

**Zeitschrift**  
für den  
**Physikalischen und Chemischen Unterricht**

---

Begründet von **Friedrich Poske**  
unter Mitwirkung von **Ernst Mach** und **Bernhard Schwalbe**

---

In Verbindung mit  
**K. Rosenberg** in Graz, **H. Hahn** in Berlin, **L. Doermer** in Hamburg  
und der  
**Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht**

herausgegeben von

**K. Metzner**

---

**Vierzigster Jahrgang**

**1927**

Mit zahlreichen Textfiguren



**Berlin**  
Verlag von **Julius Springer**  
1927



im allgemeinen entbehren können, weil Spannungen bis 1000 Volt bequem genug mit einem Spannungswandler oder mit Hilfe von Vorwiderständen gemessen werden können. Dagegen ist die Beschaffung eines BRAUNschen Elektrometers sehr anzuraten, mit dem sich Wechselspannungen bis 3500 Volt messen lassen (Leybold, Köln, 75 Mk.). Ähnlich liegt die Sache hinsichtlich der Drehfeld- oder FERRARIS-Instrumente, bei denen sich eine Trommel oder eine Scheibe aus Aluminium in einem Feld bewegt, welches durch teilweise Abdeckung oder durch zwei Zweige des Wechselstroms, denen durch verschiedene Induktivität eine Phasenverschiebung gegeben wurde, zu einem zweiphasigen Drehfeld gemacht wurde. Diese Induktionsinstrumente werden von allen großen Firmen als Strom-, Spannungs- und Leistungsmesser gebaut. Siemens & Halske liefern ein gut einzusehendes Demonstrationsamperemeter in den Abmessungen  $380 \times 240 \times 370$  mm. Die Geräte haben den großen Nachteil, daß sie nur für Wechselstrom geeignet sind und auch hier stark von der Periodenzahl und Temperatur abhängen. Man wird sie also mehr wegen ihres interessanten Prinzips als aus meß-technischen Gründen anschaffen.

Für die Behandlung des Wechselstromes im Unterricht ist dagegen noch ein Gerät von großer Bedeutung, nämlich der Frequenzmesser. Entnimmt man die Wechselspannung einer Maschine, die zugänglich ist, so läßt sich ja aus der Polzahl und der Umlaufzahl des Rotors die Periodenzahl leicht feststellen. Es gibt im Handel billige Umdrehungszähler (Schuchard & Schütte, Berlin, Spandauerstr.; 5–10 Mk.), deren Achse mit einer dreikantigen scharfen Spitze versehen ist, mit der sie in die Körnung des Ankers gedrückt werden und eine bestimmte Zeit mitlaufen. Bequemer in der Anwendung und zur ständigen Überwachung der Periodenzahl geeignet sind die Frequenzmesser, bei denen durch den erzeugten Strom ein Elektromagnet betätigt wird, vor dessen Polen eine Reihe von Stahlzungen angeordnet sind. Es gerät diejenige in lebhaftere Schwingungen, deren Eigenschwingung in Resonanz mit der erzeugten Frequenz ist. Man erhält bei Siemens & Halske und bei Hartmann & Braun Zungenfrequenzmesser für 45 bis 55 Perioden (auch für 450 bis 550) von der Form der Schalttafelinstrumente. Wir benutzen am Einankerumformer ein altes Gerät, welches nach dem angegebenen Prinzip gebaut ist, aber als Umdrehungszähler, 4200–6000 pro Minute, bei Anwendung eines Kontaktmachers gedient hat. Es wird unter Vorschaltung einer Glühlampe angeschlossen, die Teilung entspricht 35 bis 50 Perioden pro Sekunde.

### Kleine Mitteilungen.

#### Die Möglichkeit der Weltraumfahrt<sup>1)</sup>.

Von H. LORENZ in Danzig.

Man kann nach OBERTH<sup>2)</sup> den Triebstoffverbrauch und damit das Verhältnis  $m_0:m$  durch Abstellung der Verbrennung herabsetzen, wenn man sich mit einer geringeren Fahrtgeschwindigkeit begnügen will. Da von der Unterbrechungsstelle ab das Fahrzeug wie ein Geschöß sich selbst überlassen bleibt, so läuft dies auf eine Verbindung der beiden oben berechneten Fälle hinaus (Fig. 2). Die Abstellung darf jedenfalls nicht eher vorgenommen werden, als bis die der Entfernung  $r_2$  entsprechende Geschößgeschwindigkeit erreicht ist, da es sonst dem Banne der Erdschwere nicht entrinnen könnte. Für die radiale Geschößgeschwindigkeit  $v = dr:dt$  gilt nun:

$$\frac{dv}{dt} = -g \frac{a^2}{r^2}, \quad v dv = ga^2 d\left(\frac{1}{r}\right)$$

oder mit dem Anfangswert  $v_0 = \sqrt{2ga}$  an der Erdoberfläche

<sup>1)</sup> Nachtrag zu dem gleichnamigen Aufsatz in dieser Zeitschrift 40, 97; 1927.

<sup>2)</sup> H. OBERTH, Die Rakete zu den Planetenräumen; 2. Aufl., München und Berlin 1925. R. Oldenbourg; Seite 29.

$$v^2 - v_0^2 = 2ga^2 \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{a} \right), \quad v^2 = 2g \frac{a^2}{r_2} \quad \dots \quad (16)$$

Setzen wir diesen Betrag in die zweite Gleichung (14) ein, so folgt der Abstand der Unterbrechungsstelle vom Erdmittelpunkt

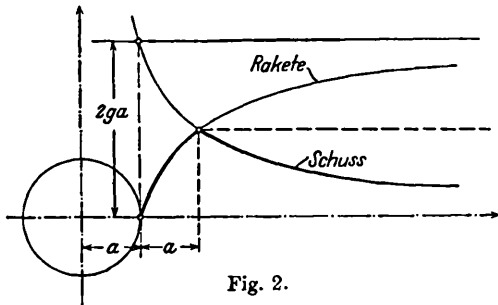


Fig. 2.

$$r_2 = 2a, \quad \dots \quad (16a)$$

d. h. der doppelte Erddurchmesser. Damit aber wird

$$v^2 = ga; \quad v = 7900 \text{ m sec}^{-1} \quad (16b)$$

und nach Einführung in die erste Gleichung (14) mit  $v_0 = \sqrt{2gh}$

$$\frac{m_0}{m} = e^{\sqrt{2} \frac{a}{h}} \quad \dots \quad (17)$$

Durch Vergleich mit (18a) erkennt man, daß durch die Unterbrechung die Exponenten der Massenverhältnisse sich auf das  $1 : \sqrt{2} = 0,7$ fache vermindern. Wir erhalten demgemäß für die

Zahlentafel I.

Treibmittel	$m_0 : m$
H <sub>2</sub> + O . . . . .	34
C + O <sub>2</sub> . . . . .	48
Nitroglyzerin . . . . .	199
Schießwolle . . . . .	582

Auch diese Beträge schließen die Verwirklichung der Raketenfahrt völlig aus, ganz abgesehen von der für die Weltraumfahrt viel zu kleinen Geschwindigkeit, die dauernd unter 8000 m/sec liegt und im Unendlichen verschwindet.

Der Gesamtwirkungsgrad für den Aufstieg berechnet sich als das Verhältnis der schließlich geleisteten Arbeit  $m_1 \cdot g \left( a + \frac{v_1^2}{2g} \right)$  zum Arbeitsaufwand des vergasteten Treibmittels  $(m_0 - m) \cdot g \cdot h$ , also:

$$\eta = \frac{m_1}{m_0 - m_1} \cdot \frac{a}{h} \left( 1 + \frac{v_1^2}{2ga} \right) \quad \dots \quad (18)$$

Dies ergibt für die Rakete mit dauernder Verbrennung, d. h.  $v_1^2 = 2ga$ , und mit Abstimmung, d. h.  $v_1^2 = 0$

$$\eta' = \frac{2a}{\left( \frac{m_0}{m_1} - 1 \right) \cdot h}, \quad \eta'' = \frac{a}{\left( \frac{m_0}{m_1} - 1 \right) \cdot h} \quad \dots \quad (18a)$$

mit den Werten für:

Zahlentafel II.

	$\eta'$	$\eta''$	$\frac{a}{h} + 1$
H <sub>2</sub> + O . . . . .	0,082	0,193	7,37
C + O <sub>2</sub> . . . . .	0,061	0,162	8,63
Nitroglyzerin . . . . .	0,015	0,072	15,28
Schießwolle . . . . .	0,0047	0,036	26,82

In die letzte Spalte sind noch die Massenverhältnisse  $\frac{m_0}{m_1} = \frac{a}{h} + 1$  eingetragen, die dem Wirkungsgrade  $\eta'' = 1$  der Rakete mit Abstimmung und Verwandlung der ganzen verfügbaren Treibmittelarbeit in reine Hubarbeit entsprechen würde.

Dabei ist noch nicht berücksichtigt, daß der für die Rückkehr der Rakete zum Bremsen benötigte Treibmittelaufwand nochmals ungefähr dasselbe Massenverhältnis bedingt, wie das berechnete, wonach das Gesamtverhältnis der Masse der abgehenden zur zurückkehrenden Rakete sich wie das Produkt beider Werte ergibt und auf ganz unmögliche Zahlen führt.

**Musikinstrumente in der Akustik.**

Von K. Gentil in Elberfeld.

Unter dieser Überschrift habe ich im 3. Heft des 38. Jahrg. dieser Zeitschrift eine Reihe Musikinstrumente behandelt, die durch das „Flex a tone“ und die „singende Säge“ ergänzt werden mögen. Das „Flex a tone“ (von to flex a tone = einen Ton biegen) ist ein seit kurzem aus Amerika zu uns gekommenes Musikinstrument, das in der Jazzmusik ausgiebige Verwendung findet. Es beruht auf der physikalisch interessanten Tatsache, daß die Tonhöhe einer Metallplatte nicht nur von den Dimensionen und dem Material, sondern auch von der Biegung der Platte abhängt. Diese Erscheinung ist von der sog. musikalischen Säge her schon längst bekannt. Man benutzt hierzu ein möglichst breites Sägeblatt und bringt es während des Biegens zum Klingen.

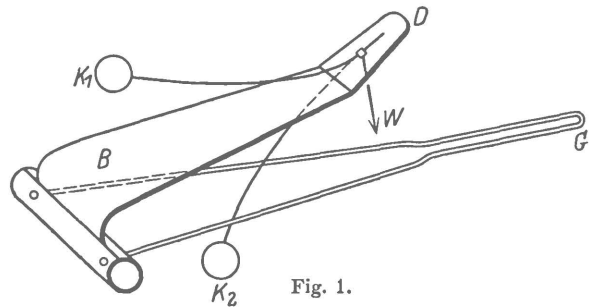


Fig. 1.

Das Flex a tone (Fig. 1) besteht aus einem gut klingenden und leicht biegbaren Stahlblatt *B*, das durch Bewegung der Klöppel *K*<sub>1</sub> und *K*<sub>2</sub> zum Klingen gebracht wird. Hierbei wird das Instrument am Griff *G* in die Hand genommen und mit dem Daumen das Stahlblatt an der Stelle *D* gebogen. Das Flex a tone eignet sich gut zum Nachweis der Abhängigkeit der Tonhöhe von der Biegung, da es zwischen *c*'' und *g*'' ziemlich reine klangvolle Töne gibt. An der mit einem Pfeil bezeichneten Stelle *W* wird eine Wagschale aufgehängt und mit Gewichten belastet, so daß das Instrument der Reihe nach die Töne der chromatischen Tonleiter gibt. Unbelastet gibt das Flex a tone den Ton *c*'' und erreicht bei Belastung mit etwa 2000 g den Ton *f*'''.

Die Fig. 2 zeigt die Beziehung zwischen Schwingungszahl und biegendem Gewicht; die Schwingungszahlen der chromatischen Tonleiter (*a*' = 435) sind als Abszissen, die biegenden Gewichte in Gramm als Ordinaten abgetragen. Hierbei wurde zur Abstimmung das schon an anderer Stelle

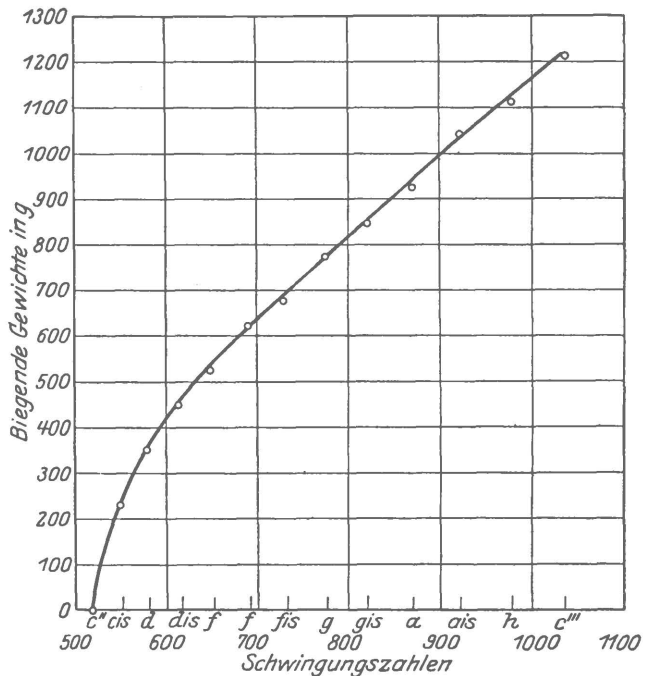


Fig. 2.