

# Detektion von Windungsschlüssen in trockenisolierten Transformatoren

## für Rolling-stock-Anwendungen

### Diplomanden



Nicolas Emch



Martin Peter

**Einleitung:** Um elektrische Energie möglichst verlustarm über weite Distanzen transportieren zu können, werden hohe Spannungen mittels Transformatoren erzeugt. Bei gleichbleibender Leistung sinkt mit höherer Spannung der Strom und somit auch die Übertragungsverluste. Das seit Jahrzehnten etablierte Isolationssystem bei Leistungstransformatoren ist eine Kombination aus Zellulose und Isolieröl. Man nennt Trafos dieser Bauart ölisierte Transformatoren. Abgesehen von den vielen technischen Vorteilen von ölisierten Transformatoren im Betrieb sind ihre grossen Nachteile eine erhöhte Explosions-, Brand- und Grundwassergefahr im Fehlerfall. Daher werden in den letzten Jahren vermehrt Trockentransformatoren eingesetzt. Die Isolation von Trockentransformatoren besteht hauptsächlich aus Epoxid-Harz und Luft. Trockentransformatoren sind aus explosions-technischer und Umweltsicht bedenkenlos, aber in rein technischen Punkten Performance-mässig den Öltrafos unterlegen. Ihr Hauptnachteil ist, dass die Kühlung und die Durchschlagsfestigkeit der Epoxy-Isolation geringer sind als die von Öltransformatoren. Ebenso ist die Detektion von Verschleiss und Alterung schwierig. Werden Trockentransformatoren aus sicherheitsrelevanten Gründen vermehrt im Bahnbereich eingesetzt, ist die Thematik der vorzeitigen Fehlererkennung vor allem bei tunnelreichen Strecken aus brandschutztechnischer Sicht von grösster Bedeutung.

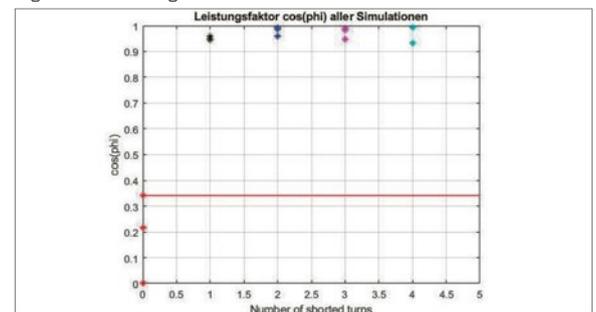
**Vorgehen:** In Zusammenarbeit mit Stadler Rail AG wird ein real in einem Zug verbauter Drehstrom-Trockentransformator, in einem FEM-Simulations-tool (finite elements method) in drei Dimensionen (3-D) aufgebaut und sein Verhalten bei verschiedenen Kurzschlüssen zwischen den Windungen (Windungsschlüsse) untersucht. Diese Windungsschlüsse bzw. Fehler der Hochspannungs- und Niederspannungsseite werden in den Simulationen kontinuierlich erhöht, und gleichzeitig werden die Spannung und der Strom am Eingang überwacht. Da diese Simulationen nicht am realen Transformator verifiziert werden können, werden die Simulationsmodelle an einem typenähnlichen einphasigen Trockentransformator des Typs Resibloc der Firma ABB im Hochspannungslabor der Fachhochschule verifiziert.

**Ergebnis:** Mit dem FEM-Modell werden verschiedene Testszenarien vom Leerlauf über Teillast bis hin zum Nennbetrieb analysiert. Im Leerlauf zeigt das Modell eine starke Veränderung des Leistungsfaktors und des aufgenommenen Stromes (siehe Plots). Im Nennbetrieb hingegen ändert sich nur noch das Übersetzungsverhältnis markant. Ziel der Arbeit ist es zu identifizieren, ob es mit den im Zug verbauten relativ ungenauen Messgeräten möglich ist, einen

Windungschluss frühzeitig erkennen zu können. Die Ergebnisse unserer Untersuchungen zeigen, dass es im unbelasteten Zustand möglich ist, mittels der Phasenverschiebung und dem Primärstrom einen Fehler bereits ab einem Windungschluss von lediglich einer Windung detektieren zu können.

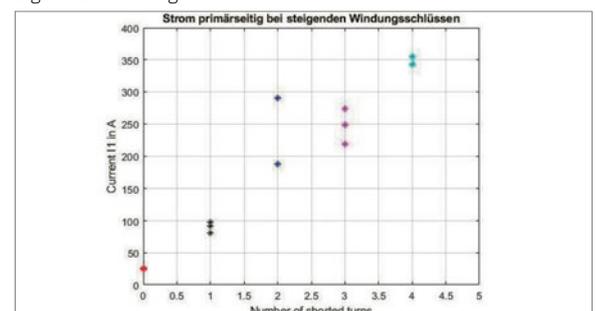
### Leistungsfaktor (primärseitig) des Transformators Trasfor im Leerlauf mit und ohne simulierte Fehler

Eigene Darstellung



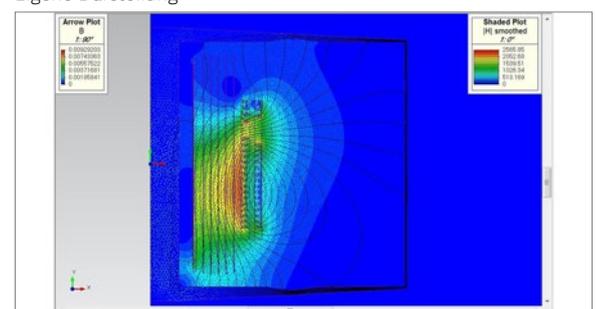
### Aufgenommener Strom (primärseitig) des Transformators Trasfor im Leerlauf mit und ohne simulierte Fehler

Eigene Darstellung



### FEM-3D-Modell eines untersuchten Trockentrafos

Eigene Darstellung



### Examinator

Prof. Dr. Michael Schueller

### Experte

Prof. Dr. Petr Korba, ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Winterthur, ZH

### Themengebiet

Elektrische Maschinen

### Projektpartner

Stadler Rail AG, Bussnang, TG