

# Linsenlose digitale holographische Mikroskopie-Systeme und ihre Anwendungen

Dipl.-Ing. Adamou Adinda-Ougba

Die digitale Holographie wird hauptsächlich in der Mikroskopie und in der optischen Messtechnik eingesetzt. Die Aufzeichnung der Phase zusätzlich zur Amplitude ist eine besonders wichtige Information, die den Unterschied der digitalen holographischen Systeme zu den klassischen Technologien in diesen Anwendungsgebieten ausmacht. Die Möglichkeit der quantitativen Phasenauswertung hat beispielsweise die Phasenkontrastmikroskopie revolutioniert. In der optischen Messtechnik wird die Phaseninformation verwendet, um die Topographie von Strukturen mit einem Höhenprofil im Nanometerbereich zu vermessen. Der Stand der Technik in der digitalen Holographie ist also soweit fortgeschritten, dass sie in vielen Anwendungsgebieten eingesetzt werden kann. Jedoch führt die nötige Verwendung von Linsen nicht nur zu optischen Abbildungsfehlern, sondern auch zu teuren, komplexen und großen Aufbauten. Dadurch beschränkt sich der Einsatz der derzeit auf dem Markt verfügbaren Geräte, die digitale Holographie einsetzen, auf den wissenschaftlichen Bereich. Diese Arbeit soll dazu beitragen, Anwendern mit begrenzten Ressourcen den Zugang zu digitalen holographischen Systemen zu erleichtern. Dazu werden linsenlose digitale holographische Systeme verwendet. Sie kommen mit weniger Komponenten aus und heben somit die oben genannten Nachteile der linsen-basierten Systeme auf.

Obwohl linsenlose Systeme sehr einfach aufgebaut werden können, wird im konventionellen Ansatz eine Lochblende zur Erzeugung einer divergenten Beleuchtung verwendet, was eine hohe Präzision bei der Justage des Aufbaus erfordert. In dieser Arbeit wird der Fokus auf die Verwendung einer Laserdiode als Beleuchtung für diese Systeme gelegt. Die Laserdiode erzeugt bedingt durch ihren Aufbau bereits den für linsenlosen Systeme nötigen divergenten Strahl, sodass keine Lochblende mehr nötig ist. Dadurch können diese Systeme sehr einfach, kompakt und preiswert aufgebaut werden.

Die Prototypen der linsenlosen digitalen holographischen Mikroskopie-Systeme wurden in Transmissions- und in Reflektionsgeometrie aufgebaut und auf ihre Anwendungsmöglichkeiten hin untersucht. Die Ergebnisse des Systems in der Transmissionsgeometrie zeigen sein Potenzial in biomedizinischen Anwendungen bei Untersuchungen an Blutaussstrich, Sperma und Diatomeen. Außerdem können Mikropartikel erfolgreich charakterisiert werden. Die quantitative Phasenauswertung mit diesem System wird anhand von Gräben in transparentem Material demonstriert. Die topographische Vermessung von mikroelektronischen Bauelementen im Nanometerbereich wird mit dem System in der Reflektionsgeometrie gezeigt. Die laterale Auflösung dieser Systeme ist durch die Pixelgröße des verwendeten CMOS-Sensors auf ca. 2  $\mu\text{m}$  begrenzt. Bevor eine neue Generation von CMOS/CCD-Sensoren mit kleineren Pixeln erhältlich ist, könnten bereits jetzt die *pixel-super resolution* Methoden dazu beitragen, noch höhere laterale Auflösung zu erreichen. Die aufgebauten Systeme können somit dort eingesetzt werden, wo normalerweise viel teurere und größere Geräte verwendet werden müssen. Damit leistet diese Arbeit einen wichtigen Beitrag, die digitale Holographie aus der Forschung in die Massenanwendung zu überführen.