GEBRAUCHSANLEITUNG

ARISTO

FEDERFIX

920

DBGM 1782025
System Niemann

DENNERT & PAPE · ARISTO-WERKE · HAMBURG

I N H A L T

1. Allgemeines

2. Anwendungsbereich
2.1 Dimensionsgrenzen
2.2 Werkstoffe

3. Berechnungsgrundlagen
3.1 Bezeichnungen
3.2 Formeln
3.3 Der Korrekturfaktor k
3.4 Werkstoffkennwerte und zulässige Schubspannungen

4. Beschreibung des ARISTO-Federfix
4.1 Benennung der Teile
4.2 Die Skalen
4.3 Der Schwenkläufer
4.4 Der Rechnungsgang

5. Berechnungsbeispiele
5.1 Beispiel 1
5.2 Beispiel 2
5.3 Beispiel 3

6. Sonderrechnungen für Spezialwerkstoffe
6.1 Die Eigenschwingungszahl
6.2 Eigengewicht der Feder

7. Behandlung des Rechenstabes

1. Allgemeines

Der ARISTO-Federfix ist ein Rechenstab zur Berechnung zylindrischer Schraubenfedern aus Runddraht für Federfachleute aller Sparten, sowie für Instrumenten-, Maschinen- und Waffenkonstrukteure, die mit Federn zu tun haben.

Der ARISTO-Federfix gestattet es, alle mechanischen Kennwerte einer Feder übersichtlich nach Formeln, wie sie dem heutigen Kenntnisstand entsprechen, miteinander in Beziehung zu bringen. Dabei erfolgt die Ablesung sämtlicher Werte mit zwei Einstellungen. In der Grundstellung A werden alle Werte für eine Windung und in der Endstellung B alle Werte für die gesamte Feder abgelesen. Der Rechenstab ist die exakte Realisierung der theoretischen Beziehungen. Ungenauigkeiten liegen nur in den Fertigungstoleranzen und in den Vereinfachungen bei den Annahmen, die der Theorie bei der Ableitung der Formeln zu Grunde liegen.

Der Rechenstab geht von den meist konstruktiv gegebenen Daten aus und vermeidet bei der Berechnung von Federn aus normalem Stahl Nebenrechnungen und Hilfsnotizen. Für andere Werkstoffe sind Nebenrechnungen nur für die Bestimmung der Eigenfrequenz und des Gewichtes durchzuführen.

2. Anwendungsbereich

2.1 Dimensionsgrenzen

Drahtdurchmesser	:	0.1 mm bis 500 mm
Windungsdurchmesser	:	0.3 mm bis 3000 mm
Windungszahlen	:	1 bis 300
Wickelverhältnis	:	w = Dm/d von 3 bis 16

2.2 Werkstoffe

Federn aus allen Werkstoffen, für die das Hookesche Gesetz anwendbar ist und deren Schubmodul G zwischen 2000 und 10000 kp/mm^2 liegt, können berechnet werden.

Die Federdaten sind für die Schubspannungen τ_k zwischen 10 und 200 kp/mm^2 ablesbar.

3. Berechnungsgrundlagen

3.1 Bezeichnungen

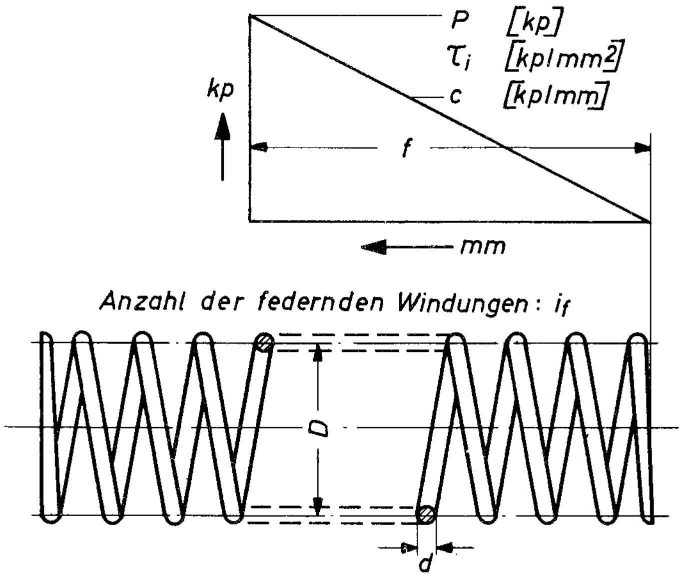

Abb. 1

d (mm)	Drahtstärke
Dm (mm)	Mittlerer Windungsdurchmesser
i_f	Anzahl der federnden Windungen
G (kp/mm^2)	Schubmodul des Federwerkstoffes
γ (p/cm^3)	Spez. Gewicht des Federwerkstoffes (für Stahl γ = 7,85 (g/cm^3)
P (kp)	Federkraft (Druck- bzw. Zugkraft)
f (mm)	Verkürzung bzw. Verlängerung der Feder (bestehend aus i_f Windungen) unter der Kraft P
f' (mm)	Verkürzung bzw. Verlängerung einer Windung unter der Kraft P
c (kp/mm)	Federkonstante der Feder (bestehend aus i_f Windungen)
c' (kp/mm)	Federkonstante einer Windung
τ_i (kp/mm^2)	Ideelle Schubspannung (ohne Berücksichtigung der Drahtkrümmung)
τ_k (kp/mm^2)	Schubspannung bei Berücksichtigung des Einflusses der Drahtkrümmung durch den Beiwert k (Verdrehspannung bei Belastung durch P)
τ_{kH} (kp/mm^2)	Größte zulässige Hubspannung für dauerbeanspruchte Federn (siehe DIN 2089)

k	Korrekturfaktor DIN 2089
w	Wickelverhältnis $\frac{Dm}{d}$
n_e (1/min)	Eigenfrequenz I. Ordnung der Feder (Eigenfrequenz der Federmitte) Feder vorgespannt und während des Schwingens nicht abhebend
n'_e (1/min)	Eigenfrequenz für eine Windung
ℓ (mm)	Ungefähre Drahtlänge
ℓ' (mm)	Ungefähre Drahtlänge für eine Windung
Gew' (p)	Ungefähres Drahtgewicht einer Windung aus Stahl

Abweichungen von der Wirklichkeit liegen in der Steigung der Feder und in den toten Windungen an den Federenden begründet.

3.2 Formeln

$$\tau_k = k \frac{8 \cdot Dm \cdot P}{\pi \cdot d^3}$$ Spannungsformel

$$\tau_k = k \cdot \tau_i$$

$$f = i_f \cdot \frac{8 \cdot Dm^3 \cdot P}{G \cdot d^4}$$ Federungsformel

$$c = \frac{\Delta P}{\Delta f}$$

$$n_e = 21{,}345 \cdot 10^6 \cdot \frac{d}{D_m 2 \quad i_f} \cdot \sqrt{\frac{G \cdot 7{,}85}{8000\,\gamma}}$$ (nach Lehr)

$$\ell = Dm \cdot \pi \cdot i_f$$

$$Gew = \frac{d^2 \cdot Dm \cdot \pi^2 \cdot \gamma}{4 \cdot 10^3}$$

3.3 Der Korrekturfaktor k

Der Faktor k in der obigen Spannungsformel trägt dem Umstand Rechnung, daß sich die Spannungen in einer Schraubenfeder (infolge des Einflusses von Drahtkrümmung, Querkraft und Biegung) nicht symmetrisch zur Drahtachse über den Querschnitt verteilen (wie dies in einem geraden, verdrehten Stab der Fall wäre mit " τ_i " = "größter Beanspruchung am Umfang"). Vielmehr tritt, wie genauere Betrachtungen, Berechnungen und Versuche ergaben, sowohl an Zug-, als auch an Schraubendruckfedern an der <u>Innenfaser</u> des Drahtes (also dem Punkt des Drahtquerschnittes, der der Schraubenfederachse am nächsten liegt) eine erhöhte Beanspruchung τ_k auf. Ueber diese gibt es zahlreiche Arbeiten und Theorien:

<u>Korrekturfaktor k</u>

$$k = \frac{\tau_k}{\tau_i} \qquad\qquad k = f\left(\frac{Dm}{d}\right)$$

Die Spannungsverteilung über den Drahtquerschnitt wurde theoretisch und experimentell für verschiedene Formen von Runddrahtfedern mehrfach untersucht. Hier einige Resultate:

I Klassische Theorie (1. Nährung) k = 1,0

II Röver (siehe Hütte I, 25. Auflage)

$$k = \frac{4 \cdot \frac{Dm^2}{d^2} + \frac{Dm}{d} - 1}{4 \cdot \frac{Dm}{d} \cdot \left(\frac{Dm}{d} - 1\right)}$$

III DIN 2089

$$k = 1 + \frac{5}{4} \cdot \frac{d}{Dm} + \frac{7}{8}\left(\frac{d}{Dm}\right)^2 + \left(\frac{d}{Dm}\right)^3$$

IV Wahl

$$k = \frac{4 \cdot \frac{Dm}{d} - 1}{4 \cdot \frac{Dm}{d} - 4} + \frac{0{,}615\ d}{Dm}$$

V Sopwith

$$k = \frac{\frac{Dm}{d} + 0{,}2}{\frac{Dm}{d} - 1}$$

Die Meinungen der Federfachleute über die Bedeutung des Faktors k sind noch nicht völlig abgeklärt. Zum Teil wird für vorwiegend statisch belastete Federn noch mit k = 1.0 gerechnet.

Bei sehr hoch wechselbeanspruchten (und daher kurzlebigen) Federn, die vorgesetzt werden, tritt durch plastische Verformung ein gewisser Abbau der Spannungsspitzen ein. Darum wird es zum Teil als zweckmäßig erachtet, mit einem Mittelwert von k zu rechnen.

In der Abb. 3 sind die k-Werte für die Formeln I bis V graphisch dargestellt. Bemerkenswert ist die weitgehende Uebereinstimmung zwischen k_{II}; k_{III}; k_{IV} und k_V.

k_I verzichtet bewußt auf größere Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse.

k_{IV} ist bewußt ein willkürlich gewählter Mittelwert. $\frac{k_I + k_{III}}{2}$

Der ARISTO-Federfix ist so gebaut, daß durch Auswechseln des Schwenkläufers ohne Aenderung des eigentlichen Rechenschiebers die Funktion

$k = f\left(\frac{Dm}{d}\right)$ wahlweise nach Formel I oder III benutzt werden kann.

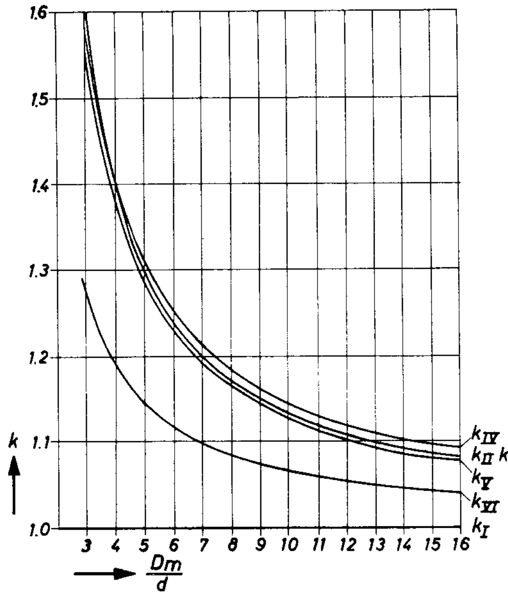

Abb. 2

Serienmäßig gehören daher zu jedem Rechenstab zwei auswechselbare Schwenkläufer .

1. Schwenkläufer für k = 1.0

unabhängig von $\frac{Dm}{d}$ zwecks Darstellung der alten klassischen Theorie und zur Durchführung der "Grundrechnung".

2. Schwenkläufer $k = f\left(\frac{Dm}{d}\right)$ nach DIN 2089

3.4 Werkstoffkennwerte und zulässige Schubspannung

Die nachfolgende Tabelle gibt ungefähre Anhaltspunke für die zulässige Schubspannung $\tau_{k\ zul}$

Dauerschubfestigkeit τ_{kH}
(größte zulässige Hubspannung für dauerfeste Federn)

Schubmodul G

Spezifisches Gewicht γ

Anhaltswerte siehe auch DIN 2089 und 2076. Genauere Werte sind beim Feder-Hersteller zu erfragen.

Material	Schubmodul (G=kp/mm^2)	Spez.Gewicht γ = (p/cm^3)	τ_{zul} in kp/mm^2 für ruhende Last oder sehr kurze Lebensdauer	τ_{kH} Dauerbeanspruchung
Stahl (kaltgeformte Federn)	8300 kp/mm^2 (DIN 2089)	7.85	70-150 (200)	30-70 (100)
Stahl (warmgeformte Federn)	8000 kp/mm^2 (DIN 2089)	7.85	60 ./. 100 (125)	20-40 (60)
Stahl (nichtrostend DIN 17224 u. 17221	7000 bis 7800 kp/mm^2	7.7 ./. 7.9	60 ./. 105	20 ./. 40
Bronze (federhart, gezogen nach DIN 17662)	4200 kp/mm^2	8.53	30 - 50	20 - 30
Messing (federhart, gezogen, MS 72 nach DIN 17660	3500 kp/mm^2	8,53	10 - 30	5 - 20
Beryllium-bronze	5100 kp/mm^2	8.72	15 - 40	7 - 25
Monel	6700 kp/mm^2	8.83	10 - 30	5 - 20

In der Praxis kommen häufig Ueber- und Unterschreitungen der angegebenen Zahlen vor. Von Einfluß sind Drahtstärke, Lebensdauer, Lasthäufigkeit, Betriebstemperatur, Oberflächengüte des Drahtes, Korrosionsangriff, Stöße, Schwingungen und Oberschwingungen usw.

Die eingeklammerten Werte gelten nur für sehr kleine Drahtstärken und kurze Lebensdauer.

4. Beschreibung des ARISTO-Federfix

4.1 Benennung der Teile

Siehe herausklappbare Abbildung auf der letzten Seite (Abb. 3).

4.2 Die Skalen

Es trägt

der Grundkörper die Skalen für f; f'; n_e; n'_e

die linke Zunge die Skalen für G; D_m; 1, 1'; d; Gew ; P

die mittlere Zunge die Skalen für c'; c; Kreisskala für w und den Schwenkläufer

die rechte Zunge die Skalen für i_f; G

der Schwenkläufer mit k = 1 die Kurven τ_i; 1; D_m+d; D_m-d und die Grundlinie

der Schwenkläufer mit k nach DIN 2089 die Kurven für τ_k; 1; D_m+d; D_m-d; Kreisskala k und die Grundlinie

ferner befindet sich auf dem Grundkörper links und rechts je eine Einstellmarke für G.

Der in der Nut zwischen der mittleren und rechten Zunge verschiebbare Läufer verbindet mit seinem Ablesestrich die Skalen c, c' und i_f.

Achtung: Alle Skalen haben von unten nach oben steigende Werte, jedoch die Skalen für c', c und n_e haben von unten nach oben fallende Werte.

4.3 Der Schwenkläufer

Der austauschbare Schwenkläufer ist um den Drehzapfen drehbar und kann mit der Klemmschraube festgestellt werden. Zur Einstellung der Beziehungen zwischen den Skalen dienen:

die durch Punkte gekennzeichnete gerade Grundlinie

die zwei Kurvenscharen τ_k bzw. τ_i

die Kurve 1 - 1

die Linien Dm + d und Dm - d

Zum Austausch wird der Schwenkläufer so weit nach links gedreht, bis die Klemmschraube in der Ausfräsung freiliegt und der Schwenkläufer nach oben abgenommen werden kann.

4.4 Der Rechnungsgang

Schwenkläufer auswählen: k = 1 oder k nach DIN 2089
An beiden Einstellmarken ▲ rechts und links Schubmodul G des Federmaterials einstellen. Für den weiteren Rechengang werden zwei Hauptstellungen des ARISTO-Federfix unterschieden:

Grundstellung A = Darstellung einer Windung

Endstellung B = Darstellung der ganzen Feder (i_f - Windungen)

Die Halteweise des ARISTO-Federfix zeigt Abb. 4. Der ARISTO-Federfix wird mit seiner Unterkante leicht gegen die Brust gedrückt, um ihn abzustützen, wenn beide Hände die Zungen bzw. den Schwenkläufer bedienen. Es ist auch möglich, den Rechenschieber auf ein Knie zu legen, um die Hände besser frei zu haben. Dagegen soll der Rechenschieber beim Rechnen nicht auf dem Tisch liegen, weil sich dann die Zungen schwer einstellen lassen. Bei der Größe des Rechenschiebers ist es nämlich nicht möglich, den leichten Zungengang für alle Arbeitsweisen abzustimmen.

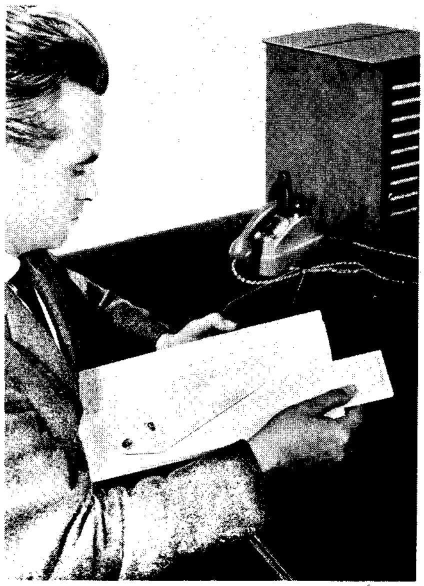
Abb. 4

Bei Einstellung der Grundstellung A führt die rechte Hand die mittlere Zunge, während die linke Hand gleichzeitig den Schwenkläufer dreht. Der schmale Läufer zwischen der mittleren und rechten Zunge läßt sich am besten verstellen, wenn nur ein ganz leichter Druck von oben mit dem Daumen ausgeübt wird.

Grundstellung A

Die durch Punkte markierte Grundlinie des Schwenkläufers zeigt auf den entsprechenden Skalen die Werte d, Dm, Gew' und n_e an. Die Linien D_m + d und D_m - d zeigen auf Skala d den Außen- und Innendurchmesser der Feder an.

Mit der Linie 1 - 1 wird die Drahtlänge einer Windung in Skala 1 abgelesen. An den Linien τ_k bzw. τ_i werden zu jeder Beanspruchung τ_k bzw. τ_i die dazugehörige Federkraft P und die zugehörige Federung f^1 einer Windung an den entsprechend gekennzeichneten Skalen abgelesen.

Der Läufer zwischen der mittleren und rechten Zunge wird auf den Anfangswert 1 der Skala i_f gestellt. Der Läuferstrich gibt dann c'an. (Schiebt man den Läufer auf den i_f-Wert, so kann man c ablesen!).

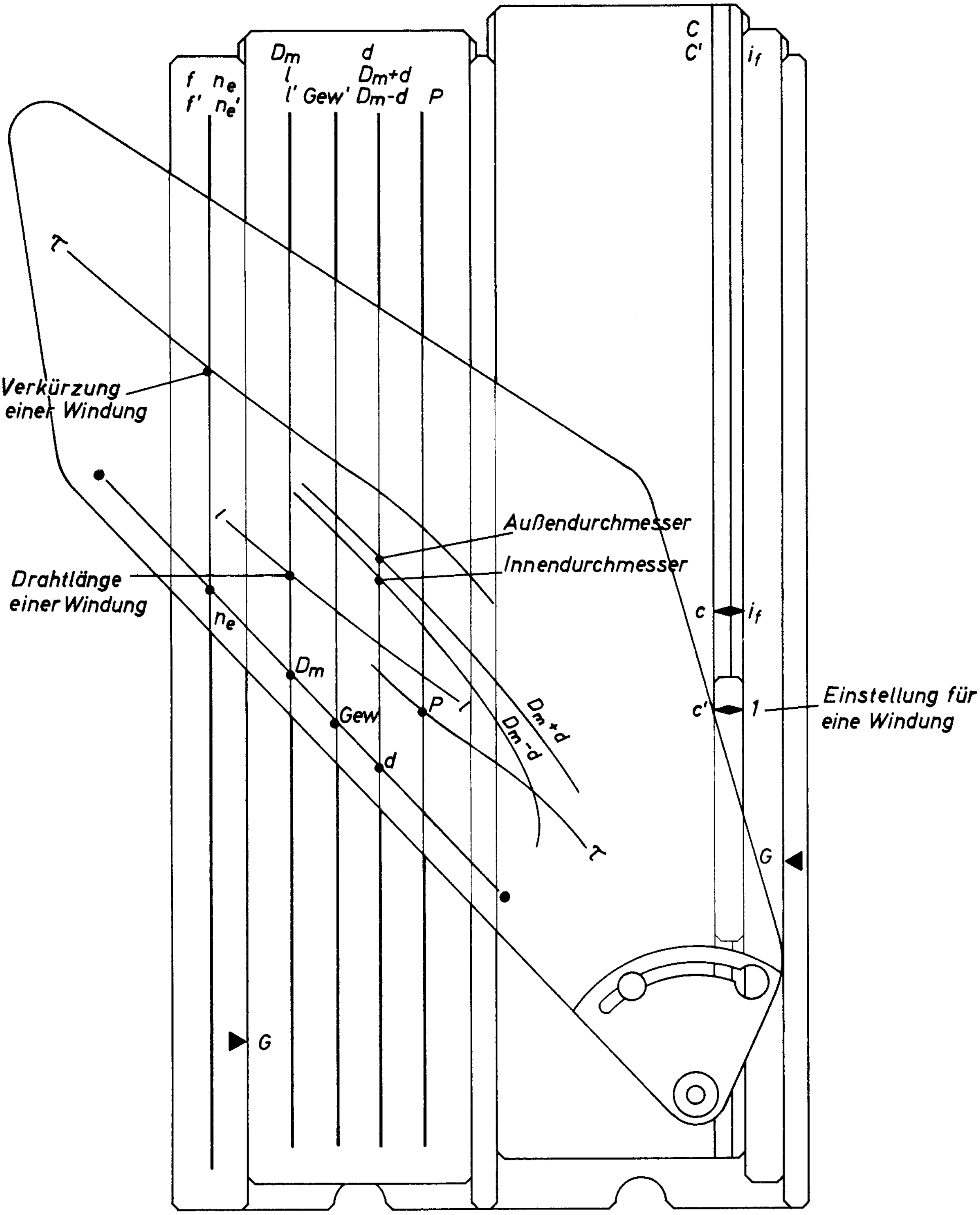
f
f'
n_e
n_e'
D_m
l
l'
Gew'
d
D_m+d
D_m-d
P
C
C'
i_f
τ
Verkürzung einer Windung
Drahtlänge einer Windung
n_e
D_m
Gew
d
P
l
Außendurchmesser
Innendurchmesser
D_m+d
D_m-d
τ
c
i_f
c'
1
Einstellung für eine Windung
G
G

Abb. 5

Endstellung B

Die Stellung des Schwenkläufers zur mittleren Zunge bleibt in der Grundstellung festgeklemmt. Auch die Stellung $i_f = 1$ des Läufers am rechten Rand der mittleren Zunge wird beibehalten. Das ganze Aggregat, bestehend aus mittlerer Zunge + Schwenkläufer + rechtem Läufer, wird nun auf i_f, die Anzahl der federnden Windungen, gestellt. Dann wird abgelesen.

An der Grundlinie des Schwenkläufers:

Die Blockhöhe der federnden Windungen auf Skala D,
Die Eigenfrequenz I. Ordnung der Feder auf Skala n_e.

An der Linie 1 - 1:

Die ungefähre Drahtlänge der Feder auf Skala Dm

Mit Hilfe der linken Linienschar τ_k bzw. τ_i:

Die Gesamtkürzung der Feder (bei Zugfedern die Verkürzung), sofern die Windungen in der Ruhestellung nicht mit Vorspannung aneinander lagen, bei der betr. τ_k- bzw. τ_i-Linie.

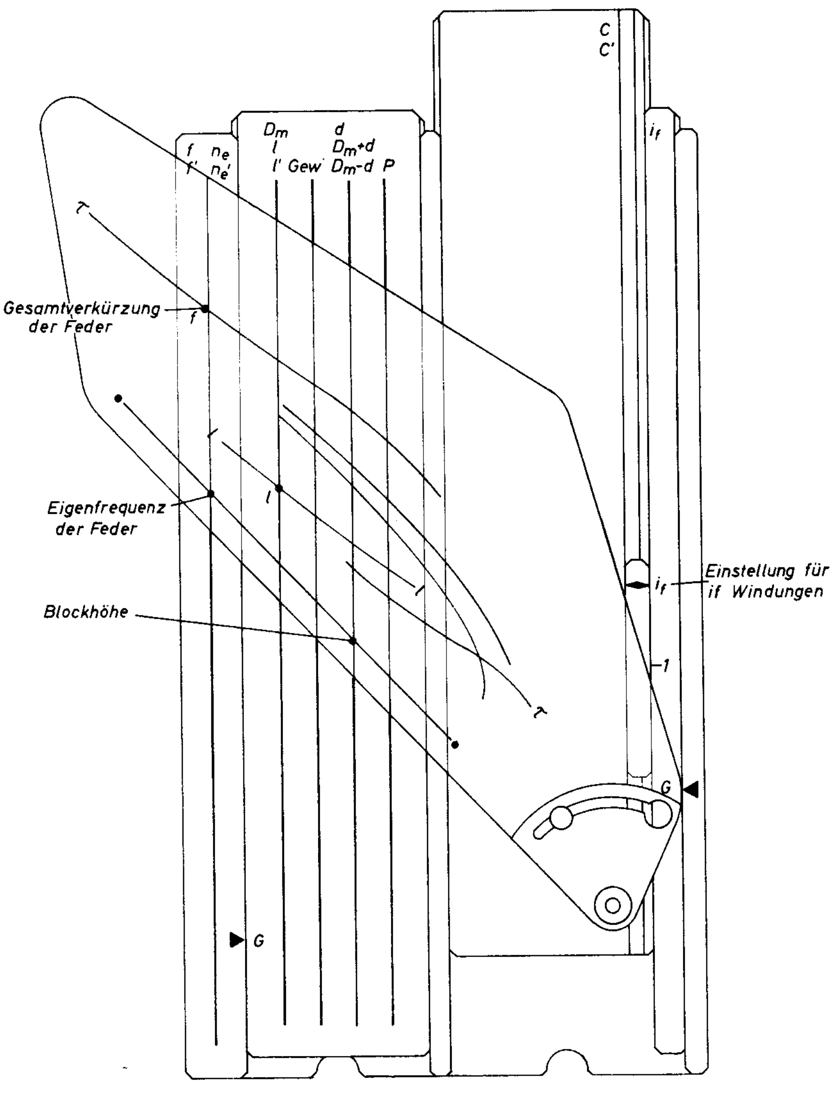

Abb. 6

5. Berechnungsbeispiele

5.1 Beispiel 1

Gegeben sind:

Drahtdurchmesser	d	$= 5$ mm
mittl. Federdurchmesser	D_m	$= 45$ mm
Schubmodul	G	$= 8000\ kp/mm^2$
Zulässige Höchstbeanspruchung	$\tau\ k\ zul$	$= 100\ kp/mm^2$
Anzahl der federnden Windungen	i_f	$= 9.5$
k nach DIN 2089		

Gesucht:

Federkraft bei τ_k zul	P (kp)
Verkürzung einer Federwindung unter der Kraft P	f'(mm)
Verkürzung der ganzen Feder unter der Kraft P	f (mm)
Federkonstante einer Windung	c'(kp/mm)
Federkonstante der ganzen Feder	c (kp/mm)
Eigenfrequenz einer Windung	n_e'(1/min)
Eigenfrequenz der ganzen Feder	n_e (1/min)
Blockhöhe der Feder (der federnden Windungen) (Zur Bestimmung der Blockhöhe der ganzen Feder muß man noch 1,5 d bis 3,5 d addieren, genaue Angaben siehe DIN 2095 und 2096)	$i_f \cdot d$ (mm)
Ungefähre Länge des benötigten Federdrahtes	l (mm)
Ungefähres Gewicht einer Windung der Feder	Gew'(p)
Außendurchmesser der Feder	$D_m + d$ (mm)
Innendurchmesser der Feder	$D_m - d$ (mm)

Bemerkung

Die in dieser Gebrauchsanleitung angegebenen Zahlenbeispiele sind absichtlich etwas genauer errechnet, als man sie normalerweise am Rechenstab ablesen kann. Der Rechenstab seinerseits aber gibt die Werte genauer als die praktische Ausführung der Federn möglich ist, selbst wenn diese in die oberste Güteklasse fallen.

Rechnungsgang

Den Schwenkläufer für k nach DIN 2089 aufstecken.

Linke Zunge: Schubmodul 8000 bei der Einstellmarke ▲ des Grundkörpers einstellen.

Rechte Zunge: Schubmodul 8000 bei der Marke ▲ am Grundkörper einstellen.

Grundstellung A (Darstellung einer Windung)

Lösen der Klemmschraube, damit der Schwenkläufer um den Drehzapfen bewegt werden kann. Verschieben der mittleren Zunge und gleichzeitiges Drehen des Schwenkläufers bis die Grundlinie des Schwenkläufers durch $d = 5$ mm und $D_m = 45$ mm geht. In der Bogenskala $w = \frac{D_m}{d}$ zeigt dann die Marke ▼ das Wickelverhältnis 9 an. Schwenkläufer festklemmen, Läufer zwischen mittlerer und rechter Zunge auf $i_f = 1$ stellen.

Damit sind folgende Ergebnisse ablesbar:

1. Schnittpunkt der Linie $\tau_k = 100$ kp/mm^2 auf dem Schwenkläufer rechts mit der P-Skala auf der linken Zunge gibt P = 94,9 kp.
2. Schnittpunkt der Linie $\tau_k = 100$ kp/mm^2 auf dem Schwenkläufer links mit der f'Skala auf dem Grundkörper links gibt f'= 13,83 mm.
3. Schnittpunkt der Grundlinie auf dem Schwenkläufer mit der Skala n_e auf dem Grundkörper links gibt $n_e' = 52700$ (1/min).
4. Schnittpunkte der Linien $D_m + d$ und $D_m - d$ auf dem Schwenkläufer mit der Skala d geben: Außendurchmesser der Feder $D_m + d = 50$ mm
Innendurchmesser der Feder $D_m - d = 40$ mm
5. Schnittpunkt der Linie l - l mit Skala D_m gibt die ungefähre Drahtlänge einer Windung l'= 141,4 mm.
6. Schnittpunkt der Grundlinie des Schwenkläufers mit der Skala Gew' gibt das ungefähre Gewicht einer Windung Gew'= 21,81 p.
7. Der Querstrich des Läufers rechts zeigt an der Skala c'den Wert c'= 6.86 kp/mm an.

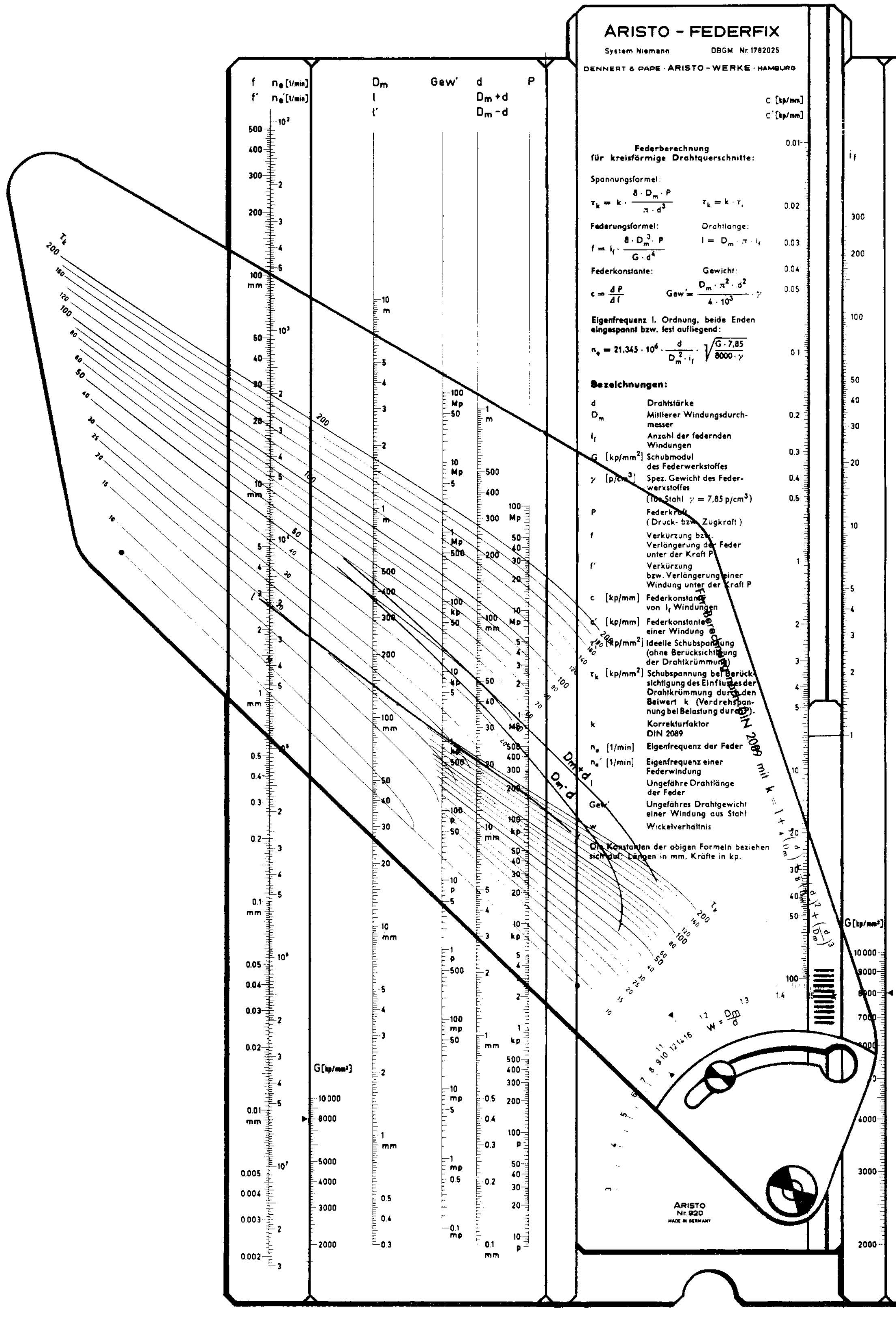
ARISTO - FEDERFIX
System Niemann
DBGM Nr. 1782025
DENNERT & PAPE · ARISTO-WERKE · HAMBURG
c [kp/mm]
c' [kp/mm]
Federberechnung
für kreisförmige Drahtquerschnitte:
Spannungsformel:
$\tau_k = k \cdot \frac{8 \cdot D_m \cdot P}{\pi \cdot d^3}$
$\tau_k = k \cdot \tau_i$
Federungsformel:
$f = i_f \cdot \frac{8 \cdot D_m^3 \cdot P}{G \cdot d^4}$
Drahtlänge:
$l = D_m \cdot \pi \cdot i_f$
Federkonstante:
$c = \frac{\Delta P}{\Delta f}$
Gewicht:
$Gew' = \frac{D_m \cdot \pi^2 \cdot d^2}{4 \cdot 10^3} \cdot \gamma$
Eigenfrequenz 1. Ordnung, beide Enden eingespannt bzw. fest aufliegend:
$n_e = 21{,}345 \cdot 10^6 \cdot \frac{d}{D_m^2 \cdot i_f} \cdot \sqrt{\frac{G \cdot 7{,}85}{8000 \cdot \gamma}}$
Bezeichnungen:
d Drahtstärke
D_m Mittlerer Windungsdurchmesser
i_f Anzahl der federnden Windungen
[kp/mm²] Schubmodul des Federwerkstoffes
γ Spez. Gewicht des Federwerkstoffes
Stahl $\gamma = 7{,}85$ p/cm³)
P
(Druck-
Zugkraft)
f Verkürzung
Verlängerung
Feder
unter der Kraft P
f' Verkürzung
bzw. Verlängerung
Windung unter der
c [kp/mm] Federkonstan
von i_f Windungen
[kp/mm] Federkonstante
einer Windung
[kp/mm²] Ideelle Schubspa
(ohne Berücksicht
der Drahtkrümmu
τ_k [kp/mm²] Schubspannung bei Berück-
sichtigung des Einflu
Drahtkrümmung
Beiwert k (Verdrehspan-
nung bei Belastung dur
k Korrekturfaktor DIN 2089
n_e [1/min] Eigenfrequenz der Feder
n_e' [1/min] Eigenfrequenz einer Federwindung
l Ungefähre Drahtlänge der Feder
Ungefähres Drahtgewicht einer Windung aus Stahl
w Wickelverhältnis
der obigen Formeln beziehen
in mm, Kräfte in kp.
DIN 2089 mit k
f n_e [1/min]
f' n_e' [1/min]
D_m
l
l'
Gew'
d
$D_m + d$
$D_m - d$
P
i_f
G [kp/mm²]
τ_k
$w = \frac{D_m}{d}$
ARISTO
Nr. 920
MADE IN GERMANY

Abb. 7

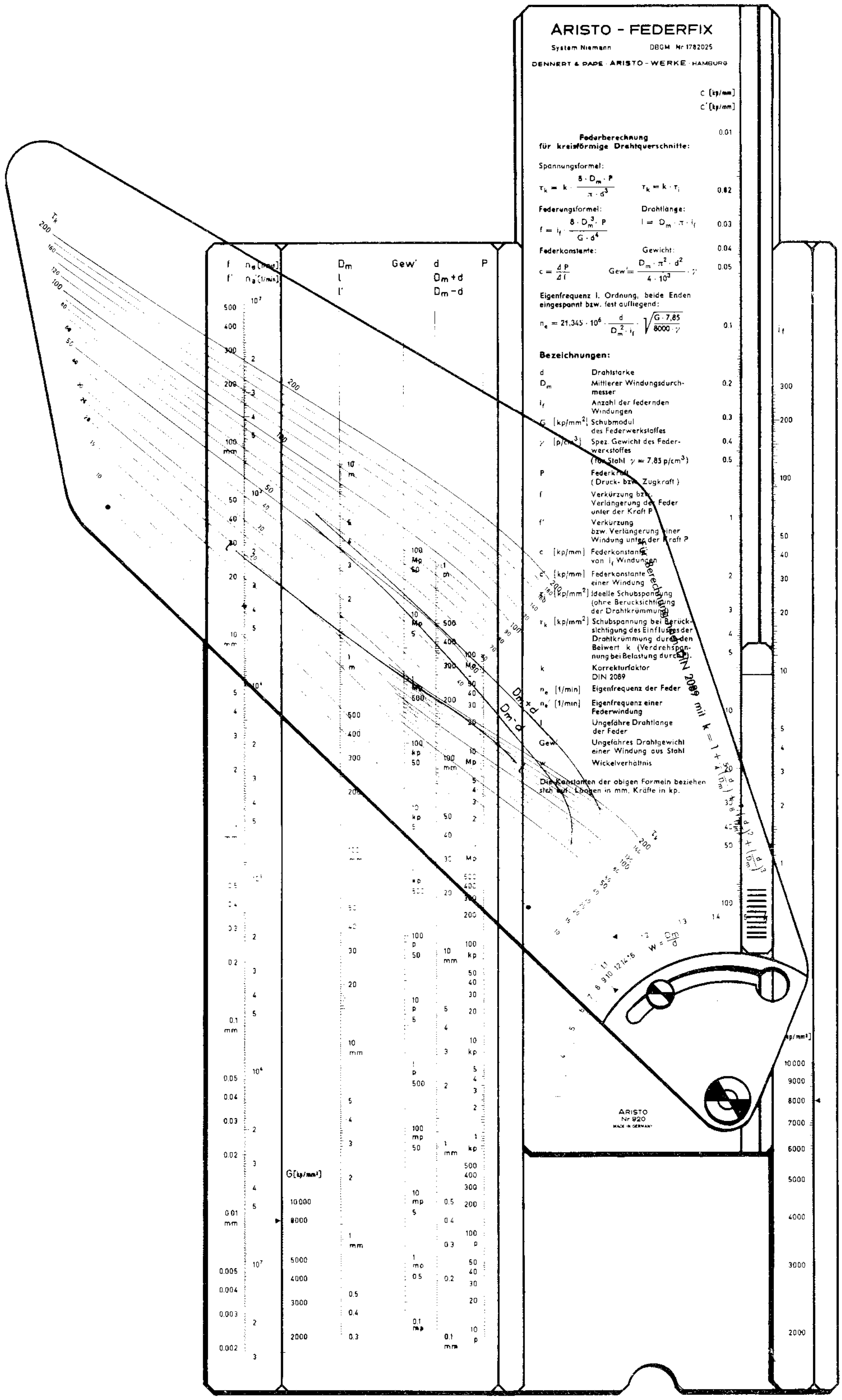
ARISTO - FEDERFIX
System Niemann
DENNERT & PAPE · ARISTO-WERKE · HAMBURG
Federberechnung
für kreisförmige Drahtquerschnitte:
Spannungsformel:
Federungsformel:
Drahtlänge:
Federkonstante:
Gewicht:
Bezeichnungen:
ARISTO
Nr 920

Abb. 8

Zwischenstellung

Läufer rechts auf die gegebene Windungszahl i_f = 9,5 einstellen und c ablesen mit c = 0,722 kp/mm. Dann Läufer wieder auf i_f = 1 zurückstellen.

Endstellung B (Darstellung der Feder mit i_f Windungen)

Mittlere Zunge gemeinsam mit dem Läufer und dem festgeklemmten Schwenkläufer nach oben schieben bis der Läufer auf das gegebene i_f = 9,5 zeigt.

Dann sind folgende Ergebnisse ablesbar:

8. Schnittpunkt Grundlinie mit Skala n_e gibt Eigenschwingungszahl der ganzen Feder n_e = 5546 (1/min).
9. Schnittpunkt der Linie τ_k = 100 mit Skala f gibt f = 131,5 mm.
10. Schnittpunkt der Linie 1 – 1 auf dem Schwenkläufer mit der Skala D_m gibt die ungefähre Drahtlänge der Feder 1342 mm.
11. Schnittpunkt der Grundlinie mit Skala d gibt die Blockhöhe der federnden Windungen $i_f \cdot d$ = 47,5 mm.

5.2 Beispiel 2

In der Bohrung von 4,3 mm ∅ soll eine Feder aus hartem Messingdraht (G = 3500 kp/mm², γ = 8,53 p/cm³) untergebracht werden mit einer größten Kraft von P = 0,239 kp; geforderte Federkonstante c = 0,050 kp/mm
Gewählt (auf Grund der gegebenen Belastungsart und der Erfahrung)
$\tau_{k\ zul}$ = 20 kp/mm².

Gesucht:

Außendurchmesser	$D_m + d$
Drahtstärke	d
mittlerer Durchmesser	D_m
Innendurchmesser	$D_m - d$

Federkonstante einer Windung	c'
Anzahl der federnden Windungen	i_f
ungef. Gewicht einer Windung	Gew'
Verkürzung einer Windung	f'
Verkürzung der Feder	f
Ungefähre Drahtlänge für eine Windung	l'
Ungefähre Drahtlänge für die Feder	l
Blockhöhe der federnden Windungen	$i_f \cdot d$
Eigenfrequenz der Feder	n_e

Rechnungsgang

Schwenkläufer mit k nach DIN 2089 einsetzen.
Schubmodul G = 3500 auf rechter und linker Zunge bei den Marken am Grundkörper einstellen.

Grundeinstellung A

Das Spiel für die Feder in der Bohrung mit 0,3 mm annehmen, dann ist $D_m + d = 4$. Diesen Wert mit der Kurve $D_m + d$ auf Skala d und die Linie für $\tau_k = 20$ kp/mm^2 auf $P = 0.239$ kp einstellen, dann Schwenkläufer festklemmen.

Man findet:

d = 0.50 mm am Schnittpunkt der Grundlinie mit der Skala d

D = 3.50 mm am Schnittpunkt der Grundlinie mit der Skala D_m

$D_m - d = 3.00$ mm am Schnittpunkt der Linie $D_m - d$ mit der Skala d

$f' = 0.360$ mm am Schnittpunkt der Linie τ_k mit der Skala f'

$l' = 10.8$ am Schnittpunkt der Linie 1 - 1 mit der Skala D_m

Der Schnittpunkt von Grundlinie und Skala Gew' gibt 0.01696 p pro Windung (für $\gamma = 7.85$ p/cm^3). Das tatsächliche Gew' erhält man nach Sonderrechnung (Multiplikation mit 8.35/7.85) (Vergl. Kap. 6.2)

Mit der Linie des Läufers auf $i_f = 1$ findet man $c' = 0.638$ kp/mm an der c' Skala.

Linie des Läufers auf c = 0.050 kp/mm stellen und $i_f = 12,75$ ablesen.

Läufer wieder auf $i_f = 1$ stellen.

Endstellung B

Mittlere Zunge mit Läufer und mit festgestelltem Schwenkläufer nach oben schieben bis der Läuferstrich auf $i_f = 12.75$ zeigt, dann lassen sich folgende Werte ablesen:

Die Gesamtverkürzung f = 4.78 mm am Schnittpunkt der Linie $\tau_k = 20$ mit Skala f (Kontrolle $f = \frac{P}{c}$, gegebene Werte einsetzen!).

Die ungefähre Drahtlänge l = 140.3 mm am Schnittpunkt der Linie l - l mit Skala D.

Die Blockhöhe der federnden Windungen $i_f \cdot d = 6.375$ mm beim Schnittpunkt von Grundlinie mit Skala d.

Zur Berechnung der Eigenfrequenz stellt man an beiden Marken ▲ den Schubmodul G = 8000 kp/mm² ein, bringt den Schwenkläufer samt mittlerer Zunge in die Grundstellung d = 0.5 mm und $D_m = 3,5$ mm und liest n'_e an der Grundlinie ab: $n'_e = 872000$/min.

Der wahre Wert von n'_e für die vorliegende Messingfeder ist dann – nach Sonderrechnung –

$$n'_e = 872\,000 \cdot \frac{3500}{8000} \cdot \frac{7.85}{8.53} = 553\,000/\text{min}$$

$$n_e = \frac{n'_e}{i_f} = 43\,700/\text{min}$$

(Vergl. Kap. 6.1)

5.3 Beispiel 3

Gegeben:

Federstahl (Schubmodul 8000 kp/mm^2)

$\tau_{k\ zul} = 60$ kp/mm^2

$D_m = 150$ mm

$c = 12.5$ kp/mm

$P_{max} = 2000$ kp

Gesucht:

Drahtdurchmesser	d
Anzahl der federnden Windungen	i_f
Blockhöhe	$d \cdot i_f$
Verkürzung einer Windung	f'
Verkürzung der Feder unter der Last P_{max}	f
Eigenfrequenz einer Windung	n_e'
Eigenfrequenz der Feder	n_e
Eigengewicht einer Windung	Gew'
Drahtlänge einer Windung (ca.)	l'
Drahtlänge der Feder (ca.)	l

Rechnungsgang

Schwenkläufer mit k nach DIN 2089 wählen.

Gleitmodul an beiden Skalen auf $G = 8000$ einstellen.

Grundeinstellung : Grundlinie des Schwenkläufers auf $D_m = 150$, Linie $\tau_k = 60$ auf $P = 2000$ kp einstellen.

Ablesen

$d = 25$ mm an der Grundlinie
(Der Wert ist angenähert! Exakt gehören zusammen:
$D_m = 150$; $d = 25$; $\tau_k = 60$; $P = 1984$)

Verkürzung einer Federwindung $f' = 17.14$ mm an der linken $\tau_k = 60$-Linie

Mit Hilfe des rechten Läufers:

a. $c'_{10} = 11.575$ kp/mm

$c' = 115.75$ kp/mm

Ablesung bei $i_f = 10$, weil bei $i_f = 1$ keine Ablesung möglich ist.

b. $i_f = 9.2$ Windungen bei $c = 12.5$

n'_e = 23.71 · 10^3/min im Schnittpunkt der Grundlinie mit der n'_e-Skala

l'= 471, 42 mm im Schnittpunkt der 1 - 1 Linie mit der D_m-Skala

Gew'= 1.816 kp im Schnittpunkt der Grundlinie mit der Gew'-Skala

Endstellung B

Mittlere Zunge einschließlich Schwenkläufer mit Hilfe des rechten Läufers auf i_f = 9.2 verschieben. Da in diesem Falle aber der Wert i_f = 10 Ausgangswert ist, wird der rechte Läufer zum 10-fachen Wert 92 geschoben.

Ablesen

Blockhöhe der Feder: $i_f \cdot d$ = 230 mm im Schnittpunkt der Grundlinie mit Skala d.

Ungefähre Gesamtlänge: l = 4330 mm im Schnittpunkt der Linie 1 - 1 mit der D_m - Skala.

Gesamtverkürzung der Feder: f = 159 mm im Schnittpunkt der Linie τ_k = 60 kp/mm² mit der f-Skala.

Eigenfrequenz: n_e = 2560/min im Schnittpunkt der Grundlinie mit der n_e-Skala.

Oftmals werden für eine Feder in gegebenen Grenzen Variationsmöglichkeiten bestehen. Dann leistet der Federfix besonders gute Dienste, weil er es gestattet, sehr schnell die sämtlichen Daten mehrerer benachbart liegender Federn auszurechnen, unter denen man dann die im vorliegenden Fall günstigste auswählen kann.

6. Sonderrechnungen für Spezialwerkstoffe

6.1 Eigenfrequenz

Die Skala n_e, auf der an der Grundlinie des Schwenkläufers abgelesen wird, ist berechnet für Stahl

$$\gamma = 7.85 \text{ p/cm}^3$$
$$G = 8000 \text{ kp/mm}^2$$

Soll nun für einen Werkstoff mit anderen Kennzahlen die Eigenfrequenz berechnet werden, so stellt man zunächst G = 8000 kp/mm^2 ein, bestimmt hiermit n'_e und n_e und multipliziert dann die so abgelesenen Zahlen mit dem Faktor

$$\sqrt{\frac{G}{8000} \cdot \frac{7.85}{\gamma}}$$

6.2 Eigengewicht der Feder

Die Skala Gew', auf der an der Grundlinie des Schwenkläufers abgelesen wird, ist berechnet für Stahl $\gamma = 7.85$ p/cm^3.

Soll nun das Gewicht einer Windung für einen Werkstoff mit anderem Spez. Gewicht berechnet werden, so ist die abgelesene Zahl mit dem Faktor

$$\frac{\gamma}{7.85}$$

zu multiplizieren.

7. Behandlung des Rechenstabes

Der ARISTO-Federfix wird zum Schutze seiner Skalen in einem Polsteretui geliefert, darin soll er verwahrt werden, wenn er nicht gebraucht wird.

Da der weiße Kunststoff ARISTOPAL gegen Feuchtigkeit unempfindlich ist, kann der Rechenschieber mit Wasser gereinigt werden, keinesfalls aber mit irgendwelchen Chemikalien. Am besten eignet sich das Spezialreinigungsmittel Deparol.

Der Zungengang dieses Rechenschiebers ist von der Halteweise abhängig (Vergl. S. 9). Einige Tropfen Knochenöl, - von Zeit zu Zeit auf die Gleitstellen gegeben -, tragen zur Verbesserung des Zungenganges bei.

Der ARISTO-Federfix ist vor Wärme über 60° C und vor direkter Sonnenbestrahlung zu schützen, weil übermäßige Erwärmungen den Rechenschieber verformen und unbrauchbar machen. Der Kunststoff ARISTOPAL ist unzerbrechlich und wirft sich nicht; von besonderem Vorteil ist die Maßbeständigkeit des Materials für Teilungen. Bei richtiger Behandlung wird dieser Rechenschieber für viele Jahre ein wertvoller Helfer bei der Berechnung von Federn sein.

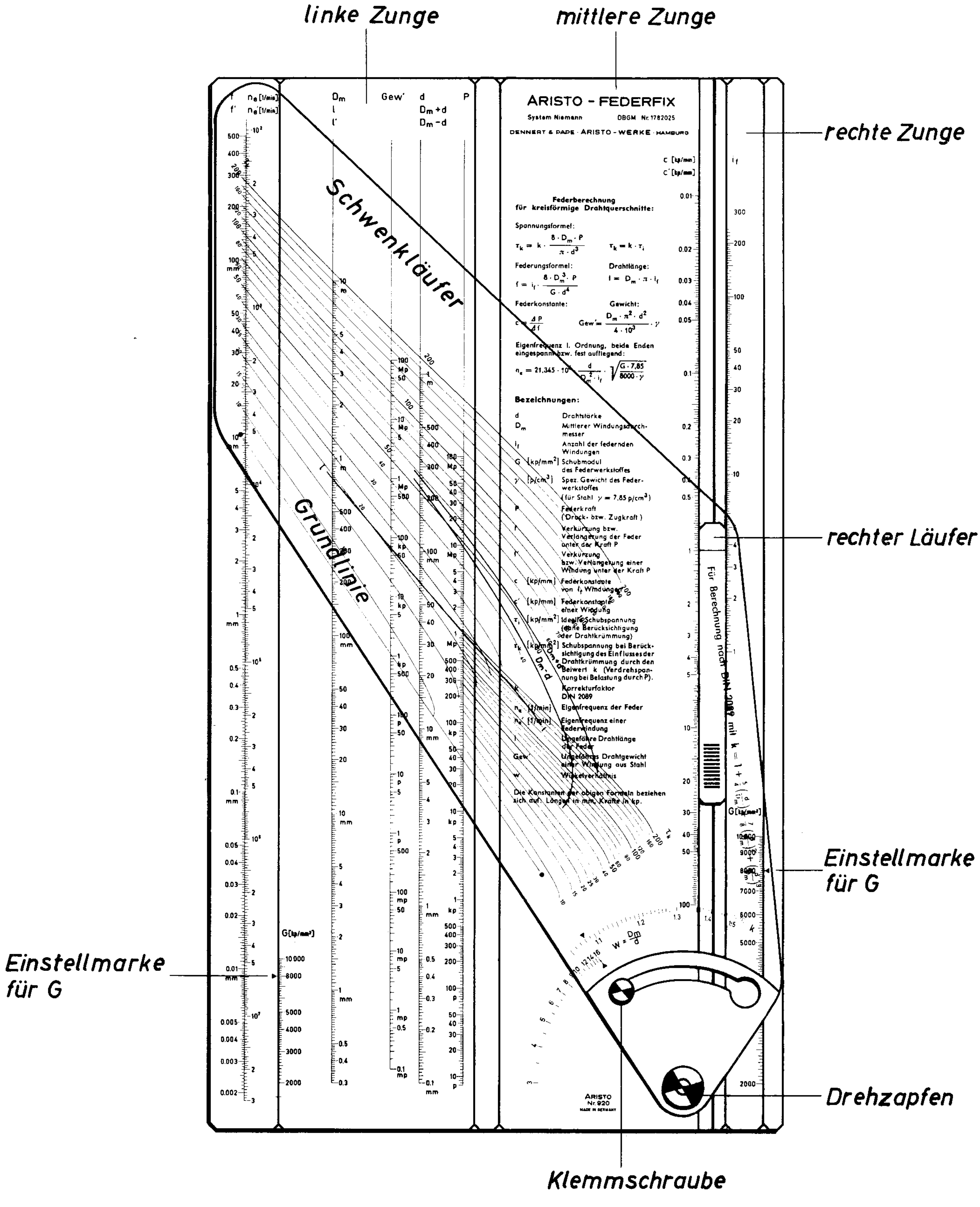
linke Zunge
mittlere Zunge
rechte Zunge
rechter Läufer
Einstellmarke für G
Drehzapfen
Klemmschraube
Einstellmarke für G
Schwenkläufer
Grundlinie
ARISTO - FEDERFIX
System Niemann
DENNERT & PAPE · ARISTO - WERKE · HAMBURG
Federberechnung für kreisförmige Drahtquerschnitte:
Für Berechnung nach DIN 2089
ARISTO Nr. 920

Abb. 3