

allein wird die nächste Folge auch die sein, dass nicht mehr, wie bisher, über ein und dieselbe Frage die verschiedenartigsten Wünsche an den hohen Reichstag gelangen, sondern nur einheitliche, von sämtlichen Faktoren durchberathene. Sodann wird die Bildung von Innungen eine allgemeine werden und die Innungsverbände stärken.

Die Frage der Errichtung von Gewerbekammern ist in ein solches Stadium getreten, dass ihre Einführung nahe bevorsteht. Ebendeshalb wird es gerade jetzt der gesammten Kraftaufwendung bedürfen, damit diese Frage in einem der Entwicklung des Innungswesens günstigem Sinne erledigt wird, denn schon ist eine unserer Bestrebungen in dieser Frage feindliche Bewegung im Gange. Von Wichtigkeit würde es daher sein, auf dem Allg. Deutschen Handwerkertage die Grundzüge dieses Faktors der Selbstverwaltung für den Handwerkerstand festzustellen und dieselben schleunigst in geeigneter Form an zuständige Stelle zu übermitteln.

Wir bitten nunmehr, unsere vorgebrachten Gründe recht bald zu erwägen und im Sinne eines Zusammengehens zu beschliessen.

Verhältnisse zwischen Unruhe, Zugfeder und Spirale.

Von
Rich. Lange, Glashütte i. Sachs.
 (Fortsetzung und Schluss von No. 11.)

In gleicher Weise wurde auch bei der 13lig. Uhr die Berechnung vorgenommen, und war der Nutzeffect nach der gemessenen Kraft der Spirale 67%, nach der berechneten Kraft = 65%.

Aus allen diesen Berechnungen ergibt sich ein Nutzeffect von 65—68% oder ein Kraftverlust durch Reibung vom Federhaus bis zur Unruhe von 32—35%.

Beim directen Messen der Spirale ergab sich eigenthümlicherweise, dass durchschnittlich (etwa 0,01 Gr.) weniger Kraft erforderlich war, die Spirale zusammen zu winden, als $\frac{1}{2}$ Umgang aufzuwinden, trotzdem sich die Spirale tadellos entwickelte, und die Unruhe genau abgewogen war; und habe ich bisher noch keine genügende Erklärung für diese eigenthümliche Thatsache gefunden.

Durch die zuletzt angestellten Versuche und Berechnungen ist nun zur Genüge gezeigt worden, wie man zu verfahren hat, um den Kraftverlust der Uhr durch die Hebung an der Unruhe kennen zu lernen.

Bei vielen Uhren ist jedoch die Hebung an der Unruhe so gross, dass selbst bei vollem Aufzuge die Uhr nicht von selbst angeht und daher die Messung der auf die Unruhe übertragenen Kraft (durch die Spiralspannung beim Angehen der Uhr), in der zuletzt beschriebenen Weise nur dann ausführbar ist, wenn man eine so grosse und zugleich messbare Kraft anwendet, (z. B. durch Anhängen von Gewichten am Umfang des Federhauses) bis das Angehen der Uhr erfolgt.

Nachstehende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der gefundenen Kraftmessungen und Berechnungen.

Man findet neben der Uhrgrösse zunächst eine Zusammenstellung der gemessenen Kraft der Zugfeder für einen Schwingungsbogen der Unruhe von $\frac{1}{4}$ Umgang, den dieser Kraft entsprechenden Schwingungsbogen der Unruhe; das Trägheitsmoment der Unruhe; das Moment der Spirale bei einem Elasticitätscoefficienten von 22000000 für den Weg und Radius = 1; das bei dieser Federkraft gemessene Kraftmoment der Ankergabel, ferner das gemessene Kraftmoment der Spirale für den halben Hebungswinkel von 17° und das berechnete Moment der Spirale, so dass man mit Leichtigkeit alle darauf bezüglichen Berechnungen vornehmen kann.

Tabelle.

Uhrgrösse	Gemessenes Kraftmoment der Zugfeder bei einem Schwing-Bogen der Unruhe von $\frac{1}{4}$ Umgang	Trägheitsmoment der Unruhe	Gemessenes Kraftmoment an der Ankergabel	Moment der Spirale für den Weg und Radius = 1 $M = \frac{E h^3 b}{12 \cdot 2}$	Gemessenes Kraftmoment der Zugfeder wenn die Uhr eben angeht bei 34° Hebung	Kraftmoment der Spirale bei 17° Unruhebewegung (Bei 1 mm Entfernung von der Unruhmitte)	Berechnetes Kraftmoment der Spirale bei 17° Unruhebewegung (Bei 1 mm Entfernung von der Unruhmitte)
21 lig.	6400	0,0051	1,2	1,317	5500	0,374	0,386
20 lig.	5600	0,00373	1,0	0,934	4600	0,273	0,277
19 lig.	4800	0,0026	0,84	0,669	3000	0,190	0,198
18 lig.	3850	0,002	0,70	0,546	2600	0,163	0,162
13 lig.	1950	0,000626	0,37	0,1543	900	0,0476	0,049

Wie schon früher erwähnt, geschieht das Messen der Kraft der Spirale am bequemsten durch Anhängen kleiner Gewichte am Umfang der Unruhe. Auf ähnliche Weise lässt sich auch am einfachsten die Kraft der Spirale messen. Zu diesem Zwecke habe ich auf einer Welle einen genau abgewogenen schmalen Streifen Aluminium (der Leichtigkeit wegen) angebracht, in dessen Mitte ein ziemlich langer, oben vorstehender Conus angebracht ist, um Spiralarollen von verschiedener Weite darauf aufdrücken zu können.

Die Zapfen dieser Welle laufen in Steinen zwischen einer Platte und einem darauf geschraubten Kloben.

Will man nun die Kraft der Spirale messen, um danach eine gleich starke, stärkere oder schwächere zu suchen, so drückt man die Spiralarolle mit daran befestigter Spirale auf den Conus, befestigt nach gewählter Umgangszahl das (äussere) Ende an den Kloben, und hängt so-

viel Gewicht an das Ende des Streifens, bis bei verticalem Halten der Platte, die Spirale z. B. 1 Umgang gespannt ist.

Für eine Spirale von derselben Stärke muss bei derselben Spannung von 1 Umgang am Ende des Aluminiumstreifens das gleiche Gewicht angebracht werden, — bei stärker gewünschter Spirale entsprechend grösseres, bei schwächerer entsprechend kleineres Gewicht. Kennt man z. B. das Trägheitsmoment der Unruhe, oder den mittleren Reifendurchmesser und das Gewicht der Unruhe, so findet man in der vorher angegebenen Tabelle das dem Trägheitsmoment entsprechende Kraftmoment der Spirale; berechnet man es für den Spannungswinkel und den Hebelarm des Gewichts, so weiss man genau das Gewicht, welches am Aluminiumstreifen für das betr. Trägheitsmoment der Unruhe anzuhängen ist.

Wenn man nun die einzelnen Rubriken der vorangehenden Tabelle unter sich vergleicht, wird man die früher aufgestellten Schlüsse bestätigt finden; beispielsweise sind die Producte aus dem statischen Momente der Zugfeder einer Uhr mit dem Moment der Ankergabel einer anderen Uhr wechselseitig gleich; z. B. das statische Moment der Zugfeder der 21lig. Uhr mal dem Moment der Ankergabel der 20lig. Uhr ist nahezu gleich dem statischen Moment der 20lig. Uhr mal dem Moment der Ankergabel der 21lig. Uhr, also:

$$6400 \times 1 = 5600 \times 1,2.$$

Ebenso ist das Product aus den Quadraten der statischen Momente der Zugfeder einer Uhr mal dem Trägheitsmoment einer anderen Uhr wechselseitig gleich, z. B. ist das Quadrat des statischen Momentes der Zugfeder der 21lig. Uhr mal dem Trägheitsmomente der 20lig. Uhr gleich dem Product des Quadrats des statischen Momentes der 20lig. mal dem Trägheitsmoment der 21lig. Uhr.

$$6400^2 \times 0,00373 = 5600^2 \times 0,0051 \text{ oder } 15278 = 15994.$$

Demnach nur eine geringe Differenz.

Es lässt sich also daraus der Schluss ziehen, dass die Quadrate der Kräfte sich annähernd wie die Trägheitsmomente der verschiedenen Unruhen verhalten. Die kleinen Unterschiede, die sich dabei ergeben, in dem Masse, als die Trägheitsmomente kleiner werden, können ihre Erklärung in der relativ vergrösserten Zapfenreibung und in dem vergrösserten Luftwiderstand finden.

Man kann nun wie schon aus früheren Beispielen erläutert, die verschiedenartigsten Nutzenwendungen machen. Wenn man z. B. das Kraftmoment der Zugfeder einer Uhr gemessen hat und berechnet dann das Kraftmoment bis zum Anker, zieht nach den gemachten Erörterungen ca. 35% Kraftverlust durch Reibung ab, so lässt sich auf die Kraft an der Ankergabel schliessen. Da nun, nach den vorangehenden Ergebnissen, sich die Trägheitsmomente der Unruhen annähernd wie die Quadrate der Kräfte verhalten, so kann man mit Hilfe der Tabelle das Trägheitsmoment der Unruhe und nach dem in der betr. Uhr verfügbaren Raum den Durchmesser der Unruhe, bezw. das Gewicht derselben bestimmen, woraus sich nun wiederum das Kraftmoment der Spirale ergibt; und bei angemeiner Anzahl Umgänge der Spirale lässt sich die Breite und Stärke der Spiralklinge berechnen. Es sei z. B. das gemessene statische Moment der Zugfeder = 6500. Hieraus folgt für das statische Moment an der Ankergabel bei dem bisher angenommenen Umsetzungsverhältniss von 1:4500, einem Gangradshalbmesser von 4,3 mm und einer Gabelänge von 4,5 mm, einem Verhältniss der Bewegungswinkel von Gangrad und Anker von $\frac{21}{17}$ oder $1,235 \frac{6500}{4500 \times 4,3} = 1,235 \times 0,96 = 0,398$

hiervon ab für Reibung 35% = 0,398 — 0,139, bleibt 0,259 Gr. für die Kraft an der Ankergabel; und bei einer wirksamen Gabelänge von 4,5 mm ist das Kraftmoment = $4,5 \times 0,259 = 1,165$.

Man weiss nun aus der Tabelle, dass bei einem Kraftmoment der Ankergabel von 1° (für die 20lig. Uhr) das Trägheitsmoment der Unruhe = 0,00373 war; es müsste demnach das Trägheitsmoment der Unruhe für obige Uhr = $\frac{1,165^2}{1,00^2} \cdot 0,00373 = 0,00506$ sein. Der Raum in der Uhr gestatte nun eine Grösse für die Unruhe von 18 mm beziehentlich einen mittleren Reifendurchmesser von 15 mm, so wäre das Gewicht der Unruhe = $\frac{0,00506 \text{ Gr.}}{7,5^2} = \frac{0,00506 \times 9810}{56,25} = 0,8825 \text{ Gr.}$

Will man nun eine hierfür passende Spirale wählen, welche 14 Umgänge bei einem äusseren Durchmesser von 9 mm und einem Rollendurchmesser von 2 mm hat, also eine Länge von $(4,5 + 1) \pi 14 = 5,5 \pi 14 = 241,9 \text{ mm}$, so folgt nun aus der (früher entwickelten) Formel $t = \pi \sqrt{\frac{12 L W}{h^3 b E}}$ wenn man z. B. eine Spirale von der Breite 0,22 mm anwendet, für die Stärke:

$$h = \sqrt[3]{\frac{\pi^2 12 L W}{b E t^2}} = \sqrt[3]{\frac{\pi^2 2900 \times 0,00506}{0,22 \times 22000000 \times 0,04}} \quad h = 0,0908 \text{ mm.}$$

Der berühmte englische Uhrmacher Frodsham erwähnt in einem der früheren englischen Uhrmacher-Journale, dass die Bestimmung der richtigen Verhältnisse zwischen Federhaus, Unruhe und Spirale eines der wichtigsten noch ungelösten Probleme in der Uhrmacherei sei.

Ich habe nun jahrelang viel Zeit, Mühe und Arbeit darauf verwendet, etwas Klarheit in diese Verhältnisse zu bringen; ich habe dabei nicht beabsichtigt, eine endgültige Lösung dieser complicirten Frage herbeizuführen; aber ich glaube wenigstens der Lösung dieser Frage wesentlich näher getreten zu sein; und ich würde erfreut sein, wenn ich durch den vorliegenden Artikel Veranlassung zu weiteren Forschungen auf diesem Gebiete gegeben hätte.