von Mitte des Federhauses bis zum äusseren Umgang der um den Kern gewundenen Feder, und die Gesamtstärke der um den Kern gewundenen Umgänge sonach $x - \frac{R}{2} = 0{,}816 - 0{,}333 = 0{,}483$.

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 Entwicklungsumgänge, gibt die Federstärke. Bezeichnet man mit n die Anzahl der Entwicklungsumgänge, so ist die Federstärke $s = \frac{0.15}{n}$. Sei wiederum $n = 6$, so ist die Federstärke $s = \frac{0.15}{6} = 0{,}025$. Die Anzahl der Umgänge im abgelaufenem Zustande . $= 0{,}333 : 0{,}025 = 13{,}3$
die Anzahl der Umgänge im aufgewundenem Zustande . . . . . . $= 0{,}483 : 0{,}025 = 19{,}3$
so dass eine Entwicklung von . . = 6
Umgängen stattfindet, wie verlangt.

Während also bei der ersten Berechnungsart A sowohl die abgelaufene, als auch die aufgewundene Feder sich in derselben Mittelpunktsentfernung befindet, ist bei derselben Entwicklung die Federstärke 0,026 oder $\frac{R}{38{,}5}$, während wenn die Gesamtstärke der eingewundenen Federwindungen $\frac{R}{3}$ ist, die Federstärke nur $0{,}025 = \frac{R}{40}$ beträgt, oder bei der gleichen Federstärke würde die Entwicklung 6,3 Umgänge statt 6 betragen. Durch die beiderseitigen Hakenstärken (und kleinen Zwischenräume zwischen den Windungen) findet eine entsprechende Verminderung statt. Im ersteren Falle betrug die Zahl der eingewundenen Umgänge 9,8, im letzteren 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 irgend wie fest, setzt auf den Federstift einen Hebel, auf welchem ein Gewicht hin und her geschoben werden kann, zieht sodann die Feder auf und stellt das Gleichgewicht her, indem man das Gewicht bis zum Gleichgewichtspunkt verschiebt. Die durch die Feder entfaltete Kraft entspricht nun diesem Gleichgewichtszustande. Multipliziert man nun das verwendete Gewicht mit der Länge des Hebelarmes, so erhält man das Kraftmoment der Feder. Hierbei ist vorausgesetzt, dass der Schwerpunkt des Hebels (wie das bei meinem leichten Aluminiumhebel der Fall war) in der Federhausachse lag. 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 zuzufügen.

Würde z. B. bei einer voll angespannten Feder das Gleichgewicht erzielt, 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 Federhauses 100 mm, so wäre das Moment des Hebels: $8 \times 100 = 800$. Fügt man diesen Wert dem vorangehenden zu, so wird das Kraftmoment der Feder auf $4000 + 800 = 4800$ gebracht. Das Kraftmoment verringert sich in zunehmendem Masse bei der Abspannung der Feder, und man hat, um das Gleichgewicht herzustellen, dementsprechend das Gewicht der Achse zu nähern. — Die oben erwähnten Versuche sind mit vier gleich starken, aber ungleich langen Federn mit einem auf der Abgleichstange verschiebbaren Gewicht von 50 g vorgenommen; 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 grösstmögliche Entwicklung erzielt werden soll, würde die erste Berechnungsart A, wenn dagegen gleichmässigere Kraftübertragung erzielt werden soll, würde die letztere 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 $\pi \sqrt{1^2 - 0{,}5^2}$ und die aufgewundene $\pi\,[x^2 = (\frac{1}{3}\,R)^2]$ einnehmen. Also $1^2 - 0{,}5^2 = x^2 - 0{,}333^2$. $x^2 = 1^2 - 0{,}5^2 + 0{,}333^2$, $x = \sqrt{1 - 0{,}25 + 0{,}111} = \mathbf{0{,}93}$.
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 Ueberschreitung der Ringstärke der eingewundenen Feder auf die Entwicklung wirkt. Aus den vorhergehenden Rechnungen ergibt sich also, wenn man mit n die Anzahl der eingewundenen Umgänge, mit n die Anzahl der um den Kern gewundenen Umgänge, mit s die Dicke der Feder, mit g die Ringstärke der eingewundenen Feder und mit R den Halbmesser des Federhauses $= 1$ (E = Zahl der Entwicklungen, L = Länge der Feder) 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 Berechnungsart B ist die Ringstärke g gleich inneren Federhalbmesser mal $R = 0{,}333\,R$.

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

5. Der Flächenraum, welchen die eingewundene Feder einnimmt, ist für $A = \frac{5}{9} R^2 \pi = 0{,}555\, R^2\, 3{,}146 = 1{,}745\, R^2$, für $B = (R^2 - 0{,}745^2)\,\pi = 1{,}398\, R^2$.

6. Um die Anzahl der 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