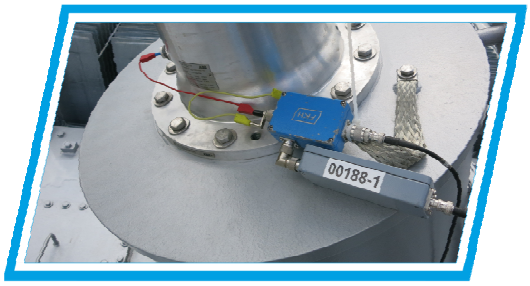
FKH

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



JAHRESBERICHT 2014

Inhalt

Seite

Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters 3
1. Struktur und Leitbild der FKH 5
2. FKH-Vorstand 7
3. FKH-Geschäftsstelle 8
4. Personelle Veränderungen 9
5. Dienstleistungen der FKH 10
6. Auftragsarbeiten, statistische Übersicht 11
7. Ausgewählte Auftragsarbeiten 13
8. Ausgewählte F&E – Arbeiten 22
9. FKH-Labor für Isolierölanalysen 25
10. Vor-Ort-Entwicklungen und Investitionen 26
11. Fachtagung „Netzqualität in Übertragungs- und Verteilnetzen“ 27
12. Zusammenarbeit mit Hochschulen / Nachwuchsförderung 28
13. Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen 29
14. Mitgliedschaft / Mitarbeit in Fachgremien und Kommissionen 31
15. FKH-Mitglieder 33
16. Informationsbroschüren der FKH 36
17. Zufahrtspläne für die FKH-Standorte 37

Vorwort des Präsidenten und des Geschäftsleiters

Sehr geehrte FKH-Mitglieder, sehr geehrte Freunde der FKH

Die Fachwelt der Hochspannungstechnik musste im Berichtsjahr 2014 von drei prominenten Persönlichkeiten, die mit ihrem Engagement und mit ihrer Weitsicht die Entwicklung der FKH entscheidend mitgeprägt haben, für immer Abschied nehmen: Prof. Dr. Walter Zaengl (FKH-Vorstand von 1969-1997), Dr. Fred Schwab (FKH-Vorstand 1980-1997, Präsident 1992-1997) und Heinz Aeschbach (FKH-Vorstand 1996-2009).

Trotz angespannter Wirtschaftslage und grossen Veränderungen in der Branche konnte die FKH das Geschäftsjahr 2014 mit einem erfreulichen Ergebnis abschliessen. Zahlreiche im In- und Ausland durchgeführte Hochspannungsprüfungen und Diagnosemessungen sorgten vor allem in der zweiten Jahreshälfte für eine sehr hohe Auslastung der Prüfspezialisten und der mobilen Prüfanlagen. Bei Vor-Ort-Prüfungen von Hochspannungsbetriebsmitteln war im Berichtsjahr eine weitere Zunahme von Wechselspannungsprüfungen mit gleichzeitig durchgeführter Teilentladungsmessung zu verzeichnen. Die Fortsetzung dieses Trends zeigt deutlich, dass für die Betreiber von Hochspannungsanlagen der Nachweis einer einwandfreien Isolationsqualität nach wie vor von herausragender Bedeutung ist.

Neben den eigentlichen Prüfdienstleistungen wird die FKH in letzter Zeit vermehrt auch bei Spezialfragen in der Entwicklung von Hochspannungsapparaten, bei der Anlagenprojektierung und bei Umwelteinflüssen beigezogen. Mit solchen Studien und Gutachten können das breite Fachwissen und die Erfahrungen der FKH bei Mitgliedern und Kunden nutzbringend eingesetzt und erweitert werden (siehe Kurzbeitrag Seite 20).

Eine erfreuliche Nachfrage zeigte sich im Berichtsjahr auch bei den Dienstleistungen des Labors für Isolierölanalysen. Dem Laborleiter Dr. Maik Koch ist es gelungen, im Bereich neuer Isolieröle deutliche Akzente zu setzen. Dank grosszügiger finanzieller Unterstützung von Mitgliedunternehmungen war es möglich, eine systematische Untersuchung eines neuartigen Isolieröls, hergestellt aus verflüssigtem Erdgas, im Vergleich mit konventionellen Isolierölen durchzuführen. Die wichtigsten Resultate dieser interessanten Studie sind in einem Kurzbeitrag auf S. 22 zusammengefasst.

Die FKH hat auch im vergangenen Jahr in den Ausbau und in die Erneuerung ihrer Prüfanlagen investiert. So konnte nach längerer Entwicklungszeit eine mobile elektronische Speisequelle (500-kVA Frequenzumrichter mit Spezialfilter am Ausgang für Teilentladungsmessung) für die Spannungsprüfung von Grosstransformatoren in Betrieb genommen und bei einer ersten Vor-Ort-Prüfung erfolgreich eingesetzt werden. Ausserdem wurde der Bestand von Hochleistungsdrosselspulen für die Resonanzprüfung von langen Kabelstrecken um zwei Einheiten erweitert und damit die verfügbare Prüfleistung auf über 30 MVA erhöht.

Im Rahmen der von der FKH jährlich angebotenen Praktika für Studenten aus dem In- und Ausland wurden im Sommerhalbjahr 2014 Datenbanken für Diagnosemessungen an Transformatoren und für Analysenergebnisse des Isoliereöllabors entwickelt. Mit dem schnellen Zugriff auf die umfangreichen Datenbestände wird sowohl die Isolieröldiagnose als auch die Beurteilung von Fehlerbefunden wirkungsvoll unterstützt.

Wir sind uns bewusst, dass am Erfolg der FKH hauptsächlich unsere Mitglieder und Kunden sowie unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beteiligt sind. Allen, die zum Erfolg der FKH im vergangenen Jahr beigetragen haben, danken wir ganz herzlich!

Dr. Thomas Aschwanden	Dr. Reinhold Bräunlich
Präsident	Geschäftsleiter

1. Struktur und Leitbild der FKH

1.1 Struktur der FKH

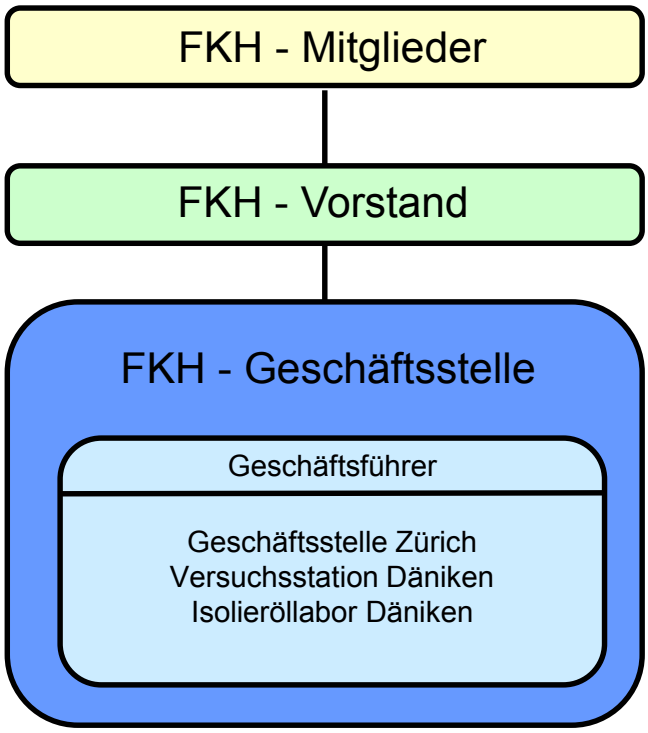


Abbildung 1 Struktur der FKH

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** Kraftwerke Oberhasli AG
Vizepräsident	**Christian Lindner** Axpo Power AG
Mitglieder	**Martin Aeberhard** Schweizerische Bundesbahnen
	Peter Betz Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
	Dr. Reinhold Bräunlich [1] Fachkommission für Hochspannungsfragen
	Markus Burger (seit 14. Mai 2014) Electrosuisse
	Prof. Dr. Christian Franck Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
	David Gautschi ALSTOM Grid AG
	Bernhard Krummen Service de l'Electricité de la Ville de Lausanne
	Markus Lehner Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
	Prof. Dr. Farhad Rachidi (seit 14. Mai 2014) Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
	Prof. Dominique Rolle Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg
	Dr. Alain Schenk (seit Mai 2014) BKW Energie AG
	Martin Weibel Alpiq EnerTrans AG
	Toni Wunderlin (seit Mai 2014) Brugg Kabel 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
	Diego Friedli, M.Sc. Elektrotechnik	friedli@fkh.ch
	Mario Gobeli, El.-Ing. FH	gobeli@fkh.ch
	Dr. Maik Koch, Dr.-Ing. Leiter Labor für Isolierölanalysen	koch@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
	Matthias Weidmann, Chemielaborant bis 31. Oktober 2014	weidmann@fkh.ch
Betriebsstätten	**FKH-Geschäftsstelle** Voltastrasse 9 8044 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. Personelle Veränderungen

Der Leiter des Isolieröllabors Herr Dr. Maik Koch trat per 1. Dezember 2014 eine Professur für Elektrische Netze und Hochspannungstechnik an der HS Magdeburg (Deutschland) an. Als neuer Leiter des Isolieröllabors konnte Herr Dr. Thomas Heizmann gewonnen werden. Er wird ab dem 1. Februar 2015 diese Position bei der FKH antreten.

Herr Heizmann war bis Januar 2013 bereits über zehn Jahre, zuletzt als Spezialist für Vor-Ort-Prüfungen an Transformatoren, bei der FKH tätig. Aufgrund seiner früheren Arbeiten und seiner reichen Erfahrungen in der Diagnostik und Bewertung ölisolierter Betriebsmittel wird er die Bedürfnisse der FKH-Kunden in Zukunft kompetent abdecken können.

Dr. Thomas Heizmann

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 14 des Jahresberichts aufgelistet. Sie können auch auf der Internetseite der FKH (www.fkh.ch) abgerufen werden.

Folgende Dienstleistungen bietet die FKH an:

Prüfung von Hochspannungsmitteln vor Ort

- Hochspannungsprüfungen an Apparaten und Betriebsmitten mit Stoss- und Wechselspannung (Resonanzprüfungen), mit und ohne Diagnosemethoden an:
    - Transformatoren und anderen Hochspannungs-Apparaten
    - GIS
    - Kabelanlagen

Hochspannungsprüfungen im Kleinlabor

- Hochspannungsapparaten
- Mittelspannungskomponenten

Isolierölanalysen

- Dielektrisch-Chemische Analysen
- Chromatographische und spektroskopische Analysen
    - Zersetzungsgasanalysen
    - Furananalysen
    - FTIR-Spektralanalysen

Erdungs-, Umwelt- und Netzfragen

- Erdungs-Messungen und -Berechnungen
- EMF-/ EMV-Messungen und -Berechnungen
- Netztransientenmessungen

Engineering und Studien

- Engineering, Beratung und Expertisen
- Schadensanalysen
- Blitzschutzfragen

Weiterbildung

- Fachtagungen
- Schulungen

6. Auftragsarbeiten, statistische Übersicht

Im Berichtsjahr 2014 wurden insgesamt 156 Auftragsarbeiten und 171 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	2'475'212.-	(2'332'202.-)
Erlös aus Auftragsarbeiten für Nichtmitglieder	CHF	1'064'011.-	(862'595.-)
Total gemäss FKH-Erfolgsrechnung 2014	CHF	**3'539'223.-**	(**3'194'797.-**)

*) Nettoerlös, 10% Mitgliederrabatt abgezogen.

Tabelle 1 Erlös aus Auftragsarbeiten

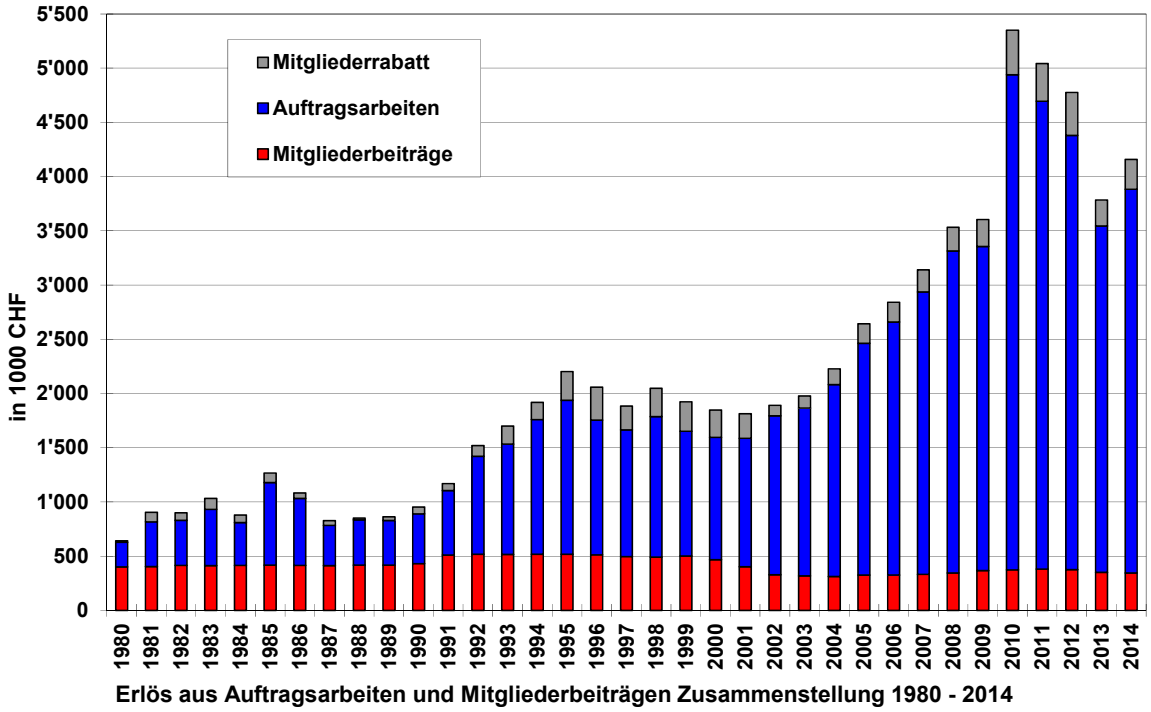


Abbildung 1 Erlös aus Auftragsarbeiten und Mitgliederbeiträgen, im Zeitraum von 1980 - 2014

Die Auftragstätigkeit der FKH-Arbeitsgruppe für Mitglieder und Dritte im Berichtsjahr 2014 kann den Gebieten gemäss Tabelle 2 zugeordnet werden (prozentuale Verteilung bezogen auf den erzielten Nettoerlös, Angaben aus dem Vorjahr in Klammern):

Prüfung von Hochspannungs-Kabelanlagen	32%	(39%)
Diagnose von Hochspannungsapparaten (Transformatoren)	17%	(10%)
Prüfung von GIS oder GIL	18%	(12%)
Erdungsmessungen / Nachweis von Blitzschutzmassnahmen	8%	(9%)
Typprüfungen / Spezialversuche	3%	(6%)
EMF / Korona / EMV / Transiente Vorgänge im Netz und in HS-Anlagen	2%	(3%)
Beratungs- und Betreuungsaufgaben	2%	(1%)
Isolierölanalysen	18%	(20%)
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten (aus Drittmittelgeldern)	0%	(0%)

Tabelle 2 Prozentuale Verteilung der Auftragsarbeiten im Jahr 2014 nach Dienstleistungssparten aufgeschlüsselt (Vorjahr in Klammern)

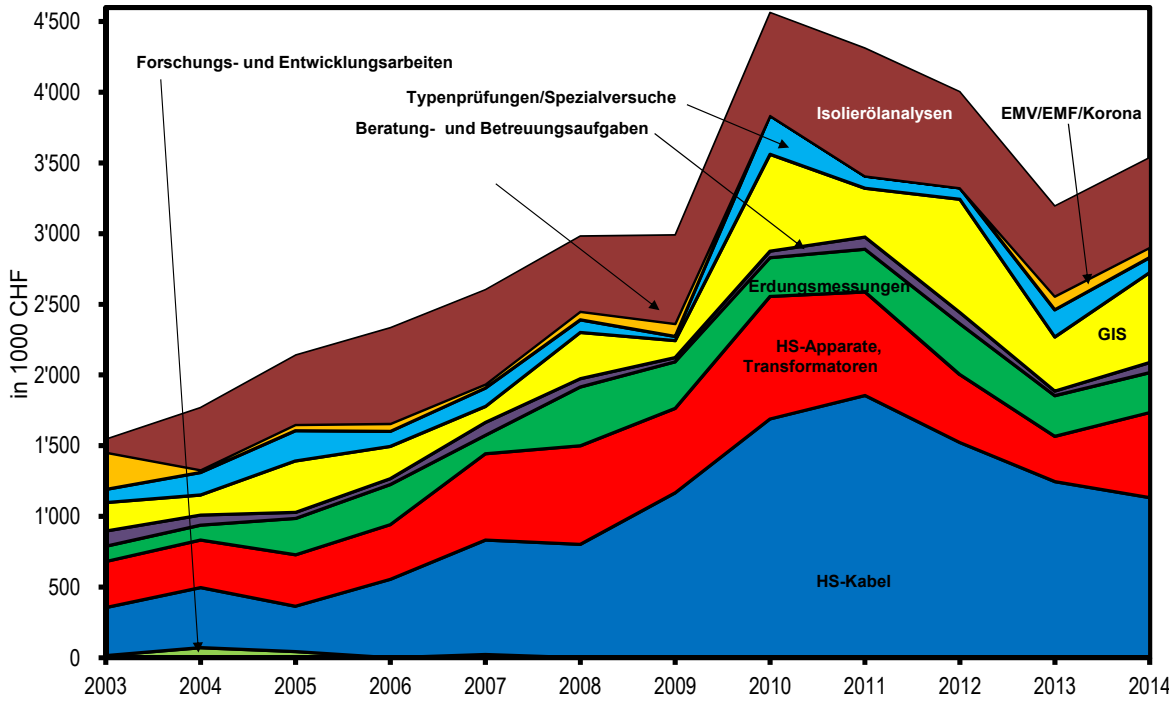


Abbildung 2 Entwicklung des Erlöses aus Auftragsarbeiten nach einzelnen Dienstleistungssparten (in CHF 1'000) über den Zeitraum von 2003 bis 2014

7. Ausgewählte Auftragsarbeiten

7.1 Erdschlussstrommessungen in Verbois

Im Unterwerk Verbois GE befinden sich 380-kV- und 220-kV-Schaltanlagen von Swissgrid, sowie 125-kV- und Mittelspannungsanlagen der SIG. Im selben Areal wurde für die SBB eine neue 25-kV-Schaltanlage zur Speisung der Bahnlinie nach Frankreich gebaut. Von dieser Schaltanlage führen zur Traktionsspeisung 4 x 2 Einleiterkabel zum Bahntrassee. Parallel zu jedem dieser Kabel ist ein beidseitig geerdeter Erd-Rückleiter installiert. Die Speiseleitungen stellen somit eine massive Verbindung des Erdungssystems des Unterwerks Verbois mit den Bahngleisen dar.

Um Problemen durch Potentialverschleppung vorzubeugen, wurden die Rückleiter der 25-kV-Fahrleitungssysteme im UW Verbois isoliert verlegt, so dass die Rückleiter mit der UW-Erdung verbunden oder getrennt werden können.

Das Ziel einer FKH-Messkampagne war zu untersuchen, ob die Erdungssysteme der SBB permanent mit dem Gesamterdungssystem vom UW Verbois verbunden werden können.

Die Untersuchungen wurden in zwei Phasen durchgeführt:

A Erdungsmessung mit Erdungsverbindung zwischen SBB und UW Verbois

B Erdungsmessung ohne Erdungsverbindung zwischen SBB und UW Verbois

Für beide Zustände wurde dieselbe 220-kV-Leitung zur Bildung der Erdschlussschleife verwendet.

Eine Freileitung auf der 220-kV-Ebene wurde ausser Betrieb genommen und in beiden Zustände A und B für die Einspeisung eines Versuchs-Fehlerstroms verwendet. Die Freileitung war im UW Foretraille geerdet.

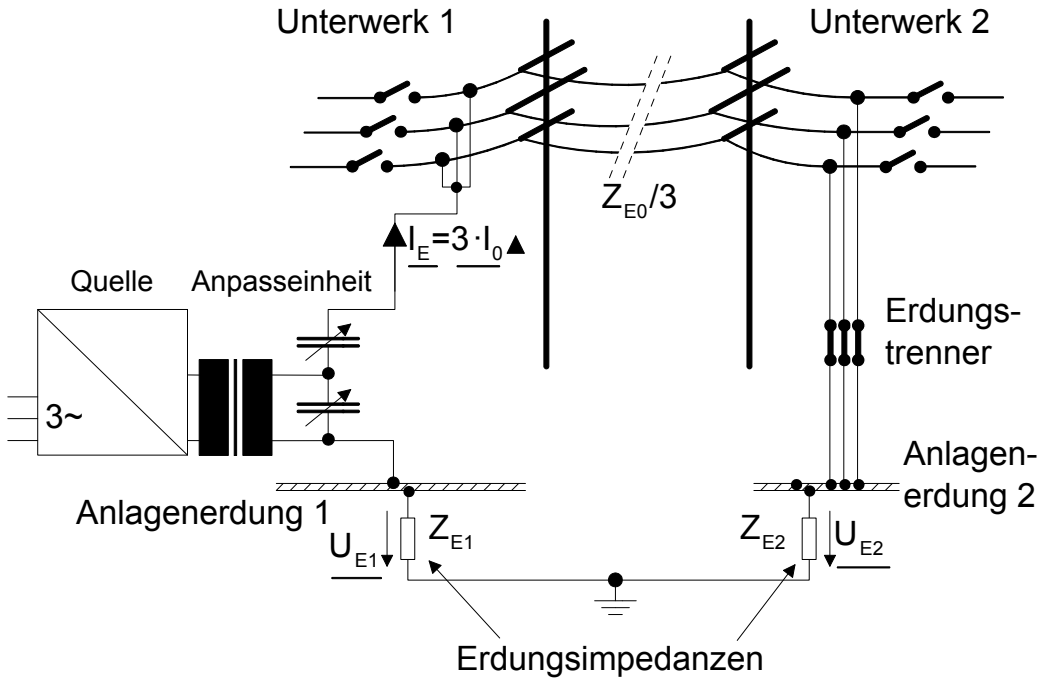


Abbildung 1 Schematische Darstellung der Messanordnung

Abbildung 2 FKH-Messanhänger mit Stromquelle im UW Verbois

Abbildung 3 Anschluss der Prüfquelle an die Versuchsleitung

Durch ein Zusammenschliessen der beiden Erdungssysteme kann die Erdungsimpedanz herabgesetzt werden.

Weder die Berührungsspannungen, noch hohe Fehlerströme, die die Erdungssysteme gegenseitig beeinträchtigen, machen eine Trennung der Erdungen der 50-Hz- und 16.7-Hz-Schaltanlagen notwendig.

Der SBB und Swissgrid wurde empfohlen die beiden Erdungen zusammenzuschliessen.

7.2 Generatorprüfung KW Russein

Die FKH hat im Auftrag von Andritz Hydro die Hauptständerwicklung, die Polradwicklung sowie die Erregerläuferwicklung der zwei neu installierten Synchronmaschinen (Maschinengruppe 1 und 2) im Kraftwerk Russein geprüft. Die wichtigsten technischen Daten der Maschinen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Hersteller:	Lloyd Dynamowerke Bremen
Typ:	S5E1250M52-8ZE+WK
Scheinleistung:	13‘500 kVA
Nennspannung U_n:	6‘300 V
Strom:	1‘240 A
Frequenz:	50 Hz
Polzahl:	8
Drehzahl:	750.0 min^{-1}

Tabelle 1 Technische Daten der geprüften Synchronmaschinen

Die Hauptständerwicklungen wurden mit einem regulierbaren Prüftransformator der FKH geprüft. Für die AC-Prüfung (U_p=10.5 kV) wurden die Wicklungskapazitäten mit einer 50-Henry-Drossel kompensiert. Beide Maschinen haben sowohl die Spannungsprüfungen, als auch die Isolationswiderstandsmessungen bestanden. Die Abbildung 1 zeigt die eingesetzten Prüfmittel für die Ständerwicklungsprüfung.

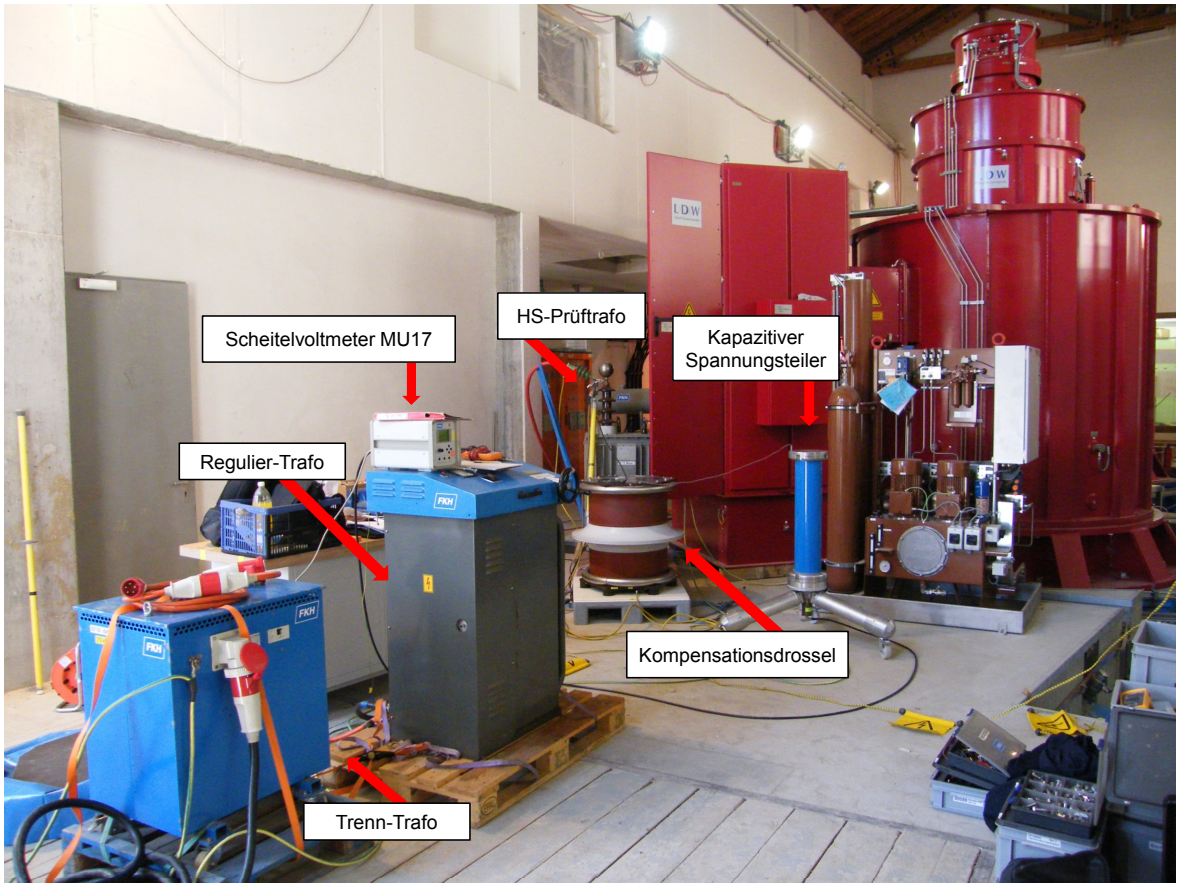


Abbildung 1 Prüfaufbau für die AC-Prüfung der Hauptständerwicklung

7.3 Stossspannungsprüfung UW Eitting

Beim Umbau der 110-kV-Schaltanlage (Bahnstrom 16.7 Hz) im UW Eitting (Nähe Flughafen München) kam man wegen bauseitigen Gegebenheiten teilweise in die Nähe der minimal nötigen Schlagweiten. Um die reduzierten Isolierstrecken für Stossbeanspruchung zusätzlich zu verstärken, wurden im Bereich der betroffenen kritischen Schlagweiten spezielle Isolierstoffplatten eingebaut (Abbildung 1).

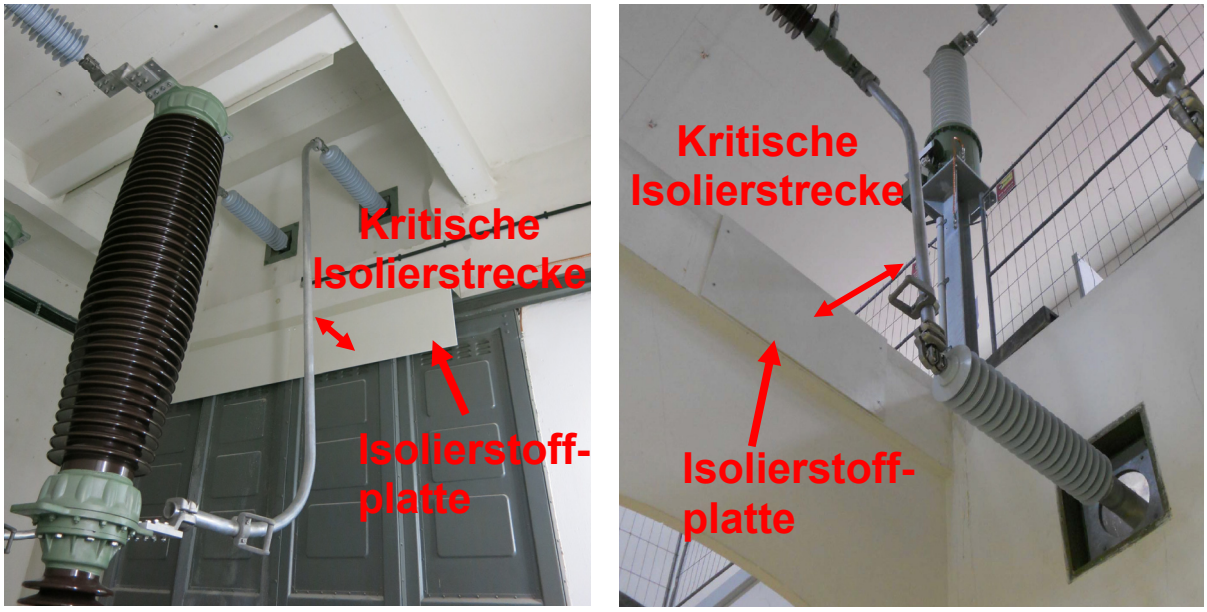


Abbildung 1 Kritische Isolierstrecken mit installierten Kunststoffplatten

Die FKH wurde beauftragt, die Spannungsfestigkeit der betroffenen Isolierstrecken mit einer Stehstossspannungsprüfung (Blitzstossprüfung) nach VDE 0432 / IEC 60060 vor Ort zu überprüfen.

Als Prüfspannungsquelle wurde der mobile Stossgenerator der FKH verwendet. Der Generator besteht aus 10 Kondensatorstufen mit einer Gesamtkapazität von 125 nF und einer maximalen Ladespannung von ±800 kV. Die Prüfspannung wurde vom im Freien aufgestellten Stossgenerator mit einer Zweidrahtleitung aus Kupferbändern in die Innenraumanlage geführt.

Abbildung 2 Im Freien aufgestellter Stossgenerator, mit Isolierstangen abgestützte Kupferbandleitung ins Anlageninnere

Vor den Leistungsschalter-Kammern wurde der kapazitive Spannungsteiler aufgestellt, von dem aus die Prüfspannung mittels Kupferband auf die jeweils geprüfte Phase geführt wurde (Abbildung 3).

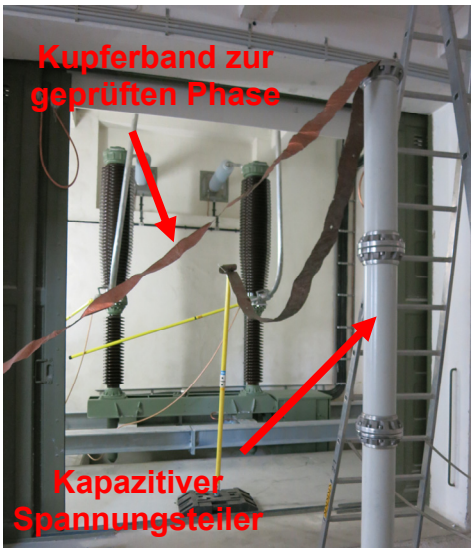


Abbildung 3 Kapazitiver Spannungsteiler vor Leistungsschalter-Kammer, Anschluss der geprüften Phase mittels Kupferband

Für die Blitzstossprüfung im UW Eitting wurde die Form 1,2/50 µs (Stirnzeit T_s / Rückenhalbwertszeit T_r) mit einem Scheitelwert von ±450 kV verwendet (80% von 550 kV, der für 123-KV-Anlagen vorgeschriebenen Bemessungs-Blitzstossspannung nach IEC 62271-203) verwendet. Abbildung 4 zeigt exemplarisch die Bestimmung der Stirnzeit T_s resp. der Rückenhalbwertszeit T_r für einen positiven Stoss. Die Spannungsform-Parameter lagen bei allen Stössen innerhalb der von VDE 0432 / IEC 60060 geforderten Toleranzen.

Die Prüfung erfolgte nach dem Verfahren B gemäss VDE 0432 / IEC 60060. Die Prüfbeanspruchung bestand aus je 15 Spannungsstössen mit Scheitelwerten von 450 kV beider Polaritäten. Gemäss Norm dürfen dabei selbstheilende Luftüberschläge pro 15 Stösse maximal zweimal auftreten, damit die Prüfung als bestanden gilt.

Während der gesamten Prüfung traten keine Überschläge in der Schaltanlage auf, womit alle geprüften Anlagenteile und insbesondere auch die Bereiche mit kritischen Schlagweiten die Stehstossspannungsprüfung gemäss VDE 0432 / IEC 60060 bestanden haben.

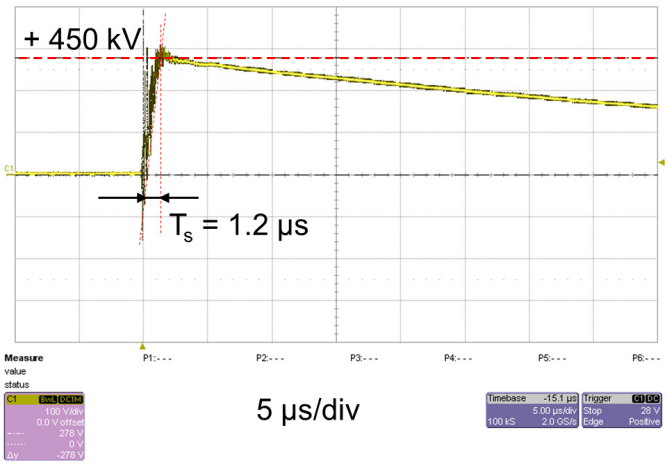


Abbildung 4 Bestimmung der Stirnzeit T_s für die positiven Stösse

7.4 Erdungsberechnung für eine grosse Schaltanlage

Nach Erweiterung mit Erhöhung der Erdfehlerspannungen wurden für die Beurteilung einer grossen Schaltanlage Erdungsberechnungen durchgeführt und verschiedene Massnahmen zur Reduktion des Erdübergangswiderstands untersucht. Wegen des hohen Erdschlussstroms von 55 kA waren auch Berührungsspannungen innerhalb der Schaltanlage abzuklären. Das Berechnungsverfahren und die Beurteilung der Einwirkspannungen auf Personen waren nach dem IEEE Standard 80-2000 vorzunehmen.

Zur Modellierung der Leitfähigkeitsverteilung des Erdbodens arbeitet das Berechnungsprogramm mit zwei Lagen unterschiedlichen Erdbodenwiderstands.

Zusätzlich wurde eine Oberflächenmaterialschicht mit einem spezifischen Widerstand von 2000 Ωm und einer Dicke von 10 cm modelliert.

Wegen des resultierenden Erdseilreduktionsfakors und der Kettenleiterimpedanzen der abgehenden Freileitung fliesst nur ein reduzierter Erdfehlerstrom von 39 kA durch das Erdungssystem.

Aufgrund der Erdfehlerabschaltzeit von 0,3 s ergab sich eine zulässige Berührungsspannung von 899 V und eine zulässige Schrittspannung von 2'737 V (Körpergewicht 70 kg).

Das Modell des Erdungssystems inkl. der Flächen- und Tiefenerder konnte direkt aus einer AutoCAD-Datei importiert werden (Abbildung 1).

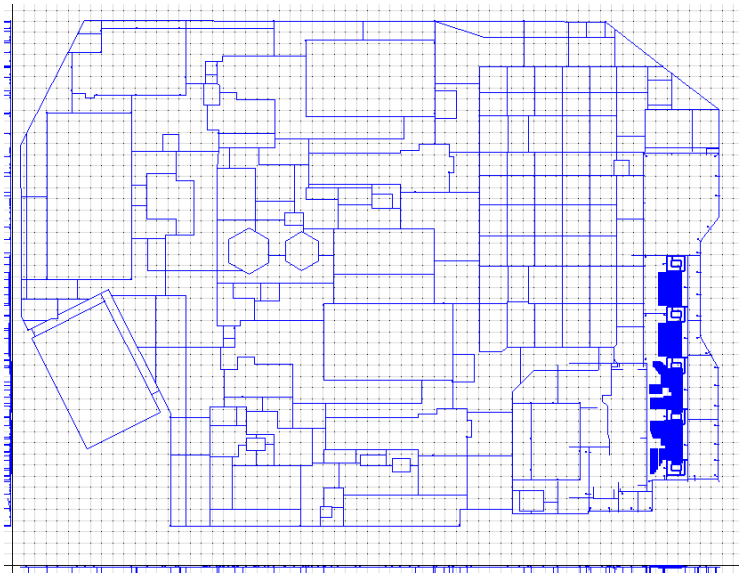


Abbildung 1 Modell des simulierten Erdungssystems

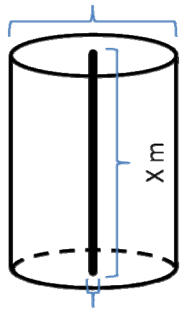


Abbildung 2 Modell eines Armierungsstabs mit Betonumhüllung (Fundament)

Für Armierungen in Betonfundamenten wurden als Modell leitfähige Stäbe mit Betonersatzzylindern eingesetzt, siehe Abbildung 2.

Abbildung 3 zeigt die Simulationsergebnisse für die Berührungsspannungen mit und ohne Zusatzmassnahmen. Im linken Bild a) wurden nicht alle Betonfundamente der Gerüste geerdet. Bild b) zeigt die zusätzliche eingeführten Verbindungen zu den Fundamentarmierungen und die Positionierung von Tiefenerdern. Die Verbesserungen können dem Simulationsergebnis c) entnommen werden.

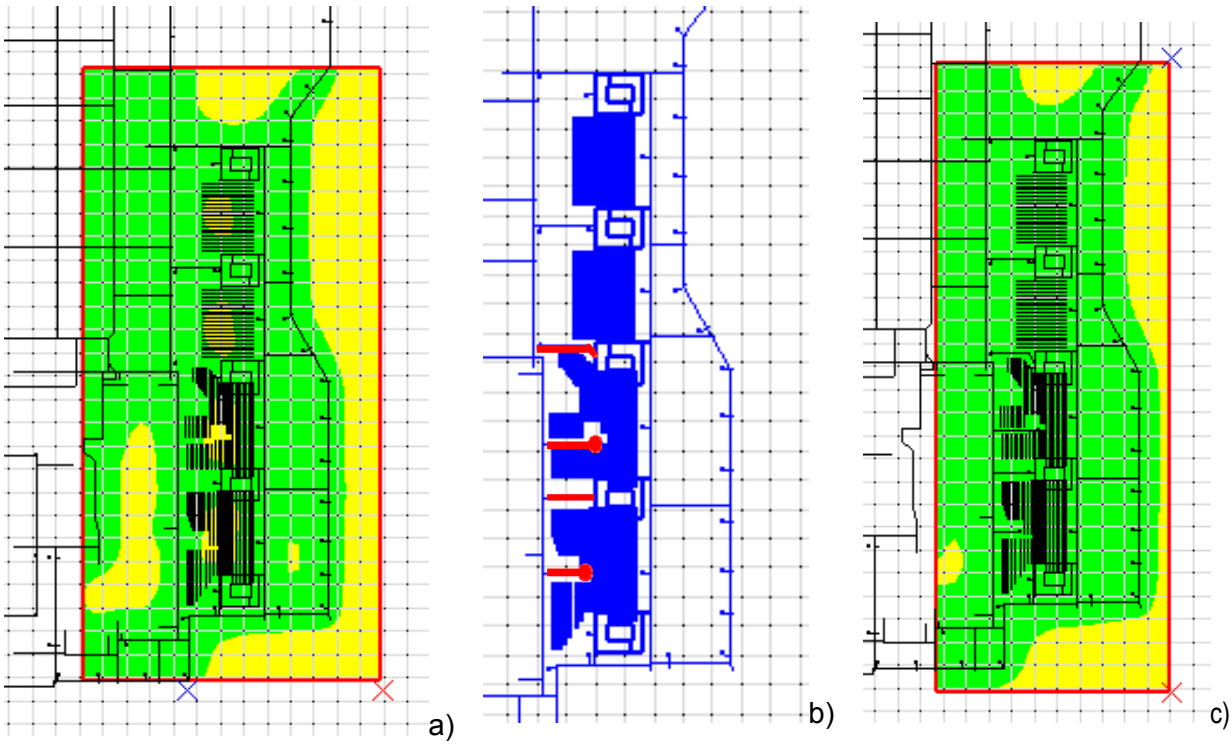


Abbildung 3 Simulationsergebnisse der Berechnung der Berührungsspannungen im Areal in den grünen Flächen liegen die Berührungsspannungen im zulässigen Bereich. In den gelb eingefärbten Flächen übersteigen die Berührungsspannungen die zulässigen Werte.
a) Simulationsergebnisse mit teilweise nicht geerdeten Betonfundamenten
b) Verbindung für die Kontaktierung des Erdungssysteme (rote Linien) und Ergänzung des Erdungssystems mit Tiefenerdern (rote Punkte)
c) Simulationsergebnis nach Berücksichtigung der in b) definierten Massnahmen

Das Beispiel demonstriert, dass als Erder benutzte Fundamente aus Beton eine wesentliche Verbesserung der Erdungsimpedanz bewirken, wenn die Armierung mit dem Erdungssystem verbunden wird. Durch die Verbesserung der Potentialverteilung können auch die Berührungsspannungen entscheidend reduziert werden.

Die zulässige Berührungsspannung hängt stark vom Oberflächenwiderstand der Umgebung ab. Der beste Weg, um die elektrische Sicherheit auf Standflächen zu erhöhen, ist die Wahl eine Oberflächenschicht aus Asphalt oder gewaschenem Granit. Sand und Kalkstein sollten aufgrund ihrer hohen Leitfähigkeit vermieden werden.

7.5 Studien und Gutachten

Die FKH führt neben ihre Prüfdienstleistungen jedes Jahr auch eine Reihe von Studien und Gutachten aus, mit denen aktuelle Fragestellungen beantwortet oder Entwicklungsschritte für Mitglieder und Kunden erarbeitet werden. Auf diese Weise kann die FKH Erfahrungen bei Bedarf gezielt für die Lösung der Problemstellungen der Mitglieder und Kunden einbringen.

Im vorliegenden Abschnitt wird die Entwicklung dieser Studienaktivität bei der FKH über die letzten 25 Jahre aufgezeigt. Ein Teil der Studien basiert auf theoretischen Berechnungen und Literaturrecherchen; ein anderer Teil betrifft experimentelle und messtechnische Abklärungen, welche in diesem Rückblick mitberücksichtigt werden.

Generell haben Auftragsstudien bei der FKH in den letzten Jahren deutlich zugenommen; die Entwicklung verläuft aber in den einzelnen Fachgebieten aus den nachfolgend diskutierten Gründen unterschiedlich (farbig eingerahmte Rubriken).

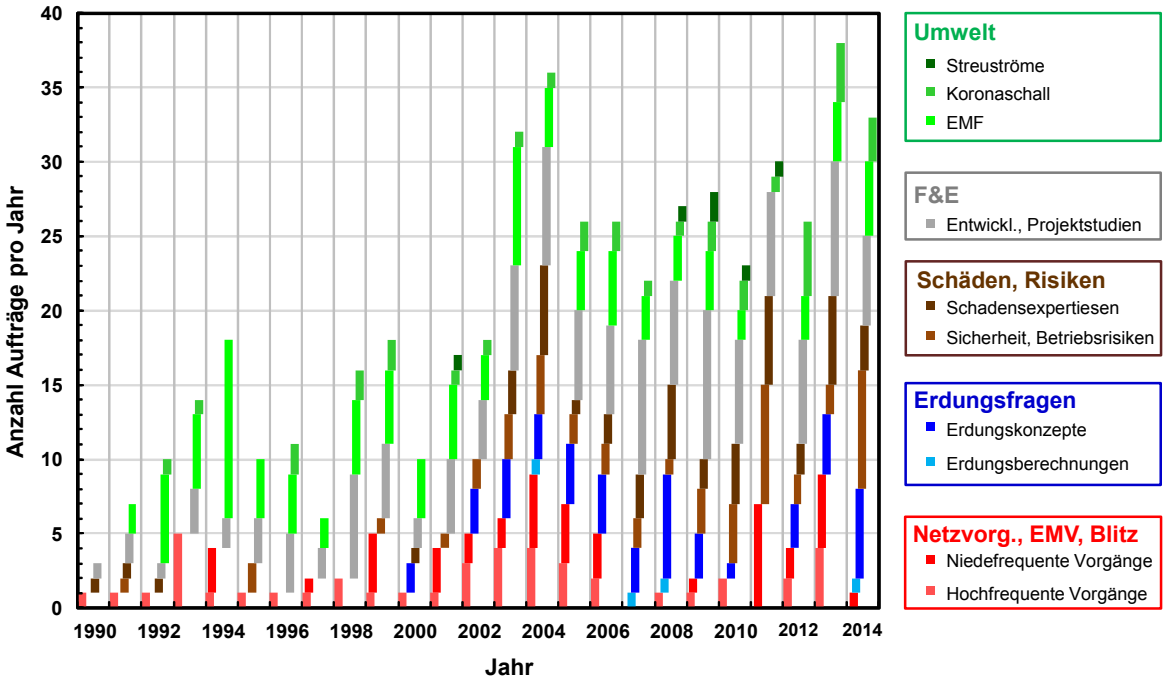
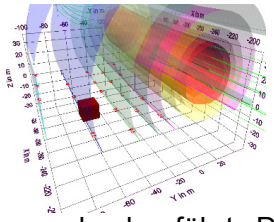
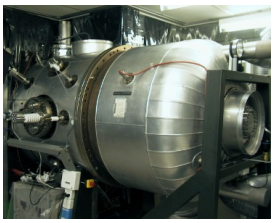


Abbildung 1 Jährlich abgewickelte Studienaufträge über die vergangenen 25 Jahre, aufgeteilt in farblich markierte Fachgebiete

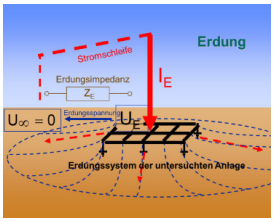


Umwelt Die untersuchten Einflüsse von elektrotechnischen Einrichtungen auf die Umwelt umfassen unter anderem: Emissionen von elektrischen und magnetischen Feldern, Auswirkungen von Koronaentladungen und Erdungsströme bzw. -spannungen. Studien über solche Emissionen werden in erster Linie in Hinblick auf mögliche Beeinträchtigungen von Menschen und Tieren durchgeführt. Die biologischen Auswirkungen der erfassten Grössen sind meist nicht genau quantifizierbar aber z.T. durch Vorschriften begrenzt. Die Nachfrage für Studien über die genannten Fragestellungen wird stark durch die öffentliche Meinung und durch gesellschaftliche Mechanismen geprägt und unterliegt typischen Schwankungen von einigen Jahren Dauer. Die FKH hat viele EMF-Feldberechnungen in den Neunzigerjahren durchgeführt. Nach der Jahrtausendwende standen streufeldarme Verteiltransformatoren im Vordergrund. Seit 2005 haben Bedenken betreffend Streuströme in Viehhaltungsbetrieben zu einer Reihe von Studienaufträgen geführt.



F&E In dieser Sparte führt die FKH zum einen Untersuchungen für industrielle Entwicklungen durch. Zum anderen aber bearbeitet sie Fragestellungen im Rahmen der Projektierung von Einrichtungen der elektrischen Energieversorgung. In der Herstellerindustrie geht es um Machbarkeitsabklärungen und Entwicklungsversuche für Dimensionierungsfragen. Bei grossen Anlagenprojekten befassen sich die Studien mit Optimierung, Auslegung und Variantenauswahl. Dieser Bereich ist bei der FKH in den letzten 10 Jahr generell gewachsen.

Schäden, Risiken Während Schadensanalysen über viele Jahre ähnlich häufig geblieben sind, haben Studien im Bereich von Risikoabwägungen und Vermeidung von Risiken stark zugenommen. Dieser Trend hängt mit mehreren Faktoren zusammen. Als Gründe können die Versicherungspraxis und als Folge der Marktöffnung ein konsequentes Risikomanagement aufgeführt werden.



Erdungsfragen Bei diesen Studien und Untersuchungen handelt es sich nicht um Standard-Erdungsmessungen, sondern um die Erarbeitung von Erdungskonzepten und um Berechnungen für die Erdungsauslegung. Erdungsprobleme haben stark interdisziplinären Charakter und sind mit Fragen der elektromagnetischen Verträglichkeit, der Personensicherheit und Umweltbeeinflussung verknüpft. Die Zunahme der Behandlung von Erdungsfragen bei der FKH zeigt, dass auf diesem Gebiet viele EVUs wegen fehlendem Knowhow fachliche Unterstützung suchen.

Netzvorgänge, EMV, Blitz Messungen, Berechnungen im Bereich der elektromagnetischen Verträglichkeit, sowie der Überspannungen durch Blitzeinwirkung und Schalthandlungen stellen einen traditionellen Themenbereich dar, in welchem die FKH seit Jahrzehnten aktiv ist. Damit verknüpft sind auch Fragen der Isolationskoordination. Studien auf dem Gebiet der betriebsfrequenten Beeinflussungen stehen vielfach im Zusammenhang mit der engen Zusammenlegung von Infrastrukturleitungen aller Art.

8. Ausgewählte F&E – Arbeiten

8.1 Forschungsprojekt „Shell S4 GtL“

Das Isolieröllabor führte einen umfassenden Vergleich der Alterungsbeständigkeit und der praktischen Anwendbarkeit verschiedener Hochleistung-Isolieröle auf Mineralölbasis durch. Motivation war die Einführung des neuartigen, inhibierten Transformatorenöls Diala S4 ZX-I auf Basis von Gas-to-Liquid-Grundölen durch die Shell Lubricants. Beim Gas-to-Liquid-Verfahren (GtL) wird Erdgas durch Zufuhr von Wasserdampf und Sauerstoff in ein Synthesegas (Kohlenmonoxid, Methan) und danach im s.g. Fischer-Tropsch-Verfahren in flüssige, vornehmlich paraffinische Kohlenwasserstoffe umgewandelt. Die FKH erhielt von ihren Mitgliedern und Transformatorbetreibern verschiedene Anfragen zur Eignung dieses neuartigen GtL-Öls, besonders vor dem Hintergrund der sehr hohen Ansprüche an Isolieröle in Leistungstransformatoren und den Erfahrungen mit dem „potentiell korrosiven Schwefel“.

Deshalb wurde das neuartige Gas-to-Liquid Isolieröl (Shell Diala S4 ZX-I) mit herkömmlich raffinierten Hochleistungs-Isolierölen (Shell Diala D, Shell Diala S3 ZX-I und Nynas Nytro 4000X) verglichen. Die Alterung erfolgte während 141 Tagen bei 120°C unter Beigabe von Transformator-typischen Werkstoffen (Zellulose, Kupfer) und unter Anwesenheit von atmosphärischem Sauerstoff bzw. bei dessen Abschluss. Dies sind sehr anspruchsvolle Bedingungen.

Die Auswertung der Versuchsergebnisse bestätigt dem neuartigen Isolieröl eine hervorragende Alterungsbeständigkeit und im Vergleich zu drei anderen Ölen eine bessere Performance. Dabei kann das GtL-Öl im Infrarot-Spektrum deutlich von den klassisch raffinierten Ölen unterschieden werden, Abbildung 1. Die weniger widerstandsfähigen Öle bildeten Zersetzungsgase, vor allem Methan und Ethan. Obwohl alle chemischen Parameter die Alterung deutlich zeigen, blieb die Durchschlagspannung unverändert hoch für alle Öle. Ein weiteres überraschendes Ergebnis war, dass sich Furane zwar unter der Zufuhr von Luftsauerstoff in erwarteter Menge bildeten, jedoch bei Abwesenheit von Sauerstoff nur in Spuren auftraten. Deshalb muss einmal mehr die einfache Ableitung des Polymerisationsgrads von Zellulosewerkstoffen aus der Furankonzentration bei nicht frei atmenden Transformatoren in Frage gestellt werden. Da die Furane jedoch eine sehr wichtige Kenngrösse darstellen, plant die FKH weitere Forschungen zur Abschätzung der Papieralterung.

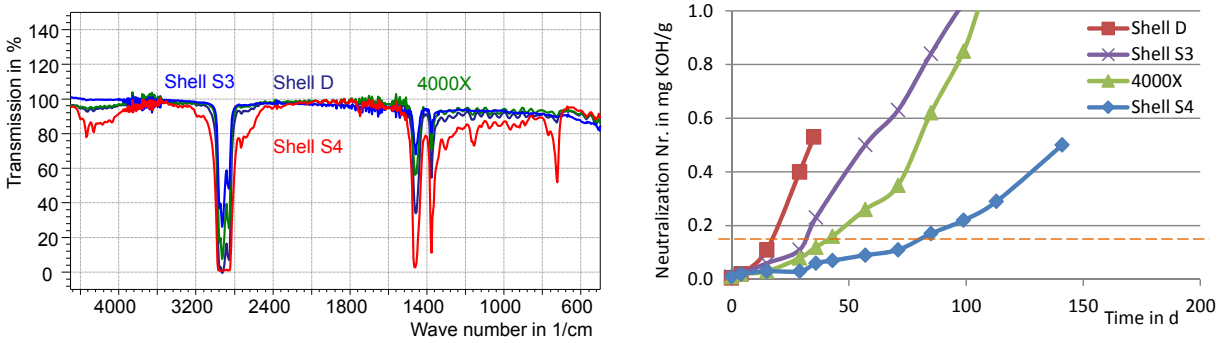


Abbildung 1 IR-Transmissionsspektrum der vier Öle im Neuzustand (links) und Neutralisationszahl der Öle bei Alterung unter Luftzufuhr (rechts). Die gestrichelte Linie ist der Grenzwert nach IEC 60422 für Transformatoren mit einer Nennspannung von 170-400 kV (Gruppe A).

Die ebenfalls untersuchten thermischen Kennzahlen (Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit) unterscheiden sich geringfügig gegenüber den konventionellen Ölen, insgesamt sollte jedoch kein merklicher Unterschied bei der Kühlfähigkeit auftreten. Bei den praktischen Anwendungsfällen wie Mischbarkeit mit anderen Altölen und Re-Inhibierung war

das Ergebnis ebenfalls nicht ganz eindeutig, jedoch wurde kein Nachteil für das neuartige Shell S4 ZX-I GtL festgestellt.

8.2 Hybrid HVAC / HVDC overhead lines in Switzerland

Die FKH ist zusammen mit EVUs und Netzbetriebsmittelherstellern Partner an einem Projekt unter der Leitung von Prof. Christian Franck der Fachgruppe Hochspannungstechnik der ETH Zürich beteiligt, welches der Frage der Integration von Gleichspannungsübertragung in das Hochspannungsnetz ohne neue Leitungstrassen nachgeht. Das vom Nationalfonds unterstützte Projekt NFP 70 setzt sich mit den technischen und wirtschaftlichen Problemen der Realisierung einer Hochspannungs-Hybrid-Freileitung auseinander, bei welcher ein Gleichspannungsübertragungssystem gemeinsam mit Wechselspannungs-Dreiphasensystemen am gleichen Mast betrieben wird. Im Projekt werden die Fragen in vier Arbeitsgebiete (Work Packages) unterteilt, welche auf die Projektpartner aufgeteilt wurden:

1. Technologie von AC/DC Hybridleitungen
2. Integration von AC/DC-Hybridleitungen ins Höchstspannungsnetz
3. Wirtschaftliche Vorteile der hybriden Energieübertragung
4. Sozioökonomische Aspekte und Faktoren der öffentlichen Akzeptanz

Die FKH arbeitet innerhalb der ersten Thematik gemeinsam mit der Fachgruppe Hochspannungstechnik an einem Experiment, welches in der Versuchsstation in Däniken aufgebaut wird. Mit der Versuchsanordnung soll die gegenseitige Beeinflussung von benachbarten Leiterseilen auf Gleich- und Wechselspannung im längeren Versuchsbetrieb studiert werden.

8.3 Neues Diagnoseverfahren für die Statorisolation von Hydrogeneratoren

Das vom Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft (PSEL) unterstützte Forschungsprojekt (PSEL P18) soll klären, wie sich die Messung von Teilentladungen an der Statorisolation von Hydrogeneratoren mit einer VLF-Prüfquelle (0.1 Hz) im Vergleich zu konventionellen Prüfspannungsfrequenzen (Netzfrequenz bzw. variable Prüffrequenz ca. 10 – 200 Hz) verhält. Dabei soll insbesondere die Frage beantwortet werden, ob durch die um zwei Grössenordnungen tiefere VLF-Prüffrequenz und der damit erwarteten kleineren Anzahl von TE-Ereignissen weniger Überlagerungen von Einzel-TE-Stromimpulsen auftreten, was die Interpretation von Diagnoseergebnissen vereinfachen würde. Dazu wird das Forschungsprojekt auch die Frage klären, wie sich das Teilentladungsverhalten in der Isolation durch das bei VLF wesentlich andere Verhältnis zwischen Prüffrequenz und charakteristischer Frequenz der Relaxationsvorgänge verändert.

Die TE-Messung mit VLF-Prüffrequenz hätte zudem den grossen Vorteil, dass die Prüfspannungsquelle im Vergleich zur Messung bei Betriebsfrequenz wesentlich kompakter und leichter wäre, was die Messung logistisch stark vereinfachen und damit kostengünstiger machen würde.

Das PSEL-Projekt wird im Verlaufe des Jahres 2015 in Zusammenarbeit mit Hydroproduktionsunternehmen und der SBB durchgeführt.

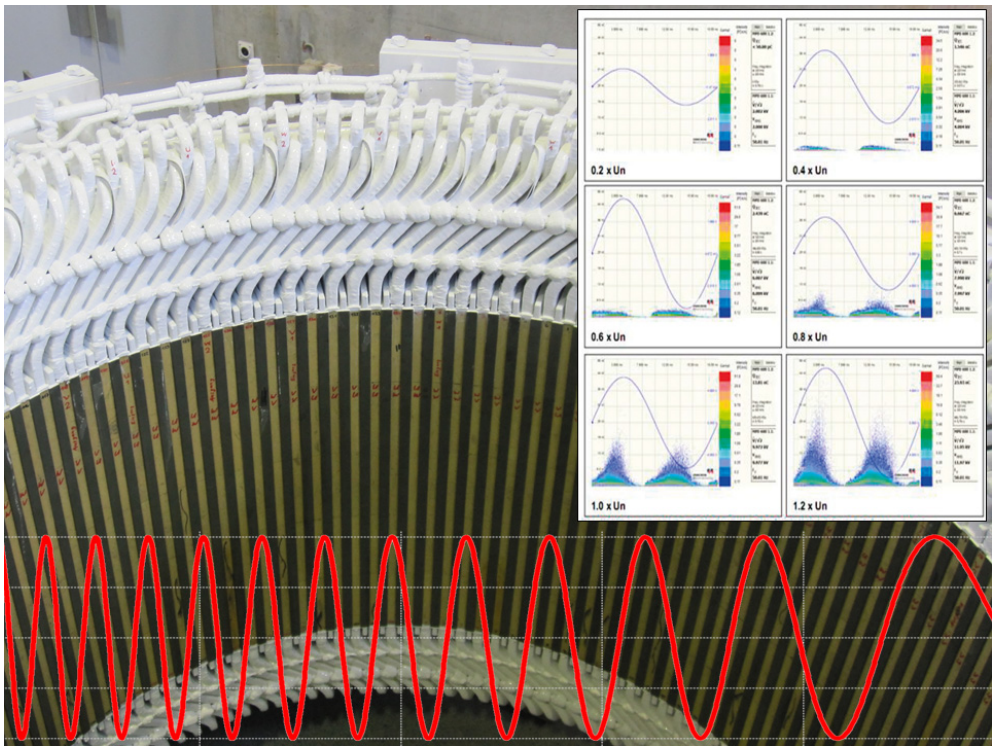


Abbildung 1 Statorisolation, typische TE-Messergebnisse in Form von phasenaufgelösten Impulsstatistiken, Darstellung einer variierenden Prüfspannungsfrequenz

9. FKH-Labor für Isolierölanalysen

9.1 Besondere Projekte und Auftragsarbeiten

Im vergangenen Jahr führte das Isolieröllabor neben den standardisierten Ölanalysen eine Reihe spezieller Prüfungen für flüssige und feste Isolierwerkstoffe durch. Dabei ging es um den Einsatz neuer Isolierwerkstoffe und um Fragen der Materialverträglichkeit.

Als Beispiel zeigt Abbildung 1 phasenaufgelöste Teilentladungsmuster während der kombinierten Stehwechsel- und Teilentladungsprüfung eines Isolierwerkstoffs aus hochmolekularen Kohlenwasserstoffen. An diesem Werkstoff kam es regelmässig zum Wärmedurchschlag aufgrund zu hoher Leitfähigkeit. Dieser Durchschlagsprozess war von Teilentladungen wenige Minuten vor dem Durchschlag begleitet. Das links abgebildete PRPD direkt nach dem Einschalten zeigt noch keine Teilentladungen. Nach 36 min befindet sich der Werkstoff jedoch kurz vor dem Durchschlag (rechts). Die Teilentladungsaktivität steigerte sich auf 93 pC. Das PRPD-Muster weist auf Entladungen in Hohlräumen hin.

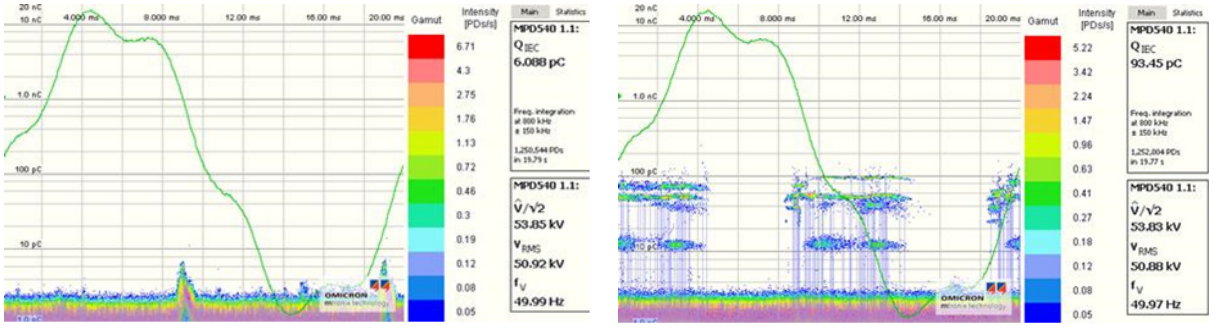


Abbildung 1 Entwicklung von Teilentladungen während der Stehwechselspannungsprüfung eines Isolierwerkstoffmusters

9.2 Mess- und Analysegeräte

Zur Bestimmung der Zersetzungsgasgehalte betreibt die FKH ein System mit Vakuum-Vollentgasung. Dieses Verfahren ist für seine hohe Genauigkeit bekannt, verlangt aber regelmässige Überprüfungen und eine sehr sorgfältige Überwachung der Prozessparameter. Im Jahr 2014 wurde eine Reihe von Verbesserungen eingeführt, welche die Genauigkeit und die Wiederholbarkeit der Gasanalyse weiter steigerten.

Nach einer umfassenden Versuchsreihe können auch die Furane wesentlich genauer bestimmt werden. Heute ist das Labor in der Lage, Konzentrationen ab ca. 0.01 ppm sicher zu bestimmen und damit die einsetzende Papieralterung schon in einem sehr frühen Stadium feststellen.

Mit der neuen Einrichtung zur Ölprobenahme kann während der Probenahme die Wassersättigung im Öl bestimmt werden (relative Feuchtigkeit). Mit diesem Wert und der Öltemperatur ist es möglich, die Papierfeuchte wesentlich genauer abzuschätzen als das beim früher verwendeten Wassergehalt im Öl der Fall war.

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 Analyseresultaten gewahrt.

10. Vor-Ort-Entwicklungen und Investitionen

10.1 TE-Prüfungen mit elektronischer Speisequelle für Prüfungen an Leistungstransformatoren

Die in den letzten Jahren entwickelte elektronische Speisequelle für die Erregung grosser Transformatoren zur Vor-Ort-Teilentladungsmessung wurde im vergangenen Jahr einsatztauglich gemacht. Erste Prüfungen wurden erfolgreich vor Ort durchgeführt. Die grösste Herausforderung stellte die Unterdrückung der hochfrequenten Impulsstörungen des Frequenzumrichters dar. Das Ziel den Störpegel bei Vor-Ort-TE-Messungen an Transformatoren mit der elektronischen Speisequelle unter 10 pC zu reduzieren wurde erreicht. Er liegt damit in der Grössenordnung typischer anderer Störquellen aus der Umgebung.

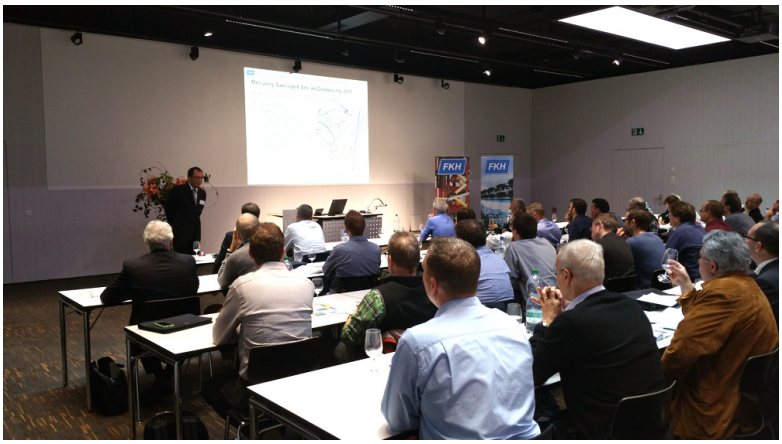
Abbildung 1 Demonstrationsmessung anlässlich der Axpo Kundentage am 26./27. November 2014:
links: die elektronische Quelle bestehend aus Frequenzumrichter und Filter-Transformator
rechts: der zur Demonstration geprüfte 50-kV-Transformator

Abbildung 2 Einsatz der elektronischen Speisequelle für die Prüfung eines grossen Netzkuppeltransformators

11. Fachtagung „Netzqualität in Übertragungs- und Verteilnetzen“

Die Tagung wurde von 80 Teilnehmern besucht. Nach einer Einführung in die Thematik der Netzqualität wurde auf die einschlägigen Fachgremien, die Richtlinien und Normen eingegangen, in welchen die Parameter zur Quantifizierung der Spannungsqualität definiert und diskutiert werden.

Die Beiträge behandelten die Verfahren zur Messung und Berechnung der Qualitätsparameter in unterschiedlichen Netzen und Spannungsebenen. Ein Schwerpunkt bildete die Beurteilung der Netzstörungen anhand der gängigen Richtlinien, und es wurden die in der Praxis verfügbaren Massnahmen zur Verbesserung der Netzqualität vorgestellt. Dabei kamen auch Lösungen von Beeinflussungsproblemen in den Bahnnetzen und in Zusammenhang mit dezentralen Energieeinspeisungen zur Sprache.



Gehaltene Vorträge im Rahmen der Fachtagung	Referent
Power Quality – Aktuelle Entwicklungstendenzen und zukünftige Herausforderungen	Dr. Jan Meyer TU Dresden
Überblick aus Sicht des VSE über die Aktivitäten im Bereich Versorgungsqualität in der Schweiz	Hansjörg Holenstein, VSE, Aarau
Aktuelle Problemstellungen der Netzqualität in Bahnnetzen	Dr. Markus Meyer, Emkamatik GmbH, Wettingen
Oberwellen im Bahnfahrleitungsnetzen, gegenseitige Beeinflussung von Triebfahrzeugen	René Vollenwyder, SBB, Bern
Netzqualitätsmessungen im Hoch- und Höchstspannungsnetz	Dr. Thomas Brügger, FKH, Zürich
Aktuelle Probleme der Netzqualität in einem Stadtwerk	Christoph Steinmann, EWZ, Zürich
Leistungselektronik in Elektrizitätsversorgungsnetzen, neue Möglichkeiten, Problemstellungen und Lösungen	Tobias Thurnherr, ABB, Turgi
Permanente Netzqualitätsmessungen in Übertragungs- und Verteilnetzen, Möglichkeiten, Grenzen, Praxisprobleme – und Ausblick	Jürg Pargätzi, Permeltec, Horn

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

12. Zusammenarbeit mit Hochschulen / Nachwuchsförderung

12.1 Betreuung von Praktikumsarbeiten

Özgür Kul, Energietechniker HF, ABB Technikerschule
In einem ersten Teil seines Praktikums hat Herr Kul Datensammlungen über die von der FKH durchgeführten Diagnosemessungen an Leistungstransformatoren und auch an Transformatordurchführungen aufgebaut. Die Zusammenstellungen der Diagnoseresultate erlauben diverse Auswertungen und eine gezielte Suche nach Diagnoseparametern sowie nach technischen Daten der geprüften Apparate aus allen bisherigen Transformatorenprüfungen der FKH. Die Datensammlung stellt somit ein wertvolles Hilfsmittel zur Beurteilung zukünftiger Messresultate dar.
In einem zweiten Teil arbeitete Herr Kul mit einem Schaltungssimulationsprogramm an der Berechnung von Spannungs- und Stromverläufen eines Frequenzumrichters der FKH, welcher zur dreiphasigen Prüfspannungserzeugung eingesetzt wird. Ziel dieser Arbeit war die Ermittlung der Impulsformen bzw. der Oberwellen im Ausgangssignal der Prüfquelle sowie die Untersuchung der Wirksamkeit von Filtern in Hinblick auf den Einsatz dieser Speisequelle für Teilentladungsmessungen.

Betreuer: Dr. Vahe Der Houanessian

Piotr Bartlomiej Rzasa, BSc Student in “Mechanical Engineering and Robotics”, an der AGH University of Science and Technology in Cracow
Herr Rzasa arbeitete im Isolieröllabor der FKH. Seine Hauptaufgabe bestand in der Verbesserung des Datenbanksystems der FKH für die Analyseresultate an Isolierölen von Hochspannungsbetriebsmitteln. Mit diesem umfangreichen Informatiktool werden die Ergebnisse der Analysen zusammen mit Objekt- und Kundendaten verwaltet und auch die Auswertungen, die Berichterstattungen und die administrative Auftragsabwicklung vorgenommen.

Betreuer: Dr. Maik Koch

12.2 Beiträge zu Lehrveranstaltungen

Vorlesung: „Hochspannungsprüftechnik vor Ort”, ETH Zürich im Rahmen der Lehrveranstaltung : „Technologie der Komponenten elektrischer Energiesysteme“, 8. Semester

Referent: Dr. Reinhold Bräunlich, 8. Mai 2014

13. Teilnahme an Fachveranstaltungen, Referate, Publikationen

13.1 Teilnahme an Fachtagungen, Referate

Reinhold Bräunlich
ETG / Electrosuisse Fachtagung, Informationsnachmittag „Cigré, Rückblick, „Hochspannungstechnik“, 20. November 2014, Hotel Mariott

Reinhold Bräunlich
ETG-VDE–Fachtagung: „Diagnostik elektrischer Betriebsmittel“ ,25. - 26. November 2014, Berlin

Thomas Brügger
FGH-Seminar: Grundlagen der Netzschutztechnik, Ladenburg, 01.-02. April 2014

Thomas Brügger
Referat „Netzqualität im Hoch-und Höchstspannungsnetz“, FKH-Fachtagung „Netzqualität in Übertragungs- und Verteilnetzen“, Fachhochschule Brugg-Windisch,
13. November 2014

Mario Gobeli
Fachtagung „Netzqualität in Übertragungs- und Verteilnetzen“, Fachhochschule Brugg-Windisch, 13. November 2014

Diego Friedli
Fachtagung „Netzqualität in Übertragungs- und Verteilnetzen“, Fachhochschule Brugg-Windisch, 13. November 2014

Diego Friedli
ETG-Kabeltagung, 24. September 2014, Baden

Vahe Der Houhanessian
Vortrag „Diagnoseverfahren für Isoliersysteme von Transformatoren / Vergleichender Alterungsversuch an modernen Hochleistungs-Isolierölen“, MR-Trafotag, Döttingen
26.-27. November 2014

Stefan Neuhold
CIGRE JWG D1/B3.57: “Testing of gas-insulated HVDC-systems”
12. Mai 2014, Zürich und 27. Mai 2014, Graz

Stefan Neuhold
CIGRE WG D1.25; “Application Guide for PD Detection in GIS using UHF or Acoustic Method”, 12. März 2014, Zürich und 28. Mai 2014, Graz

Stefan Neuhold
CIGRE WG D1.51: “Dielectric performance of eco-friendly gas insulated systems”,
12. Mai 2014, Zürich, 25. Mai 2014, Graz, 28. August 2014, Paris

Stefan Neuhold
CIGRE WG D1.55: „Partial discharge detection under DC stress“,
CIGRE Conference, 25. August 2014, Paris

Maik Koch
Arbeitsgruppensitzung der Cigré WGD1.47 „Advances in DGA“ und, 12. Mai 2014, Regensburg

Maik Koch
Arbeitsgruppensitzung des IEC 60599 MT20, 03.-05. November 2014, Warschau

Maik Koch
Fachtagung „Netzqualität in Übertragungs- und Verteilnetzen“, Fachhochschule Brugg-Windisch, 13. November 2014

Maik Koch
Stuttgarter HS-Symposium, 11.-12. März 2014, Leinfelden-Echterdingen

Maik Koch
IEC/SEV TK10 Sitzung, 25. Mai 2014, Däniken

Maik Koch
Cigré - Sitzung WG A2.44 “Transformer Intelligent Monitoring”, 24. August 2014, Paris

Maik Koch
Mitglied des Programmausschusses für die VDE ETG Fachtagung „Diagnostik hochspannungstechnischer Betriebsmittel“ 25.-26. November 2014, Berlin

Maik Koch
Referat „Isolierstoffdiagnosen: Fragestellungen aus der Praxis“ während der FKH GV, 14. Mai 2014, Olten

Maik Koch
Referat und Seminar „Vergleichender Alterungstest des neuartigen Shell S4 GtL mit konventionellen Hochleistungs-Isolierölen, 21. Oktober 2014, Däniken

Günther Storf
Stuttgarter HS-Symposium, 11.-12. März 2014, Leinfelden-Echterdingen

Günther Storf
Referat „Prüf- und Diagnosetechnik“, ETG-Kabeltagung, 24. September 2014, Baden

13.2 Publikationen

Liptak, S.; Tamus, Z.A.; Braunlich, R.; Brugger, T.
"PD measurement of open air HV cable termination at the ground plate without coupling capacitor," *IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP),* pp.184,187, 19-22 Oktober 2014, Des Moines, Iowa

M. Koch
“Vergleichender Alterungstest eines neuartigen GtL-Öls mit konventionellen Hochleistungs-Isolierölen”, ETG-VDE, Diagnostik, 25.-26.11.2014, Berlin, Beitrag 4.5

H.J. Knab
“Potenziell korrosiver Schwefel in Isolierölen - Entstehung der Schwefelproblematik und Abhilfemassnahmen ”, SEV Bulletin 12-2014, S. 85ff

R. Bräunlich, Th. Brügger
“Vor-Ort-TE- Detektion an Kabelendverschlüssen mittels Ankoppelvierpol ohne Koppelkondensator”, ETG-VDE, Diagnostik, 25.-26.11.2014, Berlin, Beitrag 7.1

Stefan Neuhold
CIGRE Brochure 571 of CIGRE WG D1.28 “Optimized Gas-insulated Systems by Advanced Insulation Techniques”; April 2014

14. 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 "Erdungssysteme"
Mitglied: Günther Storf (Vorsitzender)

CES electrosuisse TK 2: “Elektrische Maschinen”
Mitglied: Thomas Brügger

CES/ SEV electrosuisse TK 10: "HS-Isolierungen"
Mitglied: Maik Koch

CES electrosuisse TK 14: “Transformatoren”
Mitglied: Pascal Fehlmann

CES electrosuisse TK 20: "Elektrische Kabel"
Mitglied: Günther Storf, Mario Gobeli

CES electrosuisse TK 38, WG 1: "Messwandler, Ferroresonanz"
Mitglied: Reinhold Bräunlich

CES electrosuisse TK 42: "Hochspannungs- und Hochstrom-Prüftechnik"
Mitglied: Reinhold Bräunlich

CIGRE WG A2.44: „Intelligent Transformer Monitoring“
Mitglied: Maik Koch

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

CIGRE WG D1.28: „Optimized Gas-insulated Systems by Advanced Dielectric Coatings and Functionally Graded Materials“
Mitglied: Stefan Neuhold

CIGRE WG D1.47: „Improvements of DGA“
Mitglied: Maik Koch

CIGRE WG D1.55: „Partial discharge detection under DC Stress“
Mitglied: Stefan Neuhold

IEC TC10 MT20: „Interpretation of Dissolved and Free Gases Analysis“
Mitglied: Maik Koch

IEEE WG: „Guide on Dielectric Frequency Response“
Mitglied: Maik Koch

VDE ETG Q2 "Werkstoffe, Isoliersysteme und Diagnostik"
Mitglied: Maik Koch (stellv. Leiter)

15. FKH-Mitglieder

15.1 Verbände

Electrosuisse
8320 Fehraltorf

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)
5001 Aarau

15.2 Werksmitglieder

Aare Energie AG
4601 Olten

AEW ENERGIE AG
5001 Aarau

AG Kraftwerk Wägital
8854 Siebnen

Alpiq EnerTrans AG
5013 Niedergösgen

Axpo Power AG
5401 Baden

Azienda Elettrica Ticinese
6501 Bellinzona

Aziende Industriali della città di Lugano
6901 Lugano

BKW Energie AG
3013 Bern

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

IBAarau Strom AG
5001 Aarau

Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG
4658 Däniken

Kraftwerke Hinterrhein AG
7430 Thusis

Kraftwerke Oberhasli AG
3862 Innertkirchen

onyx Energie Netze
4901 Langenthal

Sankt Galler Stadtwerke
9001 St. Gallen

SBB Energie
3052 Zollikofen

Service de l'Electricité de la Ville de 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

Verzasca SA
6901 Lugano

15.3 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

ALSTOM Grid AG
5036 Oberentfelden

Arnold AG, Energie&Telecom
3072 Ostermundigen

BCP Busarello+Cott+Partner AG
8703 Erlenbach

Brugg Kabel AG
5200 Brugg

EA Elektroarmaturen AG
8200 Schaffhausen

EcoWatt Projects AG
8852 Altendorf

Eidgenössisches Starkstrominspektorat
8320 Fehraltorf

Haefely Test AG
4052 Basel

LEONI Studer AG
4658 Däniken

Maxwell Technologies SA
1728 Rossens

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 Energy AG
8037 Zürich

Retranol GmbH
8810 Horgen

Siemens Schweiz AG
8047 Zürich

VAPEC AG
8304 Wallisellen

Weidmann Electrical Technology AG
8640 Rapperswil

15.4 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

15.5 Mitgliederbestand per 31.12.2014

Verbände	2	(2)
Werksmitglieder	30	(32)
Industriemitglieder, Ingenieurbüros und weitere Mitglieder	24	(24)
Korrespondierende Mitglieder	9	(9)
Total Mitglieder per 31. Dezember 2014	**65**	(67)

(Stand per 31.12.2013 in Klammern)

16. Informationsbroschüren der FKH

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

Die Broschüren werden auf Wunsch zugestellt.

17. Zufahrtspläne für die FKH-Standorte

17.1 FKH-Geschäftsstelle, Voltastrasse 9, 8044 Zürich

17.2 FKH-Versuchsstation und –Isolieröllabor, 4658 Däniken