# Einige einfache Demonstrationsversuche

Autor(en): **Greinacher, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Helvetica Physica Acta**

Band (Jahr): **14 (1941)**

Heft VII

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-111196

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Einige einfache Demonstrationsversuche

von **H. Greinacher.**

(15. X. 1941.)

## 1. Stehende Wellengruppen.

Seinerzeit[1]) wurde ein Apparat beschrieben, welcher die Gruppengeschwindigkeit von Wellen $c_g$ in Funktion ihrer Dispersion $c = f(\lambda)$ gemäss der Rayleigh'schen Formel

$$c_g = c - \lambda \frac{dc}{d\lambda}$$

zu zeigen erlaubt. Besonders eindrücklich ist der Fall, dass die

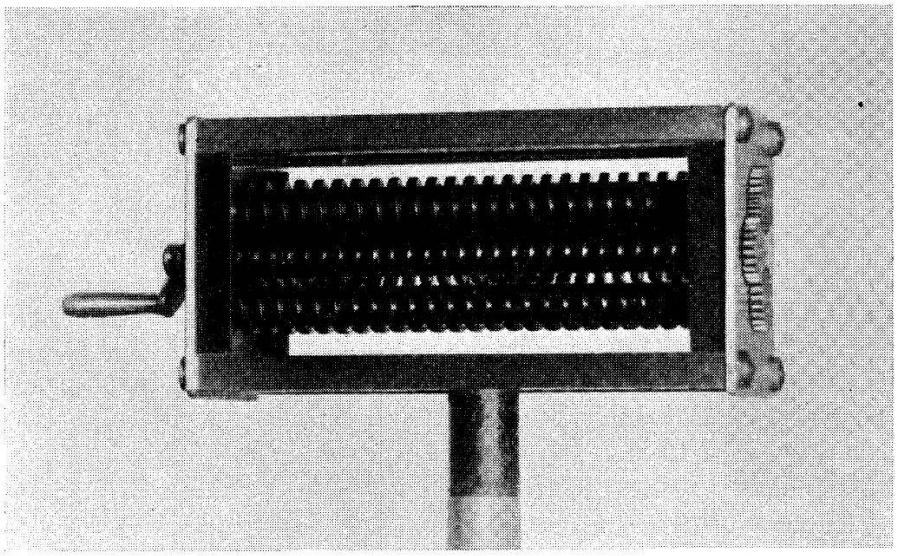

Fig. 1.

Phasengeschwindigkeit proportional der Wellenlänge geht. Denn für $c = k\lambda$ erhält man $c_g = 0$, d. h. eine stehende Wellengruppe. Durch Einregulieren der beiden Phasengeschwindigkeiten auf das Verhältnis der Wellenlängen lässt sich dieser Zustand eines ruhenden Wellenpaketes, wie die dort wiedergegebene Photo zeigt, zwar

[1]) H.P.A. **10**, 490, 1933.

erreichen; jedoch wirken sich kleine Schwankungen bei der Übersetzung dahin aus, dass gewisse hin- und hergehende Bewegungen des Wellenpaketes entstehen. Es wurde nun bereits damals auf eine Version der Anordnung hingewiesen, die es ermöglicht, mit Hilfe von Schraubenspindeln völlig ruhende Wellengruppen herzustellen.

In Fig. 1 ist nun ein solcher Apparat wiedergegeben, wie er, auf Reiter montiert, unmittelbar vor die Projektionslampe gesetzt werden kann. Die Vorrichtung ist dahin vervollständigt, dass sie gleichzeitig mit den ruhenden Wellengruppen auch die Ausbreitung von Wellengruppen mit Phasengeschwindigkeit für den Fall zeigt, dass keine Dispersion vorhanden ist. Sie besteht aus drei übereinander und parallel zueinander angeordneten Schraubenspindeln mit rechteckigem Gewindeprofil (in Fig. 2 schematisch angedeutet). Die Achsenabstände sind so, wie es für das Inein-

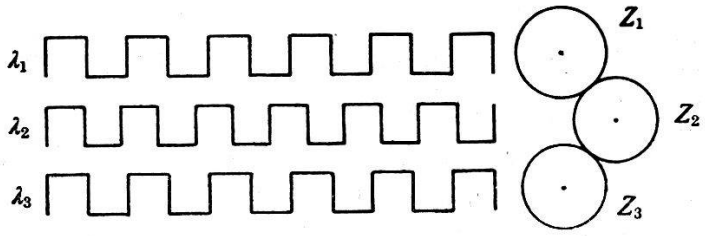


Fig. 2.

andergreifen der Gewinde nötig wäre. Sie greifen aber nicht wirklich ineinander ein, da die mittlere Achse nicht in derselben vertikalen Ebene wie die beiden andern liegt, sondern etwas davor. Beim Hindurchblicken in horizontaler Richtung und auch bei der Projektion scheinen sie aber ineinander zu greifen. Da wo Vertiefungen und Erhöhungen zweier Profile zusammenfallen, entsteht eine undurchsichtige Partie, welche nun die Wellengruppe darstellt, und man beobachtet dann beim Drehen der Schraubenspindeln die Fortbewegung dieser Stellen. Die Spindeln sind mit einem gemeinsamen Antrieb mittels einer kleinen Kurbelwelle verbunden und miteinander durch drei Zahnrädchen mit der Zahnzahl $z_1$, $z_2$, $z_3$, gekoppelt. Bei einer Umdrehung verschiebt sich jede Schraube um ihre Ganghöhe. Dieser Verschiebung entsprechen die betreffenden Wellenlängen $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$. Die durch die drei Schrauben repräsentierten Wellengeschwindigkeiten sind also gegeben durch

$$c_1 = \lambda_1/\tau_1$$
$$c_2 = \lambda_2/\tau_2$$
$$c_3 = \lambda_3/\tau_3$$

wo $\tau_1, \tau_2, \tau_3$ die Umdrehungszeiten bedeuten. Diese sind aber

wiederum proportional der Zahl der Zähne, d. h. $\tau \sim z$, so dass man hat

$$c_1 \sim \lambda_1/z_1$$
$$c_2 \sim \lambda_2/z_2$$
$$c_3 \sim \lambda_3/z_3$$

Es wurden nun die $\lambda$ und $z$ so gewählt, dass

1. $c_1 = c_2$, wobei $\lambda_1 \neq \lambda_2$ (d. h. Dispersionslosigkeit).
2. $c_2 : c_3 = \lambda_2 : \lambda_3$ (daher $c_g = 0$).

Für die beiden äusseren Schrauben (1) und (2) wurde gewählt $\lambda_1 = \lambda_3 = 3{,}30_6$ mm, für die mittlere (2) $\lambda_2 = 2{,}96_4$ mm, so dass $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 1{,}11_6$. Um Fall 1, d. h. Dispersionslosigkeit zu erhalten, musste also $\frac{z_1}{z_2} = 1{,}11_6$ hergestellt werden. Dies wurde praktisch erreicht durch $\frac{z_1}{z_2} = \frac{20}{18}$ (1,111). Für den Fall 2, d.h. $c_g = 0$, war einfach $z_3 = z_2 = 18$ zu machen. Unter diesen Verhältnissen erhält man im obern Zwischenraum Wellengruppen, die mit Wellengeschwindigkeit sich fortbewegen, im untern Wellengruppen, welche stehen bleiben, unabhängig von der Geschwindigkeit und von der Richtung, mit der die Kurbel gedreht wird. Die Projektion ist mit möglichst wenig konvergentem Licht auszuführen.

### 2. Gleichartigkeit von Objektiv und Okular beim Mikroskop.

Sowohl das Objektiv als das Okular sind Sammelsysteme. Im Prinzip kann also jedes der beiden für beide Funktionen benützt werden. Diese Vertauschbarkeit lässt sich so demonstrieren, dass man eine Sammellinse *gleichzeitig* als Objektiv und als Okular verwendet. D. h. man konstruiert ein einlinsiges Mikroskop etwa

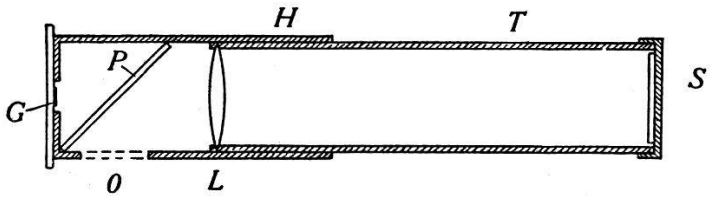


Fig. 3.

in der in Fig. 3 skizzierten Weise. Die Linse $L$ befindet sich am einen Ende, ein Planspiegel $S$ am andern Ende eines Tubus $T$. Der abzubildende Gegenstand $G$ sei am Ende einer verschiebbaren Hülse $H$, z. B. auf einem Objektträger angebracht. Das durch $L$ entworfene reelle Bild wird nach Reflexion der Strahlen am Spiegel S erzeugt. Durch Verschieben der Hülse wird es in den Brennpunkt von $L$ gebracht, und durch $L$ als Lupe unter Verwendung

einer unter 45° reflektierenden Glasplatte $P$ seitlich bei $O$ betrachtet. Es wurde ein Modell hergestellt mit einer Linse von 20 D und einem Abstand von $LS = 15$ cm. Da die optische Tubuslänge dann etwa 20 cm beträgt, so entspricht dies einer Vergrösserung von $V_m = \frac{25 \cdot 20}{5^2} = 20$. Die Verwendung von $L$ als Lupe allein ergäbe $V_l = \frac{25}{5} = 5$, also einen viermal kleineren Wert.

Auch die Mikroprojektion lässt sich mit einem solchen Modell zeigen. Man beleuchtet $G$ mit konzentriertem Licht und zieht die Hülse $H$ so weit aus, bis das reelle Bild seitlich von $O$ in passendem Abstand erscheint. Trotz des Glasspiegels $P$ erhielt man in einem Abstand von 2,4 m und zirka 150-facher Vergrösserung noch genügend helle Bilder.

### 3. Die Glühlampe als Vakuum-Bolometer.

Besonders empfindliche und von Störungen durch Luftströmungen freie Strahlungsbolometer erhält man, wenn man den Widerstandsdraht ins Vakuum bringt. Die Wirkungsweise solcher Vakuumbolometer lässt sich sofort an jeder Glühlampe zeigen. Bedingung ist nur, dass diese nicht gasgefüllt ist. Wenn man also in den einen Zweig einer Wheatstonebrücke eine solche Lampe

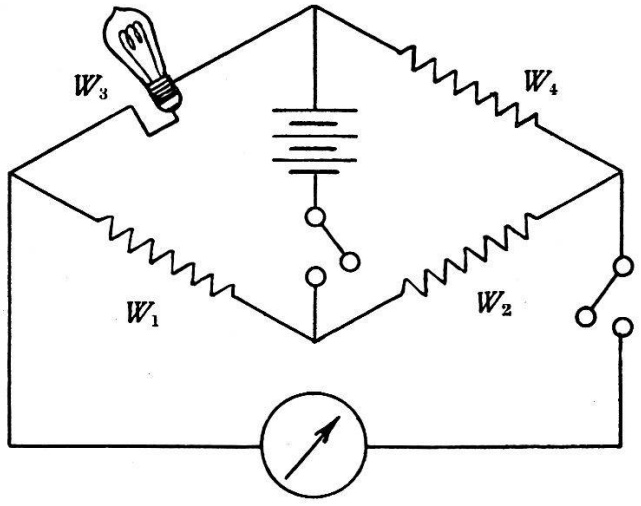


Fig. 4.

bringt, so hat man eine für die Demonstration völlig geeignete Bolometer-Anordnung (Fig. 4). Es liegt nahe, eine Metallfadenlampe zu wählen, da diese im Vergleich zu den Kohlefadenlampen einen wesentlich grösseren Temperatur-Koeffizienten besitzt. Es wurden zunächst verschiedene Lampen auf ihre Brauchbarkeit untersucht, wobei festgestellt wurde, dass gasgefüllte Spiraldrahtlampen wegen der starken Wärmeableitung vom Glühfaden eine

beträchtlich kleinere Wirkung aufweisen als Metalldrahtlampen. Man kann auf diese Weise direkt feststellen, ob eine Lampe Vakuum oder Gas enthält. Es zeigte sich aber, dass der Lampenwiderstand durchwegs zu wenig konstant und namentlich gegen Erschütterungen zu empfindlich ist, als dass man hohe Messempfindlichkeit verwenden konnte.

Hier erwiesen sich nun die Kohlefadenlampen infolge ihrer Widerstandskonstanz als viel geeigneter. Diese besitzen sogar noch den besonderen Vorteil, dass der Bolometerfaden (hier der Kohlefaden) schwarz ist. Um ein Beispiel für die erzielte Strahlungsempfindlichkeit und die Zuverlässigkeit solcher Messungen zu geben, seien hier einige Daten angeführt: C-Lampe für 120 V, $w_1 = w_2 = 380{,}3\ \Omega$ (18,5°), $w_3 = w_4 = 400\ \Omega$, $E = 10$ V, Demonstrationsgalvanometer Hartmann & Braun, 100 $\Omega$-Spule, $\varepsilon = 2{,}3 \cdot 10^{-8}$ A/mm.

| Beleuchtung durch | Ausschlag 1 Teil = 2 cm |
|---|---|
| Deckenlampen des Hörsaals . . . . . | 25 Teile |
| Glühlampe 225 V, 60 Watt, in 50 cm Abstand . | 30 „ |
| Dunkelkammerlampe 220 V (Rubinglas), in 50 cm Abstand . . . . . | 40 „ |

Einstelldauer ca. ½′. 47 Skalenteilen entspricht eine Widerstandsänderung von 0,1 $\Omega$. Die Nullstellung wanderte im Laufe dieser Ablesungen nur um drei Skalenteile, trotzdem die Raum-Temperatur während dieser Zeit um ½° zugenommen hatte.

Für manche Experimente wird man mit Vorteil grosse Strahlungsintensität (konzentriertes Bogenlicht, Sonnenlicht) verwenden, so z. B. für Absorptions- und Reflexionsversuche. In diesem Fall kann man dann schon mit einer weit weniger empfindlichen Brückenanordnung auskommen.

### 4. Entmagnetisierende Wirkung der Magnetpole.

Der Entmagnetisierungstendenz, welche alle Magnete besitzen, sucht man in bekannter Weise durch Anbringen eines Weicheisenankers zu begegnen. Indem man hiedurch die freien Pole beseitigt, verschwindet, bildlich gesprochen, das Gegenfeld, das diese im Magneten hervorrufen und damit die „entmagnetisierende Wirkung". Diese Wirkung des Weicheisenankers auf Permanentmagnete ist naturgemäss für die Demonstration nicht geeignet. Anders ist es bei Elektromagneten. Besitzen diese einen geschlossenen magnetischen Kreis, so behalten sie nach Unterbrechung des Stroms ihren Magnetismus in mehr oder minder hohem Grade, da eben die entmagne-

tisierende Kraft von freien Polen fehlt. So zeigen Transformatoren nach Abschalten des Wechselstroms, je nach der Phase der Unterbrechung, eine mehr oder weniger starke Restmagnetisierung, bzw. erhöhte Remanenz. Man kann nun zeigen, dass diese momentan verschwindet, wenn man den magnetischen Kreis öffnet und damit an der Unterbrechungsstelle freie magnetische Pole herstellt.

Eine einfache Einrichtung, welche diese Wirkung zu zeigen erlaubt, ist in Fig. 5 wiedergegeben. Sie besteht aus einem Transformatorkern in Rechteckform, der aus zwei voneinander abnehmbaren hakenförmigen Teilen zusammengesetzt ist. Auf dem einen befindet sich eine Transformatorspule. Der Versuch besteht nun

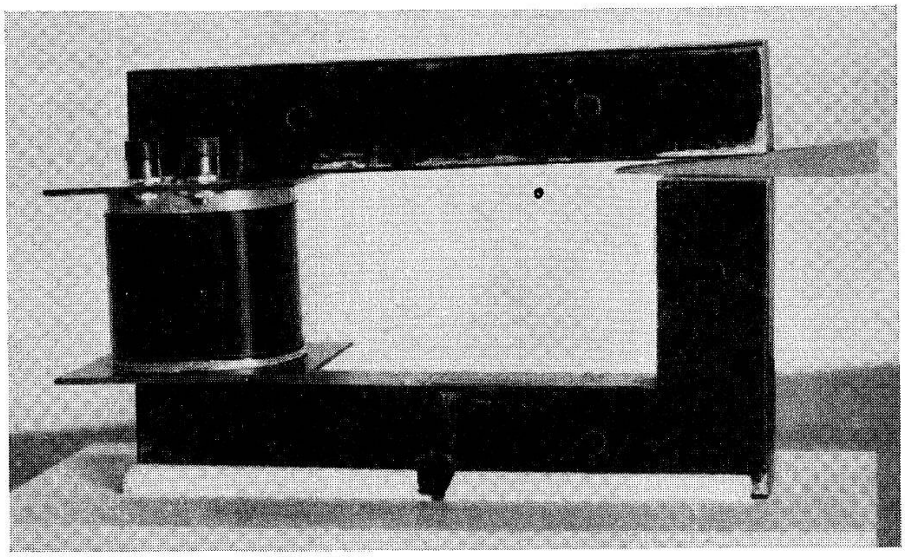

Fig. 5.

darin, dass man durch die Spule erst kurz den Strom eines Akkumulators schickt und sie dann etwa mit Hilfe einer Wippe mit einer Taschenlampenbirne verbindet. Man öffnet nun, z. B. mit Hilfe eines kleinen Holzhebels, ruckweise den magnetischen Schluss (Abheben der Enden um einige mm genügt). In diesem Moment leuchtet das Lämpchen hell auf, anzeigend, dass mit der Entstehung der freien Pole die Restmagnetisierung verschwindet. Das Experiment geht natürlich ein zweites Mal erst wieder nach erneutem Magnetisieren. Andererseits kann man zeigen, dass der Restmagnetismus sozusagen unbeschränkte Zeit verbleibt, indem das Aufleuchten des Lämpchens auch nach vielen Tagen noch gelingt.

Der Versuch lässt sich, allerdings in weniger vollkommener Weise, auch mit einem Experimentiermagneten mit gut schliessendem Weicheisenanker ausführen. Bei dieser Anordnung erhält sich

die Magnetisierung nach Stromunterbruch nur unvollkommen. So erhält man denn die volle Wirkung nur, wenn man den Anker *gleich* nach dem Magnetisieren abhebt. Andererseits kann man bequem das durch den Weicheisenanker verlangsamte Abbröckeln der Magnetisierung demonstrieren, da sich dieses über viele Minuten hinzieht. Man hat nur das Lämpchen durch ein empfindliches Galvanometer zu ersetzen.

Physikalisches Institut der Universität Bern.