

DIN 743-1

ICS 21.120.10

Einsprüche bis 2009-02-28
Vorgesehen als Ersatz für
DIN 743-1:2000-10

Entwurf**Tragfähigkeitsberechnung von Wellen und Achsen –
Teil 1: Einführung, Grundlagen**

Shafts and axles, calculation of load capacity –
Part 1: General basis

Calcul de la capacité des arbres et axes –
Partie 1: Base

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2008-10-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nam@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN, 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64 (Hausanschrift: Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 22 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN

Inhalt

Seite

Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Allgemeine Formelzeichen, Benennungen und Einheiten	6
4 Nachweis des Vermeidens von Dauerbrüchen.....	8
4.1 Sicherheit.....	8
4.2 Wirkende Spannungen.....	9
4.3 Gestaltfestigkeitswert	10
5 Nachweis des Vermeidens bleibender Verformung, von Anriss oder Gewaltbruch unter Maximalbelastung.....	13
5.1 Sicherheit.....	13
5.1.1 Nachweis des Vermeidens bleibender Verformung.....	14
5.1.2 Nachweis des Vermeidens von Anriss (bzw. Gewaltbruch) bei harten Randschichten	15
5.2 Bauteilfließgrenze.....	15
5.3 Bauteilanrissgrenze.....	16
5.4 Wirkende Spannungen (Maximalspannungen).....	16
Anhang A (informativ) Erläuterungen zum Belastungs- bzw. Spannungsverlauf, zu Querschnittsgrößen und der Entnahme von σ_{ADK} aus dem Smith-Diagramm	18
Anhang B (normativ) Schematischer Ablauf der Sicherheitsnachweise	20
B.1 Gesamtübersicht.....	20
B.2 Gesamteinflussfaktor	21
Literaturhinweise	22
 Bilder	
Bild A.1 — Zeitlicher Verlauf der äußeren Belastung (F_{zd}, M_b, M_t) und Beanspruchung (σ_{zd}, σ_b, τ_t); ($\omega = 2\pi n > 0$).....	18
Bild A.2 — Entstehung der Amplitude des Biegemomentes M_b infolge Wellendrehung (Umlaufbiegung); Kraft F mit konstanter Richtung, Welle drehend.....	18
Bild A.3 — Abmessungen für Querschnittskenngößen	18
Bild A.4 — Beanspruchungsfälle, dargestellt im Dauerfestigkeitsdiagramm (Smith-Diagramm).....	19
Bild A.5 — Dauerfestigkeitsdiagramm mit der Erweiterung für den Druckbereich (σ_{dFK} Druckfließgrenze)	19
Bild B.1 — Berechnung Sicherheitsnachweis	20
Bild B.2 — Berechnung des Gesamteinflussfaktors $K_{\sigma,\tau}$.....	21

Tabellen

Tabelle 1 — Ermittlung der wirkenden Spannungen	9
Tabelle 2 — Erhöhungsfaktor der Fließgrenze γ_F bei Umdrehungskerbten (α_σ bzw. β_σ nach DIN 743-2) und Werkstoffen ohne harte Randschicht	16
Tabelle 3 — Statische Stützwirkung K_{2F} für Werkstoffe ohne harte Randschicht.....	16
Tabelle 4 — Ermittlung der Maximalspannungen (maximale Nennspannungen).....	17
Tabelle A.1 — σ_{ADK} im schraffierten Druckbereich für Fall 1 bei $\sigma_{mv} < \sigma_{mv \text{ grenz F1}}$ bzw. für Fall 2 bei $\sigma_{mv}/\sigma_a < (\sigma_{mv}/\sigma_a)_{\text{grenz F2}}$ (Im Druckbereich gilt $\sigma_{mv} < 0$ bzw. $\sigma_{mv}/\sigma_a < 0$), Bild A.5.....	19

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...¹⁾

Vorwort

Diese Norm wurde erarbeitet von Fachleuten aus dem Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Fachbereich Antriebstechnik (NA 060-34-32 AA) und des Instituts für Maschinenelemente und Maschinenkonstruktion der TU Dresden.

DIN 743 – *Tragfähigkeitsberechnung für Wellen und Achsen* besteht aus:

- Teil 1: *Einführung, Grundlagen;*
- Teil 2: *Formzahlen und Kerbwirkungszahlen;*
- Teil 3: *Werkstoff-Festigkeitswerte;*
- Teil 4: *Zeitfestigkeit, Dauerfestigkeit - Schädigungsäquivalente Spannungsamplitude;*
- Beiblatt 1: *Anwendungsbeispiele zu Teil 1 bis 3;*
- Beiblatt 2: *Anwendungsbeispiele zu Teil 4.*

Änderungen

Gegenüber DIN 743-1:2000-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 5 wurde überarbeitet:
 - für den statischen Nachweis erfolgte eine Unterscheidung zwischen dem Nachweis des Vermeidens bleibender Verformung und dem Nachweis des Vermeidens von Anrissen bei harten Randschichten;
 - die Ermittlung der Bauteilanrissgrenze wurde ergänzt.
- b) redaktionelle Änderungen.

¹⁾ Wird bei Herausgabe als Norm festgelegt.

Einleitung

Eine große Anzahl von Ausfällen im Maschinenbau ist auf Schäden an Achsen und Wellen zurückzuführen. Die häufigste Ursache hierfür sind Dauerbrüche (Ermüdungsbrüche, Schwingungsbrüche). Neben der optimalen konstruktiven Gestaltung stellt die Berechnung der Sicherheit gegen das Auftreten von Dauerbrüchen und Schäden infolge Maximalbelastung (bleibende Verformung, Anriss) eine erforderliche Maßnahme dar.

Diese Norm enthält die Grundgleichungen und das methodische Vorgehen beim Tragfähigkeitsnachweis für Wellen und Achsen. Dieser Nachweis erfolgt durch die Ermittlung einer (rechnerischen) Sicherheit (Sicherheit gegen Dauerbrüche und Schäden infolge Maximalbelastung). Durch diese Sicherheit sollen sowohl die Unsicherheiten in den Berechnungsgrundlagen und Lastannahmen als auch die Bedeutung der Anlage und Folgeschäden berücksichtigt werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für den Sicherheitsnachweis von Wellen und Achsen gegen:

- **Ermüdungsbruch** (Dauerbruch, Schwingungsbruch) bei Überschreitung der Dauerfestigkeit;
- **bleibende Verformung** (oder Anriss oder Gewaltbruch).

Bei der Berechnung der Sicherheit gegen Ermüdungsbruch werden konstante schädigungsäquivalente Spannungsamplituden zugrunde gelegt. Diese ergeben sich aus den vereinbarten Belastungen oder sind mit geeigneten Schädigungshypothesen zu bestimmen. Bei der Berechnung der Sicherheit gegen bleibende Verformung ist die maximal auftretende Spannung maßgebend. Diese ergibt sich aus der vereinbarten oder ermittelten maximalen Belastung, siehe [1].

Der Anwendungsbereich ist auf **Stähle** begrenzt. Geschweißte Bauteile sind gesondert nachzurechnen. Für diese Bauteile gilt die Norm nicht.

Bei zusammengesetzter Beanspruchung, z. B. bei Biegung und Torsion ist bei den angegebenen Gleichungen der ungünstigste Fall, dass sich das Maximum der Vergleichsspannung ergibt (phasen- bzw. zeitgleich).

Die Eigenspannungen sind beim rechnerischen Nachweis nicht explizit erfasst. Ihre Berücksichtigung erfolgt bei harten Randschichten global durch die Stützzahl n und den Einflussfaktor der Oberflächenverfestigung K_V .

Die Änderung der Ermüdungsfestigkeit durch Eigenspannung infolge örtlicher Verformungen ist noch nicht ausreichend erforscht, so dass dieser Einfluss rechnerisch noch nicht erfasst werden kann. In Grenzfällen (Bauteile, bei denen das Versagen zu großen Folgeschäden führt) sollten gegebenenfalls experimentelle Untersuchungen bzw. durch Inspektionen eine Überwachung erfolgen, insbesondere wenn Überlastungen Zug-eigenspannungen herbeiführen. Bei duktilen Werkstoffen wurde bisher kein wesentlicher Einfluss auf die Ermüdungsfestigkeit durch örtlich plastische Verformungen und dadurch bedingte Eigenspannungen festgestellt.

Abweichungen von der Norm sind zulässig, wenn die Zuverlässigkeit der Konstruktion durch Theorie oder Experiment nachgewiesen wird.

Die Unterlagen zur Überprüfung der Abweichungen sind der Konstruktionsdokumentation des Entwicklerbetriebes bzw. den Berechnungsunterlagen beizufügen. Wenn im Folgenden nur von Wellen gesprochen wird, gelten die Ausführungen sinngemäß auch für Achsen.

Anwendungsgrenzen: Der Tragfähigkeitsnachweis gilt für:

- Zug/Druck, Biegung, Torsion als Einzelbeanspruchung und kombiniert im Wechsel- oder Schwellbereich; kein dominierender Querkraftschub; kein Knicken (infolge Druckspannung);
- Temperaturbereich $-40^{\circ}\text{C} \leq \vartheta \leq 150^{\circ}\text{C}$;
- Umlaufbiegung und Flachbiegung werden nicht unterschieden (da die Festigkeitswerte in DIN 743-3 für die Biegebeanspruchung durch Umlaufbiegeversuche ermittelt wurden, liegt damit den Angaben der ungünstigere Fall zugrunde);
- korrosionsfreie Umgebungsmedien (Luft, säurefreies Öl).

Die Festigkeitswerte für die Sicherheit gegen Dauerbruch sind für die Grenzlastspielzahl $N_G = 10^7$ ermittelt und kommen als Dauerfestigkeitswerte zum Ansatz. Neuere Versuche zeigen, dass bei sehr hohen Lastwechselzahlen ein weiterer Abfall der Dauerfestigkeit auftreten kann. Dieser wird auf die Wirkung von Mikro einschüssen zurückgeführt. Die Zusammenhänge sind noch nicht ausreichend erforscht. Es wird empfohlen, bei Bauteilen deren Versagen zu hohen Folgeschäden führt, höhere Sicherheiten zu vereinbaren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 743-2, *Tragfähigkeitsberechnung von Wellen und Achsen — Teil 2: Formzahlen und Kerbwirkungszahlen*

DIN 743-3, *Tragfähigkeitsberechnung von Wellen und Achsen — Teil 3: Werkstoff-Festigkeitswerte*

DIN EN ISO 18265, *Metallische Werkstoffe — Umwertung von Härtewerten*

3 Allgemeine Formelzeichen, Benennungen und Einheiten

Formelzeichen	Benennung	Einheiten
d	Bauteildurchmesser im Kerbquerschnitt, bei Ringquerschnitt Wanddicke	mm
d_B	Bezugsdurchmesser	mm
d_{eff}	für die Wärmebehandlung maßgebender Durchmesser	mm
d_i	Innendurchmesser (Bohrungsdurchmesser)	mm
n	Stützzahl	
r	Kerbradius	mm
F	Kraft	N
G	Spannungsgefälle	N/mm^3
G'	bezogenes Spannungsgefälle	mm^{-1}
H	Hilfsgröße (für negative Mittelspannung)	N^2/mm^4
$K_{\text{FG}}, K_{\text{FT}}$	Einflussfaktor der Oberflächenrauheit	
K_V	Einflussfaktor der Oberflächenverfestigung	

Formelzeichen	Benennung	Einheiten
$K_1(d_{\text{eff}})$	technologischer Größeneinflussfaktor	
$K_2(d)$	geometrischer Größeneinflussfaktor (für die ungekerbte, polierte Rundprobe)	
K_{2F}	statische Stützwirkung	
$K_3(d)$	geometrischer Größeneinflussfaktor (für die Kerbwirkungszahl)	
$K_{\sigma,\tau}$	Gesamteinflussfaktor (Biegung bzw. Zug/Druck und Torsion)	
M_b	Biegemoment	Nm
M_t	Torsionsmoment	Nm
R_z	gemittelte Rautiefe	μm
S	vorhandene Sicherheit	
S_{min}	erforderliche Mindestsicherheit	
$\alpha_\sigma, \alpha_\tau$	Formzahl	
β_σ, β_τ	Kerbwirkungszahl	
γ_F	Erhöhungsfaktor der Fließgrenze	
σ_a, τ_{ta}	Spannungsamplitude ²⁾	N/mm ²
$\sigma_B, (R_m)$	Zugfestigkeit	N/mm ²
σ_{bF}	Biegefließgrenze	N/mm ²
σ_m, τ_m	Mittelspannung ¹⁾	N/mm ²
σ_{max}	max. Nennspannung (allgemein)	N/mm ²
$\sigma_S, \sigma_{0,2}, (R_e, R_{p0,2})$	Streckgrenze	N/mm ²
σ_o, τ_o	Oberspannung (Maximalspannung) ¹⁾	N/mm ²
σ_u, τ_u	Unterspannung (Minimalspannung) ¹⁾	N/mm ²
$\sigma_{zd,bADK}, \tau_{tADK}$	Spannungsamplitude der Bauteil-Dauerfestigkeit für bestimmte Mittelspannung	N/mm ²
$\sigma_{zd,bFK}, \tau_{tFK}$	Bauteil-Fließgrenze ¹⁾	N/mm ²
$\sigma_{zd,bODK}, \tau_{tODK}$	Oberspannung der Bauteil-Dauerfestigkeit für bestimmte Mittelspannung	N/mm ²
$\sigma_{zd,bW}, \tau_{tW}$	Werkstoff-Wechselfestigkeit für Bezugsdurchmesser d_B	N/mm ²
$\sigma_{zd,bWK}, \tau_{tWK}$	Bauteil-Wechselfestigkeit ¹⁾	N/mm ²
τ_{tF}	Torsionsfließgrenze	N/mm ²
$\psi_{\sigma K}, \psi_{\tau K}$	Einflussfaktor der Mittelspannungsempfindlichkeit	

2) Nennspannung, Hauptspannung