

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation.....	1
2	Problemstellung und Zielsetzung	3
2.1	Lösungsansatz	3
2.2	Arbeitshypothesen	4
3	Stand der Wissenschaft und Technik.....	7
3.1	Papier	7
3.1.1	Papierherstellungsprozess	7
3.1.2	Beeinflussung struktureller Papiereigenschaften	8
3.1.3	Blattbildungskonzepte von Laborverfahren	17
3.1.4	Zusammenfassung Papierherstellung	24
3.2	Additive Fertigung.....	25
3.2.1	Verfahrensgrundlagen und Anwendungsgebiete	25
3.2.2	Additive Fertigungsverfahren zellulosehaltiger Materialien.....	29
3.2.3	Beeinflussung von Bauteileigenschaften durch Material und Slicing	38
3.2.4	Zusammenfassung additive Fertigung	42
4	Faserdruck: Additive Fertigung von Papier.....	45
4.1	Funktionsprinzip	45
4.2	Hardware	47
4.2.1	Suspensionsversorgung	48
4.2.2	Faserauftrag und Absaugung.....	49
4.3	Steuerungssoftware	56
4.3.1	Grafisches User Interface.....	57
4.4	Prozesskette der Probenherstellung	60
4.4.1	Prozesskette der additiven Fertigung: CAD - Slicing - G-Code	61
4.4.2	Manuelle Programmierung des G-Codes	61
4.4.3	Erzeugen von G-Code mit dem Faserdrucker G-Code-Generator	62
4.4.4	Probenherstellung und Trocknung	67
5	Prozessgrenzen und Abhängigkeiten	69
5.1	Beschleunigung, Geschwindigkeit und Bauraum	69
5.2	Höhdifferenz und Massenstrom	70
5.3	Faserauftrag und Linienbreite.....	74
5.3.1	Linienbreite bei einmaligem Faserauftrag	75
5.3.2	Linienbreite bei mehrfachem Faserauftrag	83
5.3.3	Berechnung der Linienbreite in der Faserdrucker GUI.....	89
5.4	Entwässerung	91

5.5	Ablösen der Proben vom Sieb	95
5.6	Zusammenfassung der Prozessgrenzen und Abhängigkeiten	96
6	Eigenschaften additiv gefertigter Papiere	97
6.1	Material und Methoden.....	97
6.1.1	Versuchsplanung.....	97
6.1.2	Material und Probenherstellung.....	99
6.1.3	Probenuntersuchungen	102
6.2	Ergebnisse Prozessvariation.....	103
6.2.1	Abmessungen, flächenbezogene Masse und Dichte	103
6.2.2	Optische Eigenschaften und Faserorientierung.....	107
6.2.3	Zugprüfung	113
6.3	Ergebnisse Lagenaufbau	118
6.3.1	Abmessungen, flächenbezogene Masse und Dichte	118
6.3.2	Optische Eigenschaften und Faserorientierung.....	119
6.3.3	Zugprüfung	121
6.4	Ergebnisdiskussion	123
7	Anwendungspotentiale.....	125
7.1	Lastpfadgerechte Bauteilgestaltung	125
7.2	Papiere für Mikrofluidikanwendungen	127
7.3	Weitere Anwendungsbeispiele	129
8	Zusammenfassung und Ausblick	131
	Abkürzungsverzeichnis.....	137
	Formelzeichen.....	138
	Literaturverzeichnis.....	139
	Anhang.....	157