

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	V
Projektsteckbrief.....	VII
1 Einleitung.....	1
1.1 Anlass für die Forschungsarbeit	1
1.2 Zielsetzung.....	3
2 Stand der Technik und Forschung.....	5
2.1 Vernetzung und Aushärtung	5
2.1.1 Vernetzungsgrad von PE-X.....	5
2.1.2 Aushärtegrad von Duroplasten und Klebstoffen	6
2.2 Verfahren zur Bestimmung des Vernetzungs- bzw. Aushärtegrades	6
2.2.1 Nasschemische Analyse	7
2.2.2 Dynamische Differenzkalorimetrie	7
2.2.3 Rheologische Prüfungen.....	8
2.2.4 Dielektrische Analyse.....	9
2.2.5 Kernspinresonanz	10
2.2.6 Infrarot-Spektroskopie.....	13
2.2.7 Raman-Spektroskopie.....	14
2.2.8 Weitere Verfahren	15
2.3 Absolute Nahinfrarot-Spektroskopie	16
2.3.1 Optische Eigenschaften	16
2.3.2 Monte-Carlo-Simulation	17
2.3.3 Ulbrichtkugel.....	17
2.3.4 Streifenprojektionsverfahren	19
2.3.5 Kollimierte Transmission	20
2.4 Bisherige Forschungsaktivitäten.....	21
3 Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels	23
4 Durchgeführte Arbeiten.....	25

4.1	Beschaffung und Herstellung von Referenzproben	25
4.1.1	(UHMW)PE-X-Formteile	25
4.1.2	Duroplaste, Klebstoffe und Klebefolien	26
4.2	Referenzprüfungen	29
4.2.1	Nasschemische Analyse	29
4.2.2	Dynamische Differenzkalorimetrie	30
4.2.3	Platte/Platte-Rheometer	30
4.2.4	Dielektrische Analyse	31
4.2.5	Unilaterale Kernspinresonanz	31
4.2.6	Fourier-Transformations-Infrarot-Spektroskopie	33
4.2.7	Nahinfrarot-Spektroskopie	33
4.3	Absolute optische Messungen	33
4.3.1	Evaluierung der Messparameter	33
4.3.2	Messaufbau mit Ulbrichtkugel	34
4.3.3	Streifenprojektionsverfahren	35
4.3.4	Kollimierte Transmission	35
4.4	Raman-Spektroskopie	35
4.5	Aufbau und Test eines Demonstrators	36
5	Diskussion der Ergebnisse	37
5.1	(UHMW)PE-X	37
5.1.1	Referenzprüfungen	37
5.1.2	Evaluierung der Messparameter für die optischen Verfahren	42
5.1.3	Ulbrichtkugel und Streifenprojektion	42
5.1.4	Raman-Spektroskopie	46
5.2	Duroplaste und Klebstoffe	50
5.2.1	Referenzprüfungen	50
5.2.2	Evaluierung der Messparameter für die optischen Verfahren	58
5.2.3	Ulbrichtkugel und kollimierte Transmission	59
5.2.4	Raman-Spektroskopie	62

5.3	Demonstrator für absolute NIR-Spektroskopie	65
5.3.1	Möglichkeiten zum prozessnahen Einsatz.....	65
5.3.2	Hardware	65
5.3.3	Bedien- und Auswertesoftware	67
5.3.4	Test des Demonstrators	68
5.4	Bewertung der Vernetzungs-/Aushärtegradbestimmung mittels absoluter NIR-Spektroskopie	69
5.5	Weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf	74
6	Handlungsempfehlungen zur optischen Vernetzungsgradbestimmung.....	75
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	77
	Anhang.....	79
	Literaturverzeichnis	81
	Abbildungsverzeichnis.....	91