

1 Einleitung und Überblick

Laserstrahlquellen sind aufgrund der von ihnen erzeugten Laserstrahlung mit exzellenten räumlichen, spektralen sowie zeitlichen Eigenschaften eine zentrale Technologie, die nicht nur bestehende Anwendungen verbessert, sondern auch neue ermöglicht. Seit der Realisierung des Rubinlasers im Jahr 1960 wurden unterschiedlichste Laserkonzepte, beispielsweise basierend auf Gas-, Dioden- beziehungsweise Festkörperlaser entwickelt, um Applikationen in Anwendungsbereichen, wie der Materialbearbeitung, Medizintechnik, Messtechnik oder der Datenübertragung zu adressieren. Zum Erreichen hoher mittlerer Leistungen bei gleichzeitig exzellenter Strahlqualität hat sich vor allem der Faserlaser als zukunftsweisende Technologie herausgestellt. Seit dem Jahr 1990 ist die Ausgangsleistung von beugungsbegrenzten Faserlasern 20 Jahre lang exponentiell zugenommen, bis dieses Wachstum durch einen bei hohen Ausgangsleistungen signifikant werdenden thermischen, nichtlinearen Effekt, den transversalen Modeninstabilitäten, endete.

Um die Technologie Faserlaser weiterzuentwickeln und die Ausgangsleistung weiter zu skalieren, werden in dieser Arbeit zwei zentrale Ansätze untersucht:

1.: Durch die Variation der Kerngeometrie von Stufenindexfasern sollen Singlemode-Fasern entwickelt werden, in denen sowohl die Schwellleistungen nichtlinearer Effekte hoch sind als auch transversale Modeninstabilitäten unterdrückt sind (Abschnitt 4 und Abschnitt 5).

2.: Faser-Bragg-Gitter sollen zur Etablierung von komplett faserintegrierten Multimode-Faserresonatoren verwendet werden (Abschnitt 6). In einem solchen Resonator sind nichtlineare Effekte durch die hohe Anzahl an Moden unterdrückt und transversale Modeninstabilitäten haben aufgrund der ohnehin geringeren Strahlqualität einen vernachlässigbaren Einfluss. Dadurch können robuste Resonatoren mit hohen Ausgangsleistungen ermöglicht werden.

In Bild 1.1 ist die Vorgehensweise der folgenden Abschnitte dargestellt. In Abschnitt 2 werden der Stand der Technik und die daraus abgeleiteten Forschungsfragen vorgestellt und erläutert. In Abschnitt 3 werden die Grundlagen von Lichtleitfasern, Faserlasern, Faser-Bragg-Gitter, und die Simulationsmodelle dargestellt. In Abschnitt 4 werden Singlemode-Fasern mit rechteckiger Kerngeometrie analysiert. Zunächst werden theoretische Untersuchungen durchgeführt. Die zentralen Ergebnisse werden mithilfe von hergestellten Fasern experimentell nachgewiesen, wodurch die Simulation validiert wird. Zusätzlich zur Analyse der optischen Eigenschaften wird die Biegeempfindlichkeit unter Verwendung zusätzlicher Strukturen in der Faser analysiert. In Abschnitt 5 wird die validierte Simulation zur Entwicklung von Singlemode-Fasern mit ringförmiger Kerngeometrie verwendet. Dabei werden die modalen Eigenschaften von Singlemode-Fasern, sowie von Few-Mode Fasern erläutert und Anwendungsbeispiele einer solchen Faser diskutiert. Das in Abschnitt 4 experimentell validierte Konzept zur Beeinflussung der Biegeempfindlichkeit wird auf Fasern mit ringförmiger Kerngeometrie angewendet.

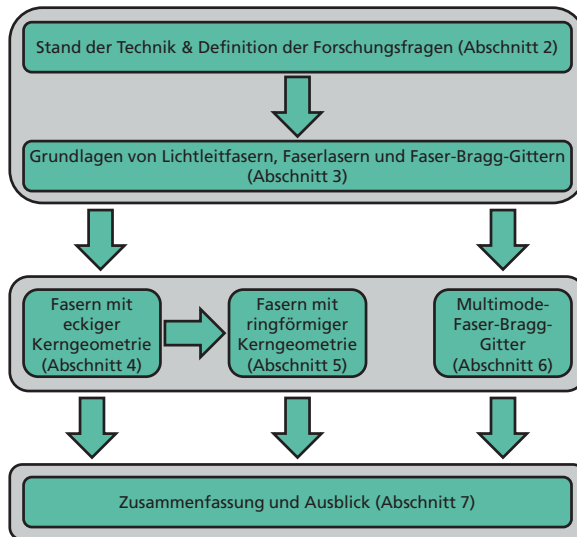


Bild 1.1: Vorgehensweise der folgenden Abschnitte innerhalb dieser Dissertation

In Abschnitt 6 wird der zweite Ansatz diskutiert: die Verwendung von Faser-Bragg-Gittern in Multimode-Fasern. Dazu werden zunächst die grundlegenden physikalischen Eigenschaften, Möglichkeiten zur Beeinflussung der Strahlqualität und Ansätze zur Herstellung von hochreflektierenden Multimode-Faser-Bragg-Gittern diskutiert. Mithilfe von ausgewählten, zentralen Experimenten werden die zuvor dargestellten theoretischen Erkenntnisse experimentell validiert. Abschließend werden aus den Ergebnissen resultierende Resonatorkonzepte vorgestellt und erläutert. In Abschnitt 7 werden abschließend die zentralen Ergebnisse zusammengefasst und mögliche, auf diese Dissertation folgende Schritte vorgestellt.