

Werner B. Schneider

Ein einfaches, wenig bekanntes Verfahren zum Bau einer Linse mit einstellbarer Brennweite

1. Einleitung

Im Fall der Behandlung von Linseneigenschaften und der Abbildungsgleichung oder im Zusammenhang mit der Besprechung der Funktionsweise des Auges besteht oft der Wunsch, die Abbildungsbedingung nicht nur über die Gegenstands- und Bildweite bei vorgegebener Brennweite zu erfüllen, sondern auch über die Brennweite bei vorgegebener Gegenstands- und Bildweite.

Es gibt hierzu bereits eine Reihe von Vorschlägen [1], die im wesentlichen darauf beruhen, daß die brechenden Begrenzungsflächen aus einer flexiblen, durchsichtigen Haut hergestellt werden, und daß das Innere der Anordnung mit einer Flüssigkeit oder einem Gas gefüllt wird. Über den Druck im Inneren kann man dann die passende Krümmung (Brennweite) einstellen. Die Verwendung eines „Zoomobjektivs“ aus dem Fotobereich ist auch möglich. Allerdings ist dessen Funktionsweise nicht einfach zu verstehen.

Ein grundsätzlich anderes Verfahren zur Erzeugung einer „Linse“ mit einer über einen weiten Bereich kontinuierlich einstellbaren Brennweite wird im Folgenden beschrieben.

2. Beschreibung des Verfahrens

Die Idee des Verfahrens besteht darin, zwischen einer freien Wasseroberfläche (z.B. Wasser in einem Glasgefäß mit einem schlierenfreien, durchsichtigen Boden) und einer darüber angeordneten Elektrode ein elektrisches Feld zu erzeugen. In diesem Feld werden die von Natur aus polaren Wassermoleküle in der oberen Wasserschicht ausgerichtet und zur Elektrode hin beschleunigt. Diesem Vorgang wirken die Gravitationskraft und die Oberflächenspannung entgegen. Im Gleichgewicht stellt sich gegenüber der Elektrode eine gekrümmte, hügelartige Wasseroberfläche ein. Die Höhe des Hügels und die Ausdehnung hängen von der angelegten Spannung und dem Elektrodenabstand ab. Für einen Elektrodenabstand von 5 mm zur Wasseroberfläche und einer Spannung von 8 kV beobachten wir eine Hügelhöhe von ca. 1 mm und einen Durchmesser des Hügels von ca. 3 cm. Das Überraschende ist, daß diese gekrümmte Zone abbildend wirkt. Es ist einleuchtend, daß die Brennweite dieser „Linse“ über die Krümmung (Spannung) einstellbar ist.

In Abbildung 1 ist eine aus Aufbauteilen einer Physiksammlung zusammengestellte Versuchsanordnung skizziert, mit der es gelingt, die oben beschriebene „Linse mit einstellbarer Brennweite“ zu realisieren. Als Abbildungsobjekt wird die Wendel einer Halogenlampe (50 W) verwendet, die allein durch die passende Wahl des elektrischen Feldes (Spannung) bei vorgegebener Gegenstands- und Bildweite scharf abgebildet werden kann. Anzumerken ist, daß die Abbildungsqualität am besten ist, wenn die optische Achse durch die Flanken des „Hügels“ verläuft, wie in Abbildung 1 angegeben ist. Ferner ist der abbildende Bereich relativ klein, denn es können nur kleine Objekte wie z.B. die Wendel der Halogenlampe vollständig abgebildet werden.

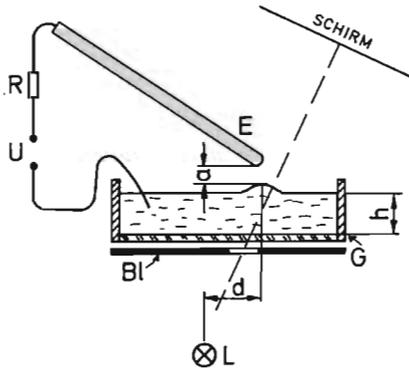


Abb. 1 Skizze zum Aufbau einer Linse mit einstellbarer Brennweite.

E: Elektrode (z.B. Bananenstecker mit rundem Ende oder isolierender Stab mit aufgeklebter Kugellagerkugel);

G: Gefäß (z.B. Wellenwanne oder Metallring mit aufgeklebter Glas- oder Plexiglasscheibe $\varnothing \approx 4$ cm);

h: Wasserstandshöhe ca. 5–10 mm;

a: Abstand Elektrode – Wasseroberfläche ca. 5 mm;

U: Spannung zwischen Elektrode und Wasser ca. 8–10 kV;

d: Abstand der Elektrode von der optischen Achse, $d \approx 3$ cm;

L: Halogenlampe 50 W;

Bl: Blende zur Verminderung des Seitenlichts;

R: Schutzwiderstand, $R \approx 100$ M Ω ;

Anmerkung: ein relativ großes Bild der Wendel erhält man bei einer Gegenstandsweite $g = 8$ cm und einer Bildweite von $b = 3$ m. Mit der einstellbaren Brennweite ist ein scharfes Bild im Bildweitenbereich von 5 cm bis 3 m über die Spannung U von 8,9 kV bis 8,0 kV möglich.

Der Aufbau ist leicht zu justieren. Es lohnt sich dennoch, durch etwas Experimentieren (z.B. Ändern des Elektrodenabstands, der Elektrodenform, der Spannung oder des Durchstrahlungsbereichs) die Anordnung auf die jeweiligen Gegebenheiten anzupassen und zu optimieren. Für das in Abbildung 1 genannte Beispiel Gegenstandsweite $g = 8$ cm und Bildweite b zwischen 0,05 m und 3 m muß die Brennweite f im Bereich von 3,1 cm und 7,8 cm eingestellt werden, was einer Spannungsänderung von $U = 8$ kV bis $U = 8,9$ kV entspricht.

Andere Werte für b und g sind bei entsprechenden Spannungswerten möglich. Das Experimentieren mit obigem Aufbau ist auch unter anderen Gesichtspunkten reizvoll. Wählt man z.B. anstelle der runden Elektrode eine Nadel, die schräg zur Wasseroberfläche orientiert ist, so werden bei genügend hoher Spannung durch den dann auftretenden elektrischen Wind Staubteilchen in der Wasseroberfläche in Bewegung versetzt, was bei Strömungsversuchen die sonst notwendige Pumpe ersetzen kann. Orientiert man die Nadel senkrecht zur Oberfläche, so bläst der elektrische Wind eine Vertiefung in die Oberfläche und man erhält eine Art Zerstreulinse. Stellt man eine stumpfe Elektrode im Abstand von ca. 5 mm zur Wasseroberfläche auf, so wird bei Erhöhung der Spannung die Wasserhaut weiter nach oben ausgelenkt bis ein Funke überspringt, was zum plötzlichen Abfallen des Wasserhügels führt. Danach setzt die Anziehung wieder ein bis der nächste Funke überspringt. Man erreicht damit eine fast periodische Anregung von Wasserwellen.

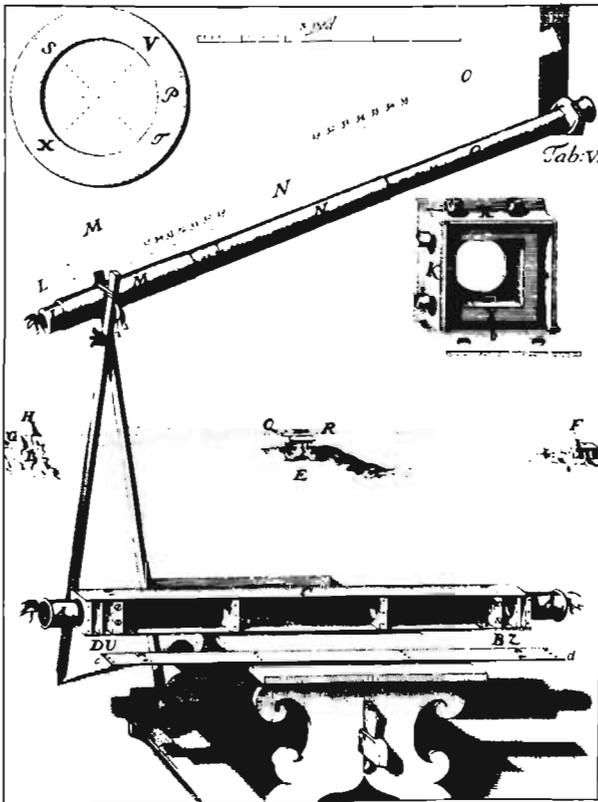
Genauere Untersuchungen zur Verwendung dieser Anordnung als Erreger bei Wasserwellenwannenversuche sind von G. Meserle bereits durchgeführt worden [2].

(Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Werner B. Schneider, Physikalisches Institut der Universität Erlangen – Didaktik der Physik –, Glückstraße 6, 8520 Erlangen)

Eingangsdatum: 9. 2. 1987

Literatur

- [1] Friedrich, A.: Handbuch der experimentellen Schulphysik (Optik), Köln: Aulis Verlag, 1963
 [2] Meserle, G.: PhuD 4 (1976) S. 304–311



Oben: Das mit Einteilungen versehene Fernrohr zur Ausmessung der Oberfläche der Sonne und des Mondes.

Unten: Die Amphipotra, das Fernrohr, durch welches man von beiden Seiten schauen kann.

(Aus: Peter Horrebow, Basis Astronomiae, Kopenhagen, 1735)