bzw. noch weiter vereinfacht:

$$n = \frac{(r_3 - r_1) - (r - r_3)}{s} \quad . \; . \; . \; . \; (15)$$

und daraus

$$n = \frac{2 \cdot r_3 - r_1 + r}{s} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (16)$$

Zur direkten Berechnung der Umdrehungszahl läßt sich der unentwickelte Wert aus der Formel (5) für r_3 einsetzen, so daß die Endformel lautet:

$$n = \frac{2 \cdot \sqrt{\frac{r^2 + r_1^2}{2}} - (r_1 + r)}{s} \quad . \; . \; . \; . \; (17)$$

1. Beispiel: Zum leichteren Verständnis dieser Berechnungsart sei sie an einem Zahlenbeispiel erklärt. Es ist der innere Halbmesser r der Federtrommel 21 mm, der Halbmesser des Federkernes 7 mm und die Federstärke 0,3 mm. Die Anzahl der Abwickelungsumgänge wäre zu berechnen. Man setzt in die Endformel (17) die Zahlenwerte ein und erhält:

$$n = \frac{2 \cdot \sqrt{\frac{21^2 + 7^2}{2}} - (7 + 21)}{0{,}3}.$$

Die Auflösung dieser Rechnung beginnt mit den Gliedern innerhalb des Wurzelzeichens.

Es ist

$$21 \cdot 21 = 441,$$
$$7 \cdot 7 = 49.$$

Beide Zahlen addiert ergeben 490. Diese Zahl entspricht dem Zähler des Bruches unter dem Wurzelzeichen. Um den Bruch vollständig auszurechnen (zu kürzen), wird der Zähler durch den Nenner dividiert:

$$490 : 2 = 245.$$

Nunmehr kann die Quadratwurzel aus 245 gezogen werden:

$$\sqrt{245} = 15{,}65.$$

Da vor dem Wurzelzeichen die Zahl 2 steht, ist die Wurzel mit 2 zu multiplizieren:

$$15{,}65 \cdot 2 = 31{,}3.$$

Von dieser Zahl wird die Summe von 7 und 21 = 28 abgezogen:

$$31{,}3 - 28 = 3{,}3.$$

Damit ist der Zähler des Gesamtbruches ausgerechnet und es ist nur noch durch die Federstärke 0,3 zu dividieren, um die Umdrehungszahl des Federhauses während des Ablaufes zu erhalten:

$$3{,}3 : 0{,}3 = 11.$$

Die Feder und mit ihr das Federhaus machen 11 Ablaufumgänge.

Ist der Kern im richtigen Verhältnis ausgeführt, d. h. mißt er in seinem Halbmesser ein Drittel des inneren Federhaushalbmessers, so vereinfachen sich diese Formeln ganz wesentlich. Man kann für r dann gleichen Wert von $3 \cdot r_1$ einsetzen. Geschieht dies in der Endformel (17), so lautet sie zunächst noch unverkürzt:

$$n = \frac{2 \cdot \sqrt{\frac{(3\,r_1)^2 + r_1^2}{2}} - (r_1 + 3\,r_1)}{s} \quad . \; . \; (18)$$

Unter dem Wurzelzeichen läßt sich der Zähler des Bruches einkürzen, denn $(3\,r_1^2) + r_1^2$ geben $10\,r_1^2$, und nun kann auch der Bruch überhaupt aufgelöst werden, indem man den Nenner 2 in den Zähler hineindividiert. Der Bruch wird sodann durch die ganze Zahl $5\,r_1^2$ ausgedrückt. Wird nun auch die Wurzel aufgelöst, bleibt:

Wurzel aus $5 = 2{,}236$,
Wurzel aus $r_1^2 = r_1$.

Das Glied unter dem Wurzelzeichen wird daher zu $2{,}236\,r_1$, da aber vor dem Wurzelzeichen die Zahl 2 steht, muß dieses Glied mit 2 multipliziert werden. Es ist dann:

$$2 \cdot 2{,}236\,r_1 = 4{,}472\,r_1 \quad . \; . \; . \; . \; . \; (20)$$

Die Summe von $r_1 + 3\,r_1 = 4\,r_1$ wird hiervon abgezogen und es bleibt:

$$4{,}472\,r_1 - 4\,r_1 = 0{,}472\,r_1 \quad . \; . \; . \; . \; (21)$$

Der Zähler des Gesamtbruches wird durch dieses eine Glied ausgedrückt und die Endformel lautet:

$$n = \frac{0{,}472\,r_1^2}{s} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (22)$$

2. Beispiel: Das weiter oben durchgeführte Zahlenbeispiel hatte bereits das Verhältnis des Kernes zum inneren Federhaushalbmesser wie 1 : 3, es kann daher zur Kontrolle der Richtigkeit dieser Formel herangezogen werden. Auf den Kernhalbmesser von 7 mm bezogen, erhält man folgende Rechnung:

$$n = \frac{0{,}472 \cdot 7}{0{,}3} = \frac{3{,}304}{0{,}3} = 11,$$

womit die Richtigkeit der Formel bewiesen ist.

3. Beispiel: Um ein anderes Beispiel zu rechnen, soll der innere Federhaushalbmesser 9 mm betragen. Das Verhältnis zum Kern ist wieder 3 : 1, der Kernhalbmesser ist daher 3 mm. Wenn die Federstärke 0,15 beträgt, ergeben sich n Abwickelungsgänge der Feder, deren Zahl nach folgender Rechnung gefunden wird:

$$n = \frac{0{,}472\,r_1}{s} = \frac{0{,}472 \cdot 3}{0{,}15} = \frac{1{,}416}{0{,}15} = 9.44.$$

Nochmals „die Lücke in unserer Fachliteratur"

Entgegnung des Herrn Bley auf die Erwiderung des Herrn Prof. Dr. Bock

Die Erwiderung des Herrn Prof. Dr.-Ing. Bock in Nr. 13 der UHRMACHERKUNST zwingt mich zu einer Entgegnung. Die Frage, ob da „oder" oder „und" in dem betreffenden Buche stand, muß ich unerwidert lassen, da ich das Buch nur geliehen hatte und es mir gegenwärtig nicht möglich ist, mich zu überzeugen.

Ich komme deshalb sofort auf den letzten Teil der Erwiderung, der sich auf die Formel über die Zeitdauer der Unruhschwingungen bezieht. Herr Prof. Dr. Bock wirft im Schlußsatz „mir" vor, einen bösen Lapsus gemacht zu haben. Wenn ein solcher vorliegt, dann habe doch „ich" den nicht gemacht. Ich habe vielmehr nur konstatiert, daß in unseren Fachlehrbüchern die Formel anders angegeben ist, als Herr Prof. Dr. Bock sie angibt, bzw. sie auf einen bestimmten Ausschlagwinkel beschränkt. Die Frage, ob ein Ausschlagwinkel von 0° gemeint sein könne, würde jeder Praktiker lächelnd abweisen, da es ihm nicht einfallen würde, die Zeitdauer der Unruhschwingung zu berechnen, wenn sie gar nicht schwingt. Aber auch der Theoretiker braucht nicht lange zu rechnen, denn in dem Falle wird der Wert unter dem Wurzelzeichen = ∞, und T wird nicht weit davon sein.

In meinem letzten Satz auf S. 222 in Nr. 12 spreche ich doch nur in höflicher Form aus, daß und warum es uns Uhrmachern erwünscht sein würde, eine nähere Erklärung und Begründung dieser Einschränkung zu erfahren. Diese ist uns geworden, aber in welch brüsker Form.