

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Zielstellung.....	10
2. Stand der Wissenschaft.....	13
2.1. Verbrennung von Polymeren.....	13
2.2. Flammenschutz von Polymeren.....	17
2.2.1. Flammenschutzmittel für Polyolefine.....	20
2.2.2. Flammenschutzmittel für Polycarbonate.....	20
2.2.3. Flammenschutzmittel für Polyamide.....	21
2.2.4. Flammenschutzmittel für Polyurethane.....	21
2.3. Wirkungsmechanismus von phosphorhaltigen FSM.....	22
2.4. Synergie von Phosphor und Stickstoff.....	23
2.5. Phosphazene.....	25
2.5.1. Hexachlorcyclotriphosphazen 1.....	25
2.5.2. Substitutionsreaktionen der Cyclophosphazene.....	26
2.5.3. Cyclotriphosphazene mit Phosphor-Kohlenstoff-Bindung.....	27
2.5.4. Cyclotriphosphazene mit Phosphor-Sauerstoff-Bindung.....	27
2.5.5. Cyclotriphosphazene mit Phosphor-Stickstoff-Bindung.....	28
2.5.6. Polymerisation und thermische Zersetzung von Phosphazenen.....	29
2.5.7. Quantenmechanische Betrachtung von Phosphazenen.....	32
2.5.8. Verwendung von Phosphazenen.....	34
2.6. Analyse der thermischen Zersetzung.....	34
3. Darstellung und Diskussion der Ergebnisse.....	37
3.1. Synthese und chemische Charakterisierung	37
3.1.1. Hexaphenoxycyclotriphosphazen 2.....	37
3.1.2. Hexaanilinocyclotriphosphazen 3.....	39
3.1.3. Tris-spiro-(o-dihydroxybenzol)cyclotriphosphazen 4.....	41
3.1.4. Tris-spiro(o-phenylendiamino)cyclophosphazen 5.....	42
3.1.5. Hexahydroxycyclotriphosphazen 6.....	44
3.1.6. Hexapyrrolidinocyclotriphosphazen 7.....	47
3.1.7. Hexamethoxycyclotriphosphazen 8.....	49
3.1.8. Hexaaminocyclotriphosphazen 9.....	49
3.1.9. Zusammenfassung Derivate.....	50
3.2. Einfluss der Substituenten auf die Elektronendichten.....	51

3.2.1. Zusammenfassung Berechnungen.....	55
3.3. Analyse der thermischen Zersetzung.....	55
3.3.1. Hexaphenoxycyclotriphosphazen 2.....	56
3.3.2. Hexaanilinocyclotriphosphazen 3.....	61
3.3.3. Tris-spiro-(o-dihydroxybenzol)cyclotriphosphazen 4.....	65
3.3.4. Tris-spiro-(o-phenylendiamino)cyclotriphosphazen 5.....	70
3.3.5. Hexahydroxycyclotriphosphazen 6.....	74
3.3.6. Hexapyrrolidinocyclotriphosphazen 7.....	78
3.3.7. Hexamethoxycyclotriphosphazen 8.....	82
3.3.8. Hexaaminocyclotriphosphazen 9.....	87
3.3.9. Zusammenfassung thermische Zersetzung.....	91
3.4. Verarbeitung und Charakterisierung in Thermoplasten.....	92
3.4.1. Verarbeitung in Polypropylen (PP).....	92
3.4.2. Verarbeitung in Polycarbonat (PC).....	117
3.4.3. Verarbeitung in Polyamid 66 (PA66).....	130
3.4.4. Zusammenfassung Thermoplasten.....	140
3.5. Verarbeitung und Charakterisierung in Reaktivsystemen.....	142
3.5.1. Polyurethanweisschium.....	142
3.5.2. Guss-Polyamid 6.....	145
3.5.3. Zusammenfassung Reaktivsysteme.....	147
4. Zusammenfassung und Ausblick.....	149
5. Experimenteller Teil.....	152
5.1. Charakterisierungsmethoden.....	152
5.2. Hexaphenoxycyclotriphosphazen 2.....	155
5.3. Hexaanilinocyclotriphosphazen 3.....	157
5.4. Tris-spiro-(o-dihydroxybenzol)cyclotriphosphazen 4.....	158
5.5. Tris-spiro-(o-phenylendiamino)cyclotriphosphazen 5.....	159
5.6. Hexahydroxycyclotriphosphazen 6.....	160
5.7. Hexapyrrolidinocyclotriphosphazen 7.....	161
5.8. Hexamethoxycyclophosphazentrimer 8.....	162
5.9. Hexaaminocyclophosphazentrimer 9.....	163
5.10. Verarbeitung mittels Extrusion und Spritzguss.....	163
5.11. Synthese der PU-Weisschäume.....	165
5.12. Synthese des Guss-Polyamides.....	166
5.13. Verwendete Chemikalien.....	166

Danksagung.....	168
Anhang.....	170
Literaturverzeichnis.....	199