

**Inhaltsverzeichnis**Seite**Formelzeichen und Abkürzungen**

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Stand des Wissens</b> .....	<b>3</b>
2.1 Konventionelle Bohrverfahren .....	3
2.2 Laserstrahlbohren .....	11
2.2.1 Grundlagen zum Laserstrahlbohren .....	12
2.2.2 Wechselwirkung der Laserstrahlung .....	18
2.2.3 Absorption der Laserstrahlung .....	21
2.2.4 Aufheizen und Verdampfen des Werkstoffs .....	22
2.2.5 Materialabtrag mit laserinduziertem Plasma .....	25
2.3 Industrielle Anwendungen des Laserstrahlbohrens .....	26
<b>3. Aufgabenstellung</b> .....	<b>30</b>
<b>4. Versuchstechnik</b> .....	<b>32</b>
4.1 Versuchssystematik .....	32
4.2 Versuchsanordnung .....	33
4.2.1 Charakteristik des verwendeten Lasersystems zum Bohren .....	35
4.2.2 Resonatorkonfiguration und Kavität .....	39
4.2.3 Optische Linsen .....	41
4.3 Versuchswerkstoff .....	42
4.4 Kriterien zur Qualitätsbeurteilung von Laserstrahl- bohrungen .....	45
4.5 Eingesetzte Meßtechniken .....	46
4.5.1 Strahldiagnosesystem .....	46
4.5.2 Leistungsmeßsystem .....	46
4.5.3 Pulslängenmessung .....	47
<b>5. Untersuchungen und Modifikation des Lasersystems</b> .....	<b>48</b>
5.1 Betriebseigenschaften des verwendeten Lasersystems ...	50

5.2 Laserleistungs-, Laserpuls- und Bearbeitungsgas- steuerung .....	56
5.3 Strahlcharakteristik .....	58
5.4 Fokussierung der Laserstrahlung .....	61
5.5 Theoretische Folgerungen für den Bohrprozeß .....	65
<b>6. Experimentelle Untersuchungen zum Laserstrahlbohren .....</b>	<b>68</b>
6.1 Einfluß der Fokuslage .....	68
6.2 Einfluß der Pulsfrequenz für verschiedene Brennweiten .....	72
6.3 Einfluß der Pulsfrequenz .....	75
6.4 Einfluß der Laserleistung .....	77
6.4.1 Variation der Pulsleistung mittels Strahlabschwächer .....	78
6.4.2 Variation der Pulsleistung mittels Modenblende ..	79
6.5 Einfluß des Prozeßgases .....	81
6.6 Reproduzierbarkeit .....	84
6.7 Variation des Eintrittswinkels .....	86
<b>7. Validierung des Modells .....</b>	<b>89</b>
<b>8. Folgerungen für die Praxis .....</b>	<b>91</b>
8.1 Herstellung von PKW-Einspritzdüsenbohrungen .....	91
8.1.1 Laserstrahlbohren einer Einspritzdüse .....	93
8.1.2 Nachbearbeitung durch Lappen .....	95
8.1.3 Nachbearbeitung mittels Ultraschallerosion .....	96
<b>9. Zusammenfassung .....</b>	<b>99</b>
<b>10. Literatur .....</b>	<b>101</b>