

BERICHTE AUS DEM
INSTITUT FÜR
FERTIGUNGSTECHNIK
UND SPANENDE
WERKZEUGMASCHINEN
UNIVERSITÄT HANNOVER



PRODUKTIONSTECHNIK

Dipl.-Ing. Jens Weber, Offenbach

Einsatz von digitalen Reglermodulen für die lasergestützte Mikrobearbeitung

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

Nr. **444**

1 Einleitung	1
2 Stand der Technik und des Wissens	3
2.1 Mikrobearbeitung mit Hilfe von Laserstrahlquellen.....	3
2.1.1 Excimerlaser.....	3
2.1.2 Neodym-YAG-Laser.....	4
2.1.3 Vergleich von Excimer- mit frequenzvervierten Neodym-YAG-Lasern.....	5
2.1.4 Entwicklung eines frequenzvervierten Neodym-YAG-Lasers.....	6
2.2 Ansätze zur Stabilisierung der Pulsleistung von Neodym-YAG-Laserstrahlquellen.....	8
2.2.1 Regelung des Pumplampenstromes.....	8
2.2.2 Pulsregelung von Neodym-YAG-Laserstrahlquellen mittels Güteschalter.....	9
2.2.3 Injection-Seeding für Neodym-YAG Laserstrahlquellen.....	10
2.2.4 Diodenlasergepumpte Neodym-YAG-Laser.....	11
2.3 Stochastische Regelungsalgorithmen zur Pulsleistungsregelung.....	12
2.4 Schlußfolgerungen für die Pulsleistungsregelung von frequenzvervierten Neodym-YAG-Lasern.....	14
2.5 Statistische Methoden zur Implementierung stochastischer Regler.....	15
2.5.1 Bildung eines Signalmodells.....	15
2.5.2 Korrelationsanalyse.....	16
2.5.3 Identifikation von Systemkomponenten.....	17
3 Aufgabenstellung	22
4 Lösungsweg	23
5 Aufbau des Versuchsstandes	25
5.1 Auswahl eines Meßwertaufnehmers zur Detektion von UV-Laserpulsen.....	25
5.2 Digitalisierung des aufgenommenen Laserpulssignales.....	26
5.2.1 Untersuchte Verfahren zur Erfassung der Pulsleistung.....	26
5.2.2 Auswahl eines Digitalisierungsverfahrens.....	30
5.2.3 Entwicklung eines Spitzenwertdetektors für den frequenzvervierten Neodym-YAG-Laser.....	30
5.3 Stellglied zur Einstellung der Pulsleistung des Lasers.....	33
5.4 Analog-Digital-Schnittstellen zwischen dem Pulssignal und dem Rechner.....	34
6 Regelungstechnische Analyse der Systemkomponenten	36
6.1 Aufstellung eines Blockschaltbildes.....	36
6.2 Zusammenstellung statistischer Eigenschaften.....	39
6.3 Bestimmung der Struktur des Regelkreises.....	45
6.4 Identifikation des Störfilters mittels RLS-Verfahren.....	46
6.4.1 Ermittlung der Störfilterordnung.....	46
6.4.2 Digitale Hochpaßfilterung.....	47
6.4.3 Schätzung der Parameter des Störfilters.....	49
6.4.4 Ergebnisse der Identifikation des Störfilters.....	50
6.5 Identifikation des Prozeßmodells mit Hilfe der Sprungantwort.....	55

6.6 Identifikation des Prozeßmodells und des Störfilters mit RELS-Verfahren	57
6.7 Zusammenfassung der verwendeten Identifikationsverfahren	59
7 Auswahl und Implementierung von Regelungsalgorithmen.....	60
7.1 Implementierung eines diskreten P-Reglers.....	60
7.2 Implementierung von Minimalvarianzreglern mit konstanten Parametern.....	62
7.3 Implementierung von adaptiven Reglern	67
7.4 Simulation eines Kalman-Bucy-Filters	70
7.5 Vergleich der digitalen Regler mit dem Injection-Seeding-Verfahren	73
7.6 Vergleich der untersuchten Regler	75
8 Folgerungen für die Praxis	77
8.1 Auswahl von Bearbeitungsproben	77
8.2 Praktische Ergebnisse unter Einsatz verschiedener Regler	78
8.2.1 Ungeregelte Submikrometer-Bearbeitungsstation	78
8.2.2 Fester MV-IV-Regler	79
8.2.3 Adaptiver MV-IV-Regler.....	80
8.2.4 Vergleich mit dem Injection-Seeding-Verfahren	81
8.2.5 Vergleich der eingesetzten Verfahren	82
8.3 Bewertung des Verfahrens der digitalen Regelung.....	83
8.4 Weiterführende Entwicklungspotentiale	83
9 Zusammenfassung.....	85
10 Literaturverzeichnis.....	87