



### Aufbau und Inbetriebnahme eines Alterungsversuchsstandes zur Untersuchung der elektrisch-thermischen Multistressalterung fester Isolierstoffe bei Beanspruchung mit hochfrequenter Hochspannung (HFHV)

---

#### Hintergrund und Motivation

---

Sowohl in der Hochspannungstechnik als auch in der Leistungselektronik steigen die Anforderungen an Isoliermaterialien zunehmend an. In der Leistungselektronik kann dieser Trend im Wesentlichen durch Wide-Bandgap-Halbleiter begründet werden. Diese erlauben sowohl größere Schaltfrequenzen als auch höhere Anstiegsgeschwindigkeiten, sowie höhere Leistungsdichten. Im Bereich der Hochspannungstechnik sind die zunehmenden Anforderungen auf den steigenden Anteil an leistungselektronischen Komponenten in den Stromnetzen zurückzuführen. Dies hängt bspw. mit der vermehrten Integration von erneuerbaren Energien zusammen. Als Folge dessen kommt es zu hochfrequenten Oberschwingungen im Stromnetz, welche zu einer Verzerrung der Spannungsform führen. Zusammenfassend ergibt sich somit sowohl für die Leistungselektronik als auch für die Hochspannungstechnik ein ähnlicher Trend. In beiden Bereichen wird eine kombinierte Beanspruchung aus steigenden Feldstärken und steigenden Frequenzen zu einem entscheidenden Bemessungskriterium für die Auslegung von Isoliersystemen.

Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass die in der Isolierung umgesetzten dielektrischen Verluste sowohl mit steigender Feldstärke als auch mit steigender Frequenz zunehmen, was eine Erwärmung der Materialien zur Folge hat. Dadurch steigt sowohl das Risiko für ein Absinken der dielektrischen Festigkeit als auch einer beschleunigten Alterung der Materialien, wodurch ein Isoliersystem ausfallen könnte. Aus Untersuchungen mit hohen Feldstärken oder hohen Frequenzen sind so genannte Lebensdauer kennlinien verschiedener Materialien (vgl. Abbildung 1) bekannt. Allerdings können diese Kennlinien nicht auf die zukünftigen Beanspruchungen der Isoliermaterialien - nämlich eine kombinierte Belastung aus hoher Feldstärke und hoher Frequenz – übertragen werden. Im Rahmen dieser Arbeit soll die Grundlage für Untersuchungen des Alterungsverhaltens fester Isolierstoffe gebildet werden, um ein besseres Verständnis über dessen komplexe Zusammenhänge zu erhalten.

---

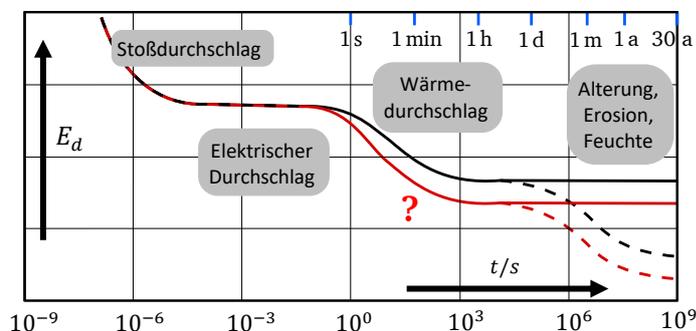
## Aufgabenstellung

---

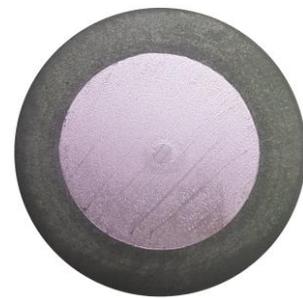
Das Ziel der Arbeit ist die Auslegung, der Aufbau und die Inbetriebnahme eines Dauerversuchsstandes für Alterungsversuche an verschiedenen festen Isolierstoffen. Zunächst sollte die Arbeit mit einer Literaturrecherche starten, um sich die nötigen Grundlagen in den Bereichen

- Erzeugung und Messung hochfrequenter Hochspannung
- dielektrische Kenngrößen und Durchschlagmechanismen fester Isolierstoffe
- Alterungsverhalten fester Isolierstoffe

zu erarbeiten. Darauf aufbauend ist ein Konzept für den Versuchsstand zu entwerfen und die nötigen elektrischen Komponenten rechnerisch und/oder anhand von Simulationen (bspw. mit PSpice, Matlab/Simulink o.Ä.) auszulegen. Neben dem elektrischen Teil des Versuchsstandes ist ebenfalls die mechanische Konstruktion einer Elektrodenanordnung, mit der mehrere Isolierstoffproben parallel untersucht werden können, sowie die Erstellung einer Prüfmethode ein Bestandteil der Arbeit. Abschließend sollen erste Untersuchungen mit Hilfe des neu aufgebauten Versuchsstandes durchgeführt werden. Je nach zeitlichem Rahmen wären ebenfalls Feldsimulationen mit Hilfe von FEM-Simulationsprogrammen wie bspw. Comsol Multiphysics von großem Interesse für diese Arbeit.



**Abb.1:** Schematische Lebensdauer kennlinie (schwarz), sowie ein potenzieller Verlauf bei Belastung mit hochfrequenter Hochspannung (rot)



**Abb.2:** Beispiel für einen Isolierstoffprüfling mit 1 mm Dicke und auflackierter Silberelektrode

---

## Voraussetzungen

---

- Interesse und Spaß an praktischen Aufgabenstellungen im Bereich der Leistungselektronik und Hochspannungstechnik
- Grundkenntnisse in der Planung und Auslegung elektronischer Schaltungen
- Motivation, sich das notwendige Hintergrundwissen selbstständig zu erarbeiten
- Fähigkeit zur Zusammenarbeit mit den wiss. Mitarbeitern und dem Werkstattpersonal

---

## Zeitlicher Rahmen

---

Dauer: 6 Monate Vollzeit

Beginn: Ab sofort

---

## Kontakt

---

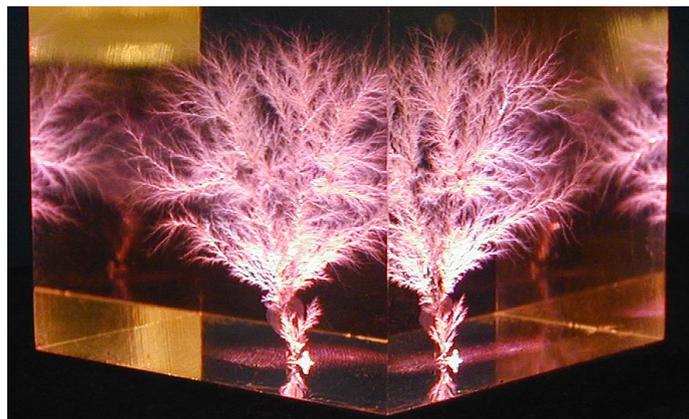
Bei Rückfragen oder Interesse an detaillierteren Informationen über das Thema können Sie mich gerne per E-Mail oder telefonisch kontaktieren.

Michael Kempf, M.Sc.

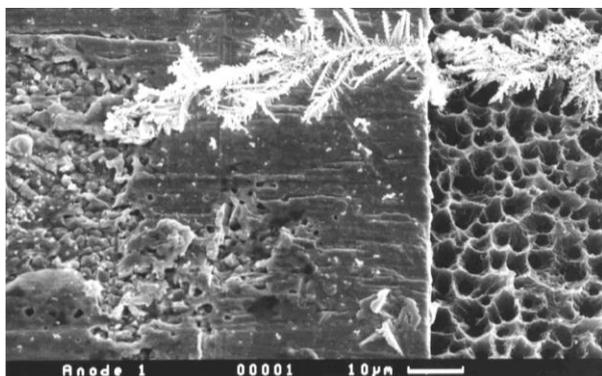
Gebäude S3|21 - Raum 410

Telefon: 06151 16-20445

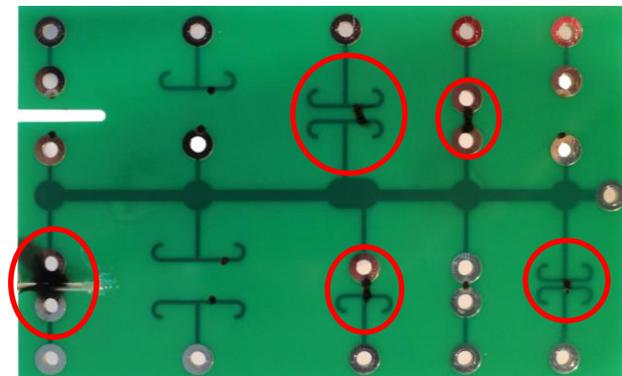
E-Mail: [michael.kempf@tu-darmstadt.de](mailto:michael.kempf@tu-darmstadt.de)



**Abb. 3:** Durch eine Belastung mit HFHV erzeugte Lichtenberg-Figuren innerhalb eines Isoliermaterials



**Abb. 4:** Mikroskopaufnahme der Ausbildung eines Dendriten innerhalb eines Isolierstoffes



**Abb. 5:** Gleitentladungen verschiedener Anordnungen auf einer mit Silikon überzogenen Platine in Folge einer Belastung mit hochfrequenter Hochspannung