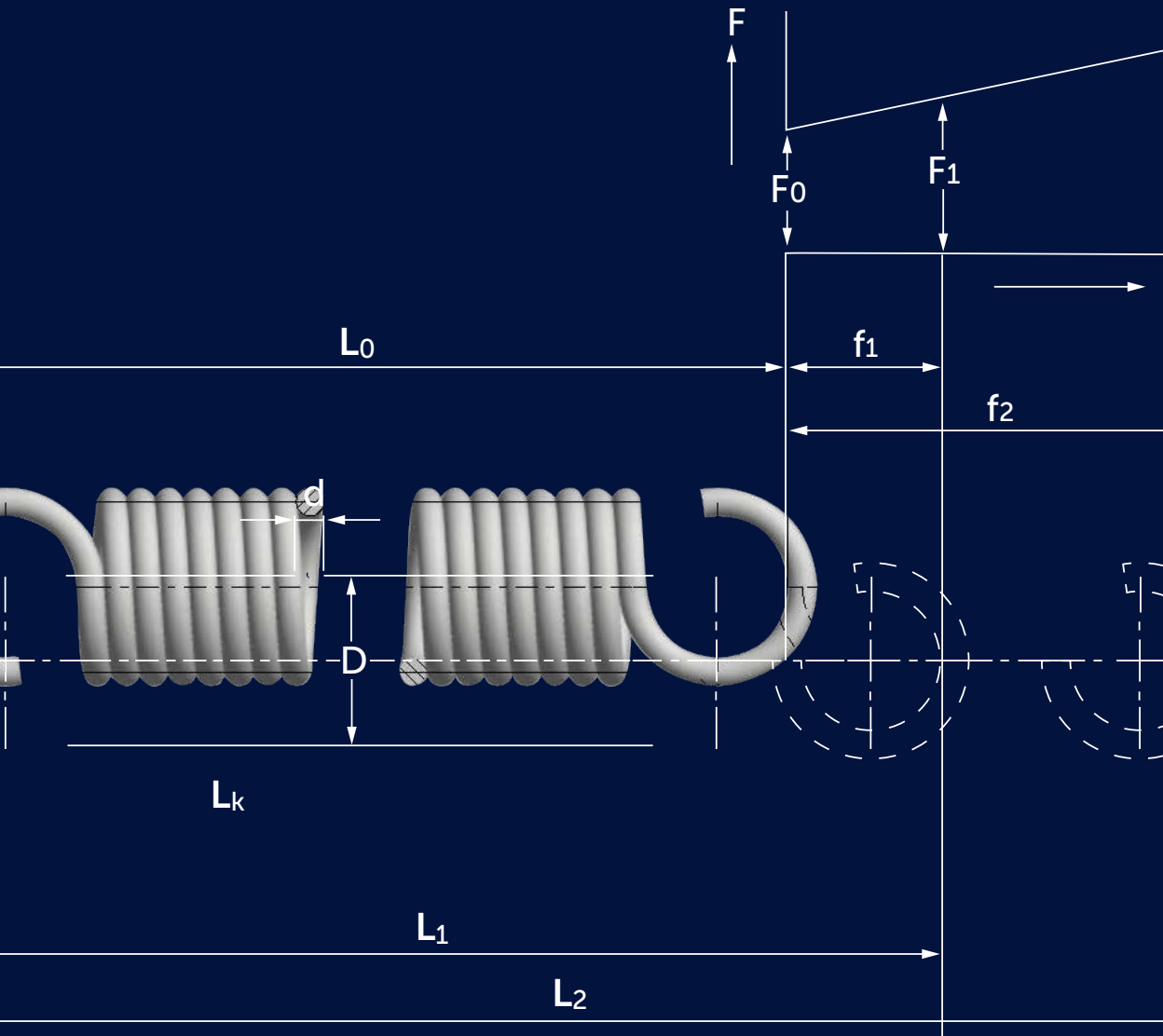


# TECHNISCHE GEGEVENS



# Verendraad

Veren worden gemaakt van speciaal verenstaaldraad. Verenstaaldraad wordt in een aantal stappen vervaardigd. De eerste stap vindt plaats bij grote staalfabrieken met staalovens. In een staaloven gaat ca. 180 ton staal. In deze oven wordt het staal verwarmd tot een temperatuur van ca.  $1.500^{\circ}\text{C}$ , bij deze temperatuur is het staal volledig gesmolten. In deze fase worden er monsters genomen om de samenstelling van het staal te onderzoeken.

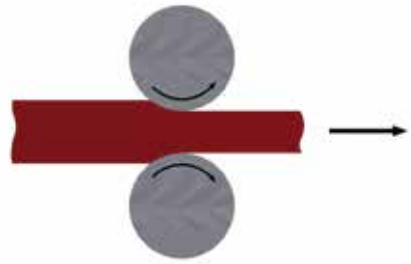
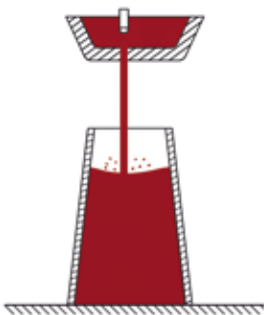
Om verenstaal volgens EN 10270-1-SH te krijgen, moet de samenstelling van de chemische componenten als volgt zijn:

C	= koolstof	ca.	0,8	%
Si	= silicium	ca.	0,2	%
Mn	= mangaan	ca.	0,9	%
P	= fosfor	max.	0,035	%
S	= zwavel	max.	0,035	%
Cu	= koper	max.	0,2	%

## De rest:

Fe	= ijzer	ca.	98	%
----	---------	-----	----	---

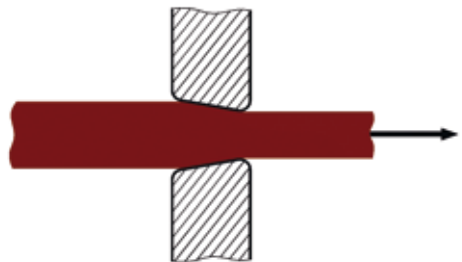
Bij de bereiding van verenstaal moeten de waarden van de verschillende chemische componenten binnen bepaalde toleranties worden bereikt. Als de samenstelling goed is, wordt de oveninhoud gegoten in blokken van 2.500 kg of 2.000 kg



Als de blokken zijn gestold, maar nog wel roodgloeiend, worden ze gewalst tot draad.

Walsdraad wordt in diverse dikten geleverd aan draadtrekkerijen. De dunste walsdraaddiameter is 5,5 mm.

Bij de draadtrekkerijen wordt de walsdraad door trekstenen getrokken, de draad wordt hierdoor dus steeds in diameter gereduceerd. Dit draadtrekken is een koud proces. Door deze koude vervorming wordt de draad ook verstevigd. In principe is het mogelijk de draaddiameter met ca. 60% te reduceren.



Het trekproces wordt gerealiseerd met speciale machines. Op deze machines staan meerdere draadstations. Afhankelijk van de totale reductie kunnen er wel 8 tot 16 stations achter elkaar worden geplaatst. Als de draad met meer dan 60% moet worden gereduceerd, moet er tussentijds worden gegloeid. Dit wordt gedaan door de draad door een loodbad van ca.  $800^{\circ}\text{C}$  te geleiden. Hierdoor wordt de structuur van de draad weer hersteld. De naam van dit proces is "loodbad patenteren".

De drukveren, trekveren en torsieveren uit deze catalogus zijn vervaardigd uit loodbad gepatenteerde draad. Loodbad gepatenteerde draad is kwalitatief beter dan uitsluitend koud getrokken draad. De naam voor uitsluitend koud getrokken draad is "Stelmor draad". Het gehele proces van gieten tot en met draadtrekken is genormaliseerd, alle omschrijvingen daarvan zijn vastgelegd.

Alcomex koopt het normale verenstaal uitsluitend volgens EN 10270-SH-1 (Oude norm: DIN 17223 klasse C).

Draad getrokken volgens deze norm moet ook aan een bepaalde treksterkte voldoen. Deze treksterkte kan worden berekend met de formule:

$$R_m = 2220 - (810 \log(d))$$

Er zijn ook andere materialen zoals chroom-siliciumdraad, chroom-vanadiumdraad, RVS 302 en RVS 316. Al deze materialen worden op dezelfde manier geproduceerd. Het verschil zit voornamelijk in de chemische samenstelling van het materiaal.

RVS 316 wordt uitsluitend toegepast in situaties waar absoluut geen roest mag voorkomen, zoals b.v. in de foodindustrie. Chroom-siliciumdraad heeft zeer goede eigenschappen voor veren in een dynamische toepassing die worden veel toegepast voor motoren, koppelingen en voor de auto-industrie in het algemeen. Chroom-vanadium is ook voor dynamische toepassingen, maar vooral ook als de veer harde klappen moet opvangen. Stempelveren zijn hiervan een voorbeeld. De stempelveren van Alcomex zijn evenals de schotelveren gemaakt van chroom-vanadiumstaal.

## Wat is eigenlijk de "treksterkte"?

Indien er aan iets wordt getrokken, dan willen de moleculen van het materiaal zich verzetten. De spanning die ontstaat, heet trekspanning. Als nu de trekspanning zo groot wordt dat de staaf breekt, dan is het moment waar de breuk ontstaat, de treksterkte. In onderstaande afbeelding bijvoorbeeld, willen de moleculen niet dat de staaf kapot getrokken wordt.



De trekspanning wordt aangeduid met de Griekse letter  $\sigma$  (Sigma) en wordt berekend met de formule:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

- $\sigma$  = de trekspanning uitgedrukt in N/mm<sup>2</sup>
- $F$  = de kracht (Force) in Newton (10 N is ongeveer 1 kg.)
- $A$  = de oppervlakte van de doorsnede van de staaf of draad uitgedrukt in mm<sup>2</sup>

Zoals genoemd bieden de moleculen van staal (maar ook andere materialen) weerstand bij een trekspanning, de moleculen willen bij elkaar blijven. Elk materiaal heeft zijn eigen weerstand, de naam hiervoor is **elasticiteitsmodulus of E-waarde**.

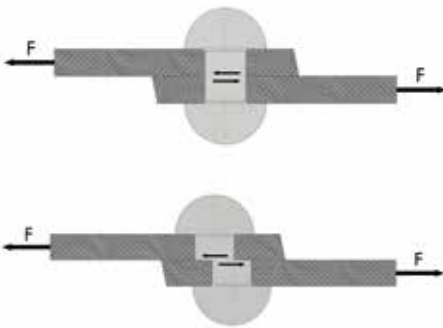
De E-waarde voor verenstaal is:  
206.000 N/mm<sup>2</sup>

De E-waarde voor roestvast verenstaal  
is: 195.000 N/mm<sup>2</sup>

## Welke spanningen komen er in de werktuigbouwkunde voor?

Naast trekspanning komen er druk-, schuif-, buig-, wring- en knikspanningen voor. Druk- en knikspanningen zijn voor veerberekeningen verder niet belangrijk.

Fig. schuifspanning



Een schuifspanning ontstaat als twee platen loodrecht op de doorsnede een tegengestelde kracht uitoefenen en, zoals bij de figuur, de klinknagel willen afschuiven.

De schuifspanning wordt aangeduid met de Griekse letter  $\tau$  (Tau) en wordt berekend met de formule:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$\tau$  = de schuifspanning uitgedrukt in N/mm<sup>2</sup>

F = de kracht in N

A = de doorsnede van het belaste onderdeel uitgedrukt in mm<sup>2</sup>

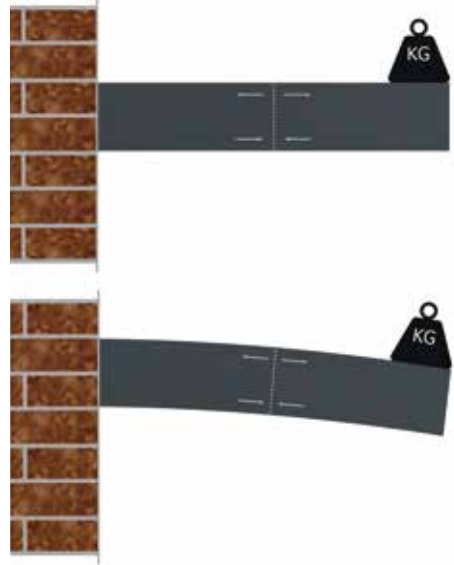
Net als bij een trekspanning bieden de moleculen weerstand en willen niet van elkaar afgeschoven worden.

Deze weerstandsmodulus heet bij schuifspanningen (en wringspanningen) glijdingsmodulus of G-waarde.

Voor verenstaal is de G-waarde:  
81.500 N/mm<sup>2</sup>

Voor roestvast verenstaal is de G-waarde:  
70.000 N/m<sup>2</sup>

Fig. buigspanning



Een buigspanning ontstaat door een kracht loodrecht op een krachtarm. Dit heet buigmoment. De term "moment" in de werktuigbouw is dus altijd:

een kracht in N x krachtarm in mm = moment in Nmm.

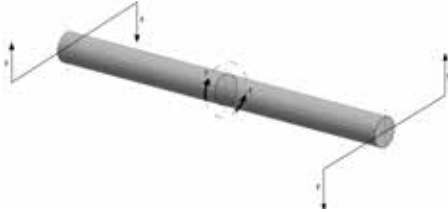
De buigspanning wordt aangeduid met de letter  $\sigma$  (Sigma) omdat er door het buigend moment een trekspanning ontstaat.

De formule om een buigspanning te berekenen is:

$$\sigma b = \frac{F}{A}$$

$\sigma_b$  = de buigspanning in N/mm<sup>2</sup>  
 $M_b$  = het buigmoment in Nmm  
 $W_b$  = de weerstandsdoorsnede mm<sup>3</sup>

Fig. wringspanning



Een wringspanning ontstaat als op een draad of staaf twee tegengestelde koppels worden uitgeoefend. Een koppel is eigenlijk hetzelfde als een "moment" (kracht x krachttarm), alleen het woord "koppel" wordt gebruikt als het om een roterende beweging gaat.

De wringspanning wordt aangeduid met de Griekse letter  $\tau$  (Tau) omdat er door het wringend koppel een schuifspanning ontstaat.

De formule voor het berekenen van een wringspanning is:

$$\tau_w = \frac{T}{W_w}$$

$\tau$  = de wringspanning in N/mm<sup>2</sup>  
 $T$  = het wringingskoppel in Nmm  
 $W_w$  = de weerstandsdoorsnede tegen wringing in mm<sup>3</sup>

### Wat is voor ons in de veerberekening belangrijk?

Voor ons zijn bij de berekening van drukveren en trekveren de wringspanningen belangrijk. Voor de berekening van torsieveren zijn de buigspanningen belangrijk.

Een trekspanning en een buigspanning hebben met elkaar te maken en voor beiden is de E-waarde ook van belang.

Een schuifspanning en een wringspanning hebben ook met elkaar te maken en hierbij is de G-waarde van belang.

### Veerberekening drukveren en trekveren

Voor de berekening van een drukveer moet een aantal zaken bekend zijn:

- de maximale kracht die de veer mag uitoefenen (**F<sub>n</sub>**)
- de diameter van de veer, houdt vaak verband met de inbouwbaarheid; voor de veerberekening wordt gewerkt met de hartmiddenlijn (**D<sub>m</sub>**)
- de maximale veerweg (**f<sub>n</sub>**)

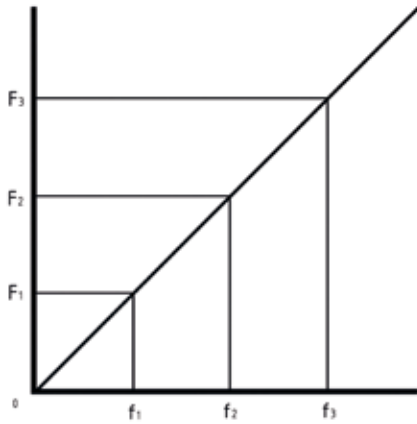
De veerconstante (**c**) is de kracht die een veer per mm indrukking (uitrekking bij trekveer) uitoefent. Deze is recht evenredig bij cilindrische veren (zie diagram).

$$c = \frac{F_n}{f_n}$$

De maximale kracht, die de veer mag uitoefenen, is dus F<sub>n</sub>. Indien de veer een bepaalde voorspanning heeft, wordt deze meestal F<sub>1</sub> genoemd. De F<sub>n</sub> is bepalend voor de uitvoering van de veer.

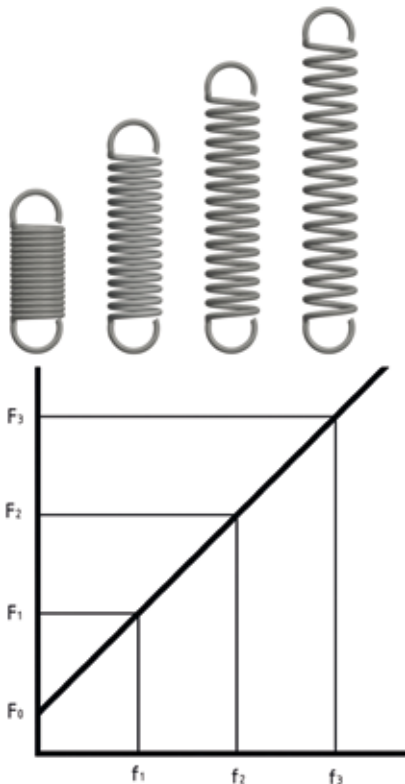
### Schema drukveren





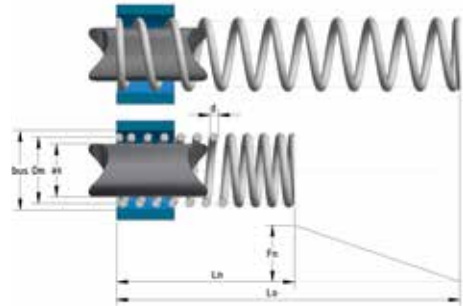
Trekveren hebben ook een bepaalde voorspankracht. Dit is de kracht, die nodig is om de windingen van elkaar te trekken. De voorspankracht ( $F_0$ ) is 5% tot 15% van de  $F_n$ , afhankelijk van de diameter van de veer.

### Schema trekveren



## INLEIDING TOT OPBOUW FORMULES VOOR BEREKENING TREK- EN DRUKVEREN

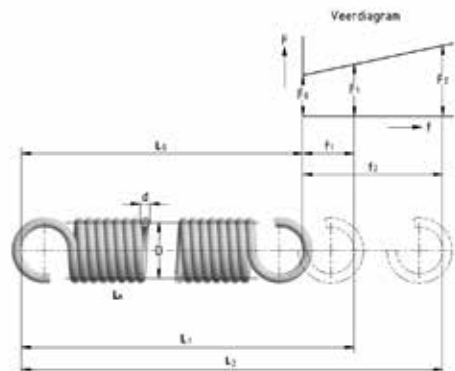
### Tekening drukveer



Onder de  $D_m$  wordt de hartmiddenlijn van de veer verstaan, de  $D_u$  is de buitendiameter (diameter uitwendig) en de  $D_i$  de binnendiameter (diameter inwendig). Voor de berekening van veren is uitsluitend de  $D_m$  van belang. Deze  $D_m$  kan zeer eenvoudig worden bepaald door de  $D_u$  op te meten en de draaddikte  $d$  ervan af te trekken.

$$D_m = D_u - d$$

Met  $n_w$  wordt het aantal werkzame windingen van de veer bedoeld. Bij een trekveer is het aantal werkzame windingen gemakkelijk te bepalen door de bodylengte op te meten en deze te delen door draaddikte  $d$ .



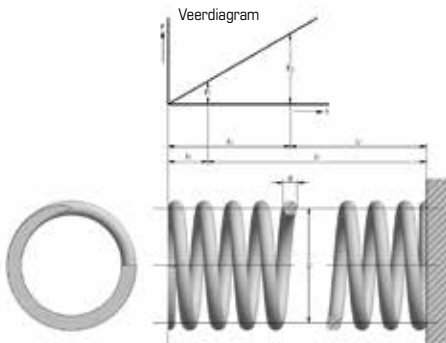
**Let op:** bij de laatste winding wordt wel de draaddikte gemeten, maar de veerwindingen houden hier op, dus is dit geen extra winding.

De formule ziet er als volgt uit: (Afkorting bodylengte = Lk)

$$nw = \frac{Lk}{d} - 1$$

Bij een drukveer is de veer aan de uiteinden geslepen, ook heeft de drukveer aan de uiteinden een afwijkende spoed. Bij drukveren noemen we dit aanleggen. Een drukveer is in de afwerking aangelegd en geslepen.

### Tekening aangelegd en geslepen veer



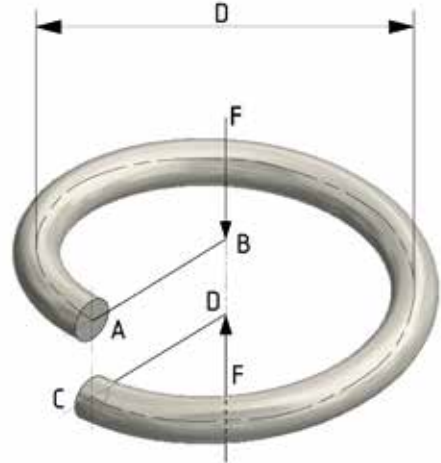
Voor het aanleggen wordt aan beide zijden  $\frac{3}{4}$  winding gebruikt, dus als het totaal aantal windingen van een drukveer (nt) is geteld, dan moet van dit totaal  $2 \times \frac{3}{4} = 1,5$  winding worden afgetrokken.

Bij drukveren geldt dus:

$$nw = nt - 1,5$$

### Opbouw berekeningsformules trek- en drukveren

Indien we een winding van een veer nemen, kunnen we deze als volgt schematisch weergeven:



$$A - B = r \text{ of } 0,5 Dm$$

$$C - D = r \text{ of } 0,5 Dm$$

Het koppel  $T$  dat ontstaat, is kracht  $F$  x krachttarm  $0,5 Dm$ .

$$\text{Dus } T = \frac{F \cdot Dm}{2}$$

De doorsnede van verendraad kan rechthoekig, vierkant of rond zijn. Veren, die in een compacte ruimte zijn ingebouwd en ook nog een grote kracht moeten kunnen opvangen, zoals de stempelveren die Alcomex levert, zijn rechthoekig. De overige trek- en drukveren zijn bijna uitsluitend vervaardigd van rond draad.

De weerstandsdoorsnede tegen wringing wordt aangegeven met  $Ww$ .  $Ww$  wordt berekend met de formule:

$$Ww = \frac{\pi}{16} \cdot d^3$$

De formule voor het bepalen van de wringspanning is:

$$\tau_w = \frac{T}{Ww}$$

Dan kunnen we ook zeggen dat:

$$T = Ww \cdot \tau w$$

Als we dit gaan substitueren, krijgen we:

$$\frac{F \cdot Dm}{2} = \frac{\pi}{16} \cdot d^3 \cdot \tau w$$

Of:

$$\tau w = \frac{8 \cdot F \cdot Dm}{\pi \cdot d^3}$$

De winding, zoals eerder schematisch aangegeven, is uitgeslagen een staaf. De lichte schuine van de winding wordt verwaarloosd. De lengte  $l$  van deze staaf is:

$$l = \pi \cdot Dm$$



De hoekverdraaiing in deze staaf wordt berekend met de formule:

$$\varphi = \frac{T \cdot l}{G \cdot Ip}$$

( $Ip$  = polair traagheidsmoment)

Voor  $T$  kunnen we ook schrijven:

$$T = \frac{F \cdot Dm}{2}$$

Voor  $Ip$  kunnen we schrijven:

$$Ip = \frac{\pi}{32} \cdot d^4$$

Voor de lengte van winding  $l$  kunnen we schrijven:

$$\pi \cdot Dm$$

Als we dit substitueren krijgen we:

$$\varphi = \frac{F \cdot Dm}{2} \cdot \frac{\pi \cdot Dm}{G \cdot d^4}$$

Vereenvoudigd is dit:

$$\varphi = \frac{16 \cdot F \cdot Dm^2}{G \cdot d^4}$$

De indrukking van een winding komt nagenoeg overeen met de verplaatsing die ontstaat door de hoekverdraaiing  $\varphi$ . We kunnen dan zeggen dat de veerweg van een winding overeen komt met:

$$\frac{\varphi \cdot Dm}{2}$$

Bij een veer hebben we meer dan een winding, het aantal werkzame windingen noemen we  $nw$ . De totale veerweg bij kracht  $F$  wordt zo:

$$f = \frac{8 \cdot F \cdot Dm^3 \cdot nw}{G \cdot d^4}$$

Door te isoleren kunnen we, afhankelijk met de gegevens die bekend zijn, ontbrekende gegevens van een veer berekenen.

De ontstane wringspanning:

$$\tau w = \frac{8 \cdot F \cdot Dm}{\pi \cdot d^3}$$

Of:

$$\tau w = \frac{G}{\pi} \cdot \frac{d}{nw \cdot Dm^2} \cdot f$$

Aantal werkzame windingen:

$$nw = \frac{G \cdot f \cdot d^4}{8 \cdot F \cdot Dm^3}$$

Veerconstante:

$$c = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot Dm^3 \cdot nw}$$

Veerweg:

$$f = \frac{8 \cdot F \cdot Dm^3 \cdot nw}{G \cdot d^4}$$



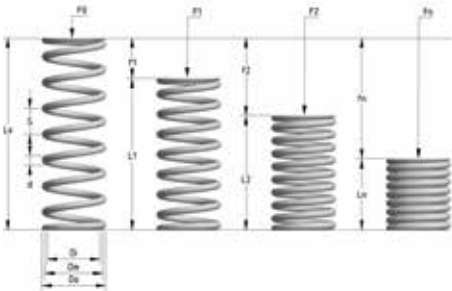
Veerkracht:

$$F = \frac{G \cdot d^4 \cdot f}{8 \cdot Dm^3 \cdot nw}$$

### Symbolen:

- $\tau_w$  = wringspanning (N/mm<sup>2</sup>)
- Dm = diameter veer hart op hart (mm)
- F = veerkracht (N)
- G = afschuivingsmodulus (N/mm<sup>2</sup>)
- D = diameter veerdraad (mm)
- Nw = aantal werkzame windingen
- f = veerweg (mm)
- c = veerconstante (N/mm)

### Schematische weergave van een drukveer in diverse belastingsituaties



Op de website van Alcomex worden bij de veerberekening deze formules toegepast.

Meestal is de kracht, die men wil uitoefenen, bekend. De veerweg – bij een drukveer de indrukking, bij een trekveer de uitrekking – is meestal ook bekend en met het bepalen van de diameter is ongeveer bekend, in welke ruimte de veer gaat passen. De wikkilverhouding van een veer  $Dm / d$  mag niet kleiner zijn dan 4 en niet groter dan 15. Soms moet een veerdiameter groot zijn en ontstaat er een wikkilverhouding groter dan 15. Raadpleeg in zulke gevallen een technisch adviseur bij Alcomex, deze kan u adviseren welke veer het beste past in voorkomende situaties.

### Voorbeeld 1:



U geeft op de website bij veerberekening drukveer in:

Veerkracht F1	50 N
Veerweg f1	10 mm
Materiaal	verenstaal

U weet niet welke diameter u moet kiezen dus u drukt op de knop "bereken veer". Er volgt nu een suggestie om de Dm te kiezen tussen de 3 mm en de 15 mm.

U kiest voor 10 mm omdat dit naar uw idee een mooie compacte veer geeft en tevens ligt dit ongeveer tussen de 3 mm en de 15 mm in.

Het antwoord is een veer met een  $L_0$  van 18,4 mm,  $nw$  4,2,  $L_n$  8,4 mm,  $a_s$  8 mm,  $b_s$  12 mm,  $d = 1,2$  mm.

Als u een grote serie van deze maatveer nodig heeft, kan deze natuurlijk aangevraagd en besteld worden, het programma heeft echter ook alternatieven berekend die al op voorraad zijn. Wellicht moet er iets worden afgeweken van wat exact nodig is maar de D1920 en de D2210 komen dicht in de buurt, let hierbij in het bijzonder op de veerconstante c.

Voorraadveren liggen al klaar voor verzending en zijn voor kleine series en prototypen veel voordeliger. Als

er een zeer grote serie van een voorraadveer nodig is, kunt u hier altijd speciaal een prijs voor aanvragen.

### Voorbeeld 2:



U heeft een roestvast stalen trekveer nodig die in uitgerekte toestand met 20 kg trekt.

20 kg is ongeveer 200 N, u geeft dus bij  $F_1$  200 N in. De veerweg is in deze situatie niet belangrijk maar 100 mm is prima, u geeft dus 100 mm in bij de veerweg. U drukt op de knop "bereken veer" en ziet dan dat de suggestie voor de  $D_m$  tussen de 6 mm en 30 mm komt te liggen.

U neemt 15 mm. U heeft nu wel een antwoord, maar geen voorraadveer. Het is nu handig om even te proberen om toch op een voorraadveer uit te komen. U wijzigt de diameter in 20 mm en u krijgt nu naast de berekende oplossing twee alternatieven, de TR2040 en de TR3200, die op voorraad liggen en morgen bij u in huis kunnen zijn.

### Voorbeeld 3:



U heeft een apparaat en daar zit een stalen drukveer in maar u vindt de kracht niet voldoende. U wilt eigenlijk dat de veer minimaal 5 kg extra kracht geeft in ingedrukte toestand.

Bij de veer meten we de volgende gegevens:

De totale lengte in ongespannen toestand is 150 mm. In het apparaat wordt de veer 80 mm ingedrukt. De draaddikte van de veer is 2,5 mm. Het totaal aantal windingen is 13,5 en de uiteinden zijn aangelegd en geslepen. De buitendiameter is 25 mm en de bus waar de veer nu in gemonteerd is, is 30 mm.

Samengevat heeft u de volgende gegevens:

- $L_0$  = 150 mm
- $f_1$  = 80 mm
- $d$  = 2,5
- $n_t$  = 13,5
- $D_u$  = 25 mm

U weet direct dat  $n_w = n_t - 1,5$ , dus  $n_w = 12$  werkzame windingen  
 $D_m = D_u - d$ , dus  $D_m = 22,5$  mm.

U wilt nu de veerkracht berekenen. U doet dit met de formule voor de veerkracht. Omdat het in dit voorbeeld om de kracht van een veer gaat, gebruikt u voor deze berekening de formule voor de veerkracht.

$$F = \frac{G \cdot d^4 \cdot f}{8 \cdot D_m^3 \cdot n_w}$$

De G-waarde is bekend, namelijk 81.500 N/mm<sup>2</sup> (de glijdingswaarde voor verenstaal is altijd 81.500 N/mm<sup>2</sup>).

$$F = \frac{81.500 \text{ N/mm}^2}{8} \cdot \frac{2,5 \text{ mm} \cdot 2,5 \text{ mm} \cdot 2,5 \text{ mm} \cdot 2,5 \text{ mm} \cdot 80 \text{ mm}}{22,5 \text{ mm} \cdot 22,5 \text{ mm} \cdot 22,5 \text{ mm} \cdot 12}$$

$$F = 232,91 \text{ N}$$

U wilt graag 5 kg of 50 N extra hebbben bij een indrukking van 80 mm.

U gaat nu gebruik maken van het programma op de webshop en kiest eerst als materiaalsoort verenstaal. U zet de kracht op 280 N (dit is afgerond). De veerweg geeft u in op 80 mm en de Dm op 22,5 mm.

Uit het programma komt een oplossing met twee alternatieven uit het voorraadprogramma.

De D3420 als ook de D6140 zijn geschikte opties.

### Symbolen:

- $\sigma_b$  = buigspanning (N/mm<sup>2</sup>)
- Dm = diameter veer hart op hart (mm)
- M = moment (Nm)
- E = elasticiteitsmodulus (N/mm<sup>2</sup>)
- D = diameter veerdraad (mm)
- Nw = aantal werkzame windingen
- $\alpha$  = hoekverdraaiing (°)
- c = veerconstante (N/°)

## Veerberekening torsieveren

De ontstane buigspanning:

$$\sigma = \frac{32 \cdot M}{\pi \cdot d^3}$$

Aantal werkzame windingen:

$$nw = \frac{d^4 \cdot E \cdot \alpha \cdot \pi}{360 \cdot 32 \cdot Dm \cdot M}$$

Veerconstante:

$$c = \frac{d^4 \cdot E \cdot \pi}{360 \cdot 32 \cdot Dm \cdot nw} \quad \text{of} \quad c = \frac{M}{\alpha}$$

Hoekverdraaiing:

$$\alpha = \frac{360 \cdot 32 \cdot Dm \cdot M \cdot nw}{E \cdot d^4 \cdot \pi}$$

Moment:

$$M = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot \sigma}{32}$$

of

$$M = \frac{d^4 \cdot E \cdot \alpha \cdot \pi}{360 \cdot 32 \cdot Dm \cdot nw}$$



**Alcomex Veren B.V.**

De Veken 109  
1716 KG Opmeer  
Postbus 68  
1715 ZH Opmeer

**T** 0226 351122  
**E** [info@alcomex.nl](mailto:info@alcomex.nl)  
**w** [www.alcomex.nl](http://www.alcomex.nl)

