

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Vorgehen - Methodik - Wissenschaftliche Fragestellungen	3
2	Grundlagen und Stand der Technik	9
2.1	Aufbau und Eigenschaften von ein- und mehrschichtigen Polymerfolien	9
2.2	Wichtige konventionelle Ver- und Bearbeitungsmethoden von Polymerfolien	15
2.3	Laserdurchstrahlschweißen	18
2.3.1	Laserdurchstrahlschweißen mit angepassten Strahlquellen	18
2.3.2	Laserschweißen von Polymerfolien mit CO ₂ Laserstrahlquellen	21
2.3.3	Laserdurchstrahlschweißen mit Ultra-Kurz-Puls Laserstrahlquellen	22
2.4	Laserstrahlschmelzschniden	22
2.5	Einordnung in den Stand der Technik – Industrielle Anforderungen	24
3	Wechselwirkungsprozesse zwischen Laserstrahlung und mehrschichtigen thermoplastischen Polymerfolien	29
3.1	Physikalische Beschreibung der Energiedeposition	29
3.2	Anpassung der Emissionswellenlänge der Laserstrahlquelle zum Erreichen einer selektiven Absorption im Polymer	34
3.3	Physikalische Modellrechnung für die Abschwächung der Intensität in einer mehrschichtigen Polymerfolie für unterschiedliche Laserwellenlängen	36
4	Experimentelle Untersuchungen zum Laserdurchstrahlschweißen von Polymerfolien	41
4.1	Einflussgrößen der Prozessparameter	41
4.2	Einfluss von Materialien auf den Schweißprozess	42
4.2.1	Laserschweißeignung marktüblicher mehrschichtiger Folienkombinationen	42

4.2.2	Einfluss von nicht thermoplastischen Schichtmaterialien auf die Schweißeignung	52
4.2.3	Polymerfolien aus Biopolymeren bzw. mit Biopolymeranteilen	57
4.2.4	Mindestfügedruck, Spaltüberbrückbarkeit und Lagensprünge	63
4.2.5	Einfluss der eingesetzten Materialien zur Andruckaufbringung auf den Prozess	67
4.3	Einfluss der Strahlformung auf den Laserdurchstrahlschweißprozess von Polymerfolien	70
4.4	Räumlich begrenzte Energiedeposition	80
5	Analyse des Wechselwirkungsvorganges und der Energiedeposition anhand eines thermischen Simulationsmodells	87
5.1	Aufstellen eines thermischen Simulationsmodells	87
5.1.1	Verifikation des Simulationsmodells	91
5.2	Zeitliche und thermische Voraussetzungen für einen Laserdurch-strahlschweißprozess an Polymerfolien	103
6	Möglichkeiten der Produktivitätssteigerung durch angepasste Prozesssystematik, Skalierung und Prozessüberwachung	111
6.1	Grundlegende Eignung von wellenlängenangepassten Laserstrahlquellen zum Trennen von Polymerfolien	111
6.2	Reduzierung der Bearbeitungsstationen in der Prozesskette durch kombinierte Prozesse	122
6.3	Übertragung auf Rolle-zu-Rolle Anwendungen	126
6.4	Prozessanalyse und -beobachtung	130
6.4.1	Geeignete technologische Ansätze	130
6.4.2	Thermografische Arraydetektoren	132
6.4.3	Detektion der Nahtgeometrie mittels Flächenkamera	134
6.4.4	Zeitlich-spektrale Analyse des Brechungsexponenten während des Prozesses	136
7	Zusammenfassung und Fazit	139
8	Ausblick	143
9	Anhang	147
9.1	Übersicht untersuchte Polymerfolien	147
9.2	Einordnung benötigter Peelkräfte	147
9.3	Abschätzung höherer Vorschubgeschwindigkeiten	149

9.4	UV-VIS Messungen an Polymerfolien für Laserschneidversuche	150
9.5	FSC-Analyse	151
9.6	REM-Aufnahmen zur Analyse der Barrierefürschichten	151
9.7	Eingesetzte Messgeräte und Normen	152
9.7.1	Spektrale Analyse	152
9.7.2	Zugversuche	152
10	Literaturverzeichnis	155