



Abbildung 1.2.: Supergaußfaktor und Aspektverhältnis verschiedener Strahlquellen (magenta) sowie typische Anforderungen von Applikationen für Hochleistungslaser (blau). Die in dieser Arbeit diskutierten Beispielapplikationen sind durch gelbe Punkte gekennzeichnet. Die im Folgenden vorgestellten Optikkonzepte erlauben eine Vergrößerung der beiden Parameter Aspektverhältnis und Supergaußfaktor (dargestellt durch den Pfeil).

In Abbildung 1.2 sind in einem zweidimensionalen Raum, der durch die beiden Parameter Supergaußfaktor¹ und Aspektverhältnis aufgespannt wird, typische Strahlquellen und Applikationen dargestellt. Die Parameter Pulsbarkeit, Wellenlänge sowie Ausgangsleistung bleiben an dieser Stelle unberücksichtigt, da diese im Kontext dieser Arbeit lediglich die Auswahl der Maßnahmen zur Änderung der Strahleigenschaften beeinflussen. Somit stellt der Graph die Projektion des fünfdimensionalen auf den zweidimensionalen Raum dar. Wie zu erkennen ist, sind die Eigenschaften der Strahlquellen, die Laserleistungen im Bereich über 1000 W emittieren², sowohl hinsichtlich ihrer erreichten Homogenität als auch ihres Aspektverhältnisses deutlich eingeschränkt. So verfügt die von Diodenlasern emittierte Laserstrahlung über ein verglichen mit Faser- und Festkörperlasern großes Aspektverhältnis, was jedoch durch das asymmetrische Abstrahlverhalten und die Kombination einzelner Emittier zur Leistungsskalierung relativiert wird. Im Hinblick auf den Supergaußfaktor von Diodenlasern ist zu berücksichtigen, dass diese Quellen nur in einer Richtung in der Regel eine Verteilung mit einem Supergaußfaktor zwischen 4 und 6 aufweisen, diese Verteilung aber keine Tophatverteilung ist, was die Verwendbarkeit ohne optische Elemente weiter einschränkt.

Bei Faser- und Festkörperlasern kann durch Einsatz einer Rechteckfaser [9] bei einer ausreichend großen Modenzahl der verwendeten Strahlquelle eine Tophatverteilung mit großem Supergaußfaktor erreicht werden, jedoch sind solche Rechteckfasern in ihrem Aspektverhältnis limitiert, da andernfalls eine unerwünscht große bzw. kleine Ausdehnung des Faserkerns in einer Richtung auftritt. Diese Einschränkung lässt sich auch durch den Einsatz anamorphotischer Optiken nur bedingt umgehen.

Wie in Abbildung 1.2 dargestellt, werden für viele aktuelle Applikationen entweder große Aspektverhältnisse, große Supergaußfaktoren oder eine Kombination beider Eigenschaften gefordert. So ist beim Reinigen eine breite Linie mit in Vorschubrichtung kleiner Ausdehnung vorteilhaft, woraus ein großes Aspektverhältnis von ungefähr 100 resultiert. Beim Härten werden moderate Anforderungen an die Homogenität (Supergaußfaktor ≈ 10) und das Aspektverhältnis (ebenfalls ≈ 10) gestellt, wobei die Homogenität lediglich quer zur Vorschubrichtung notwendig ist. Belichtungsapplikationen, worunter auch Maskenbelichtungsverfahren fallen, stellen in der Regel vergleichsweise hohe Anforderungen an die Homogenität und somit an den Supergaußfaktor. In der vorliegenden Arbeit werden Verfahren zur Vergrößerung des Aspektverhältnisses und des Supergaußfaktors für inkohärente Strahlquellen untersucht.

1.2.1. Systematik der Einflussgrößen

Abbildung 1.3 zeigt das ISHIKAWA-Diagramm für die Erzeugung prozessangepasster Leistungsdichteverteilungen, in dem systematisch die relevanten Einflussfaktoren zusammen-

¹ Der Supergaußfaktor wird in Formel (2.3) auf Seite 14 eingeführt; s. auch [67].

² An dieser Stelle werden lediglich Strahlquellen mit einer Wellenlänge kleiner als 2000 nm berücksichtigt, da insbesondere bei CO₂-Lasern wegen der fehlenden hochbelastbaren und -transmissiven optischen Elemente die Strahlformung in der Regel mit reflektiven optischen Elementen durchgeführt wird. Der Einsatz von polykristallinem Diamant ist grundsätzlich möglich (s. [45]), allerdings ist dies aus Kostengründen kein Standardmaterial.