Von Richard Lange

ast in jeder gut konstruierten Uhr sind die Zähne des Federhauses und des ersten Triebes sehr stark; auch haben sie keinen scharfeckigen, sondern einen ausgerundeten Grund, so daß sie bei vorkommendem Springen der Feder sich weder verbiegen, noch brechen. Um die größte Kraft zu erzielen, macht man das Federhaus so groß und hoch, als es der Durchmesser der Uhr zuläßt. Dabei bleiben die Zähne kurz, und der Zahnrand kaum höher als die Zähne. Ebenso macht man die Ausdrehung für die Feder so groß als möglich, indem man der Wand für die Federanlage nur die nötige Stärke für die Befestigung des Hakens gibt, so daß für die Feder der größtmögliche Raum bleibt. Durch diese Anordnung erzielt man, daß die Feder so stark wie nur möglich sein und so nahe wie nur möglich am äußeren Rande wirken kann. Dies ist deshalb wichtig, weil der innere Radius des Federhauses den Krafthebel bildet; je größer dieser Radius ist, um so größer ist auch die auf das Räderwerk übertragene Kraft.

Man hat nun die Feder von solcher Länge und Stärke zu berechnen, daß die Uhr eine bestimmte Anzahl Stunden nach 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 ihr dennoch die nötige Freiheit zur Entwicklung bleibt. Denn ist die Feder zu lang oder zu stark, so nimmt sie zuviel Raum ein und kann nicht genügend gespannt werden; wählt man sie zu schwach, so teilt man der Uhr weniger Kraft mit, als man ihr bei richtiger Berechnung liefern würde. In beiden Fällen aber ist Kraftverlust die Folge.

Ebenso verhält es sich mit dem Federkerne. Ist sein Durchmesser zu groß, so beengt man den Raum im Federhause; die Feder verliert an Kraft und Entwicklung. Macht man aber den Federkern zu klein, so wird die Feder beim Aufwinden leicht brechen. Um dies zu vermeiden, hat man durch Versuche und Erfahrung festgestellt, daß der Durchmesser des Federkernes gleich dem dritten Teil des inneren Federhausdurchmessers sein soll.

Fast alle feineren Uhren sind mit Stellung versehen. Unter den verschiedensten Arten ist die Malteserkreuz-Stellung die am häufigsten verwendete und bevorzugte. Bei sachgemäßer guter Ausführung bietet sie große Sicherheit und Festigkeit. Meistens ist sie so konstruiert, daß sie vier Umgänge für die Entwicklung der Feder zuläßt. Damit jedoch die Unruhschwingungen nicht zuviel zu- und abnehmen, und die Erlangung des Isochronismus gefördert wird, berechnet man die Entwicklung der Feder auf 5½ bis 6 Umgänge, und um die größte und geringste Kraft der Feder nicht zu benußen, läßt man den ersten und leßten der 6 Entwicklungs-Umgänge nicht wirken, sondern gibt zu Anfang und zu Ende des Aufzuges nahezu einen Umgang Überschuß.

Die Feder muß nun von entsprechender Länge sein. Wäre sie so lang, daß sie das Federhaus bis zum Kern füllt, so wäre natürlich ein Aufwinden unmöglich; es muß also zwischen der eingewundenen Feder und dem Kern genügender Raum vorhanden sein. Je größer nun der Zwischenraum ist, umso größer wird auch die Entwicklung der Feder, jedoch nur bis zur Grenze des Kreises a (Fig. 1), der die größte Entwicklung darstellt. Wenn also sowohl 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 $= (R^2 - x^2) \pi$. Die Breite des Raumes zwischen der eingewundenen Feder und dem Federkern r = x - r, und der Flächenraum $= (x^2 - r^2) \pi$. Diesen Raum nimmt die Feder dann ein, wenn sie um den Kern gewunden ist. Beide müssen natürlich gleich sein; daher die Gleichung

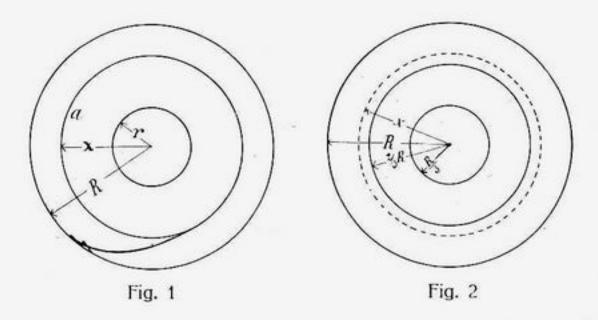
$$(R^2 - x^2) \pi = (x^2 - r^2) \pi$$
 oder gekürzt: $R^2 - x^2 = x^2 - r^2$ oder $R^2 + r^2 = 2x^2$ $x = \sqrt{\frac{R^2 + r^2}{2}}$.

Self man für R als Einheit = 1, so ist $r = \frac{1}{3}$ und

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

Hierbei ist x die Entfernung von der 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 zwischen der eingewundenen Feder und dem Federkern befindliche Raum, den die Feder im aufgewundenen Zustande einnimmt, ist sonach 0.745-0.333=0.412. Zieht man die Gesamtstärke der eingewundenen Feder =0.255 von derjenigen der aufgewundenen Feder =0.412 ab, so erhält man 0.412-0.255=0.157 für die Entwicklung der Feder.

Dieser Raum, den die Feder mehr einnimmt, wenn sie um den Kern gewunden ist, dividiert durch die verlangten Ent-



wicklungsgänge ergibt die Federstärke. Wenn die Feder sich z. B. 6 Umgänge entwickeln soll, so ist die Federstärke = $\frac{0,157}{6}$ = 0,026, die Anzahl der Umgänge im abgelaufenen Zustande 0,255 : 0,026 = 9,8 und die Anzahl im aufgewundenen Zustande 0,412 : 0,026 = 15,8, so daß also, wie gewünscht, eine Entwicklung von 6 Umgängen stattfindet.

Fast allgemein wird von diesem Höchstmaß der erzielbaren 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 12 bis 13 Umgänge im Federhaus eingewunden sein müssen, damit man die Feder genügend spannen kann. 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 (oder den sechsten Teil des Durchmessers) füllen. Da auch der Federkern den dritten Teil des innneren Federhaushalbmessers betragen soll; so hat man demnach drei gleiche Größen:

- 1. Stärke der eingewundenen Feder $=\frac{R}{3}$.
- 2. Leerer Raum zwischen der eingewundenen Feder und dem Federkern $=\frac{R}{3}\cdot$
 - 3. Halbmesser des Federkernes ebenfalls $\frac{R}{3}$.

Der Flächenraum, den die eingewundene Feder einnimmf $=\pi\left[R^2-\left(\frac{2}{3}R\right)^2\right]$. Den gleichen 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 $x=\frac{1}{3}$ R $\sqrt{6}$. Selst man R=1, so ist $x=\frac{1}{3}$ $\sqrt{6}$ $=\frac{1}{3}$. 2,45 = 0,816. x (Fig. 2) ist die Entfernung von der Mitte des Federhauses bis zum äußeren Umgang der um den Kern gewundenen Feder, und die Gesamtstärke der um den Kern gewundenen Umgänge ist sonach $x-\frac{R}{3}=0$,816 -0,333 = 0,483.

Die Gesamtstärke der eingewundenen Umgänge betrug $\frac{1}{3}$ R=0,333. Zieht man diesen Betrag von der Stärke der um den Kern gewundenen Umgänge ab, so erhält man den für die Entwicklung verfügbaren Raum, sonach 0,483-0,333=0,15. Dieser Raum dividiert durch die verlangten Entwicklungs-umgänge gibt die Federstärke. Bezeichnet man mit n die Anzahl der Entwicklungs-Umgänge, so ist die Federstärke $\frac{0,15}{n}$.

Sei wiederum n = 6, so ist die Federstärke $s = \frac{0,15}{6} = 0,025$. Die Anzahl der Umgänge im abge-

laufenen Zustande = 0,333 : 0,025 = 13,3 die Anzahl der Umgänge im aufgewundenen Zustande = 0,483 : 0,025 = 19,3 so daß eine Entwicklung von . . . = 6
Umgängen stattfindet, wie verlangt war.

Während sich also bei der ersten Berechnungsart sowohl der innere Umgang der abgelaufenen, als auch der äußere Umgang der aufgewundenen Feder in der gleichen Mittelpunktsentfernung befindet, ist bei gleicher Entwicklung die Federstärke 0,026 oder $\frac{R}{38,5}$, während, wenn die Gesamtstärke der eingewundenen Federwindungen $\frac{R}{3}$ ist, die Federslärke nur 0,025 = $\frac{R}{40}$ beträgt; oder bei der gleichen Federstärke würde die Entwicklung 6,3 Umgänge statt 6 betragen. Durch die Höhe der Haken (und durch die Zwischenräume zwischen den Windungen) findet eine Verminderung statt. Im ersteren Falle betrug, wie der Versuch ergab, die Zahl der Windungen 9,8, im legteren Falle 13,3.

Um zu prüfen, wie sich die Kraftverhältnisse der natürlich auch verschieden langen Federn gestalten, habe ich Versuche mit vier gleich starken, aber verschieden langen Federn
angestellt. Um die Kraft der Zugfeder zu messen, hält man
das Federhaus irgendwie fest, seht auf den Federstift
einen Hebel, auf welchem ein Gewicht hin und her geschoben
werden kann, zieht sodann die Feder auf und stellt das Gleich-

gewicht her, indem man das Gewicht bis zum Gleichgewichtspunkte verschiebt. Die durch die Feder entfaltete Kraft entspricht dann diesem Gleichgewichtszustande. Multipliziert man
nun das verwendete Gewicht mit der Länge des Hebelarmes, so
erhält man das Kraftmoment der Feder. Hierbei ist
vorausgeseßt, daß der Schwerpunkt des Hebels (wie das bei
meinem leichten Aluminiumhebel der Fall war) in der Federhausachse liegt. Liegt die Federhausachse nicht im Schwerpunkte des Hebels, so ist noch die Schwerpunktsentfernung
des Hebels (Stabes) von der Achse mit dem Gewichte des
Hebels zu multiplizieren und das Produkt dem berechneten
Moment hinzu zu fügen.

Würde z. B. bei einer voll angespannten Feder das Gleichgewicht erzielt werden, wenn ein Gewicht von 50 g in eine Entfernung von 80 mm von der Federhausachse gebracht wird, so wäre das Produkt von $50 \times 80 = 4000$ das Kraftmoment der Feder. Hätte außerdem der Hebel ein Gewicht von 8 g, und betrüge die Entfernung seines Schwerpunktes vom Mittelpunkte des Fedérhauses 100 mm, so wäre das Moment des Hebels: $8 \times 100 = 800$. Fügt man diesen Wert dem vorhergehenden zu, so wird das Kraftmoment der Feder auf 4000 + 800 = 4800 gebracht. Bei der Abspannung der Feder verringert sich das Kraftmoment in zunehmendem Maße, und man hat, um das Gleichgewicht herzustellen, dem entsprechend das Gewicht der Achse zu nähern.

Die oben erwähnten Versuche sind, wie schon erwähnt, an vier gleich starken, aber ungleich langen Federn mit einem auf der Abgleichstange verschiebbaren Gewicht von 50 g vorgenommen worden; erst mit zwei längeren, das Federhaus 12,5 Umgänge füllenden Federn, dann mit zwei kürzeren, das Federhaus 10 und 10,3 Umgänge füllenden Federn. Dabei ergab sich, daß die kürzeren Federn etwas mehr Entwicklung hatten (die lange hatte 5,3, die kurze 5,7 Umgänge Entwicklung); dagegen war die Kraftübertragung etwas ungleichmäßiger. Während die Kraft der kurzen Feder bei der Höchstspannung etwas größer war (75 gegen 72), war sie am Ende der Spannung geringer. Bei 0,25 Umgang Spannung war die Kraft an der langen Feder 27,5, bei der kurzen 22,2.

Wenn also bei größtmöglicher Kraftentfaltung die größtmögliche Entwicklung erzielt werden soll, so würde die erste Berechnungsart (A) anzuwenden sein. Will man dagegen gleichmäßigere Kraftübertragung erzielen, so würde die zweite Berechnungsart (B) anzuwenden sein, wobei die Gesamtstärke der eingewundenen Umgänge $=\frac{R}{3}=\frac{1}{3}=0,333$ zu machen wäre. Würde man diese Stärke überschreiten und die Gesamtstärke der eingewundenen Windungen z. B. auf $\frac{R}{2}=0,5$ erhöhen, so würde die eingewundene Feder einen Flächenraum von π $\sqrt{1^2-0.5^2}$ und die aufgewundene π $\left[x^2-\left(\frac{1}{3}R\right)^2\right]$ einnehmen. Also $1^2-0.5^2=x^2-0.333^2$. $x^2=1^2-0.5^2+0.333$. $x=\sqrt{1-0.25+0.111}=0.93$. Hiernach wäre die Gesamtstärke der um den Kern gewundenen Feder =0.93 minus Kernhalbmesser 0.33=0.60.

Wenn die Feder mit 10 Umgängen im Federhause liegt, wäre die Federstärke $\frac{0.5}{10} = 0.05$ und die Anzahl der Umgänge, wenn die Feder um den Kern gewunden ist, $= \frac{0.6}{0.05} = 12$. Die Feder würde daher nur 12-10=2 Umgänge Entwicklung haben, was für den Aufzug der Uhr, der mindestens vier Umgänge erfordert, ganz unzureichend ist. Man ersieht aus diesem Beispiel, wie nachteilig eine Überschreitung der Ringstärke der eingewundenen Feder auf die Entwicklung wirkt. (Forts. folgt)

Von Richard Lange

(Forlselbung zu Seite 114)

us den vorstehenden Rechnungen ergibt sich also, wenn man mit n die Anzahl der eingewundenen Umgänge, mit n_1 die Anzahl der um den Kern gewundenen Umgänge, mit s die Dicke der Feder, mit g die Ringstärke der eingewundenen Feder und mit g den Halbmesser des Federhauses g bezeichnet:

1. Um die Ringstärke g der eingewundenen Feder zu finden, hat man bei der Berechnungsart A den inneren Federhaushalbmesser R mit 0,255 zu multiplizieren; für die Berechnungsart B ist die Ringstärke g gleich dem inneren Federhaushalbmesser mal $\frac{1}{2}$ R = 0,333 R.

2. Die Ringstärke der um den Kern gewundenen Feder ist

für A: R: 0,412 = Halbmesser mal 0,412,

für B: R . 0,483 = Halbmesser mal <math>0,483.

3. Um die Klingenstärke (Dicke) s der Feder zu finden, ist die Ringstärke der eingewundenen Feder durch die Anzahl der Windungen zu dividieren, also bei $A=\frac{0,255}{n}$, bei $B=\frac{0,333}{n}$.

Die Klingenstärke erhält man auch, wenn man bei A den inneren Federhaushalbmesser R mit 0,157 und bei B mit 0,15 multipliziert und bei beiden durch die Anzahl der gewünschten Entwicklungsumgänge dividiert.

4. Um die Anzahlder Entwicklungsumgänge für eine gegebene Dicke s der Feder zu finden, ist bei A der innere Federhaushalbmesser R mit 0,157, bei B mit 0,15 zu multiplizieren und durch die Dicke der Feder zu dividieren.

5. Der Flächenraum, den die eingewundene Feder einnimmt, ist

für
$$A = (R^2 - 0.745^2) \pi = 1.398 R^2$$
,

für
$$B = \frac{5}{9} R^2 \pi = 0,555 \cdot R^2 \cdot 3,1416 = 1,745 R^2$$
.

6. Um die Anzahlder Umgänge der in das Federhaus eingewundenen Feder zu finden, multipliziert man den inneren Federhaushalbmesser bei A mit der Ringstärke von 0,255 und bei B mit der Ringstärke von 0,333, und dividiert durch die Dicke der Feder.

7. Um die Anzahl der Umgänge der Feder im aufgewundenen Zustande zu finden, multipliziert man den inneren Federhaushalbmesser bei A mit der Ringstärke von 0,412 und bei B mit 0,483, und dividiert durch die Dicke der Feder. Zieht man von diesen Werten die vorangehenden ab, so erhält man ebenfalls die Zahl der Entwicklungen. Es sei z. B. der Federhaushalbmesser R=1, die Federstärke s=0,025, so hat man

für
$$A = \frac{0,412.1}{0,025} = 16,5 \text{ minus } \left(\frac{0,255}{0,025}\right) 10,2 = 6,3 \text{ Umgänge, und}$$

für
$$B = \frac{0,483}{0,025} = 19,3 \text{ minus} \left(\frac{0,333}{0,025} = \right) 13,3 = 6 \text{ Umgänge Entwicklung.}$$

8. Die Länge der Feder findet man, wenn man die Länge des mittelsten Umganges der eingewundenen Feder mit der Anzahl der eingewundenen Umgänge multipliziert, denn von dieser mittelsten Windung aus sind alle Windungen nach außen um soviel größer, als die inneren kleiner sind; mithin ergibt das Produkt aus der Länge dieser mittleren Windung und der Anzahl der Umgänge die Länge der Feder.

Für A ist daher die Länge der äußersten Windung 2 R π = 2 π 1 (die der innersten = Halbmesser weniger Ringstärke = 1 - 0,225 = 0,745); daher 2 . 0,745 π . Daher die miltelste Windung die Hälfte beider $\frac{2\pi(1+0,745)}{2} = \frac{6,283 \cdot 1,745}{2} = 5,482 \, nR$.

Es sei z. B. der Federhaushalbmesser R = 10, die Zahl der ein-

Ilbm.	pun B	ngewund. 0,255 R		Maße für A			Maße für B			Maße für A	Maße für A			Maße für B		
Innerer Federhaushalbm. $R = 1$	Federkern - Halbm, the Ringslärke of für $\frac{R}{3} = 0.883 R$	Ringslärke der eingewund. Feder für $A = 0.255 R$	Federslärke 0,027 R	Anzahl der eingew. Umgänge für $A = \frac{0.255}{s}$	Enlwicklungszahl für $A = \frac{0.157}{s} R$	Länge der Feder 5,48 Rn	Anzahl der eingew. Umgänge $n = \frac{0.383}{s}$	Entwicklungszahl für $B = \frac{0.15}{s} R$	Länge der Feder für $B = 5,286 Rn$	Federslärke 0,028 R G	Anzohl der eingew. Umgänge für A 0.255 R	Enlwicklung für <i>A</i> 0.157 0.028	Federlänge	Anzahl der eingew. Umgänge = $\frac{0.333}{s}$	Entwicklung 0.15 0,028	Federlänge
R=1	$\frac{R}{3}$ =0,333	g= 0,255 R	s=0,027	$n = \frac{0.255}{0.027}$	$\frac{\overset{\epsilon=}{0,157}}{\overset{0,028}{0,028}}R$	L= 5,48 Ru	$n = \frac{0.333}{0.027}$	$\varepsilon = \frac{0.15}{0.027}$	L = 5,236 Rn	s==0,028	$n = \frac{0.255}{0.028}$	$\varepsilon = \frac{0,157}{0,028}$	L = 5,48 Rn	0,333 0,028	0,15	L= 5,236 Ri
4	1,33	1,02	0,108	9,5	5,8	208	12,3	5,5	257	0,112	9,1	5,62	199	11,9	5,35	249
4,5	1,5	1,15	0,121	11	12	234	,,	29	290	0,126	17	29	224	110	11	280
5	1,67	1,27	. 0,135	39	27	260	"	,,,	322	0,140	27	21	249		10	311
5,5	1,83	1,4	0,148	11	22	286	19		354	0,154		- 11	274	27	17	342
6	2	1,53	0,162	,,		312	,,	10	386	0,168	77	75	300	"		374
6,5	2,16	1,66	0,175	29		338	"	20	419	0,182	23	10	324	39	11	405
7	2,33	1,78	0,19		"	364	23	22	450	0,196	.,,	39	350	19	27	436
7,5	2,5	1,91	0,202	11	"	390	**	10	483	0,210	19	15	374	79	77	467
8	2,66	2,04	0,216	25		416	.,	22	515	0,224	27	**	399	39	29	498
8,5	2,83	2,17	0,23	27	.,	442	27	27	547	0,24	25	10	424	12	25	529
9	3	2,3	0,243	17	12	468	20	17	580	0,25	17	25	449	y.	11	561
9,5	3,16	2,42	0,256	,,	**	494	n		611	0,27	- 23	27	474	17	20	592
10	3,33	2,55	0,27			520	79	29	644	0,28	17	33	499	n	27	623
10,5	3,5	2,68	0,283	,,		547	27	**	676	0,29	.,,	"	524	11	29	654
11	3,66	2,8	0,297	"	27	573	. 19	.77	708	0,31	,11	27	548	37	27	685
11,5	3,83	2,93	0,31	33	27	600	19	27	740	0,32	"	31.	573	27	31	716
12	4,	3,06	0,324	20		625	,,	22	773	0,34	,,	27	598	27	77	747
12,5	4,16	3,18	0,337	n	27	650	79		805	0,35	27	17	623	"	,,	779
13	4,33	3,31	0,351	.,	21	677	22	.,,	837	0,36	,,	"	648	17	79	810
13,5	4,5	3,45	0,364	20	- 21	703	27	11	869	0,38	17	27	673	57		841
14	4,66	3,57	0,38	,,	22	730	,,,	19	902	0,39	79	22	698	27	79	872

lbm.	ir B	% ×	- 8	Maße für A			Maße für B			Maße für A	Ma	Maße für A			Maße für B		
Innerer Federhaushalbm. $R = 1$	Halbm. des Federkernes und Ringslärke g lür B $\frac{R}{3} = 0,333 R$	Ringsfärke der eingew. Feder für $A=0,255 R$	Federslärke $\frac{R}{40} = 0,025 R$	Anzahl der eingew. Umgänge für A 0,255	Entwicklung für $A = \frac{0.157}{s} R$	Länge der Feder für A=5,48 Rn	Anzahl der eingew. Umgänge für <i>B</i> 0.333	Entwicklung für $B = \frac{0.15}{s} R$	Federlänge für B 5,236 Rn	Federslärke n 0,026 Q p	Anzahl der eingew. Umgänge für $A = \frac{0.256}{s}$	Enlwicklung für A 0,157 0,026	Federlänge für A 5,48 Rn	Anzahl der eingew. Umgänge für B $n = \frac{0.333}{s}$	Enlwicklung für <i>B</i> 0,15 0,026	Federlänge für B 5,236 Rn	
R = 1	$\frac{R}{3}$ =0,333	für <i>A</i> g =0,255 <i>R</i>	s=0,025	$n = \frac{0.555}{s}$ $= \frac{0.255}{0.025}$	$\varepsilon = \frac{0.157}{s} R$	L = 5,48 Rn	$n = \frac{0.333}{s}$	$\frac{\epsilon =}{\frac{0.15}{s}}R$	L= 5,236 Rn	s = 0,026	$n = \frac{0.255}{s} \\ = \frac{0.255}{0.026}$	$\varepsilon = \frac{0.157}{0.026}$	L= 5,48 Rn	$n = \frac{0.833}{s}$	$\varepsilon = \frac{0.15}{0.026}$	L = 5,236 R*	
4	1,33	1,02	0,1	10,2	6,28	223	13,3	5,95	269	0,104	9,8	6,1	215	12,8	5,77	268	
4,5	1,5	1,15	0,112	,,	10	252	29	29	315	0,117	11	"	242	,,	n	301	
5	1,67	1,27	0,125	77	10	279,5	77	19	348	0,13	,,	"	268	77	27	335	
5,5	1,83	1,4	0,138		11	307,5	,	19	383	0,143	11	,,	295	,,,	n	368	
6	2	1,53	0,15	"	,,	335,4	71	19	420	0,156	"	,,	322	27	,,	402	
6,5	2,16	1,66	0,163	29	"	363,4		11	452	0,169	19	27	349	77	"	436	
7	2,33	1,78	0,175	,,	10	391			487	0,182	11	,,	376	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	31	469	
7,5	2,5	1,91	0,188	,,	,,	419	22	10	522	0,195	"	27	403	27	10	503	
8	2,66	2,04	0.2	"	"	447	, ,	10	557	0,21	77	27	430	22	23	536	
8,5	2,83	2,17	0,213	10	,,	475	,,	21	591	0,221	27	10	456	27	22	570	
9	3	2,29	0,225	10	n	503	,	10	626	0,234	22		483	"	27	603	
9,5	3,16	2,42	0,238	27	,,	531	,,	"	661	0,247	"	77	510	19		637	
10	3,33	2,55	0,25	,,	,,	559		,,	696	0,260		,,	537	,,,	27	670	
10,5	3,5	2.68	0,263	27	11	587	"	19	730	0,273	27	25	564	23		704	
11	3,66	2,8	0,275	29	27	615	19	99	765	0,286	-5.547	50000	591	27	17	737	
11,5	3,83	2,93	0,288	22	27	643	19	27	800	0,299	11		618	23		771	
12	4	3,06	0,3	33	71	671	, n	31	835	0,312	77	17	644	27	17	804	
12,5	4,16	3,18	0,313	19	n	699	"	n	870	0,325	100000		671			838	
13	4,33	3,31	0,325	19	35	727	,,	n	905	0,338	11	" "	698	29	22	871	
13,5	4,5	3,44	0,337	17	39	755	"	27	940	0,351	,,	,,	725		77	905	
14	4,66	3,57	0,35	27	10	783		"	974	0,364			752	,,	77	938	
14,5	4,83	3,7	0.36	27		810	"		1009	0,377		"	779	39	20000	971	
15	5	3,82	0,375	,,	22	838	10 28	7	1034	0,39	"	10	805	77	77	1005	

gewundenen Umgänge = 10, so ist L = 5,48.10.10 = 548 mm. Für B ist die äußerste Windung 2 R $\pi = \frac{6}{3}$ $R\pi$, die innerste $\frac{4}{3}$ $R\pi$; also die Länge des mittelsten Umganges = $\frac{\frac{6}{3} + \frac{4}{3}}{2}$ R $\pi = \frac{10}{6}$ $R\pi$ n = $\frac{5}{3}$ R n = 5,236 R n. Bei einem Federhaushalbmesser R von 10 und einer Umgangszahl der Umgänge von 12 ist somit die Länge = 5,236 . 10 . 12 = 628,3 mm.

Die Federstärke hängt ab von der Zahl der Entwicklungsumgänge, die man erlangen will. Diese Zahl wählt man möglichst hoch, damit man die mittlere Federkraft ausmußen kann. Auf alle Fälle muß man mehr als 4 Entwicklungs-Umgänge erzielen, damit die Uhr genügend lang geht.

Bei einer Entwicklung von

die Entwicklung
$$\frac{A}{4}$$
: $\frac{4^{1}/_{2}}{4}$ Umgängen würde $\frac{R \cdot 0,157}{4,5} = 0,034$ betragen für A : $\frac{R \cdot 0,157}{4} = 0,037$ $\frac{R \cdot 0,157}{4,5} = 0,033$

Bei einer Entwicklung von

für
$$A$$
: $\frac{S^{1/2}}{5} = 0,031$ $\frac{S^{1/2}}{5,5} = 0,028$ $\frac{R \cdot 0,157}{6} = 0,026$. für B : $\frac{R \cdot 0,15}{5} = 0,03$ $\frac{R \cdot 0,15}{5,5} = 0,027$ $\frac{R \cdot 0,15}{6} = 0,025$. Bei gleicher Entwicklung erhält man daher für A eine größere Federstärke als für B .

Aus den vorangehenden Berechnungen ist ersichtlich, daß bei einem (am besten schneckenförmigen) Kernhalbmesser von ½ R bei einer gut konstruierten Uhr die Ringstärke nicht weniger als 0,255 R und nicht mehr als ½ R betragen soll. Die Haken im Federkern wie im Federhause müssen möglichst niedrig gehalten sein, weil jede Erhöhung die Entwicklung beeinträchtigt und den Bruch begünstigt. Wenn diese Bedingungen erfüllt sind, so wird man 5 bis 6 Umgänge Entwicklung erhalten. Spannt man dann bei einem Federhause
mit Stellung die Feder ½ bis 1 Umgang an, so ist immer noch
½ bis 1 Umgang am Ende des Aufzuges vorhanden. Die Feder
kann also nie bis aufs äußerste gespannt werden wie bei
Federhäusern ohne Stellung.

Nach einer von mir früher aufgestellten Tabelle (s. "Allgem. Journal" 1876) für feine Uhren ist die Stärke der Feder mit $\frac{R}{40} = \frac{D}{80}$ angenommen. Für geringere Uhren ist diese Stärke nicht genügend. Besonders bei flach gebauten Uhren mit niedrigen Federhäusern ist man oft genötigt, stärkere Federn anzuwenden, um eine normale Schwingung der Unruh zu erzielen, so wenig ratsam dies auch ist; denn je stärker die Feder ist, umso weniger Umdrehungen erzielt man, umso mehr ist auch die mit zunehmender Stärke schwerer biegsame Feder dem Bruche ausgeseßt.

Die hier beigefügte Tabelle gibt für die Berechnungsarten A und B und den inneren Federhaushalbmesser R die gleichen Halbmesser des Federkerns, die Ringstärken beider für die eingewundene und für die um den Kern gewundene Feder, die Anzahl der Entwicklungen und die Federlängen für beide Fälle an.

Wie aus den Tabellen ersichtlich, beträgt bei einem Feder-haushalbmesser R=1, einer Federstärke s von 0,025 und einer Ringstärke g für A 0,255 die Anzahl der eingewundenen Umgänge $n=\frac{0,255}{s}$ $R=\frac{0,255}{0,025}=10,2$ Umgänge, die Anzahl der um den Kern gewundenen Umgänge bei 0,412 Ringstärke $n_1=\frac{0,412}{s}=\frac{0,412}{0,025}=16,5$, sonach die Anzahl der Entwicklungen $n_1-n=16,5-10,2=6,3$ Umgänge. (Fortselbung folgt)

Für B ist bei gleichem Radius R=1 und gleicher Federstärke die Ringstärke und der Federkern der eingewundenen Feder g=0,333; daher $n=\frac{0,333}{0,025}=13,3$; die Zahl der um den Kern gewundenen Federumgänge 0,483, daher $n_1=\frac{0,483}{0,025}=19,3$; sonach die Anzahl der Entwicklungen $n_1-n=19,3-13,3=6$ Umgänge.

Ist man genötigt, eine stärkere Feder anzubringen, und würde man sie ohne Rücksicht auf die Ringstärke g mit etwa 12 bis 14 Umgängen einwinden in der Meinung, die Kraft zu steigern, so würde man, wenn die eingewundene Feder erheblich mehr als $\frac{R}{3}$ füllt, etwa $4^{1}/_{2}$ Federhausumdrehungen erzielen und damit die Entwicklung so stark beeinträchtigen, daß die Unruh zwar bei vollem Aufzuge sehr lebhaft schwingt, aber am Ende des Aufzuges einen ganz matten Gang zeigt. Daraus geht hervor, daß nicht eine bestimmte Zahl von Windungen (12 bis 14), sondern die Gesamtstärke aller Windungen (die Ringstärke g) für die Entwicklung der Feder maßgebend ist. Diese soll $\frac{R}{4}$ (den vierten Teil des inneren Federhaushalbmessers) und möglichst 9 Windungen nicht unterschreiten, und $\frac{R}{3}$ (den dritten Teil des inneren Federhaushalbmessers) nicht überschreiten. Im ersten Falle, also nach der Berechnungsart A, erzielt man die größtmögliche Zahl der Entwicklungen bei größter Anfangs-, aber geringster Endkraft; im zweiten Falle bei weniger Entwicklung etwas geringere Kraft am Anfang und etwas größere Kraft am Ende, also gleichmäßigere Kraftübertragung.

Wie aus der Tabelle ersichtlich, würde z. B. für einen inneren Federhaushalbmesser von 9 mm und einer Federstärke von 0,225 mm die Ringstärke der eingewundenen Umgänge g (Spalte 3) für A = 2,29 und die Anzahl der eingewundenen Umgänge 10,2, die Entwicklung 6,28 Umgänge, die Länge der Feder 503 mm betragen; während für B bei dem gleichen Federhaushalbmesser von 9 mm und gleicher Federstärke von 0,225 mm die Ringstärke der eingewundenen Umgänge $\frac{\pi}{3}$ = 3, die Anzahl der eingewundenen Umgänge = 13,3 und die Entwicklung 5,95 Umgänge, die Federlänge 626 mm betragen würde. Bei der Zahl der eingewundenen Umgänge sind die inneren, teils frei, teils um den Kern liegenden 1 bis 11/2 Umgänge mit zu berücksichtigen, die, wenn aufgerollt, die Zahl der Umgänge um nahezu einen vermehren. Die meßbaren Umgänge mit Hinzufügung dieses inneren, nicht meßbaren Umganges, welcher einer Federstärke gleichkommt, würden also die Ringstärke ergeben.

Die Federstärke ist am sichersten mittels des Mikrometers zu messen. Im Notfalle genügt ein genau geteiltes Zapfenmaß, wenn die Grade nach Hundertstel-Millimetern angegeben sind.

In der Praxis wird die Zahl der erreichbaren Umgangszahl (des Federhauses) durch die Höhe der beiden Federhaus-

haken und durch die kaum erkennbaren Lücken zwischen den Windungen um etwas (etwa 10 %) geringer. Die Kraftäußerung der Feder ändert sich natürlich in dem Maße, als man die Feder an- oder abspannt. Durch die Anwendung einer Schnecke läßt sich die Übertragung der Kraft der Ührfeder gleichmäßig gestalten; doch ist die Herstellung einer solchen Schnecke umständlich, kostspielig und auch für tragbare Ühren entbehrlich, weil sich an und für sich schon im Hängen durch die vermehrte Zapfenreibnug die Unruhschwingungen verkleinern. Man muß daher bestrebt sein, daß die durch die Zapfenreibung und veränderliche Federkraft verschieden großen Unruhschwingungen sich in gleichen Zeiten vollziehen. Durch die Anwendung der theoretischen Spiralkurven hat man ein Mittel in der Hand, um die verschieden großen Unruhschwingungen auf das gleiche Zeitmaß zu bringen.

Da nun die Federkraft veränderlich ist, ab- und zunimmt, so muß man wenigstens zu erreichen suchen, daß die Spannung, besonders die Abspannung (die Abwicklung) der Feder möglichst gleichmäßig und nicht ruckweise oder stoßweise erfolgt, wie das bei Federn, deren durchlochtes äußeres Ende in dem Federhaken hängt, der Fall ist. Ich habe nun jahrelang mit Federhäusern, deren Deckel mit Ausschnitten versehen waren, lehrreiche Beobachtungen und Messungen angestellt. Aus den mittels Abgleichstange vorgenommenen Messungen ergab sich zunächst, daß bei jeder Feder die Kraftäußerung beim Aufwinden größer war als beim Abwinden; ebenso ist eine andere Entwicklung beim Aufwinden als beim Abwinden bemerkbar.

Ist die Feder gespannt und beginnt, sich wieder abzuspannen, so geht oft ein plößlicher Ruck durch die ganze Feder. Nahezu rechtwinklig vom äußeren Haken (in der Zugrichtung) liegen bei der gewöhnlichen Federbefestigung die Federwindungen gegen den Kern gepreßt wie bei b, Fig. 3; auf der anderen Seite bleibt neben dem Kern ein leerer Raum, der sich erst allmählich während des Ablaufens wieder mit den Federwindungen ausfüllt. Ist außerdem noch die freie Entfaltung durch Reibung an Boden und Deckel beeinträchtigt, und wird die zurückgehaltene Kraft frei, so bringt die durch einen plößlichen Ruck erfolgte Abwicklung auch eine plößliche Kraftveränderung hervor, die zuweilen so gesteigert wird, daß selbst längere Zeit nach dem Aufziehen noch ein Prellen der Unruh eintreten kann.

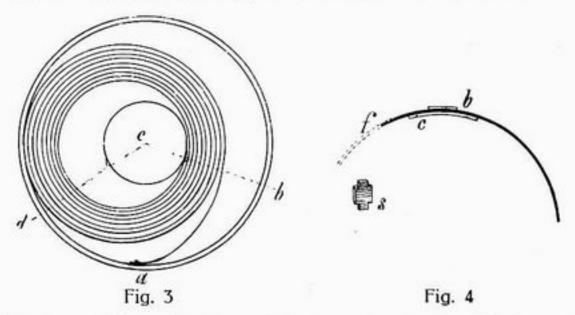
Nimmt man nun die Feder heraus, so wird man finden, daß sie an der Stelle b, wo sie gegen den Kern gepreßt wurde, blank gerieben ist, und zwar umsomehr, wenn zufällig der innere Federhaken im aufgewunden Zustande an der Druckstelle steht. Auch konnte ich feststellen, daß der Federbruch am meisten in dieser Stellung stattfindet (besonders wenn der Haken über Gebühr vorsteht), und am seltensten, wenn der Haken bei vollem Aufzug im stumpfen Winkel dazu auf der anderen Seite bei d (Fig. 3) steht.

Um die Ursachen des Federbruches festzustellen, habe ich viele Versuche mit einer großen Anzahl im Gestell befestigter

Federhäuser vorgenommen,*) bei welchen die beiden Federhaken bei voll gespanntem Zustande in den verschiedensten Winkelstellungen zueinander standen. Ich habe sie dann abwechselnd in große Kälte und Wärme, im Sommer in Sonnenhiße mit Brennglas gebracht. Nach kaum Monatsfrist war schon eine der Federn, deren innerer Befestigungspunkt sich in der Stellung wie bei b befand, gebrochen; zwei andere brachen nach längerer Zeit in annähernd der gleichen Stellung. Man kann die Bruchstelle leicht feststellen, wenn man Zifferblatt und Federhausdeckel abnimmt; man wird dann finden, daß der Federbruch zumeist dann eingetreten ist, wenn die beiden Haken a und b, beziehentlich die beiden Federenden in der Zugrichtung rechts spißwinklig zueinander stehen; um so selfener dagegen, wenn sie, wie bei d, links spigwinklig zu einander stehen. Um daher den Federbruch nach Möglichkeit zu vermeiden, sollten im abgelaufenen, vor allem aber im aufgezogenen Zustande der Feder die beiden Federenden, bezw. die beiden Haken links spikwinklig zueinander stehen, wie bei ad, Fig. 3.

Ich habe nun auch noch fast ein Jahr lang eine große Anzahl in Ringe gewundene Federn, die teils geölt, teils ungeölt, teils mittels Schmirgelfeile durch feine Querstriche etwas rauh gemacht worden waren, abwechselnd in große Hige und große Kälte gebracht. Dabei ergab sich, daß von den geölten keine brach, von den ungeölten zwei, und von den ein wenig rauh gemachten (teils in gewöhnliches weißes, teils in braunes Rostpapier gewickelten) vier. Der Bruch trat öfter bei großer Wärme als bei großer Kälte ein; auf diese eigenartige Erscheinung komme ich später zurück. —

Mit großem Interesse las ich in Nr. 1 der Deutschen Uhrmacher-Zeitung den Artikel "Was leistet die Stellung", in dem die Versuche Coullerys geschildert sind. Ich habe nun seinerzeit mit mindestens fünfzig Federhäusern und Federn von ver-



schiedener Länge, Breite und Dicke mit und ohne Stellung, mit den verschiedensten bekannten und eigenartigen Befestigungsarten mehrjährige, streng durchgeführte Versuche angestellt, bin aber dabei zu ganz anderen Ergebnissen gelangt als Coullery. Wenn auch für die Weglassung der Stellung manches geltend gemacht werden kann (wie z. B. die größere Höhe des Federhauses), so ziehe ich doch die Stellung vor, weil bei Uhren ohne Stellung in völlig aufgezogenem Zustande das Spannungsübermaß oft zum Überschwingen der Unruh und zum Prellen führt, die lette Kraftwirkung aber gerade durch die Stellung vermieden wird, vorausgeset daß für das Gesperr genügender Rückgang vorhanden ist. Wenn verhältnismäßig längere Zeit nach dem Aufziehen zuweilen eine erhebliche Erweiterung des Schwingungsbogens eintritt, so liegt das daran, daß – wenigstens bei der gewöhnlichen Befestigungsart der Zugfedern – die Windungen der Feder beim Haken gegen den Kern, die gegenüber liegenden gegen die Federhauswandung

gepreßt werden (wie aus Abb. 3 ersichtlich), wobei (besonders wenn auch noch durch Reibung an Boden und Deckel die Entwicklung beeinträchtigt wird) die Abwicklung durch einen plößlichen Ruck auch eine plößliche Kraftveränderung bzw. Kraftsteigerung herbeiführt. Spannt man die Feder voll an und läßt sie dann 1/10 bis 1/5 Umgang zurück, so wird die Feder zunächst in ihrer Stellung beharren, bis sie sich dann plößlich ausdehnt, und die Abwickelung eintritt.

Bei einem durchbrochenen Federhause läßt sich der Vorgang des Auf- und Abwindens am besten ersehen. Beim Aufwinden werden sich während eines bis 1½ Umgängen die inneren Windungen um den Federkern winden, während die äußeren an der Federwand anliegen bleiben und sich erst allmählich von der Federhauswand entfernen (und zwar anfangs rascher, später langsamer), bis nach etwa 1 bis 1¾ Umgang alle Windungen zur vollen Spannung gelangen. Beim Abwinden werden sich umgekehrt die Windungen der Federhauswand wieder schneller nähern. Während sie sich beim Anspannen erst nach 1 bis 1¾ Umgang von der Wandung entfernten, gelangen sie jeßt schon nach etwa ½ Umgang wieder zur Anlage an die Federhauswand. Daher erklärt sich auch der Kraftunterschied zwischen angespannter und abgespannter Feder.

Eine der besten Vorrichtungen, um die Entwickelung der Feder gleichmäßiger zu gestalten, die ruck- und stoßweise Abwickelung und das einseitige Anpressen der Umgänge gegen Kern und Federhauswand zu vermeiden und die Reibung zu vermindern, besteht in der Anbringung eines Steges (Zaumes), der bekanntlich (vergl. s in Fig. 4) aus einem Stückchen Uhrfeder mit zwei angefeilten, in Boden und Deckel eingelassenen Füßen besteht, die den äußeren Federumgang nahe am Haken an die Federwand pressen. Der Steg dient nicht nur dazu, das Aushaken der Feder zu verhüten, wie man oft glaubt, sondern man erzielt mit ihm auch, wie bereits erwähnt, eine gleichmäßigere Entwicklung der Feder. Das stoßweise, die Federkraft verändernde Abwickeln, das einseitige Anpressen der Windungen gegen den Kern und die Federwand sowie die Reibung der Windungen aufeinander wird auf das Mindestmaß gebracht.

So wertvoll der Steg sich erweist, eignet er sich doch nur für Federhäuser mit Stellung; denn ohne Stellung läuft man bei höchster Federspannung Gefahr, einen Bruch des Steges an seinen Fußenden herbeizuführen. Leider verschwindet der Steg oft bei der Reparatur, weil er entweder beim Herausnehmen der Feder verloren geht, oder Ungeübten das Wiedereinsehen nicht gelingt. Diese betrübliche Wahrnehmung mußte ich oft machen. Ich ging deshalb dazu über, den Steg an der Feder festzunieten.

Um die Gefahr zu vermeiden, daß der Steg zerbricht oder verloren geht, habe ich mit sehr gutem Erfolge in einer Entfernung von efwa 1/4 Umgang vom äußeren Federende außen ein kurzes Stück Uhrfeder (b, Fig. 4), innen ein längeres Stück c, beide von gleicher Breite wie die Uhrfeder f angenietet; das außere Stück b stüßt sich entweder gegen den niedrig gehaltenen Haken oder in einer Aussenkung direkt gegen die Federwand, das innere (c) dient als Steg ohne Füße. Da es wesentlich länger ist als der eingelegte kurze Steg, so gestaltet sich auch die Entwicklung der Feder erheblich günstiger. Denn während besonders bei der eingehakten Feder die Windungen einseitig gegen den Kern und die Federwand gepreßt werden, werden sie hier infolge der Verlängerung noch weit mehr als bei dem üblichen schmalen Steg vom Kern weg und gleichmäßig gegen die Federhauswand gedrückt, so daß eine gleichmäßige Abwickelung der Feder stattfindet. (Statt des äußeren kurzen Stückes habe ich auch manchmal einen in der Versenkung liegenden Haken angenietet, so daß die Feder in vollem Umfange an der Federhauswand anliegt.) Außer den schon erwähnten Vorteilen erzielt man auch noch eine Krafterhöhung gegen die eingehakte Feder. (Fortsekung folgt)

^{*)} Der Herr Verfasser hat uns zehn Federhäuser mit durchbrochenem Deckel eingesandt, deren er sich zu jenen Versuchen bediente. Aus Versuchen mit diesen Federhäusern ließ sich die teils einseitige, teils gleichmäßge Entwicklung der Feder, wie sie im Nachstehenden geschildert ist, vortrefflich ersehen. Die Schriftleitung.

Von Richard Lange

(Forlsekung zu Seile 145)

stehenden Tabellen, in welchen die Ergebnisse von Versuchen niedergelegt sind, die ich mit einer Feder von 2,5 mm Breite, 0,215 mm Stärke bei einem Innendurchmesser des Federhauses von 17,4 mm und einem Kerndurchmesser von 5,8 mm angestellt habe, deren Befestigung wie in Abb. 4 eingerichtet war. Die eingehakte Feder ergab zunächst folgende Kraftmessungen, von ½ zu ½ Umgang gespannt, dann abgespannt:

Umgänge	angespannt	abgespannt
0,5	47	45
1,0	60	57
1,5	67	65
2,0	72	71
2,5	78	76
3,0	81	80
3,5	87	85
4,0	9	00

Nachdem die beiden Federstücke b und c (Fig. 4) angenietet waren, ergaben sich folgende Kraftmessungen:

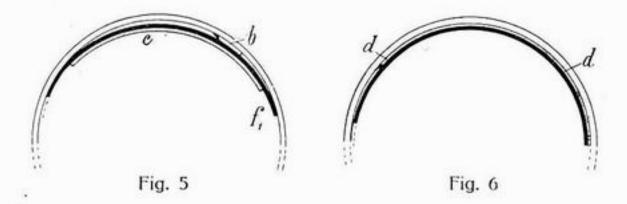
Umgänge	angespannt	abgespannt
0,5	50	47
1,0	62	60
1,5	71	70
2,0	76	74
2,5	85	81
3,0	88	85
3,5	92	90
4,0		94

Die durch die veränderte Federbefestigung erzielte Krafterhöhung ist demnach ziemlich erheblich.

Eine andere schwächere Feder, bei welcher (vergl. Fig. 5) ebenfalls ein äußeres Stüßstück b, jedoch näher am Federende f_1 , und ein sehr langer innerer Steg c angenietet war, zeigte bei einer Federbreite von 2,1 und einer Stärke von 0,205 mm bei guter Entwickelung folgendes Ergebnis:

Umgänge	angespannt	abgespannt
0,5	24	22
1,0	34	32
_1,5	42	40
2,0	44	42
2,5	50	47
3,0	52	50
3,5	54	52
4,0		57

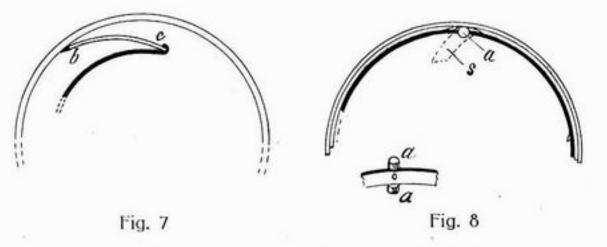
Ich habe nun noch viele andere Versuche vorgenommen. Erst wurde die Feder (Breite 2,1 mm, Stärke 0,21 mm, innerer Federhausdurchmesser 16,5 mm, Kerndurchmesser 5,5 mm) wie



gewöhnlich mit einem Loch am Haken befestigt. Dann wurde ein Stück (d, Fig. 6) von etwa der Länge des dritten Teiles des inneren Federhausdurchmessers abgebrochen und rückwärts am Ende der Feder angenietet (vergl. Fig. 6); das freie Ende stüßte sich gegen den niedrigen Federhaushaken. Dadurch trat in der Entwicklung nur eine geringe Verbesserung ein; dagegen war die Federkraft am Ende etwas größer. Die an und für sich unvollkommene Entwicklung verschlechterte sich in dem Maße, als ich das angenietete Stück nach und nach bis auf 1/6 Umgang verkürzte. Die Entwicklung wurde einseitig. Die Kraftmessung ergab:

Umgänge	angespannt	abgespannt
0,5	32	30
1,0	40	37
1,5	. 44	41
2,0	47	43
2,5	50	47
3,0	55	53
3,5	59	57
4,0		61

Ich habe nun noch an verschiedenen Federenden Stücke angenietet, die teils dicker, teils dünner als die Feder waren, aber auch keine besser befriedigenden Resultate erzielt. Weit bessere Ergebnisse erlangte ich mit einem ebenso starken oder etwas stärkeren, lose eingelegten Stück Uhrfeder von gewisser Länge, von welchem sich das eine Ende (b, Fig. 7) gegen den Federhaken, das andere (c) gegen das umgebogene Federende stüßte. Das lose eingelegte Stück hat die gleiche Krümmung wie die innere Federhauswand. Mit einem solchen eingelegten Stück in einer Länge von mindestens dem dritten Teil des inneren Federhausdurchmessers gestaltete sich die Entwicklung recht gut, verschlechterte sich aber ebenfalls in



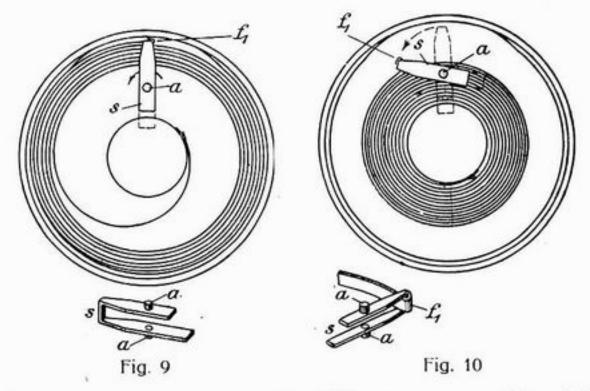
dem Maße, als ich das Stück verkürzte. Die bei der vorausgehenden Befestigungsart am Nietloch stattfindende Abbiegung wird bei dem eingelegten Stück vermieden.

Ich habe nun zur Prüfung der Kraftäußerung viele Versuche mit dicken, breiten und dünnen Federn vorgenommen; u. a. auch, um die Kraftungleichheiten durch möglichst viele Entwicklungen und Benußung der mittleren Federkraft zu beseitigen, mit einigen 2,5 bis 3 mm breiten, aber sehr dünnen Federn von 0,16 bis 0,18 mm Stärke. Ich erzielte damit über 8 Umgänge Entwicklung, von denen die letten 5 Umgänge zwar geringere Kraftunterschiede zeigten, aber die Federstärke würde für die Bewegung des Räderwerkes und die Schwingungsweite der Unruh so unzureichend sein, daß sie wohl für Versuche, aber nicht für praktische Nuganwendung geeignet ist (denn die Kraftzunahme oder Kraftabnahme der Feder erfolgt im guadratischen Verhältnis zur Federstärke und im einfachen Verhältnis zur Breite, so daß also die Kraftwirkungen zweier Zugfedern sich verhalten wie die Produkte aus der Breite und dem Quadrate der Dicke der Feder und den wechselseitigen Halbmessern der Federhäuser).

Ferner habe ich an das äußere Ende einiger Federn ein mit zwei Zapfen (a a, Fig. 8) versehenes Stück angenietet, von denen sich der eine Zapfen im Deckel, der andere genau gegenüber stehend im Boden des Federhauses in einem ungefähr tangential zur eingewundenen Feder angebrachten geradlinigen

and the second of the second o

Schliß s von der Breite des Zapfens führte. Ich glaubte damit zu erreichen, daß sich in dem Maße, als man die Feder spannt, das Federende mit seinen Zapfen der Mitte nähern, also an einem kürzeren Kraftarm wirken würde. Bei der Abwickelung sollte das äußere Federende allmählich wieder zurückgeführt und dadurch eine möglichst gleichmäßige Kraft erzielt werden. Ich wurde aber enttäuscht, denn die Vor- und Rückführung erfolgte ruckweise und unregelmäßig. Bei den ersten zwei Umgängen blieb die Lage unverändert, dann wurde die



Feder aber ruckweise nach der Mitte gezogen, und in gleich unregelmäßiger Weise erfolgte die Rückführung. Die Messung des Kraftmomentes ist hierfür der beste Anhalt.

Wesentlich günstigere Ergebnisse erzielt man, wenn sich die beiden Zapfen in einem bogenförmigen Schliß führen, welche der durch die Krümmung der Feder bewirkten Zugrichtung entspricht. Aus der Kraftmessung ersah ich aber, daß sich die Kraftwirkung nicht günstiger gestaltet als mit der gewöhnlichen eingehakten Feder. Der Grund hierfür ist einmal darin zu suchen, daß die Endform der Feder außerhalb des Federhauses weit geringer gewölbt ist als im Federhause, in welchem sie nun ihre ursprüngliche (freiliegende) Form

wieder zu erlangen sucht und das Federende mit seinen Zapfen stark nach auswärts drückt. Es ist also ein beträchtlicher Widerstand zu überwinden, um das gebogene Ende nach der Mitte zu ziehen. Dabei ist die Reibung der Zapfen an den Seiten des Schlißes, besonders bei geradliniger Führung, so bedeutend, daß dadurch ein großer Teil der Zugkraft verloren geht und der starke Druck gegen die verhältnismäßig dünnen Seitenwände von Deckel und Boden dieselben stark abnußt. Ich habe daher den erst tangential geradlinigen Schliß entsprechend der Krümmung und Zugrichtung der Feder ebenfalls gekrümmt, also bogenförmig gestaltet und dadurch ein erheblich günstigeres Vor- und Zurückführen der Feder ermöglicht. Man könnte durch Anbringung von Friktionsrollen eine weitere Besserung erzielen, doch ist dies wegen des mangelnden Raumes (in der Höhe) nicht ausführbar.

Ich habe noch verschiedene andere Versuche vorgenommen, um die ungleiche Federkraft durch den entsprechend länger oder kürzer werdenden Hebel auszugleichen. Unter anderem habe ich an einem hufeisenförmig über die Feder gebogenen dünnen Federstück (s, Fig. 9) zwei Zapfen a a angenietet. Das am Ende umgebogene Federende f1 hakte ich in dieses über die Feder gelagerte Band (Schleife), an welchem die beiden gegenüber stehenden Zapfen angebracht sind, die sich in genau übereinander stehenden Löchern des Deckels und Bodens führen. Beim Aufwinden wird das äußere Ende der Feder der Mitte genähert (Fig. 10), die Feder wirkt also an einem kürzeren Kraftarm; beim Abwickeln führt die Feder das Band allmählich wieder nach dem Rande des Federhauses zurück. Während der Drehung des Schleifenbandes wird natürlich auch die Feder an dieser Stelle nach der Mitte und gegen den Kern geführt, während die gegenüber liegenden Windungen an der Federhauswand anliegen. Um diese Verschiebung auszugleichen, habe ich an der Führungsstelle für das Federende und das Band die Federhauswand so weit als tunlich ausgedreht und damit erreicht, daß die Entwicklung und die Kraftentfaltung besonders der legten Umgänge sich gleichmäßiger (Schluß folgt) gestalteten.

Von Richard Lange

(Schluß zu Seile 159)

Schließlich noch einige Wahrnehmungen über das Springen, Brechen der Federn. Jede Uhrfeder wird nach kürzerer oder längerer Zeit einmal brechen, durch das fortwährende Auf- und Abwinden wird die Bindekraft des Stahles früher oder später zerstört; die Zähigkeit der Feder schwindet, sie verliert ihre Elastizität: sie "seßt sich". Aus dem Federhause genommen ist der Umfang der nun frei liegenden Feder kleiner, die Zahl der Umgänge größer als beim früheren Einwinden. Durch die fortgeseßte Dehnung aller Einzelteilchen wird die Elastizitätsgrenze überschritten und die Feder wird brüchig.

Die längere Lebensdauer oder der frühzeitige Bruch einer Feder hängt ab:

- 1. Von dem beim Einwinden der Feder benußten Einsag. Die Einsäge beim Einwinden der Feder sollen den gleichen Durchmesser wie der Federkern haben, vor allem nicht kleiner sein, weil dadurch eine stärkere Dehnung und Formveränderung eintritt, die einen späteren Bruch der Feder zur Folge haben kann.
- 2. Von der Beschaffenheit, Güte und Härte des Stahles. Der Stahl muß von gleichmäßiger guter Härte, gut poliert, hochblau angelassen sein. Die Kanten müssen zur Verminderung der Reibung gut abgerundet und geglättet sein. Die Elastizität scheint durch das Blau-Anlassen erhöht zu werden; denn wenn man die blaue Schicht entfernt, so verliert die Feder einen Teil ihrer Elastizität. Weiße Federn zeigen weniger Widerstand, erzeugen größere Reibung und sind dem Rost zugänglicher.
- 3. Von dem Verhältnis der Breite zur Dicke der Feder. Die Anwendung einer möglichst breiten, schwachen Feder ist derjenigen einer dicken und schmalen Feder vorzuziehen. Ein dünner Streifen Stahl erleidet beim Biegen eine weit geringere Verschiebung seiner Einzelteilchen in der äußeren und inneren Schicht als ein dicker Streifen; er ist daher biegsamer und dem Brechen weniger ausgeseht. Beispielsweise läßt sich auch ein dünnes Stück Glas, hartes Holz, Zelluloid usw. biegen, während ein stärkeres Stück sofort brechen würde.
- 4. Von der Kraftausnutjung. Wenn der für die Entwicklung vorhandene Raum zu groß oder zu klein ist, wenn man die Federkraft bis zum letten Ende ausnut, so werden alle Teilchen aufs äußerste gedehnt; die straffe Spannung erzeugt außerdem starke Reibung innerhalb der Windungen, die Elastizität wird durch das starke Anspannen verringert und der Bruch der Feder beschleunigt. Durch Anbringung einer Stellung läßt sich die äußerste Kraftanspannung der Feder vermeiden.
- 5. Von der Befestigungsart. Wie aus den vorangehenden Ergebnissen ersichtlich, findet bei der eingehakten Feder durch die einseitige Pressung der Gänge gegen den Kern und auf der gegenüber liegenden Seite gegen die Federhauswand eine stoßweise Abwicklung mit starker Reibung der Windungen aufeinander statt, was stoßweise Kraftäußerungen zur Folge hat. Um eine gleichmäßige Abwickelung zu erzielen, ist daher ein am Federende angenietetes, besser lose eingelegtes Federstück von etwa ½ Umgang, oder besser ein Steg, am besten ein an der Innenseite des Federendes angenieteter längerer Steg mit

äußerem, in einer Aussparung ligenden Stüßstück anzuwenden, sofern man nicht die ungleiche Federkraft durch die Kraft gleichmäßig gestaltende, verschiebbare Hebel ausgleichen will.

- 6. Von der gegenseitigen Stellung der Haken. Wie Versuche ergeben haben, wird der Federbruch begünstigt, wenn die Haken unnötig hoch sind und in der Zugrichtung spikwinklig bis rechtwinklig bei vollem Aufzuge zueinander stehen (siehe b in Fig. 3), und am günstigsten, wenn bei vollem Aufzuge der Kernhaken an den gegen die Federhauswand gedrängten Windungen bei d (tangential vom äußeren Haken zum Kern) steht und der Federkern schneckenförmig gestaltet ist. Mindestens der halbe innere Umgang muß weich gemacht sein und allmählich zur Härte von grau zu graublau übergehen, damit sich die Feder eng an den Kern anschmiegen und ein gleichmäßiges Aufwinden erfolgen kann.
- 7. Von der Beschaffenheit des Oles. Man soll zum Einfetten der Feder nicht zu dünnflüssiges, aber gutes, säurefreies Ol in mäßiger Menge verwenden, so daß die Windungen auf der schlüpfrigen Schicht ohne Widerstand aufeinander gleiten. Durch zähes harziges Ol werden die Windungen im Gleiten gehemmt. Derartiges Ol kann die Entfaltung der Feder so beeinträchtigen, daß ein Bruch eintreten kann.
- 8. Von elektrisch-galvanischen Einflüssen. Ob durch die Feder Elektrizität oder Galvanismus entwickelt wird, ob die Reibung der Windungen gegen- und aufeinander eine gegen die andere Elektrizität erzeugt, die eine allmähliche Zerstörung oder gar einen plößlichen Bruch der Uhrfeder bewirken könnte, vermag ich nicht genau festzustellen. Galvanismus könnte wohl dann entwickelt werden, wenn man stark säurehaltiges Ol verwendet. In diesem Falle würde das messingene Federhaus in Verbindung mit der Stahlfeder und der Säure eine Art galvanische Batterie bilden, die, durch große Wärme zur Entwicklung gebracht, das Metall angreifen und brüchig machen könnte.
- 9. Von dem Temperaturwechsel. Wie ich bereits früher erwähnte, habe ich mit einer großen Anzahl Federhäuser Versuche angestellt, bei welchen im Zustande der vollsten Spannung die beiden Haken in den verschiedensten Winkelstellungen zueinander standen, und habe sie dann, im Gestell befestigt, in Kälte und Wärme gebracht. Nach kaum Monatsfrist war eine der Federn, deren innere Hakenspike vom äußeren Haken spikwinklig abgekehrt stand (wie b in Fig. 3), gebrochen. Noch drei andere der gleichen Art folgten nach längerer Zeit, während nur eine von denjenigen brach, deren inneres Hakenende dem äußeren Haken zugekehrt bezw. in einer Tangente von a (Fig. 3) zum Federkern stand.

Ebenso habe ich eine große Anzahl in Ringe gewundener Federn, die teils geölt, teils ungeölt, teils mittels Schmirgelfeile mit Querschliff versehen waren (einige davon in gewöhnliches weißes, einige andere in braunes Rostpapier gewickelt), ebenfalls abwechselnd in große Kälte und große Hiße (besonders durch Brennglas verstärke Sonnenhiße) gebracht. Man mußte nun annehmen, daß der Bruch bei großer Kälte sich öfter ereignete als bei großer Wärme, denn verschiedene Stücke Uhrfeder, die ich in große Kälte brachte, wurden starr, unbiegsam und brachen beim Biegungsversuch, während gleiche

Stücke, in große Wärme gebracht, geschmeidig und leicht biegsam wurden; sonach müßte man voraussehen, daß der Federbruch bei großer Kälte ebenfalls weit häufiger als bei großer
Wärme stattfinden würde. Doch gerade das Gegenteil trat
ein: die Federn sprangen zumeist bei großer Wärme, und
zwar sprangen bei den über Jahr und Tag fortgesehten Versuchen von den geölten keine, von den ungeölten, in weißes
Papier gehüllten zwei, von den in braunes Rostpapier gehüllten eine und von den durch Querschliff etwas rauh gemachten sogar vier.

Ich kann mir diesen Vorgang nur folgendermaßen erklären: Durch das Einwinden der Feder wurden alle Einzelfeile über den normalen Zustand hinaus unnatürlich gestreckt und gedehnt, eine weitere Dehnung durch große Wärme kann bei den schon aufs äußerste gedehnten Einzelteilchen der trocken oder rauh gemachten, fest aneinander gepreßten Windungen nicht mehr eintreten, die Elastizitätsgrenze wird überschritten, und die Feder bricht - oft an den am meisten gedehnten Teilchen in viele Stücke. Die Kälte begünstigt dagegen das Bestreben der durch das Einwinden gewaltsam gedehnten Einzelteilchen, auf ihren ursprünglichen Zustand zurückzukommen, ohne daß sich dabei die fest und trocken aneinander gepreßten Windungen aufeinander verschieben. Ganz anders verhält es sich, wenn die glatt polierten Windungen mit gutem Ol versehen sind: Troß der gewaltsamen Dehnung beim Einwinden können sich die Windungen sowohl bei einer weiteren Dehnung durch die Wärme als auch bei der Zusammenziehung durch die Kälte auf der schlüpfrigen Schicht verschieben.

Schießlich noch einiges über die Stellung. Troß gegenteiliger Außerungen und anscheinend günstiger Untersuchungen über Federn ohne Stellung bleibt mein Ideal doch eine gut gearbeitete Malteserkreuz-Stellung, denn bei einer Uhr ohne Stellung wird bei ganz aufgezogener Feder ein solches Spannungsübermaß eintreten, daß ein Prellen der Unruh erfolgen kann. Diese lette Kraftentwicklung wird aber gerade durch die Stellung vermieden, vorausgesett daß für das Gesperr genügender Rückgang vorhanden ist. Bei Ausnutzung der äußersten Federkraft werden alle Einzelteile aufs äußerste gedehnt, die straffe Anspannung erzeugt größte Reibung in den Windungen der Feder und vermindert ihre Elastizität. Wenn man eine so aufs straffste gespannte Feder aus dem Federhause nimmt, wird ihr Umfang erheblich geringer sein als beim vorhergehenden Einwinden - ein Beweis, daß sich ihre Elastizität vermindert hat.

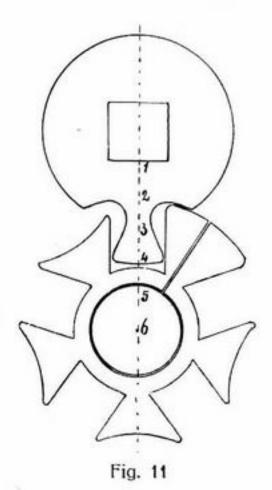
Die Stellung mit Malteserkreuz ist für Taschenuhren am häufigsten verwendet, und bei guter Ausführung auch die beste.

Ist die Mittelpunktsentfernung d vom Stellungszahn und Kreuz gegeben und bezeichnet n die Anzahl der Umgänge, welche das Federhaus macht, so ist die Anzahl der Arme des Stellungszahnes n+1, und die Winkelentfernung (Teilung) $=\frac{2\pi}{n+1}$. Da nun für gewöhnlich das Federhaus 4 Umdrehungen macht, so hat der Stern 4+1=5 Arme, und die Winkelentfernung von einem zum anderen beträgt $\frac{360}{5}=72^{\circ}$.

Bei einer gut ausgeführten Stellung soll die Anlage des Fingerarmes gegen den Stern erfolgen, wenn der Stern genau in der Mittellinie steht. Eine gute Wirkung wird man erzielen, wenn man z. B. die Mittelpunktsentfernung d in 6 gleiche Teile teilt, von welchen 3 Teile für den Kern, 4 Teile für die Länge des Fingers dienen (Fig. 11). Die Anschlagecke des Fingers, die sich am Ende des Aufzuges gegen den vollen Arm des Sterns stüßt, soll nicht in einer scharfen oder abgerundeten Ecke enden, sondern den gleichen Kreisbogen beschreiben, wie der Anschlagarm des Sterns.

Sehr zu empfehlen ist, das Stellungskreuz, statt es mit einer Schraube zu befestigen, an seinem Anschlagarm aufzuschneiden, und es wie einen Rückerzeiger auf den konisch gehaltenen Ansatz federnd aufzusprengen. Das Kreuz muß sich natürlich sanft auf seinem Ansatz führen lassen. Durch den Wegfall des Schraubenloches und der Einsenkung für den Schraubenkopf bietet der massive und wesentlich höhere Ansatz eine bedeutend größere Sicherheit und festere Stütze.

Sehr ratsam ist es auch, die Ecken an den Armen des Sterns etwas abzurunden (zu "brechen"). Ich habe in dieser Beziehung einmal eine sehr schlechte Erfahrung gemacht. Vor nahezu fünfzig Jahren hatte ich in London bei einem für Den tund Frodsham arbeitenden, außerordentlich geschickten Stubenarbeiter eine an sich feine Uhr zur Reparatur bekommen, die dem Besiger durch gelegentliches Stehenbleiben viel Ärgernis bereitete. Ich sah die Uhr gründlich durch, konnte aber beim besten Willen keinen Fehler entdecken, der ein Stehenbleiben herbeizuführen vermochte. Troßdem verfuhr ich wie die Ärzte, die, wenn sie keine Krankheit feststellen können, zu unschuldigen Mitteln greifen. Ich wälzte fast alle Räder durch, polierte alle Zapfen, vermehrte die schon genügend vorhandene



Freiheit der Räder, suchte die glänzende Politur der Gangteile noch glänzender zu gestalten, gab troß des noch frischen Oles noch einmal eine Dosis noch frischeren, wendete also alle Belebungskünste an, und gab nun — fast stolz auf diese überschwenglich liebevolle Behandlung — nach mehrwöchentlicher Beobachtung die auch im Tragen tadellos gehende Uhr mit gutem Gewissen ab.

Wie groß war aber mein Entsegen, als ich nach wenigen Monaten den Besiger stürmisch in die Werkstatt eintreten sah und noch stürmischer auftreten hörte. Erregt und unsanft legte er die Uhr auf den Tisch mit dem Bemerken, sie sei wiederum stehen geblieben.

Mein Prinzipal wurde noch erregter; mit einigen wütenden Blicken legte er die Uhr ebenso unsanft auf meinen Tisch. Ich wurde ob dieses liebenswürdigen Wortspieles am erregtesten; fast zitternd, wie geistesabwesend starrte ich die troß der erhaltenen Püffe noch immer stehende Uhr an. Da das Räderwerk keine Kraft zeigte, hoffte ich schon, einen Federbruch melden zu können. Vorsichtshalber nahm ich das Zifferblatt ab, beäugte die Stellung und sah nun, daß — eine der scharfen Kanten des Stellungskreuzes sich an der nur grob ausgefrästen Hohlung des Stellungszahnes festgehakt und dadurch die Uhr zum Stehen gebracht hatte. Dieser Befund verscheuchte sofort die Wetterwolken aus meines Prinzipals und des Uhrbesikers Gesichtern.

Ich habe nun nicht nur die scharfen Ecken des Sterns ein wenig abgerundet, sondern sie auch, ebenso wie die beiden Höhlungen am Stellungsfinger und die Stirnseiten (Vertiefungen) hochfein poliert. Die nachher noch lange beobachtete Uhr ist durch diese kleine Kantenbrechung der Ecken am Stellungskreuz (wohl weniger durch die hochfeine Politur) nie wieder stehen geblieben.

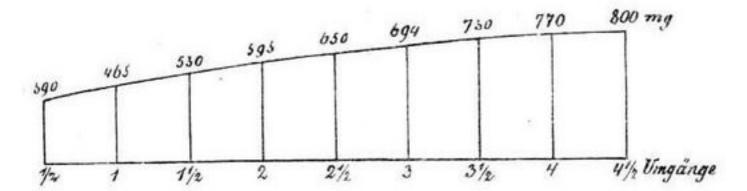
Wenn also je einem der Kollegen eine Uhr mit fein auspolierten Höhlungen, Ecken und Vertiefungen am Stellungskreuz und -Finger unter die Hände kommen sollte, so ist es
sicher die von mir vor vielen Jahren reparierte goldene Herrenuhr; denn ich glaube, kühnlich behaupten zu können, daß ich
bezüglich dieser eigenartigen Polier-Nußanwendung unübertroffen dastehe. Eine zweite Uhr mit solcher StellungskreuzHochglanzleistung dürfte kaum wieder aufzufinden sein.

Die Berechnung der Schnecke nach einer gegebenen Zugfeder

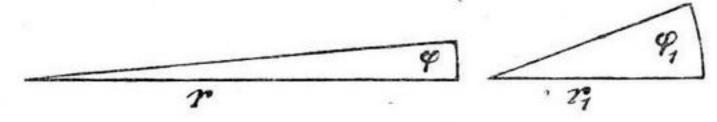
Von Richard Lange

Im Anschluß an meinen früheren Aufsatz über "Zugfeder und Stellung" in den Nummern 8 bis 12 des Jahrgangs 1917 der Deutschen Uhrmacher-Zeitung will ich nachstehend die Zugfeder in Verbindung mit der Schnecke, welche die veränderliche Kraft der Zugfeder ausgleichen soll, behandeln und zwei Berechnungsarten erklären, nämlich die von mir angewendete und die vollkommenere von Prof. Strasser, soweit sie mir erinnerlich ist.

Wie ich in dem genannten Aufsatz bereits angab (vergleiche Seite 115 vorigen Jahrganges), wird die Feder zunächst von 1/2 zu 1/2 Umgang Spannung durch einen am Federkern befestigten Stab mit verstellbarem Gewicht abgewogen, und zwar in gleicher Weise, wie sie in der Uhr wirkt, indem man die Feder erst aufs höchste spannt, dann je von einem halben zum nächsten halben Umgang abspannt und das am Stabe befindliche Gewicht jeweils so lange verschiebt, bis die Federkraft ausgeglichen ist. Damit nun die ungleich abnehmende Federkraft abgeglichen wird, müssen die Halbmesser der Schnecke bei jedem halben Umgang in gleicher Weise zunehmen. Multipliziert man nun, indem man die Feder von halbem zu halbem Umgang abspannt, den nach Millimetern gemessenen Abstand vom Federkern mit dem Gewicht, so erhält man in Milligramm die auf die Schnecke zu übertragende Kraft. Die gefundenen Milligramme werden dann in gleichen Abständen auf einer horizontalen Linie aufgetragen und bezeichnen die abnehmende Federkraft. Die an einem Federhause von 28 mm Durchmesser vorgenommenen Messungen ergeben folgende Zahlen:



Wen sich nun das Federhaus ein Stück weit dreht, oder einen $694:804=0.863\times360^{\circ}=310,7^{\circ}$ und $r_{6}=$ gewissen Weg oder Winkel durchläuft, so würde die Schnecke bei gleichem Halbmesser den gleichen Weg durchlaufen, bei geringerem Halbmesser einen größeren Weg oder Winkel, sonach $r \varphi = r_1 \varphi_1$ und $r_1 = \frac{r \varphi_1}{r_0}$. Wenn also, wie gewöhnlich, vom Federhause 4 Umgänge gebraucht werden, so durchläuft die Peripherie desselben den Weg $= 4 d \pi$, und da die Spannung der Feder bei neun



halben Umgängen versucht worden ist, so durchläuft das Federhaus bei jedem halben Umgang den Weg $r \varphi = \frac{4 d \pi}{\alpha}$.

Von diesen viereinhalb Umgängen sollen nur vier Umgänge auf beispielsweise sechs Umgänge der Schnecke übertragen werden. Die Summe von acht der oben erhaltenen Milligramme dividiert durch x ist auf sechs Schneckenumgänge zu übertragen. Bezeichnen $m_1 m_2 \ldots m_n$ die Milligramme, so ist $\frac{m_1+m_2+m_3\ldots+m_8}{x}=6 \text{ und}$

$$x = \frac{390 + 465 + 530 + 595 + 650 + 694 + 730 + 770}{6} = \frac{4824}{6} = 804,$$

was die Durchschnittszahl für einen Umgang der Schnecke ist. Jeder dieser Summanden ist durch 804 zu dividieren, und dieser für einen Grad gefundene Wert mit dem Umfang von 360 zu multiplizieren, wodurch man den Weg oder die Winkel φ1, φ2 gängen zu durchlaufen hat.

Da die Schnecke bei sechs Umgängen den Gesamtweg von 6.360 = 2160 ° macht, so muß auch die Summe dieser Winkel 2160 betragen. Man erhält schließlich, indem man den Weg, den das Federhaus bei jedem gemessenen halben Umgang durchläuft: $\frac{8 R\pi}{8} = R\pi$ oder in Winkelgraden R 180°, durch die verschiedenen Winkel $\varphi_1 \varphi_2 \dots \varphi_8$ dividiert, die verschiedenen diesen Winkeln entsprechenden Halbmesser für die Schnecke. Man erhält also, wenn man R den Halbmesser des Federhauses = 14 mm annimmt, als Halbmesser für die acht halben Umgänge der Schnecke:

$$390:804 = 0,485 \times 360^{\circ} = 174,6^{\circ} \text{ und } r_{1} = \frac{R.180}{\varphi} = \frac{14.180}{174,6} = \frac{2520}{174,6} = 14,44$$

$$465:804 = 0,578 \times 360^{\circ} = 208,1^{\circ} \text{ und } r_{2} = \frac{2520}{208,1} = 12,11$$

$$530:804 = 0,659 \times 360^{\circ} = 237,2^{\circ} \text{ und } r_{3} = \frac{2520}{237,2} = 10,62$$

$$595:804 = 0,740 \times 360^{\circ} = 266,4^{\circ} \text{ und } r_{4} = \frac{2520}{266,4} = 9,46$$

$$650:804 = 0,808 \times 360^{\circ} = 290,9^{\circ} \text{ und } r_{5} = \frac{2520}{290,9} = 8,66$$

$$694:804 = 0,863 \times 360^{\circ} = 310,7^{\circ} \text{ und } r_{6} = \frac{2520}{31,07} = 8,11$$

$$730:804 = 0,907 \times 360^{\circ} = 326,5^{\circ} \text{ und } r_{7} = \frac{2520}{326,5} = 7,72$$

$$770:804 = 0,957 \times 360^{\circ} = 344,5^{\circ} \text{ und } r_{8} = \frac{2520}{344,5} = 7,31$$

Der Ausgleich durch die Schnecke wird also in dem hier als Beispiel gewählten Falle ein vollständiger sein, wenn die Maße der Schneckenhalbmesser von einem zum nächsten halben Umgang den acht Endzahlen der obigen Rechnung entsprechen.

Herr Prof. Strasser hat eine genauere Berechnung vorgenommen, indem er die mittleren Werte der von 1/2 zu 1/2 Umgang gespannten Feder einselte. Wären z. B. g_1 g_2 g_3 g_9 die direkt abgewogenen Werte des Federhauses von ½ zu ½ Umgang, und bezeichnet man die mittlere Kraft durch m_1 m_2 m_8 ,

so erhält man daraus
$$\frac{g_1 + g_2}{2} = m$$
, $\frac{g_2 + g_3}{2} = m_2 \dots \frac{g_8 + g_9}{2} = m_8$.

Der weitere Gang der Rechnung ist mir nicht mehr erinnerlich, doch war sie wohl, troß größerer Genauigkeit, einfacher als die von mir angewendete.

Quelle: Deutsche Uhrmacher-Zeitung 1918 Nr. 48 S. 284