

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen	v
1. Einleitung	1
2. Der Sol-Gel-Prozeß	3
2.1. Chemische Grundlagen des Sol-Gel-Prozesses	3
2.1.1. Begriffsdefinitionen	3
2.1.2. Vorteile	4
2.1.3. Reaktionsgleichungen	4
2.1.4. Reaktionsparameter	5
2.2. Hybride Polymere (ORMOCERe)	7
2.2.1. Aufbau und Eigenschaften der Hybridpolymere	7
2.2.2. Herstellung der Hybridpolymere	8
2.3. Organisch modifizierte Aerogele	10
2.3.1. Materialklasse der Aerogele	10
2.3.2. Herstellung	10
2.3.3. organische Modifikation	11
3. Meßmethoden	12
3.1. FT-Raman-Spektroskopie	12
3.1.1. Grundlagen der Raman-Spektroskopie	12
3.1.2. Techniken der Raman-Spektroskopie	14
3.1.3. Vor- und Nachteile der Fourier-Transformations-Technik	16
3.2. Raman-Meßaufbauten	17
3.2.1. Spektrometer	17

3.2.2. Probenkammer	18
3.3. ^{13}C -NMR-Spektroskopie	19
3.3.1. Grundlagen der ^{13}C -NMR-Spektroskopie	19
3.3.2. Meßaufbau	21
3.4. Andere Meßmethoden	21
3.5. Aufnahme und Auswertung der Meßdaten	22
3.5.1. Raman-Spektren	22
3.5.2. NMR-Daten	30
3.6. Probenpräparation	30
4. Hybridpolymere - anorganische Reaktionen	32
4.1. Untersuchte Systeme	32
4.2. GPTMS - APTES System	33
4.2.1. Einfluß der APTES-Konzentration	33
4.2.2. GPTMS-Hydrolyse bei Temperaturen ab 40 °C	37
4.3. Epoxysilane mit ASB	49
4.3.1. Abhängigkeit von Temperatur und ASB-Konzentration	49
4.4. Folgerungen	53
5. Hybridpolymere - organische Reaktionen	54
5.1. Überblick	54
5.1.1. Epoxy-Komponenten	54
5.1.2. Methodik der Meßreihen	57
5.1.3. Komplexität der Raman-Spektren	59
5.2. Einfache Oxirane als Modellsysteme	59
5.2.1. Epoxypropan in Alkohol	59
5.2.2. Epoxypropan in Sol-Gel-Umgebung	64
5.2.3. Epoxypropan und ASB	71
5.2.4. Epoxyhexan in Alkohol	72
5.2.5. Epoxyhexan in Sol-Gel-Umgebung	76
5.2.6. Folgerungen aus den Alkoholat-Reaktionen	79
5.2.7. Folgerungen aus den Sol-Gel-Reaktionen	79
5.3. Epoxysilane mit ASB	80
5.3.1. Bandenzuordnung	81

5.3.2.	Reaktion in Alkoholat-Lösung	83
5.3.3.	Sol-Gel-Reaktion	90
5.4.	Modellreaktionen mit Glycidylalkylethern	94
5.5.	Folgerungen und offene Fragen	97
5.5.1.	Folgerungen	97
5.5.2.	Offene Fragen	98
6.	Organisch modifizierte Aerogele	99
6.1.	Überblick	99
6.2.	TMOS und Alkyltrialkoxysilane	101
6.3.	TMOS und Organopropyltrialkoxysilane	102
6.3.1.	Das System TMOS/GPMTS	102
6.3.2.	Andere Organopropyltrimethoxysilane	105
6.3.3.	Folgerungen	108
6.4.	Nachweis der organischen Gruppen nach der Trocknung	108
6.4.1.	Analyse der Aerogele mit Mikro-Raman-Spektroskopie	108
6.4.2.	Folgerungen	112
7.	Raman-Spektren der Reinsubstanzen	113
7.1.	Überblick	113
7.2.	Silane	117
7.2.1.	Systematischer Überblick über die untersuchten Alkoxysilane	117
7.2.2.	TMOS und TEOS	118
7.2.3.	R-Trialkoxysilane	120
7.3.	Epoxide, Ether und weitere organische Moleküle	128
7.3.1.	Überblick über die organischen Moleküle	128
7.3.2.	Verlässlichkeit der Zuordnungen	128
7.3.3.	Epoxypropan und Reaktionsprodukte	129
7.3.4.	Epoxyhexan und Reaktionsprodukte	132
7.3.5.	Glycidylalkylether	135
7.4.	ASB und sekundär-Butanol	136
8.	Software zur Spektrenauswertung	139
8.1.	Problemstellung	139
8.2.	Software-Paket <i>IDL</i>	140

8.3. Applikation <i>Sol-Gel</i>	140
8.3.1. Anforderungsprofil	140
8.3.2. Realisierung	141
8.3.3. Fehler und Verbesserungen	149
8.4. Zusammenfassung	150
9. Zusammenfassung	151
A. Raman-Spektren	155
A.1. Hybridpolymere, organische Reaktionen	155
B. ^{13}C-NMR-Spektren	157
B.1. Epoxypropan und Epoxyhexan	157
B.2. EHTMS und GPTMS	159
C. Listing des Auswerteprogramms	162
Literaturverzeichnis	171
Dank	i