

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Erkenntnisstand	3
2.1	Anforderungen an Silikonwerkstoffe für den Freilufteinsatz in der Hochspannungstechnik	3
2.2	Wirkung von Nanofüllstoffen auf die Eigenschaften polymerer Isolierwerkstoffe	6
2.3	Modellvorstellungen zur Interphase in Nanokompositen	8
2.4	Thermische Eigenschaften von Silikon	12
2.5	Laserablation von Silikonelastomer	16
2.6	Infrarotspektroskopie	23
2.7	Dielektrische Spektroskopie	24
2.8	Untersuchung der Interphase mittels Rasterkraftmikroskopie	28
2.9	Quantitative Analyse von Partikelverteilungen	32
3	Aufgabenstellung	39
4	Untersuchte Werkstoffe und deren Herstellung	41
4.1	Silikonelastomer	41
4.2	Epoxidharzformstoff	43
4.3	Nanofüllstoffe	44
4.4	Herstellung der Prüfkörper	46
5	Untersuchungsverfahren	49
5.1	Thermische Charakterisierung	49
5.1.1	Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC)	49
5.1.2	Thermogravimetrische Analyse (TGA)	49
5.2	Optische Charakterisierung	50
5.2.1	UV-VIS-Spektroskopie	50
5.2.2	Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FTIR)	50
5.3	Beständigkeit gegenüber Hochspannungslichtbögen	52
5.4	Mechanische Eigenschaften	52
5.5	Laserablation	53
5.6	Dreidimensionale Aufnahmen mit dem Transmissionselektronenmikroskop (TEM)	55
5.7	Dielektrische Spektroskopie	56
5.8	Rasterkraftmikroskopie	57

6	Experimentelle Ergebnisse und Interpretation	59
6.1	Thermische Werkstoffeigenschaften	59
6.1.1	Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC)	59
6.1.2	Thermogravimetrische Analyse (TGA)	61
6.2	Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FTIR)	63
6.3	Verteilung der Nanopartikel im gefüllten Werkstoff	65
6.3.1	Herausforderungen bei der Analyse von Partikelverteilungen	65
6.3.2	Simulation dreidimensionaler Nanopartikelverteilungen	67
6.3.3	Reale dreidimensionale Nanopartikelverteilung	69
6.3.4	Dreidimensionale Freiraumlänge	72
6.3.5	Dreidimensionale Paarkorrelationsfunktion	73
6.3.6	Interphasenvolumenanteil in Abhängigkeit der Interphasendicke	77
6.4	Beständigkeit gegenüber Hochspannungslichtbögen	80
6.5	Shore A Härte und Elastizitätsmodul	81
6.6	Beständigkeit gegenüber Laserablation	82
6.6.1	Statistische Auswertung	82
6.6.2	UV-VIS-Spektroskopie	83
6.6.3	Laserablation durch Einzelpulse	84
6.6.4	Laserablation durch Mehrfachpulse	94
6.7	Dielektrische Eigenschaften	99
6.7.1	Relaxationsprozesse in ungefülltem und nanogefülltem Silikonelastomer	99
6.7.2	Bestimmung der Interphasendicke	103
6.8	Analyse der Interphase mittels der Rasterkraftmikroskopie	105
6.8.1	Ungefülltes Silikon	105
6.8.2	Nanopartikel	105
6.8.3	Nanokomposite	106
7	Diskussion der Ergebnisse	113
8	Zusammenfassung	121
9	Literatur	125
10	Normen	143
11	Formelzeichen und Abkürzungen	145