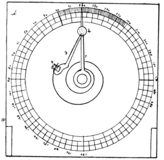
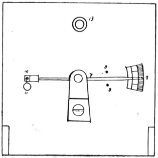
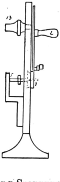
Ein Spiralmass.

Von **Richard Lange.**

Das nachstehende, von mir konstruierte Spiralmass dient zur Berechnung von Kraftmomenten der Spirale, Trägheitshalbmesser und Trägheitsmomenten der Unruh usw. Der kleine Apparat besteht aus der Platte A, auf deren Vorderseite in 360° geteilte Kreise angebracht sind. Die Platte A ist ferner mit einem vom Mittelpunkt aus drehbaren Zeiger *1* versehen, der, wie die Rückerzeiger an einer Stelle geöffnet und in einer schrägen Ausdrehung der Platte eingesprengt ist, so dass er sich mit entsprechender Reibung drehen lässt. Unter dem Griff *2* ist leichtbeweglich ein leichter, dünner Arm *3* angebracht, in welchem das äussere Spiralende durch eine exzentrische Schraube *4* gegen einen kleinen Ansatz gepresst wird, während das innere Ende der zu prüfenden Spirale mit der Spiralrolle auf dem Zapfen einer Welle *5* befestigt wird. Für Spiralen ohne Rolle sind besondere Rollen vorhanden, in welche das innere Spiralende geklemmt wird. Die Zapfen der Welle *5* laufen in Steinlöchern, von denen das eine in die Rückseite der Platte A, das andere in den darüber befindlichen Kloben *6* gefasst ist. Ueber der Rückseite der Platte A ist auf der Welle ein Zeiger *7* befestigt, der in seiner Bewegung durch zwei Anlagestifte *8* begrenzt ist; die Spitze desselben bewegt sich der Begrenzung entsprechend auf der Skala *9*, während das entgegengesetzte kürzere Ende *10* in einem verstärkten Teil einen Stift hat, an welchem ein kleines Gewicht *11*, z. B. 0,2 g = 200 mg, gehängt werden kann. Die Platte ist mit zwei Füssen *12* versehen, auf welchen die Platte beim Anhängen der Gewichte und Ablesen der Spannungszahl gestellt wird. In gleicher Seitenhöhe der Füsse ist der runde Fuss *13* eingeschraubt, so dass die Platte auf diese drei Füsse gelegt wird, wenn die Spirale abgenommen oder befestigt wird. In meinem Apparat beträgt die Hebellänge (am Zeiger) für das Anhänge-







gewicht 20 mm und die Anhängegewichte für stärkere Spiralen 0,2 g = 200 mg, für schwache Spiralen 0,05 g = 50 mg. Die Spirale wird nun mit der Rolle auf dem Zapfen und mit dem äusseren Ende an dem beweglichen Arm *4* befestigt, ohne das Gewicht an den hinteren Hebelzeiger zu hängen. Auf der Vorderseite wird nun der andere Zeiger an dem Griffe so lange gedreht, bis der hintere Zeiger in der Mitte der Skala (auf 0) steht, so dass die Spirale ganz entspannt ist, dann wird das kleine Gewicht von 0,2 g = 200 mg an den Zeiger des hinteren Hebelarmes gehängt und die Spirale so lange gespannt, bzw. der vordere Zeiger so lange gedreht, bis wiederum der hintere Zeiger auf der Mitte der Skala (auf 0) steht. Die Anzahl der vom vorderen Zeiger (vom ungespannten bis zum gespannten Zustand der Spirale) durchlaufenen Grade zeigt den Spannungswinkel der Spirale nach Graden an.

Mit dem Apparat habe ich zunächst die Kraft verschieden starker und verschieden langer Spiralen gemessen, u. a. eine Spirale von $17\frac{1}{2}$ Umgängen. Erst ist die lange Feder in das Spiralmass genommen, der Spannungswinkel bei einem konstanten Gewicht von 0,2 g = 200 mg notiert, dann genau ein Umgang abgebrochen, wieder der Spannungswinkel bei gleichem Gewicht notiert usw., bis nach und nach die Spirale auf $8\frac{1}{2}$ Umgang verkürzt wurde, wobei bei jedem verkürzten Umgang zunehmend vermehrtes Gewicht aufgewendet werden muss, um die Spirale einen Umgang zu spannen. Bei $17\frac{1}{2}$ Spiralumgängen war der Zeiger 244^0 zu drehen, bis Gleichgewicht eintrat.

Bei $16\frac{1}{2}$	Spiralumgängen	war	der	Zeiger	220^0	zu	spannen,
„ $15\frac{1}{2}$	„	„	„	„	197^0	„	„
„ $14\frac{1}{2}$	„	„	„	„	175^0	„	„
„ $13\frac{1}{2}$	„	„	„	„	155^0	„	„
„ $12\frac{1}{2}$	„	„	„	„	137^0	„	„
„ $11\frac{1}{2}$	„	„	„	„	119^0	„	„
„ $10\frac{1}{2}$	„	„	„	„	103^0	„	„
„ $9\frac{1}{2}$	„	„	„	„	90^0	„	„
„ $8\frac{1}{2}$	„	„	„	„	77^0	„	„

Ferner habe ich noch berechnet, wieviel Gewicht p nach der gemessenen Spiralbreite b = 0,23 mm, Spiralstärke e = 0,09 mm und den der Umgangszahl entsprechenden Längen L anzuhängen wäre, den Elastizitätskoeffizienten zu 22000000 angenommen. Die Formel ist für das Kraftmoment der Spirale $= M\alpha = pr$, und da $M = \frac{Ebe^3}{12L}$, so ist $p_1 = \frac{Ebe^3}{12L\alpha}$, und da $\alpha = \frac{\pi n}{180}$, so ist $p = \frac{Ebe^3\pi n}{12L180r}$, und bei einem Umgang Spannung ist $p = \frac{Ebe^3 360^0 \pi}{12L180^0 r} = \frac{Ebe^3 2\pi}{12Lr}$.

Setzt man die Werte ein, so erhält man bei

$17\frac{1}{2}$	Spiralumgängen	für	$p_1 = 320$ mg,
$16\frac{1}{2}$	„	„	$p_2 = 342$ „
$15\frac{1}{2}$	„	„	$p_3 = 364$ „
$14\frac{1}{2}$	„	„	$p_4 = 390$ „
$13\frac{1}{2}$	„	„	$p_5 = 418$ „
$12\frac{1}{2}$	„	„	$p_6 = 451$ „
$11\frac{1}{2}$	„	„	$p_7 = 490$ „
$10\frac{1}{2}$	„	„	$p_8 = 537$ „
$9\frac{1}{2}$	„	„	$p_9 = 594$ „
$8\frac{1}{2}$	„	„	$p_{10} = 663$ „

Die Differenz zwischen p_1 und p_2 beträgt 22 mg und steigt immer mehr an, bis sie von p_8 bis p_9 zuletzt 70 mg beträgt. Zur Vervollständigung sind auch noch die Kraftmomente der Spirale bei jedem verkürzten Umgang (von $17\frac{1}{2}$ Umgängen bis herab zu $8\frac{1}{2}$ Umgängen) bei einem Umgang Spannung der Spirale berechnet. Das Kraftmoment der Spirale $= M\alpha$, ebenso ist es auch pr; also $M\alpha = pr$ und $M = \frac{pr}{\alpha}$, oder nach Graden für einen Umgang Spannung ist $M = \frac{pr180^0}{\pi n^0} = \frac{pr180}{\pi 360} = \frac{pr}{2\pi}$. Setzt man für p_1 bis p_{10} die oben erhaltenen Werte ein, so ist bei $17\frac{1}{2}$ Spiralumgang $M_1 = \frac{320 \cdot 20}{6\,283} = 1019$, für $16\frac{1}{2}$ Umgang ist $M_2 = 1088$, für $15\frac{1}{2}$ Umgang ist $M_3 = 1160$, für $14\frac{1}{2}$ Umgang ist $M_4 = 1240$, für $13\frac{1}{2}$ Umgang ist $M_5 = 1331$, für $12\frac{1}{2}$ Umgang ist $M_6 = 1438$, für $11\frac{1}{2}$ Umgang ist $M_7 = 1560$, für $10\frac{1}{2}$ Umgang ist $M_8 = 1710$, für $9\frac{1}{2}$ Umgang ist $M_9 = 1900$, für $8\frac{1}{2}$ Umgang ist $M_{10} = 2111$.

Die Differenzen betragen von M_1 bis M_{10}:
69 72 80 90 107 122 150 190 211.

Man ersieht aus den Versuchen und aus den Berechnungen, dass die Differenzen immer grösser werden, dass man also bei jedem verkürzten Umgang vermehrtes Gewicht aufwenden muss, um die Spirale einen Umgang zu spannen. Während zu Anfang bei der Verkürzung von $17\frac{1}{2}$ auf $16\frac{1}{2}$ Umgang die Differenz unerheblich war, wächst sie bei jedem verkürzten Umgang steigend an; man ersieht daraus, wie ungünstig die Kraftübertragung auf die Unruh bei immer kürzer werdender Spirale wird. Wenn z. B. eine Schwingungszunahme der Unruh von $\frac{1}{4}$ Umgang eintritt, so wird bei der Spirale von $8\frac{1}{2}$ Umgängen, bei welcher die Kraftzunahme bei einem Umgang Spannung 70 mg betrug, sonach bei $\frac{1}{4}$ Umgang vermehrte (oder verminderte) Unruhschwingung $= \frac{70}{4} = 17{,}5$ mg $= 0{,}0175$ g betragen. Diese vermehrte oder verminderte Kraft wird auf die Unruh übertragen; um die grösseren oder kleineren Schwingungen in genau derselben Zeit vollziehen zu können, müsste die Spirale genau isochronisch sein. Wenn man dagegen die Spirale von 17,5 auf 16,5 Umgang kürzt, findet für einen Umgang Spannung nur eine Kraftveränderung von 20 mg statt, und bei $\frac{1}{4}$ Umgang Spannung der Spirale nur $\frac{20}{4} = 5$ mg $= 0{,}005$ g statt, es würde also nur eine geringe Veränderung des Schwingungsbogens der Unruh durch die nur unwesentliche Kraftveränderung eintreten, die lange Spirale wird bei gleicher Veränderung der Spannungswinkel die Kraft wesentlich gleichmässiger übertragen, und die Uhr wird viel gleichmässiger gehen. Die Länge der Spirale ist natürlich durch das mit der Länge zunehmende Gewicht und den Umfang, der die Anwendung theoretischer Kurven kaum noch ermöglicht, begrenzt.

Wie ich schon erwähnte, verwendete ich für stärkere Spiralen ein Anhängegewicht von 0,2 g = 200 mg, für kleine schwache Spiralen ein Gewicht von 0,5 g = 50 mg, für schwache Spiralen habe ich die Prüfung der Federkraft doppelt vorgenommen. Unter anderem war bei einer kleinen Unruh vom Gewicht von 0,365 g oder 365 mg und dem Trägheitshalbmesser von 5,76 mm die Spirale mit dem Anhängegewicht von 0,2 g 753^0 zu spannen, mit dem Anhängegewicht von 0,05 g dagegen nur 118^0, bis Gleichgewicht eintrat. Daraus geht hervor, dass bei dem viermal geringeren Gewicht auch genau viermal geringerer Weg zu spannen war, denn $4 \cdot 118^0 = 752^0$, daraus folgt, dass **die Spiralkraft genau in demselben Masse als der Spannungswinkel zunimmt**, also die Spiralkraft ist genau dem Spannungswinkel proportional.

Bestimmung des Trägheitshalbmessers R.

Die Formel für die Zeit einer Unruhschwingung ist $t = \pi \sqrt{\frac{I}{M}}$. Hierin bedeutet I das Trägheitsmoment der Unruh, M das Kraftmoment der Spirale. Das Trägheitsmoment der Unruh

$$I = \frac{P R^2}{g} \; \frac{\text{Unruhgewicht} \cdot \text{Trägheitshalbmesser}}{9810};$$

setzt man den Wert in die Formel ein, so ist $t = \pi \sqrt{\frac{P R^2}{M \cdot 9810}}$ und da, wie vorangehend erläutert wird, $M = \frac{p r}{\alpha}$, so ist $t = \pi \sqrt{\frac{P R^2 \alpha}{9810 \, p r}}$, und da α nach Gradzahl $= \frac{\pi n}{180}$, so ist $t = \pi R \sqrt{\frac{P \pi n}{9810 \cdot p r \cdot 180}}$. Da nun für Taschenuhren $t =$ 1/5 Sekunde ist, so ist $1/5 = \pi R \sqrt{\frac{P \pi n}{9810 \cdot 200 \cdot 20 \cdot 180}}$, hieraus ist der Trägheitshalbmesser $R = \frac{1}{5 \pi} \sqrt{\frac{4000 \cdot 180 \cdot 9810}{P \pi n}}$ oder $R = 120 \sqrt{\frac{2 \cdot 9810}{P \pi^3 n}}$.

Beispiel. Bei einer 20 lig-Uhr betrug das Gewicht einer mit Goldschrauben versehenen Unruh 0,740 g oder 740 mg; für die betreffende Spirale war an dem Hebelarm von 20 mm und dem Anhängegewicht von 200 mg der Zeiger 243^0 zu spannen, bis der Zeigerhebel wieder im Gleichgewicht war. Wie gross ist der Trägheitshalbmesser R?

$$R = 120 \sqrt{\frac{2 \cdot 9810}{740 \cdot \pi^3 \cdot 243^0}} = 7{,}12,$$

und hieraus das Trägheitsmoment

$$M = \frac{P R^2}{g} = \frac{740 \cdot 7{,}12^2}{9810} = 3{,}82.$$

$$\begin{array}{rl} \lg 2 = & 0{,}30103 \\ + \lg 9810 = & \underline{3{,}99170} \\ & 4{,}29273 \\ & \underline{-\,6{,}74629} \\ & 1{,}54694 - 4 : 2 \\ = & 0{,}77322 - 2 \\ + \lg 120 = & \underline{2{,}07918} \\ & 0{,}85240 \quad N \lg = 7{,}1188. \end{array} \qquad - \left\{ \begin{array}{rl} \lg \pi^3 = & 1{,}49175 \\ \lg 740^0 = & 2{,}86923 \\ \lg 243^0 = & \underline{2{,}38561} \\ & 6{,}74629 \end{array} \right.$$

Und wenn der Trägheitshalbmesser der Unruh bekannt ist, so ist die Gradzahl n, um welche die Spirale zu spannen ist, bei der Hebellänge von 20 mm und 200 mg Anhängegewicht $n = \frac{4000 \cdot 180 \cdot 9810 \cdot 0{,}2^2}{P \pi^3 R^2}$.

Beispiel. Bei einer Unruh einer 20 lig-Uhr war der ermittelte Trägheitshalbmesser $R = 7{,}3$, das Unruhgewicht 720 mg. Die Spirale ist demnach zu spannen um die Gradzahl $n = \frac{4000 \cdot 180 \cdot 9810 \cdot 0{,}2^2}{720 \cdot \pi^3 \cdot 7{,}3^2} = 237^0$. In Wirklichkeit erfolgte das Gleichgewicht des Hebels bei 239^0.

Und wenn der Trägheitshalbmesser nicht bekannt ist, so kann man aus Breite, Dicke und Länge der Spirale und ihren Elastizitätskoeffizienten ebenfalls berechnen, wieviel Grade n der Zeiger bis zum Gleichgewicht zu drehen ist.

Aus der Formel

$$p r = \frac{E b e^3 \alpha}{12 L} \text{ oder } \frac{E b e^3 \pi n}{12 L \cdot 180} \text{ ist } n = \frac{p r \, 12 \, L \, 180}{E b e^3 \pi},$$

$$n = \frac{200 \cdot 20 \cdot 12 \cdot 250 \cdot 180}{22\,000\,000 \cdot 0{,}23 \cdot 0{,}083^3 \cdot 3{,}12} = \frac{21\,600\,000}{9600} = 226^0.$$

$p = 200$ mg,
$r = 20$ mm,
$E = 22\,000\,000$,
$b =$ Spiralbreite $= 0{,}23$ mm,
$e =$ Spiralstärke $= 0{,}083$,
$\alpha = \frac{\pi n}{180}$,
$L =$ Spirallänge $= 250$.

Die vorangehende Berechnung ergab für die Spannung der Spirale 237^0, die jetzige nur 226^0, so dass wohl der Elastizitätskoeffizient E etwas zu gross genommen wurde.

Am wichtigsten ist jedoch die Ermittlung des Elastizitätskoeffizienten E aus der Formel $p r = \frac{E b e^3}{12 L} \alpha$ und daraus

$$E = \frac{p r \, 12 L}{b e^3 \alpha}, \text{ oder nach Gradzahl } E = \frac{p r \, 12 L \cdot 180}{b e^3 \pi n},$$

$$E = \frac{200 \cdot 20 \cdot 2720 \cdot 180}{0{,}000086 \cdot 3{,}14 \cdot 336^0} = \frac{19640000}{0{,}09264} = 21\,150\,000.$$

$p = 200$ mg,
$r = 20$ mm,
$12 L = 12 \cdot 227 = 2720$ Spirallänge,
$b e^3 = 0{,}22 \cdot 0{,}074^3 = 0{,}000086$,
$n = 336^0$ Spiralspannung bei einer Unruh für 19 lig-Uhr.

Bei der Schärfe, mit welcher Trägheitshalbmesser und Trägheitsmoment sich feststellen lässt, kann man auch prüfen, ob das Mikrometer richtig gemessen hat, denn das Federverhältnis $\frac{L}{b e^3}$ muss gleich sein $\frac{t^2 E}{12 J \cdot \pi^2}$, $\frac{L}{b e^3} = \frac{t^2 \cdot g \cdot E}{12 P \cdot R^2 \pi^2}$

$$\text{oder } \frac{227}{0{,}000086} = \frac{0{,}04 \cdot 9810 \cdot 21\,150\,000}{12 \cdot 26{,}01 \, \pi^2},$$

$$264\,000 = 267\,000,$$

also beide Werte nahezu gleich.

$b e^3 = 0{,}000086$,
$L = 227$,
Unruhgewicht $P = 0{,}592$,
Trägheitshalbmesser $R = 6{,}629$.

Eine weitere Probe für die Richtigkeit der Spiralstärke, Länge und Breite ergibt sich aus der Formel $t = \pi \sqrt{\frac{J}{M}}$ oder $t^2 = \pi \frac{J}{M}$ und hieraus $M = \frac{J \pi^2}{A^2}$. Da nun aber auch $M = \frac{E b e^3}{12 L}$, so müssten beide Gleichungen gleiche Werte er-

Uhrgrösse in lig	Anhängegewicht p	Hebelarm mm	Spannungsgrade	Unruhgewicht mg	Trägheitshalbmesser mm	Trägheitsmoment M mm
21	0,2 g = 200 mg	r = 20	n = 155	P = 844	R = 8,33	$J = \frac{844 \cdot 8{,}33^2}{9810} = \frac{50565}{9810} = 5{,}97$
20	0,2 g = 200 mg	r = 20	n = 214	P = 690	R = 7,86	$J = \frac{690 \cdot 7{,}86^2}{9810} = 4{,}34$
20	0,2 g = 200 mg	r = 20	n = 243	P = 740	R = 7,12	$J = \frac{740 \cdot 7{,}12^2}{9810} = 3{,}82$
20	0,2 g = 200 mg	r = 20	n = 304	P = 630	R = 6,89	$J = \frac{630 \cdot 6{,}89^2}{9810} = 3{,}048$
19	0,2 g = 200 mg	r = 20	n = 336	P = 593	R = 6,76	$J = \frac{593 \cdot 6{,}76^2}{9810} = 2{,}767$
19	0,2 g = 200 mg	r = 20	n = 418	P = 500	R = 6,63	$J = \frac{500 \cdot 6{,}62^2}{9810} = 2{,}23$
18	0,2 g = 200 mg	r = 20	n = 423	P = 521	R = 6,43	$J = \frac{521 \cdot 6{.}43^2}{9810} = 2{,}19$
18	0,2 g = 200 mg	r = 20	n = 537	P = 437	R = 6,23	$J = \frac{437 \cdot 6{,}23^2}{9810} = 1{,}73$
16	0,2 g = 200 mg	r = 20	n = 753	P = 364	R = 5,76	$J = \frac{364 \cdot 5{,}76^2}{9810} = 1{,}23$
16	0,05 g = 50 mg	r = 20	n = 188	P = 364	R = 5,76	$J = \frac{364 \cdot 5{,}76^2}{9810} = 1{,}23$
14	0,05 g = 50 mg	r = 20	n = 365	P = 243	R = 5,07	$J = \frac{243 \cdot 5{.}07^2}{9810} = 0{,}636$
14	0,05 g = 50 mg	r = 20	n = 464	P = 201	R = 4,95	$J = \frac{201 \cdot 4{.}95^2}{9810} = 0{,}501$

geben. Es sollte sein: $\frac{E b e^3}{12 \cdot 227} = \frac{P \cdot R^2 \cdot \pi^2}{0{,}04 \cdot 9810}$,

$$\frac{21150000 \cdot 0{,}000085}{12 \cdot 227} = \frac{26{,}02 \cdot 9{,}8696}{0{,}04 \cdot 9810},$$

$M = 0{,}667 = 0{,}654$, also nahezu gleich.

Ich habe nun mit dem Apparat die Spannungswinkel für alle Spiralen zu den Unruhen unserer Uhren von 21 lig bis herab zu 14 lig wiederholt gemessen. Das Ergebnis siehe in obenstehender Tabelle.

Man ersieht hieraus, wieviel Grade die Spirale für das aus Unruhgewicht und Trägheitshalbmesser berechnete Trägheitsmoment zu spannen ist. Die Spannungsgrade der Spirale stehen zu den Trägheitsmomenten der Unruh in stetem, gleichbleibendem Verhältnis. Kennt man also die Spannungsgrade für das Trägheitsmoment der betreffenden Unruh, so lassen sich daraus für alle Spannungsgrade der Spirale die Trägheitsmomente der Unruh bestimmen.

Der feinfühlige Apparat bedarf ausser genau messendem Mikrometer auch einer sehr empfindlichen Wage, um mittels kleinster Gewichte die Unruhen, Zusatzgewichte genau wiegen zu können. Die feine Wage diente nun auch dazu, um bei zu früh oder zu spät gehender Uhr die Unruh entsprechend zu erschweren oder zu erleichtern. Geht eine Uhr zu früh oder zu spät, so ist das zuzusetzende oder abzunehmende Gewicht $p_1 = \frac{2 a P}{Z}$. Dabei ist a die Differenz der Uhr nach Sekunden (oder Minuten), Z die Beobachtungszeit nach Sekunden (oder Minuten), während welcher die Differenz stattfand, P das Gewicht der Unruh und p_1 das zuzusetzende oder abzunehmende Gewicht.

Beispiel. Eine Uhr zeigt in 24 Stunden eine Abweichung von 8 Minuten, so ist zuzusetzen oder abzunehmen bei einem Unruhgewicht von 0,6 g = 600 mg $p_1 = \frac{2 \cdot 480'' \cdot 0 6}{24 \cdot 60 \cdot 60}$ $= \frac{2 \cdot 8 \cdot 06}{24 \cdot 60} = \frac{9.6}{1440} = 0{,}069$ g.

Ich habe nun für alle Unruhen bei täglicher Gangabweichung von $^1/_2$ zu $^1/_2$ Minute Tabellen berechnet, die bei $^1/_2$ Minute Differenz sein würde: $\frac{2.05}{1440}$ P usw. Nach dieser Berechnung würden aber die Gangdifferenzen nur annähernd beseitigt; will man aber die Differenzen völlig beseitigen, so ist das für das Unruhgewicht bei einer bestimmten Differenz gefundene Ausgleichgewicht noch zu multiplizieren mit dem Quadrat des Trägheitshalbmessers der Unruh, dividiert durch das Quadrat von Unruhmitte bis Kopfende der abzunehmenden oder zuzusetzenden Schraube.

Beispiel. Die Differenz einer Uhr betrug 718″ = 12 Minuten in 24 Stunden. Unruhgewicht P war 0,72 g = 720 mg. Der Trägheitshalbmesser der Unruh war 7 mm. Nach der Tabelle betrug das abzunehmende Ausgleichsgewicht 0,012 g, welche von zwei niedrigen Schrauben der Unruh abzunehmen waren. Der über dieselben gemessene Durchmesser war 14,8, also Halbmesser 7,4 mm. Das Ausgleichsgewicht von 0,012 war sonach zu multiplizieren mit dem Quadrat des Trägheitshalbmessers von 7, dividiert durch das Quadrat dieses Halbmessers von 7,4, also $0{,}012 \frac{7^2}{7{,}4^2} = 0{,}012 \cdot 0{,}89 = 0{,}0107$ g. Nach Abnahme dieses Gewichtes ging die Uhr richtig.

Um aber auch nicht jedesmal diese Ausrechnung vornehmen zu müssen, habe ich für alle Unruhen zu unseren Uhren für alle Zeitabschnitte und Unruhgewichte mit Einschluss dieses Quotienten $\frac{R^2}{r^2}$ berechnet, um sofort das einer Differenz entsprechende Ausgleichsgewicht der Unruh zuzufügen oder abzunehmen. Die Berechnung der Tabellen hat viel Arbeit gemacht, aber durch das schnelle Regulieren einer Anzahl Uhren reichlich gelohnt, denn die Gangabweichung bedarf nur einer einmaligen Abhilfe. Die Uhr wird nach der Korrektur so genau gehen, dass noch etwa vorhandene kleine Gangabweichungen durch die Korrektionsschrauben oder den Rückerzeiger beseitigt werden. Ich hoffe, dass diese recht mühevolle und umfängliche Arbeit manchen Kollegen von Nutzen sein wird.

Quelle: Uhrmacherkunst Nr. 17 v. 18. August 1921 S.304-307