

Gliederung der Arbeit

	<u>Seite</u>
Abkürzungen und Formelzeichen	VIII
Abstract	XIII
1. Einleitung und Ziel der Arbeit	1
2. Grundlagen	3
2.1. Aerosole	3
2.1.1. Brownsche Bewegung und Diffusion	4
2.1.2. Adhäsion an Wänden	5
2.1.3. Koagulation	5
2.1.4. Sedimentation	7
2.2. Gepulste Nd:YAG-Festkörperlaser	8
2.2.1. Entwicklungsstand und Tendenzen	8
2.2.2. Strahlerzeugung und Konzepte zur Leistungssteigerung	9
2.2.3. Strahlführung und -formung	11
2.2.4. Absorption	12
2.2.5. Bearbeitungsverfahren	13
2.2.5.1. Schneiden	14
2.2.5.2. Beschriften	15
2.2.5.3. Schweißen	18
2.2.5.4. Einflußgrößen auf die Prozeßprodukte und das Bearbeitungsergebnis	20
3. Stand der Wissenschaft und Technik	21
3.1. Rahmenbedingungen für die Bestimmung von Prozeßprodukten	21
3.2. Probenahmeverfahren	23
3.3. Partikel- und gasförmige Emissionen bei der Laserstrahlbearbeitung	26
3.3.1. Trennen	28
3.3.2. Schweißen	31
3.3.3. Zusammenfassung	31
4. Versuchstechnik	33
4.1. Versuchsaufbau	34
4.1.1. Strahlquellen	34
4.1.2. Probenahmeverfahren	35

4.1.2.1.	Meßstrecke zur isokinetischen Probenahme	35
4.1.2.2.	Meßkammer zur Probenahme	36
4.1.3.	Modellvorstellung der Meßkammer	39
4.2.	Versuchsdurchführung	42
4.2.1.	Erfassung partikelförmiger Emissionen	42
4.2.1.1.	Ermittlung des Gesamtstaubgehalts	42
4.2.1.2.	Bestimmung der Partikelgrößenverteilung	43
4.2.2.	Erfassung gasförmiger Emissionen	43
4.2.3.	Kalibrierung der Probenahmeverfahren	45
4.2.3.1.	Leerlaufversuche	45
4.2.3.2.	Strömungsprofil in der Meßstrecke	46
4.2.3.3.	Ermittlung der Erfassungsgrade für Partikel	47
4.2.3.4.	Ermittlung der Erfassungsgrade für Gase	48
4.2.4.	Versuchsumfang	50
4.2.4.1.	Emissionsmessungen beim Trennen	50
4.2.4.2.	Emissionsmessungen beim Bahnschweißen	51
4.2.4.3.	Emissionsmessungen beim Beschriften	51
4.3.	Auswertung	52
4.3.1.	Meßergebnisse und Fehlerrechnung	52
4.3.2.	Bestimmung der Bezugsgröße "absorbierte Intensität"	54
4.3.2.1.	Schneiden	54
4.3.2.2.	Fügen	58
4.3.2.3.	Beschriften	58
5.	Ergebnisdarstellung und -diskussion	59
5.1	Modellbildung des Emissionsentstehungsprozesses	59
5.1.1.	Verdampfungsprozess und Partikelbildung	63
5.1.2.	Thermodynamische Betrachtung der Partikelevolution	65
5.1.3.	Berechnung der Verdampfungsrate	67
5.2.	Emissionen beim Schneiden und Fügen metallischer Werkstoffe	71
5.2.1.	Mengen aerosolförmiger Partikelemissionen	72
5.2.1.1.	Einfluß der absorbierten Intensität	72
5.2.1.2.	Einfluß des Bearbeitungswirkungsgrades	75
5.2.1.3.	Korrelation zwischen den Emissionsmengen und der Modellrechnung	77
5.2.2.	Partikelgrößenverteilung	79
5.2.2.1.	Werkstoffeinfluß	79
5.2.2.2.	Einfluß der Intensität	81
5.2.3.	Chemische Zusammensetzung der Prozeßprodukte	84

5.2.4.	Gasförmige Emissionen	88
5.2.5.	Vergleich mit dem CO ₂ -Laserstrahlschneiden	91
5.3.	Beschriften organischer Werkstoffe	93
5.3.1.	Vergleich der charakteristischen Bearbeitungsverfahren	93
5.3.1.1.	Mengen aerosolförmiger Partikelemissionen	93
5.3.1.2.	Qualifizierte gasförmige Emissionen	95
5.3.1.3.	Quantifizierte gasförmige Emissionen	96
5.3.1.4.	Einfluß des Beschriftungsverfahrens	99
5.3.2.	Einfluß der Intensität	99
5.3.2.1.	Aerosolförmige Partikelemissionen	100
5.3.2.2.	Größenverteilung der aerosolförmigen Partikel	101
5.3.2.3.	Gasförmige Emissionen	102
5.3.3.	Vergleich mit dem CO ₂ -Laserstrahlschneiden	103
6.	Bedeutung für die Praxis	107
6.1.	Vergleich der Probenahmeverfahren	108
6.2.	Bewertung der Emissionsmengen	109
6.2.1.	Wirkung auftretender Einzelkomponenten	109
6.2.2.	Relativer Verfahrensvergleich	110
6.2.3.	Vergleich mit anderen thermischen Trenn- und Fügeverfahren	111
6.3.	Umweltverträglichkeit	113
7.	Ausblick	114
8.	Zusammenfassung	118
9.	Literatur	120
Anhang :	Algorithmen zur Quantifizierung der Emissionsmengen	132