



# IJSRM

INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENCE AND RESEARCH METHODOLOGY

An Official Publication of Human Journals



Human Journals

**Short Communication**

September 2019 Vol.:13, Issue:3

© All rights are reserved by W. Engelhardt

## Contemplation on a Black Spot



### IJSRM

INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENCE AND RESEARCH METHODOLOGY

An Official Publication of Human Journals



**W. Engelhardt\***

*Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, D-85741*

*Garching, Germany*

*(Retired)*

**Submission:** 22 August 2019

**Accepted:** 27 August 2019

**Published:** 30 September 2019

**Keywords:** Black Hole, Event Horizon, stellar interferometer, diffraction

### ABSTRACT

The Event Horizon Telescope (EHT) consists in effect of several Michelson stellar interferometers. The separation of the radio antennae is up to 10000 km, but the received signals from M87\* are still coherent. This means that the observed object is smaller than the resolving power of the virtual telescope. Thus, neither the width of the object nor its fine structure may be determined.



HUMAN JOURNALS

[www.ijsrm.humanjournals.com](http://www.ijsrm.humanjournals.com)

## I INTRODUCTION: OBSERVATIONS ON M87\*

On April 10, 2019, the first image – to be precise – the first “shadow” of a Black Hole was presented to the public in a press conference at Brussels. The audience was told that eight radio telescopes had been arranged to form a huge virtual telescope (EHT) looking at the centre of Messier 87 where a giant Black Hole resides. It contains 6.5 billion stars of the size of our sun resulting in an “event horizon” with a diameter of 20 billion kilometres. When observed from Earth at 55 million light-years distance, this large object appears under a tiny angle of 7.5 micro arc seconds ( $\mu\text{as}$ ). This is about the size of the black spot measured by EHT inside a bright disk of 42  $\mu\text{as}$  (Douglas Adams’ fundamental number revealing all mysteries of the universe!). Details of EHT’s measurements are documented in several publications, for example here: [1]

## II MICHELSON’S STELLAR INTERFEROMETER

The idea of observing remote stars with two spatially separated telescopes and letting interfere the diffraction limited pictures goes back to Michelson. He measured, e.g., the diameter of the red giant Betelgeuse and found it 300 times larger than the diameter of the sun. The principle of Michelson’s stellar interferometer is the following:

Light coming from an infinitely remote star is spatially coherent and produces a diffraction limited picture in the focal plane of a telescope. The size of this diffraction spot is determined by the ratio of the wavelength to the aperture  $\lambda/A$  times the focal length. If these pictures from two telescopes are superimposed by mirrors, one observes an interference pattern, since the light is spatially coherent. With increasing distance  $D$  between the telescopes the interference pattern disappears, however, which indicates that there is a small angle  $w$  between the wave fronts arriving from different regions of the star. The condition for vanishing interference is  $w D \approx \lambda$ . If the distance  $L$  of the star is known, its diameter may be determined from the product  $w L$ .

For details see the German version of a Wikipedia article [2]. The English version of this article is very brief. J.B. Calvert’s article [3] gives a learned account of coherence and interference at work in a Michelson stellar interferometer. It states unambiguously: *When the light from two points can be made to form fringes, the signals are said to be coherent. When no fringes are seen, the signals are called incoherent. ... We only have to find the limits of the*

region where the light from the star is coherent, using interference, and this is directly related to the apparent angular extent of the source. We take apertures farther and farther apart, and find out where the fringes **disappear**.

### III PROPERTIES OF EHT

In case of EHT there are several “stellar interferometers” with base lines  $D$  up to 10000 km and resolving power  $a = \lambda/D$  ranging from 25 to 50  $\mu\text{as}$  in the “light” of  $\lambda=1.3$  mm microwaves, as indicated in Fig. 2 top [1]. Clearly, these stellar interferometers cannot resolve the black spot of 7.5  $\mu\text{as}$  produced presumably by the “Black Hole” according to EHT’s interpretation. One would need a base line of at least 40 000 km. In fact, in [1] it is stated: *“To measure interferometric visibilities, the widely separated telescopes simultaneously sample and **coherently** record the radiation field from the source.”* The interference of the coherent light was achieved by superimposing the individual signals by computation. Obviously, the distance  $D$  was not large enough to receive **incoherent** light from the source which would at least result in an estimate of the source’s size. Any fine structure of the observed object cannot be measured as long as the light received at conjugate antenna pairs is coherent.

The question arises then: What did EHT actually measure? It is remarkable that the width of 42  $\mu\text{as}$  of the published bright disk was comparable to the resolving power that is somewhere between 25 to 50  $\mu\text{as}$ . This must be considered as an extremely unlikely coincidence, since the resolution power of an earthbound telescope has absolutely nothing to do with the properties of a Black Hole that is remote from us by 55 million light-years.

### IV CONCLUSION

If we take the published “image” based on the amplitude profile of Fig. 2 bottom [1] as the diffraction limited picture of the virtual telescope, the measurement makes sense. The black spot in the centre of Fig. 3 top [1] is known from optical diffraction experiments as demonstrated in Ref. [4], Fig. 197. It is the pendant to Arago’s spot behind a solid disk, also shown on page 84, see below. One can observe such diffraction phenomena by looking through a slit of about 0.3 mm which may be easily formed with two fingers. With some dexterity one sees a dark stripe in the middle of the slit. In case of a round hole a dark spot as in Fig. 197 may be produced. “Diffraction limited picture of an infinitely remote source”

seems to be a plausible interpretation of EHT's "first photo" of a Black Hole. It is, of course, at variance with EHT's interpretation of their measurements.

## REFERENCES

[1] The Event Horizon Telescope Collaboration, *First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole*, *The Astrophysical Journal Letters*, 875:L1 (17pp), 2019 April 10

[2] <https://de.wikipedia.org/wiki/Michelson-Sterninterferometer>

[3] J.B. Calvert, *Sizes of the Stars* (2008) <https://mysite.du.edu/~jcalvert/astro/starsiz.htm>

[4] R.W. Pohl, *Optik und Atomphysik*, Elfte Auflage, Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg (1963).

**Page 84** Reprinted by permission from Springer Verlag under license number 4593120780323

Abb. 197: Dark diffraction spot inside a circular hole



## VII. Beugung

### Erster Teil

#### Beugung an undurchsichtigen Strukturen

§ 58. Schattenwurf. Die Begrenzung fortschreitender Wellen durch Hindernisse ist im Mechanikbande ausführlich behandelt worden. Sowohl hinter einer Scheibe wie hinter einem Loch hat das Wellenfeld eine komplizierte Struktur. In ihr finden sich beispielsweise hinter einer Kreisscheibe auf der Achse des Schattenkegels stets Wellen (Mechanik, Abb. 387); hinter einem Loch folgen auf der Achse des ausgeblendeten Kegels anfänglich wellenenthaltende und wellenfreie Abschnitte aufeinander. Das zeigt der hier in Abb. 191 noch einmal abgedruckte Modellversuch. Er wurde in §127 des Mechanikbandes mit der Fresnelschen Zonenkonstruktion erklärt.

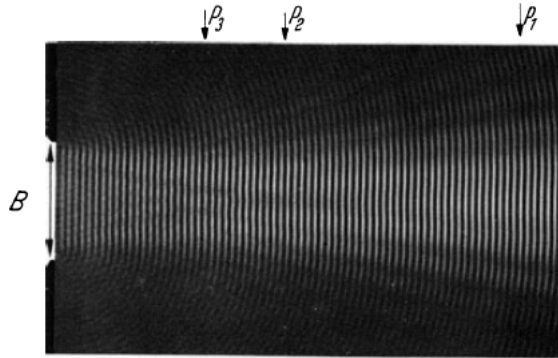


Abb. 191. Modellversuch zum Schattenwurf einer Öffnung (Abb. 408 des Mechanikbandes). Man denke sich von links ebene Wellen mit breiter Front einfallen. Das ausgeblendete Wellenbündel überschreitet infolge der Beugung die einander parallelen, geometrischen Schattengrenzen. Nahe der Öffnung zeigt das Wellenfeld eine komplizierte Struktur. Für die Bündelachse wird sie im Text mit Hilfe Fresnelscher Zonen erklärt

Wir wiederholen kurz: In Abb. 191 zeigen die Pfeile auf die Aufpunkte  $P_1, P_2, P_3$ , die man sich auf der Symmetrieachse des Wellenfeldes denke. Für den Aufpunkt  $P_2$  läßt die Öffnung eine gerade Anzahl von Zonen frei, nämlich die zwei innersten ( $m = 1$  und  $m = 2$ ). Die von ihnen ausgehenden Elementarwellen heben sich in ihrer Wirkung im Aufpunkt  $P_2$  weitgehend auf. — Für den Aufpunkt  $P_3$  hingegen läßt die Öffnung eine ungerade Anzahl von Zonen frei, nämlich die drei innersten ( $m = 1$  bis  $m = 3$ ). Die von der dritten Zone ausgehenden Elementarwellen bleiben im Aufpunkt  $P_3$  erhalten.

Bei den Lichtwellen ist es nicht anders. In Abb. 192 stehe das schattenwerfende oder bündelbegrenzende Hindernis zunächst in der Mitte zwischen einer punktförmigen Lichtquelle  $L$  und dem Aufpunkt  $P$  (also  $a = b$ ). Dann gilt für den Radius  $r_m$  der  $m$ -ten Zone nach Gl. (226a) des Mechanikbandes

$$r_m^2 = m \lambda a / 2. \quad (55)$$

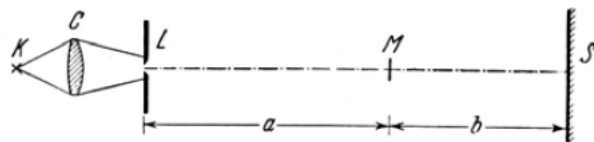


Abb. 192. Zum Vergleich des Schattens einer Kreisscheibe mit der einer gleich großen Kreisöffnung

Sollen die Zonenradien  $r_m$  für Lichtwellen in (Abb. 192) von gleicher Größenordnung werden, wie für die Wellen des Modellversuches, so muß das Produkt  $\lambda a$  für die Lichtwellen ebenso groß werden, wie für die Wellen des Modellversuches (Abb. 191). Nun ist aber die Wellenlänge des sichtbaren Lichtes weit über 1000mal kleiner als die Wellenlänge im Modellversuch. Infolgedessen liegen die Aufpunkte für die innersten Zonen ( $m = 1, 2, 3 \dots$ ) nicht, wie in Abb. 191 nur wenige Zentimeter vom Hindernis entfernt, sondern viele Meter. Demgemäß müssen in Abb. 192 Abstände  $a$  und  $b$  von fast 20 Metern benutzt werden. Die mit dieser Anordnung fotografierten Schatten- oder Beugungsbilder (Abb. 193

6\*



bis 198) zeigen statt scharfer Ränder recht verwickelte Beugungsfiguren. Sie ändern sich stetig, wenn man die Abstände  $a$  und  $b$  verändert. In allen Fällen

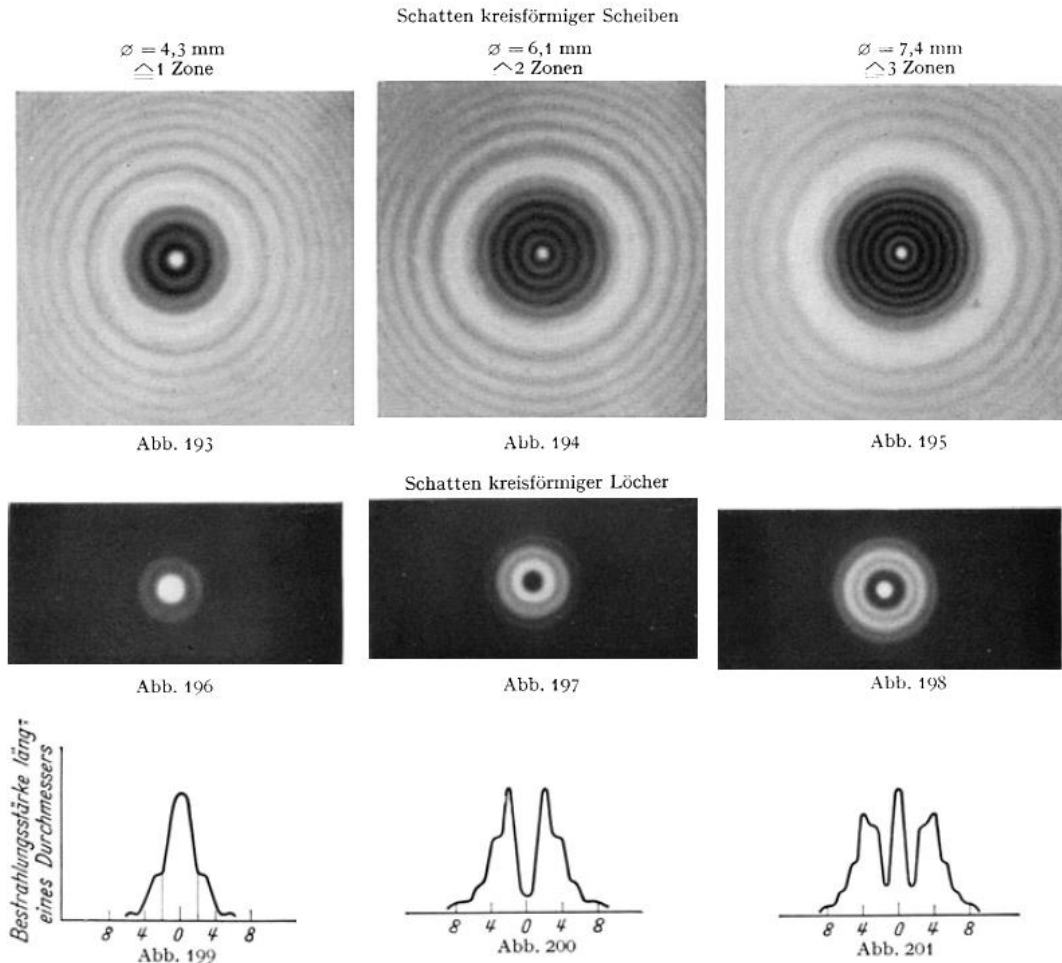


Abb. 193–198. Die Schatten von Kreisscheiben und von kreisförmigen Löchern zeigen bei gleichem Durchmesser sehr verschiedene Beugungsbilder. Für Schauversuche nimmt man Rotfilterlicht. Für die photographischen Aufnahmen (Positive) ist grünes Licht der Wellenlänge  $0,546 \mu$  benutzt worden. Der Abstand  $a$  und  $b$  war je  $17,5 \text{ m}$ . Die Abb. 199 bis 201 zeigen die Verteilung der Bestrahlungsstärke längs eines Durchmessers der Abb. 196–198. Die Abb. 197 und 200 entsprechen in Abb. 193 einem im Aufpunkt  $P_2$  zur Bündelachse senkrechten Schnitt

aber zeigen sie für Kreisscheiben und Kreisöffnungen gleicher Größe große Unterschiede. Hinter den *Öffnungen* sieht man immer nur wenige Ringe. In der Bildmitte bekommt man bei Änderungen der Abstände  $a$  und  $b$  abwechselnd Maxima und Minima. Hinter den *Scheiben* wächst die Zahl der Ringe bei Verkleinerung von  $a$  und  $b$ , doch bleibt die Figurenmitte immer bestrahlt (CHRISTIAN HUYGHENS). Im Schatten der Scheibe *verbleibt* die helle Stelle im Zentrum. Man nennt sie den *Poissonschen Fleck*. Er ist im Schatten einer Kreisscheibe ein Punkt, im Schatten einer recht-

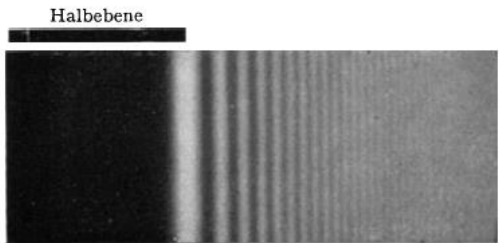


Abb. 202. Die Beugungstreifen an der Schattengrenze ( $\downarrow$ ) einer Halbebene.  $a = b = 18 \text{ m}$ . Photographisches Positiv. Rotfilterlicht

eckigen Scheibe eine gerade Linie usw. Der Poissonsche Fleck war schon beim Schattenwurf mit Wasserwellen bequem zu beobachten und die Art seiner Entstehung leicht zu übersehen (Mechanikband, Abb. 387 und 389).