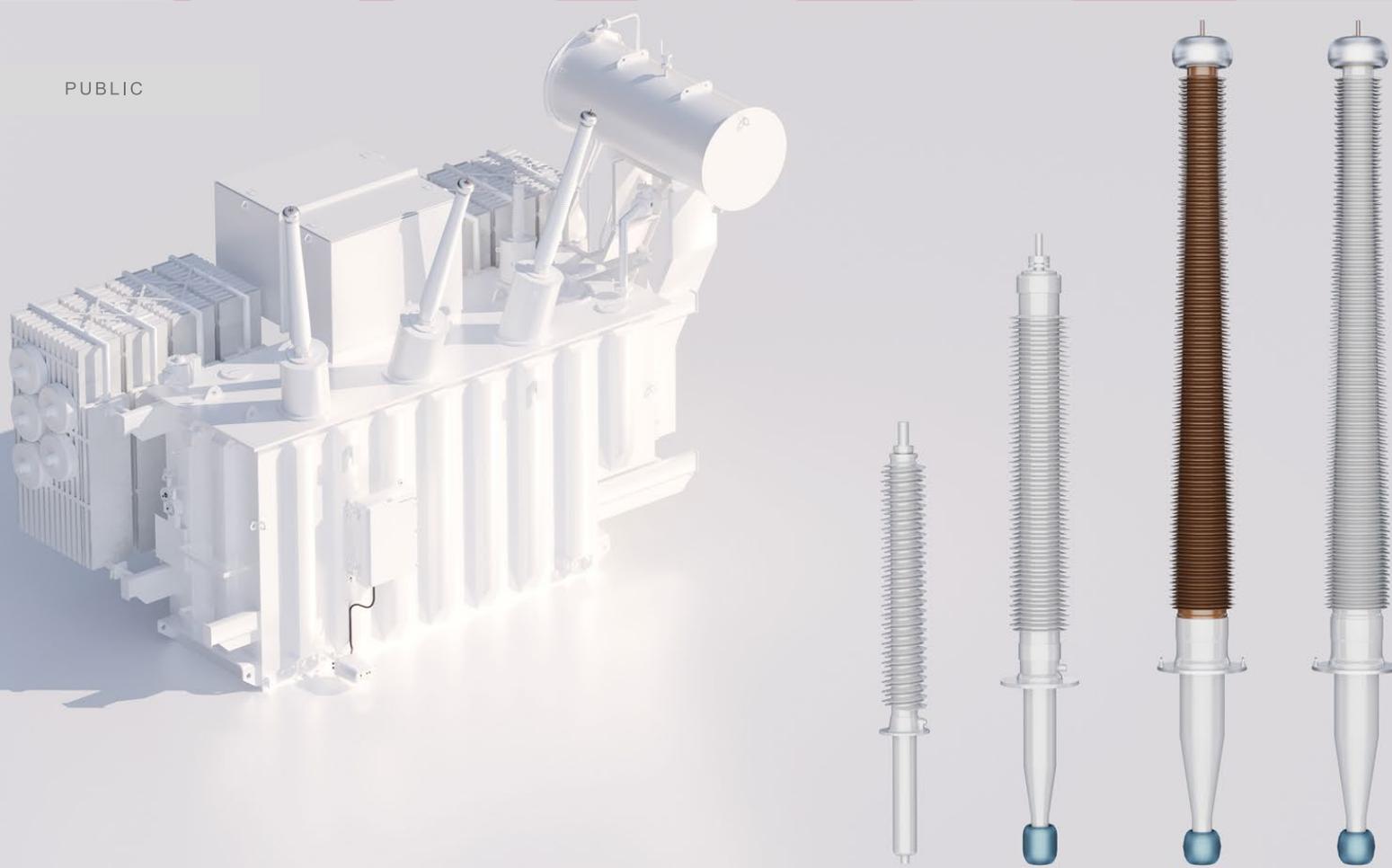


PUBLIC



HITACHI
Inspire the Next

Die Zukunft der Transformator Durchführung

RIS-Technologie

Erstellt durch: Lorenzo Martinel, Jens Rocks and Roger Hedlund

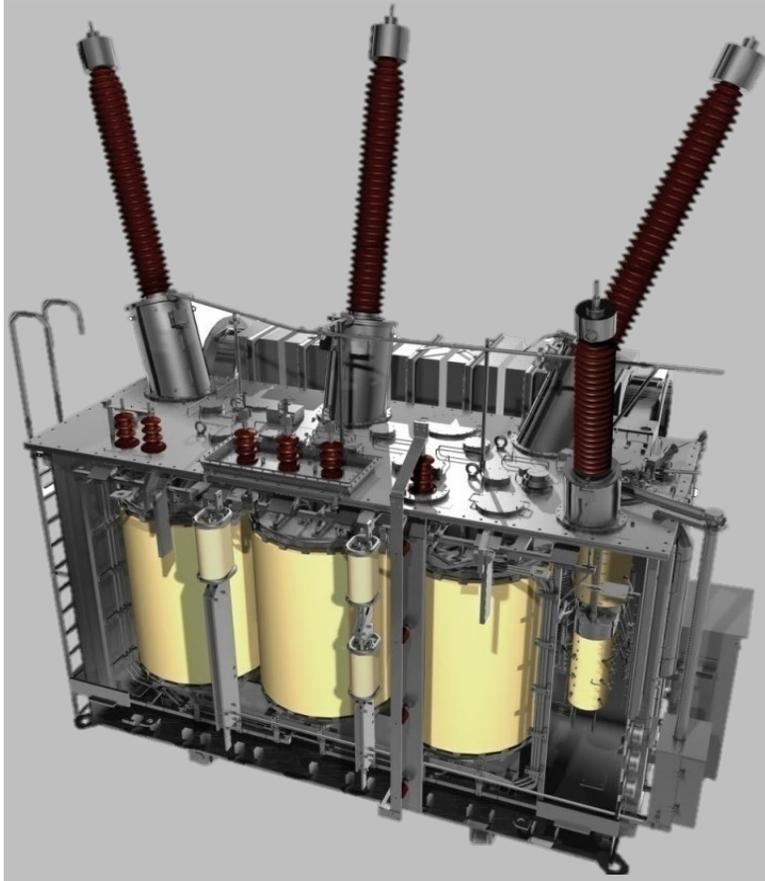
2024-06-11

© 2024 Hitachi Energy. All rights reserved.

 **Hitachi Energy**

Inhalt

1. Funktion einer Transformator Durchführung
2. Technologien (OIP-RIP-RIS)
3. RIS-Technologie
4. Aufbau, Tests sowie Testresultate
5. Alterungsverhalten
6. Messmethode für die Zustandsbewertung:
Kapazität, Verlustfaktor ($\tan \delta$) sowie Teilentladung
7. Fragen & Antworten



Sichere Übertragung von Strom und Spannung durch die Trafowand an die Wicklungen.

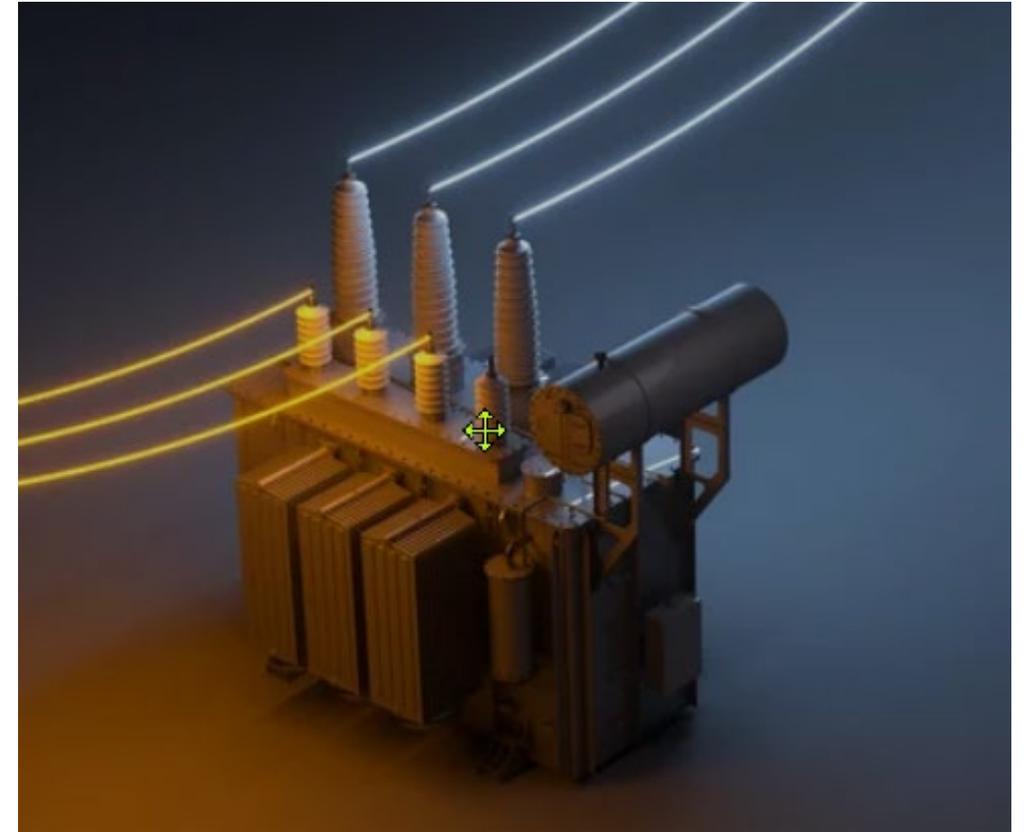
1. Leiter aus Kupfer / Aluminium
2. Isolierkörper mit kapazitiver Feldsteuerung
3. Aluminium Flansch als Befestigungselement
4. Außen Isolation aus Silikon oder Porzellan



GSU (Generator Step Up) - Transformator



Symbolbild- Transformator



Oil Impregnated Paper (OIP)

1kV – 1200kV

Glattes Papier



Dielektrisches Öl



Resin Impregnated Paper (RIP)

24kV – 800kV

Krepppapier



Kunstharz + Härter



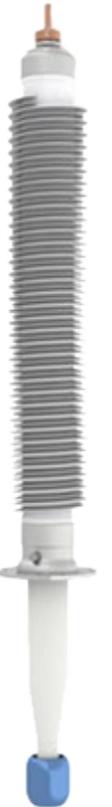
Resin Impregnated Synthetic (RIS)

52kV- 550kV

Synthetische Folie

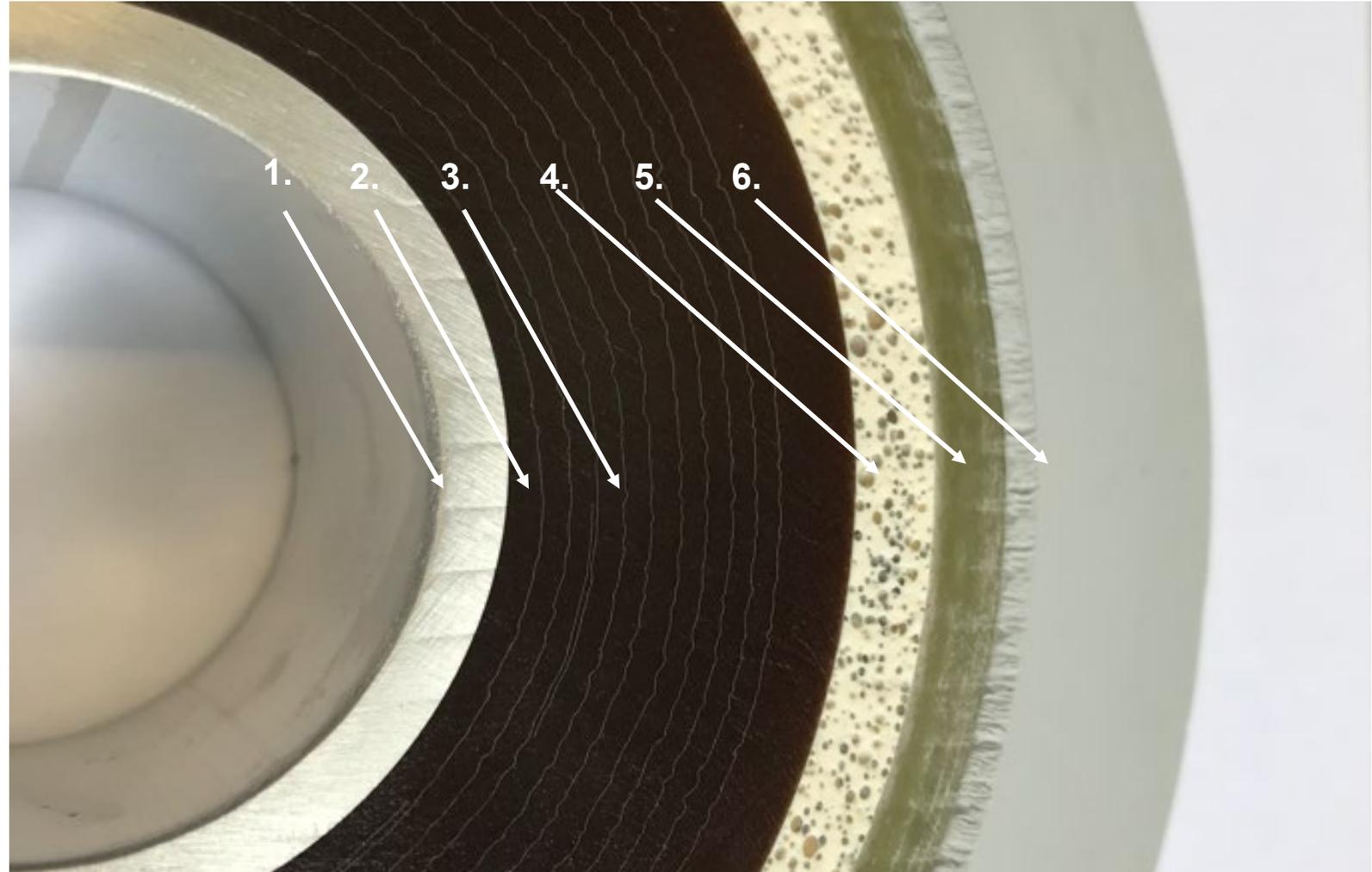


Kunstharz + Härter

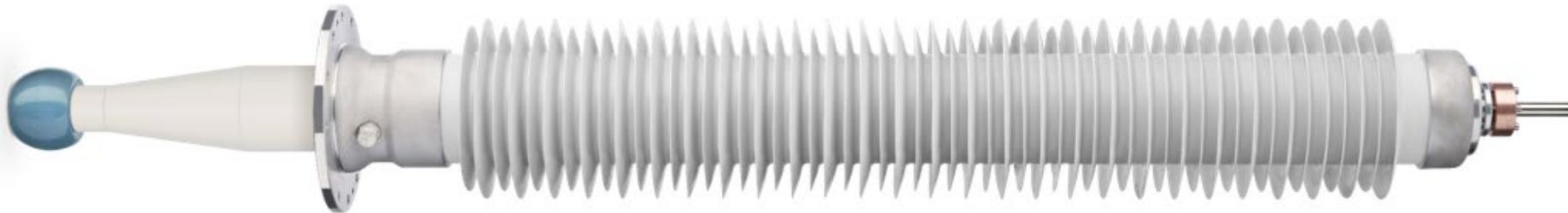


Legende

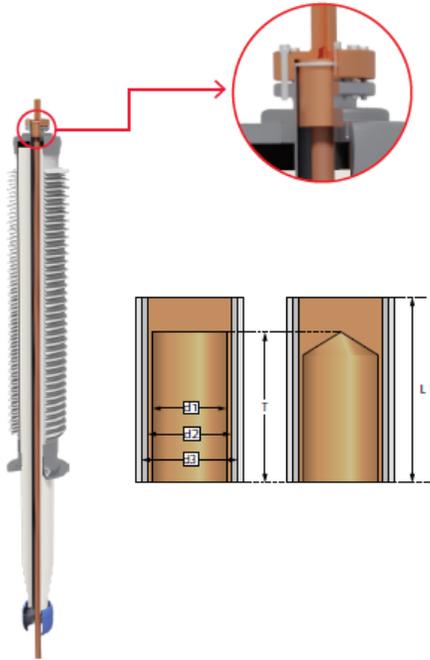
1. Aluminiumrohr (oder Leiter)
2. RIP (Resin Impregnated paper)
3. Aluminiumfolien (kapazitive Feldsteuerung)
4. Füllmittel (Schaum)
5. GFK-Rohr
6. Silikonisolation



RIS - EasyDry® 52–550 kV

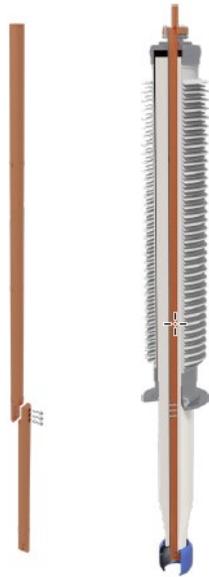


Transformatordurchführungen



**Kabelbolzen
(DL)**

Weit verbreitet und bietet große Anpassungsfähigkeit.
Bis zu 2000A



**Demontierbarer Leiterstab
(RR)**

Sehr einfache Montage und mehrere Auswahlmöglichkeiten für den unteren Verbindungstyp.
Höherer Strom bis zu 2500A



**Nicht demontierbarer Leiterstab
(FBC)**

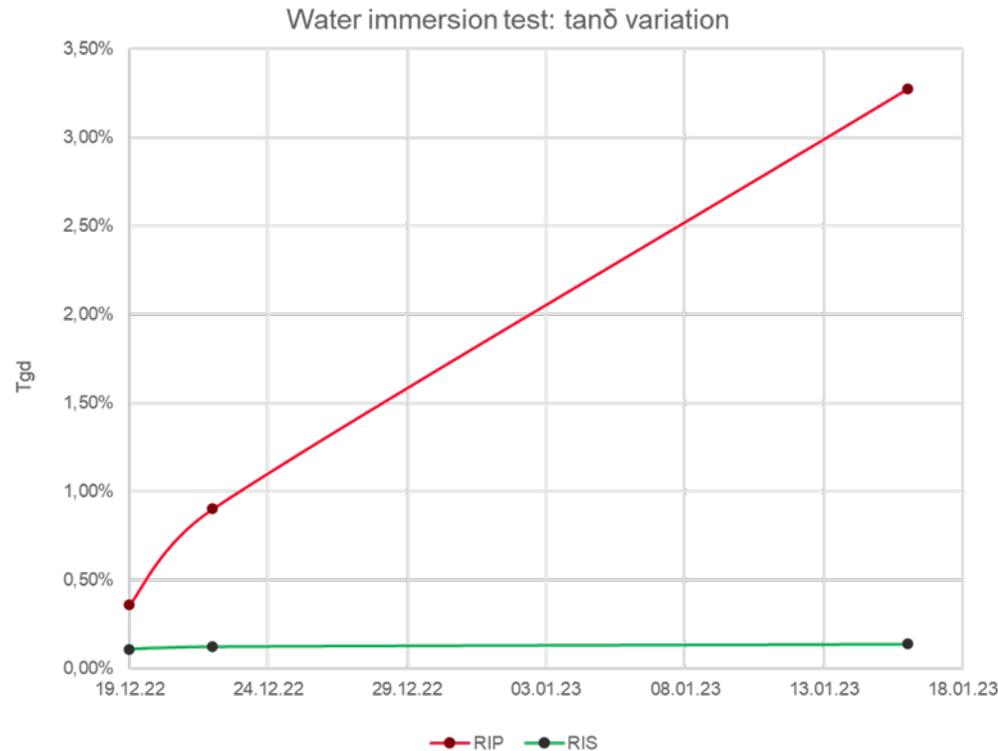
Grosse Auswahl an demontierbaren Anschlussplatten (Anschlussfahnen, Prismen, ...).
Höhere Ströme bis 5000A



**Steckbarer Schnellanschluss
Pluggable Quick^{Connect}**

Zugstangensystem mit hoher Montage- und/oder Austauschfreundlichkeit.
Höhere Ströme bis 5000A

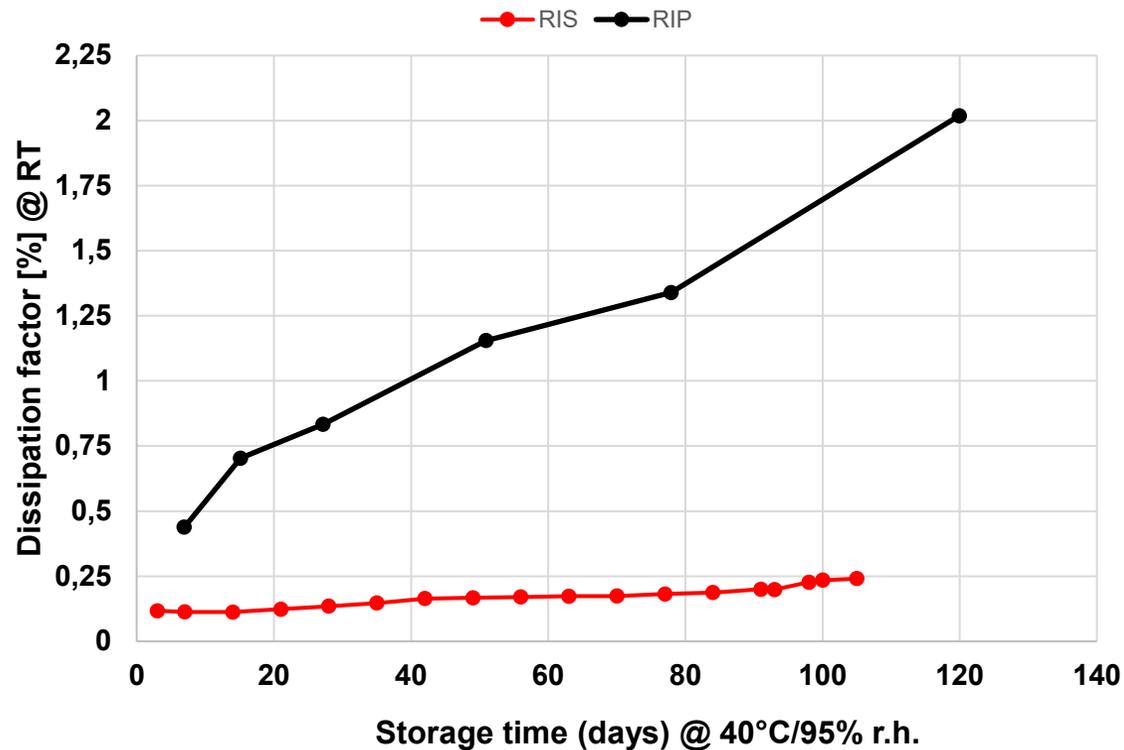
Lagerung von Durchführungskörper in Wasser



RIS- und RIP-Testkörper ohne Isolation, vollumfänglich in Wasser eingetaucht.

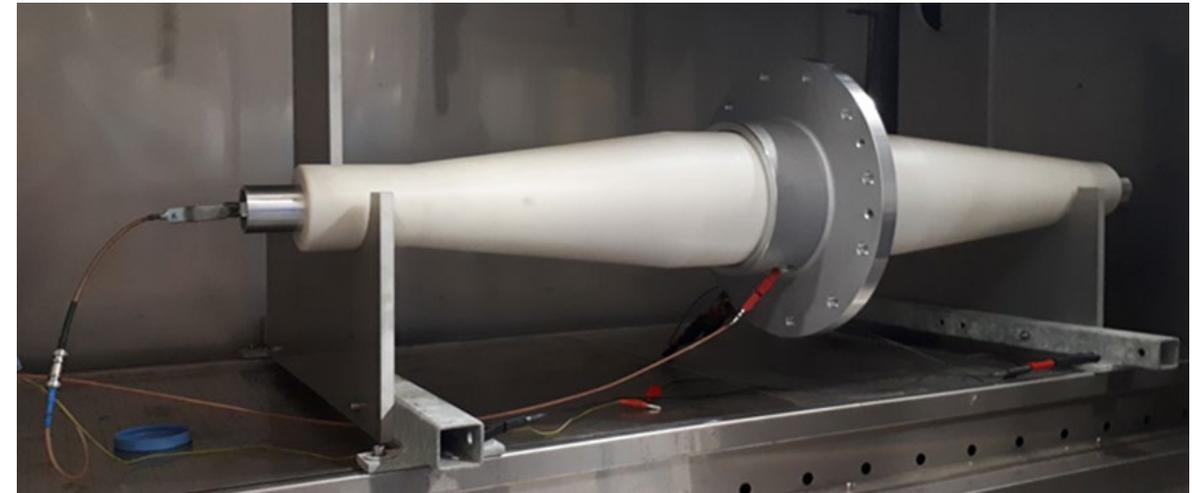
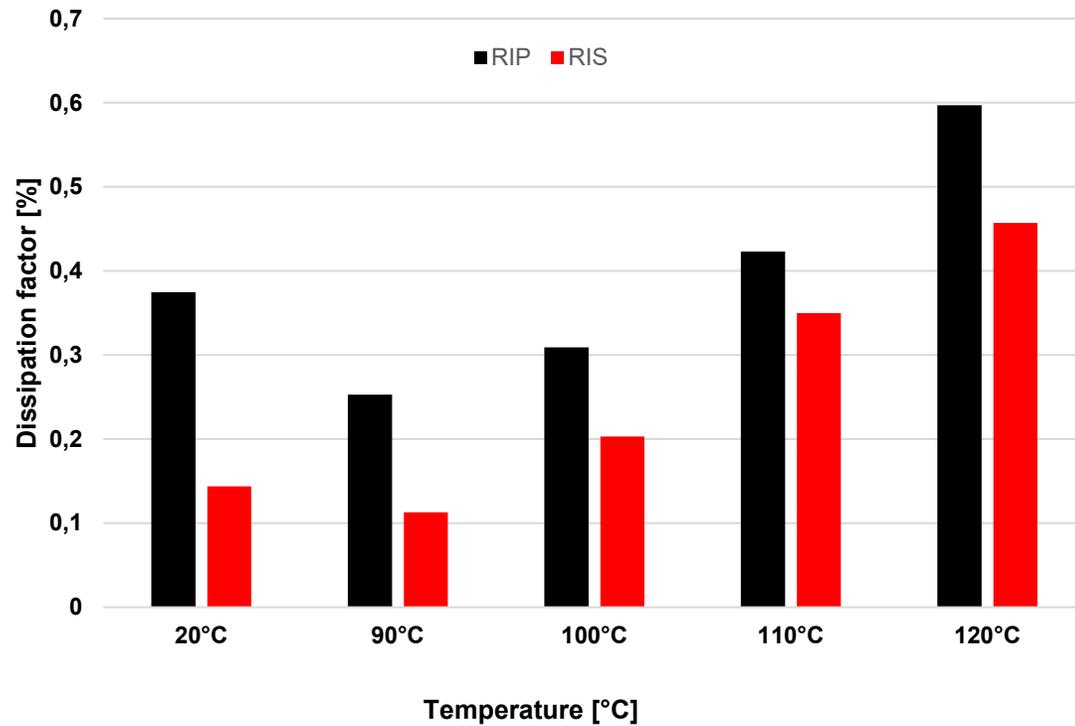
Keine Feuchtigkeitsaufnahme des RIS-Körpers konnte festgestellt werden

Verlustfaktor ($\tan \delta$) in Funktion von Zeit, Temperatur und Feuchtigkeit @ 40°C / 95%



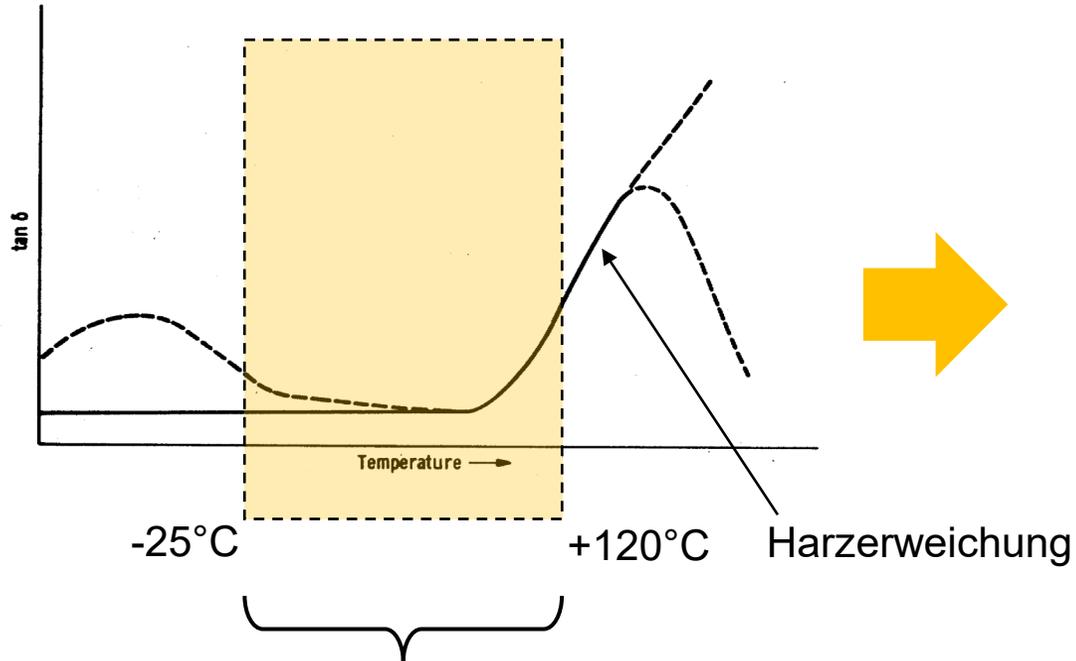
Synthetische Folie (RIS) absorbiert keine Feuchtigkeit und ist somit sicherer und zuverlässiger

Verlustfaktor ($\tan \delta$) in Abhängigkeit der Temperatur



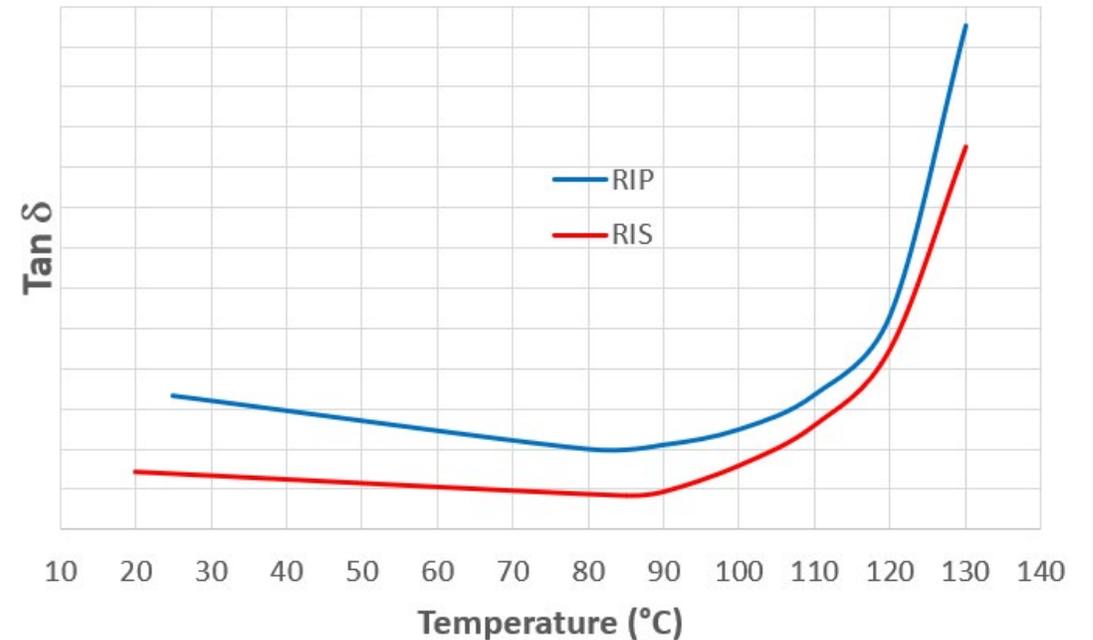
RIS Technologie hat einen sehr geringen Verlustfaktor ($\tan \delta$)

Temperatureinfluss auf den Verlustfaktor (tan δ)



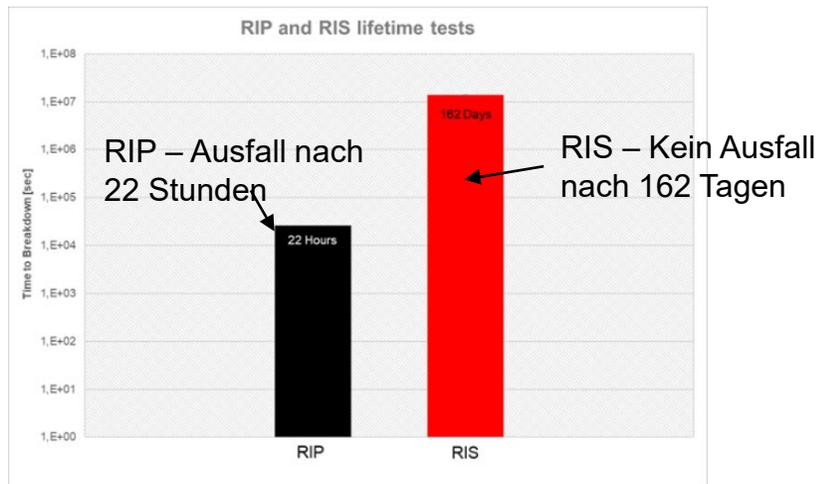
Temperaturbereich für die Einsatzbedingungen der Durchführung

Tan δ -Kurve von **RIP-Durchführungen** im Vergleich zu **RIS-Durchführungen**



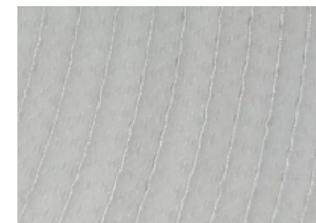
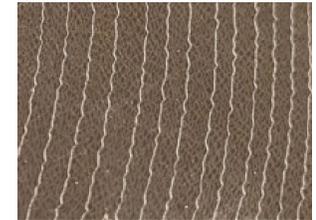
Das Verhalten von RIS und RIP tan δ in Abhängigkeit von der Temperatur ist ähnlich, die RIS-Werte sind jedoch immer niedriger als die RIP-Werte

- Untersuchung der Durchschlagsfestigkeit an einer Gruppe von Proben, um die Designbereichsgrenzen zu bestimmen und die gewünschte Lebensdauer von mindestens 30 Jahren zu gewährleisten
- Prüflinge, die das tatsächliche Durchführungsdesign widerspiegeln. Mit dem selben Produktionsprozess hergestellt wie normale Durchführungen, aber in unterschiedlichen Chargen (um Produktionsabweichungen zu berücksichtigen).
- Vergleich zwischen RIP- und RIS-Technologien.
- Jede Probengruppe wurde einer anderen Spannung ausgesetzt und die Zeitspanne bis zum Schichtdurchschlag des Folienpackets gemessen.
- Es wurde eine definierte Spannung angelegt, die Zeit bis zum Durchschlag erfasst und mit der RIP Technologie verglichen.

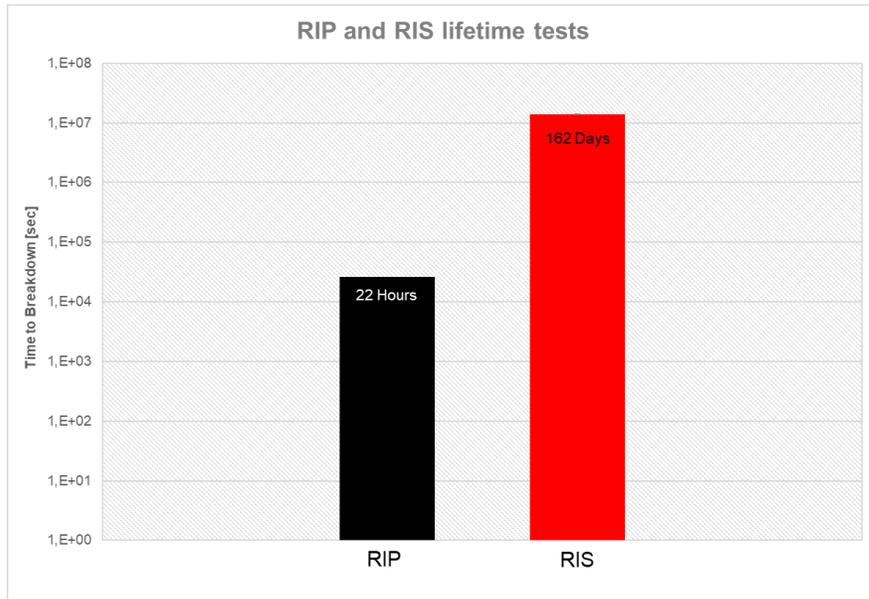


Vergleichsbeispiel RIP-RIS

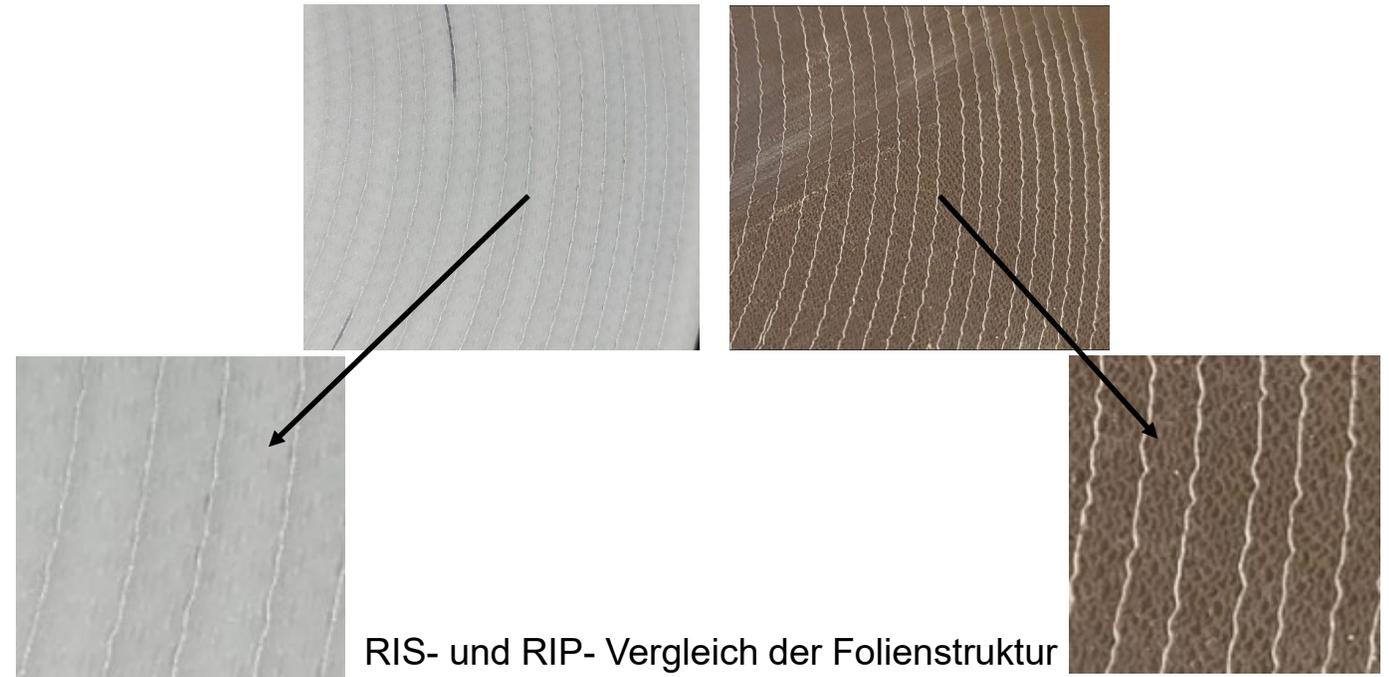
Einer der Hauptfaktoren zur längeren Lebensdauer ist die gleichmäßigere elektrische Feldverteilung zwischen den Aluminiumfolien des Kondensatorkerns.



RIS mit besserem Alterungsverhalten – bedingt durch die homogene / gleichmäßigere Folienstruktur



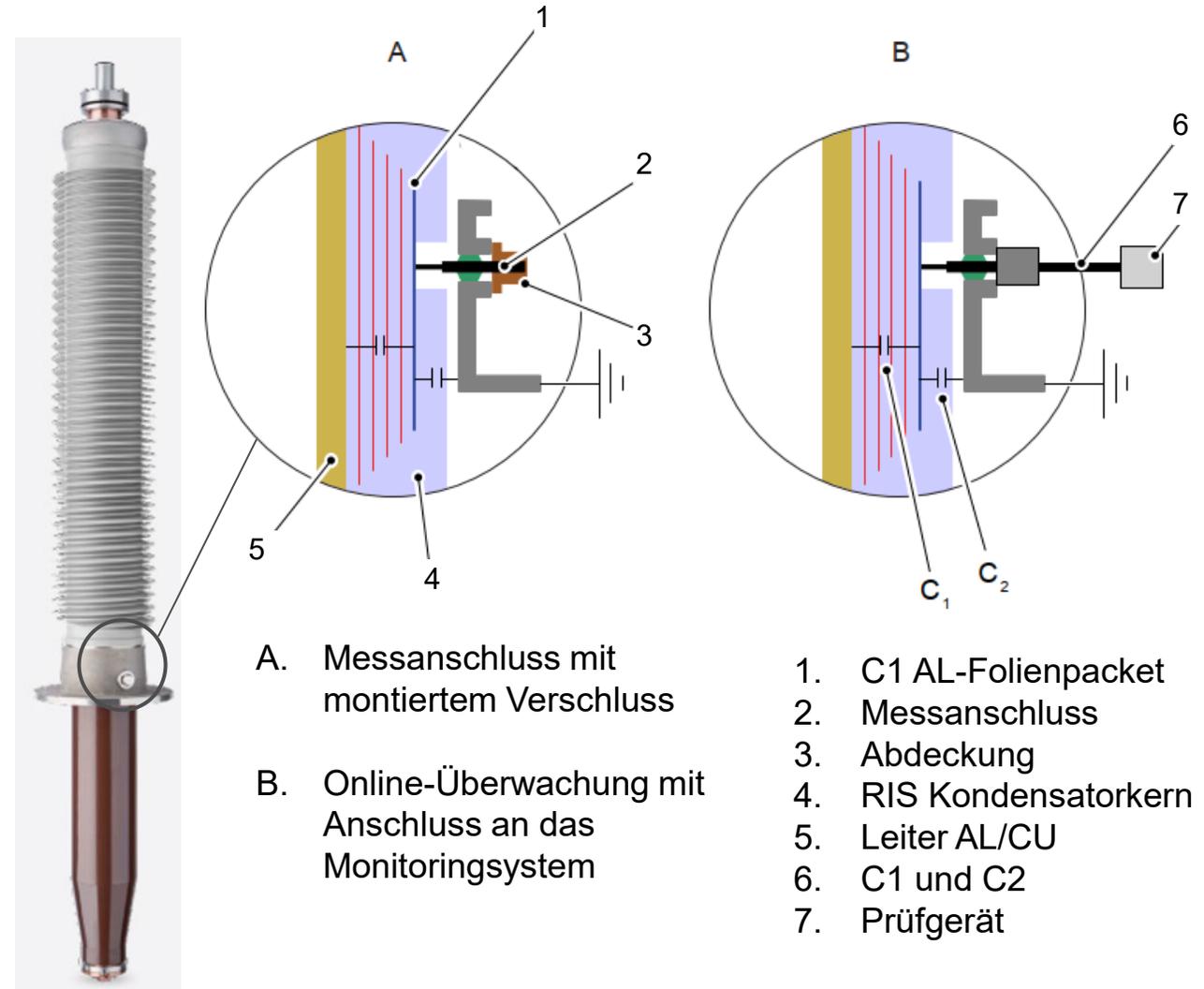
Durchschnittliche Betriebszeiten bis zum Schichtdurchschlag mit gleicher dielektrischer Belastung



Höhere dielektrische Beständigkeit, somit längere Lebensdauer

Messanschluss der Durchführungen

- Messung der Kapazität **C1** und **C2** vor und nach der Installation der Durchführung.
- Messung des Verlustfaktors **$\tan \delta 1$** und **$\tan \delta 2$** über C1 und C2 vor und nach der Installation der Durchführung.
- Diese Werte werden benötigt um:
 - ... die Aufnahme von Feuchtigkeit zu ermitteln ($\tan \delta$) (Bedingt durch Transport und Lagerung)
 - ... eine Referenzmessung für künftige Vergleiche zu haben.



Dielektrische Frequenzganganalyse (IEEE Guide for DFR Std. C57.200-2022)

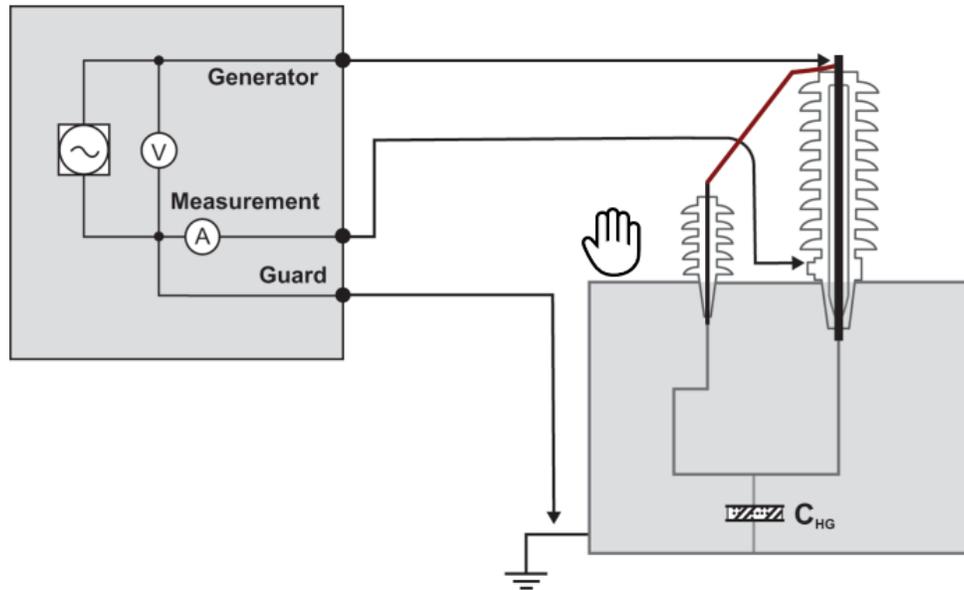


Figure 11—Connection to a reactor for C_1 measurement

Dielektrische Frequenzganganalyse (DFR)



- Das Niederfrequenzspektrum bietet eine hervorragende Validierung des Isolationsstatus.
- Das Hochfrequenzspektrum bietet eine gute Validierung von Kontaktproblemen.
- Die Interpretation der Ergebnisse erfordert Erfahrung.
- Richtlinien im IEEE Std. C57.200-2022 und mehrere CIGRE-Publikationen von Hitachi Energy.

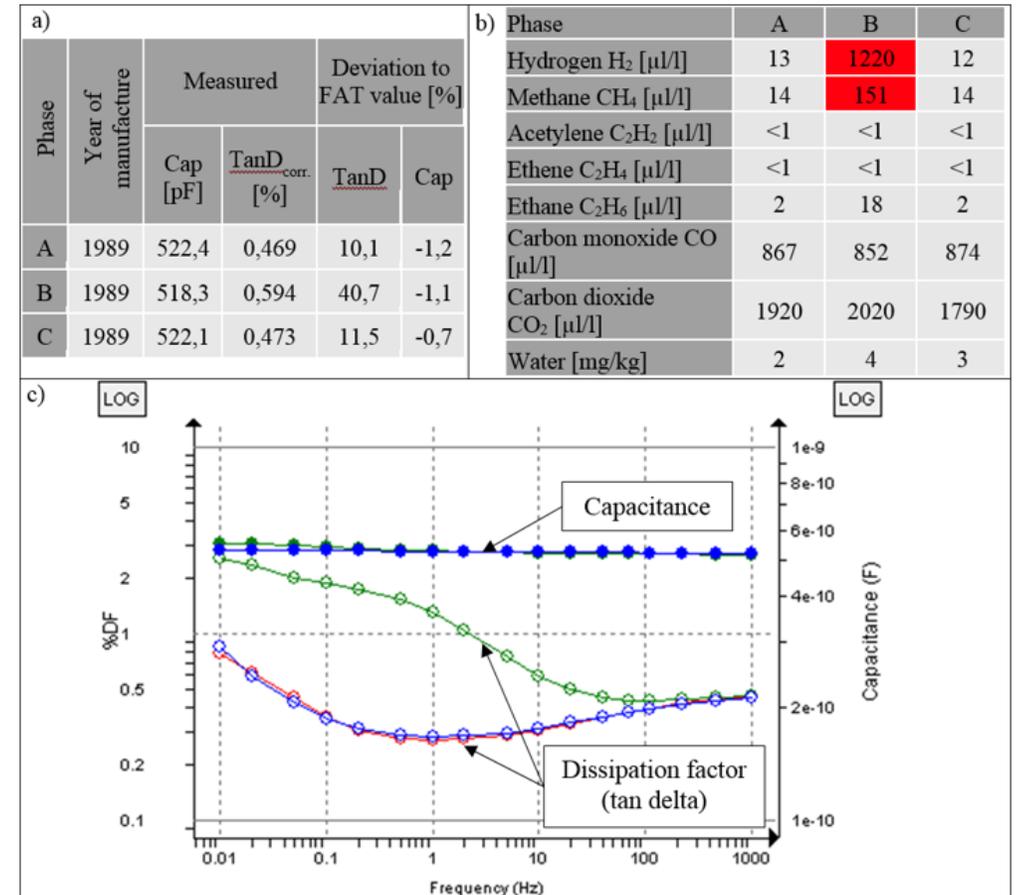
Beispiel Dielektrische Frequenzanalyse einer OIP Durchführung

Von einem 400-kV-Reaktor wurden drei Durchführungen aus dem Jahr 1989 geprüft.

	Phase A	Phase B	Phase C
Dissipation factor @10kV/50Hz	OK	Slightly high	OK
Capacitance @10kV/50Hz	OK	OK	OK
DFR 1-1000Hz	OK	Deviating	OK
Moisture in oil	OK	OK	OK
DGA	OK	High	OK

Die Schlussfolgerung war eine Verschlechterung der Hauptisolierung (Isolierkörper).

Es wurde empfohlen, die Durchführung außer Betrieb zu nehmen und zu ersetzen.



CIGRE Generation of gases in oil-filled bushings

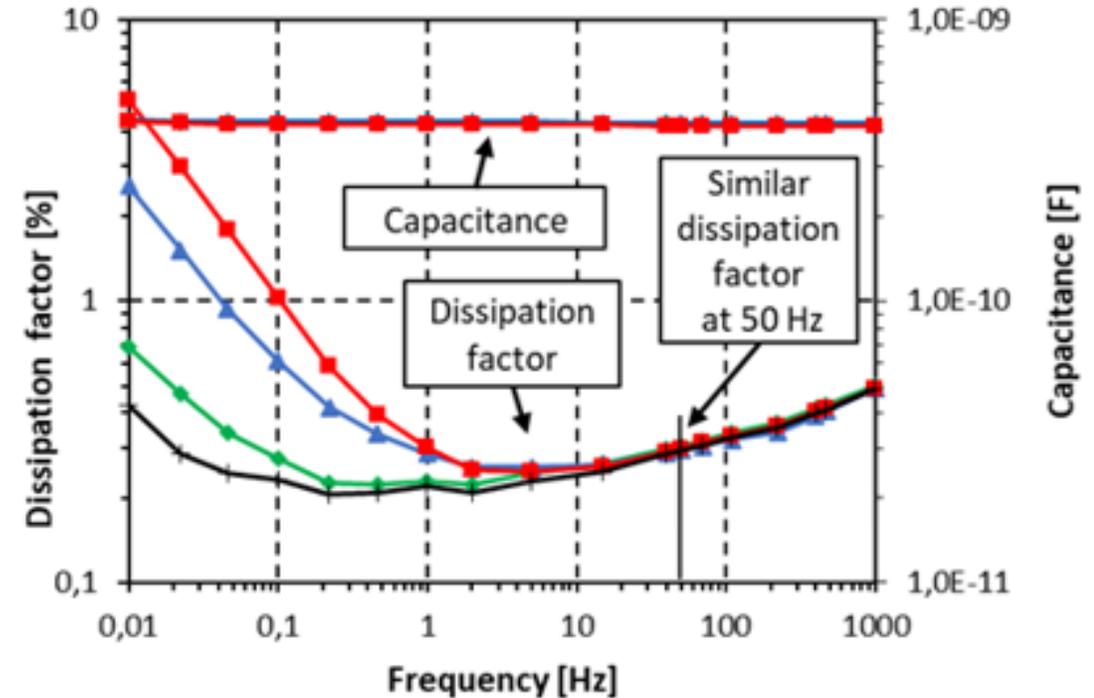
Beispiel Dielektrische Frequenzanalyse einer RIP Durchführung

Drei Ersatzdurchführungen, gleichen Typs, wurden unsachgemäß in sehr feuchter Umgebung gelagert.

- Kurve 1 (schwarz) : neue Durchführung
- Kurve 2 (grün) : mehrere Monate an Lager
- Kurve 3 (blau) : ca. 1 Jahr auf Lager
- Kurve 4 (rot) : seit mehreren Jahren an Lager

Wie man deutlich erkennt, wird der Beginn der Feuchtigkeitsaufnahme erst bei niedrigen Frequenzen sichtbar und nicht bei 50 Hz.

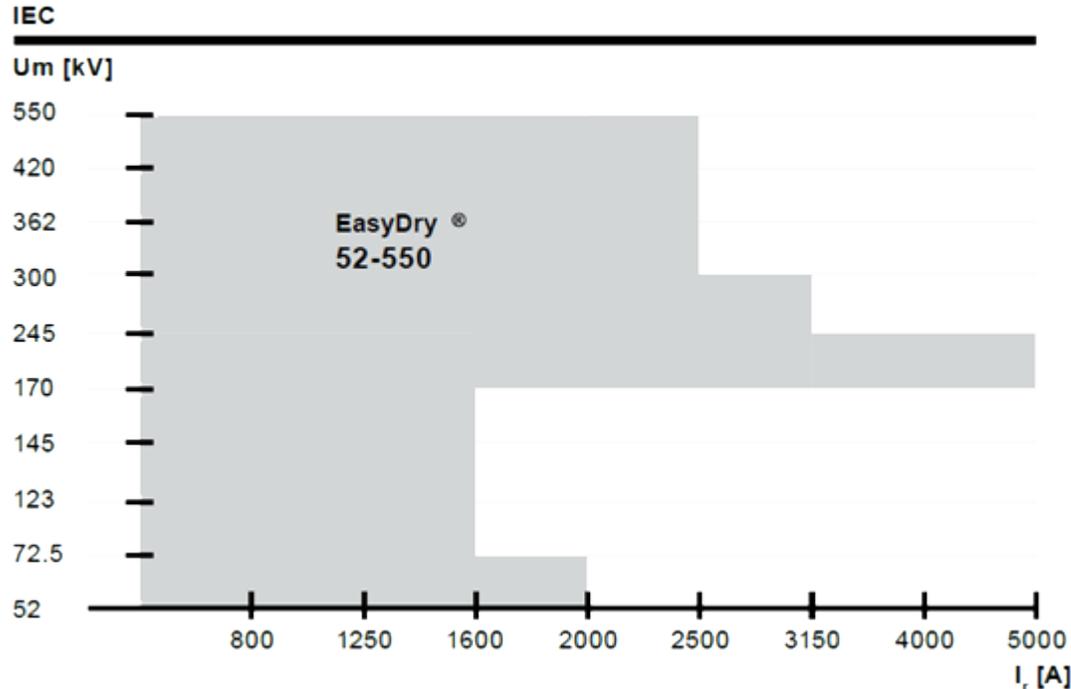
Es ist ersichtlich, dass im Tieffrequenzbereich (< 1Hz) Unterschiede der dielektrischen Eigenschaften festgestellt werden können.



CIGRE DFR Condition Assessment of Bushings in the field – Cigre GCC 2021-001

IEC 60137: 2017

Dry - Resin Impregnated Synthetic (RIS)



Nennspannungen von 52-550kV

Anwendungen	Transformator Durchführungen
Technologie	RIS (Resin Impregnated Synthetics)
Umgebungstemperatur	-50°C bis +40°C
Installationshöhe	Bis 1000 über Meer (AMSL)
Verschmutzungsgrad	Sehr hoch, acc. IEC 60815 (31mm/kV)
Einbaulagen	Vertikal bis horizontal (52-245), Neigung zur Vertikalen, 30° (245-550)
Messanschluss	2kV
Leitertypen	Kabelbolzen, demontierbarer Leiterstab, teilbarer demontierbarer Leiterstab, Fixleiter, Quick Connect
Normen	IEC 60137, IEEE C57.19.00, C57.19.01 (dielektrisch)
Typenschild	Gemäß IEC/IEEE oder Kundenwunsch
Seismische Zertifizierung	IEEE-293 (2g; high performance level)



- 01.** Synthetischer, papierloser Isolationskörper ohne Feuchtigkeitsaufnahme.
- 02.** Isolationskörper muss für den Transport sowie für die Lagerung nicht speziell geschützt werden.
- 03.** Längere Lebensdauer der Durchführung kann erwartet werden, bedingt durch die robuste dielektrische Beständigkeit
- 04.** Sehr tiefer Verlustfaktor sowie teilentladungsfreie Durchführung tragen zu einer sicheren Betriebszuverlässigkeit bei

EasyDry[®] - die Zukunft der Transformator Durchführungen

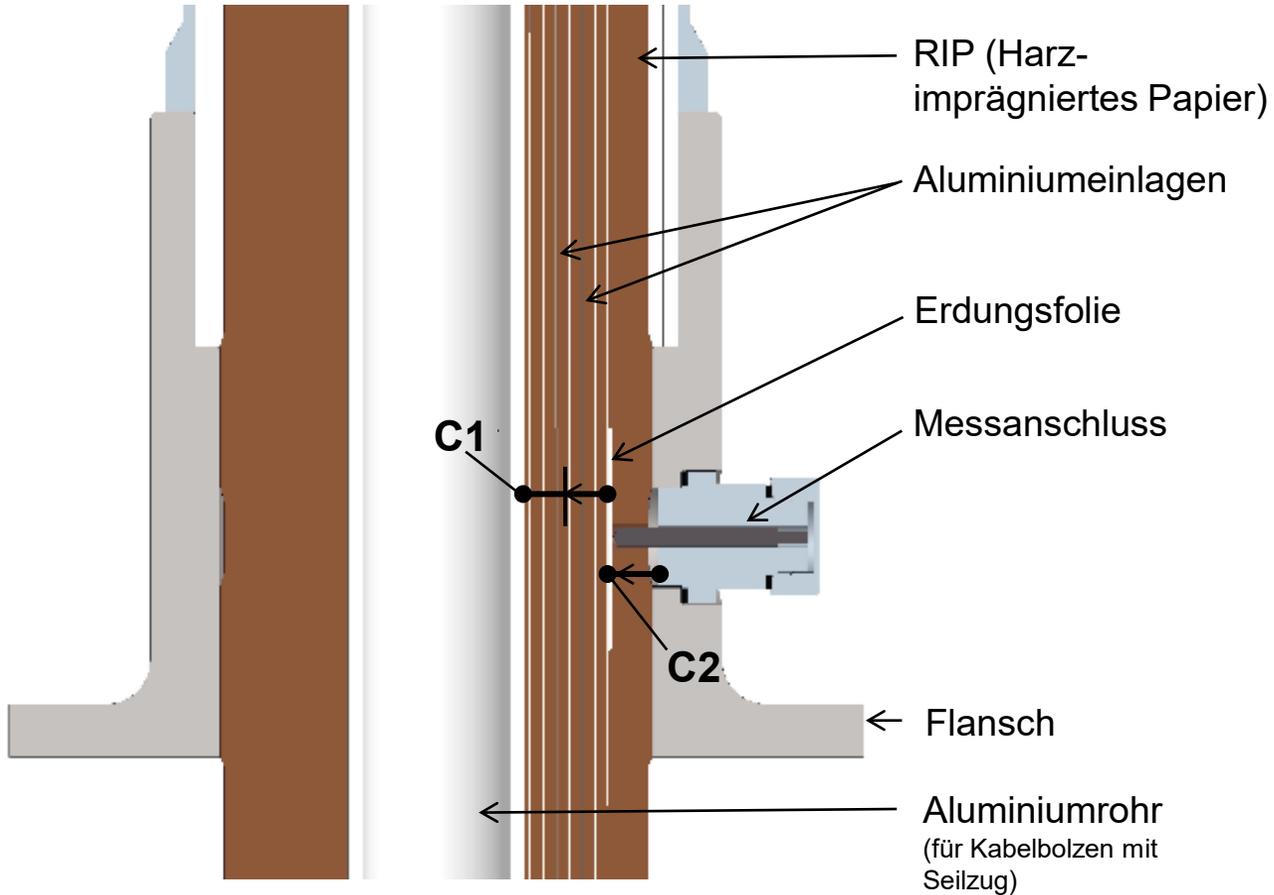
Fragen?





HITACHI
Inspire the Next 

Messung von Kapazität und Verlustfaktor (C, tand)



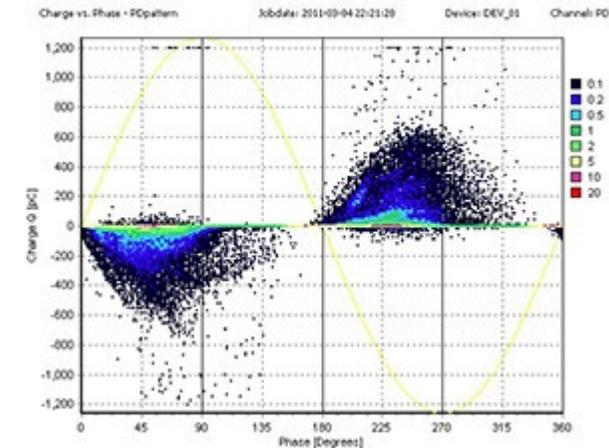
Was ist Teilentladung (TE)?

Teilentladung (TE) sind elektrische Entladungen und weisen auf ein sich verschlechterndes Isolationssystem hin, was zu sehr kostspieligen Reparaturen an Transformatoren führt und vorhersehbar zu einem elektrischen Ausfall von Hochspannungsgeräten führen kann.

Daher hat die TE **einen direkten Einfluss auf die Lebensdauer** der Durchführung

Eine der schwierigsten Aufgaben besteht darin, die PD-Daten zu interpretieren und die Zeit zu bestimmen, die ein Isolationssystem in Betrieb bleiben kann, bevor Schäden und kostspielige Ausfälle auftreten können.

Da es nicht möglich ist, den TE-Pegel vor Ort zu messen, wird die TE normalerweise nur einmal in der Lebensdauer der Durchführung gemessen. Den TE-Wert finden Sie im Routine-Testprotokoll jeder Kondensatordurchführung.

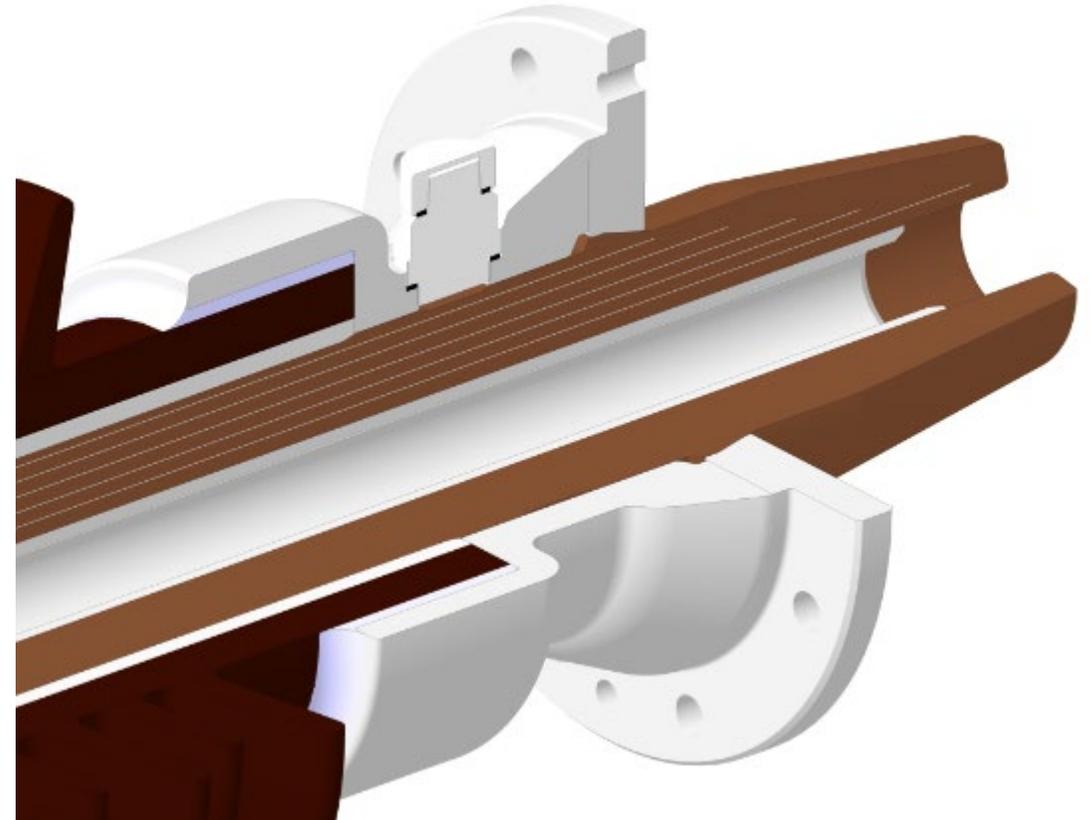


Wo kann in einer Durchführung Teilentladung (TE) auftreten?

TE-Aktivitäten können auftreten:

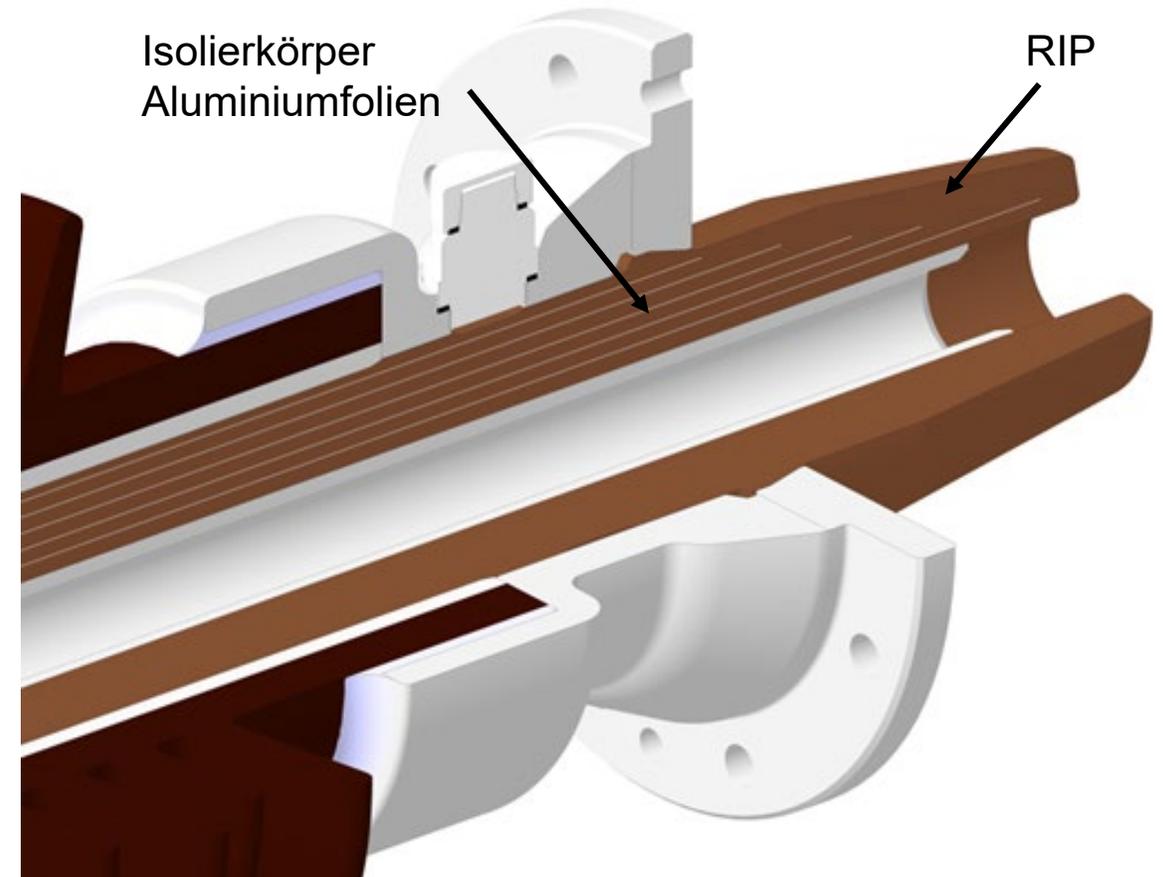
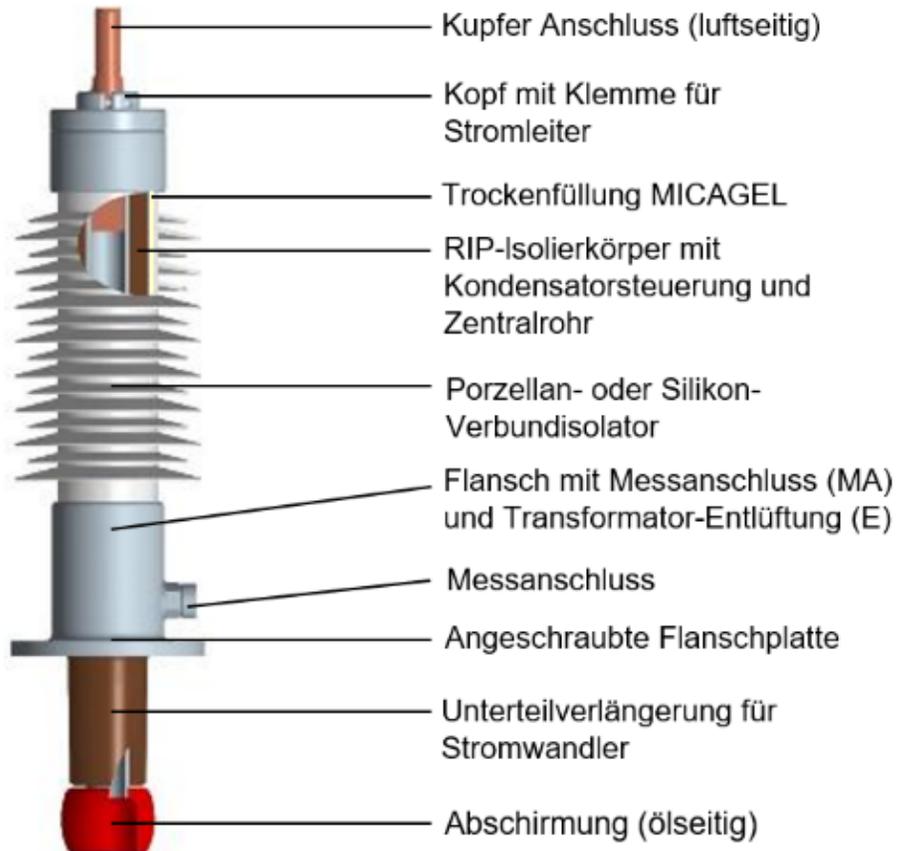
- Prüflabor (Hintergrundgeräusch)
- Während des Tests der Durchführung (Externe TE)
 - Luft im Test-Öl
 - Luftkissen am Flansch
 - Unzureichende Abschirmung (öl-seitig)
 - Position des Corona Ringes (luftseitig)
- Oberfläche der Durchführung (Externe TE)
 - äußerliche Verunreinigungen
- Im Isolierkörper (RIP/RIS) (Interne TE)

TE-Aktivitäten im Isolierkörper wirken sich direkt auf die Lebensdauer der Durchführung aus.



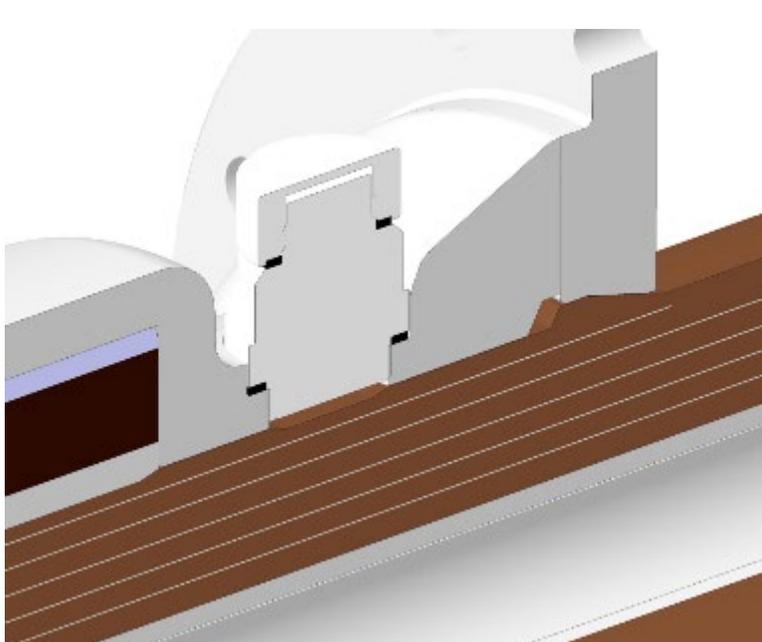
Durchführungs-Komponenten

RIP Resin Impregnated Paper

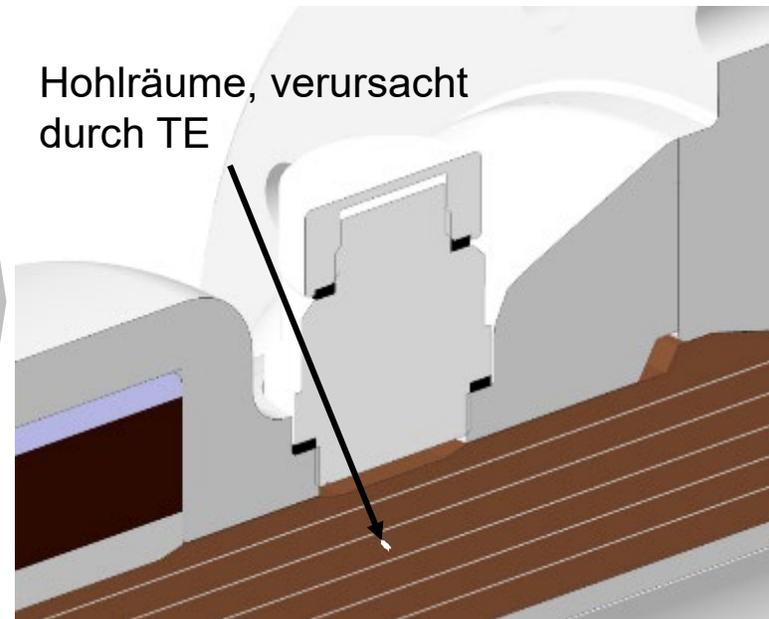


TE bewirkt eine schnellere Alterung der Durchführung

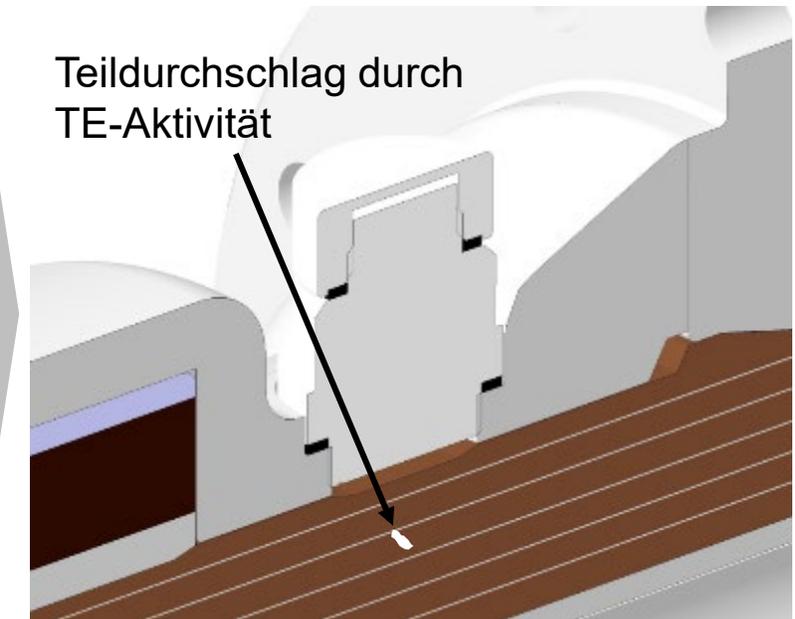
Nach der Produktion mit TE



Verschlechterung der Isolationseigenschaft durch TE



Kurzschluss zwischen zwei Folien des Kondensators

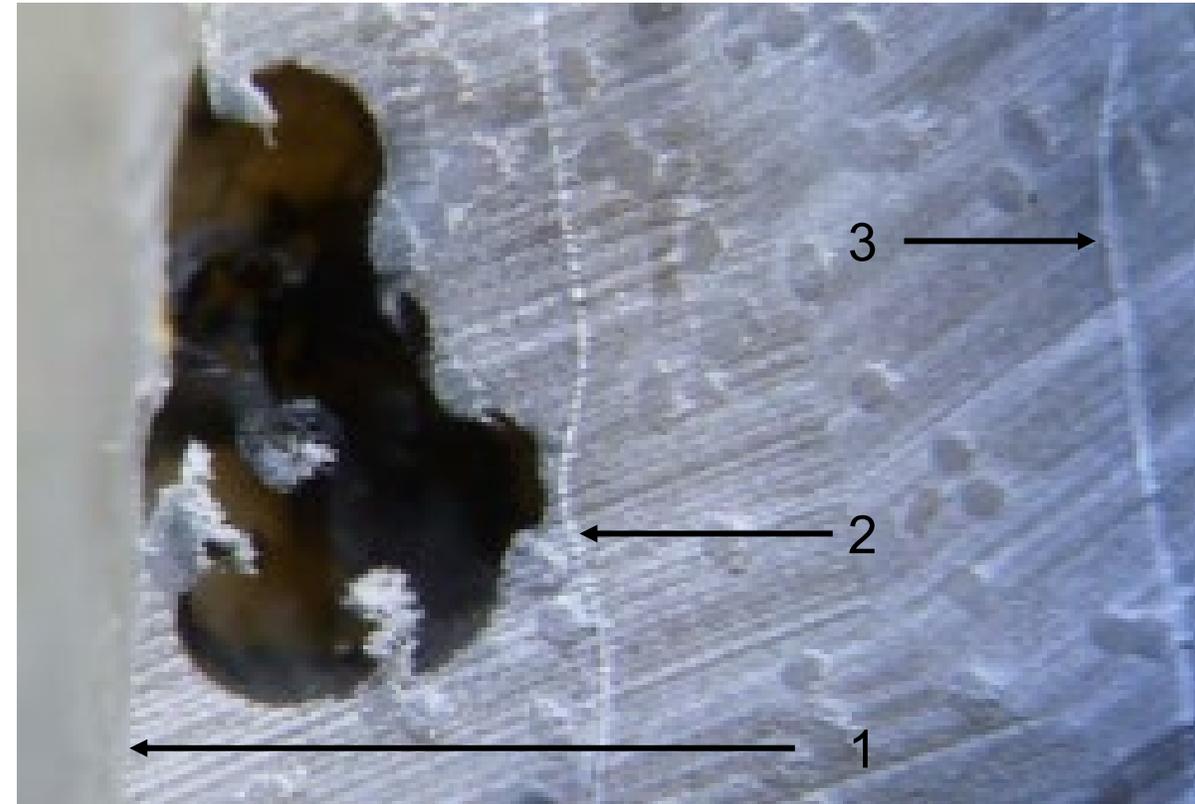


Durchführungs-Komponenten

Was ist passiert?

- Der Isolierkörper wurde mit Hohlräumen hergestellt
- Hohlräume können nur durch TE-Messung erkannt werden
- Das Potential der beiden Al-folien 1 und 2 ist unterschiedlich
- Nach einiger Zeit nimmt der Hohlraum aufgrund der TE-Aktivität (Funkenbildung freier Elektronen) zu
- Der Kurzschluss tritt zwischen den beiden Aluminiumfolien auf
- Die Kapazitätserhöhung erhöht die elektrische Spannungsverteilung auf die restlichen Teilkapazitäten
- Ein Ausfall der Durchführung kann auftreten

Teilausfall des Isolierkörpers, Al Folie 1 und Folie 2



Unterschied zwischen IEC 60137: 2017 und Hitachi Energy Standard

AirRIP RTKF 420-1675/1000 KSI

Technische Daten Technical Data	IEC 60137 (2017)	IEEE C57.19.01 (2000)
Maximale Spannung (50Hz/60Hz) Maximum voltage	420 kV	
Systemspannung System voltage		
Maximale Phase-Erde-Spannung Rated max. line to ground voltage	242 kV	
Prüfwechselspannung - trocken / dry AC test voltage - nass / wet	750 kV - kV	
Blitzstossspannung Lightning impulse voltage	1675 kV	
Schaltstoss SIL Switching impulse voltage	1175 kV	

IEC 60137 : 2017

Example RTKF 420-1675 / 1000 KSI

IEC 60137 : 2017

Type of bushing

RIP (Resin Impregnated Bushings)
RIS (Resin Impregnated Synthetics)

U_m^a	$1.5U_m / \sqrt{3}^b$	$1.05 U_m / \sqrt{3}$
10 pC	10 pC	5 pC
10 pC	10 pC	5 pC
Test voltage [kV]		
420	364	255

U_m = Phase to Phase voltage $U_m / \sqrt{3}$ = Phase to earth voltage

^a Transformer bushings

^b Switchgear bushings

Hitachi Energy Standard

Example RTKF 420-1675 / 1000 KSI

Test Voltage [kV]	Capacitance [pC]
485	3 pC

U_m = Phase to Phase voltage $U_m / \sqrt{3}$ = Phase to earth voltage

^a Transformer bushings

^b Switchgear bushings

Fragen?





HITACHI
Inspire the Next 