

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Motivation	1
1.2 Zentrale Defizite und Ziel der Arbeit	2
1.3 Ansatz und Vorgehen	4
2 Herstellung von Kurzstapelfasergarnen	6
2.1 Spinnverfahren in der Kurzstapelspinnerei	9
2.2 Vergleich der marktrelevanten Spinnverfahren	11
2.3 Marktübersicht	17
2.4 Der Luftspinnprozess	20
2.4.1 Hochverzugsstreckwerk	22
2.4.2 Spinndüse	28
2.5 Fazit	30
3 Qualitätsüberwachung in der Garnherstellung	32
3.1 Laborprüfungen	35
3.2 Online-Überwachung der Garnungleichmäßigkeit	36
3.2.1 Messprinzipien	37
3.2.2 CV-Wert	39
3.2.3 Häufige Garnfehler	39
3.2.4 Periodische Garnfehler	41
3.2.5 Fazit	42
3.3 Digitale Transformation in der Spinnereiindustrie	43
3.4 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0	47
3.5 Fazit	48
4 Methode für die systematische Datenanalyse und die Optimierung von Produktionsprozessen	49
5 Optimierungspotentiale im Luftechtdrahtspinnverfahren	53
5.1 Ökonomische Ausgangssituation in Spinnereien	53
5.2 Identifikation von Kostentreibern	58
5.2.1 Kapitalkosten	63
5.2.2 Personalkosten	63

5.2.3 Raumkosten	64
5.2.4 Energiekosten	65
5.2.5 Ersatzteilkosten	67
5.2.6 Abfallkosten	68
5.2.7 Schlussfolgerungen und Kosteneinsparpotentiale	69
5.3 Ansätze für die Verringerung von Maschinenstillständen	71
5.4 Fazit	73
6 Identifikation und Erfassung der relevanten Messgrößen	75
6.1 Zielgrößen	75
6.2 Einflussgrößen	77
6.2.1 Maschine	78
6.2.2 Material	79
6.2.3 Umwelt	80
6.2.4 Methode	81
6.2.5 Fazit	83
6.3 Erfassung der Messgrößen	84
6.3.1 Messtechnische Grundlagen	85
6.3.2 Sensorauswahl für den Energieverbrauch	90
6.3.3 Sensorauswahl für die Garnungleichmäßigkeit	92
6.3.4 Sensorauswahl für die Temperatur und Luftfeuchte	94
6.3.5 Spintester und zentrale Messdatenerfassung	100
6.4 Fazit	102
7 Entwicklung einer modellbasierten Einstellhilfe	103
7.1 Versuchsplanung und Datengenerierung	103
7.1.1 Gütekriterien für die statistische Versuchsplanung	104
7.1.2 Bewertung und Auswahl der Versuchsplanung	109
7.1.3 Anpassung und Eingrenzung des Parameterraums	111
7.1.4 Generierung von Prozessdaten	115
7.2 Datenanalyse und Modellierung	116
7.2.1 Vorauswahl der Modellklassen	118
7.2.2 Kriterien für die Bewertung der Modellgüte	123
7.2.3 Modellbildung	125
7.2.4 Modellauswahl	126
7.3 Optimierung der Prozesseinstellungen	128
7.3.1 Mehrdimensionale Optimierungsmethoden	129

7.3.2	Bewertung und Auswahl einer Optimierungsmethode	131
7.3.3	Zielfunktion und Bestimmung der optimalen Prozesseinstellungen	133
7.4	Implementierung	134
7.4.1	Datenaufbereitung	136
7.4.2	Simulation des Luftechtdrahtspinnprozesses	138
7.4.3	Optimierung der Prozessparameter	140
7.5	Technische Validierung	141
7.5.1	Validierung im Labormaßstab	143
7.5.2	Validierung im Technikumsmaßstab	146
7.5.3	Validierung in der Industrie	149
7.5.4	Schlussfolgerungen	152
7.6	Fazit	153
8	Entwicklung einer signalbasierten Fehlerdiagnose	155
8.1	Grundbegriffe und Vorgehensweise	156
8.2	Auswahl typischer Fehlerzustände und Datengenerierung	158
8.2.1	Exzentrische Oberwalze	159
8.2.2	Ovale Oberwalze	160
8.2.3	Beschädigung am Oberriemchen	161
8.2.4	Riemchenschlupf	161
8.2.5	Verzugswelle	162
8.2.6	Generierung von Prozessdaten	163
8.3	Signalverarbeitung und Merkmalsgenerierung	165
8.4	Klassifizierung von Streckwerkszuständen	168
8.4.1	Vorauswahl der Modellklassen	168
8.4.2	Kriterien für die Bewertung der Modellgüte	169
8.4.3	Modellbildung und -auswahl	170
8.5	Implementierung	172
8.6	Technische Validierung	175
8.6.1	Validierung im Labormaßstab	175
8.6.2	Validierung im Technikumsmaßstab	178
8.6.3	Schlussfolgerungen	179
8.7	Fazit	180

9 Technisch-wirtschaftliche Bewertung und Umsetzung	182
9.1 Bewertung der Technologiereife	182
9.2 Produktionsszenarien	184
9.3 Auswahl einer wirtschaftlichen Bewertungsmethode	187
9.4 Gewinnvergleichsrechnung	189
9.5 Amortisationsdauer	192
9.6 Geschäftsmodellentwicklung	196
9.7 Fazit	201
10 Zusammenfassung	202
11 Ausblick	208
12 Summary	211
13 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	217
13.1 Abbildungen	217
13.2 Tabellen	224
14 Literaturverzeichnis	226
15 Anhang	257
15.1 Abkürzungsverzeichnis, Formelzeichen	257
15.2 Berechnung der Spinnprozesskosten	259