

Deutlichkeit halber in der Abbildung gezeigt und nicht in Wirklichkeit so gemeint gewesen. Bei einfacheren Uhren, ohne Steinloch und Deckstein, macht man auch wohl, wie in Abb. 4 dargestellt ist, eine Senkung in der Platine *P*, welche die gewölbte Form eines Steinloches nachbilden soll, um auch hier durch Kapillarwirkung an der engsten Stelle, am Zapfenende, das Oel zu halten. Auch dies ist trügerisch. Es braucht nicht einmal reines Mineralöl zu sein, selbst mit tierischen Oelen vermischte Oele ziehen fort. Die Kapillarität scheint sogar eine Fernwirkung auszuüben, denn das Oel sinkt nicht, seiner Schwere folgend, am Zapfen entlang nach unten, sondern zieht sich in den engen Raum zwischen Stahldeckplättchen *D* und Platine *P*, ja sogar durch die Schraubenlöcher hindurch. Mitschuldig scheinen hierbei allerdings die Metallmassen vom Ricker *R* und Rickerscheibchen *S* zu sein.

Der Vorzug von Steinloch und Deckstein liegt meines Erachtens darin, daß man ein stark mit Klauenöl versetztes Uhröl verwenden darf, wenn man die Vorsicht beachtet, nur sehr wenig Oel zu geben. Da sich vom Stein keine Teilchen abschleifen und von einem guten harten Zapfen nur sehr wenig und erst nach langer Zeit, so genügt auch ein Anfeuchten mit solchem Oel.

Bei einem Messingloch jedoch würde Klauenöl sehr bald, mit Messingteilchen vermischt, dick und zäh geworden sein. Deshalb darf man es hier nicht verwenden, wohl aber bei Steinlöchern. Wenn das beschriebene Woogsche Verfahren hält, was man sich davon verspricht, dann ist es vielleicht ein Vorteil. Immerhin ist noch durch Versuche festzustellen, ob reines Mineralöl genügend Schmierfähigkeit besitzt, auch dann noch, wenn sich bei Messingzapfenlöchern etwas Metallteilchen mit dem Oel vermischt haben. Georg F. Bley.

## Berechnung der Federlänge

Von Oberingenieur Gustav Krumm (Freiburg i. Schl.)

Fortsetzung der in Nr. 16 veröffentlichten Arbeit „Grundzüge der Theorie der Zugfeder“

Die Berechnung der Federlänge leitet sich aus den vorangehenden Formeln ab. Als Ausgang zur Ableitung der Formeln dient wieder die Formel (5). Zunächst soll die Ringstärke der aufgezogenen Feder berechnet werden, die, wie weiter oben gesagt wurde, gleich der Differenz des Halbmessers des äußersten Umganges der aufgezogenen Feder und dem Halbmesser des Federkernes ist. In einer Formel ausgedrückt heißt dies:

$$a = r_3 - r_1 \quad (23)$$

wobei die Ringstärke mit *a* (Fig. A in Abb. 1 in Nr. 16) bezeichnet wurde. Die Anzahl der Windungen der aufgezogenen Feder ist nach der Formel (7) zu berechnen, und zwar wird sie gefunden

$$n'' = \frac{r_3 - r_1}{s}$$

oder wenn man für den Zähler, der ja nichts anderes als die Ringstärke ist, diese einsetzt

$$n'' = \frac{a}{s}$$

Obwohl die einzelnen Federwindungen nicht genau kreisförmig liegen (sie bilden eine regelrechte Spirale), ist der Fehler verschwindend klein, wenn sie als solche betrachtet und berechnet werden. Nun ist es klar, daß die Gesamtlänge der Feder sich aus den Längen der einzelnen Windungen summiert, und man kann auf etwas umständliche Art ihr Maß finden, wenn man sich die Längen der einzelnen Windungen ausrechnet und dann addiert. Es gibt jedoch eine weitaus kürzere Lösung, die in einer nachstehenden Formel zum Ausdruck kommt.

Die direkt um den Kern liegende innere Windung hat einen mittleren Durchmesser gleich dem Kerndurchmesser, vermehrt um die einfache Federstärke. Der mittlere Durchmesser wird deshalb genommen, weil die Feder zufolge ihrer Dicke, über ihre Außenfläche gemessen, länger, über ihre innere Fläche gemessen aber kürzer als im gestreckten Zustande außerhalb des Federhauses ist. Annähernd bleibt die mittelste Faser der Feder in ihrer Länge unverändert. Die nächste Windung wird einen mittleren Durchmesser zeigen, der gleich der Summe des mittleren Durchmessers der vorhergehenden Windung und der zweifachen Federstärke ist. Jede folgende Windung wird ihren Durchmesser um die zweifache Federstärke vergrößern. Die Länge je einer Windung wird berechnet, indem man ihren mittleren Durchmesser (zweimal Halbmesser) mit der Zahl 3,14 multipliziert. Nachdem aber jede folgende Windung

einen um die zweifache Federstärke größeren Durchmesser besitzt, wird der Umfang um 3,14 mal der zweifachen Federstärke größer werden als das vorhergehende.

4. Beispiel: Deutlicher wird diese Erklärung durch ein Zahlenbeispiel, für das angenommen werden soll, daß die Windungszahl der aufgezogenen Feder 10, der Durchmesser der innersten Windung 10 mm, die zweifache Federstärke 1 mm sei. Die einzelnen Windungen erhalten folgende Länge:

Länge der 1. Windung	10 · 3,14	= 31,4
" " 2. "	(10 + 1) · 3,14	= 11 · 3,14 = 34,54
" " 3. "	(11 + 1) · 3,14	= 12 · 3,14 = 37,68
" " 4. "	(12 + 1) · 3,14	= 13 · 3,14 = 40,82
" " 5. "	(13 + 1) · 3,14	= 14 · 3,14 = 43,96
" " 6. "	(14 + 1) · 3,14	= 15 · 3,14 = 47,10
" " 7. "	(15 + 1) · 3,14	= 16 · 3,14 = 50,24
" " 8. "	(16 + 1) · 3,14	= 17 · 3,14 = 53,38
" " 9. "	(17 + 1) · 3,14	= 18 · 3,14 = 56,52
" " 10. "	(18 + 1) · 3,14	= 19 · 3,14 = 59,66
		Summe 455,30

Differenz zwischen den einzelnen Windungslängen ist immer 3,14.

Die Gesamtlänge der Feder ist demnach 455,3 mm.

Aus den Längendifferenzen der einzelnen Federwindungen geht hervor, daß je zwei aufeinanderfolgende Windungen in ihrer Länge um stets die gleiche Zahl variieren, und bei genauer Betrachtung ergibt sich, daß diese Differenz gleich dem Produkt aus der zweifachen Federstärke und der Ludolfischen Zahl (3,14) ist. Die Federstärke betrug im vorliegenden Beispiel 0 mm, so daß die zweifache Federstärke gleich 1 mm ist und

$$1 \cdot 3,14 = 3,14,$$

was der Längsdifferenz der einzelnen Windungen im obigen Beispiel entspricht.

Die gleiche Federlänge wäre erhalten worden, wenn statt der Summierung der einzelnen Windungslängen der Umfang der mittleren Windung berechnet und mit der Anzahl der Windungen der aufgezogenen Feder multipliziert worden wäre. Das erklärt sich daraus, daß von der mittleren Windung nach aufwärts jede folgende um das gleiche Stück länger und nach abwärts um das gleiche Stück kürzer wird.

5. Beispiel: Wenn z. B. die Länge einer mittleren Federwindung 50 mm beträgt und die Verlängerung bzw. Verkürzung jeder folgenden Windung 2 mm ausmacht, dann ist die Länge des nächsten äußeren Umganges 50 + 2