungen beschrieben ist [2].

Abbildung 2 zeigt den Verlauf der induzierten Spannung zwischen der Rohrleitung und dem Erdboden beim Beispiel eines einpoligen Erdfehlers im Raum Oberwald, mit Fehlerstrom 4,61 kA auf der untersten Phase des 220-kV-Systems Handeck – Mörel.

Die durch die Berechnungen abgeschätzten Beeinflussungsspannungen können mit Wechselstromableitungen und Überspannungsschutzeinrichtungen problemlos beherrscht werden.

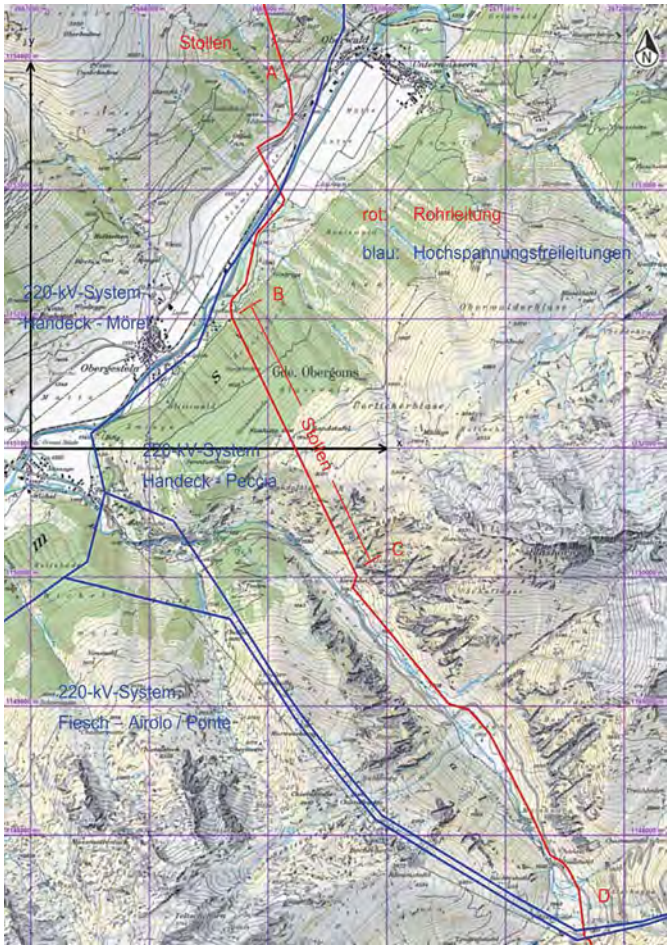


Abbildung 1: Planausschnitt für das Berechnungsmodell mit den Trassenverläufen für die Rohrleitung und die 220-kV-Hochspannungsfreileitungen

[1] LFIP, Low Frequency Interference Program, FKH, 2002 / v.2016.

[2] ITU Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines, Volume II, Calculation induced voltages and currents in practical cases, ITU (International Telecommunication Union; former CCITT), Geneva 1989

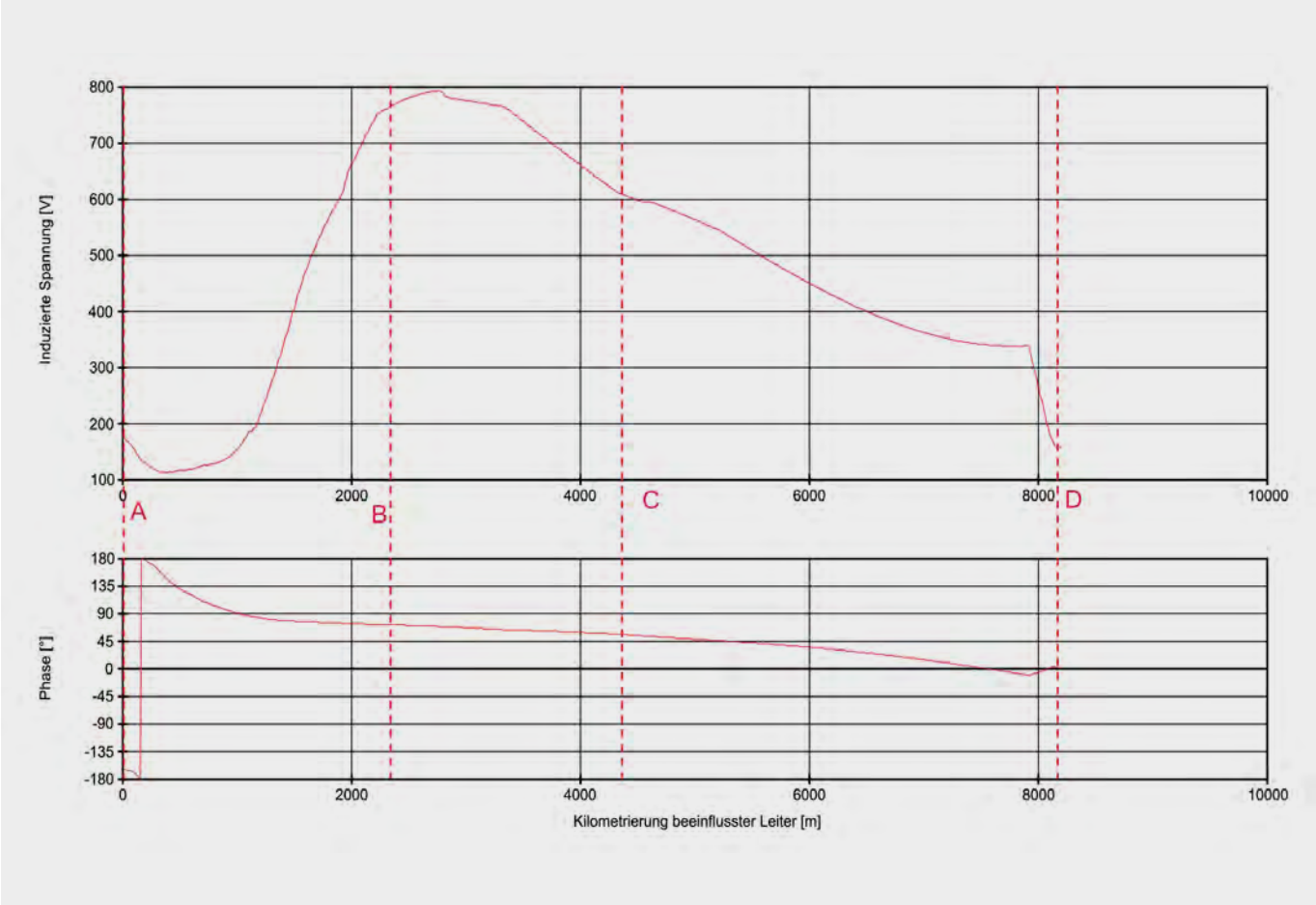


Abbildung 2: Berechnete induzierte Spannung zwischen der Rohrleitung und dem Erdboden als Längsprofil bei einem einpoligen Erdfehler im Raum Oberwald, IF= 4,61 kA am 220-kV-System Handeck – Mörel, Oberer Bildteil: Betrag der induzierten Spannung, unterer Bildteil: Phasenlage der induzierten Spannung Bemerkung: Der Knick vor dem Profilende entsteht durch eine Kreuzung der Rohrleitung mit der Freileitung

AUTOR

Reinhold Bräunlich
Dr. sc. techn. ETH
Geschäftsführer

FKH-Labor für Isolierölanalysen

Analyseaufträge

Das Öllabor hat im Berichtsjahr 13% mehr Proben bearbeitet als im Vorjahr, wodurch der Umsatz etwa proportional angestiegen ist. Zustande gekommen ist die Zunahme vor allem durch grössere Auftragsvolumina von bestehenden Kunden.

Seit 2012 ist ein starker Anstieg der Proben von Mittelspannungstransformatoren zu beobachten, der 2015 durch den Zugang eines neuen Kunden zusätzlich verstärkt wurde.

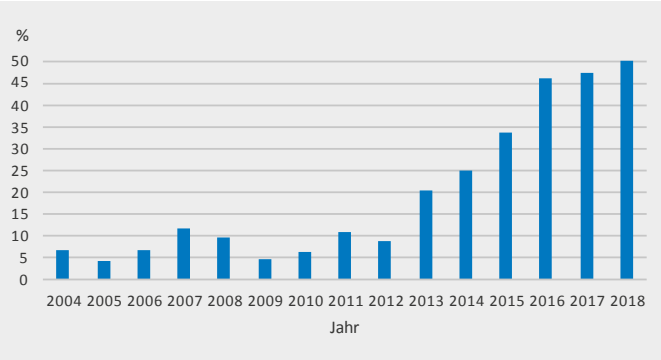


Abbildung 1: Prozentualer Anteil der Proben von MS-Trafos seit 2004

Die Zunahme lässt sich durch gesteigerte Qualitätsanforderungen der Betreiber von Mittelspannungsnetzen erklären, die insbesondere bei Industrieanlagen auch durch Produktionsausfall-Versicherungen getrieben sein können.

Neue Prüfverfahren

Als neues Prüfverfahren wurde der sog. Silberstreifentest nach DIN 51353 eingeführt. Das Verfahren prüft die korrosive Wirkung von Isolierölen auf Silberkontakte wie sie z.B. im Vorwähler eines Stufenschalters vorkommen.

Probenahme/Notfalldienst

Im Jahr 2018 wurden drei Notfalleinsätze nach Buchholzalarmen durchgeführt. Nur in einem Fall waren im Buchholzrelais brennbare Gase enthalten. Häufigste Ursache für Fehlalarme ist eine Fehlfunktion des Schutzes. Je nach Situation erfolgt die Analyse direkt vor Ort mit einem mobilen Gasanalysator und/oder im Labor mit dem Gaschromatografen.

Qualitätssicherung

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

AUTOR

Thomas Heizmann
Dr. sc. techn. ETH
Leiter Isolieröllabor

F&E-Arbeiten

Hybrid-Freileitungen mit einem Gleichspannungssystem auf gemeisamen Masten mit Wechselspannungssystemen

Das Nationalfondsprojekt «Hybrid HVAC/HVDC Overhead Lines in Switzerland» im Rahmen des Nationalfonds-Forschungsprogramms NFP 70, unter der Leitung von Prof. Christian Franck der Fachgruppe Hochspannungstechnik ETH, wurde im Berichtsjahr abgeschlossen.

Das Gesamtprojekt beinhaltete 4 Themenbereiche:

1. Beeinflussungsmechanismen zwischen den Wechsel- und Gleichstromsystemen durch Koronaeffekte
2. Ökonomische Aspekte
3. Dynamische Vorgänge bei gekoppelten Wechsel- und Gleichstromsystemen
4. Gesellschaftliche Akzeptanz

Für die Korona-Untersuchungen der ETH hat die FKH mit Unterstützung durch die Alpiq Enertrans AG eine Modellanlage aufgebaut, bei welcher die Versuchsparameter in weiten Grenzen variiert werden konnten, sodass die Einflüsse aus dem Betrieb systematisch untersucht werden konnten.

Der Schlussbericht der ETH, Fachgruppe Hochspannungstechnik, liegt vor. Einzelheiten zum Projekt können folgender Internetseite entnommen werden: http://www.nfp70.ch/en/projects/electricity-supply/hybrid-overhead-power-lines

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

AUTOR

Reinhold Bräunlich
Dr. sc. techn. ETH
Geschäftsführer

Fachtagung 2018 «Leitungsbau 2018 – Life-Cycle, Umwelt & Akzeptanz»

Die FKH-Fachtagung 2018 wurde gemeinsam mit der Energietechnischen Gesellschaft ETG der Electrosuisse organisiert und mit der jährlich im November stattfindenden Leitungsbautagung zusammengelegt. Sie fand am 7. November bei EKZ in Dietikon statt. Moderiert wurde sie am Vormittag von Herrn Thierry Saugy (ETG) und in der zweiten Tageshälfte von Herrn Christian Lindner (Axpo, Präsident FKH).

Die Schwerpunktthemen lagen bei aktuellen Fragen und Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Ausbau und Betrieb der Frei- und Kabelleitungen. Als allgemeine Einführung wurden neue Regeln der Eidgenössischen Elektrizitätskommission ElCom für Leitungsgenehmigungen erklärt. Neben der Behandlung von Problemen mit dem zunehmenden Kabelanteil in den Hochspannungsnetzen wurde auch die zunehmende Bedeutung der Lebensdauerfrage von Kunststoffkabeln thematisiert. Ein weiterer Teil der Tagung befasste sich mit Fragestellungen der gegenseitigen Beeinträchtigungen von Leitungen und Umwelt bei Bauprojekten und im Betrieb. Im Bereich neue Technologien wurde eine Lösung für die Isolationskoordination bei Betriebsspannungserhöhungen und Untersuchungsergebnisse zur Frage der Kombination von Wechselstrom und Gleichstromsystemen auf der gleichen Freileitung vorgestellt.

Beitrag	Referent
Strategie Stromnetze: Neue Rahmenbedingungen für die Entwicklung der Stromnetze – das richtige Netz zum richtigen Zeitpunkt	Sven Schelling, BfE
Vorgaben des Bundes zum Umgang mit der Resonanzproblematik von Kabeln im Übertragungsleitungsnetz der Bahnen	Markus Hoenke, BAV
Burglind, ein stürmischer Jahresanfang 2018	Philippe Rothermann, BKW Energie AG
Kabelersatz – die Herausforderungen? Teil 1 Assetmanagement: Life-Cycle-Überlegungen eines Netzbetreibers	Martina Rohrer, Axpo Grid AG
Kabelersatz – die Herausforderungen? Teil 2 Physikalische Lebensdauer: Alterungsprozesse und Zustandsbeurteilung	Thomas Heizmann, FKH
Verlegung Eyschachen – Freileitungsbau im Reussdamm	Sacha Bricalli, Swissgrid AG Marco Hutz, Alpiq EnerTrans AG
Optimierung von Kettenlängen bei Spannungserhöhungen	Thomas Koch, Siemens AG
Umwelteinflüsse von Starkstromleitungen	Reinhold Bräunlich, FKH
Hybride Freileitungen – technische Optimierung und gesellschaftliche Akzeptanz	Christian Franck, ETH Zürich

Programm, Teilnehmer und Vorträge können direkt unter diesem Link aufgerufen werden: www.devent.ch/leitungsbau

Zusammenarbeit mit Hochschulen/ Nachwuchsförderung

Betreuung von Praktikanten

Lyder Rumohr Blingsmo
Austauschstudent der ETH Zürich von der Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Master of Science in Energy and Environmental Engineering – Electrical Energy Engineering

Praktikumsarbeit: «Thermal Modelling of resonance inductor used for testing of cables.» Herr Blingsmo arbeitete in unserem Büro der FKH in Zürich. Seine Hauptaufgabe bestand darin, ein thermisches Modell einer Drossel zu programmieren.

Betreuer: Thomas Brügger, Reinhold Bräunlich

Irina Shushpannikova
IASTE-Praktikant aus Moskau (RU) von der Bauman Moscow State Technical University

Praktikumsarbeit: «Simulation and measurement of the frequency characteristics of impulse voltage dividers.» Frau Shushpannikova arbeitete in unserem Büro der FKH in Zürich. Ihre Hauptaufgabe bestand darin, Schrittantwortmessungen an Hochspannungsteilern mit dem Schaltungssimulationsprogramm Microcap nachzurechnen und daraus Streukapazitäten und Induktivitäten abzuleiten.

Betreuer: Thomas Brügger, Reinhold Bräunlich

Abbildung 1: Kapazitiver Teiler aus 3 Stück 3-nF-Kondensatoren in Serie mit optimiertem Sekundärteil

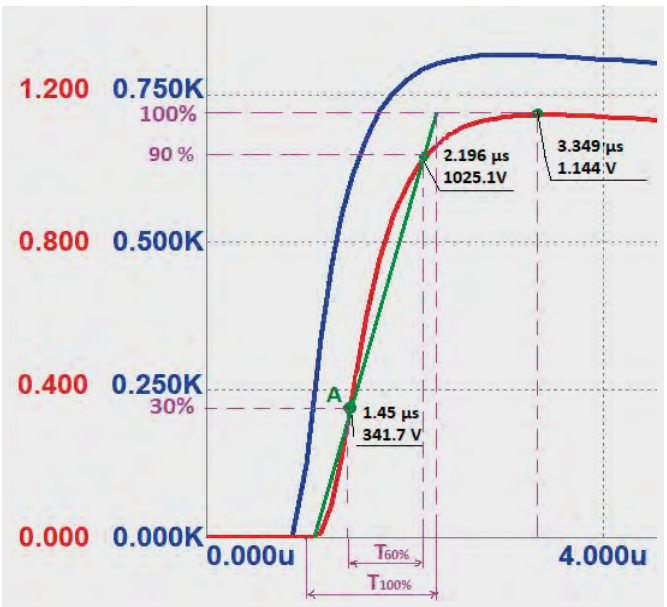


Abbildung 2: Aus der Schrittantwort berechneter Fehler in der Anstiegszeit bei der Messung eines Normblitzstossimpulses mit dem kapazitiven Spannungsteiler entsprechend Abbildung x: (1,25 µs bei einer Normanstiegszeit von 1,2 µs). Aus Praktikumsbericht: Irina Shushpannikova

Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen

Teilnahme an Fachtagungen, Referate

Reinhold Bräunlich
47. Cigré-Konferenz 2018, 26.–31. August 2018, Paris

Reinhold Bräunlich
Vortrag: «Umwelteinflüsse von Starkstromleitungen»
ETG/FKH-Fachtagung, Leitungsbau, 7. November 2018, Dietikon

Reinhold Bräunlich
Vortrag: «Umwelteinflüsse von Starkstromleitungen»
ETG/FKH-Fachtagung, Leitungsbau, 7. November 2018, Dietikon

Thomas Brügger
Seminar Sicherheitsbeauftragte (SiBe) 2018, 23.–24. Januar 2018, Sursee

Thomas Brügger
ETG/FKH-Fachtagung, Leitungsbau, 7. November 2018, Dietikon

Thomas Brügger
Vortrag: «Potenzial von VLF-TE-Messung zur Statordiagnose an Hydrogeneratoren»
VDE-Fachtagung Hochspannungstechnik 2018, 12.–14. November 2018, Berlin

Vahe Der Houhanessian
ETG/FKH-Fachtagung, Leitungsbau, 7. November 2018, Dietikon

Pascal Fehlmann
Stuttgarter Hochspannungssymposium 2018, 6.–7. März 2018, Stuttgart

Pascal Fehlmann
ETG/FKH-Fachtagung, Leitungsbau, 7. November 2018, Dietikon

Diego Friedli
GIS Anwenderforum, 9. Oktober 2018, Darmstadt

Mario Gobeli
ETG/FKH-Fachtagung, Leitungsbau, 7. November 2018, Dietikon

Thomas Heizmann
Vortrag: «Kabelersatz – die Herausforderungen. Teil 2 Physikalische Lebensdauer: Alterungsprozesse und Zustandsbeurteilung»
ETG/FKH-Fachtagung, Leitungsbau, 7. November 2018, Dietikon

Dominic Kleger
47. Cigré-Konferenz 2018, 26.–31. August 2018, Paris

Dominic Kleger
ETG/FKH-Fachtagung, Leitungsbau, 7. November 2018, Dietikon

Stefan Neuhold
47. Cigré-Konferenz 2018, 26.–31. August 2018, Paris

Günther Storf
ETG/FKH-Fachtagung, Leitungsbau, 7. November 2018, Dietikon

Günther Storf
Axpo Innovationsforum, Baden, 4. Dezember 2018

Publikationen

Th. Brügger, F. Öttl, U. Ranninger, M. Krüger
«Potenzial von VLF-TE-Messung zur Statordiagnose an Hydrogeneratoren»
VDE-Hochspannungstechnik 2018, 12.–14. November 2018 in Berlin

---

S. Coenen, M. Hässig, M. Siegel, J. Fuhr, S. Neuhold, Th. Brügger, S. Hoek, T. Linn
«Platzierung von UHF-Sensoren an Leistungstransformatoren»
Stuttgarter Hochspannungssymposium, 6.–7. März 2018

S. Coenen, M. Hässig, M. Siegel, J. Fuhr, St. Neuhold, Th. Brügger, St. Hoek, T. Linn
«Placement of UHF-Sensors on Power Transformers»
VDE-Hochspannungstechnik 2018, 12.–14. November 2018 in Berlin

---

S. Hedtke, M. Pfeiffer, M. Gobeli, P. Bleuler, R. Bräunlich, C.M. Franck
«Setup of an outdoor hybrid AC/DC test line for corona measurements»
VDE-Hochspannungstechnik 2018, 12.–14. November 2018 in Berlin

---

Ch. Kattmann, M. Siegel, Th. Brügger, St. Tenbohlen
«Messung der Spannungsqualität in der Hochspannungsebene an Transformatordurchführungen»
VDE-Hochspannungstechnik 2018, 12.–14. November 2018 in Berlin

---

S. Neuhold, Th. Brügger, R. Bräunlich, G. Behrmann, H.D. Schlemper, U. Riechert, P. Müller, M. Lehner, E. Schneiter, P. Siegrist
«Return of experience: The CIGRE UHF PD sensitivity verification and on-site detection of critical defects»
mit Diskussionsbeitrag von S. Neuhold
47. Cigré-Konferenz 2018, 26.–31. August 2018, Paris

H. Hama, S. Okabe, R. Bühler, D. Gautschi, A. Girodet, M. Hering, K. Juhre, Y. Kieffel, J. Kindersberger, W. Koltunowicz, J. Lopez-Roldan, S. Neuhold, C. Neumann, R. Pietsch, U. Riechert, T. Rokunohe, U. Schichler, D. Steyn, T. Yasuoka
«Dry Air, N_2, CO_2 and N_2/Sf_6 mixtures for Gas-Insulated Systems»
CIGRE technical brochure 730, June 2018

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:

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 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 B3.50: «Concepts for on-site HV testing of GIS after installation, extension, retrofit or repair»
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

Cired WG 2017-1: «Test recommendations for ground screen power cable connections»
Mitglied: Dominic Kleger

FKH-Mitglieder

Verbände

Electrosuisse
8320 Fehraltorf

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)
5001 Aarau

Werksmitglieder

Aare Energie AG
4601 Olten

AEW Energie AG
5001 Aarau

AG Kraftwerk Wägital
8854 Siebnen

Axpo Grid AG
5401 Baden

Azienda Elettrica Ticinese
6501 Bellinzona

Aziende Industriali della città di Lugano
6901 Lugano

BKW Energie AG
3013 Bern

Bouygues E&S EnerTrans AG
5013 Niedergösgen

CKW AG
6002 Luzern

EBM Netz AG
4142 Münchenstein

EKT AG
9320 Arbon

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
8050 Zürich

Elektrizitätswerke des Kantons Zürich
8022 Zürich

Energie-Service Biel/Bienne
2504 Biel

Energie Wasser Bern
3001 Bern

ewl energie wasser luzern
6002 Luzern

Groupe E SA
1701 Fribourg

Industrielle Werke Basel
4053 Basel

Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG
4658 Däniken

Kraftwerke Oberhasli AG
3862 Innertkirchen

Sankt Galler Stadtwerke
9001 St. Gallen

SBB Energie
3052 Zollikofen

Services Industriels Lausanne
1000 Lausanne 9

Services Industriels de Genève SIG
1211 Genève 2

St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG
9001 St. Gallen

Swissgrid AG
5070 Frick

Stadtwerk Winterthur
8402 Winterthur

Werke am Zürichsee AG
8700 Küsnacht

Verzasca SA
6901 Lugano

Industriemitglieder, Ingenieurbüros und weitere Mitglieder

ABB Schweiz AG 8050 Zürich	**Mohaupt High Voltage GmbH** A-6142 Mieders
Agea-Kull AG 4552 Derendingen	**Nexans Suisse SA** 2016 Cortaillod
Arnold AG, Energie & Telecom 3072 Ostermundigen	**OMICRON electronics GmbH** A-6833 Klaus
BCP Busarello + Cott + Partner AG 8703 Erlenbach	**Pfiffner Messwandler AG** 5042 Hirschthal
Brugg Kabel AG 5200 Brugg	**Pfisterer Switzerland AG** **6460 Altdorf**
Eidgenössisches Starkstrominspektorat 8320 Fehraltorf	**Pöyry Schweiz AG** 8048 Zürich
GE Grid (Switzerland) GmbH 5036 Oberentfelden	**Retranol GmbH** 8810 Horgen
Haefely Test AG 4052 Basel	**SGB-SMIT Transformatoren Schweiz AG** 5012 Schönenwerd
LEONI Studer AG 4658 Däniken	**Siemens Schweiz AG** 8047 Zürich
Maxwell Technologies SA 1728 Rossens FR	**VAPEC AG** 8304 Wallisellen
Megger Schweiz AG 5107 Schinznach Dorf	**Trafopower AG** 5012 Schönenwerd

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	

Neues Mitglied

An der Mitgliederversammlung vom 23. Mai 2018 wurde dem Mitgliedschaftsantrag von folgendem Unternehmen zugestimmt:

SGB-SMIT Transformatoren Schweiz

SGB-SMIT Transformatoren Schweiz AG
Grundstrasse 36
5012 Schönenwerd

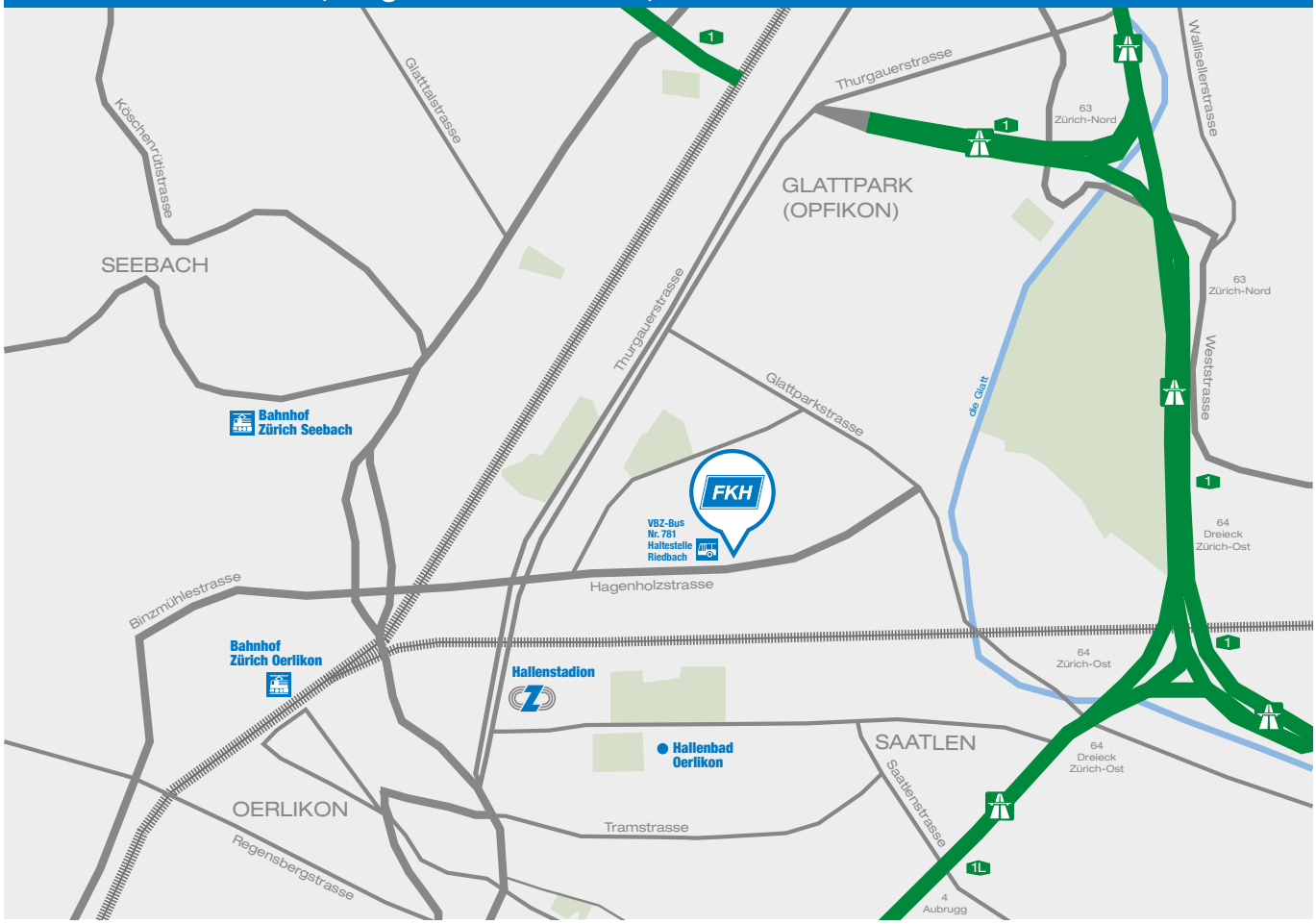
Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit und danken für das Vertrauen.

Mitgliederbestand per 31. Dezember 2018

Verbände	2	(2)
Werksmitglieder	29	(30)
Industriemitglieder, Ingenieurbüros und weitere Mitglieder	22	(23)
Korrespondierende Mitglieder	9	(9)
Total Mitglieder per 31. Dezember 2018 (Stand per 31. Dezember 2017 in Klammern)	**62**	(64)

Zufahrtspläne für die FKH-Standorte

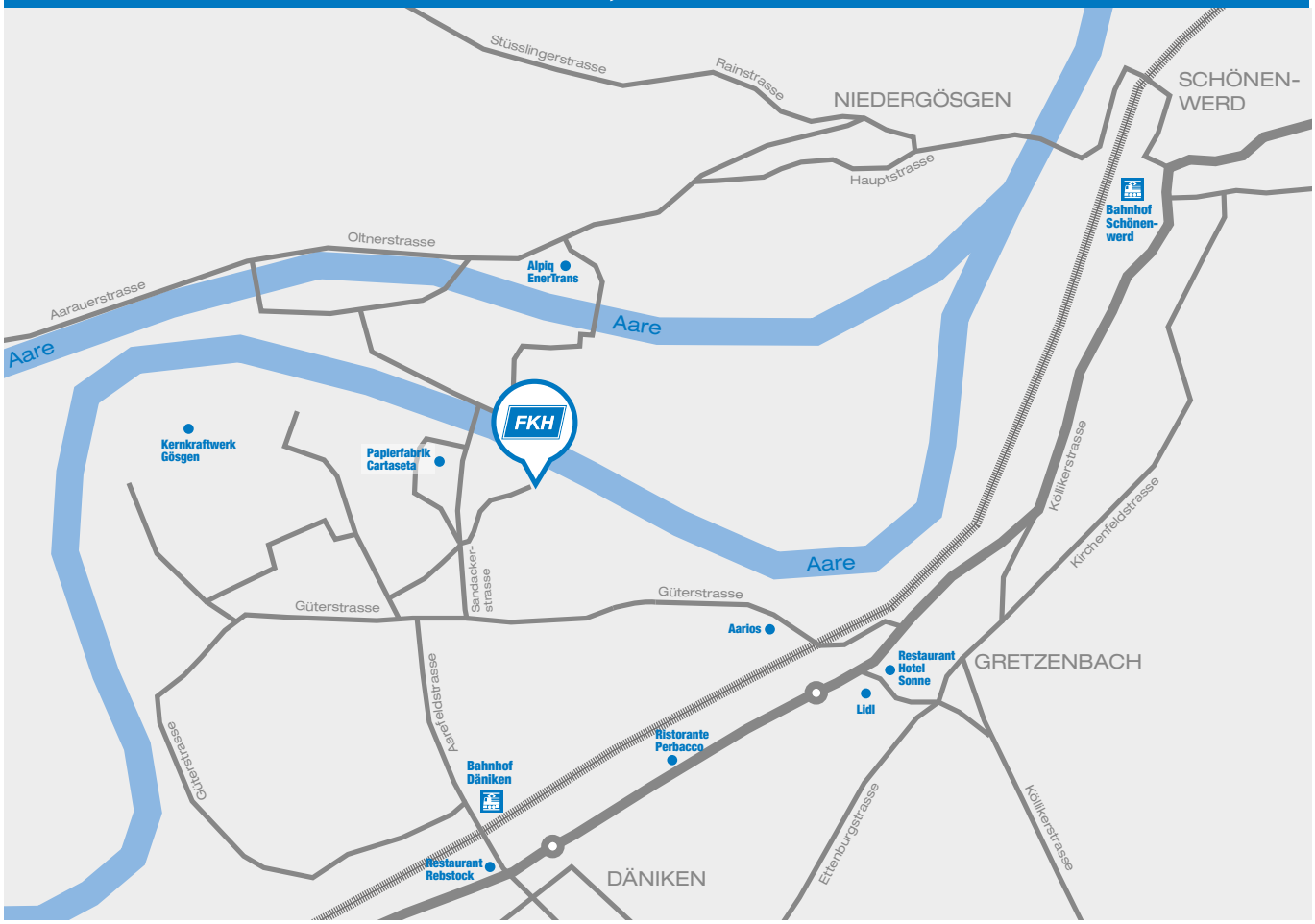
FKH-Geschäftsstelle, Hagenholzstrasse 81, 8050 Zürich



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

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

Schmocker + Sägesser AG