

# Inhaltsverzeichnis

Verwendete Abkürzungen und Formelzeichen .....	11
Zusammenfassung.....	15
1. Einleitung und Aufgabenstellung .....	17
2. Stand der Technik .....	19
2.1 Industrielle Schuhfertigung .....	19
2.1.1 Sohlenherstellverfahren .....	20
2.1.2 Anformprozeß.....	21
2.1.3 Automatisierte Fertigung .....	23
2.1.4 Sohlenwerkstoffe .....	24
2.2 Polyurethanchemie .....	25
2.2.1 Anwendung und Einsatz .....	25
2.2.2 Isocyanate .....	26
2.2.3 Polyole.....	27
2.2.4 Hauptreaktion .....	28
2.2.5 Stöchiometrische Umsetzung .....	29
2.2.6 Additive.....	32
2.3. Verarbeitung.....	32
2.3.1 Hochdrucktechnologie .....	34
2.3.2 Niederdrucktechnologie .....	38
2.3.3 Hochfrequenz-Schneckenmischer .....	39
2.3.4 Vergleich der Polyurethanaggregate .....	40
3 Elektrisch-Hydraulisches Analogiemodell.....	43
3.1 Einführung .....	43
3.2 Dosierpumpe .....	46
3.3 Schläuche und Rohre.....	48
3.4 Mischkopf.....	51
3.5 Tank.....	52
3.6 Zirkulationsdrosseln .....	53
3.7 Gesamtsystem .....	53
4 Mischgütebeurteilung .....	57
4.1 Allgemein.....	57
4.2 Entfärbungsmethode.....	57
4.2.1 Jodometrie Redox-Reaktion.....	57
4.2.2 Nebenreaktionen.....	58
4.2.3 Jodometrische Stöchiometrie .....	60

4.3	Grauwert-Analyse .....	61
4.3.1	Beleuchtung .....	61
4.3.2	Objekt .....	64
4.3.3	Objektiv .....	67
4.3.4	Kamera .....	71
4.3.5	Software .....	73
4.4	Statistik der Bild-Analyse .....	76
4.4.1	Probennahme .....	76
4.4.2	Sollkonzentration, Standardabweichung, Varianz und Variationskoeffizient .....	78
4.4.3	Konfidenzintervall, Probenanzahl, Probengröße .....	80
4.4.4	Variationskoeffizient .....	82
<b>5.</b>	<b>Versuchsaufbau und Versuchsmaterial .....</b>	<b>85</b>
5.1	Versuchsstand .....	85
5.1.1	Materialversorgungseinheiten .....	86
5.1.2	Dosiereinheit .....	87
5.1.3	Fluidführende Leitungen .....	88
5.1.4	Elektroeinheit / Prozeßparameter .....	89
5.1.5	Mischeinheit .....	90
5.1.6	Form .....	91
5.2	Betriebsmeßtechnik .....	92
5.2.1	Druckaufnehmer der Materialkomponenten .....	92
5.2.2	Massenstromaufnehmer der Materialkomponenten .....	93
5.2.3	Temperatur der Materialkomponenten .....	95
5.2.4	Temperaturreaktion während der Reaktion im Werkzeug .....	95
5.2.5	Volumenexpansion während der Reaktion .....	95
5.2.6	Drehfrequenzen der Zahnradpumpen .....	96
5.2.7	Drehfrequenzen der Mischschnecke .....	97
5.2.8	Rührleistung der Mischschnecke .....	97
5.2.9	Betriebsdatenmeßrechner .....	97
5.2.10	Betriebsdatenerfassungs- und Visualisierungssoftware .....	99
5.3	Bild-Analyse-Arbeitsplatz .....	100
5.3.1	Beleuchtung .....	100
5.3.2	Kamera .....	101
5.3.3	Bild-Analyse-Rechner .....	101
5.3.4	Bild-Analyse-Software-System .....	102
5.4	Versuchsmaterial .....	103
5.4.1	Geschäumtes System .....	103
5.4.2	Kompaktes System .....	104
5.4.3	Schwarze Farbpaste .....	106
5.4.4	Weiße Farbpaste .....	106
5.5	Versuchsplan .....	106
5.5.1	Versuchsparameter .....	106
5.5.2	Einschneckenometrien .....	107
5.5.3	Doppelschneckenometrie .....	109
5.6	Versuchsdurchführung .....	110
5.6.1	Versuchsvorbereitung .....	110
5.6.2	Probenherstellung .....	110
5.6.3	Proben-Analyse .....	111

6. Ergebnisse.....	113
6.1 Simulation der Druckverläufe.....	113
6.1.1 Übereinstimmung zwischen Analogiemodell und Verarbeitungsanlage .....	114
6.1.2 Variation der Leitungslänge.....	117
6.1.3 Variation des Leitungsdurchmessers.....	118
6.1.4 Variation der Luftbeladung.....	118
6.1.5 Variation der Ventilverschlußzeit .....	119
6.2 Mischgütebestimmung durch Entfärbeversuch .....	121
6.3 Mischgütebestimmung mittels Bild-Analyse .....	122
6.3.1 Reproduzierbarkeit.....	122
6.3.2 Beleuchtungsquelle und Blendenöffnung.....	124
6.3.3 Kalibrierung.....	126
6.3.4 Homogenität der Grundkomponenten, Entmischungserscheinungen.....	130
6.4 Mischgüte der Versuchsschnecke 1 .....	133
6.4.1 Einfluß der Mischdrehfrequenz und des Durchsatzes.....	133
6.4.2 Einfluß der Mischposition.....	135
6.4.3 Einfluß der Prozeßparameter auf die Reaktivität.....	137
6.5 Einfluß der Einschneckenometrien .....	139
Doppelschneckenometrie.....	144
7. Technische Folgerung .....	148
7.1 Dynamische Simulation der Dosieranlage .....	148
7.2 Mischgüte-Analyse.....	148
7.3 Optimierung des Hochfrequenzmischers .....	149
8 Literaturverzeichnis .....	151
ANHANG .....	157