

Altlasten der Physik (64)

Das Huygens'sche Prinzip

F. Herrmann

Gegenstand

Das Huygens'sche Prinzip wird nicht nur herangezogen, um die Beugung an Einzelspalt, Doppelspalt und Gitter zu erklären, man beschreibt damit auch Reflexion und Brechung.

Mängel

Das Huygens'sche Prinzip ist ein einfaches mathematisches Werkzeug zur Bestimmung von Auslöschung und Verstärkung bei Interferenzerscheinungen. Für die einfachsten und gleichzeitig wichtigsten Beugungsexperimente wird es allerdings nicht gebraucht. Dass von einer kleinen Einzelöffnung in einem Hindernis, gegen das eine Welle läuft, eine Kreis- bzw. Kugelwelle ausgeht, ist zu erwarten, sobald man weiß, dass es das Phänomen der Beugung gibt. Ebenso wenig bedarf es einer besonderen Erklärung, dass hinter einer Doppelöffnung zwei, und hinter einem Gitter viele solche Wellen entstehen. Hierfür, und auch für die Diskussion der entsprechenden Interferenzfiguren, wird weder ein eigener Name „Elementarwelle“ noch ein eigenes Prinzip gebraucht. Gebraucht wird das Huygens'sche Prinzip erst, wenn man einen größeren Ausschnitt aus einer einlaufenden Wellenfront als Quelle einer auslaufenden Welle betrachtet.

Nicht gebraucht wird das Huygens'sche Prinzip auch zur Beschreibung der Gesetzmäßigkeiten bei Brechung und Reflexion einer ebenen Welle, denn man führt dabei lediglich das Verhalten einer ebenen Welle auf das von vielen Kugelwellen zurück. Man kann bekanntlich eine Funktion auf beliebig viele Arten zerlegen: in harmonische Anteile, in Kugelfunktionen, in Besselfunktionen und vieles andere. Zweckmäßigerweise wählt man eine Zerlegung so, dass der Symmetrie des Problems Rechnung getragen wird. Das tut man aber nicht, wenn man eine ebene Welle nach Elementarwellen, also Kugelwellen zerlegt. Die ursprüngliche ebene Welle hat bereits die höchste Symmetrie, die eine Welle überhaupt haben kann. Brechung und Reflexion lassen sich unschwer mit der ebenen Welle verstehen. Die Bezeichnung „Prinzip“ lässt erwarten, es handele sich um eine von den sonst bekannten Gesetzen der Mechanik bzw. der Elektrodynamik unabhängige Aussage, was sicher nicht zutrifft. Der Beweis dafür, dass das Huygens'sche Prinzip aus der Wellengleichung folgt, gehört allerdings zu den eher schwierigen Themen der Optik, (s. z. B. *Eugene Hecht*, Optik, Addison-Wesley, Bonn, 1989, S. 487).

Auch der Name Elementarwelle ist nicht recht passend, da man das Adjektiv „elementar“ gewöhnlich verwendet im Sinne von: das Eigentliche, das Grundlegende, das nicht auf etwas anderes Rückführbare. Die Huygens'schen Kugelwellen sind in diesem Sinne aber ganz und gar nicht elementar. Sie stellen nichts anderes dar, als eine von vielen möglichen mathematischen Zerlegungen.

Herkunft

Huygens formulierte das Prinzip im 1690 erschienenen „*Traité de la Lumière*“. Bis zu der mit *Fresnel* und *Young*

beginnenden großen Zeit der Wellenoptik waren es noch über hundert Jahre hin, bis zur *Faraday-Maxwell'schen* Elektrodynamik noch 150 Jahre. Bekannt waren zu Huygens Zeit das Brechungs- und das Reflexionsgesetz, die endliche Geschwindigkeit des Lichts, sowie die Tatsache, dass sich weißes Licht aus farbigen Anteilen zusammensetzt. Welche Rolle hat das Huygens'sche Prinzip damals gespielt, und warum hat es bis heute eine so große Bedeutung behalten? Es existierte bereits eine „Korpuskulartheorie“ des Lichts, zunächst von *Descartes* vertreten und dann von *Newton* ausgebaut. Dieser stellte nun Huygens eine Wellentheorie gegenüber. Ob eine Theorie des Lichts etwas taugt, entschied sich damals vor allem daran, ob sie Brechung und Reflexion „erklären“ konnte.

„Erklären“ hieß, wie auch heute noch, eine Erscheinung auf eine andere zurückführen, die man für fundamental und nicht mehr erklärungsbedürftig hielt. Die Elementarwellen sollten eine solche nicht weiter erklärungsbedürftige Erscheinung sein.

Seit *Fresnel* bedürfen aber Brechung und Reflexion sicher nicht mehr der Elementarwellen als Erklärung, und als schließlich mit *Maxwell* eine echte Wellentheorie des Lichts entstand, hatte die Huygens'sche Methode als Prinzip eigentlich endgültig ausgedient, auch wenn zunächst noch nicht klar war, warum das „Prinzip“, das auf der Annahme einer mechanischen Longitudinalwelle beruhte, auch für die komplizierteren elektromagnetischen Wellen gelten sollte. Erst *Kirchhoff* hat schließlich die Gültigkeit des Huygens'schen Prinzips aus der Elektrodynamik hergeleitet.

Die Rolle, die das Huygens'sche Prinzip heute im Unterricht von Schule und Hochschule spielt, ist noch stark von seiner früheren Wichtigkeit geprägt. Wie schon das *Lenz'sche* Gesetz oder die *Kepler'schen* Gesetze hat es aber die Einführung von allgemeiner gültigen Nachfolgesetzen überlebt. Gewiss, als einfache Methode zur näherungsweise Bestimmung von Interferenzbildern ist es immer noch geeignet.

Ein anderer Verdacht ist übrigens nicht von der Hand zu weisen: Das Thema „Beugung und Interferenz“ und damit auch das Huygens'sche Prinzip wird in seiner ungewöhnlichen Ausführlichkeit dadurch am Leben erhalten, dass es traditionell als Aufgabenquelle für das Abitur erhalten muss.

Entsorgung

Für Einzelspalt, Doppelspalt und Gitter braucht man das Huygens'sche Prinzip nicht. Wenn man sich nicht entschließen kann, die Behandlung des breiten Spaltes der Universität zu überlassen, so könnte man es einführen. Es sollte dann aber etwas bescheidener auftreten.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. *Friedrich Herrmann*, Abteilung für Didaktik der Physik, Universität, 76128 Karlsruhe