Können die Geodäten auf der gewundenen Fläche der stationären Phase zweier verdrehten Spalte Photonentrajektorien sein? Teil 4

W.Dultz,E.Frins*,B.Hils,H.Schmitzer**

*Univ. Frankfurt, *Univ.de la Republica Montevideo,**Xavier Univ. Cincinnati*

requalivahanus(Affenschaukel)t-online.de

Seit Huygens und Newton ist die „Welle-Teilchen-Frage“ ein Enigma der Physik. Im Elementarwellenmodell untersuchen wir die Geodäten auf der Fläche der stationären Phase zweier gegeneinander verdrehter optischer Spalte, um mögliche Photonenpfade zu finden. Es zeigt sich, daß im freien Raum die Geodäten mit physikalisch konsistenten Anfangsbedingungen Geraden sind, die aber im allgemeinen nicht mit denen übereinstimmen, die unter der alleinigen Annahme der Impulserhaltung berechnet werden.

Der Raum der stationären Phase HF zweier verdrehter Spalte (1) [1a,b,c] mit seiner analytischen Fortsetzung ist eine schraubenförmig gewundene Fläche Abb.1/2, die vom Ort Q (z0) der punktförmigen Lichtquelle, dem Abstand z1 der Spalte und deren Verdrehungswinkel β abhängt. Die Geodäten sind die geradesten Kurven auf dieser Fläche.

1. *Surface of Stationary Phase HF (2 slits)*

$$x=\frac{-\sin(2\beta)z_0}{4bz_1(z_0+z_1)}\,y=y\tan(\gamma); \qquad (1)$$

$$b=\frac{1}{2z_1}+\frac{1}{2(z-z_1)}-\frac{\cos^2(\beta)z_0}{2z_1(z_0+z_1)};$$

$$\vec{x}(y,z)=\left(\frac{-\sin(2\beta)z_0}{4bz_1(z_0+z_1)}y\,,y\,,z\right);$$

2. *Surf. of Stat. Phase HG $(P_0=(x_0,y_0,0)$ on slit 1)*

$$x=\frac{-x_0(z_2-z_1)}{z_1}\quad independent\ on\ y,y_0 \qquad (2)$$

3. *Intersecting Curve $\vec{x}_{geod}$ of HF, HG is a straight line (curve parameter z_2)*

$$\vec{x}_{geod}=\left(\frac{-x_0(z_2-z_1)}{z_1},\frac{4bx_0(z_0+z_1)}{z_0\sin(2\beta)},z_2\right) \qquad (3)$$

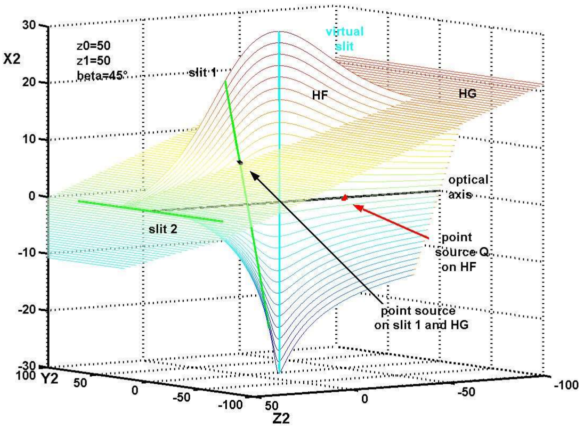

Abb.2 Flächen der stationären Phase HF (Schraube) für die verdrehten Spalte und für eine Punktquelle von HG (Ebene) auf Spalt 1. Die Schnittlinie ist Geodäte auf HF. Beide Flächen gehen durch beide Spalte (grün), HF auch durch den virtuellen Spalt (cyan).

Sie werden durch ihren Anfangspunktpunkt und die Anfangsrichtung festgelegt und dann durch die Lösung der Geodätengleichung für die Fläche bestimmt [1c]. Ein Photon, das von der Quelle Q geradlinig den ersten Spalt im Abstand d vom Nullpunkt erreicht, behält infolge der Impulserhaltung den Auftreffwinkel θ (tan θ =z0/d) auf HF bei und

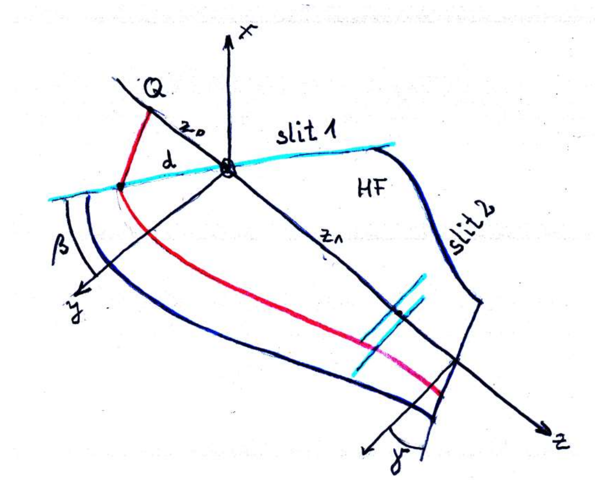

Abb.1 Geometrie der beiden verdrehten Spalte

startet so die Geodäte zum Spalt 2. Wir berechneten auch die Fläche HG (2) der stationären Phase einer Punktquelle auf Spalt 1 im Abstand d vom Nullpunkt und fanden, wie erwartet, daß dies eine Ebene HG ist, die durch diese Punktquelle und Spalt 2 geht, Abb.2. Die Schnittlinie (3) von HG mit HF stimmt mit der numerisch gewonnenen Geodäte auf HF mit den gleichen Anfangsbedingungen überein Abb.3 und ist damit Kandidat für eine mögliche Photonentrajektorie. Im folgenden verwenden wir diese analytische Form der Geodäten anstelle der numerisch integrierten nach Ref. [1c]. Wir vergleichen diese Geodäten mit einem Modell, bei dem nur die Impulserhaltung an einem engen Spalt vorausgesetzt wird. Nach NOETHER bleibt die Impulskomponente eines Teilchens parallel zum Spalt wegen der Homogenität des Spaltraumes bei der Streuung erhalten, während die

DGaO-Proceedings 2023 – http://www.dgao-proceedings.de – ISSN: 1614-8436 – urn:nbn:de:0287-2023-P001-2

eingegangen: 21.07.2023 veröffentlicht: 22.08.2023

Komponente senkrecht zum Spalt eine völlig unbestimmte Richtung annimmt aber senkrecht zum Spalt bleibt [1d], eine Annahme [2], die oben auch zur Bestimmung des Anfangswinkels θ der Geodäten gemacht wurde. Nach dem ersten Spalt befindet sich die Teilchentrajektorie dann auf einem Kegel, dessen Spitze der Auftreffpunkt und dessen Öffnungswinkel der Auftreffwinkel ist. Dieser Kegel schneidet den zweiten, um β verdrehten

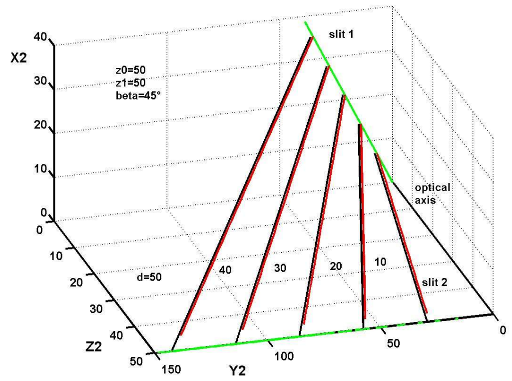

Abb.3 Vergleich der numerischen Geodäten (rot), gewonnen durch Lösung der Geodätengleichung mit den analytisch gewonnenen Geodäten (schwarz, etwas versetzt gezeichnet).

Spalt, nur wenn der Auftreffwinkel größer als der Verdrehungswinkel β ist. Die Berechnung der Impulstrajektorien (blau) zwischen den Spalten ist nicht ganz einfach und wir vergleichen diese in Abb.4 mit den Geodäten (cyan) für Photonen mit den selben Auftreffpunkten und -winkeln Abb.4. Die beiden Modelle unterscheiden sich für hohe Auftreffpunkte d beträchtlich. Nur für den Fall, daß die Impulskomponente parallel zu Spalt 1 verschwindet, d.h. die Quelle im „-“ Unendlichen liegt, führen sie zum gleichen Ergebnis, Abb.5.

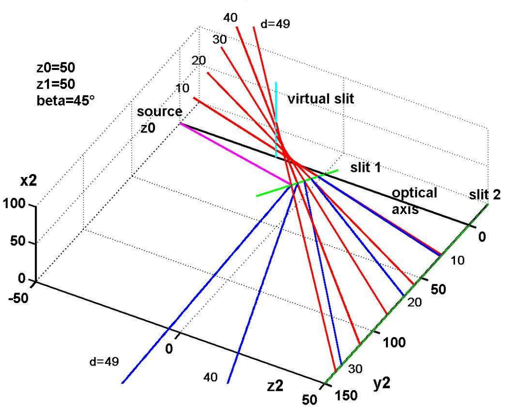

Abb.4 Analytische Geodäten (rot) und Impulstrajektorien (blau). Die Geodäten schneiden alle den vertikalen virtuellen Spalt (cyan) sowie die beiden verdrehten Spalte (grün): Nur die d=49 Trajektorie (margenta) zwischen Quelle und Spalt 1 ist eingezeichnet.

Diskussion

Rückschauend erscheint uns die Vermutung [1a], daß optische Phasenfronten die von tordierten Bertrandkurven ausgehen, größere Auffälligkeiten als Kaustiken erzeugen, widerlegt. Es zeigte sich aber, daß unter den vielen Geodäten, die von einem Punkt auf der gewundenen Fläche der stationären Phase ausgehen, genau die eine Gerade ist, für die lokal die Impulserhaltung der Photonen am Spalt gilt; das ist die Beschaffenheit, wie man sie für einer Photonentrajektorie im freien Raum erwarten würde. ***Die Frage in der Überschrift kann in unserem Beispiel also mit „Ja“ beantwortet werden.*** Daß der Impulserhaltungssatz alleine nicht genügt um diese Geodäten zu beschreiben, ist eine Eigenschaft, die es weiter zu untersuchen gilt, vielleicht auch experimentell.

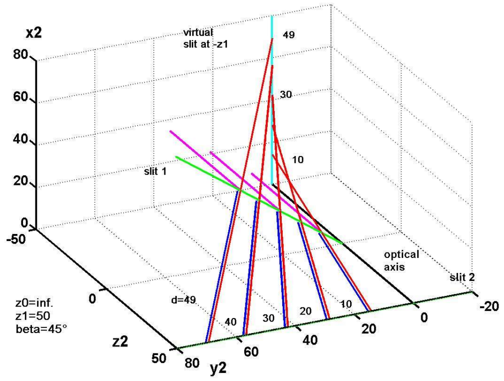

Abb.5 analytische Geodäten (rot) und Impulstrajektorien (blau) für eine Quelle im „-“Unendlichen. Letztere sind ein wenig verrückt worden, um zu zeigen, daß sie mit den Geodäten übereinstimmen.

Zuletzt möchten wir noch auf die wunderbaren Möglichkeiten der MATLAB-Graphik hinweisen. Als begeisterte Experimentatoren nennen wir unser Verfahren, unübersichtliche mathematische Formeln durch graphische Analysen mit den physikalischen Gegebenheiten zu verbinden, „Experimentelle Mathematik“. Oben sind wir so ohne Differentialrechnung zum analytischen Ausdruck (3) für die Geodäten gekommen und haben ihn mit Abb.3 „ experimentell“ nachgeprüft.

Danksagung

H. Schmitzer was supported by the John Hauck Foundation. E.Frins thanks PEDECIBA for support.

Literatur

[1] Internet: DGaO Proc. Frins et al., Teil 1-3: a(2018)/b(2019)/c(2022); d(2013)

[2] Internet: Robert Rankin, Well known to those who know it.

DGaO-Proceedings 2023 – http://www.dgao-proceedings.de – ISSN: 1614-8436 – urn:nbn:de:0287-2023-P001-2

eingegangen: 21.07.2023 veröffentlicht: 22.08.2023