

Die nachstehende Zusammenstellung gibt einen Überblick über diese Ausrechnungen:

Die Formel $M = \frac{E \cdot b \cdot 2 \pi n \cdot d^3}{12l}$ würde für die schwache Feder A nach Einsetzen der Zahlenwerte (wenn E gleich 24000000 g/mm²) sich gestalten wie folgt:

$$M = \frac{24\,000\,000 \cdot 18 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 21,5 \cdot 0,25^3}{12 \cdot 1150}$$

oder, um das Resultat gleich in Kilogramm-Zentimeter zu erhalten, so, wie es das Diagramm angibt, kann man die Zahlenwerte gleich in Kilogramm und Zentimeter umändern und erhält dann:

$$M = \frac{240 \cdot 1,8 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 21,5 \cdot 0,025^3}{12 \cdot 115}$$

Zusammenstellung für Feder A.

Bei Vollaufzug:

I. Wenn E = 240 kg/cm n = 21,5 Umgänge M = 6,6 kg/cm Das Diagramm zeigt aber: M ₁ = 7,5 kg/cm	II. Wenn E = 180 kg/cm n = 21,5 Umgänge M = 5 kg/cm M ₁ = 7,5 "
--	---

Bei mittlerer Federspannung:

III. n = 15,5 Umg. M = 4,7 kg/cm Diagramm: M ₁ = 2,5 "	IV. n = 15,5 Umg. M = 3,5 kg/cm M ₁ = 2,5 "
--	--

Wenn statt d³ nur d^{2,5} in die Formel eingesetzt wird:

Voll: V. E = 240 kg/cm n = 21,5 Umg. M = 4,2 kg/cm Diagramm: M ₁ = 7,5 "	Mittel: VI. E = 240 kg/cm n = 15,5 Umg. M = 2,4 kg/cm M ₁ = 2,5 "
--	--

Durch Vergleichung der Werte für M und M₁ findet man, daß bei I u. II die Berechnung weniger Kraft angibt, als das Diagramm bei vollem Aufzug der Feder anzeigt. Bei mittlerem Ablauf dagegen, wie die Ausrechnungen III u. IV zeigen, hat das Diagramm weniger Kraft, als die Formelberechnung ergibt.

Bei Herabsetzung des Exponenten auf 2^{1/2} hat die Ausrechnung V bei Vollaufzug weniger, als das Diagramm anzeigt.

Erst für mittlere Spannung sind bei VI die errechnete Kraft 2,4 und die wirkliche, im Diagramm angezeichnete Kraft 2,5 kg/cm sich fast gleich.

Für die Berechnung der starken Feder B wird die Formel nach Einsetzung der entsprechenden Zahlenwerte heißen:

$$M = \frac{240 \cdot 2,2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 19,5 \cdot 0,052^3}{12 \cdot 210}$$

Zusammenstellung für Feder B.

VII. E = 240 kg/cm n = 19,5 Umgänge M = 36 kg/cm M ₁ = 28 "	VIII. E = 180 kg/cm n = 19,5 Umgänge, Vollaufzug M = 27 kg/cm M ₁ = 28 "
	IX. n = 14,5 Umgänge, mittlere Spannung M = 20,0 kg/cm M ₁ = 11,5 "

Wenn der Exponent statt d³ nur d^{2,5} gerechnet wird:

X. E = 240 kg/cm n = 19,5 Umgänge M = 15 kg/cm M ₁ = 28 "	XII. n = 14,5 Umgänge, mittlere Spannung M = 11,7 kg/cm M ₁ = 11,5 "
XI. n = 18,5 Umgänge M = 15 kg/cm M ₁ = 16 "	

Die Ausrechnung VII gibt einen viel höheren Wert an, als in Wirklichkeit vorhanden ist, während sich die Werte bei VIII nähern; das ist bei Vollaufzug und dem versuchsweise niedriger angenommenen Wert von E.

Für mittlere Spannung zeigt die Ausrechnung IX dagegen einen viel höheren Wert an, als im Diagramm wirklich vorhanden ist.

Ausrechnung X ergibt für Vollaufzug einen niedrigeren Wert als das Diagramm, wohingegen XI, d. i. nach vollendetem plötzlichen Kraftsturz im ersten Umgang des Ablaufes, und XII bei etwa mittlerer Spannung keine großen Abweichungen von der Wirklichkeit ergeben, die nur 1 kg bzw. 0,2 kg voneinander abweichen.

Durch vergleichende Gegenüberstellung dieser verschiedenen Resultate gelangt man zu der Einsicht, daß es keine allgemein gültige Formel geben kann, die geeignet wäre, die Kraftmomente von Zugfedern von ganz verschiedenen Dimensionen und bei beliebigen Spannungswinkeln zu ermitteln. Bei Entstehung der Formel ist man bekanntlich von der Idee ausgegangen, daß bei der Biegung eines prismatischen Stabes eine mittlere Schicht oder Faser vorhanden sei, die wohl an der Biegung teilnimmt, aber dabei keine Änderung ihrer Länge durchmacht. Dagegen erleiden die oberhalb dieser neutralen Faser liegenden Schichten des Stabes eine Verlängerung durch Streckung und die innerhalb liegenden Schichten eine Verkürzung durch Zusammenpressung der Stahlmoleküle. Dies klingt sehr glaubhaft, und wenn man

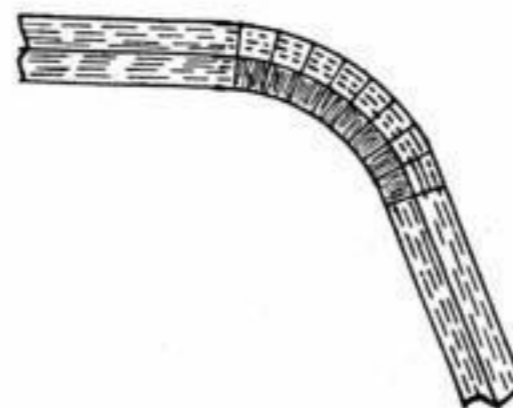


Abb. 2

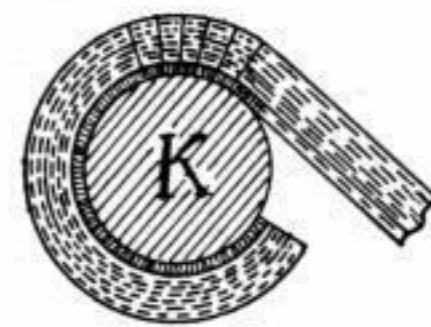


Abb. 3

beim Anblick der flüchtigen Skizze (Abb. 2) sich den Vorgang im Geiste vorstellt, dann hält man auch die Annahme für richtig, daß diese neutrale Faser genau in der Mitte der Dicke des Stahlbandes liegen muß.

Dies ist denn auch Bedingung gewesen bei Aufstellung der Formel für das Kraftmoment. Da ich nun aber seit längeren Jahren die Richtigkeit der Formel für das Kraftmoment von Zugfedern bezweifle (ich habe schon 1926 in der Fachliteratur darüber meine Gedanken ausgesprochen), bin ich zu folgenden Betrachtungen gekommen: In unseren Uhren handelt es sich bei Zugfedern nicht um einfache Biegungen, wie sie in Abb. 2 dargestellt wurden. Dies ist wohl recht bei Spiralfedern, wohingegen Zugfedern um einen Kern K gebogen werden und sich um diesen fest anlegen, so, wie es in Abb. 3 schematisch dargestellt ist. Es will mir da weit wahrscheinlicher und natürlicher erscheinen, daß, je weiter man aufzieht, sich die neutrale Faser nach und nach tiefer legen