

Zylindrische Schraubenfedern aus runden Drähten und Stäben

Berechnung und Konstruktion

Teil 1: Druckfedern

Deutsche Fassung EN 13906-1:2002

DIN**EN 13906-1**

ICS 21.160

Ersatz für DIN 2089-1:1984-12

Cylindrical helical springs made from round wire and bar —
Calculation and design —
Part 1: Compression springs;
German version EN 13906-1:2002

Ressorts hélicoïdaux cylindriques fabriqués à partir de fils ronds et de barres —
Calcul et conception —
Partie 1: Ressorts de compression;
Version allemande EN 13906-1:2002

Die Europäische Norm EN 13906-1:2002 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Norm wurde vom Europäischen Verband der Federnhersteller ESF (European Spring Federation) initiiert und basiert auf der Deutschen Norm DIN 2089-1:1984-12 „Zylindrische Schraubendruckfedern aus runden Drähten und Stäben — Berechnung und Konstruktion“, welche in vielen Ländern Europas weit verbreitet und angewendet wird.

Da kein europäisches Komitee für die Normung von Federn existiert, wurde diese Norm dem CEN/CS Subsector M18 zugeordnet und vom CEN/CMC in Zusammenarbeit mit dem ESF unter aktiver Mitwirkung des Ausschusses Federn (AF) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. erarbeitet.

Die vorliegende Norm ist Teil einer Serie über zylindrische Schraubenfedern aus runden Drähten und Stäben.

Die anderen Teile von EN 13906 „Zylindrische Schraubenfedern aus runden Drähten und Stäben — Berechnung und Konstruktion“ sind:

- Teil 2: Zugfedern; Basis ist DIN 2089-2:1992-11
- Teil 3: Drehfedern; Basis ist DIN 2088:1992-11

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Ausschuss Federn (AF) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Für die im Abschnitt 2 zitierte Internationale Norm wird im Folgenden auf die entsprechende Deutsche Norm hingewiesen:

EN ISO 2162-1 siehe DIN ISO 2162-1
EN ISO 2162-3 siehe DIN ISO 2162-3

Fortsetzung Seite 2
und 33 Seiten EN

Ausschuss Federn (AF) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Änderungen

Gegenüber DIN 2089-1:1984-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Norminhalt nach PNE-Regeln gegliedert;
- b) Begriffe aus DIN ISO 2162-3 übernommen.

Frühere Ausgaben

DIN 2089: 1948-01, 1949-07
DIN 2089-1: 1963-02, 1984-12

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 2162-1:1994-08, *Technische Produktdokumentation — Federn — Teil 1: Vereinfachte Darstellung; Identisch mit ISO 2162-1:1993.*

DIN ISO 2162-3:1994-08, *Technische Produktdokumentation — Federn — Teil 3: Begriffe; Identisch mit ISO 2162-3:1993.*

Deutsche Fassung

Zylindrische Schraubenfedern aus runden Drähten und Stäben

Berechnung und Konstruktion

Teil 1: Druckfedern

Cylindrical helical springs made from round wire and bar —
Calculation and design —
Part 1: Compression springs

Ressorts hélicoïdaux cylindriques fabriqués à partir de fils
ronds et de barres —
Calcul et conception —
Partie 1: Ressorts de compression

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 5. Januar 2001 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	3
1 Anwendungsbereich.....	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen.....	5
3.1 Begriffe.....	5
3.2 Symbole, Einheiten und Abkürzungen	5
4 Theoretisches Druckfederdiagramm	8
5 Konstruktionsgrundlagen	8
6 Beanspruchungsarten	9
6.1 Statische bzw. quasistatische Beanspruchungen.....	9
6.2 Dynamische Beanspruchungen	9
6.3 Arbeitstemperatur	9
6.4 Querfederung.....	10
6.5 Knickung	10
6.6 Stoßbeanspruchung	10
6.7 Sonstige Einflüsse	10
7 Spannungskorrekturfaktor k	11
8 Werkstoff-Kennwerte für die Berechnung von Federn	12
9 Berechnungsgleichungen	13
9.1 Federungsarbeit	13
9.2 Federkraft.....	13
9.3 Federweg.....	13
9.4 Federrate	13
9.5 Schubspannungen	14
9.6 Nenndurchmesser des Drahtes (oder Stabes).....	14
9.7 Anzahl der federnden Windungen.....	14
9.8 Gesamtanzahl der Windungen.....	14
9.9 Kleinste zulässige Federlänge.....	14
9.10 Blocklänge	15
9.11 Vergrößerung des Außendurchmessers der Feder bei Belastung.....	15
9.12 Grundfrequenz.....	15
9.13 Querfederung.....	15
9.14 Knickung	17
9.15 Schubspannungserhöhung bei Stoßbeanspruchung.....	18
10 Zulässige Spannungen.....	18
10.1 Zulässige Schubspannung bei Blocklänge.....	18
10.2 Zulässige Schubspannung bei statischer oder quasistatischer Beanspruchung	19
10.3 Zulässige Hubspannung bei dynamischer Beanspruchung	20
Anhang A (informativ) Beispiele für die Relaxation von kaltgeformten Federn	28

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13609-1:2002) wurde vom CEN/CS SUBSECTOR M18 erarbeitet, dessen Sekretariat vom CMC gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2002, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2002 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Diese Europäische Norm wurde vom Europäischen Verband der Federnhersteller ESF (European Spring Federation) initiiert und basiert auf der Deutschen Norm DIN 2089-1 „Zylindrische Schraubendruckfedern aus runden Drähten und Stäben; Berechnung und Konstruktion“, Ausgabe 1984-12, welche in vielen Ländern Europas weit verbreitet angewendet wird.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Berechnung und Konstruktion von zylindrischen Schraubendruckfedern mit linearer Kennlinie aus runden Drähten und Stäben mit konstantem Durchmesser, mit Werten nach Tabelle 1, bei denen die Hauptbeanspruchung in Richtung der Federachse aufgebracht wird.

Tabelle 1

Charakteristik	kaltgeformte Druckfedern	warmgeformte Druckfedern ^a	warmgeformte Druckfedern ^b
Draht- oder Stabdurchmesser	$d \leq 17 \text{ mm}$	$8 \text{ mm} \leq d \leq 60 \text{ mm}$	$9 \text{ mm} \leq d \leq 18 \text{ mm}$
Windungsdurchmesser	$D \leq 200 \text{ mm}$	$D \leq 460 \text{ mm}$	$D \leq 180 \text{ mm}$
Länge der unbelasteten Feder	$L_0 \leq 630 \text{ mm}$	$L_0 \leq 800 \text{ mm}$	$L_0 \leq 600 \text{ mm}$
Anzahl der federnden Windungen	$n \geq 2$	$n \geq 3$	$5 \leq n \leq 12$
Wickelverhältnis	$4 \leq w \leq 20$	$3 \leq w \leq 12$	$6 \leq w \leq 12$
^a Seriengröße $\leq 5\,000$ Stück ^b Seriengröße $> 5\,000$ Stück			

ANMERKUNG Gütenormen für Druckfedern werden später erarbeitet.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 10270-1:2001, *Stahldraht für Federn — Teil 1: Patentiert-gezogener unlegierter Federstahldraht*.

EN 10270-2:2001, *Stahldraht für Federn — Teil 2: Ölschlussvergüteter Federstahldraht*.

EN 10270-3:2001, *Stahldraht für Federn — Teil 3: Nichtrostender Federstahldraht*.

EN 12166, *Kupfer und Kupferlegierungen — Drähte zur allgemeinen Verwendung*.

EN ISO 2162-1:1996, *Technische Produktdokumentation — Federn — Teil 1: Vereinfachte Darstellung (ISO 2162-1:1993)*.

EN ISO 2162-3:1996, *Technische Produktdokumentation — Federn — Teil 3: Begriffe (ISO 2162-3:1993)*.

prEN 10089:2000, *Warmgewalzte Stähle für vergütbare Federn — Technische Lieferbedingungen*.

3 Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Begriffe:

3.1.1

Feder

mechanisches Teil, das bei Verformung Energie speichert und bei Entspannung die entsprechende Energiemenge wieder abgibt [2.1 aus EN ISO 2162-3:1996]

3.1.2

Druckfeder

Feder, die einem axialen Druck entgegenwirkt [2.3 aus EN ISO 2162-3:1996]

3.1.3

Schraubendruckfeder

Druckfeder aus um eine Achse gewickeltem Draht mit rundem, quadratischem oder rechteckigem Querschnitt und mit Abständen zwischen den Windungen

Schraubendruckfedern haben im allgemeinen eine zylindrische Form; andere Formen, wie z. B. kegelig, doppelkegelig (konvex: Tonnenfeder; konkav: Taillenfeder) oder zylindrisch mit kegeligen Federenden sind möglich [2.9 aus EN ISO 2162-3:1996]

ANMERKUNG Im folgenden Text dieser Norm wird die Benennung „Feder“ verwendet im Sinne von zylindrischer Schraubendruckfeder.

3.2 Symbole, Einheiten und Abkürzungen

Tabelle 2 gibt die Symbole, die Einheiten und die Abkürzungen, die in, dieser Norm, benutzt sind.

Tabelle 2

Formelzeichen	Einheit	Benennung
a_0	mm	lichter Abstand zwischen den federnden Windungen bei unbelasteter Feder
$D = \frac{D_e + D_i}{2}$	mm	mittlerer Windungsdurchmesser
D_e	mm	Außendurchmesser der Feder
ΔD_e	mm	Vergrößerung des Außendurchmessers der Feder bei Belastung
D_i	mm	Innendurchmesser der Feder
d	mm	Nennndurchmesser des Drahtes (oder des Stabes)
$d_{\max}$	mm	oberes Abmaß von d
E	N/mm ²	Elastizitätsmodul (oder Young-Modul)
F	N	Federkraft
$F_1, F_2 \dots$	N	Federkräfte, zugeordnet den Federlängen $L_1, L_2 \dots$ (bei einer Raumtemperatur von 20 °C)
$F_{c \text{ th}}$	N	theoretische Federkraft bei Blocklänge L_c ANMERKUNG Die tatsächliche Federkraft bei Blocklänge ist in der Regel größer als die theoretische Federkraft.
F_K	N	Knickkraft
F_n	N	Federkraft zugeordnet der kleinsten Federlänge L_n
F_Q	N	Federkraft senkrecht zur Federachse (Querkraft)
f_e	s ⁻¹ (Hz)	Eigenfrequenz 1. Ordnung der Feder (Grundfrequenz)
G	N/mm ²	Schubmodul
k	—	Spannungskorrekturfaktor (in Abhängigkeit von D/d)
L	mm	Federlänge
L_0	mm	Nennlänge der unbelasteten Feder
$L_1, L_2 \dots$	mm	Nennlängen, zugeordnet den Federkräften $F_1, F_2 \dots$
L_c	mm	Blocklänge
L_K	mm	Knicklänge
L_n	mm	kleinste, zulässige Federlänge (unter Berücksichtigung von S_a)
m	mm	mittlerer Mittelpunktabstand der Windungen voneinander ohne Belastung (Steigung)
N	—	Lastspielzahl bis zum Bruch
n	—	Anzahl der federnden Windungen
n_t	—	Gesamtanzahl der Windungen
R	N/mm	Federrate
R_m	N/mm ²	Mindestwert der Zugfestigkeit

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Formelzeichen	Einheit	Benennung
R_Q	N/mm	Quer-Federrate
S_a	mm	Summe der lichten Mindestabstände zwischen den einzelnen federnden Windungen bei Federlänge L_n
s	mm	Federweg
$s_1, s_2 \dots$	mm	Federwege, zugeordnet den Federkräften $F_1, F_2 \dots$
s_c	mm	Federweg, zugeordnet der Blocklänge L_c
s_h	mm	Federweg (Hub) der Feder zwischen zwei Positionen
s_K	mm	Federweg, zugeordnet der Knickkraft F_K (Knickfederweg)
s_n	mm	Federweg, zugeordnet der Federkraft F_n
s_Q	mm	Querfederweg, zugeordnet der Querkraft F_Q
v_{St}	m/s	Stoßgeschwindigkeit
W	N/mm	Federungsarbeit
$w = \frac{D}{d}$	—	Wickelverhältnis
η	—	Federratenverhältnis
λ	—	Schlankheitsgrad
ξ	—	bezogener Federweg
υ	—	Lagerungsbeiwert
ρ	kg/dm ²	Dichte
τ	N/mm ²	nicht korrigierte Schubspannung (ohne Berücksichtigung des Einflusses der Drahtkrümmung)
$\tau_1, \tau_2 \dots$	N/mm ²	nicht korrigierte Schubspannung, zugeordnet den Federkräften $F_1, F_2 \dots$
τ_c	N/mm ²	nicht korrigierte Schubspannung, zugeordnet der Blocklänge L_c
τ_k	N/mm ²	korrigierte Schubspannung (unter Berücksichtigung des Spannungskorrekturfaktors k)
$\tau_{k1}, \tau_{k2} \dots$	N/mm ²	korrigierte Schubspannung, zugeordnet den Federkräften $F_1, F_2 \dots$
τ_{kh}	N/mm ²	korrigierte Hubspannung, zugeordnet dem Hub s_h
$\tau_{kH} (\dots)$	N/mm ²	korrigierte Hubspannung, Zeit- oder Dauerfestigkeitswert mit dem Zeiger der Bruch- bzw. Grenzlastspielzahl
τ_{kn}	N/mm ²	korrigierte Schubspannung, zugeordnet der Federkraft F_n
$\tau_{kO} (\dots)$	N/mm ²	korrigierte Oberspannung, Zeit- oder Dauerfestigkeitswert mit dem Zeiger der Bruch- bzw. Grenzlastspielzahl
$\tau_{kU} (\dots)$	N/mm ²	korrigierte Unterspannung, Zeit- oder Dauerfestigkeitswert mit dem Zeiger der Bruch- bzw. Grenzlastspielzahl
τ_n	N/mm ²	nicht korrigierte Schubspannung, zugeordnet der Federkraft F_n
τ_{St}	N/mm ²	Schubspannungserhöhung bei Stoßbeanspruchung
τ_{zul}	N/mm ²	zulässige Schubspannung

4 Theoretisches Druckfederdiagramm

Die Darstellung der Druckfeder entspricht Bild 4.1 aus EN ISO 2162-1:1996. Das theoretische Druckfederdiagramm ist in Bild 1 angegeben.

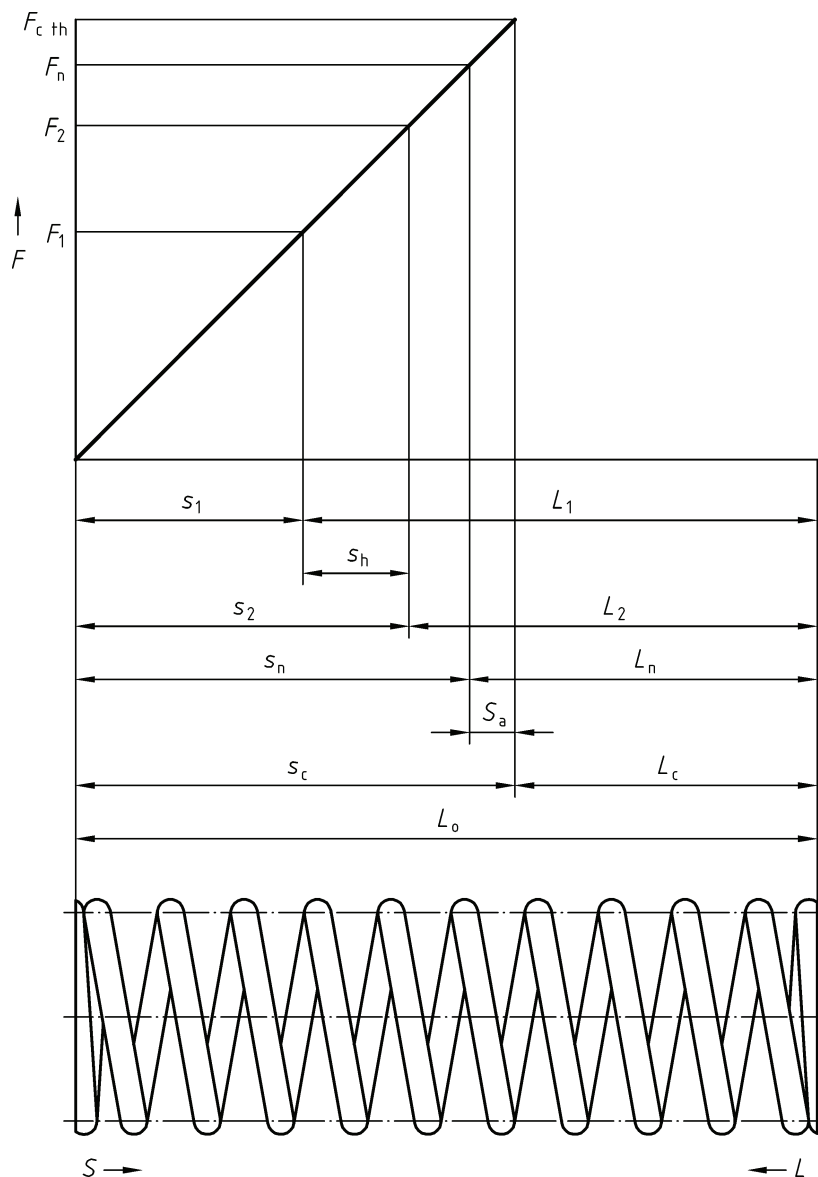


Bild 1 — Theoretisches Druckfederdiagramm

5 Konstruktionsgrundlagen

Vor der Berechnung für die Konstruktion einer Feder ist festzustellen, welchen Anforderungen sie zu genügen hat; insbesondere müssen festgelegt und beachtet werden:

- eine Federkraft und zugehöriger Federweg oder zwei Federkräfte und zugehöriger Hub oder eine Federkraft, Hub und Federrate;
- zeitlicher Verlauf der Beanspruchung: statisch oder dynamisch;
- bei dynamischer Beanspruchung: Lastspielzahl bis zum Bruch;
- Arbeitstemperatur und zulässige Relaxation;
- Querfederung, Knickung, Stoßbeanspruchung;
- sonstige Einflüsse (z. B. Resonanzschwingung, Korrosion).

ANMERKUNG Um unter Berücksichtigung der Anforderungen die günstigsten Federmaße verwirklichen zu können, sollte bei der Konstruktion des Erzeugnisses, in dem die Feder arbeiten wird, ein ausreichender Einbauraum vorgesehen werden.

6 Beanspruchungsarten

ANMERKUNG Vor der Berechnung sollte grundsätzlich geklärt werden, ob es sich bei der vorgesehenen Beanspruchungsart um statische bzw. quasistatische oder um dynamische Beanspruchung handelt.

6.1 Statische bzw. quasistatische Beanspruchungen

Als statische Beanspruchung bei Federn gilt:

- zeitlich konstante Beanspruchung.

Als quasistatische Beanspruchung bei Federn gelten:

- zeitlich veränderliche Beanspruchungen mit vernachlässigbar kleinen Hubspannungen (Richtwert: Hubspannung bis $0,1 \times \text{Dauerhubfestigkeit}$);
- zeitlich veränderliche Beanspruchungen mit zwar größeren Hubspannungen, aber mit Lastspielzahlen bis 10^4 .

6.2 Dynamische Beanspruchungen

Als dynamische Beanspruchungen bei Federn gelten zeitlich veränderliche Beanspruchungen mit Lastspielzahlen über 10^4 und Hubspannungen über $0,1 \times \text{Dauerhubfestigkeit}$ bei:

- a) konstanter Hubspannung;
- b) veränderlicher Hubspannung.

Je nach der verlangten Lastspielzahl N ohne Bruch unterscheidet man:

- a) den Bereich der Dauerfestigkeit mit Lastspielzahlen
 - $N \geq 10^7$ für kaltgeformte Federn
 - $N \geq 2 \times 10^6$ für warmgeformte Federn

Hierbei ist die Hubspannung kleiner als die Dauerhubfestigkeit.

- b) den Bereich der Zeitfestigkeit mit Lastspielzahlen
 - $N < 10^7$ für kaltgeformte Federn
 - $N < 2 \times 10^6$ für warmgeformte Federn

Hierbei ist die Hubspannung größer als die Dauerhubfestigkeit und kleiner als die Zeithubfestigkeit.

Bei Federn mit zeitlich veränderlichen Hub- und Mittelspannungen (Beanspruchungskollektiven), deren Größtwerte über der Dauerhubfestigkeit liegen, kann die Lebensdauer mit Hilfe von Schadensakkumulationshypothesen nur angenähert berechnet werden und muss deshalb durch einen Betriebsfestigkeitsversuch ermittelt werden.

6.3 Arbeitstemperatur

Die Angaben über die zulässigen Beanspruchungen der verwendeten Werkstoffe entsprechend Abschnitt 10 gelten für Raumtemperatur.

Diese Einflüsse sind besonders bei Federn mit eng tolerierten Federkräften zu berücksichtigen. Bei Arbeitstemperaturen unter -30°C ist die Verringerung der Kerbschlagzähigkeit zu beachten.