

Inhaltsverzeichnis

Kurzzusammenfassung	5
Abstract	7
Inhaltsverzeichnis	9
Verzeichnis verwendeter Symbole und Abkürzungen	13
1 Einleitung	17
2 Ziel und Vorgehensweise	19
3 Grundlagen	21
3.1 Überblick	21
3.2 CO ₂ -Laser und CO ₂ -Laserstrahlung	22
3.2.1 Funktionsprinzip	22
3.2.2 Aufbau und Funktion der verwendeten Lasieranlagen.....	24
3.2.3 Eigenschaften der verwendeten CO ₂ -Laser	27
3.2.4 Wechselwirkung Laserstrahl - Werkstoff.....	33
3.3 Quarzglas – Werkstoffeigenschaften und prozessrelevantes Verhalten	37
3.4 Temperaturerfassung – Methoden, Messgeräte, Einsatzkriterien	41
3.4.1 Prinzip der berührungslosen Temperaturmessung am Beispiel Pyrometer	41
3.4.2 Flächenhafte Temperaturmessung mittels Wärmebildkamera	45
3.4.3 Zur Temperaturmessung verwendete Geräte	46
3.5 Mechanisches Polieren von Glasoberflächen.....	47
3.5.1 Beschreibung des Verfahrens	47
3.5.2 Definition einer polierfähigen Oberfläche	49
3.5.3 Mechanische Vergleichs-Politur.....	50
3.6 Laserstrahlpolierprozess – Ausgangsbedingungen und Modellbeschreibung.....	51

3.6.1	Funktionsprinzip	51
3.6.2	Simulation der Laserstrahlpolitur	53
3.6.3	Thermische Nachbehandlung (Kühlkurve) der Proben nach der LSP.....	57
3.6.4	Einfluss von Viskosität und Oberflächenspannung	59
3.6.5	Betrachtungen zum Materialabtrag durch die Laserstrahlpolitur	61
4	Laserstrahlpolieren – experimenteller Aufbau	64
4.1	Anforderungen an den experimentellen Aufbau.....	64
4.2	CO ₂ -Laser mit Galvo-Scannersystem	66
4.2.1	Aufbau der Versuchsanlage.....	66
4.2.2	Scankonzepte – Strahlführung auf der Quarzglasoberfläche	67
4.2.3	Ermittlung relevanter Laserstrahlparameter	71
4.3	CO ₂ -Laser mit neu entwickeltem Piezo- Scannersystem.....	72
4.3.1	Aufgabenstellung für Piezo-Scannersystem	72
4.3.2	Spezielle Systemanforderungen	73
4.3.3	Auswahl, Entwicklung und FEM-Analyse des Piezoscansystems	74
4.3.4	Umsetzung und Erprobung des neuen Scannersystems.....	78
5	Experimente	80
5.1	Ablauf der Experimente.....	80
5.2	Probenvorbereitung durch Läppen	81
5.3	Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide	82
5.3.1	Begründung der Vorbearbeitung durch Schleifen	82
5.3.2	Statistische Versuchsplanung	83
5.3.3	Schleifen ebener Proben - Ergebnisse	85
5.3.4	Form- und Profilschleifen von 2 ¹ / ₂ D Konturen und Makrostrukturen.....	96
5.4	Laserstrahlpolieren.....	99

5.4.1	Erprobung und Optimierung der Temperaturerfassung	99
5.4.2	Versuchsplanung für das Laserstrahlpolieren	107
5.4.3	Ergebnis der Laserstrahlpolitur in den Probengruppen A, B und C	109
5.4.4	Optimierung der Laserstrahlpolitur für Gruppe C.....	119
5.4.5	Nomogramme – kombinierter Einfluss von Laserleistung und Vorschubgeschwindigkeit	124
6	Weitere Untersuchungen polierter Proben und Diskussion der Ergebnisse.....	126
6.1	Begründung für weitere Messungen an den Oberflächen.	126
6.2	Zusammenhang zwischen polierfähigen Oberflächen und Ergebnissen der LSP.....	127
6.3	Zusätzliche Charakterisierung und Bewertung der Oberflächen nach der LSP	129
6.3.1	Darstellung des Oberflächenprofils.....	129
6.3.2	Beeinflussung der Oberflächenqualität durch Fremdstoffe.....	138
6.3.3	Materialspannungen.....	142
6.4	Einfluss der LSP auf mechanische Eigenschaften der Quarzglasproben	146
6.4.1	Begründung der Untersuchungen.....	146
6.4.2	Oberflächenhärte.....	146
6.4.3	Biegebruchfestigkeit.....	148
6.5	Temperaturverteilungsanalyse	151
6.5.1	Zielstellung des Vergleichs der angewendeten Temperaturmessverfahren.....	151
6.5.2	Punkt- und linienförmige Temperaturmessung.....	151
6.5.3	Flächenhafte Temperaturmessung.....	153
6.5.4	Rückschlüsse von den Ergebnissen der Kameramessung auf die Pyrometrie	155

6.5.5	Möglichkeit eines temperaturgesteuerten Laserpolierprozesses	162
7	Verfahrensmodell.....	164
7.1	Prozessmodell und Einflussgrößen – erreichbare Qualität und Grenzen.....	164
7.2	Vergleich des Laserstrahlpolierens mit anderen Polierverfahren	167
8	Ausgewählte Applikationen.....	169
8.1	Prozesskette Linsenarray.....	169
8.2	Prozesskette Spritzgusswerkzeug-Formeinsatz	170
8.2.1	Test mit Probegeometrie aus Schleifuntersuchungen	170
8.2.2	Formeinsatz zum Spritzgießen von MID aus CNT-haltigen Polymerblends.....	172
8.3	LSP mit neu entwickeltem Piezoscanner.....	176
8.3.1	Untersuchungen auf ebenen Oberflächen	176
8.3.2	Laserstrahlpolitur von Prismen.....	180
9	Zusammenfassung	182
10	Quellenverzeichnis	186
10.1	Literatur	186
10.2	Betreute Arbeiten	191
11	Verzeichnis der Abbildungen.....	192
12	Verzeichnis der Tabellen.....	198