

# Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 2

Fertigungstechnik

B.Eng., M.Sc. Vincent Kral,  
Hannover

Nr. 631

Methoden zur  
Anlagenüberwachung  
von Hochleistungs-  
lasern

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand des Wissens</b>	<b>3</b>
2.1 Die Bedeutung von Instandhaltung für Laser- und Laseranlagenhersteller	3
2.2 Mögliche Instandhaltungsstrategien	4
2.3 Vorgehensweise zur Entwicklung von Anlagenüberwachungssystemen	7
2.3.1 Identifikation von kritischen Anlagenkomponenten	7
2.3.2 Methoden zur Messung des Komponentenverschleißes	9
2.3.3 Ermittlung des Wartungszeitpunkts	10
2.4 Vorgehensweise zur Entwicklung von Methoden für die Anlagenüberwachung	11
2.5 Komponenten von Laseranlagen	12
2.6 Schwachstellen bei Resonatorkomponenten	13
2.6.1 Nd:YAG-Laserresonatoren	14
2.6.2 CO <sub>2</sub> -Laserresonator	30
2.7 Verschleiß von Strahlführung- und Strahlformungskomponenten	34
2.7.1 Ermittlung des Absorption	35
2.7.2 Ermittlung der Verluste durch Streustrahlung	37
2.7.3 Leistungsverluste durch Strahlführungskomponenten	38
<b>3 Aufgabenstellung</b>	<b>41</b>
<b>4 Lösungsweg</b>	<b>42</b>
<b>5 Versuchstechnik</b>	<b>44</b>
5.1 Versuchsaufbau zur Untersuchung des Resonators	44
5.1.1 Charakterisierung des Nd:YAG-Lasers	44
5.1.2 Charakterisierung des CO <sub>2</sub> -Lasers	44
5.1.3 Sensoren zur Überwachung von Bogenlampen	45
5.1.4 Sensoren zur Überwachung von Resonatorentladungen im CO <sub>2</sub> -Laser	47
5.2 Versuchstechnik zur Untersuchung der Alterung von optischen Komponenten	49
5.2.1 Charakterisierung der transmissiven optischen Komponenten	49
5.2.2 Sensoren zur Überwachung von transmittiven optischen Komponenten	49
5.3 Fehlerbetrachtung	51
<b>6 Messdatenerfassungssystem für die Anlagenüberwachung</b>	<b>53</b>
6.1 Systemtechnik	53
6.2 Programmarchitektur	54
<b>7 Ergebnisse</b>	<b>58</b>
7.1 Alterung von Bogenlampen bei Nd:YAG-CW-Lasern	58

7.1.1	Konfiguration des Messdatenerfassungssystems	58
7.1.2	Validitätsprüfung der Messungen	60
7.1.3	Modellierung und Kennwertableitung	66
7.1.4	Optimierung für einen automatisierten Betrieb	69
7.1.5	Anwendung der Methode	72
7.2	Alterung von CO <sub>2</sub> in einem DC-Laserresonator	82
7.2.1	Konfiguration der Datenaufnahme	82
7.2.2	Validitätsprüfung der Messungen	83
7.2.3	Modellierung und Kennwertableitung	84
7.2.4	Optimierung für den automatisierten Betrieb	85
7.2.5	Anwendung der Methode	86
7.3	Verschmutzung von Schutzgläsern beim Schweißen mit einem Nd:YAG-Laser	89
7.3.1	Konfiguration der Datenaufnahmen	89
7.3.2	Validitätsprüfung der Messung	90
7.3.3	Modellierung und Kennwertableitung	92
7.3.4	Optimierung für den vollautomatisierten Betrieb	95
7.3.5	Anwendung der Methode	99
<b>8</b>	<b>Folgerung für die Praxis und Ausblick</b>	<b>103</b>
8.1	Zur Anlagenüberwachung von Nd:YAG-Bogenlampen	103
8.2	Zur Anlagenüberwachung von CO <sub>2</sub> -Laserresonatoren	106
8.3	Zur Anlagenüberwachung von Strahlführungskomponenten	107
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>109</b>
<b>10</b>	<b>Literatur</b>	<b>111</b>