

III Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Aufgabenstellung	1
1.1	Einleitung.....	1
1.2	Aufgabenstellung.....	2
2	Grundlagen.....	3
2.1	Aufbau einer Klebverbindung	3
2.2	Adhäsions- und Kohäsionskräfte.....	4
2.3	Adhäsionstheorien	4
2.3.1	Mechanische Verankerung.....	5
2.3.2	Polarisationstheorie nach De Bruyne	5
2.3.3	Elektrostatische Theorie.....	5
2.3.4	Diffusionstheorie nach Vojuzkij	6
2.3.5	Thermodynamische Theorie.....	6
2.3.6	Chemische Adhäsionstheorie	7
2.4	Klebstoffe	7
2.4.1	Polyadditionsklebstoffe.....	8
2.4.1.1	Epoxidharze	8
2.4.1.2	Härtungsreaktionen von Epoxiden	9
2.4.1.3	Polyurethane	10
2.4.2	Cyanacrylate.....	13
2.4.2.1	Polymerisation und Hydrolyse von Cyanacrylaten	13
2.5	Einfluss der Wasseraufnahme auf Klebverbindungen.....	15
2.6	Elektrochemische Impedanzspektroskopie.....	19
2.6.1	Theoretische Grundlagen	20
2.6.2	Diagramme zur Darstellung der Impedanz	24
2.6.3	Ersatzschaltbilder beschichteter Systeme.....	27
2.6.4	Berechnung der Wasseraufnahme aus Kapazitätsdaten	28
2.7	EIS-Untersuchungen von hochohmigen Beschichtungen und Klebverbindungen....	31
2.7.1	Polarisierbarkeit von Polymeren mittels Dielektrischer Spektroskopie.....	35
2.7.2	Vergleich der Dielektrischen Spektroskopie (DES) mit der EIS	36
3	Lösungsansatz und Vorgehensweise.....	38
4	Experimenteller Teil	40
4.1	Verwendete Substanzen und Chemikalien	40

4.2	Präparative Arbeiten	42
4.2.1	Oberflächenvorbehandlung der Füge­teile	42
4.2.2	Klebstoffformulierungen	43
4.2.3	Beladen des mesoporösen Oxids NMM1000	44
4.2.4	Erstellung der Modellproben	45
4.2.5	Präparation von Bulkproben für ARES-Messungen	46
4.3	Verwendete Geräte und Methoden	46
4.3.1	FT-IR-Spektroskopie	46
4.3.2	TGA	47
4.3.3	REM	48
4.3.4	TEM	48
4.3.5	DMA / ARES	48
4.3.6	DSC	48
4.3.7	XPS	48
4.3.8	Zugscherversuch	48
4.3.9	Speedmixer	49
4.3.10	Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS)	49
5	Ergebnisse und Diskussion	53
5.1	Untersuchungen zur Polymerisation von Klebstoffen	53
5.1.1	Epoxid-System	53
5.1.1.1	Elektrochemische Impedanzspektroskopie	53
5.1.1.2	Infrarot-Spektroskopie	71
5.1.2	Polyurethan-System	75
5.1.2.1	Elektrochemische Impedanzspektroskopie	75
5.1.2.2	Infrarot-Spektroskopie	80
5.1.3	Cyanacrylat-System	81
5.1.3.1	Elektrochemische Impedanzspektroskopie	82
5.1.3.2	Infrarot-Spektroskopie	89
5.1.4	Schlussfolgerungen zur Vernetzung von Reaktivklebstoffen	93
5.2	Untersuchungen zur hydrothermalen Alterung von Klebstoffen und Kle­b­ver­bin­dun­gen	96
5.2.1	Epoxid-Klebstoffe	97
5.2.1.1	Gravimetrische Bestimmung der Wasseraufnahme	97
5.2.1.2	Elektrochemische Impedanzspektroskopie	101

5.2.1.3	Infrarot-Spektroskopie.....	134
5.2.2	Polyurethan-System	135
5.2.2.1	Gravimetrische Bestimmung der Wasseraufnahme	135
5.2.2.2	Elektrochemische Impedanzspektroskopie.....	138
5.2.2.3	Infrarot-Spektroskopie.....	145
5.2.3	Cyanacrylat-System	146
5.2.3.1	Gravimetrische Bestimmung der Wasseraufnahme	146
5.2.3.2	Elektrochemische Impedanzspektroskopie.....	147
5.2.3.3	Infrarot-Spektroskopie.....	149
5.2.4	Schlussfolgerungen zur hydrothermalen Alterung.....	150
6	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	153
7	Literaturverzeichnis	156
8	Anhang.....	168