

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort und Danksagung .....</b>	<b>i</b>
<b>Kurzfassung.....</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>v</b>
<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>vii</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Hintergründe und Motivation.....	1
1.2 Stand des Wissens.....	7
1.3 Zielsetzung und Lösungsmethodik der Arbeit .....	11
<b>2 Technologie elektrischer Isoliersysteme .....</b>	<b>15</b>
2.1 Elementarwissen rotierender Maschinen .....	15
2.1.1 Funktionsweise des Generators .....	15
2.1.2 Aufbau des elektrischen Isoliersystems von Generatorwicklungsstäben.....	16
2.1.3 Herstellungstechnologien und deren Einfluss auf das elektrische Isoliersystem.....	18
2.1.4 Bedeutung der Glasübergangstemperatur im Kontext der Alterung elektrischer Isoliersysteme .....	20
2.2 Alterung als Folge multifaktorieller Beanspruchungen .....	22
2.2.1 Normative Anforderungen .....	23
2.2.2 TEAM Beanspruchungen .....	25
2.2.3 Weitere Beanspruchungsphänomene.....	31
<b>3 Konzept der mechanisch dominierten Alterung.....</b>	<b>37</b>
3.1 Analytische Betrachtung mechanischer Alterungsphänomene auf Basis der Balkentheorie.....	37
3.2 Struktur und Aufbau der untersuchten Prüfkörper.....	41
3.3 Simulative Betrachtung der Biegebelastung .....	42

3.3.1	Parameterstudien zum Einfluss auf die mechanische Belastung.....	43
3.4	Schwingfestigkeitsexperimente .....	49
3.4.1	Einfluss der Relaxation .....	52
3.4.2	Einfluss der Schwingdynamik.....	52
3.5	Ermittlung der mechanischen Lebensdauerkennlinie mittels experimenteller Untersuchungen.....	53
3.5.1	Simultane Mehrfachbelastung elektrischer Isoliersysteme .....	53
3.5.2	Konzeptionierung der Messreihen mittels statistischer Versuchsplanung .....	61
3.5.3	Mechanische Lebensdauerkennlinie des elektrischen Isoliersystems von Generatorwicklungsstäben .....	63
3.5.4	Einfluss der schwellenden Belastung auf die mechanische Lebensdauer .....	66
3.6	Zwischenfazit.....	71
<b>4</b>	<b>Modellbildung der mechanischen Alterung auf das elektrische Isoliersystem.....</b>	<b>73</b>
4.1	Modellierung der mechanischen Wirksamkeit auf die elektrischen Eigenschaften des Isoliersystems .....	73
4.2	Innovativer Ansatz der Flexibilisierung des Isoliersystems .....	81
4.3	Zwischenfazit.....	83
<b>5</b>	<b>Innovative, statistisch basierte Methode zur Lebensdauerberechnung ....</b>	<b>85</b>
5.1	Auswertung der mechanisch dominierten Alterung mit Weibull- Verteilung.....	87
5.2	Statistisch basierte Methode zur Analyse der Lebensdauer multifaktoriell gealterter Wicklungsisoliersysteme.....	88
5.2.1	Regression im zweidimensionalen Raum.....	89
5.2.2	Multiple Regression im dreidimensionalen Raum.....	92
5.2.3	Multiple Regression im vierdimensionalen Raum.....	99
5.2.4	Vergleich der statistischen Modelle .....	100
5.2.5	Analyse des Modells mittels Bootstrap Algorithmus.....	101

---

5.3 Zwischenfazit .....	106
<b>6 Diagnosemethoden zur Bewertung der mechanischen Alterung elektrischer Isolierstoffe .....</b>	<b>107</b>
6.1 Methoden zur Detektion mechanischer Alterungsphänomene elektrischer Isoliersysteme.....	107
6.1.1 Elektrische Diagnosemethoden.....	108
6.1.2 Optische Diagnosemethoden .....	124
6.1.3 Mechanische Diagnosemethoden .....	130
6.2 Vergleich der Diagnosemethoden und Bewertung der Einsatzmöglichkeit zur Detektion mechanischer Alterungsphänomene .....	137
6.3 Zwischenfazit .....	141
<b>7 Methode des Zustandsnavigators .....</b>	<b>143</b>
7.1 Zustandsorientierte und vorausschauende Instandhaltung .....	143
7.2 Der Zustandsnavigator .....	144
7.2.1 Zustandsbegriff.....	147
7.2.2 Zustandsgraph .....	147
7.2.3 Innovative Methode des Zustandsnavigators .....	149
7.2.4 Zustandsnavigatorindex.....	151
7.2.5 Zustandsnavigatoralgorithmus .....	153
7.2.6 Validierung der Methode des Zustandsnavigators am Beispiel der mechanisch dominierten Alterung.....	154
7.3 Kritische Würdigung und Diskussion der erzielten Ergebnisse .....	162
<b>8 Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>165</b>
<b>9 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>clxvii</b>
<b>10 Anhang: Finite-Elemente-Methode zur Modellierung des Generatorstabs.....</b>	<b>clxxxiii</b>
<b>11 Anhang: Übersicht potentieller Schädigungen und deren Abhilfemaßnahmen.....</b>	<b>clxxxix</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>cxci</b>

<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>cxix</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>cci</b>
<b>Wissenschaftlicher Tätigkeitsnachweis.....</b>	<b>cciii</b>