

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation und Motivation der Arbeit	1
1.2	Ansatz und Zielsetzung der Arbeit	3
1.3	Vorgehen zur Erreichung der Ziele und Aufbau der Arbeit	3
2	Theoretische Grundlagen zur Qualität von Geweben	6
2.1	Allgemeine Qualitätsdefinitionen	6
2.2	Qualitätsmerkmale von Verstärkungsfasergeweben	10
2.2.1	Qualitätsmerkmale und Prüfverfahren von Textilien	11
2.2.2	Gewebefehler	16
2.2.3	Qualitätsanforderungen an Carbonfasergewebe	17
2.2.4	Zwischenfazit: Gewebefehler als Qualitätsfaktor	24
2.3	Gewebegeschlossenheit als Qualitätskriterium fehlerfreier Gewebe	24
2.3.1	Definition	24
2.3.2	Vorteile einer hohen Gewebegeschlossenheit	26
2.3.3	Mess- und Prüfmethode zur optischen Bestimmung der Gewebequalität	26
2.4	Zwischenfazit zur Qualitätsbewertung von Geweben	29
3	Stand der Technik zum Verstärkungsfaserweben	30
3.1	Eigenschaften von Verstärkungsfasern	30
3.2	Herstellung von Verstärkungsfasergeweben	32
3.3	Einfluss der Fasereigenschaften auf den Webprozess und die Gewebequalität	36
4	Trends und Defizite in der Herstellung geschlossener Gewebe	38
4.1	Tape-Weben – Sonderwebverfahren zur Verarbeitung vorgespreizter Rovings	42
4.1.1	Herstellung von Carbonfasertapes	42
4.1.2	Besonderheiten im Aufbau von Tape-Webmaschinen	45
4.1.3	Wirtschaftlichkeit von Tape-Webmaschinen	47
4.2	Gewebespreizen – Nachträgliches Spreizen der Rovings in der textilen Fläche	49

4.2.1	Überblick über bisher entwickelte Gewebespreizverfahren	50
4.2.1.1	Gewebespreizkonzept nach Gotoh et al. [GY89]	51
4.2.1.2	Gewebespreizverfahren nach Beraud und Bruyere [BB17]	52
4.2.1.3	Gewebespreizen nach Hirai und Machii [HM08]	54
4.2.1.4	Gewebespreizverfahren nach Hamade et al. [HTM94]	56
4.2.1.5	Gewebespreizen nach Keppel und Rakovac [KR15]	58
4.2.2	Vergleich und Defizite der bisherigen Verfahren	61
5	Zwischenfazit und Aufgabenstellung	63
6	Optische Prüfung der Gewebequalität	64
6.1	Auswahl des Entwicklungsvorgehens	64
6.2	Anforderungsdefinition an das Prüfsystem	66
6.3	Konstruktion eines Beleuchtungsprüfstands für Textilien	67
6.3.1	Epic user story: Allgemeines Gesamtkonzept	67
6.3.2	Erster Sprint: Grundfunktionen, Durchlichtfeld	69
6.3.3	Zweiter Sprint: Erweiterung um Auflichtrahmen	74
6.3.4	Weitere Sprints: Gestell und Kamerahalterung	77
6.3.5	Bewertung der Erfüllung des Gesamtziels	78
6.4	Entwicklung eines Softwaretools zur Auswertung der Geschlossenheit	79
6.4.1	Aufstellen einer Anforderungsliste	79
6.4.2	Auswahl vonameratechnik, Programmierschnittstelle und Programmiersprache	81
6.4.3	Agile Programmierung	82
6.4.3.1	Umwandlung in Schwarz-Weiß-Bild	82
6.4.3.2	Geschlossenheitsberechnung	87
6.4.4	Validierung des Softwaretools	88
6.5	Zwischenfazit zum optischen Prüfverfahren	90
7	Erhöhung der Gewebegeschlossenheit durch nachträgliches Spreizen	91
7.1	Ansätze und Methoden zur Erhöhung der Geschlossenheit	92
7.1.1	Erarbeiten neuer Lösungen mittels Kreativtechnik	92

7.1.2	Analyse, welche Prinzipien des Tape-Spreizens auf das Gewebespreizen übertragbar sind	94
7.1.3	Detaillierte empirische Untersuchung verschiedener Spreizprinzipien mittels vereinfachter Kurzversuche	95
7.1.4	Zwischenfazit zu identifizierten Wirkprinzipien	99
7.2	Entwicklung eines Gewebespreizaggregats im Labormaßstab	101
7.2.1	Anforderungen präzisieren	103
7.2.2	Konzepte entwickeln	105
7.2.3	Gesamtlösung gestalten	110
7.2.4	Zwischenfazit zur Konstruktion der Gewebespreizanlage	116
7.3	Validierung des entwickelten Spreizverfahrens	117
7.3.1	Versuchsplanung	117
7.3.2	Screening-Versuche zu Druckkraft, Vibration und Geschwindigkeit	119
7.3.3	Untersuchung der Vibration	125
7.3.4	Untersuchung der Erwärmung	130
7.3.5	Vergleich verschiedener Gewebevarianten	132
7.3.6	Fazit der Versuche im Labormaßstab	134
8	Untersuchung und Nachweis der Industrietauglichkeit	135
8.1	Hochskalieren einer Gewebespreizanlage auf Industriemaßstab	135
8.2	Validierung der auf Industriemaßstab angepassten Gewebespreizanlage	138
8.2.1	Verzugstest	138
8.2.2	Validierung der Spreizergebnisse	140
8.3	Experimentgestützte Optimierung des Spreizprozesses in der Industrie	142
8.3.1	Einfluss der Webparameter auf die Gewebegeschlossenheit	142
8.3.1.1	Versuchsaufbau für optische Prüfungen am Warenprüftisch	147
8.3.1.2	Versuchsergebnisse	148
8.3.2	Einfluss der Spreizparameter auf die Gewebegeschlossenheit	154
8.4	Zwischenfazit zu den Versuchen im Industriemaßstab	165

9	Transfer des Gewebespreizverfahrens auf weitere Fasermaterialien	167
9.1	Produkt- und Marktanalyse zur Bestimmung des Potenzials	167
9.2	Bewertung des Prozesses für alternative Fasermaterialien	169
9.2.1	Übertrag auf 12k-Carbonfasern	169
9.2.1.1	Gewebeherstellung	169
9.2.1.2	Zyklische Spreizversuche und Auswertung der Geschlossenheit	170
9.2.1.3	Auswertung der Ondulation und Lagendicke	173
9.2.2	Übertrag auf Viskosefasern	177
9.2.2.1	Gewebeherstellung	177
9.2.2.2	Spreizversuch und Auswertung der Geschlossenheit	178
10	Technische Gesamtbewertung des Gewebespreizverfahrens	180
11	Wirtschaftliche Bewertung des Gewebespreizverfahrens	187
12	Ausblick	192
13	Zusammenfassung	194
14	Summary	199
15	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	204
15.1	Abbildungen	204
15.2	Tabellen	210
16	Literatur	213
17	Anhang A: Abkürzungsverzeichnis, Formelzeichen	236
18	Anhang B: Einflussgrößen der Entwicklung eines optischen Qualitätsprüfsystems	239
19	Anhang C: Übersicht über Konzeptideen für Gewebespreizverfahren	241

20	Anhang D: Kurzversuche zur Auswahl der Gewebespreizprinzipien	244
21	Anhang E: Anforderungsliste für das Gewebespreizverfahren im Labormaßstab	252
22	Anhang F: Anforderungsliste für das Gewebespreizverfahren im Industriemaßstab	256