

Technische Universität Ilmenau  
Fakultät für Maschinenbau  
Fachgebiet Technische Optik

## Versuchsanleitung

# Praktikumsversuch „Spezielle holografische Verfahren zur Weißlichtholografie“

	Name:	Vorname:	Stud.-Nr.:	Note:
Bearbeiter:	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....
Betreuer:	.....			
Ort, Datum:	.....			

# 1 Ziel des Versuchs

Der Praktikumsversuch dient dazu, mit Komponenten und Arbeitstechniken in der Holografie vertraut zu werden. Dabei sollen Sie Verfahren zur Aufnahme und Rekonstruktion von verschiedenen Typen von Weißlichthologrammen kennen lernen.

## 2 Versuchsvorbereitung

- 2.1 Informieren Sie sich über folgende Begriffe und Prinzipien:  
Kohärenz, Kohärenzlänge, Interferenz, Beugung am Gitter, Huygens'sches Prinzip, Bildentstehung bei Holografie, Objektwelle, Referenzwelle, Bildebenenhologramm, Regenbogenhologramm, Reflexionshologramm
- 2.2 Worin besteht der Unterschied in den Eigenschaften von Fotografien und Hologrammen? Was passiert beim Zerschneiden eines Hologramms?
- 2.3 Warum wird zur Aufnahme von Hologrammen monochromatisches Licht benötigt?
- 2.4 Berechnen Sie die Gitterkonstante des holografischen Gitters, das mit Anordnung aus Abbildung 1 erzeugt wurde.  
 $\lambda=632,8\text{nm}$  (HeNe-Laser)  
 $\varphi=60^\circ$   
Objekt- und Referenzwelle seien eben.  
Verdeutlichen Sie Ihre Überlegungen anhand einer Skizze!

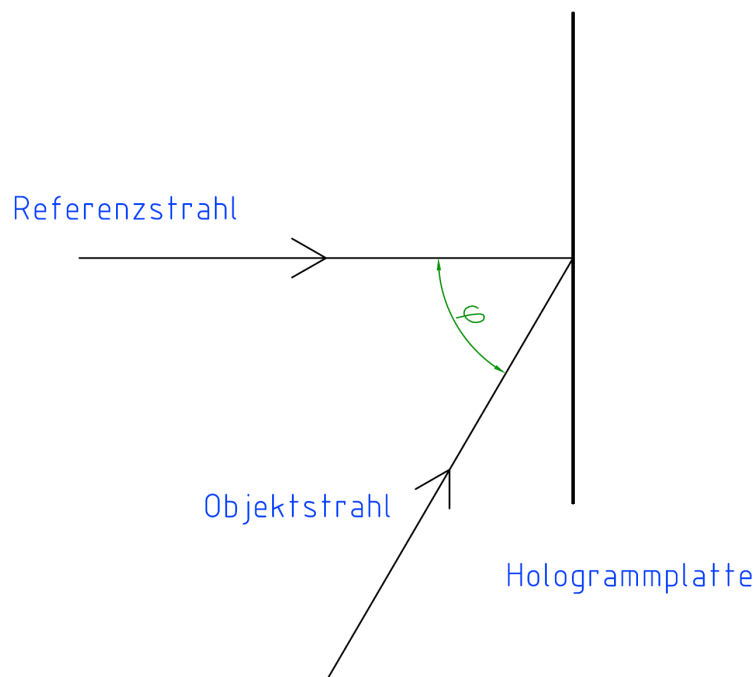


Abbildung 1: Anordnung zur Aufnahme eines holografischen Gitters

- 2.5 Welche Eigenschaften hat ein pseudoskopisches Bild?**
- 2.6 Was sind Bildebenen hologramme? Warum können sie in weißem Licht betrachtet werden?**
- 2.7 Was sind Regenbogenhologramme? Wie kommt deren Farbigkeit zustande?**
- 2.8 Erklären Sie die Besonderheiten bei der Aufzeichnung und Rekonstruktion von Reflexionshologrammen! Warum können sie in weißem Licht betrachtet werden?**

### **3 Allgemeine Hinweise zur Versuchsdurchführung**

Folgen Sie stets den Anweisungen Ihres Betreuers.

#### **3.1 Vorbereitungen:**

**Schauen Sie niemals direkt in den Laserstrahl!** Tragen Sie die am Versuchsplatz ausgelegten Schutzbrillen! Schalten Sie den Laser ein, in dem Sie den Schlüssel am Netzteil auf Position 1 drehen. Schalten Sie den Laser aus, nachdem alle Versuche durchgeführt wurden. Setzen Sie sich nicht hin, solange der Laser in Betrieb ist und achten Sie darauf, Ihre Augen zu schützen, wenn Sie sich bücken.

Bauen Sie die Versuchsanordnung laut Anleitung auf. Gehen Sie bitte mit den empfindlichen Geräten sorgsam um und vermeiden Sie es, optisch wirksame Flächen zu berühren. Vergewissern Sie sich, dass alle Komponenten fest mit dem Tisch verbunden und justiert sind; entfernen Sie alle Abdeckungen aus dem Strahlengang. Achten Sie darauf, dass die Tischplatte frei schwimmt und nicht auf einem der Träger aufliegt. Stellen Sie den Shutter auf die gewünschte Belichtungszeit ein und testen Sie kurz die Funktion. Schalten Sie die Grünlichtlampe ein und löschen Sie alle anderen Lichtquellen.

#### **3.2 Belichtung:**

Nachdem Sie den Raum mit Ausnahme des Grünlichtes **völlig abgedunkelt** haben, öffnen Sie die Box mit den unbelichteten Hologrammplatten. Entnehmen Sie eine Platte und verschließen Sie die Kiste sofort wieder. Ertasten Sie die beschichtete Seite, diese fühlt sich ein wenig klebrig an. Achten Sie beim Einsetzen der Platte in die Halterung darauf, dass die beschichtete Seite in Richtung des Objektes zeigt. Diese Handgriffe sollten Sie vorher bei Licht einige Male geübt haben, damit Sie sie auch im Dunkeln sicher beherrschen. Entfernen Sie sich nun vom Tisch und lassen Sie diesen 3 – 5 Minuten ausschwingen. Betätigen Sie den Auslöser des Shutters und vermeiden Sie während der Belichtung jegliche Bewegung oder Geräusche, um den Aufbau nicht zu beeinflussen. Nach der Belichtung entnehmen Sie die Platte und stellen sie in die am Versuchsort bereitgestellte Transportbox. Erst nachdem Sie diese sicher verschlossen haben, können Sie das Licht wieder einschalten.

#### **3.3 Entwicklung:**

Nutzen Sie die ausliegenden Gummihandschuhe und geben Sie Entwickler, Stoppbad und Fixierer in die dafür vorgesehenen Schalen. Achten Sie darauf, dass weder der Unterbrecher noch der Fixierer in die Entwicklerflüssigkeit gelangen, da schon wenige Tropfen schaden. Verdunkeln Sie auch diesen Raum, nur die Grünlichtlampe darf eingeschaltet sein. Entnehmen Sie nun die belichtete Hologrammplatte der Transportbox. Bewegen Sie die Platte für 3 Minuten in der Entwicklerflüssigkeit bis eine gleichmäßige Schwärzung eintritt. Anschließend wechseln Sie für eine Minute ins Stoppbad, auch hier müssen Sie die Platte ständig bewegen. Schwenken Sie



oder die 0. Beugungsordnung auf die Platte fallen. Nutzen Sie evtl. die schwarzen Pappen zur Abschattung. Halten Sie den Beleuchtungswinkel für das Masterhologramm möglichst genau ein. Gelingt es Ihnen den exakten Winkel der Aufnahme nachzubilden, liefert das Master das hellste und schärfste Bild. Objekt- und Referenzstrahl sollten in etwa die gleiche Intensität aufweisen. Nutzen Sie gegebenenfalls die vorhandenen Graufilter.

Wählen Sie eine Belichtungszeit von 15 s.

#### Auswertung

Betrachten Sie das Hologramm im Durchlicht unter dem weißen Licht der Tischlampe im Labor. Um das Bild leichter zu finden, sollte der Beleuchtungswinkel etwa mit dem des Referenzstrahls während Ihrer Aufnahme übereinstimmen. Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen über Farbe, Größe, Lichtstärke und Räumlichkeit des Bildes. Vergleichen Sie diese mit der Betrachtung bei Beleuchtung mit Laserlicht (Achtung: Schauen Sie niemals direkt in den Laserstrahl!) und (soweit möglich) mit Sonnenlicht. Ist bei Betrachtung in Reflexion auch ein Bild erkennbar? Was sind die Unterschiede zu dem Bild in Transmission. Versuchen Sie auch hier alle drei möglichen Lichtquellen. Erklären Sie kurz Ihre Beobachtungen.

#### 4.1.2 Bildebenenreflexionshologramm

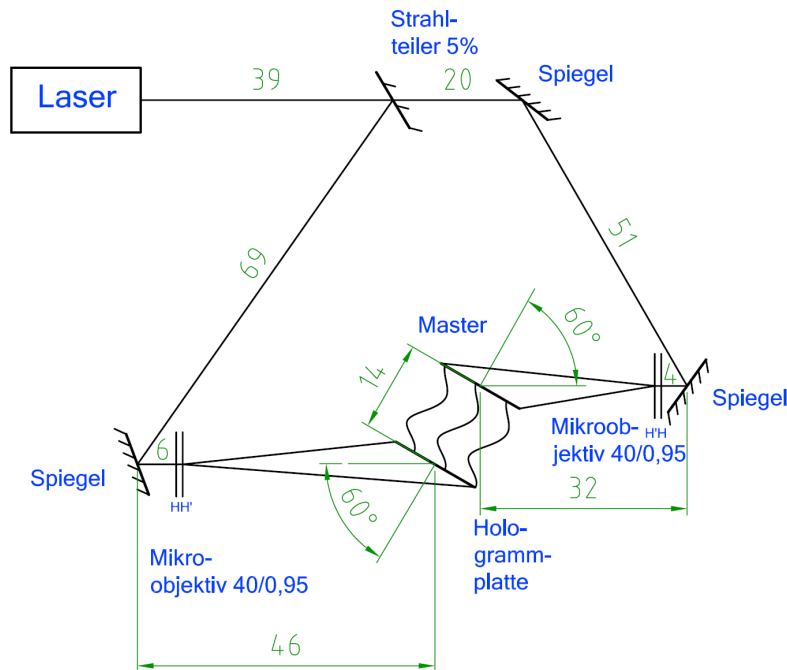


Abbildung 3: Anordnung zur Aufnahme eines Bildebenenreflexionshologramms

#### Aufbau

Bauen Sie die Anordnung entsprechend Abb. 3 auf. Beginnen Sie mit der Ausrichtung der beiden Hologrammplatten, da sich Fehler in diesem Bereich am stärksten auf das Hologramm auswirken. Um den Plattenabstand einzustellen, beleuchten Sie das Masterhologramm mit dem aufgeweiteten Laserstrahl unter dem angegebenen Winkel und fangen Sie das entstehende Bild auf einem Schirm auf (ein Bogen weißes Papier genügt). Um ein reelles Bild zu erhalten, muss die Platte von der Seite beleuchtet werden, auf der sich kein Aufkleber befindet. Suchen Sie die Bildebene, indem Sie den Schirm solange verschieben, bis Sie die größte Schärfe für den Hals des Schwans erreicht haben und stellen Sie dort den Halter für die zweite Hologrammplatte auf. Beide sollten möglichst parallel sein. Achten Sie darauf, dass kein Streulicht oder die 0. Beugungsordnung auf die Platte fallen. Nutzen Sie evtl. die schwarzen Pappen zur

Abschattung. Halten Sie den Beleuchtungswinkel für das Masterhologramm möglichst genau ein. Gelingt es Ihnen den exakten Winkel der Aufnahme nachzubilden, liefert das Master das hellste und schärfste Bild. Objekt- und Referenzstrahl sollten in etwa die gleiche Intensität aufweisen. Nutzen Sie gegebenenfalls die vorhandenen Graufilter.

Wählen Sie eine Belichtungszeit von 15 s.

#### Auswertung

Betrachten Sie das Hologramm in Reflexion unter dem weißen Licht der Tischlampe im Labor. Um das Bild leichter zu finden, sollte der Beleuchtungswinkel etwa mit dem des Referenzstrahls während Ihrer Aufnahme übereinstimmen. Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen über Farbe, Größe, Lichtstärke und Räumlichkeit des Bildes. Vergleichen Sie diese mit der Betrachtung bei Beleuchtung mit Laserlicht (Achtung: Schauen Sie niemals direkt in den Laserstrahl!) und (soweit möglich) mit Sonnenlicht. Ist bei Betrachtung im Durchlicht auch ein Bild erkennbar? Was sind die Unterschiede zu dem Bild in Reflexion. Versuchen Sie auch hier alle drei möglichen Lichtquellen. Erklären Sie kurz Ihre Beobachtungen.

### 4.1.3 Regenbogenhologramm

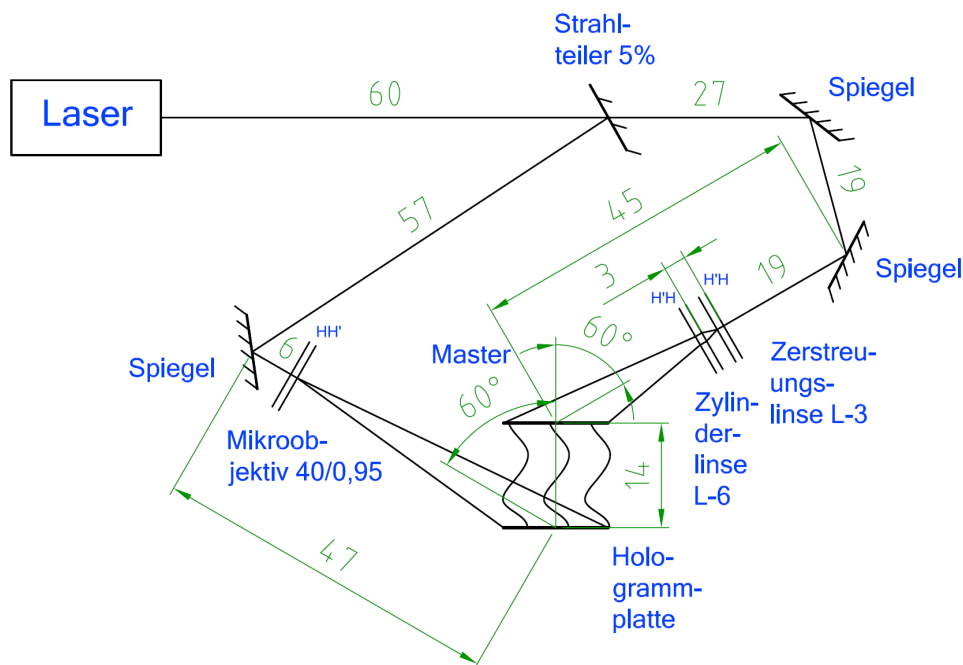


Abbildung 4: Anordnung zur Aufnahme eines Regenbogenhologramms

#### Aufbau

Bauen Sie die Anordnung entsprechend Abb. 4 auf. Beginnen Sie mit der Ausrichtung der beiden Hologrammplatten, da sich Fehler in diesem Bereich am stärksten auf das Hologramm auswirken. Um den Plattenabstand einzustellen, beleuchten Sie das Masterhologramm mit dem aufgeweiteten Laserstrahl unter dem angegebenen Winkel und fangen Sie das entstehende Bild auf einem Schirm auf (ein Bogen weißes Papier genügt). Um ein reelles Bild zu erhalten, muss die Platte von der Seite beleuchtet werden, auf der sich kein Aufkleber befindet. Suchen Sie die Bildebene, indem Sie den Schirm solange verschieben, bis Sie die größte Schärfe für den Hals des Schwans erreicht haben und stellen Sie dort den Halter für die zweite Hologrammplatte auf. Beide sollten möglichst parallel sein. Achten Sie darauf, dass kein Streulicht oder die 0. Beugungsordnung auf die Platte fallen. Nutzen Sie evtl. die schwarzen Pappen zur Abschattung. Justieren Sie die Zerstreuungslinse und die Zylinderlinse so, dass Sie auf

dem Master einen etwa 5 mm hohen, waagerechten Streifen des Laserlichtes mit etwa konstanter Helligkeit erhalten. Dieser sollte die gesamte Breite der Platte ausleuchten. Halten Sie den Beleuchtungswinkel für das Masterhologramm möglichst genau ein. Gelingt es Ihnen den exakten Winkel der Aufnahme nachzubilden, liefert das Master das hellste und schärfste Bild. Objekt- und Referenzstrahl sollten in etwa die gleiche Intensität aufweisen. Nutzen Sie gegebenenfalls die vorhandenen Graufilter.

Wählen Sie eine Belichtungszeit von 15 s.

#### Auswertung

Betrachten Sie das Hologramm im Durchlicht unter dem weißen Licht der Tischlampe im Labor. Um das Bild leichter zu finden, sollte der Beleuchtungswinkel etwa mit dem des Referenzstrahls während Ihrer Aufnahme übereinstimmen. Bewegen Sie die Platte leicht in verschiedene Richtungen und beschreiben Sie Ihre Beobachtungen über Farbe, Größe, Lichtstärke und Räumlichkeit des Bildes. Vergleichen Sie diese mit der Betrachtung bei Beleuchtung mit Laserlicht (Achtung: Schauen Sie niemals direkt in den Laserstrahl!) und (soweit möglich) mit Sonnenlicht. Ist bei Betrachtung in Reflexion auch ein Bild erkennbar? Was sind die Unterschiede zu dem Bild in Transmission. Versuchen Sie auch hier alle drei möglichen Lichtquellen. Erklären Sie kurz Ihre Beobachtungen.

## 4.2 Reflexionshologramm

### 4.2.1 Einstrahlreflexionshologramm

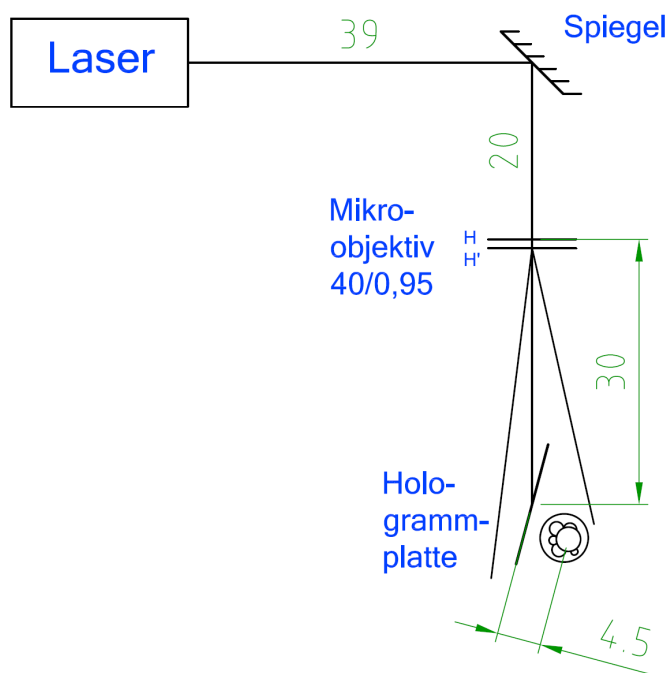


Abbildung 5: Anordnung zur Aufnahme eines Einstrahlreflexionshologramms

#### Aufbau

Bauen Sie die Versuchsanordnung auf, wie es Abb. 5 zeigt. Wählen Sie ein relativ kleines Objekt für dieses Experiment und positionieren Sie es so nah wie möglich an der Hologrammplatte. Achten Sie darauf, dass das Objekt gleichmäßig vom Laserstrahl ausgeleuchtet wird. Sie können die Perspektive des späteren Hologramms überprüfen, indem Sie das Motiv durch den Halter für die Hologrammplatte betrachten. Versuchen Sie, den Winkel, unter dem der Laserstrahl auf die Platte fällt, auf etwa  $54^\circ$  einzustellen.

Wählen Sie eine Belichtungszeit von 6 s.

#### Auswertung

Betrachten Sie das Hologramm in Reflexion unter dem weißen Licht der Tischlampe im Labor. Um das Bild leichter zu finden, sollte der Beleuchtungswinkel etwa mit dem des Referenzstrahls während Ihrer Aufnahme übereinstimmen. Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen über Farbe, Größe, Lichtstärke und Räumlichkeit des Bildes. Vergleichen Sie diese mit der Betrachtung bei Beleuchtung mit Laserlicht (Achtung: Schauen Sie niemals direkt in den Laserstrahl!) und (soweit möglich) mit Sonnenlicht. Ist bei Betrachtung im Durchlicht auch ein Bild erkennbar? Was sind die Unterschiede zu dem Bild in Reflexion. Versuchen Sie auch hier alle drei möglichen Lichtquellen. Erklären Sie kurz Ihre Beobachtungen.

#### 4.2.2 Zweistrahlreflexionshologramm

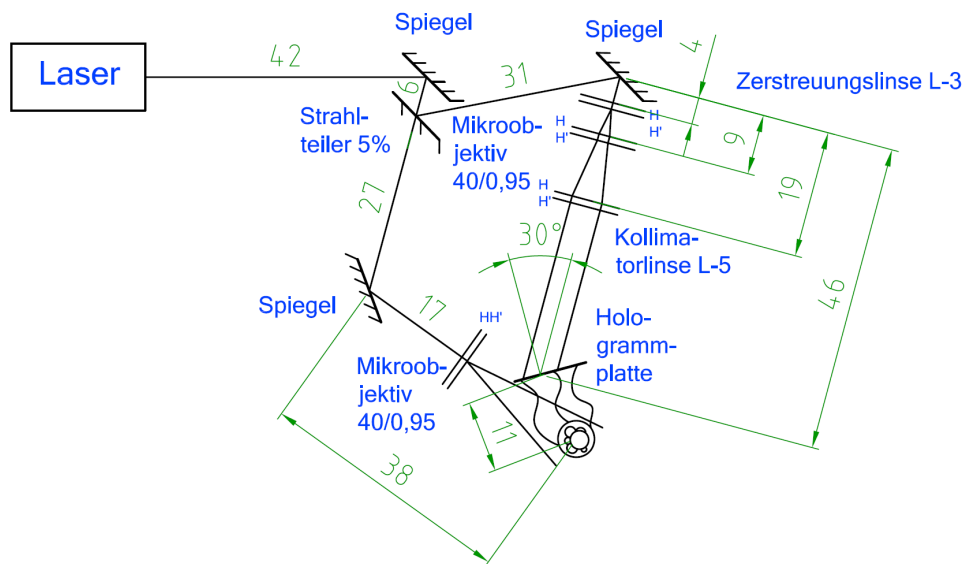


Abbildung 6: Anordnung zur Aufnahme eines Zweistrahlreflexionshologramms

#### Aufbau

Bauen Sie die Versuchsanordnung auf, wie es Abb. 6 zeigt. Wählen Sie eines der ausliegenden Objekte und positionieren Sie es in ca. 12 cm Entfernung von der Hologrammplatte. Achten Sie darauf, dass das Objekt gleichmäßig vom Laserstrahl ausgeleuchtet wird. Sie können die Perspektive des späteren Hologramms überprüfen, indem Sie das Motiv durch den Halter für die Hologrammplatte betrachten. Objekt- und Referenzstrahl sollten in etwa die gleiche Intensität aufweisen. Nutzen Sie gegebenenfalls die vorhandenen Graufilter zum Ausgleich. Falls Streulicht auftreten sollte, können Sie dieses mit den schwarzen Pappen abschatten.

Wählen Sie eine Belichtungszeit von 6 s.

#### Auswertung

Betrachten Sie das Hologramm in Reflexion unter dem weißen Licht der Tischlampe im Labor. Um das Bild leichter zu finden, sollte der Beleuchtungswinkel etwa mit dem des Referenzstrahls während Ihrer Aufnahme übereinstimmen. Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen über Farbe, Größe, Lichtstärke und Räumlichkeit des Bildes. Vergleichen Sie diese mit der Betrachtung bei Beleuchtung mit Laserlicht (Achtung: Schauen Sie niemals direkt in den Laserstrahl!) und (soweit möglich) mit Sonnenlicht. Ist bei Betrachtung im Durchlicht auch ein Bild erkennbar? Was sind die Unterschiede zu dem Bild in Reflexion.

ein Bild erkennbar? Was sind die Unterschiede zu dem Bild in Reflexion. Versuchen Sie auch hier alle drei möglichen Lichtquellen. Erklären Sie kurz Ihre Beobachtungen.

## Literatur

- [JOH06] John, K.; Ellmer, U., Praktikumsversuch „Spezielle holografische Verfahren zur Weißlichtholografie“ – kritische Durchführung, Verbesserung, Erweiterungen und Musterprotokoll, TU Ilmenau, 2006
- [NEW] Fa. Newport, Anleitung: Projects in Holography
- [ACK93] Ackermann, G.; Eichler, J., Holographie, Springer Verlag, Berlin, 1993
- [OST89] Ostrowski, Ju. I., Holografie - Grundlagen, Experimente und Anwendungen, Harri Deutsch Verlag, Frankfurt, 1989
- [TRE87] Treiber, W., Holografie, Frech Verlag, Stuttgart, 1987