

BERICHTE AUS DEM  
INSTITUT FÜR  
FERTIGUNGSTECHNIK  
UND SPANENDE  
WERKZEUGMASCHINEN  
UNIVERSITÄT HANNOVER



PRODUKTIONSTECHNIK

Dipl.-Phys. Andreas Heinrich Berndt, Mainz

# **Rohrglasbearbeitung mit diffusionsgekühlten Wellenleiter-CO<sub>2</sub>-Lasern**

Fortschritt-Berichte VDI  
Reihe **2**: Fertigungstechnik

Nr. **443**

**Inhaltsverzeichnis**

<b>Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen</b> .....	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Stand der Wissenschaft und Technik</b> .....	<b>3</b>
2.1 Grundlegende Beschreibung des Werkstoffes Glas .....	3
2.1.1 <i>Kieselglas</i> .....	6
2.1.2 <i>Kalk-Natron-Glas</i> .....	7
2.1.3 <i>Borosilicatglas</i> .....	8
2.1.4 <i>Glaskeramik</i> .....	9
2.2 Konventionelle Vereinzelungsverfahren in der Glasbearbeitung .....	10
2.2.1 <i>Mechanische Verfahren</i> .....	11
2.2.2 <i>Thermische Trennverfahren</i> .....	16
2.3 Einsatz lasergestützter Verfahren in der Glasbearbeitung .....	18
2.3.1 <i>Laserstrahltrennen und Laserstrahl-Sprengen</i> .....	20
2.3.2 <i>Aufschmelzen von Werkstückoberflächen mittels CO<sub>2</sub>-Laser</i> .....	21
2.3.3 <i>Beschriften mit Laserstrahlung</i> .....	22
2.4 Abgeschlossene, diffusionsgekühlte CO <sub>2</sub> -Wellenleiterlaser .....	23
2.4.1 <i>Chemie des Lasergases</i> .....	26
2.4.2 <i>Prinzip der Wellenleitung</i> .....	27
2.5 Geströimte Lasersysteme .....	31
<b>3 Zielsetzung der Untersuchungen</b> .....	<b>33</b>
<b>4 Versuchstechnik</b> .....	<b>36</b>
4.1 Versuchswerkstoffe .....	36
4.2 Charakterisierung der verwendeten Strahlquellen .....	37
4.2.1 <i>Abgeschlossener hochfrequenzangeregter Wellenleiterlaser</i> .....	39
4.2.2 <i>Abgeschlossener hochfrequenzangeregter Bandleiterlaser</i> .....	43
4.3 Versuchsanlagen .....	45
4.3.1 <i>Versuchsaufbau zur Bearbeitung von Rohrglas</i> .....	45

4.3.2 Versuchsaufbau zur Bestimmung der Brechkraft .....	46
4.3.3 Analysetechnik zum Nachweis thermisch induzierter Eigenspannungen ..	48
4.3.4 Versuchsaufbau zur Bestimmung der Temperaturverteilung .....	51
<b>5 Modellbildung .....</b>	<b>54</b>
5.1 Modellbildung zur Laserstrahl-Glasbearbeitung.....	54
5.1.1 Betrachtung des Sonderfalles Laserstrahl-Sprengen.....	57
5.1.2 Brechen nach einer abtragenden Bearbeitung.....	60
<b>6 Laserstrahlablängen von Glasrohren .....</b>	<b>62</b>
6.1 Trennschneiden von Glasrohren.....	62
6.2 Vereinzeln mittels Abtragen und Brechen.....	68
6.3 Verringerung der Glasdampfdeposition .....	76
6.4 Laserstrahl-Sprengen von Glaswerkstoffen .....	79
6.5 Untersuchung der induzierten Eigenspannungen .....	83
6.6 Verrunden der Schnittkante .....	87
<b>7 Analyse der Kosten .....</b>	<b>89</b>
7.1 Investitionskosten .....	89
7.2 Betriebskosten .....	90
7.2.1 Lasergaskosten bei geströmten CO <sub>2</sub> -Lasern .....	90
7.2.2 Instandhaltungskosten .....	90
7.2.3 Energiekosten .....	90
7.3 Vergleichende Bewertung der Kostenstruktur.....	91
<b>8 Bedeutung für die Fertigungstechnik.....</b>	<b>94</b>
8.1 Vereinzeln von Glasrohren in der Lampen- und Verpackungsindustrie .....	95
8.2 Abtrennen der Blaskappe bei der Herstellung von Trinkgläsern.....	95
<b>9 Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>97</b>
<b>10 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>99</b>