

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>Abkürzungen</b>	<b>III</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen und Stand der Technik</b>	<b>2</b>
2.1 Energieeffizienz im industriellen Sektor	2
2.1.1 Gebäudetechnik	5
2.1.2 Werkzeugmaschinen	6
2.2 Zerspanung	9
2.2.1 Grundlagen	9
2.2.2 Spanbildung	12
2.2.3 Wärmeentstehung und -ausbreitung beim Zerspanen	14
2.2.4 Räumen	16
2.3 Warmzerspanung	25
2.4 Wärmebehandlung	28
2.4.1 Grundlagen	28
2.4.2 Einsatzhärten von 16MnCr5	31
2.4.3 Induktives Härten	36
2.5 Strahlen (Verfestigungsstrahlen)	40
<b>3 Zielsetzung und Vorgehensweise</b>	<b>44</b>
3.1 Zielsetzung	44
3.2 Vorgehensweise	46
3.2.1 Energiebilanz	46
3.2.2 Ableiten von Effizienzmaßnahmen	49
3.2.3 Zerspanungsuntersuchungen	50
3.2.4 Zusammenfassung und Ergebnisdiskussion	50
<b>4 Prozesskettenanalyse und energetische Bewertung</b>	<b>51</b>
4.1 Demonstrator-Bauteil	51

4.2	Prozesskettenanalyse	55
4.3	Weichräumen	57
4.4	Einsatzhärten	63
4.5	Induktionshärten	74
4.6	Harträumen	79
4.7	Strahlen	84
4.8	Zusammenfassung der Energieaufwände	86
4.9	Kosten - Einbeziehen von Energie- und Werkzeugkosten	89
<b>5</b>	<b>Effizienzmaßnahmen</b>	<b>92</b>
5.1	Warmzerspannung	93
5.2	Anpassen der Prozesskette	96
5.3	Versuchsdurchführung	98
5.4	Versuchsergebnisse	105
5.5	Auswirkung auf Energie- und Kosteneffizienz	123
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>126</b>
6.1	Zusammenfassung	126
6.2	Ausblick	128
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>129</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>136</b>
<b>9</b>	<b>Beruflicher / wissenschaftlicher Werdegang</b>	<b>153</b>