

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einführung in die Thematik	1
1.2	Stand des Wissens	7
1.3	Forschungsfragen	11
1.4	Ziel und Struktur der Arbeit	12
2	Theoretische Grundlagen	14
2.1	Isolieröle	14
2.1.1	Isolieröle auf Mineralölbasis	14
2.1.2	Synthetische Ester	15
2.1.3	Silikonöl	16
2.2	Elektrische Entladung in flüssigen Dielektrika	16
2.2.1	Zustand ohne Feld	17
2.2.2	Einfluss zunehmender Feldstärke	18
2.2.3	Initialprozess	18
2.2.4	Streamerausbreitung und Hauptentladung	23
2.2.5	Einflussfaktoren auf den Durchschlag in Isolierölen	23
2.2.6	Frequenzabhängige Verluste	26
3	Untersuchungsmethodik	30
3.1	Definition der Spannungsformen	30
3.2	Ermittlung der Durchschlagspannung	32
3.2.1	Leistungsfrequenz	32

3.2.2	MF Spannungen.....	32
3.2.3	MF RECT Spannungen.....	36
3.2.4	Methodik zur Bestimmung der Durchschlagspannung	46
3.2.5	Methodik zur Bestimmung von Permittivität und Verlustfaktor	49
3.3	Untersuchte Isolieröle.....	51
3.3.1	Prüflingspräparation.....	52
3.3.2	Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts	54
3.3.3	Konditionierung der Öle	55
3.4	Verluste im Isoliermedium	55
4	Messergebnisse	59
4.1	Durchschlagspannung bei sinusförmigen MF Spannungen	59
4.1.1	Shell Diala S4	59
4.1.2	MIDEL 7131	60
4.1.3	Silikonöl MKI50.....	61
4.1.4	Durchschlagspannung bei inhomogenen und homogenen Feldern und unterschiedlichen Temperaturen.....	63
4.2	Durchschlagspannung in Abhängigkeit der Spannungsform	71
4.3	Messung von Permittivität und Verlustfaktor	77
4.3.1	Permittivität und Verlustfaktor in Abhängigkeit der Frequenz	77
5	Auswertung und Diskussion	82
5.1	Vergleich der Durchschlagspannung der betrachteten Isolieröle.....	82
5.1.1	Vergleich der Isolieröle bei Verwendung der Elektrodenanordnung gemäß ASTM D877	82
5.1.2	Vergleich der Isolieröle bei Verwendung der Elektrodenanordnungen für inhomogene und homogene Felder	82

5.1.3	Einfluss der chemischen Zusammensetzung auf die Durchschlagspannung 83	
5.2	Entladung im homogenen Feld	83
5.2.1	Abhängigkeit der (A)FVKZ von der Frequenz.....	84
5.2.2	Abhängigkeit der Verluste von der Spannungsform.....	86
5.2.3	Prüfung der Übertragbarkeit der Durchschlagstheorien von 50 Hz in den MF Bereich	90
5.3	Entladung im inhomogenen Feld	91
5.4	Schlussfolgerungen und Ableitung von Prüfmethoden	94
6	Zusammenfassung und Ausblick	96
6.1	Zusammenfassung.....	96
6.2	Ausblick.....	97
7	Literaturverzeichnis.....	98
8	Abkürzungs- und Formelverzeichnis	104
8.1	Abkürzungen.....	104
8.2	Formelverzeichnis.....	105
8.3	Abkürzende Indizes.....	107
9	Anhang A: Statistik	108
10	Anhang B: Exemplarischen Ergebnissen mit erhöhtem Stichprobenumfang.....	110