

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Wissenschaftliche Zielsetzung	3
1.3	Aufbau der Arbeit	3
2	Stand der Technik	5
2.1	Additive Fertigung	5
2.1.1	Definition und Abgrenzung	5
2.1.2	Additiver Fertigungsprozess	6
2.1.3	Vor- und Nachteile	8
2.1.4	Einteilung der Verfahren	10
2.1.5	Extrusionsverfahren – Fused Deposition Modeling	10
2.2	Verwendung der additiven Fertigung entlang der textilen Kette	13
2.2.1	Flächenbildung	14
2.2.2	Veredlung	15
2.2.3	Konfektion	16
2.3	Additive Fertigung von Faserkunststoffverbunden	20
2.3.1	Kurzfasern	22
2.3.2	Endlosfasern	25
2.3.3	Textile Flächen/Halbzeuge	31
2.4	Orthopädische Hilfsmittel	32
2.4.1	Orthopädie	32
2.4.2	Hilfsmittel	32
2.4.3	Additive Fertigung orthopädischer Hilfsmittel	36
2.4.4	Entwicklungspotential	39

3	Kombinatorische Fertigung	41
3.1	Fügen mittels FDM	41
3.1.1	Grundlagen der Fügeverfahren	42
3.1.2	Verbindung von Textil und additiv gefertigten Elementen	43
3.1.3	Einflussparameter auf die Adhäsion	45
3.2	Materialauswahl und Charakterisierung	50
3.2.1	Textilien	50
3.2.2	Thermoplastische Polymere	60
3.3	Maschinentechnik	67
3.3.1	3D-Drucker Prusa i3 Mk3	67
3.3.2	3D-Drucker Mark One und Mark Two	68
3.4	Untersuchung der Haftungseigenschaften	69
3.4.1	Prüfmethode – 180°-Schälprüfung	70
3.4.2	Probekörperherstellung	71
3.4.3	Prüfdurchführung	72
3.4.4	Prüfergebnisse	73
3.4.5	Zusammenfassung der Prüfergebnisse	86
3.5	Konfektionstechnischer Einsatz der additiven Fertigung	89
3.5.1	Prinzipien der Materialkombination	89
3.5.2	Morphologischer Kasten	90
4	Entwicklung eines orthopädischen Hilfsmittels für das Kniegelenk	95
4.1	Medizinische Grundlagen	95
4.1.1	Anatomische und biomechanische Grundlagen des Kniegelenks	95
4.1.2	Indikation – Ruptur des vorderen Kreuzbandes	97
4.1.3	Behandlung und Rehabilitation	99
4.2	3D-Scan der Körperform	101
4.3	Reverse Engineering	105
4.3.1	Polygonbearbeitung	105
4.3.2	Körpermaße und Flächenrückführung	106
4.4	Gestaltungsgrundlagen	108
4.4.1	Bandage	108
4.4.2	Orthesenelemente	109
4.4.3	Gelenkelemente	110

4.5	Konstruktion der textilen Komponente	111
4.5.1	Bandagenkonstruktion und Schnittteilgenerierung	111
4.5.2	Zugelastische Eigenschaften	115
4.5.3	Kompressionswirkung	117
4.6	Konstruktion der biegesteifen Funktionselemente	123
4.6.1	3D-CAD-Konstruktion	123
4.6.2	Slicing	126
4.7	Simulation der Rückhaltekraft	128
4.7.1	Knieprüfstand der TU München	129
4.7.2	Validierung anhand einer Hartrahmenorthese	130
4.7.3	Simulation des neuartigen orthopädischen Hilfsmittels	133
4.8	Kombinierte additive Fertigung und Konfektion	142
5	Wirtschaftlichkeit und Überführung in die industrielle Praxis	147
5.1	Wirtschaftlichkeit	147
5.1.1	Materialkosten und Fertigungszeit	147
5.1.2	Vergleich mit klassischem Fertigungsprozess	150
5.2	Überführung in die industrielle Praxis	152
5.2.1	Innovationsbereitschaft und Entwicklungstrends	152
5.2.2	Mögliche Hindernisse	153
6	Zusammenfassung und Ausblick	155
	Literaturverzeichnis	161