

## **Beugung von Licht an Spalt und Hindernis**

Helmut Nieke

### Zusammenfassung

Eingangs wird gezeigt, daß sich die Beugungsfigur der Halbebene aufbaut, und erst in einer Entfernung von  $\sim 10^5 \lambda$  (bei paralleler Einstrahlung) tritt die bekannte Form auf. In einer Schlierenapparatur nach Abbe liefern Spalt und Hindernis gleicher Abmessung als Bilder beidseitig jedes Kantenbildes einen Doppelstreifen ( $< 0,1$  mm breit) mit einem schmalen dunklen Zwischenstreifen. Gebeugtes Licht scheint also aus analogen Gebieten zu kommen. Ohne Schlierenapparatur entstehen kantensymmetrisch vertauscht (nur in Spezialfällen gleich) die gleichen Beugungsfiguren mit inneren und äußeren Beugungsstreifen. Generelle Bemerkungen über innere und äußere Beugungsstreifen ergänzen die Arbeit.

## **Diffraction of Light at Slit and Hindrance**

### Abstract

As introduction is described that the diffraction figure of the half-plane is building up, and first in a distance of  $\sim 10^5 \lambda$  appears (by parallel incident light) the accustomed figure. Slit and hindrance of same dimensions have as images in a schlieren apparatus by Abbe on both sides of every edge-image a double-stripe (breadth  $< 0.1$  mm) with a small dark space. That means that bent light seems to come out of analogous spheres. Without schlieren apparatus originate edge symmetrical exchanged (equal only in special cases) equal diffraction figures with inner and outer diffraction stripes. General remarks about inner and outer diffraction stripes complete the paper.

### 1. Beugung an der Halbebene in kurzen Entfernungen

Fresnel [1] fand experimentell für die Entfernungsabhängigkeit der Beugungsfigur der Halbebene mit divergentem bis parallelem Licht die Formel

$$x = w[\lambda s'(1 + s'/s)/2]^{1/2} = w[\lambda s'(s + s')/2s]^{1/2} \quad (1)$$

wo  $x$  der Abstand der Beugungsmaxima von der Schattengrenze,  $w$  eine Laufzahl, z. B. 1,21 für das erste Maximum usw., welche leicht der Darstellung der Cornuschen Spirale entnommen werden kann,  $s$  die Entfernung der hinreichend punkt- oder linienförmigen Lichtquelle von der Halbebene und  $s'$  die Entfernung der Auffangfläche von der Halbebene. Bei sehr großen Entfernungen  $s$  der Halbebene von der Lichtquelle oder bei parallel einfallendem Licht wird

$$x = w[\lambda s'/2]^{1/2}. \quad (2)$$

Beachtet wird hier die lichtseitige Beugungsfigur, schattenseitig tritt bekanntlich nur ein kontinuierlicher Abfall der Lichtintensität auf, ohne Hinweis auf eine Periodizität des Lichtes. Bei seinen Messungen benutzte Fresnel Entfernungen von 10 cm bis einige Meter. Diese Messungen nach kürzeren Entfernungen zu ergänzen, ist Aufgabe dieses Abschnitts.

Die experimentelle Anordnung ist in Abb. 1 skizziert. Wie bei Fresnel wurde ein Hindernis benutzt, hier die beiden Kanten einer Rasierklinge, um die Abstände von der geometrischen Schattengrenze auswerten zu können. Dieser technische Trick ist in Abb. 1 nicht eingezeichnet.

Newton's Beugungsexperimente und ihre Weiterführung Arbeit 3

Die experimentellen Ergebnisse zeigt Abb. 2. In Entfernungen von einigen Millimeter erscheint noch nicht die gewohnte Beugungsfigur einer Halbebene, sondern nur ein heller Saum

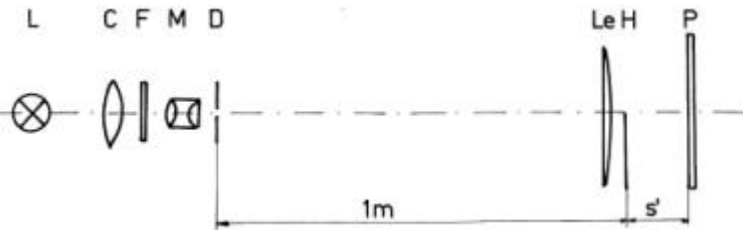


Abb. 1. Experimentelle Anordnung zur Aufnahme der Beugungsfigur der Halbebene in sehr kurzen Entfernungen. L - Lichtquelle, eine Hg-Höchstdrucklampe HBO 100; C - Kondensator; F - Grünfilter; M - Mikroskopobjektiv; D - Kreisblende, eine Spinddüse 50 mm; Le - Linse,  $f' = 1\text{ m}$ ; H - Halbebene;  $s = 1\text{ m}$ ;  $s'$  - Entfernung H bis P; P - Photofilm.

lichtseitig der Schattengrenze. Erst in Entfernungen von etwa 10 mm bilden sich allmählich immer mehr Maxima aus, die zunehmend die Abstände erhalten, wie sie Fresnel beschrieb. Das erste Maximum hat zuerst noch eine überhöhte Intensität und erst bei Entfernungen, wie etwa 64 mm, ergeben sich Beugungsfiguren, wie wir sie bei der Halbebene gewohnt sind. Die Beugungsfigur der Halbebene baut sich also in kurzen Entfernungen erst auf, paßt sich aber dann der Entfernungsabhängigkeit nach Gleichung (2) an, da mit parallelem Licht eingestrahlt wurde.

Folglich sind die Formeln (1) und (2) für kurze

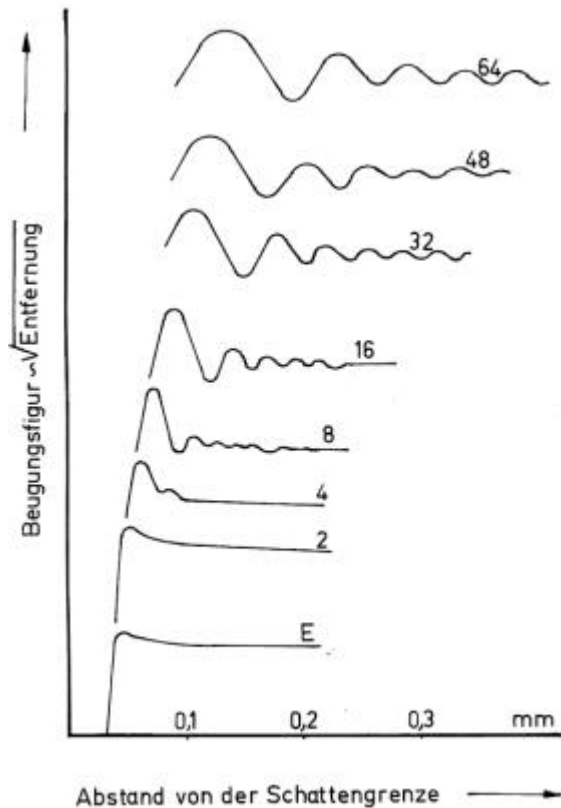


Abb. 2. Photometerkurven der Beugungsfigur der Halbebene in Abhängigkeit der Entfernung  $s'$  nach Abb. 1. In der Ordinate wurden die Photometerkurven so verschoben, daß jede etwa an der Stelle aufgetragen ist, die der Wurzel aus der Entfernung  $s'$  entspricht. Die Zahlen bedeuten  $s'$  in mm, E - Film dicht hinter der Kante.

Entfernungen ungültig.

Bei sehr großen Entfernungen (größer als 10 m) scheint sich die Entfernungsabhängigkeit proportional der Entfernung zu nähern, aber Experimente in diesem Bereich sind sehr schwierig.

Für die Beugung von Elektronen zeigte Boersch [2] als erster, daß eine Halbebene ebenfalls die von Licht bekannte Beugungsfigur liefert. Hiller u. Ramberg [3] verschoben die Einstellenebene eines Elektronenmikroskops mit einer Beleuchtungsapertur von einigen  $10^{-5}$  rad vor oder hinter die Halbebene. Mit einer Defokussierung von einigen  $\mu\text{m}$  entstand nur ein hohes Maximum und erst bei zunehmender Defokussierung (etwa  $10\ \mu\text{m}$ ) bauten sich weitere Maxima auf. Erst bei starker

Defokussierung (einige  $10\ \mu\text{m}$ ) wird die vollständige Beugungsfigur der Halbebene gefunden. Damit liegen für die Beugung an der Halbebene in kurzen Entfernungen mit Elektronen völlig analoge

Ergebnisse vor wie in der vorliegenden Arbeit mit Licht, wenn die Entfernung mit der Wellenlänge als Einheit verglichen werden.

Wie bei allen Formeln der Beugung mit Hilfe der Wellenhypothese, wird auch bei der Halbebene für die Entfernung  $s'$ , die Voraussetzung angegeben

$$s' \gg \lambda. \quad (3)$$

Diese Aussage konnte hier experimentell präzisiert werden zu

$$s' \gg 10^5 \lambda. \quad (4)$$

In die Formel für die Beugungsfigur der Halbebene nach Fresnel wird übrigens die Entfernungsabhängigkeit (1) oder (2) eingesetzt, sie kommt nicht etwa aus der Theorie heraus.

## 2. Die Beugung an Spalt und Hindernis in der Schlierenapparatur

Eine Schlierenapparatur trennt gebeugtes Licht von nicht hinreichend gebeugtem Licht (dies wird von der Schlierenblende abgefangen), die Abbildung erfolgt dann nur mit gebeugtem Licht. Bereits Newton [4] III Beobachtung 5 hatte nachgewiesen, daß gebeugtes Licht nur aus der engen Umgebung der Kante kommt (und nicht vom gesamten Spalt), was nicht nur Young bestätigte (er beschränkte es allerdings fälschlich nur auf die Kante), sondern auch Fresnel [1] in seiner ersten Arbeit über die Beugung. Es ist daher nicht verwunderlich, sondern selbstverständlich, daß als Bilder in der Schlierenapparatur nur Streifen in der Umgebung der Kanten entstehen, wie das schon Nieke [5] zeigte.

In einer Schlierenapparatur nach Abbe, wie sie bei Nieke [5] (dort Abb. 1), angegeben ist, wurde in der gleichen Ebene S ein Draht oder ein Spalt angeordnet und in der Ebene S' deren Bilder aufgefangen. Um zu vergleichbaren Ergebnissen zu gelangen, bildete Draht gleichen Durchmessers die Spaltbacken. Dazu wurde der Draht an die Rasierklinge angeklebt und aus zwei so hergestellten Spaltbacken der Spalt gebildet, wobei ein gleicher Draht zur Einstellung der Spaltweite diente. Bei einem Durchmesser von 0,5 mm bestand der Draht aus Achsstahl, bei 0,2 mm wurde Kupferdraht gespannt und daran die Rasierklinge geklebt. Beim Durchmesser 0,1 mm konnten die Schneiden nicht mit der notwendigen Genauigkeit an den Draht geklebt werden, die Rasierklingen wurden daher original verwendet.

Bei Abb. 3, 4 und 5 sind zuerst die Doppelstreifen in a und d zu vergleichen. Ein Vergleich der Doppelstreifen vom Hindernis in a und vom Spalt in d in der Schlierenapparatur zeigt, daß innerhalb von Justierfehlern die Bilder von Hindernis und Spalt in der Schlierenapparatur übereinstimmen. Daraus ist zu folgern, daß in beiden Fällen das gebeugte Licht von analogen Gebieten kommt. Die Bilder der Kanten im Auflicht erscheinen genau dort, wo der dunkle Zwischenstreifen im Doppelstreifen einer jeden Kante liegt. Das Licht des einen Teils des Doppelstreifens scheint also von dem Hindernis- bzw. der Spaltbacke zu kommen, d. h. es muß schattenseitig versetzt sein, wie das schon Nieke [5] berichtete. Hier erscheint dies besonders wichtig, denn nur dadurch können sich die Bilder von Spalt und Hindernis in der Schlierenapparatur gleichen. Bei 0,1 mm im Abb. 5 berühren sich beide Doppelstreifen.

Hier wird auch die bei Nieke [5] nur erwähnte Überkreuzungsebene in den Bildern b und c gezeigt, dort überkreuzen die beiden Teile jeder Doppellinie gemäß der Abbildung durch das zweite Objektiv der Schlierenapparatur.

Eine Schlierenapparatur bringt in der Brennweite des zweiten Objektivs die Beugungsfigur des im parallelen Licht bestrahlten Beugungsobjekt wie in der Fraunhoferschen Beobachtungsart. Die nullte

Ordnung dieser Beugungsfigur wird von der Schlierenblende abgefangen. Deckt die Schlierenblende die nullte Ordnung ab, so trägt nur gebeugtes Licht zum Bild der Kante, also dem Doppelstreifen bei. Im Minimum zwischen nullter und erster Ordnung wird nun aber die Intensität nicht null wie die Berechnungen der Wellentheorie ergeben, sondern behalten einen endlichen Wert, daher sind Beugungen an der Schlierenblende grundsätzlich nicht zu

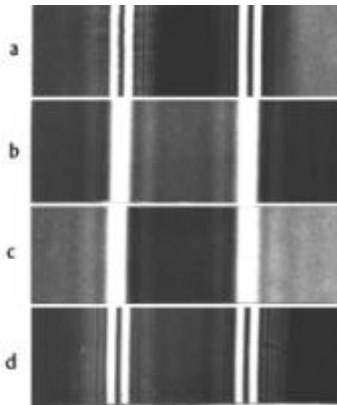


Abb. 3. Bild von Hindernis und Spalt in einer Abbeschen Schlierenapparatur nach Nieke [5] dort Abb. 1. Draht und Spalt 0,5 mm,  $a' / a = -4$  und nachvergrößert.

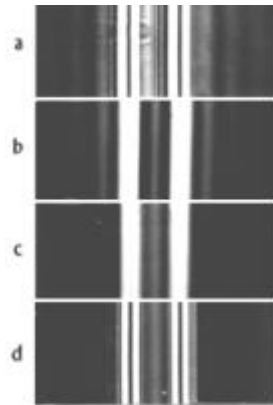


Abb. 4. Bild von Hindernis und Spalt der Abmessung 0,2 mm in der Schlierenapparatur, a. . . d wie Abb. 3.  
a: Draht-Bild 2 mm vor der Überkreuzungsebene,  
b: Draht-Bild in der Überkreuzungsebene  
c: Spalt-Bild in der Überkreuzungsebene  
d: Spalt-Bild 2 mm hinter der Überkreuzungsebene.

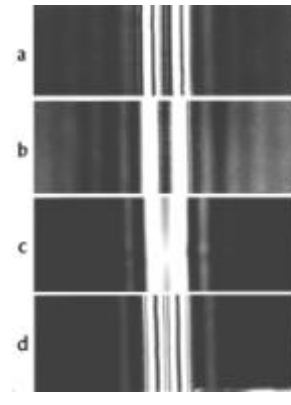


Abb., 5. Bild von Hindernis und Spalt der Abmessung 0,1 mm in der Schlierenapparatur, a. . . d wie Abb. 3

vermeidenden. Diese Störungen können nur klein gehalten werden, wenn das zweite Objektiv der Schlierenapparatur eine lange Brennweite aufweist. Einmal ist in großen Entfernungen dann die Intensität im ersten Minimum geringer und die Abstände zum nächsten Maximum größer. In jedem Fall soll die Begrenzung der Schlierenblende in ein Minimum der dortigen Beugungsfigur fallen. Bei Nieke [5] wurde in der dortigen Abb. 2 ein langbrennweitiges Objektiv verwendet, die Schlierenblende exakt justiert und eine hart arbeitende Schicht einer Fernseh-Aufnahmekamera verwendet. So konnte auf dem Bildschirm ein von Störungen praktisch freies Bild im Hörsaal vorgeführt werden. Hier wird in Abb. 3 bis 5 ein Bild geboten wie man es bei Beobachtung mit dem Auge oder einer Photoschicht erhält.

Ein Einfluß der Radien der Kanten auf die Beugungsfigur wurde bei den hier angewandten relativ großen Entfernungen übereinstimmend nicht gefunden, bei kurzen Entfernungen jedoch wurde in der Literatur teilweise über einen geringfügigen Einfluß berichtet.

### 3. Beugung an Spalt und Hindernis ohne Schlierenapparatur

Eine Hg-Höchstdrucklampe mit Grünfilter wurde durch einen Kondensator auf einen Spalt 0,05 mm abgebildet, der im dingseitigen Brennpunkt eines Objektivs  $f' = 320$  mm stand. Hinter dem Objektiv war das jeweilige Beugungsobjekt im parallelen Strahlengang angeordnet.

Abb. 6 zeigt die Ergebnisse in kurzer Entfernung, die aber so groß war, daß der in Abschnitt 1 beschriebenen Aufbau der Beugungsfigur der Halbebene abgeschlossen war. Die bekannte

Beugungsfigur der Halbebene erscheint beim Hindernis außen und beim Spalt innen, also jeweils lichtseitig der Kanten. Sie werden als innere Beugungsstreifen des Spaltes und beim Hindernis als äußere des Hindernisses bezeichnet (Innerhalb oder außerhalb der Schattengrenze befindlich.) Die inneren Beugungsstreifen des Hindernisses (Abb. 6 a) und die äußeren Streifen des Spaltes (Abb. 6 b) treten hier noch nicht auf. Die Abb. 6 c zeigt, daß die Beugungserscheinungen dann übereinstimmen, wenn die Photos so zerschnitten werden, daß die Beugungsfiguren kantensymmetrisch vertauscht sind.

Die äußeren Beugungsstreifen des Hindernisses und die inneren des Spaltes entsprechen

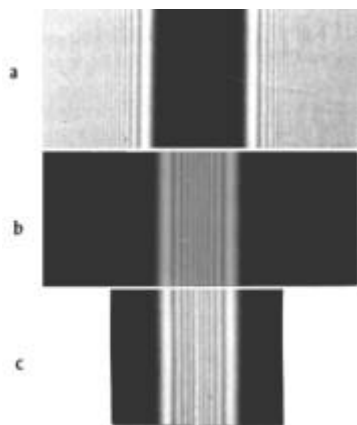


Abb. 6. Beugungsfigur von Hindernis und Spalt in 0,1 m Entfernung. Ohne Schlierenapparatur in Fresnelscher Beobachtungsart mit parallel einfallendem Licht.  
a: Draht  $f1,5\text{ mm}$ , b: Spalt  $1,5\text{ mm}$ , c: Beugungsfigur a in der Mitte zerschnitten und spiegelbildlich aufgeklebt.

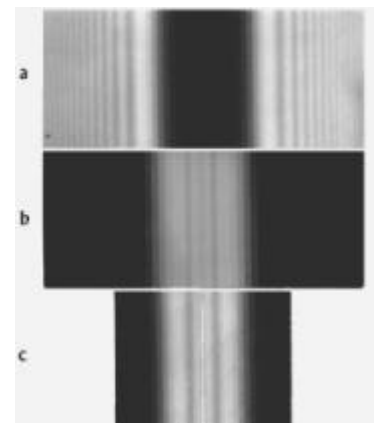


Abb. 7. Wie Abb. 6, aber in 0,3 m Entfernung.

der Beugungsfigur der Halbebene, sie treten an der Kante lichtseitig auf und da beim Hindernis die Kanten nach außen und beim Spalt nach innen zeigen, so entsprechen sich die Beugungsfiguren kantensymmetrisch.

Die Abb. 7 zeigt die Erscheinung in größerer Entfernung. Hier haben sich in Abb. 7 a die inneren Streifen des Hindernisses und auch die äußeren Beugungsstreifen des Spaltes in Abb. 7 b entwickelt.

Die bei größeren Entfernungen in Abb. 7 aufgetretenen inneren Beugungsstreifen des Hindernisses und die äußeren Streifen des Spaltes entsprechen der Beugung des Spaltes mit äußeren Beugungsstreifen, sie haben konstante Abstände, die linear mit der Entfernung wachsen.

$$\sin \alpha = n \lambda / d \quad (n = 1, 2, 3 \dots) \quad (5)$$

für die Minima und für die Maxima

$$\sin \alpha = (2n + 1) \lambda / 2 d \quad (n = 1, 2, 3 \dots) \quad (6)$$

für den Spalt noch  $\sin \alpha = 0$ . Dabei bedeutet d die Spaltweite oder die Hindernisbreite, n die Ordnung und  $\alpha$  der Beugungswinkel.

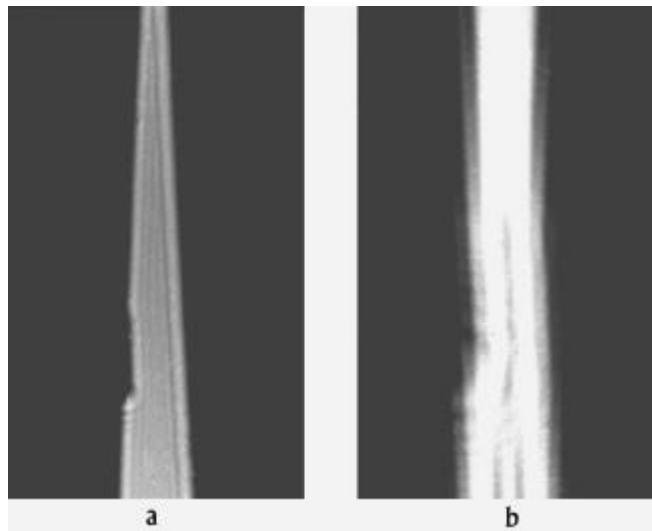
Daß die Formeln (5) und (6) nicht auf die Entfernung Null extrapoliert werden dürfen, folgt schon aus der Existenz innerer Streifen des Spaltes bei kurzen Entfernungen, die der Formel (1) oder (2) gehorchen. Die Extrapolation ist also unzulässig. Aus den Ergebnissen in der Schlierenapparatur folgt, daß gebeugtes Licht nur aus der engen Umgebung der Kanten kommt und nicht vom gesamten Spalt wie die Extrapolation der Formel (5) und (6) voraussetzt. Die Extrapolation ist also auch falsch.

#### 4. Das Babinetsche Theorem

Babinet [6] fand 1837, daß Spalt und Hindernis übereinstimmende Beugungsfiguren liefern. Spalt und Hindernis gleicher Abmessung bezeichnet man allgemein als komplementäre Schirme.

Da ab etwa 1850 in Lehrbüchern nur noch die Fresnelsche Auffassung der Beugung am Spalt mit äußeren Streifen beschrieben wurde, fanden die in kürzeren Entfernung auftretenden inneren Streifen keine Erwähnung mehr. So wurde das eigentlich charakteristische an dieser Erscheinung, das kantensymmetrisch vertauschte Erscheinungsbild der Beugung an komplementären Schirmen, verwischt und nur Spezialfälle etwa in der Beobachtungsart nach Fraunhofer [7] gezeigt, wo nur äußere Beugungsstreifen des Spaltes und innere des Hindernisses auftreten und die Beugungserscheinungen übereinstimmen, falls man die Zentralfigur ausnimmt, wie z. B. bei Bergmann u. Schaefer [8] und Pohl [9].

Bei Nieke [10] wurde eingehend das Motiv erläutert: Man konnte den Übergang der inneren zu äußeren Streifen mit der Fresnelschen Auffassung der Beugung nicht erklären. Mit (punktförmigen) Lichtteilchen konnte Newton die Beugung mit der Newtonschen Mechanik nicht erklären. Die Newtonschen Beugungsexperimente, die innere und äußere Beugungsstreifen am Dreieckspalt (III

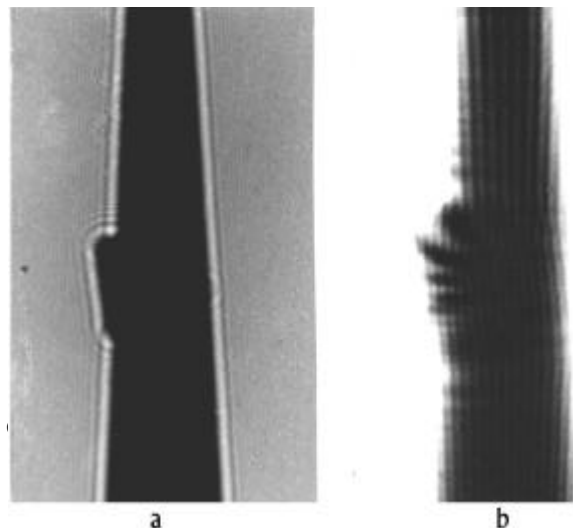


Beobachtung 10) ausführlich beschreiben, wurden daher einfach weggelassen. Mit den Experimenten Abb. 6 und 7 wird aber gezeigt, daß erst die Berücksichtigung innerer und äußerer Beugungsstreifen einen wirklichen Überblick gibt.

*Abb. 8. Beugung am Dreieckspalt mit Schnitzel. Eine Hg-Höchstdrucklampe mit Grünfilter wurde auf eine Öffnung  $f$  0,05 mm abgebildet. In 1 m Entfernung stand ein Dreieckspalt 0...3 mm mit einem Kupferschnitzel an einer Kante. (Also divergent beleuchtet.)*

*a: Beugungsfigur in 0,1 m Entfernung, b: Beugungsfigur in 0,5 m Entfernung.*

Laue [11] wies bereits darauf hin, daß das Babinetsche Theorem nicht nur für die Fraunhoferschen Beugungserscheinungen gültig sei. Maue [12] forderte für das Babinetsche Theorem für komplementäre Schirme auch komplementäre Randbedingungen. Die Ergebnisse in der Schlierenapparatur zeigen, daß dies schon erfüllt ist durch die analogen Gebiete, aus denen gebeugtes Licht zu kommen scheint, was insbesondere durch die schattenseitige Versetzung schattenseitig gebeugtes Lichtes erfüllt wird. Es sind also keine komplementären Randbedingungen notwendig,



*Abb. 9. Beugung mit Dreieckhindernis mit Schnitzel. Wie Abb. 8, aber statt Dreieckspalt - Dreieckhindernis.*

sondern komplementäre Gebiete, aus denen gebeugtes Licht kommt. Ohne eine seitliche Versetzung des schattenseitig gebeugten Lichtes wäre eine Übereinstimmung Spalt - Hindernis nicht möglich, aber nur eine kantensymmetrisch vertauschte.

### 5. Schnitzel an Spalt und Hindernis

Schon Young und Fresnel brachten an Spalt und Hindernis Schnitzel an, um deren Einfluß auf die Beugungsfigur zu erkunden. Diese Experimente wurden überprüft und ergänzt.

Abb. 8 a zeigt die Beugung am Dreieckspalt mit Schnitzel in kurzen Entfernungen, wo nur innere Streifen auftreten. Entsprechend Abb. 9 a am Hindernis mit Schnitzel, wo nur die äußeren Beugungsstreifen des Hindernis auftreten. Beide Streifenarten entsprechen denen der Halbebene und es ist zu sehen, daß nur die Streifen der Kante beeinflußt werden, an denen das Schnitzel angebracht war, diese parallelen Streifen werden verzerrt, aber deren Streifenabstände bleiben erhalten.

Anders sind die Erscheinungen in größeren Entfernungen, wo in Abb. 8 b auch die äußeren Streifen des Spaltes und in Abb. 9 b die inneren Streifen des Hindernisses auftreten. Hier wirkt das Schnitzel auf die ganze Beugungsfigur in der Höhe, in der das Schnitzel angebracht war, wie in Abb. 8 b und 9 b. Es wirkt wie eine Veränderung der Weite des Spaltes oder der Breite des Hindernisses und verändert daher reziprok dazu den Abstand der Beugungsstreifen. Wo gleichzeitig innere und äußere Streifen auftreten, wie in Abb. 9 b, lassen sich gleichzeitig beide unterschiedlichen Wirkungsweisen zeigen.

### 6. Innere und äußere Beugungsstreifen

Allgemein ist bekannt, daß die Abstände der äußeren Streifen proportional der Entfernung vom Spalt wachsen. Deshalb konnte in den Formeln (5) und (6) eine Winkelangabe erfolgen. Bei inneren Beugungsstreifen ist das nicht der Fall, und das ist weniger bekannt. Hier gilt die Formel (1) oder bei paralleler Einstrahlung speziell die Formel (2), wo die Abstände nur mit der Wurzel aus der Entfernung wachsen. Das hat zur Folge, daß die inneren Streifen mit zunehmender Entfernung verschwinden zugunsten der äußeren. So kann man in großen Entfernungen auch in Fresnelscher Beobachtungsart Beugungsfiguren vorweisen, die nur noch äußere Beugungsstreifen zeigen.

Man kann die Frage stellen, bis zu welcher Entfernung vom Spalt innere Streifen des Spaltes bei der Fresnelschen Beobachtungsart auftreten. Setzt man in Gleichung (2) für parallele Einstrahlung  $x = d$  als Schattengrenze,  $w = \sqrt{2}$ , wo also kein Minimum für innere Streifen zustande kommt

$$s' = d^2 / \lambda . \quad (7)$$

Mit Röntgenstrahlen erhielten Malgange u. Gronkowski [13] das gleiche Ergebnis. Für das Übergangsgebiet erstellten sie ein Computerprogramm zur Interpolation. Bei inneren Streifen des Spaltes sind die Abstände der Beugungsstreifen von der Divergenz oder Konvergenz der einfallenden Strahlung abhängig, wie Formel (1) zeigt. Die Abstände äußerer Streifen des Spaltes hingegen ändern sich bei konvergenter oder divergenter Einstrahlung kaum, wohl aber beeinflußt dies Intensität und Lichtverteilung stark. So ist es gar nicht so leicht, wirklich intensitätsmäßig symmetrische Beugungsaufnahmen herzustellen.

### 7. Diskussion

Als Mangel in den bisherigen Beschreibungen über die Beugung an komplementären Schirmen, findet man die Tatsache, daß bewußt oder unbewußt eine Diskussion über innere und äußere Beugungsstreifen vermieden wurde. Das geschah, weil man den Übergang innerer zu äußeren Beugungsstreifen am Spalt nicht begründen konnte.

Hier wies Nieke [10] darauf hin, daß die Begründung: „Hinreichend auseinander gerückte Kanten müssen die Beugungsfigur der Halbebene liefern, nicht stichhaltig ist, sondern es muß erklärt werden, warum bei gleicher Spaltweite in kurzen Entfernungen innere und bei größeren äußere Beugungsstreifen auftreten.

Nur mit der Fraunhoferschen Beobachtungsart scheint diese Schwierigkeit behoben, denn da treten (in der Brennebene) nur äußere Beugungsstreifen auf. Bei einer wirklichen Beschreibung dürfen die Augen nicht vor Schwierigkeiten verschlossen werden, dafür ergibt sich ein übersichtliches Bild über das Babinetsche Theorem, wenn die Kantensymmetrie der Beugungserscheinungen betont wird. Dann findet man in Spezialfällen eine Übereinstimmung, wenn die Zentralfigur ausgenommen wird.

Die Versuche mit Schnitzel an den Spaltkanten zeigen, daß man auch im Spalt oder am Hindernis experimentieren kann (auch wenn das Born und Biem [14] in Abrede stellten), aber dann muß zwischen inneren und äußeren Beugungsstreifen am Spalt oder Hindernis unterschieden werden. Bei inneren Streifen am Spalt oder äußeren am Hindernis, also in kurzen Entfernungen, wirkt das Schnitzel nur auf die Beugungsfigur der Kante, an der es angebracht wurde. Bei größeren Entfernungen, wenn die äußeren Beugungsstreifen des Spaltes und die inneren des Hindernis auftreten, dann wirkt das Schnitzel auf die Beugungsfigur insgesamt.

Lohmann u. Sinzinger [15] untersuchten das Babinetsche Prinzip, wenn nur ein Teil der Computerholographie komplementär vertauscht wurde. Sie bezeichneten dies als lokalen Babinet Effekt. Das Prinzip der kantensymmetrischen Vertauschung der Beugungsfigur kann hier nicht zum Ausdruck kommen, denn sie vergleichen nur mit der Fraunhoferschen Anordnung.

#### Literaturverzeichnis

- [1] A. J. Fresnel, Ouvre Complètes, Paris 1866;  
Abhandlungen über die Beugung des Lichtes. Ostwalds Klassiker Nr. 215, Engelmann, Leipzig 1926.
- [2] H. Boersch, Naturwiss. **28** (1940) 711.
- [3] J. Hiller u. E. Ramberg, J. Appl. Phys. **18** (1947)148.
- [4] I. Newton, Opticks, or a Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of Light. London 1704;  
Opera quae exstant omnis, Tom IV. London 1782;  
Optik II + III, Übers. W. Abendroth, Ostwald's Klassiker Nr. 97, Engelmann Leipzig 1898;  
Neuaufgabe Bd. 96/97 Vieweg, Braunschweig 1983.  
Optique, Trac. J.P. Murat, 1787; Bourgois, Paris 1989.
- [5] H. Nieke, Newtons Beugungsexperimente und ihre Weiterführung. Arbeit 2.
- [6] A. Babinet, C. R. **4** (1837) 638.
- [7] J. v. Fraunhofer, (Gesammelte Schriften. Verl. bayr. Akad. München 1888.



- [8] L. Bergmann u. Cl. Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik. Bd. III, T 1. Gruyter, Berlin 1956, S. 276.
- [9] R. W. Pohl, Einführung in die Optik. Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1948, S. 87.
- [10] wie [5], Arbeit 1.
- [11] M. v. Laue, In: Handb. Experimentalphysik XVIII, Leipzig 1928, S. 307.
- [12] A. W. Maue, Z. Naturforschung **4** a (1949) 393.
- [13] C. Malgange u. J. Gronkowski, phys. stat. sol. (a) **85** (1984) 389.
- [14] M. Born u. W. Biem, Phys. Bl. **25** (1969) 110.
- [15] A. W. Lohmann u. S. Sinzinger, J. Opt. Soc. Am. A **9** (1992) 1154.