

# NEWSLETTER 2023



## VORWORT

Liebe Freunde des Schering-Instituts,

schon wieder geht ein ereignisreiches Jahr zu Ende, wobei die globale Situation auch nach der Pandemie infolge diverser kriegerischer Auseinandersetzungen unruhig ist, so dass kaum abgeschätzt werden kann, wie sich die Situation weiter entwickeln wird. Dabei gibt es infolge der Zeitenwende eine Vielzahl dringender Themen und Probleme, die weltweit dringend gelöst werden müssen, wobei der Energiewende eine zentrale Bedeutung zukommt. Daher sind in der Energietechnikbranche die aktuellen Aussichten hervorragend, was auch in den nächsten Jahrzehnten so bleiben wird, da der Ausbau des Elektro-Energiesystems eines der größten Infrastrukturprojekte darstellt, die es in Deutschland je gegeben hat. Dies betrifft nicht nur die Erstellung der großen Stromtrassen, sondern jedes größere Stadtwerk steht letztlich vor der Herausforderung, dass die in 20 Jahren zu verteilende elektrische Leistung im Mittel oftmals drei bis vier Mal so hoch sein wird wie die aktuell notwendige Leistung, um den extrem steigenden Strombedarf insbesondere infolge der E-Mobilität und der zunehmenden Anzahl an E-Wärmesystemen zu decken. Neben umfangreichen neu zu installierendem Equipment sind daher vor allem viele weitere Elektrotechnik Ingenieur:innen nötig, was ein Problem darstellt, da die Universitäten den Bedarf an notwendigen Elektrotechnikern aktuell nicht decken können. Es bleibt zu hoffen, dass die nachfolgenden Abiturjahrgänge erkennen, dass der Bereich Elektrotechnik nicht nur besonders interessante, sondern auch sehr sichere, zukunftssträchtige und nachhaltige Arbeitsplätze bieten wird.

Eine ähnliche Situation kann derzeit natürlich in vielen Ländern der Welt beobachtet werden, so dass ein internatio-

naler Austausch der Promovierenden dazu beitragen kann, frühzeitig neue Probleme und entsprechende Lösungsstrategien zu entwickeln. Das Schering-Team konnte in 2023 an zahlreichen Konferenzen teilnehmen und mehr als 20 Beiträge präsentieren, wobei - wie im Newsletter nachfolgend genauer beschrieben - einige erfreulicherweise prämiert worden sind. Erfreulich ist auch, dass in diesem Jahr die Herren Dr. Schreiter, Dr. Akbari Azirani und Dr. Najafi ihre Promotion erfolgreich beenden konnten, wobei Details ebenfalls den nachfolgenden Artikeln im Newsletter zu entnehmen sind. Unsere eigene jährliche Konferenz - die Transformer Life Management (TLM) Konferenz - wurde ebenfalls sehr positiv von den über 200 Teilnehmern, 30 Fachausstellern und mehr als 30 Vortragenden bewertet, wobei die Tagung nun um eine Poster-Session und 4 Aktivworkshops erweitert wurde und dieses Format auch auf der TLM im September 2024 im Bio-Seehotel Zeulenroda beibehalten wird.

Wie Sie aus diesen einleitenden Worten entnehmen können, geht ein arbeitsreiches Jahr dem Ende entgegen, so dass wir uns abschließend sehr herzlich für die gute Zusammenarbeit, Förderung und Unterstützung bei Ihnen, unseren Kooperations- und Industriepartnern, dem ZIM (Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand) des BMWK (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz), der AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen) Otto von Guericke e.V. - Projekt GmbH, der VDI/VDE Innovation und Technik GmbH, der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), dem Deutschen Akademischen Auslandsdienst (DAAD) und der Alexander von Humboldt Stiftung (AvH) bedanken möchten, wobei wir uns auf eine Weiterführung dieser Kooperationen in den nächsten Jahren freuen.

Bis dahin wünscht das Team des Schering-Instituts Ihnen und Ihren Familien ein gesundes, erfolgreiches und friedvolles neues Jahr!

Hannover, im Dezember 2023



Prof. Dr.-Ing. Peter Werle

## VORFÜHRUNG

Am 04. November 2023 fand an der Leibniz Universität Hannover die „Nacht, die Wissen schafft“ statt. An diesem Abend waren Bürger:innen, sowie Universitätsangehörige eingeladen, Wissenschaft an der Leibniz Universität in Vorträgen und Vorführungen zu erleben und selbst aktiv zu werden. Das Schering-Institut hat hierzu mit zwei sehr gut besuchten Vorführungen zu dem Thema „Die Faszination von Lichtbögen“ beigetragen. Den Bürgerinnen und Bürgern wurde in spannenden Experimenten die Hochspannungstechnik näher gebracht, unter anderem wurde die Funktion eines Blitzableiters aufgezeigt. Es konnte die Faszination von Blitzen mit Millionen Volt entdeckt werden, aber auch Lichtspiele infolge von hohen Spannungen, sowie Wege des Stromes, die manchmal auch unerwünscht auftreten können, beobachtet werden.



# SCHERING-INSTITUT

## INT. KONFERENZEN

Die wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen des Schering-Instituts waren in diesem Jahr auf verschiedenen Konferenzen vertreten, wobei es 2 Auszeichnungen für den jeweils besten Beitrag auf 2 verschiedenen Konferenzen gab.

Auf der EIC 2023 im Juni in Québec-City in Kanada stellte Frau Stahl ihre Ergebnisse zu den dielektrischen Eigenschaften verschiedener Polymere, welche als Isolierung in E-Motoren verwendet werden könnten, vor.

Das Schering-Institut wurde durch Frau Homeier, Herrn Kuhnke und Herrn Torres auf der ICHVEPS 2023 auf Bali in Indonesien vertreten. Sie präsentierten Forschungsergebnisse zum Einfluss der Zusammensetzung des Öls auf die Alterungsmechanismen infolge von thermischen Fehlern, zur Detektion von Teilentladungen mit einer UV-Kamera und den Einfluss der Parameter des Herstellungsprozesses auf die dielektrischen Eigenschaften eines Verbundwerkstoffs für die Verwendung in Trockentransformatoren. Für letzteren Beitrag wurde Herr Torres mit dem „Best Paper Award“ ausgezeichnet.



Auf der ISH 2023, die vom 28.8. bis 01.09.2023 in Glasgow in Schottland stattfand, war das Schering-Institut insgesamt mit acht wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen vertreten. Herr Sharifi erhielt die Auszeichnung „Best Paper Award“ für den eingereichten Beitrag mit dem Titel „Investigating the Possibility of Arc Detection in Power Transformers“. Wie immer konnten die Konferenzen für detaillierte Fachgespräche und im Zuge der diversen Rahmenprogramme auch zur Erweiterung des eigenen internationalen Netzwerkes genutzt werden.



## TLM 2023

Die diesjährige Transformer Life Management Konferenz (TLM 2023) fand am 18. und 19. September in Schweinfurt im Mercure Hotel Maininsel statt. Die Konferenz bot den insgesamt über 200 Teilnehmer:innen 29 Fachaussteller und 18 Fachvorträge zum Thema „Maintenance rund um die Energieerzeugung und den Transformator“ an. Neben den zahlreichen Vorträgen wurden auch vier praxisnahe Workshops und 10 wissenschaftliche Posterbeiträge angeboten. Thematisch standen dieses Jahr neben der Energiewende, die optimierte Wartung, effektive und effiziente Lösungen für eine lange Lebensdauer, hohe Betriebssicherheit und eine Reduzierung von Wartezeiten sowie eine Vermeidung von unplanmäßigen Ausfällen im Transformatorbetrieb im Fokus. Die Konferenz bot wie jedes Jahr eine interessante Diskussionsplattform und eine Gelegenheit zum fachlichen Austausch innerhalb der Transformatoren Branche. Die nächste TLM wird am 16. und 17. September im Biosee-Hotel Zeulenroda stattfinden, wobei die Vorbereitungen dazu bereits gestartet wurden.



## NETZWERKTREFFEN

Das Schering-Institut beteiligte sich an der Organisation des Netzwerktreffens „Girls-Night“ für Studentinnen und Promovendinnen, die vom Team der dezentralen Gleichstellungsbeauftragten der Fakultät organisiert wurde. Neben der Zurverfügungstellung der Räumlichkeiten, unterstützte das Schering-Institut u.a. beim Programm und zeigte den Studentinnen verschiedener Fachrichtungen das Institut und ein Lichtspektakel in der Hochspannungshalle. Die Zielsetzung dieser Veranstaltung ist es Studentinnen der Fakultät mit Promovierenden der Fakultät zu vernetzen und somit die Sichtbarkeit der Frauen im MINT-Bereich zu fördern. Nach wie vor sind Frauen im MINT-Bereich unterrepräsentiert und oftmals fehlt es jungen Frauen an Vorbildern. Das Netzwerktreffen stellte die Auftaktveranstaltung einer größeren Veranstaltungsreihe dar und soll dazu beitragen jungen Frauen einen Impuls zu geben, individuelle Lebensentwürfe realisieren zu können und sich untereinander zu vernetzen.

## PROMOTIONEN

### Möglichkeiten und Grenzen der Fehlererkennung an betriebsgealterten Leistungstransformatoren

Dr. Sebastian Schreiter



Transformatoren gehören zu den elementarsten Betriebsmitteln elektrischer Netze. Dabei kann der Ausfall eines Transformators erhebliche Kosten und Versorgungsunterbrechungen hervorrufen. Deshalb wurden in der Vergangenheit eine Vielzahl von diagnostischen Verfahren etabliert, mit deren Hilfe Fehler am Transformator erkannt und der Zustand beschrieben werden soll. Unter dieser großen Bandbreite müssen Betreiber die geeigneten Verfahren auszuwählen, um Fehler an im Betrieb befindlichen Transformatoren zu erkennen und damit ungeplante Ausfälle zu vermeiden.



Vergleich



Im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojektes des Schering-Instituts, der heutigen Hitachi Energy AG und der HTWK Leipzig konnte diese Forschungsfrage beantwortet werden. Dazu wurden die Ergebnisse unterschiedlicher diagnostischer Untersuchungen mit den tatsächlichen Fehlerbefunden an den Aktivteilen von in einem Service Werk befindlichen Transfor-

## PROMOTIONEN (Fortsetzung)

matoren verglichen. Hierfür lag eine große Flotte von Transformatoren mit einem weiten Spannungs- und Leistungsbereich, unterschiedlicher Hersteller und Anwendungen mit einer für Leistungs-transformatoren typischen Altersstruktur zu Grunde. Basierend auf diesem Vergleich konnte gezeigt werden:

- Welche Fehler durch welche diagnostischen Verfahren oder Kombinationen von Verfahren sicher erkannt werden.
- Welche DGA-Interpretationsverfahren besonders geeignet sind, um die Fehlerart zu identifizieren.
- Welchen Grenzen die Vorhersagen des DP-Wertes anhand der Furan-Umrechnungsverfahren unterliegen, wobei ein neues Verfahren vorgeschlagen wurde.
- Welche Zusammenhänge innerhalb der öldiagnostischen Verfahren und insbesondere, welche Gase für Monitoring-Systeme besonders geeignet sind.

Die Möglichkeiten und Grenzen der Fehlererkennung sollen am Beispiel der Erkennung von Heistellen hier kurz vorgestellt werden. Als Indikatoren für Heistellen gelten die Messung der Wicklungswiderstände und die DGA. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass mit der Anwendung eines Verfahrens allein nicht alle Heistellen erkannt werden können, z.B. weil prinzipbedingt einige Fehler durch eine der beiden Messungen nicht erkannt werden können. Darüber hinaus gab es eine Vielzahl von Fällen, bei denen zwar Widerstandserhöhungen festgestellt wurden, diese sich jedoch noch nicht zu Heistellen entwickelten. Diese potentiell zukünftigen Heistellen stellen für den Betrieb jedoch eine erhebliche Gefahr dar. Deshalb ist die Kombination dieser beiden Methoden unerlässlich.

Insgesamt stehen mit den in der Arbeit erzielten Ergebnissen Betreibern von Transformatoren umfangreiche Informationen zur Festlegung von Diagnose- und Asset-Management Strategien zur Verfügung.

### Detection and Evaluation of Partial Discharges in Power Transformers with Special Sensors and Diagnostic Methods

**Dr. Mohammad Esmaeil Akbari Azirani**



Die weltweite Umstellung auf erneuerbare Energiequellen hat in den letzten Jahren erheblich an Fahrt gewonnen. Diese Entwicklung hat zu einem höheren Bedarf an Transformatoren geführt, insbesondere an Maschinentransformatoren für Wind- und Solarparks. Zudem belastet der Ausbau des Stromnetzes bestehende

Transformatoren erheblich. Ein erzwungener Ausfall aufgrund eines Fehlers beeinträchtigt nicht nur die Zuverlässigkeit des Stromnetzes, sondern geht auch mit erheblichen Kosten einher. Daher ist die Wartung von Transformatoren entscheidend, und es besteht Bedarf an weiteren Überwachungs- und Diagnosemethoden für Transformatoren. Vor diesem Hintergrund wurden in der Dissertation zwei Monitoring- bzw. Diagnosekonzepte entwickelt.

Das erste vorgestellte Konzept umfasst ein Online-Fehlertgas-Überwachungssystem für hermetisch verschlossene Transformatoren, die überwiegend in Wind- und Photovoltaikanlagen als Maschinentransformatoren verwendet werden. Das kompakte, wartungsfreie und kosteneffiziente Überwachungssystem TGM-101 ist im folgenden Bild dargestellt. Es besteht aus einem Sensorboard in einem gasdichten Gehäuse (links), welches mit der Auswerteeinheit (rechts) verbunden wird. Es überwacht kontinuierlich den Fehlertgasgehalt von Schlüsselgasen im Gaspolster.

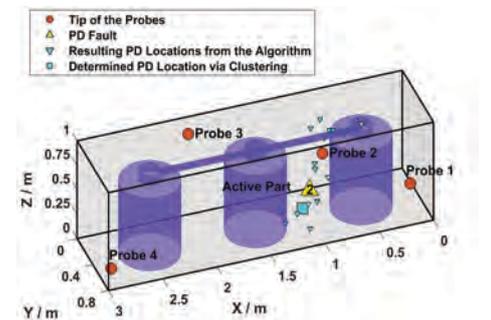


Das zweite in dieser Dissertation behandelte Konzept ist die UHF-Messtechnik für Teilentladungen (TE). Dabei werden die elektromagnetischen (EM) Wellen, die durch die TE-Aktivität in Leistungstransformatoren entstehen, mit speziellen Sensoren erfasst. Der Hauptnachteil der UHF-Messtechnik ist das Fehlen eines mit der konventionellen Methode nach IEC 60270 vergleichbaren Kalibrierungsverfahrens, wie in die für unkonventionelle TE-Messverfahren beschriebene technische Spezifikation IEC TS 62478 dargelegt. Sobald der Sensor in den Kessel eines Transformators eingeführt wird, entsteht aufgrund der komplexen Struktur des Transformatorinneren, insbesondere des Aktivteils, ein neues EM-System, auf das die allgemeine Fernfeld-Antennentheorie nicht anwendbar ist.

Da die UHF-Messtechnik aufgrund des Transformatornkessels, der als Faraday'scher Käfig fungiert, unempfindlich gegenüber externen Störungen ist, eignet sie sich optimal für Messungen mit hohem Hintergrundrauschen, z. B. für Messungen vor Ort oder für Online-Überwachung. In dieser Arbeit wird ein praktisches Verfahren zur TE-Detektion vorgeschlagen, wobei der Schwerpunkt auf der optimalen Mittenfrequenz und Bandbreite liegt, um Muster

mit einer hohen Korrelation zu konventionellen PRPD-Mustern zu erhalten. Das vorgestellte Verfahren wird durch praktische Messungen validiert.

Ein weiterer Aspekt der UHF-Messtechnik ist die Möglichkeit der Lokalisierung von TE. Es wird ein Lokisierungsalgorithmus, basierend auf einem Multi-Datensatz-Ansatz mit einer neuartigen Methode zur Bestimmung der Ankunftszeit präsentiert. Dieser wird durch Messungen in einem verkleinerten physikalischen Modell, dargestellt im folgenden Bild, validiert. Als Obergrenze für den Lokisierungsfehler wird mit der vorgeschlagenen Methode eine Genauigkeit von 25 cm erreicht.



Die in dieser Dissertation entwickelten und vorgestellten Instrumente sowie Verfahren dienen der Zustandsdiagnose und -überwachung von Transformatoren. Sie ermöglichen eine verbesserte Wartungs- und Instandhaltungsstrategie, die zur Steigerung der Energieeffizienz beiträgt und somit die Energiewende unterstützt.

### Comparative Evaluation of Acoustic and Electric Signals of Partial Discharges

**Dr. Seyed Amir Mahmood Najafi**



Failures of power components such as transformers can lead to a huge economical. One of the main parts of a power component is the insulation system, namely, insulation oil, impregnated pressboard and paper. Several methods exist for diagnosing these insulation materials, like Partial discharge (PD) measurement known as one of the main non-destructive monitoring systems of the insulation materials. However, it has been mainly done off-line in maintenance periods, and the existing on-line methods generally provide less information due to environmental noises. In contrast to electrical PD measurement systems, the acoustic emission (AE) measurement system is well known for its immunity against environmental noises. In this thesis comparative evaluation of acoustic and electric signals of PD events generated in oil impregnated pressboard and papers is investigated. The thesis is focused on the characteristic of PD activity and the consequence of that on the electrical and AE signal. PD classification is defined by

using the relation between acoustic and electric signals of PD events. Various types of PD have been produced using diverse arrangements.

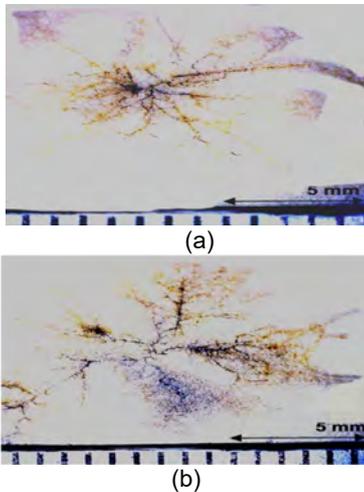


Figure: Surface carbonized marks  
(a) Paper at first voltage course  
(b) Paper at 2nd voltage course

Based on these evaluations two different categories in term of AE signals of PDs are defined, **silent PD** and **non-silent PD**. Silent PDs are those PD activities without or with very low acoustic signal and non-silent PDs are with acoustic signal.

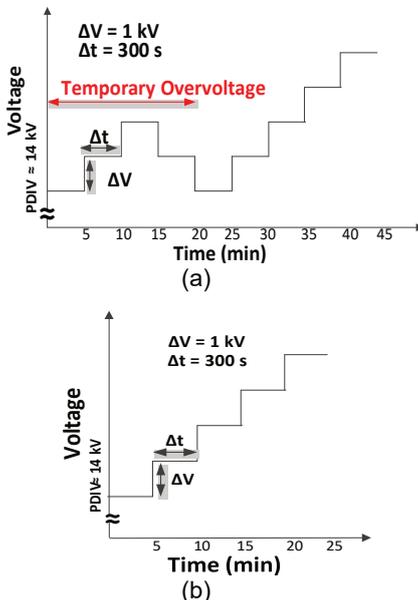


Figure: Schematic view  
(a) First voltage course  
(b) Second voltage course

It is found that the carbonization patterns start with non-silent PD and remain the same during silent PD activities even with very high electric apparent charges. It means the development in carbonization traces produce electric and AE signals and in contrast no changes in carbonization traces produce only electric signals with no AE signal. These results verify the advantages of using acoustic technics and electric measurement in terms of PD classification and localization.

Anhand der nachfolgenden Liste aller Publikationen im Jahr 2023 ist es möglich sich einen detaillierten Überblick über die verschiedenen, aktuellen Forschungsarbeiten bzw. -schwerpunkte am Schering-Institut zu verschaffen. Gerne senden wir bei Interesse einzelne Beiträge zu.

### FACHZEITSCHRIFTEN

M. Ariannik, A. Rezaei-Zare, M. Kuhnke, P. Werle

*A Comparison Between Bubble Formation on Kraft and Thermally Upgraded Papers in Synthetic Ester*

IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Volume: 30, Issue: 4, August 2023, Page: 1566-1572

H. Schnittker, P. Werle, B. Heling  
*Bayesian Risk-based Maintenance for High Voltage Assets: A practical approach*  
CIGRE Science & Engineering, 29th Edition, ISSN: 2426-1335, Jun. 2023

### KONFERENZEN

#### IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), 2023, Quebec City, Canada

L. Stahl, P. Werle  
*Investigations on Different Polymers used for Insulation in E-Mobility Applications*

#### International Conference of High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS), 2023, Bali, Indonesia

K. Homeier, L. Stahl, P. Werle  
*Comparison of the Formation of Aging Products in Mineral oil and Decane stressed by Thermal Transformer Stress*

J. Torres, L. Stahl, P. Werle  
*Influence of the Manufacture Process Parameters on the Dielectric Properties of a Composite Material for the Use in Dry Type Transformers*

M. Kuhnke, P. Werle  
*Corona Discharge Detection with Modified Consumer Cameras*

#### International Conference on Power, Energy, and Electrical Engineering (CPEEE), 2023, Tokyo, Japan

A. Sharifi, M. Kuhnke, P. Werle, A. Akbari  
*The Limitations of Arc Detection Using Semiconductive Light Sensing Elements Inside the Transformer Tank*

#### International Symposium on High Voltage Engineering (ISH), 2023, Glasgow, UK

L. Stahl, J. Torres, P. Werle  
*Novel Testing Method on Insulation Materials Used for E-Mobility*

K. Homeier, P. Werle  
*Formation of Conventional Fault Gases and Higher Hydrocarbons in Various Insulation Liquids under Electrical Faults*

A. Sharifi, M. Kuhnke, P. Werle, A. Akbari  
*Investigating the Possibility of Arc Detection in Power Transformers*

B. Balali, M. Akbari Azirani, M. Kuhnke, P. Werle, A. Akbari Azirani, W. Sorgatz  
*Investigation of an Online Fault Gas Monitoring System for Hermetically Sealed Power Transformers*

H. Schnittker, P. Werle, M. Westbomke, B. Heling, T. Rodler  
*Integration of Measurement Data into Probability Assessment of High-voltage Assets*

B. Özdemir, Y. Wang, P. Werle  
*Development of a Sensor for Monitoring the Paper Condition using Infrared Spectroscopy*

J. Torres, L. Stahl, P. Werle  
*Classification of Partial Discharge Sources under DC Voltage by Wavelet Decomposition*

S. Schreiter, H. Lohmeyer, P. Werle  
*Possibilities and Limits of diagnostic Methods for Power Transformers in Service*

#### Fachtagung: Isoliersysteme in der Hochspannungstechnik, 2023, Graz, Österreich

H. Lohmeyer, S. Schreiter  
*Fehlererkennung an betriebsgealterten Leistungstransformatoren mit Hilfe etablierter diagnostischer Verfahren – Einführung einer Befund-Datenbank bei der Hitachi Energy AG im Werk Halle*

#### Transformer Life Management Conference (TLM), 2023, Schweinfurt, Deutschland

K. Homeier, L. Stahl, P. Werle  
*Einfluss von Wasser auf die Bildung von Fehlgasen in Isolierflüssigkeiten infolge von thermischen Transformatorfehlern*

A. Sharifi, M. Kuhnke, P. Werle, A. Akbari  
*The possibility of fast arc detection using fiber optic sensor in transformers*

B. Balali, M. Akbari Azirani, M. Kuhnke, P. Werle, A. Akbari Azirani, W. Sorgatz  
*Untersuchung eines Online-Fehlgas-Überwachungssystems für hermetisch verschlossene Leistungstransformatoren*

B. Özdemir, Y. Wang, P. Werle  
*Entwicklung einer infrarotbasierten Sensorik zur Identifizierung von Säuren im Papier*

J. Torres, L. Stahl, P. Werle  
*Einfluss der Herstellungsparameter auf die dielektrischen Eigenschaften eines Verbundstoffes für den Einsatz in gewickelten Trockentransformatoren*

S. Schreiter, H. Lohmeyer, P. Werle  
*Einschätzung des Papierzustandes von Leistungstransformatoren mittels etablierter Verfahren*

**SAVE THE DATE - TLM 2024**  
**Transformer Life Management**  
**Konferenz im Bio-Seehotel**  
**in Zeulenroda**  
**16. - 17. September 2024**