Federberechnung, Federbefestigung, Federbruch und Stellung.

Von **Richard Lange.**

Fast in jeder gut konstruierten Uhr sind die Zähne des Federhauses und des ersten eingreifenden Triebes sehr stark, haben keinen scharfeckigen, sondern runden Grund, so dass sie bei vorkommendem Springen der Feder sich weder biegen, noch brechen. Um die grösste Kraft auszunützen, ist das Federhaus so gross und hoch, als es der Durchmesser der Uhr zulässt, dabei sind die Zähne kurz und der Zahnrand kaum höher als die Zähne, ebenso ist die Ausdrehung für die Feder so gross, dass die Wand für die Federanlage nur die nötige Stärke für die Befestigung des Hakens hat, so dass für die Feder der grösstmögliche Raum bleibt. Durch diese Anordnung erzielt man, dass die Feder so stark wie möglich sein und so nahe wie möglich am äusseren Rande wirken kann, denn der innere Radius des Federhauses ist der Krafthebel. Je grösser dieser Radius, um so grösser ist auch die zu übertragende Kraft. Man hat nun die Feder von solcher Länge und Stärke zu berechnen, dass die Uhr eine bestimmte Anzahl Stunden mit einmaligem Aufzuge geht. Damit das erfolgen kann, muss der innere Raum im Federhause so verteilt sein, dass eine Feder von genügender Länge und Stärke eingewunden werden kann und dennoch die nötige Freiheit bleibt; denn ist die Feder zu lang oder zu stark, so nimmt sie zuviel Raum ein und wird nicht genügend zu spannen sein, ist sie zu schwach, so teilt man der Uhr weniger Kraft mit, als man bei richtiger Berechnung könnte, in beiden Fällen aber ist

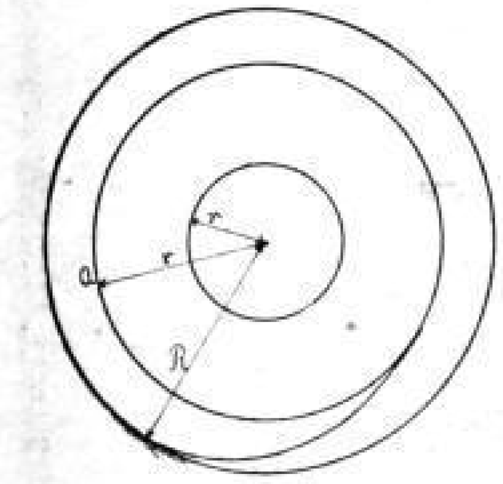

Fig. 1.

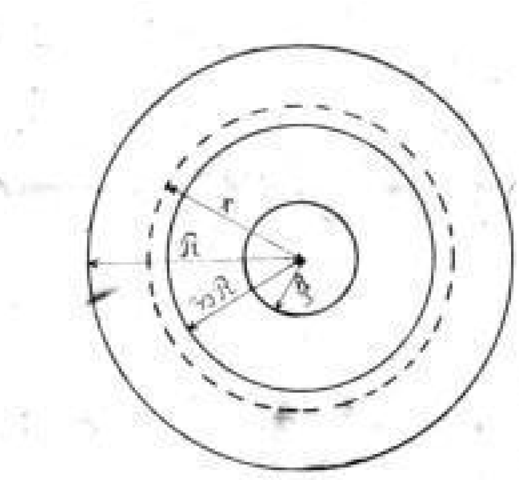

Fig. 2.

Kraftverlust. Ebenso ist es mit dem Federkerne. Ist der Durchmesser desselben zu gross, so beengt man den Raum, und die Feder verliert an Kraft und Entwicklung, macht man ihn aber zu klein, so wird die Feder beim Aufwinden leicht brechen. Um dies zu vermeiden, ist durch Uebung und Erfahrung festgestellt, dass der Federkern den dritten Teil des inneren Federhausdurchmessers (beziehentlich den dritten Teil des Halbmessers) betragen soll. Fast alle feineren Uhren sind mit Stellung versehen. Unter den verschiedensten Konstruktionen ist die Stellung mit dem Malterserkreuz die am häufigsten verwendete und bevorzugte, und bei sachgemässer guter Ausführung bietet sie grosse Sicherheit und Festigkeit; grösstenteils ist sie so konstruiert, dass sie vier Umgänge der Spannung der Feder zulässt. Damit jedoch die Unruhschwingungen nicht zu viel zu- und abnehmen und die Erlangung des Isochronismus gefördert wird, berechnet man die Entwicklung der Feder auf $5^1/_2$ bis 6 Umgänge, und um die grösste und geringste Kraft der Feder nicht zu benützen, lässt man den ersten und letzten der 6 Entwicklungs-Umgänge nicht wirken, sondern gibt zu Anfang und zu Ende des Aufzuges nahezu einen Umgang Ueberschuss. —

Die Feder muss nun von entsprechender Länge sein. Wäre sie so lang, dass sie das Federhaus bis zum Kern füllte, so wäre natürlich ein Aufwinden unmöglich; es muss also zwischen der eingewundenen Feder und dem Kern genügender Raum vorhanden sein. Je grösser nun dieser Zwischenraum ist, um so grösser wird auch die Entwicklung der Feder, jedoch nur bis zur Grenze des Kreises a (Fig. 1), der die grösste Entwicklung darstellt; wenn also der innere Umgang der in das Federhaus gewundenen Feder, als auch der äussere Umgang der um den Kern gewundenen Feder auf dem Kreise a steht, so ist die grösste Entwicklung erreicht. In dem Masse, als die eingewundene oder abgelaufene Feder diese Kreislinie a überschreitet, vermindert sich die Entwicklung. Die Gesamtstärke der Umgänge der eingewundenen Feder ist $= R - x$, und der von ihr eingenommene Flächenraum $= (R^2 - x^2)\,\pi$. Der leere Raum zwischen der eingewundenen Feder und dem Federkern $r = x - r$ und ihr Flächenraum $(x^2 - r^2)\,\pi$. Diesen Raum nimmt dann die Feder ein, wenn sie um den Kern gewunden ist. Beide müssen natürlich gleich sein, daher die Gleichung $(R^2 - x^2)\,\pi = (x^2 - r^2)\,\pi$ oder gekürzt:

$$R^2 - x^2 = x^2 - r^2 \text{ oder } R^2 + r^2 = 2\,x^2 \quad x = \sqrt{\frac{R^2 + r^2}{2}}.$$

Setzt man für R als Einheit $= 1$, so ist $r = {}^1/_3$ und

$$x = \sqrt{\frac{1^2 + ({}^1/_3)^2}{2}} = \sqrt{\frac{\frac{10}{9}}{2}} = {}^1/_3\sqrt{5} = \frac{2{,}236}{3} = 0{,}745.$$

x ist die Entfernung von Mitte des Federhauses bis zum inneren Umgang der eingewundenen Feder (Kreis a). Wenn also der innere Federhaushalbmesser $R = 1$ ist, so ist die Gesamtstärke der eingewundenen Federwindungen $1 - 0{,}745 = 0{,}255$. Der leere Raum zwischen eingewundener Feder und Federkern, welcher die Feder einnimmt, wenn sie aufgewunden, ist sonach $0{,}745 - 0{,}333 = 0{,}412$. Zieht man die Gesamtstärke der eingewundenen Feder von 0,255 von der der aufgewundenen Feder ab, so erhält man $0{,}412 - 0{,}255 = \mathbf{0{,}157}$ für die Entwicklung der Feder. Dieser Raum, welchen die Feder mehr einnimmt, wenn sie um den Kern gewunden, dividiert durch die verlangten Entwicklungsumgänge, ergibt die Federstärke. Wenn die Feder sich z. B. **6** Umgänge entwickeln soll, so ist die Federstärke $= \frac{0{,}157}{6} = 0{,}026$ und die Anzahl der Umgänge in abgelaufenem Zustande $0{,}255 : 0{,}026 = 9{,}8$ und die Anzahl der Umgänge in aufgewundenem Zustande $0{,}412 : 0{,}026 = 15{,}8$, so dass also eine Entwicklung von gewünschten 6 Umgängen stattfindet. Fast allgemein wird von diesem Höchstmass erzielbarer Federstärke und Entwicklung etwas abgewichen, weil hierbei die Anzahl der eingewundenen Umgänge auf die zulässige Mindestzahl gebracht wird, man aber allgemein der Ansicht ist, dass die Feder mit 12 bis 13 Umgängen im Federhause eingewunden sein mussten, um die Feder genügend spannen zu können, damit auch für Kraft und Spannung genügende Länge vorhanden sei. Aus diesem Grunde, auch um der Feder eine solche Länge zu geben, dass sie eingewunden 12 bis 13 Umgänge zählt, gibt man diesen Umgängen eine solche Stärke, dass sie zusammen gemessen den dritten Teil des inneren Federhaushalbmessers füllen, oder den sechsten Teil des Durchmessers. Da auch der Federkern den dritten Teil des inneren Federhaushalbmessers betragen soll, hat man sonach drei gleiche Grössen: 1. Stärke der eingewundenen Feder $\frac{R}{3}$. 2. Leerer Raum zwischen eingewundener Feder und Federkern $\frac{R}{3}$ und 3. Halbmesser des Federkernes ebenfalls $\frac{R}{3}$. Der Flächenraum, welchen die eingewundene Feder einnimmt $= \pi\left[R^2 - \left(\frac{2}{3}\,R\right)^2\right]$. Denselben Flächenraum nimmt natürlich die Feder wieder ein, wenn sie um den Kern gewunden ist, denn sie hat ja nur ihre Lage, nicht aber ihre Länge verändert. In diesem Falle ist der Flächenraum $\pi\left[x^2 - \left(\frac{1}{3}\,R\right)^2\right]$ also $\pi\left[R^2 - \left(\frac{2}{3}\,R\right)^2\right] = \pi\left[x^2 - \left(\frac{1}{3}\,R\right)^2\right]$ oder auf beiden Seiten π gehoben $R^2 - \frac{4}{9}\,R^2 = x^2 - \frac{1}{9}\,R^2$. $\frac{9}{9}\,R^2 - \frac{4}{9}\,R^2 + \frac{1}{9}\,R^2 = x^2$. $\frac{6}{9}\,R^2 = x^2$ und $x = {}^1/_3\,R\,\sqrt{6}$. Setzt man $R = 1$, so ist $x = {}^1/_3\,\sqrt{6} = \frac{1}{3} \cdot 2{,}45 = 0{,}816$. x (Fig. 2) ist die Entfernung