

Einseitenband-Holographie

KARL-JOSEPH HANSZEN, Braunschweig

Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt
(Z. Naturforsch. **24** a, 1849 [1969]; eingegangen am 4. Oktober 1969)

GABOR¹ betrachtete das von einer fehlerhaften Linse entworfene Bild eines kohärent beleuchteten Objektes als *Hologramm*. Setzt man letzteres an Stelle des Objektes in den Abbildungsstrahlengang, so erhält man als Bild eine *Rekonstruktion*, die dem Objekt ähnlicher als das Hologramm ist. Kontrastübertragungstheoretische Überlegungen und Experimente zeigten², daß Holographie und nachfolgende Rekonstruktion zu einer Übertragungsfunktion führen, die das Quadrat der Übertragungsfunktion der Einzelschritte und daher positiv definit ist. Sie besitzt jedoch Ortsfrequenzlücken, da die Übertragungsfunktion der Einzelschritte Nulldurchgänge hat.

Blendet man im ersten Schritt eine Seite des Beugungsbildes unter Ausschluß des Nullstrahls weg, so erhält man, wie früher gezeigt wurde³, eine komplexe Übertragungsfunktion von konstantem Betrag. Sie besitzt insbes. keine Nullstellen. Daher hat das Einseitenband-Hologramm keine Frequenzlücken. Die Linsenfehler bewirken jetzt Lateralverschiebungen der Ortsfrequenzen. Diese kann man kompensieren, indem man im Rekonstruktionsschritt eine Übertragungsfunktion anwendet, die konjugiert komplex zur Übertragungsfunktion des ursprünglichen Schrittes ist. Eine solche Übertragungsfunktion wird verwirklicht, indem beim zweiten Schritt abgedeckter und ungedeckter Teil der abgelenkten Strahlen vertauscht wird⁴ (und bei der Re-

konstruktion eines amplitudenmodulierten Hologramms von einem Phasenobjekt außerdem der Nullstrahl um 90° phasenverschoben wird). Man erhält so eine Gesamtübertragungsfunktion ohne Frequenzlücken, deren Betrag allerdings viermal kleiner ist als der Maximalbetrag, den die ohne Ausblenden realisierbaren Übertragungsfunktionen annehmen. Daher ist eine Schwächung des Nullstrahles zum Zwecke der Kontrastverstärkung angezeigt.

Besondere Bedeutung hat diese Art der Holographie für die Hochauflösungs-Elektronenmikroskopie. Als erster Schritt zählt hier die elektronenmikroskopische Abbildung, die aber im Unterschied zu den üblichen Verfahren gewonnen wird, indem eine Seite des elektronenmikroskopischen Beugungsbildes nach den obigen Angaben ausgeblendet wird. Diese Aufnahme wird dann, wie vorhin beschrieben, lichtoptisch rekonstruiert und damit der Einfluß des Öffnungsfehlers beseitigt.

Einen ersten Beweis für die Brauchbarkeit des Verfahrens zeigen die Versuche von Abb. 1*.

Die übertragungstheoretische Behandlung des Problems ist an die Bedingung des *reinen* schwachen Phasen- oder Amplitudenobjektes geknüpft. Dieser Fall liegt in der Höchstauflösungs-Elektronenmikroskopie meist vor. Dann ist es also nicht erforderlich, den Vorschlag von HOPPE⁵ aufzugreifen und beide Einseitenband-Aufnahmen zur Rekonstruktion heranzuziehen. Eine Rekonstruktion solcher Art würde erhebliche apparative Erschwernisse bringen. Aus der Einseitenband-Rekonstruktion gemischter Objekte dagegen kann nicht eindeutig auf Amplituden- und Phasenanteil im Objekt geschlossen werden. Eine ausführliche Veröffentlichung ist in Vorbereitung.

¹ D. GABOR, insbes. Nature **161**, 777 [1948]; Proc. Phys. Soc. London B **64**, 449 [1951].

² K.-J. HANSZEN, Electron Microscopy, Proc. 4th European Conf., Rome 1968, Vol. I, S. 153; ausführliche Veröffentlichung in Vorbereitung.

³ K.-J. HANSZEN u. B. MORGENSTERN, Z. Angew. Phys. **19**, 215 [1965]; insbes. Gln. (35 a) und (35 b).

⁴ Ein sehr früher, experimentell nicht verwirklichter Vorschlag zur Einseitenband-Holographie stammt von A. LOHMANN, Optica Acta **3**, 97 [1956]. Hier wurde allerdings die Tat-

sache übersehen, daß im allgemeinen Fall, insbesondere bei Linsensystemen mit Öffnungsfehler, in obigem *Rekonstruktionsstrahlengang* beide Seitenbänder nicht gleichwertig sind.

* Abb. 1 siehe Tafel S. 1850 a.

⁵ W. HOPPE, Vortrag auf der gemeinsamen Tagung der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft für Ultrastrukturforschung und der Deutschen Gesellschaft für Elektronenmikroskopie am 25. 9. 1969 in Wien.



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.