

### 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