



Hochschule  
Zittau/Görlitz  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

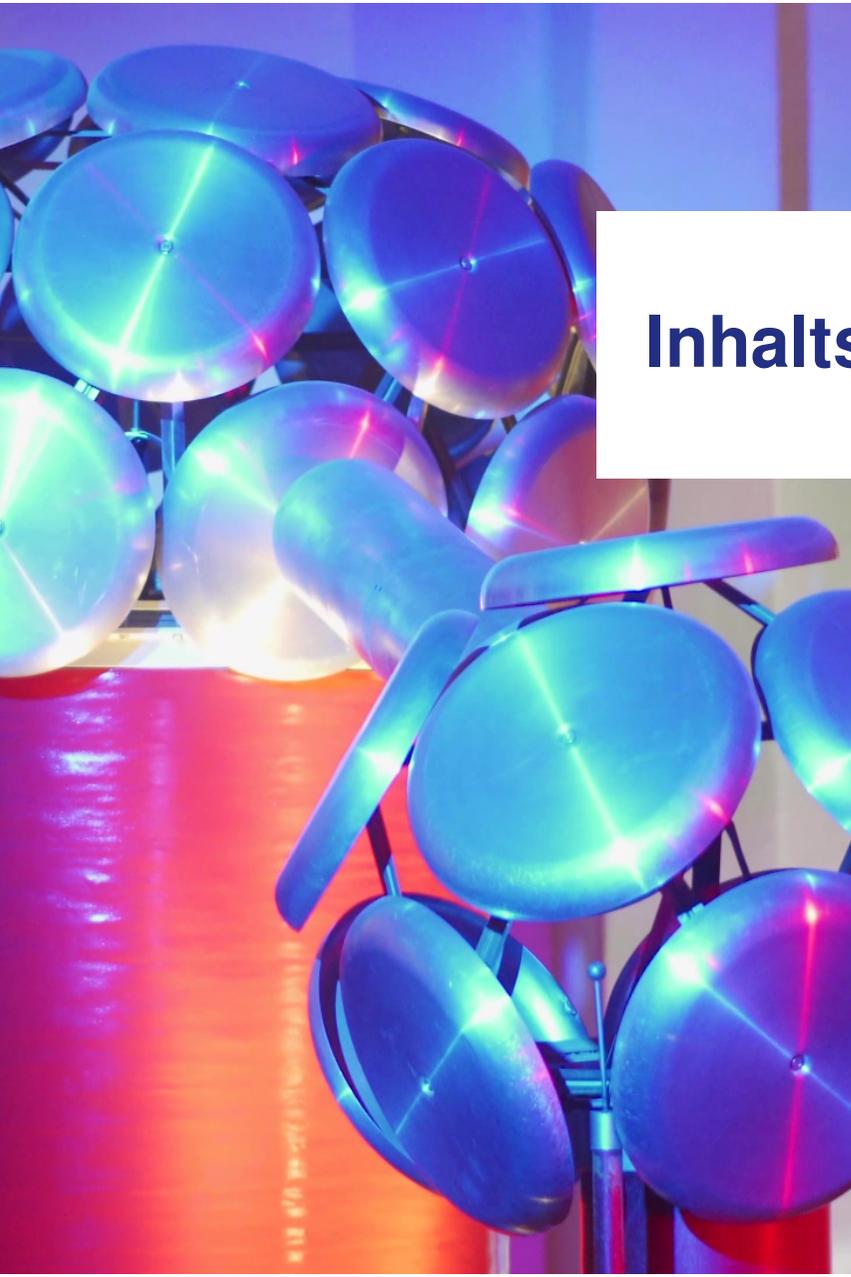
Fachgebiet  
Hochspannungstechnik /  
Werkstoffe der Elektrotechnik /  
Theoretische Elektrotechnik



## Technische Erkenntnisse und Eigenschaften von Porzellan- und Kunststoffisolatoren

Dipl.- Ing. (FH) Jana Görlich

4. ÖVG Kongress | November 2022



# Inhaltsverzeichnis

1. Was sind eigentlich Isolatoren?
2. Herstellungsprozess und Eigenschaften
3. Vergleich Oberflächenverhalten
4. Untersuchungen bzgl. Freigaben und Alterungsabschätzung
5. Zusammenfassung





## Was sind Isolatoren?

- Bestehen aus einem nichtleitfähigen (isolierenden) Material
- **Aufgabe:** galvanische Trennung zwischen spannungsführenden- und spannungslosen Bauteilen (elektrische Isolierung)
- **Einsatz:** Freileitungen als Abspann- und Tragisolatoren (Übertragungsnetz, Bahnanwendungen), Durchführungen
- **Anforderungen:** extrem geringe elektrische Leitfähigkeit, mechanische Belastbarkeit, Alterungsbeständigkeit, Zuverlässigkeit

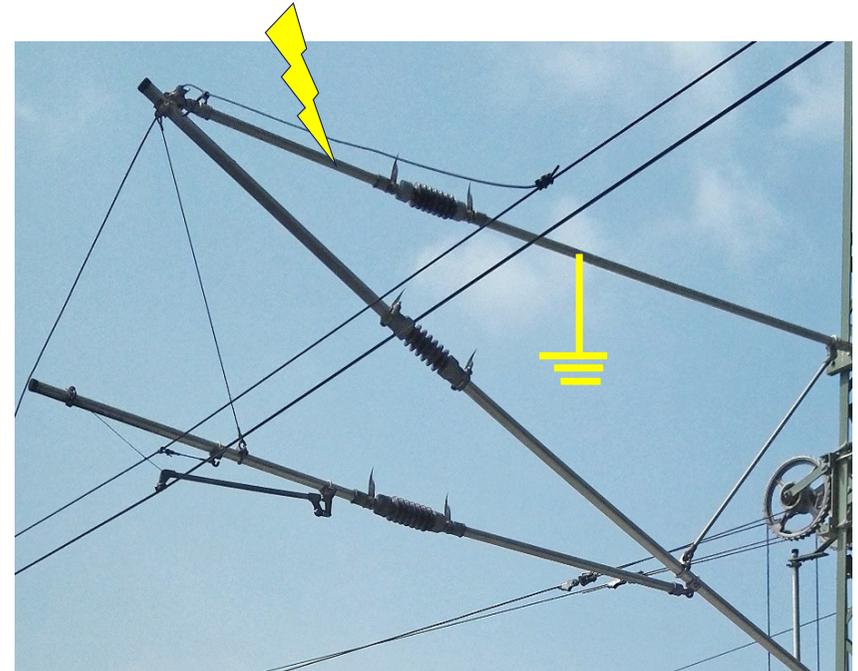


Bild: Ausleger Dresden Bahnhof Neustadt H. Pampel



# Welche Bauformen und –arten gibt es?

- **Material:** Glas-(kappen), Porzellanisolatoren, Kunststoffisolatoren (Silikon, EPDM, EP, EVA)
- **Hauptbauformen:** Kappenisolatoren, Langstabisolatoren, Stützer, Durchführungen
- **Spannungsebenen:** Mittelspannung, Hochspannung



Glaskappenisolator



Bild: Langstabisolator, Porzellan

Bild: Langstabisolator, Silikon



Bild: versch. Mittelspannungsisolatoren



Bild: Stützisolator, Silikon, waagrecht



Bild: Hochspannungsdurchführung, Porzellan

Quellen: Lappinsulators.com, wikimedia.com



# Vergleich Porzellan und Kunststoffisolatoren – Aufbau und Herstellung

Ton , Aluminiumoxid,  
Kaolin, Feldspar

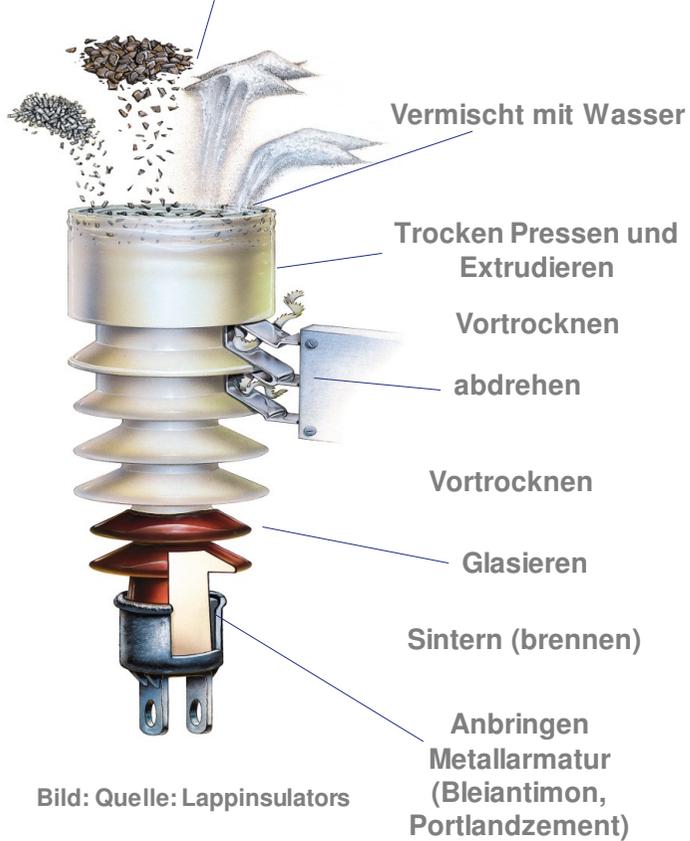


Bild: Quelle: Lappinsulators



Bild: Lappinsulators

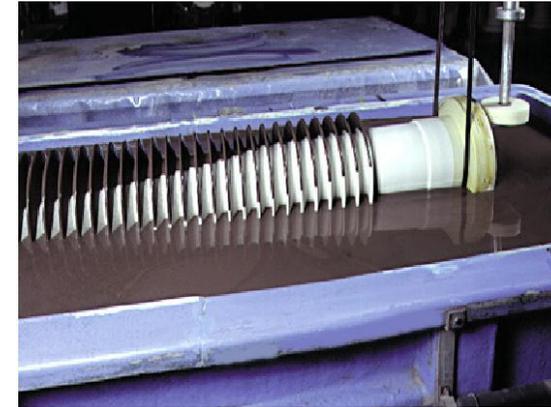


Bild: Lappinsulators



Bild: Lappinsulators



# Vergleich Porzellan und Kunststoffisolatoren – Aufbau und Herstellung

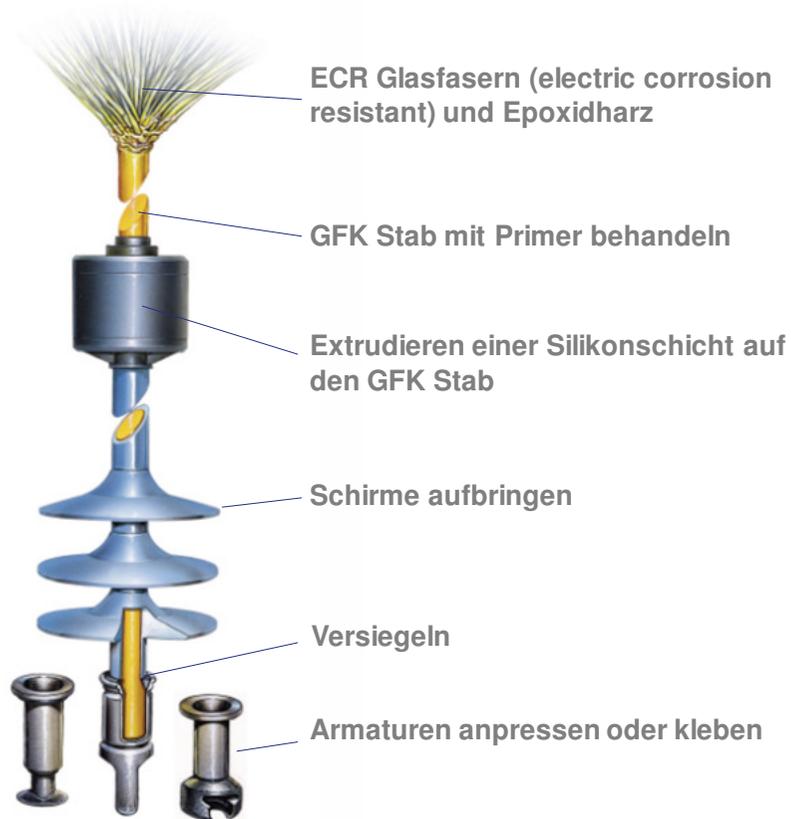


Bild: Quelle: Lappinsulators



Bild: Silikon im Spritzgußverfahren aufbringen, Lappinsulators



Bild: Vorbereitung Schirmaufbringung, Lappinsulators



# Vergleich Porzellan und Kunststoffisolatoren – Vor- und Nachteile

<u>Porzellanisolatoren</u>	<u>Silikonisolatoren</u>
+ Hohe Wärmebeständigkeit bis 1000 °C	- Wärmebeständigkeit bis ca. 200 °C
+ hohe chemische Beständigkeit	- Anfällig gegen Säure, elektrische Erosion, UV Strahlung
- Oberfläche bildet bei Benetzung mit Flüssigkeit durchgängigen Flüssigkeitsfilm	+ Oberfläche besitzt hydrophobe Eigenschaften
+ Verschmutzungsschichten können durch Niederschlag und Ähnlichem abgewaschen werden	+ Verschmutzungsschichten „kleben“ fest, werden jedoch wasserabweisend durch Hydrophobietransfer
- Oft nur Standardbaulängen verfügbar	+ durch die Hydrophobie sind kürzere Baulängen bei gleicher Spannungsebene möglich
- Hohes Gewicht	+ vergleichsweise geringes Gewicht
- Anfällig bei dynamischen Belastungen	+ unempfindlich gegenüber schockartigen mechanischen Belastungen
- Anfällig gegen Vandalismus	+ Vandalismussicher
+ Hohe Lebensdauer von mehr als 40 Jahren	- Lebensdauer ca. 40 Jahre

Quellen: Buch: Silikon Verbundisolatoren – K. Papailiou, F. Schmuck



# Benetzungsverhalten – Vergleich Porzellan- und Kunststoffisolatoren

## Porzellanisolatoren

- Hydrophile Oberfläche
- Ausbildung eines Benetzungsfilms
- Überschlagsspannung 70 kV



Bild: Porzellanisolator benetzt, HS Zittau

## Isolator mit Silikon Coating

- Hydrophobe Oberfläche
- Ausbildung vereinzelter Tropfen
- Überschlagsspannung ca. 200 kV

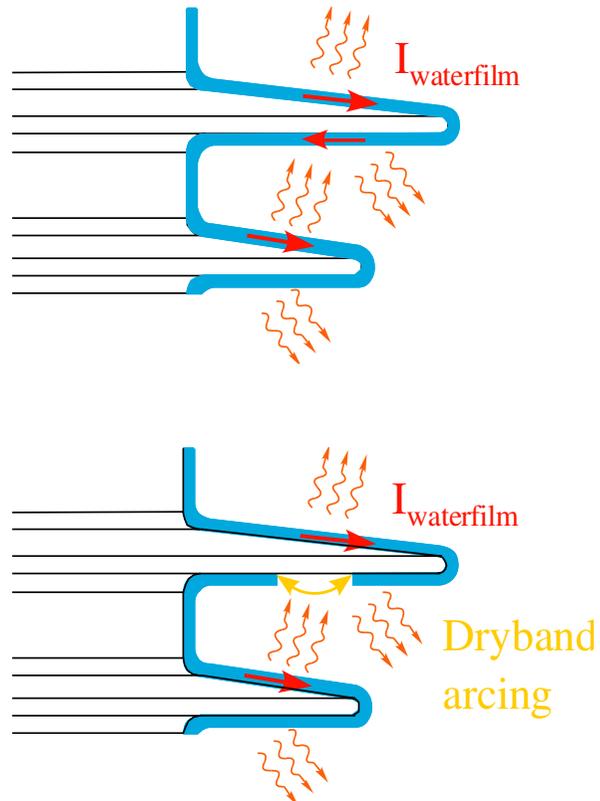


Bild: Porzellanisolator mit Coating benetzt, HS Zittau

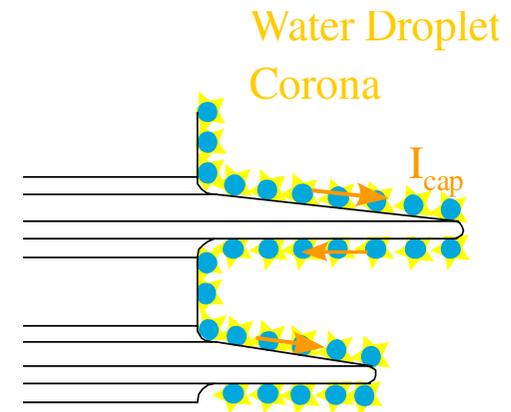


# Benetzungsverhalten – Vergleich Porzellan- und Kunststoffisolatoren

## Porzellanisolator



## Isolator mit Silikon Oberfläche

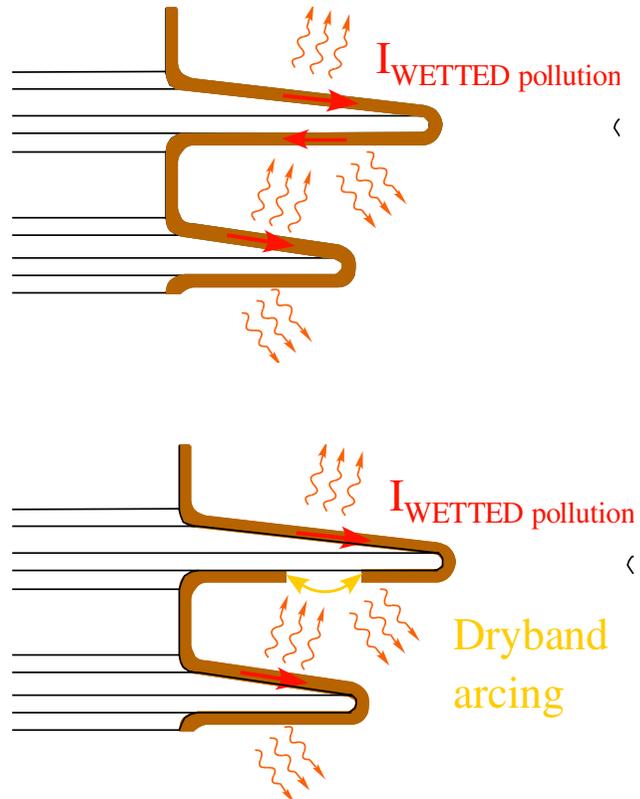


Hydrophobieverhalten  
Beständigkeit & Wiederkehr

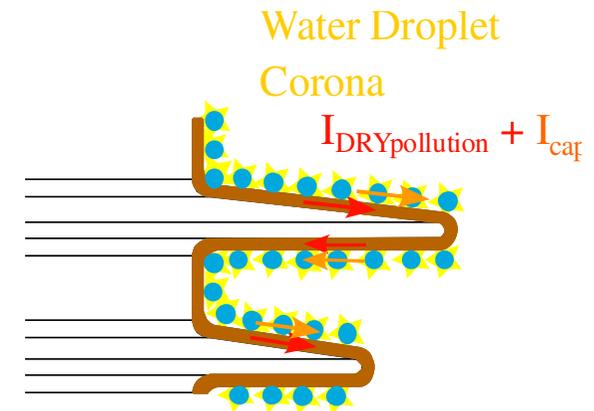


# Benetzungsverhalten – Vergleich Porzellan- und Kunststoffisolatoren

## Porzellanisolator



## Isolator mit Silikon Oberfläche



Hydrophobieverhalten  
Transfer



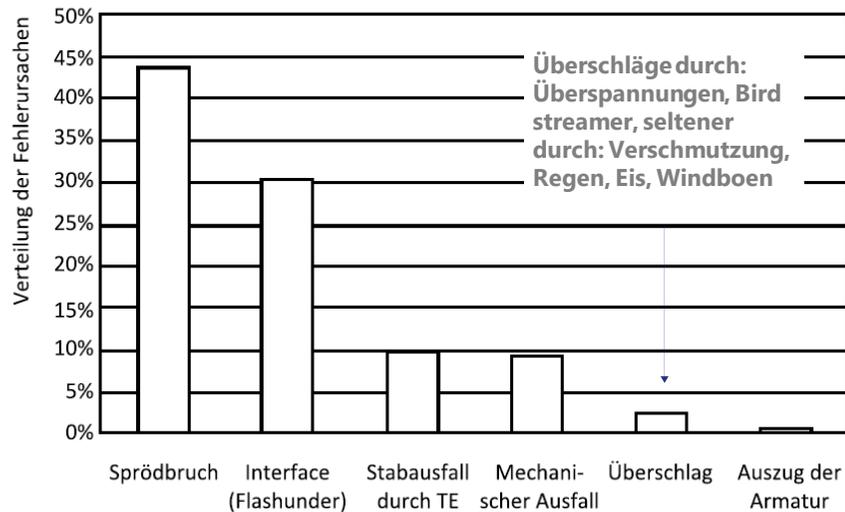
# Was bestimmt die Lebensdauer?

- **Alterung:**
- **Umweltbedingt:** (Temperatur, Sonnenstrahlung, Verschmutzung, Biologischer Belag, Säure)
- **Elektrisch:** Kriechströme, Korona Entladungen(Design)
  
- Das kann bei **Kunststoffisolatoren** unter anderem zu: Erosionen, Rissbildung, Schirmbruch, Stabbruch etc. führen
- **Porzellanisolatoren** sind durch die hohe chemische und thermische Beständigkeit unsensibel gegen Alterungseinflüsse. Hier dominieren andere Prozesse ein mögliches Versagen (Materialfehler, -ermüdung)



# Lebensdauererfahrungen Kunststoffisolatoren

- Erfahrungen in Deutschland seit 1967 mit der 1. Generation
- Heute findet die 3. Generation Einsatz in der Praxis (säureresistentes Glas und höhere thermische Beständigkeit Silikon) über 40 Jahre Einsatzdauer
- Ausfallgründe:



- Auswertung 1992-2011
- Im Zeitraum sind 315 Isolatoren ausgefallen, Großteil besaß das veraltete E Glass
- Gesamtausfallrate 0,0105% (bei 3 Millionen installierten Verbundisolatoren)

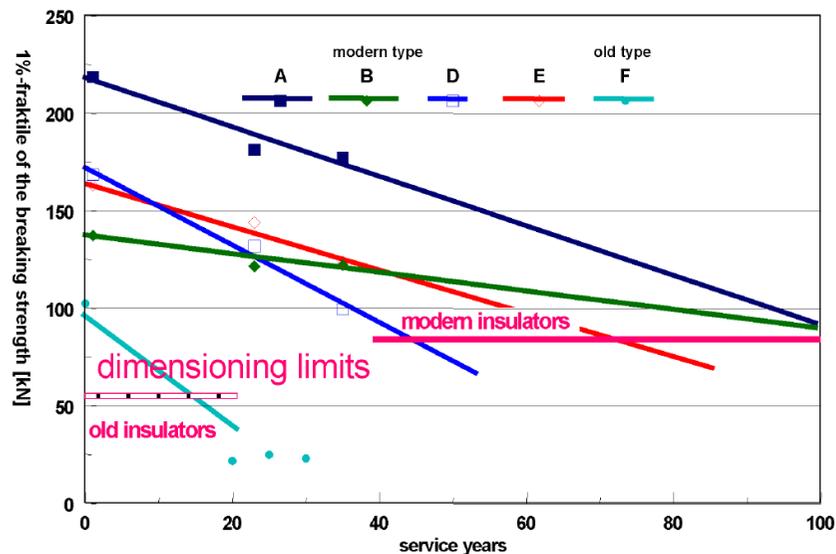
Bild: Ausfallanalyse Verbundisolatoren EPRI survey (electric power research institute USA)

Quelle: B2-21 "Assessment of the condition of overhead line composite insulators"



# Lebensdauererfahrungen Porzellanisolatoren

- In Deutschland wurde die erste Übertragungslinie mit Porzellanisolatoren ca. 1900 installiert (Frankfurt am Main-Lauffen)
- Seit 1950 werden vermehrt Langstabisolatoren eingesetzt (Zuvor Kappenisolatoren)
- Untersuchung der Zugfestigkeit in Abh. der Betriebszeit



A, B, D, E – hergestellt zwischen 1964-1966  
F – hergestellt 1959

Starke Alterung bei Quarzisolatoren „alte Bauart“, deshalb werden seit 1960 Tonerdeporzellanisolatoren (Reduzierung vom Quarzanteil und Erhöhung Aluminiumoxid Gehalts) eingesetzt „moderne Isolatoren“

Bruch durch defekte im Material oder an der Glasur.

Quelle: Betriebserfahrungen und Untersuchungen an Langstabisolatoren, H.J. Frese, H. Pohlmann (VDEW 22/99 – Veröffentlicht in „Elektrizitätswirtschaft“)



# Bewertung Alterung und Lebensdauer

- Fazit: Alterungseinflüsse (umweltbedingt und elektrisch) spielen bei Kunststoffisolatoren eine große Rolle!

Deshalb gibt es

1. Vor dem Betriebseinsatz eine Erstmusterprüfung/Designtests
2. Prüfungen an bereits im Netz gealterten Isolatoren um die Restlebensdauer/ Zustand einzuschätzen



# Untersuchungsmethoden an der HS Zittau/Görlitz

## Erstmusterprüfungen/Designtests



- Dichte Messung
- Shore A Härteprüfung
- Zugfestigkeit Kunststoffmaterial
- Volumenwiderstand
- Bewertung Hydrophobietransfer auf künstliche Fremdschichten
- **Säurebelastung unter gleichzeitiger Zugbelastung beim Isolator**
- Durchschlagsfestigkeit
- Schnellbewitterungstest mittels UV
- Hochspannungs- Lichtbogenbeständigkeit
- Blitz- und Schaltstoßprüfung
- Kriechspurbildung mittels 1000 h Salznebeltest
- Porositätsprüfung

- Ableitstrom (natürlich oder künstlich) verschmutzter Isolatoren mittels Clean Fog
- **Hochspannungs- Wasserdiffusionstest**
- Hochspannungs-Kriechstromfestigkeit
- Thermogravimetrische Analyse TGA/ Differential Scanning Calorimetry DSC

## Restlebensdauer/Zustandsbewertung



- optische Begutachtung und Beurteilung der Beschädigungsklasse
- Schichtleitfähigkeitsmessung
- Verschmutzungsintensität mittels ESDD/NSDD Messung + chemische Analyse
- Hydrophobiebestimmung durch Kontaktwinkelmessung/HC Klassenbestimmung
- Fourier Transformations Infrarotspektrometer (FTIR)
- Rasterelektronen Mikroskop Aufnahmen REM/ Energiedispersive Röntgenspektroskopie EDX





# Beispieluntersuchungen

## Hochspannungsdiffusionstest

Zuschneiden Strunkabschnitte vom Verbundisolator  
100 h Lagerung in kochendem Salzwasser  
Danach Beanspruchung mit 12 kV AC und Messung des Ableitstromes

Frage: Diffundiert Wasser in die Schicht zwischen GFK Stab und Kunststoffhülle?



Bild: Strunkabschnitte Verbundisolator, HS Zittau



Bild: Strunkabschnitt zw. Hochspannungselektroden, HS Zittau

## Säuretest des GFK Kerns

Isolator wird bei ca. 70% SML eingespannt und die Zugkraft 96 h gehalten. Gleichzeitig wird am GFK Stab eine Salpetersäure (1 Mol) appliziert.

Frage: Schädigt die Säure den GFK Kern bis zum Stabbruch?



Bild: Verbundisolator unter Zugbelastung, HS Zittau



Bild: PP säureresistente Manschette, HS Zittau



## Zusammenfassung

- Sowohl Porzellan- als auch Kunststoffisolatoren haben sich in den letzten Dekaden weiterentwickelt und verbessert
- Beide sind zuverlässig und zeigen gute Betriebserfahrungen
- Der Kunststoffisolator (Silikon, EVA) überzeugt durch seine hydrophoben Eigenschaften, welche auch maßgeblich für seine Lebensdauer sind
- Der Porzellanisolator überzeugt durch die lange Dauer an Betriebserfahrungen und hohe chemischen und thermische Beständigkeit



Bild: Verbundisolator mit Hydrophobietransfer in Verschmutzungsschicht, J. Görlich



- *Betriebserfahrungen und Untersuchungen an Langstabisolatoren, H.J. Frese, H. Pohlmann (VDEW 22/99 – Veröffentlicht in „Elektrizitätswirtschaft“)*
- *EPRI Datenbank*
- *Cigre Brochure TB 481 Guide*
- *Silikonverbundisolatoren, K. Papailiou, F. Schmuck, Springer, ISBN 978-3-642-23813-0*



**Vielen Dank für Ihr Interesse!**

Dipl. Ing. (FH) Jana Görlich/ Prof. Dr. techn. Stefan Kornhuber

Hochschule Zittau / Görlitz  
Haus Z V  
Hochwaldstraße 2a  
02763 Zittau

Telefon: +49 3583 – 612 4474  
E-Mail: [j.goerlich@hszg.de](mailto:j.goerlich@hszg.de)  
[www.hochspannung-zittau.de](http://www.hochspannung-zittau.de)



FAKULTÄT  
ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIK

Fachgebiet  
Hochspannungstechnik /  
Werkstoffe der Elektrotechnik /  
Theoretische Elektrotechnik

