

1	Einleitung	1
2	Stand der Technik	3
2.1	Ultraschall	3
2.1.1	Begriffserläuterungen und Eigenschaften	3
2.1.2	Erzeugung von Ultraschall	6
2.2	Schallausbreitung in Flüssigkeiten	8
2.2.1	Wellengleichung	8
2.2.2	Nichtlineare Effekte	10
2.2.3	Schallgeschwindigkeit	12
2.3	Wärmebehandlung metallischer Bauteile	15
2.3.1	Bedeutung des Abschreckens	15
2.3.2	Flüssigkeitsabschreckung	16
2.3.3	Ultraschallunterstütztes Flüssigkeitsabschrecken	21
3	Werkstoffe und Methoden	27
3.1	Untersuchte Werkstoffe	27
3.1.1	Aluminiumknetlegierung EN AW-6082	27
3.1.2	Austenitischer Stahl X5CrNi18-10	29
3.1.3	Vergütungsstahl C45E	32
3.2	Abschreckexperimente	33
3.2.1	Versuchseinrichtung	33
3.2.2	Proben	36
3.2.3	Versuchsparameter	37
3.2.4	Versuchsdurchführung	40
3.2.5	Auswertung der Temperatur-Zeit-Messdaten	42
3.2.6	Ermittlung der Wärmeübergangskoeffizienten	44
3.3	Probencharakterisierung	50
3.3.1	Metallographische Untersuchungen	50
3.3.2	Härteprüfungen	51

3.3.3	Rissprüfungen.....	52
3.3.4	Eigenspannungsbestimmung.....	52
3.3.5	Verzugsbestimmung.....	53
4	Experimentelle Ergebnisse.....	55
4.1	Ergebnisdarstellung.....	55
4.2	Wasserabschreckung am Werkstoff EN AW-6082.....	57
4.2.1	Konventionelle Abschreckung.....	57
4.2.2	Einseitige Ultraschallunterstützung.....	60
4.2.2.1	Charakterisierung der Abschreckwirkung.....	60
4.2.2.2	Beurteilung der Gleichmäßigkeit.....	67
4.2.2.3	Charakterisierung der Eigenschaften.....	70
4.2.3	Zweiseitige Ultraschallunterstützung.....	73
4.2.3.1	Charakterisierung der Abschreckwirkung.....	73
4.2.3.2	Beurteilung der Gleichmäßigkeit.....	80
4.2.3.3	Charakterisierung der Eigenschaften.....	83
4.3	Wasserabschreckung am Werkstoff X5CrNi18-10.....	85
4.3.1	Konventionelle Abschreckung.....	85
4.3.2	Einseitige Ultraschallunterstützung.....	86
4.3.2.1	Charakterisierung der Abschreckwirkung.....	86
4.3.2.2	Beurteilung der Gleichmäßigkeit.....	95
4.3.2.3	Charakterisierung der Eigenschaften.....	97
4.3.3	Zweiseitige Ultraschallunterstützung.....	100
4.3.3.1	Charakterisierung der Abschreckwirkung.....	100
4.3.3.2	Beurteilung der Gleichmäßigkeit.....	108
4.3.3.3	Charakterisierung der Eigenschaften.....	111
4.4	Ölabschreckung am Werkstoff X5CrNi18-10.....	115
4.4.1	Charakterisierung der Abschreckwirkung.....	115
4.4.2	Beurteilung der Gleichmäßigkeit.....	121

4.4.3	Charakterisierung der Eigenschaften	123
4.5	Ergebnisse am Werkstoff C45E.....	125
4.5.1	Wasserabschreckung	125
4.5.2	Ölabschreckung	130
5	Simulation	141
5.1	Modellierung	141
5.2	Ergebnisse der Simulation.....	143
5.2.1	Einseitige Ultraschallunterstützung.....	143
5.2.2	Zweiseitige Ultraschallunterstützung	146
6	Diskussion.....	151
6.1	Einfluss des Ultraschalls und der Prozessparameter.....	151
6.2	Zusammenhang tangentialer Abkühlgleichmäßigkeit und Abkühlwirkung ..	158
6.3	Vergleich des Abkühlverhaltens der untersuchten Werkstoffe.....	162
6.4	Wirkmechanismen des Ultraschalls	165
6.5	Vergleich von Experiment und Simulation	169
6.6	Ausblick	172
7	Zusammenfassung.....	175
	Selbständigkeitserklärung.....	I
	Literaturverzeichnis	II
	Anhang	VIII
A.	Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
B.	Symbolverzeichnis.....	VIII
C.	Abbildungsverzeichnis	X
D.	Tabellenverzeichnis	XVIII
E.	Verzeichnis im Rahmen der Promotion betreuter studentischer Arbeiten...	XIX
	Danksagung	XXI
	Akademischer Lebenslauf	XXIII