

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	III
1 Einführung	1
1.1 Einleitung und Motivation	1
1.2 Aufbau der Arbeit	3
2 Grundlagen und Stand der Technik	7
2.1 Grundlagen des Laserstrahlschweißens	7
2.1.1 Prozessdynamiken beim Laserstrahltiefschweißen	12
2.2 Energieabsorption beim Laserstrahlschweißen	20
2.2.1 Temperaturabhängigkeit der Energieabsorption	22
2.2.2 Wellenlängenabhängigkeit der Energieabsorption	23
2.2.3 Laserstrahlschweißen mit Laserstrahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich	24
2.2.4 Winkelabhängigkeit der Energieabsorption	26
2.3 Prozessbeeinflussung durch örtliche und zeitliche Leistungsmodulation	29
2.3.1 Laserstrahlschweißen mit örtlicher Modulation der Laserleistung	29
2.3.2 Laserstrahlschweißen mit zeitlicher Modulation der Laserleistung	35
2.3.3 Superpositionierung von örtlicher und zeitlicher Leistungsmodulation	37
2.4 Untersuchung von Lasermaterialbearbeitungsprozessen mit Synchrotronstrahlung	40
3 Forschungshypothesen, Forschungsfragen und Methodik	43
4 Synchrotronstrahlung als Diagnosewerkzeug	47
4.1 Funktionsweise und Aufbau einer Synchrotronstrahlungsquelle	47
4.2 Phasenkontrast-Bildgebungsverfahren mittels Synchrotronstrahlung	50
4.2.1 Funktionsweise der Phasenkontrast-Bildgebung	50
4.2.2 Auslegung der Phasenkontrast-Bildgebung	54
4.3 Qualifizierung der Synchrotronaufnahmequalität	64
5 Analyse wellenlängenabhängiger Prozessphänomene	67

5.1	Wellenlängenabhängige Schwellwerte für Wärmeleitungs- und Tiefschweißregime	67
5.2	Wellenlängenabhängige Schweißnahtgeometrie	70
5.2.1	Einschweißtiefe	71
5.2.2	Aspektverhältnis	72
5.2.3	Einsatz von örtliche Leistungsmodulation bei 515 nm und 1070 nm Laserstrahlwellenlänge	75
5.2.4	Zwischenfazit	79
5.3	Synchrotron-basierte Analyse wellenlängenabhängiger Prozessphänomene beim Laserstrahlschweißen	81
5.3.1	Wellenlängenabhängige Dampfkapillargeometrie	81
5.3.2	Bildungsgeschwindigkeit der Dampfkapillare am Prozessbeginn	90
5.3.3	Schweißnahtporosität	92
5.4	Synchrotron-basierte Analyse der Dynamik der Dampfkapillare mit IR-Singlemode-Faserlaser	95
5.4.1	Einfluss der Laserleistung auf die Dampfkapillargeometrie	95
5.4.2	Einfluss von örtlicher Leistungsmodulation auf die Dampfkapillargeometrie	98
5.5	Zwischenfazit	101
6	Steuerung der Schweißnahtgeometrie durch dynamisch angepassten Energieeintrag	105
6.1	Kontrollierte Einstellung variabler Schweißnahtgeometrien	105
6.1.1	Schweißung von Referenz- und Ausgleichsprofil	107
6.1.2	Schweißung von W- und V-Profil	109
6.1.3	Energieeinkopplung im Schweißprozess mit örtlicher und zeitlicher Leistungsmodulation	113
6.2	Steigerung der Einschweißtiefenkonstanz in artungleichen Materialsystemen	115
7	Zusammenfassung und Ausblick	117
	Literaturverzeichnis	IX
	Abbildungsverzeichnis	XXI
	Tabellenverzeichnis	XXVII
	Anhang A: Weitere Ergebnisse und Inhalte	XXIX
	Anhang B: Daten und Informationen	XXXIV