

1	Einleitung	1
1.1	Qualitätssicherung als strategisches Unternehmensziel	1
1.2	Richtlinien für Qualitätsmanagement-Systeme	4
2	TQPC für die Kunststoffverarbeitung	5
2.1	QFD - Qualität wird durch den Kunden definiert	6
2.2	FMEA für die Konstruktion	8
2.3	Bauteilauslegung mit Simulationsprogrammen	10
2.4	FMEA für den Prozeß	10
2.5	Der 'robuste' Betriebspunkt	11
2.6	Maschinen- und Prozeßfähigkeit	12
2.7	Prüfplanung und Prüfpläne	13
2.8	Prozeßmodelle und Qualitätsprognose	14
2.8.1	Die Strategie in der Übersicht	15
2.8.2	Erstellung des Prognosemodells	18
2.8.3	Überwachungsstrategie nach dem Prognosemodell	21
2.8.3.1	Die Qualitätsprognosefähigkeit eines Prozeßmodells	22
2.8.3.2	Vorteile der kontinuierlichen Qualitätsprognose	23
2.8.3.3	Grenzen des Prognosemodells	24
2.8.4	Adaption des Prognosemodells	25
2.8.4.1	Datenreduktion	27
2.8.4.2	Ausreißertests	27
2.8.5	Vorteile des adaptiven Prognosemodelles	28
2.9	Prozeßoptimierung und Prozeßregelung	28
3	Stand der Technik	30
3.1	Prozeßdatenerfassung und Meßdaten	30
3.1.1	Meßskalen	31
3.1.2	Datenerfassung an der Spritzgießmaschine	31
3.1.3	Messen von Kunststoffformteilen	34
3.1.4	Genauigkeit von Meßgrößen	36
3.2	Statistische Versuchsplanung	37
3.3	Statistische Prozeßüberwachung (SPC)	39
3.3.1	SPC am Endprodukt	39
3.3.2	SPC an Prozeßparametern	41
3.4	Statistische Prozeßmodelle zur CQC	43
3.4.1	Die multiple Regressionsanalyse	43
3.4.2	Die Qualitätsprognose mit dem statistischen Prozeßmodell	44
3.5	Physikalische Prozeßmodelle	48
3.5.1	Ein Prozeßmodell der Plastifizierphase	48

3.5.2	Ein Prozeßmodell der Einspritzphase	48
3.5.3	Ein Prozeßmodell der Nachdruckphase	49
3.5.4	Ein Prozeßmodell der Abkühlphase	49
3.5.5	Die produktadaptive Spritzgießmaschinensteuerung	50
4	Neuronale Netzwerke und künstliche Intelligenz	51
4.1	Historisches	52
4.2	Erfolgreiche Applikationen	53
4.3	Abgrenzung zu Experten-Systemen	53
4.4	Neuronale Netzwerke	54
4.5	Der Gewichtsraum	55
4.6	Trainingsmethoden	56
4.6.1	Die Hebb'sche Lernregel	57
4.6.2	Die Widrow-Lernregel	58
4.6.3	Raum-zeitliches Lernen	60
4.6.4	Wettbewerbslernen	60
4.7	Error-Backpropagation	61
4.7.1	Definition des Backpropagation-Netzwerkes	62
4.7.2	Der Error-Backpropagation-Algorithmus	64
4.7.3	Lokale Minima und Konvergenzverhalten	67
4.7.4	Netzwerktopologien	70
4.7.5	Aufbau und Lernen in Backpropagation-Netzwerken	71
5	Qualitätsprognosen mit Neuronalen Netzwerken	73
5.1	Der Spritzgießprozeß aus 'neuronaler' Sicht	73
5.2	Datenbasis	76
5.3	Simulations-Software für Neuronale Netzwerke	76
5.4	Klassifikationsverhalten Neuronaler Netzwerke	77
5.4.1	Klassifikation attributiver Merkmale	78
5.4.2	Mehrklasseneinteilung und redundante Information	79
5.4.3	Beschreibung kontinuierlicher Merkmale	81
5.4.4	Generalisierungsfähigkeit eines Netzwerkes	85
5.4.5	Neuronale Netzwerke und die multiple Regressionsanalyse	86
5.5	Maschineneinstell- und Prozeßfolgegrößen	87
5.6	Abbildung von 'Zeit' in einem Backpropagation Netzwerk	88
5.7	Die gesamte Netzwerkstruktur	90
5.7.1	Trainieren des Prozeßexperten-Netzwerkes	90
5.7.2	Trainieren des Qualitätsexperten-Netzwerkes	91
5.7.3	Prognoseergebnisse	92
5.8	Netzwerkparadigmen	94
5.8.1	Einfluß der Netzwerktopologie	95

5.8.2	Einfluß der Neuronenanzahl	96
5.8.3	Einfluß der Normierung	97
6	Qualitätssicherung mit Neuronalen Netzwerken	99
6.1	Prognoseintervalle bei Neuronalen Netzwerken	100
6.2	Adaption des Netzwerkes	103
6.3	Robustheit Neuronaler Netzwerke	107
6.4	Vorteile neuronaler Strukturen zur Qualitätsprognose	109
7	Neuronale Netzwerke in der Extrusionstechnik	111
7.1	Datenerfassung bei kontinuierlichen Prozessen	111
7.2	Neuronale Netzwerke bei der Herstellung gereckter Folien	112
8	Ausblick	116
9	Zusammenfassung	118
10	ANHANG	119
10.1	Statistische Versuchsplanung	119
10.1.1	Ein-Faktor-Versuche	119
10.1.2	Faktorielle Versuchspläne	120
10.1.2.1	Vollständig faktorielle Versuchspläne	120
10.1.2.2	Fraktioniert faktorielle Versuchspläne	123
10.1.2.3	Erweiterungen der Versuchspläne	125
10.1.3	Statistische Versuchsplanung nach G. Taguchi	126
10.1.3.1	Der Qualitätsbegriff nach Taguchi	126
10.1.3.2	Zielgrößen und orthogonale Felder	128
10.1.3.3	Auswertung der orthogonalen Felder	130
10.1.4	Versuchsplanung nach D. Shainin	131
10.2	Simulationsprogramme für künstliche Neuronale Netzwerke	134
10.2.1	Die Eigenentwicklung des Software-Simulators 'Neural'	134
10.2.2	NeuralWorks professional II plus	134
10.3	Verwendete Datensätze	135
10.3.1	Datensätze zu Kapitel 5.3.1	136
10.3.2	Datensätze zu Kapitel 5.3.2	138
10.3.3	Datensätze zu Kapitel 5.3.3	142
10.3.4	Datensätze zu Kapitel 5.3.4	144
10.3.5	Datensätze zu Kapitel 5.6.3	156
10.3.6	Datensätze zu Kapitel 6.1 und 6.3	158
10.3.7	Datensätze zu Kapitel 6.2	159
10.3.8	Datensätze zu Kapitel 5.8	160
10.3.9	Datensätze zu Kapitel 7	161
11	Literaturverzeichnis	162