

Vergleichshalber habe ich nun einen mittleren Verlust berechnet bis zu dem Punkt „5 Umgänge“. Dort hat die Feder $10\frac{1}{2} + 5 = 15\frac{1}{2}$ Umgänge Spannung. Sie müßte nach der Berechnung an Kraft besitzen: $\frac{7,5 \cdot 15,5}{21,25} = 5,5 \text{ kg/cm}$.

Das Diagramm zeigt aber nur noch 2,5 kg an, mithin ist 3 kg Verlust. Dies ist $\frac{3 \cdot 100}{7,5} = 40\%$. Nun zeigt aber unser Diagramm, daß nach dem ersten plötzlichen Kraftsturz während des ersten Achtelumganges Ablauf nur noch sehr geringer und allmählicher Kraftabfall stattfindet bei dieser schwachen Feder A.

Bei $21\frac{1}{4} - \frac{1}{8} = 21\frac{1}{8}$ oder 21,125 Umgängen zeigt das Diagramm 3,5 kg/cm, also müßten nach der Berechnung bei 5 Umgängen, d. i. $10,5 + 5 = 15,5$ Umgängen Spannung, noch an Kraft vorhanden sein:

$$\frac{3,5 \cdot 15,5}{21,125} = 2,57 \text{ kg/cm.}$$

Unser Diagramm zeigt bei der Vertikallinie „5“ aber nur 2,5 an. Mithin sind $2,57 - 2,5 = 0,07 \text{ kg}$ Verlust. Dies ergibt:

$$\frac{0,07 \cdot 100}{3,5} = 2\%$$

Man erkennt hieraus, daß schwache Federn, nachdem der erste plötzliche Kraftsturz vorüber ist, nur sehr wenig Verlust durch Reibungsarbeit erleiden.

Da der plötzliche Kraftsturz während des ersten Achtelumganges zu Anfang des Ablaufes stattfindet, könnte man eine solche Feder sehr verbessern, wenn das Gesperr um einen Achtelumfang rückläufig gemacht würde, was wohl technisch durchführbar sein müßte. Auch würde eine Stellung, bei der der letzte halbe Umgang der Feder nicht mit aufgezogen werden könnte, den plötzlichen Kraftsturz auf fast den dritten Teil seines Betrages abschwächen.

Bei der Betrachtung des Diagrammes für die Feder B erkennt man, daß, im Gegensatz zu der schwachen Feder A, eine Malteserkreuzstellung, die bei der starken Feder B den letzten Umgang (zwischen den Vertikallinien 7 u. 8) völlig ausschließen würde, nur sehr geringe Wirkung und daher keinen Zweck hätte. Bei Vollaufzug zeigt das Diagramm einen Kraftsturz von 27,5 bis 16,5 kg, während wenn man bei Verwendung einer Stellung den letzten Umgang gar nicht aufziehen kann, einen Kraftsturz von 25 kg bis herunter auf 15 kg, also nur ganz wenig Unterschied, finden würde. So günstig eine Stellung bei der schwachen Feder A wirken müßte, bei nur Ausschaltung des letzten halben Umganges, so zwecklos wäre die Stellung bei der starken Feder B sogar bei Ausschaltung eines vollen, letzten Umganges.

Bei den starken Federn der Großuhren wendet man ja auch meist keine Stellung an. Sie würde nur wenig Nutzen bringen und außerdem kann man den letzten Umgang meist nicht missen, da die ersten Umgänge zu geringe Kraft haben und von selbst ausscheiden.

Die Anwendung von Stellungen am Federhaus ist demnach nicht in allen Fällen zweckhaft, wie so oft angenommen wird.

Gänzlich andere Verhältnisse findet man bei einer sehr starken Feder B. Schon ein Vergleich der beiden Diagrammkurven zeigt einen großen Unterschied im Verhalten der beiden so ungleichen Federn während ihrer ganzen Kraftentfaltung. Die untere Diagrammlinie ist die Aufzugkurve, sie ist nur im ersten Umgang gleichlaufend mit dem letzten Umgang des Ablaufes.

Im weiteren Verlauf des Aufzuges steigt die Kurve unverhältnismäßig rascher als die Ablaufkurve, welche durch die obere Linie im Diagramm aufgezeichnet ist,

ihrerseits abfällt. Der plötzliche Kraftsturz, der immer zu Beginn des Ablaufes eintritt, dauert hier einen vollen Umgang. Um den Kraftverlust festzustellen, müssen wir zunächst wieder die Größe n für die Formel suchen. Die abgelaufene Feder hat im Federhaus 15 und die offene Feder, wenn freiliegend, $4\frac{1}{2}$ Umgänge, mithin hat die Feder im Federhaus $15 - 4\frac{1}{2} = 11\frac{1}{2}$ Umgänge Vorspannung. Voll aufgezogen zeigt das Diagramm 28 kg/cm an, alsdann hat die Feder $11\frac{1}{2} + 8 = 19,5$ Umgänge Anspannung. Wenn sie einen Umgang abgelaufen ist, also bei 18,5 Umgängen, müßte sie nach der Formelberechnung haben:

$$\frac{28 \cdot 18,5}{19,5} = 27,5 \text{ kg/cm.}$$

Das Diagramm zeigt aber nur noch 16,5 kg/cm an. Mithin ist in Wirklichkeit $27,5 - 16,5 = 11 \text{ kg/cm}$ weniger Kraft vorhanden, als nach der Berechnung da sein müßte.

Dies ergibt: $\frac{11 \cdot 100}{27,5} = 40\%$ Verlust. Berechnet man einen Durchschnitt für 5 Umgänge Ablauf, also von der Vertikallinie 8 des Diagrammes bis zur Vertikalen 3, das wäre der Ablauf für etwa 8 Tage Gangzeit, so erhält man:

$$\frac{28 \cdot 14,5}{19,5} = 20,8 \text{ kg/cm.}$$

Das Diagramm zeigt aber bei der Vertikalen 3 nur 11,5 kg an, also 9,3 kg weniger als die Berechnung ergeben hatte.

Dies macht in Prozent: $\frac{9,3 \cdot 100}{27,5} = 33,8\%$ Verlust als Durchschnitt für die 5 Umgänge Ablauf, einschließlich des ersten Umganges mit dem Kraftsturz.

Es würde nun weiter interessieren, zu wissen, welchen Verlust man haben würde, wenn man diesen ersten Umgang des Ablaufes nicht mit zu berücksichtigen brauchte:

Bei der Vertikalen 7 haben wir 18,5 Umgänge und bei der Vertikalen 3 nur 14,3 Umgänge Federspannung.

Das Diagramm zeigt nach einem Umgang Ablauf noch 16,5 kg an, dann müßten es nach der Berechnung bei 14,5 Umgängen noch sein:

$$\frac{16,5 \cdot 14,5}{18,5} = 15 \text{ kg/cm.}$$

Das Diagramm zeigt in Wirklichkeit nur 11,5, also 3,5 kg/cm weniger an. Dies ergibt: $\frac{3,5 \cdot 100}{16,5} = 21,2\%$ Verlust, im Vergleich zu 33,8% Durchschnittsverlust, den wir vorhin errechnet hatten.

Es drängt sich einem unwillkürlich die Frage auf, ob diese großen Kraftverluste innerhalb des Federhauses nur durch die Reibungsarbeit entstehen oder ob da andere Kräfte im Spiel sind, die unsere bekannten Theorien über die Zugfedern hinfällig machen und die Entwicklung der Formel über das Kraftmoment von einer unrichtigen Grundidee ausgegangen ist.

Die bereits erwähnten interessanten mathematischen Entwicklungen, deren Endergebnis diese Kraftmomentformel ist, waren ja nicht von Uhrentheoretikern erdacht, weder von Jules Großmann, noch von Strasser, sondern stammen von Naturwissenschaftlern, aus der physikalischen Wissenschaft. Erst nachdem man Federprüfmaschinen konstruiert hat, die ein untrügliches Abbild des Kraftverlaufes auf ein Blatt Papier aufzeichnen, sieht man ein, daß die Formel nicht richtig ist oder wenigstens nicht in allen Fällen richtig ist.

Ich habe nun einige Versuche gemacht mit den beiden Federn A und B und nach der Formel die Kraftmomente berechnet für verschiedene Elastizitätskoeffizienten, ferner für die Exponenten 3 und $2\frac{1}{2}$ für die Dicke der Feder, die ja in der Formel mit d^3 angegeben ist.