

	Stahlbau Stahltragwerke Erläuterungen Berechnungsmöglichkeiten	 13500/02
		Gruppe 135000

Стальное строительство; Стальные несущие конструкции; Объяснения; Возможности расчета
 Structural Steel Engineering; Steel Structures; Explanations, Possibilities of Calculation

Deskriptoren: Stahlbauweise; Tragwerk; Berechnung

Arbeitsmittel

Verbindlich ab 1. 1. 1983

Fortsetzung Seite 2 bis 14

Verantwortlich: VEB Metalleichtbaukombinat, Leipzig

Bestätigt: 21. 4. 1982, Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung, Berlin

Dieser Standard gilt nur in Verbindung mit TGL 13500/01 und den Standards für Stahltragwerke der einzelnen Stahlbau-Fachgebiete.

In diesem Standard werden die Festlegungen der TGL 13500/01 und deren Zusammenhänge erläutert.

Maße in mm

Inhaltsverzeichnis

Die Numerierung der Abschnitte bezieht sich auf die Abschnitte der TGL 13500/01

1. Allgemeines	1
2. Nachweise	1
3. Zulässige Spannungen	4
4. Grundsätzliche Regeln für alle Bauteile	14
5. Zusätzliche Regeln für geschraubte und genietete Bauteile	14
6. Zusätzliche Regeln für geschweißte Bauteile	14

13500/02 wurde von der
 TGL 13500/01 abgeleitet
 und ist als Ergänzung
 zu TGL 13500/01 zu
 betrachten.

1. ALLGEMEINES

1.1. Berechnungsgruppen und Ausführungsgruppen

Mit der Einstufung gering ausgelasteter Bauteile der Berechnungsgruppe A in die Ausführungsgruppe C soll ein nicht erforderlicher Fertigungsaufwand vermieden werden. Die Einhaltung der Bedingung $\max. \sigma \leq 0,5 \text{ zu } \sigma_{B0}$ bedeutet, daß die in Ausführungsgruppe C gefertigten Bauteile hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit ungefähr 3 Kerbfälle in Richtung größerer Kerbschärfe als bei Fertigung in Ausführungsgruppe A einzustufen wären.

1.2. Werkstoffe

Die Baustähle sind in Festigkeitsklassen zusammengefaßt. Die Festigkeitsklassen sind durch Angaben der Zugfestigkeit und Streckgrenze gekennzeichnet, z. B. Zusammenfassung der Stahlmarken H 52-3, HS 52-3 und KT 52-3 mit Zugfestigkeit $\sigma_B = 510 \text{ N/mm}^2$ und Streckgrenze $\sigma_F = 350 \text{ N/mm}^2$ in der Festigkeitsklasse S 52/36.

Die in TGL 13500/01, Tabelle 3, angegebenen Werkstoffkennwerte wurden in die SI-Einheiten mit dem Faktor 10 umgerechnet. Sie liegen deshalb ungefähr 2 % über den von den Stahlherstellern gewährleisteten Festigkeitseigenschaften. Da die Belastungswerte ebenfalls mit dem Faktor 10 umgerechnet werden, hebt sich diese Differenz bei der Bemessung auf. Die in TGL 7960, TGL 22426 und TGL 28192 enthaltene Abminderung der gewährleisteten Streckgrenze für den Nennmaßbereich bis 40 mm bleibt unberücksichtigt.

Sofern bei Baustählen die Streckgrenze und die Zugfestigkeit nicht bekannt sind, sind sie nach TGL RGW 471-77 zu ermitteln. Dabei sind 10 Proben je Charge, bei Materialdicken $< 4 \text{ mm}$ jedoch mindestens je 20 t Material, erforderlich. Ist der Mittelwert der Streckgrenze oder der 0,2-%-Dehngrenze nicht höher als 75 % des Mittelwertes der Bruchspannung und ist die Mindestbruchdehnung $\delta_5 = 18 \%$, darf der Baustahl ohne Einschränkung hinsichtlich der Berechnung eingesetzt werden, sonst sind besondere Festlegungen in Abstimmung mit der zuständigen Prüfstelle erforderlich. Statt der Mittelwerte dürfen auch Normwerte zugrunde gelegt werden. Beim Einsatz solcher Stähle ist TGL 12910 zu berücksichtigen. Bezüglich ihrer Kerbschlagzähigkeit müssen sie den nach TGL 12910 für den Einsatzzweck in Frage kommenden Baustählen entsprechen.

2. NACHWEISE

Bei der Berücksichtigung der Abrostung von unkonserviert verbleibenden Konstruktionen aus korrosionsträgigen Baustählen nach TGL 13500/01, Tabelle 4, wird von einer Standzeit der Stahlkonstruktion von etwa 40 Jahren ausgegangen. Die Gesamtabrostung ergibt sich aus zwei Anteilen: der Abrostung in der Phase der Schutzschichtbildung und einer weiteren jährlichen Abrostung in der stabilen Phase des Korrosionsvorganges. Für Konstruktionen, die für eine von der TGL 13500/01, Tabelle 4, zugrunde liegenden Standzeit wesentlich abweichende Lebensdauer projiziert werden,

ist die Abrostung nach folgender Formel anzusetzen:

Aufstellungskategorie I und II

$$\Delta s = 100 + 10 \cdot a \text{ in } \mu\text{m/bewitterte Oberfläche} \quad (1a)$$

Aufstellungskategorie III

$$\Delta s = 50 + 5 \cdot a \quad (1b)$$

Hierbei bedeutet:

a Lebensdauer in Jahren

2.1. Festigkeitsnachweis

Die in TGL 13500/01 angegebenen zulässigen Spannungen für den statischen Spannungsnachweis und Ermüdungsfestigkeitsnachweis gelten für Nennspannungsnachweise. Das sind Nachweise, bei denen örtliche Spannungsspitzen, z. B. an den Rändern von Schrauben- oder Nietlöchern, an den Enden von Flankenkehlnähten oder an schroffen Querschnittsübergängen, nicht berücksichtigt werden. Für solche Fälle, in denen örtliche Spannungen, z. B. mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode, ermittelt werden, können in den Vorschriften der einzelnen Stahlbau-Fachgebiete weitergehende Festlegungen für den Festigkeitsnachweis, der dann nicht als Nennspannungsnachweis zu führen ist, getroffen werden.

2.1.1. Statischer Spannungsnachweis

Unter Berücksichtigung einer teilweisen Plastizierung unter ν facher Belastung, die nur zu einer geringen bleibenden Verformung führen würde, darf beim statischen Spannungsnachweis mit dem Widerstandsmoment

$$W_T = \frac{W_{el} + W_{pl}}{2} \leq 1,2 W_{el} \quad (2a)$$

gerechnet werden. Dabei ist die Bedingung nach Formel (3) einzuhalten.

Hierbei bedeuten:

W_{el} Widerstandsmoment bei elastischer Spannungsverteilung, z. B. nach Profiltafeln

W_{pl} Widerstandsmoment bei vollplastischer Spannungsverteilung; bei homogenen Querschnitten gleich der Summe der Absolutwerte der statischen Flächenmomente, bezogen auf die Flächenhalbierende¹⁾

Lochabzug ist bei der Berechnung von W_{el} und W_{pl} zu berücksichtigen, siehe TGL 13500/01. Er ist bei der Berechnung von W_{el} auf die Schwerachse, bei der Berechnung von W_{pl} auf die Flächenhalbierende des ungelochten Querschnitts zu beziehen.

Werte W_T für Walzprofile siehe Hinweise.

Wenn für den betrachteten Rand $W_{pl} < W_{el}$ ist, darf auf dieser Querschnittsseite $W_T = W_{el}$ gesetzt werden.

Bei der Berechnung von Biegespannungen mit dem Widerstandsmoment W_T wird von einer Spannungsverteilung nach Bild 1 ausgegangen, die sich ergibt, wenn $M/W_T = \sigma_F$ ist. Dabei ist M das Biegemoment unter ν facher Last.

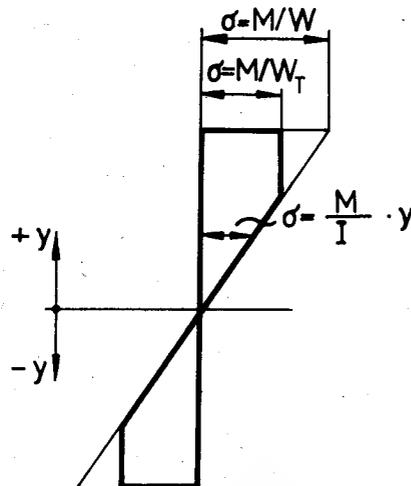


Bild 1

Mit W_T berechnete Biegespannungen können mit Normalspannungen aus Längskräften überlagert werden und beim Nachweis ebener oder mehrachsiger Spannungszustände, z. B. in Formel (3), TGL 13500/01 eingesetzt werden.

Unter Zugrundelegung der Spannungsverteilung nach Bild 1 sind die Normalspannungen im Steg eines Blegeträgers

$$\sigma = \frac{M}{I} \cdot y \leq \frac{M}{W_T}$$

Mit dem Widerstandsmoment W_T darf gerechnet werden, wenn das Verhältnis $b_{\bar{u}}/t$ der Gurte

$$\frac{b_{\bar{u}}}{t} \leq 16 n \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_F''}} \quad (3)$$

ist.

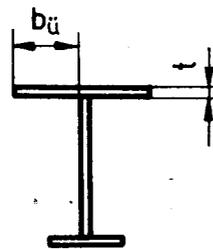


Bild 2

Hierbei bedeuten:

$$\sigma_F'' = \sigma_F \cdot \frac{W_T}{W_{el}} \text{ in N/mm}^2$$

$n = 1$ bei nicht geschweißten Profilen

$n = 0,9$ bei Schweißprofilen

Vereinfachend darf mit $\sigma_F'' \approx 1,1 \sigma_F$ gerechnet werden.

Damit ergeben sich die zulässigen Verhältnisse $b_{\bar{u}}/t$ nach Tabelle 1.

Tabelle 1 Zulässige Verhältnisse $b_{\bar{u}}/t$ für die Anwendung von W_T

σ_F N/mm ²	240	300	360	450
Walzprofile	15	13,5	12	11
Schweißprofile	13,5	12	11	10

¹⁾ Die Flächenhalbierende fällt bei doppelt-symmetrischen Profilen mit der Schwerlinie zusammen.

Bei einfach-symmetrischen I-Querschnitten nach Bild 3a ist

$$W_{pl} = h_s [b_1 t_1 \alpha + b_2 t_2 (1 - \alpha)] + \frac{b_1 t_1^2}{2} + \frac{b_2 t_2^2}{2} + \frac{h_s^2 s}{2} \cdot [\alpha^2 + (1 - \alpha)^2] \quad (4)$$

mit $\alpha = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{b_1 t_1 - b_2 t_2}{h_s s} \right)$,

wenn $b_1 t_1 \leq b_2 t_2 + h_s s$ ist.

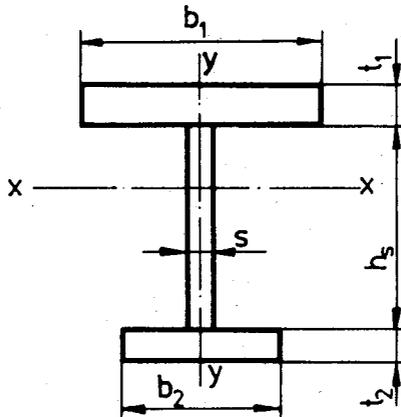


Bild 3a

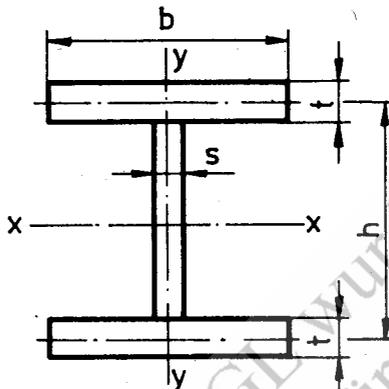


Bild 3b

Näherungsweise gilt bei doppelt-symmetrischen I-Querschnitten nach Bild 3b

$$W_{T,x} \approx h \left(b \cdot t + \frac{h \cdot s}{5} \right) \text{ oder} \quad (5)$$

$$W_{T,x} \approx 1,05 W_{el,x}$$

$$W_{T,y} = 1,2 W_{el,y}$$

Als sichere Näherung ist dieser Ansatz auch bei einfach-symmetrischen Querschnitten zulässig für $W_{T,x}$ für den schwächeren und für $W_{T,y}$ für den stärkeren Gurt.

Bei Biegung um beide Hauptachsen darf an jeder Querschnittsstelle mit dem jeweils größeren Wert W_T oder W_{el} gerechnet werden. Die rechnerische Spannung darf zu σ nicht überschreiten.

Aus den Bedingungen

$$W_T \leq 1,2 W_{el} \text{ und}$$

$$W_T = W_{el} \text{ bei } W_{pl} < W_{el}$$

ergeben sich für die in Tabelle 2 angegebenen Stabformen folgende Verhältnisse W_T/W_{el} :

Bei Trägern, deren Zuggurt aus Stahl höherer Festigkeit besteht als Steg und Druckgurt, ist das als ertragbar angesehene Biegemoment

$$M_T = \frac{M_F + M_{pl}}{2} \leq 1,2 M_F \quad (2b)$$

Hierbei bedeuten:

$M_F = W_{el} \cdot \sigma_F$ Fließmoment. Die Streckgrenze wird in der äußersten Faser auf der Biegezug- oder druckseite erreicht.

$M_{pl} = \sum (|S_x| \cdot \sigma_F)$ vollplastisches Moment. Summe der Absolutwerte der statischen Momente der einzelnen Querschnittsteile mal ihrer Streckgrenze, auf die Spannungs-Nulllinie bei vollplastischer Spannungsverteilung bezogen, siehe auch TGL 13450/02.

Das für die Bemessung zulässige Biegemoment ist M_T/v_F . Außerdem darf die Streckgrenze des Steges nicht überschritten werden, siehe TGL 13500/01, Vollwandträger.

2.1.2. Ermüdungsfestigkeitsnachweis

Durch die Einführung des Betriebsfestigkeitsnachweises soll eine beanspruchungsgerechte Bemessung ermüdungsbeanspruchter Tragwerke erreicht werden. Damit sollen sowohl die Sicherheit der Tragwerke erhöht als auch vorhandene Tragreserven genutzt werden.

Tabelle 2 Verhältnisse W_T/W_{el}

Stabform	Rand	
	oberer	unterer
	1,2	1,2
	1,2	1
	1,2	1,2

Bei der Berechnung von Spannungskollektiven sind die Spannungen unter Berücksichtigung der dynamischen Kräfte oder Schwingbeiwerte zu berechnen. Dabei sind diese Kräfte so anzusetzen, daß durch den kinetischen Kraftanteil die ungünstigste Wirkung hervorgerufen wird.

Als Kollektivendwerte für den Ermüdungsfestigkeitsnachweis gelten bei großen Kollektivumfängen $\max. n > 10^6$ die einmal unter 10^6 Spannungsspielen zu erwartenden Werte $\max. \sigma$ und $\min. \sigma$, siehe Bilder 4a und 4b. Das heißt, daß für den statischen Spannungsnachweis höhere Lastannahmen maßgebend sein können als für den Ermüdungsfestigkeitsnachweis.

Einzelne große Spannungsamplituden, z. B. aus Montagezuständen stationärer Tragwerke, brauchen in den Spannungskollektiven für den Betriebsfestigkeitsnachweis – unabhängig vom Kollektivumfang $\max. n$ – nicht berücksichtigt zu werden.

Die ideale Querkraft (Q_i) nach TGL 13503/01 und /02 ist als Schwelllast ($x = 0$) zu berücksichtigen, wenn die sie erzeugende Kraft entsprechend häufig auftritt.

Wenn nicht offensichtlich feststeht, welcher Nachweis maßgebend ist, muß sowohl der statische Spannungsnachweis als auch der Ermüdungsfestigkeitsnachweis geführt werden.

3. ZULÄSSIGE SPANNUNGEN

3.1. Zulässige Spannungen beim statischen Spannungsnachweis

Durch den statischen Spannungsnachweis ist die erforderliche Sicherheit gegen Fließen oder Bruch des Grundwerkstoffes und der Verbindungsmittel bei statischer Beanspruchung nachzuweisen. Die Sicherheitsfaktoren sind den Tabellen 3 und 4 zu entnehmen. Mit den Sicherheitsfaktoren der Tabellen 3 und 4 ergibt sich das Abstufungsverhältnis der zulässigen Spannungen für die drei Grenzlastfälle zu $H : HZ : S = 1,00 : 1,125 : 1,250$. Bei Verhältnissen $\sigma_F / \sigma_B \leq 0,75$ ist die Streckgrenze für die Bemessung maßgebend: zu $\sigma = \sigma_F / v_F$.

Tabelle 3 Sicherheitsfaktoren für Grundwerkstoff und Schweißverbindungen

Grenzlastfall	v_F	v_B
H	1,50	2,00
HZ	1,33	1,78
S	1,20	1,60

Den zulässigen Spannungen in den Tabellen 7 und 9 der TGL 13500/01 liegen die Sicherheitsfaktoren der Tabelle 3 zugrunde. Das gilt nicht für Grauguß.

Die in TGL 13500/01, Tabelle 7, verwendete Spannungsspielzahl N bezieht sich auf das wiederholte Auftreten von Spannungen in der Größe etwa der zulässigen Spannungen für den statischen Spannungsnachweis. Das entspricht dem Auftreten eines Spannungskollektivs mit einem Kollektivbeiwert $k \approx 1$ und der Größtspannung $\max. \sigma \approx \text{zul } \sigma_{\text{stat}}$. Spannungsspielzahlen $N > 1000$ ergeben sich im Verlaufe der Lebensdauer des Tragwerks z. B. infolge wiederholt eintretender Verkehrslasten. In der Regel führen Wind- oder

Schneelasten nicht zu Spannungsspielzahlen $N > 1000$, da die den Rechenwerten zugrunde liegenden Staudrücke oder Schneehöhen Maximalwerte sind, die jährlich < 1 mal auftreten. Winderregte Schwingungen von Tragwerken oder Tragwerksteilen führen zu Spannungsspielzahlen $N \gg 1000$; in solchen Fällen ist ein Ermüdungsfestigkeitsnachweis erforderlich.

Beim statischen Spannungsnachweis von auf Druck rechtwinklig zur Naht beanspruchten Kehlnähten ist bei $N > 1000$ und $x < 0$ zu berücksichtigen, daß ein gegebenenfalls vorhandener Zugspannungsanteil die zulässige Zugspannung nach TGL 13500/01, Tabelle 7, Zeile 17, nicht überschreiten darf. Entsprechendes gilt für Stumpfnähte, Zeile 7 und 10. Für Baustähle, die nicht in TGL 13500/01 enthalten sind, dürfen die zulässigen Spannungen unter Berücksichtigung von Abschnitt 1.2. aus dem Normwert der Streckgrenze oder 0,2 % Dehngrenze mit den Sicherheitsfaktoren (v_F) nach Tabelle 3 berechnet werden. Bei der Ermittlung der Werte durch Werkstoffprüfung nach Abschnitt 1.2. ist gegen den Mittelwert minus 3 mal Standardabweichung ($m - 3\sigma$) unter Zugrundelegung einer Normalverteilung der Prüfergebnisse mit $v_F' = 0,88 \cdot v_F$ abzusichern. Der Wert 0,88 enthält einen Gleichmäßigkeitsfaktor von $m = 0,9$ und berücksichtigt die durch die Verwendung des Umrechnungsfaktors 10 resultierende Erhöhung der Festigkeitswerte um 2 %, siehe Abschnitt 1.2. Vorausgesetzt wird, daß durch die Werkstoffprüfung die Werte in SI-Einheiten ermittelt wurden.

Bei Baustählen, für die nach Abschnitt 1.2. besondere Festlegungen getroffen sind, ist außerdem die Sicherheit v_B nach Tabelle 3 gegenüber dem Mittel- oder Normwert oder $v_B' = 0,88 v_B$ gegenüber dem statischen ermittelten Mittelwert minus 3 mal Standardabweichung der Zugfestigkeit nachzuweisen.

Den zulässigen Spannungen in Tabelle 8 der TGL 13500/01 liegen die Sicherheitsfaktoren der Tabelle 4 zugrunde.

Tabelle 4 Sicherheitsfaktoren für Schraub- und Nietverbindungen

Grenzlastfall	Abscheren		Zug ²⁾	
	rohe Schrauben v_B	eingepaßte Schrauben, Niete v_B	v_F	v_B
H	2,00	1,67	1,88	2,50
HZ	1,78	1,48	1,67	2,22
S	1,60	1,34	1,50	2,00

Abscheren: zu $\tau_a = \frac{T_B}{v_B}$

Zug: zu $\sigma_z = \frac{\sigma_F}{v_F}$ oder zu $\sigma_z = \frac{\sigma_B}{v_B}$

Hierbei bedeuten:

T_B Scherfestigkeit des Schrauben- oder Nietwerkstoffes

σ_F Streckgrenze des Schraubenwerkstoffes

σ_B Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffes

²⁾ nur für Schrauben

Die zulässige Spannung für Lochleibungsdruck ist bei rohen Schrauben gleich der Streckgrenze des zu verbindenden Grundwerkstoffes:

$$\text{zul } \sigma_1 = \sigma_F, \text{ Grundwerkstoff}$$

Für eingebaute Schrauben gilt:

$$\text{zul } \sigma_1 = 1,167 \sigma_F, \text{ Grundwerkstoff}$$

Bei einbetonierten vorgespannten Ankerschrauben ist der Vorspannungsbau infolge Schwinden und Kriechen des Betons zu beachten, siehe TGL 24889/04.

Die zulässigen Spannungen in Tabelle 9 der TGL 13500/01 gelten nur für Gelenk- und Lagerteile mit geringfügiger Bewegung, z. B. aus Ausgleichsbewegungen der Bauteile infolge Wärmedehnung. Sie gelten nicht für Teile mit größeren Bewegungen, z. B. Stützrollen an teleskopierbaren Teilen.

3.2. Zulässige Spannungen beim Ermüdungsfestigkeitsnachweis

3.2.1. Allgemeines

Die zulässigen Spannungen hängen ab vom Werkstoff, von der Bauteilgröße, von der konstruktiven Gestaltung und Ausführung (Kerbfall), von der Zahl der Spannungsspiele, vom Spannungsverhältnis (α) und von der Form des Spannungskollektivs.

In TGL 13500/01 sind Normkollektive (idealisierte Spannungskollektive) angegeben, für die Tragfähigkeitswerte

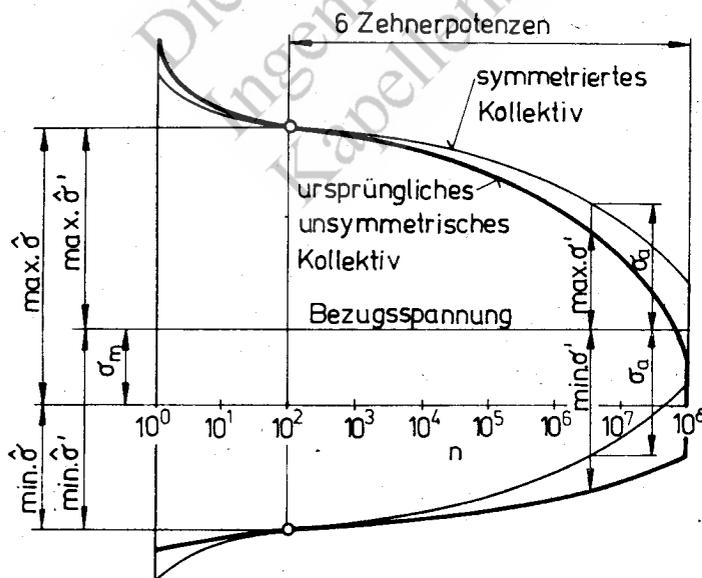
experimentell ermittelt wurden und auf deren Grundlage die Bemessung erfolgt. Die Normkollektive sind symmetrische k-Kollektive auf der Basis der durch eine halbe Binomialverteilung angenäherten Halbnormalverteilung der Spannungsmaxima oder -minima. Der Kollektivumfang beträgt $\text{max. } n_k = 10^6$ Spannungsspiele.

Obwohl die zulässigen Spannungen $\sigma_{Be} = \gamma \cdot \text{zul } \sigma_{D, z}$ für symmetrische, normalverteilte Spannungskollektive bestimmt wurden, sollen die folgenden rechnerischen Verfahren auch für gemessene, berechnete oder anderweitig festgelegte Spannungskollektive gelten, die nicht normalverteilt und symmetrisch sind. Insbesondere gilt das für das im Abschnitt 3.2.4. dargestellte Verfahren. Für erheblich von den Voraussetzungen abweichende Fälle können in den Standards der Stahlbau-Fachgebiete ergänzende Regelungen getroffen werden.

Die Völligkeit der Normkollektive ist durch den Kollektivbeiwert k festgelegt. Für die Bestimmung des Kollektivbeiwertes wird die Mittelspannung $\sigma_m = \frac{1}{2} (\text{max. } \hat{\sigma} + \text{min. } \hat{\sigma})$ als Bezugsspannung verwendet. Dabei sind $\text{max. } \hat{\sigma}$ und $\text{min. } \hat{\sigma}$ die Kollektivendwerte. Bei großen Kollektivumfängen $\text{max. } n > 10^6$ sind das diejenigen Kollektivgrößt- und -kleinstwerte, die einmal unter 10^6 Spannungsspielen zu erwarten sind, d. h. deren Wahrscheinlichkeit gleich 10^{-6} ist.

Im Bild 4 sind zwei Beispiele für unsymmetrische Spannungskollektive unterschiedlichen Kollektivumfangs $\text{max. } n$ (Anzahl der innerhalb der geforderten Betriebsdauer zu erwartenden Spannungsspiele) dargestellt.

Beispiele für Kollektive
a) größerer Umfang ($\text{max. } n = 10^6$)



b) kleinerer Umfang ($\text{max. } n = 10^5$)

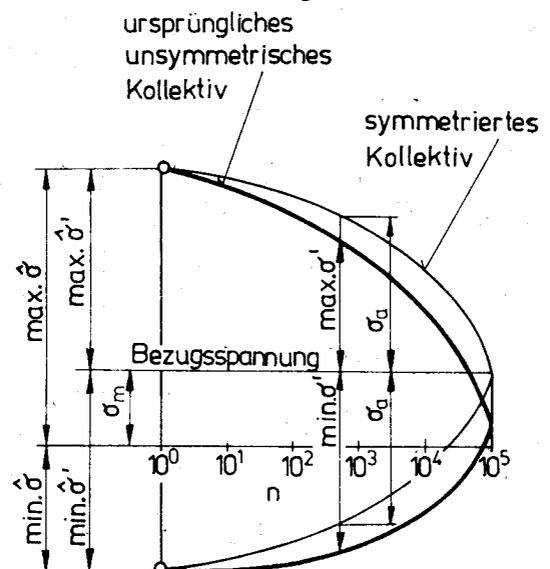


Bild 4

Unterteilung des symmetrierten Kollektivs zur Berechnung des Völligkeitsmaßes v

a) bei größerem Umfang

b) bei kleinerem Umfang

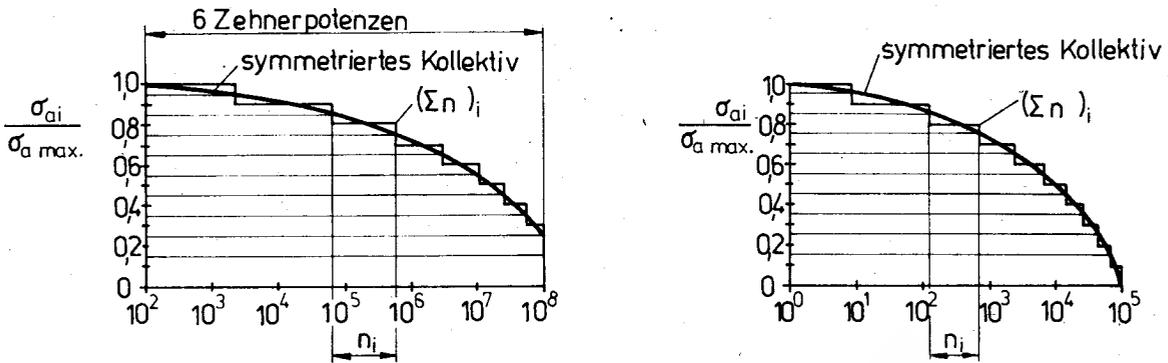


Bild 5

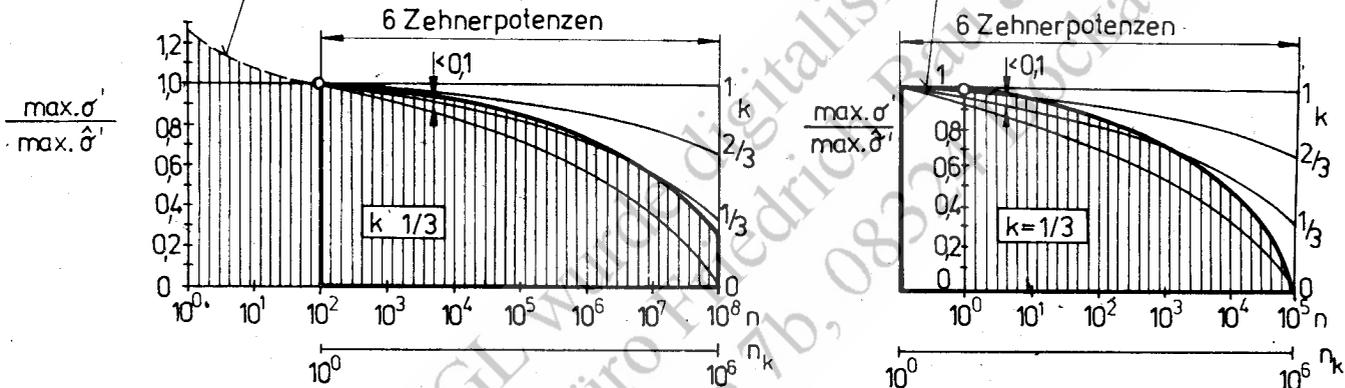
Visuelle Zuordnung des symmetrierten Kollektivs zu einem Normkollektiv

a) bei größerem Umfang

b) bei kleinerem Umfang

weglassen

erweitern



schräffiert: vorhandenes, symmetriertes Kollektiv

stark umrandet: korrigiertes Kollektiv

Bild 6

In beiden Beispielen sind

$$\kappa = \frac{\min. \hat{\sigma}}{\max. \hat{\sigma}} < 0$$

$$\sigma_m = \frac{1}{2} (\max. \hat{\sigma} + \min. \hat{\sigma}) > 0$$

Hierbei bedeuten:

$\max. \hat{\sigma}, \min. \hat{\sigma}$ betragsmäßig größerer, kleinerer Kollektivendwert, gemessen von der Spannungsnulllinie aus

$\max. \hat{\sigma}', \min. \hat{\sigma}'$ betragsmäßig größtes Spannungsmaximum, -minimum, gemessen von der Bezugsspannung σ_m aus

$\max. \sigma', \min. \sigma'$ Betrag des Spannungsmaximums, -minimums, gemessen von der Bezugsspannung σ_m aus, das n_k mal erreicht oder überschritten wird.

Zuordnung der Spannungskollektive zu den Normkollektiven:

Die gemessenen, berechneten oder anderweitig festgelegten, im allgemeinen unsymmetrischen Spannungskollektive

sind zur Festlegung eines Zahlenwertes für den Kollektivbeiwert k den symmetrischen Normkollektiven zuzuordnen. Bei großen Kollektivumfängen $\max. n > 10^6$ werden hierbei nur die letzten sechs Zehnerpotenzen des Spannungskollektivs berücksichtigt.

Vor der Zuordnung erfolgt die Symmetrierung der Spannungskollektive bezüglich der Kollektivendwerte $\max. \hat{\sigma}'$ und $\min. \hat{\sigma}'$, siehe Bild 4.

Die Spannungsamplitude im symmetrischen Kollektiv ergibt sich an einer beliebigen Stelle zu

$$\sigma_a = \frac{1}{2} (\min. \sigma' + \max. \sigma') \quad (6)$$

Rechnerische Zuordnung:

Die rechnerische Zuordnung erfolgt mit Hilfe des Völligkeitsmaßes

$$v = \sqrt[6]{\frac{\sum [n_i (\sigma_{ai} / \sigma_{a \max})^6]}{\sum n_i}} \quad (7)$$

das bei großem Kollektivumfang $\max.n > 10^6$ nur für die letzten sechs Zehnerpotenzen des Spannungskollektivs ermittelt wird. Für das im Bild 4a dargestellte Beispiel mit $\max.n = 10^8$ wird v also für den Bereich von $n = 10^2$ bis 10^8 berechnet.

Das symmetrierte Spannungskollektiv wird zur numerischen Berechnung von v in 10 Stufen unterteilt, siehe Bild 5.

Die Auswertung der Formel (7) erfolgt nach Tabelle 5. Die Werte der Spalten $(\Sigma n)_i$ und n_i sind vor der Berechnung jeweils zu ermitteln.

Tabelle 5 Zahlenwerte für die Unterteilung des symmetrierten Spannungskollektivs

i	$\frac{\sigma_{ai}}{\sigma_{a \max.}}$	$(\Sigma n)_i$ ablesen bei $\frac{\sigma_{ai}}{\sigma_{a \max.}}$	$(\Sigma n)_i$	$n_i = (\Sigma n)_i - (\Sigma n)_{i-1}$	$(\sigma_{ai}/\sigma_{a \max.})^6$
1	1,0	0,95			1
2	0,9	0,85			0,531
3	0,8	0,75			0,262
4	0,7	0,65			0,118
5	0,6	0,55			0,0467
6	0,5	0,45			0,0156
7	0,4	0,35			0,00410
8	0,3	0,25			0,000729
9	0,2	0,15			0,000064
10	0,1	0			0,000001

Die Zuordnung des Spannungskollektivs zu einem Normkollektiv mit dem Kollektivbeiwert k erfolgt unter der Bedingung $v \leq v_k$ (8)

Die Völligkeitsmaße v_k für die Normkollektive sind Tabelle 6 zu entnehmen.

Tabelle 6 Völligkeitsmaße der Normkollektive

v_k	0,353	0,507	0,737	1
k	0	1/3	2/3	1

Visuelle Zuordnung:

Das symmetrierte Spannungskollektiv wird zuerst auf den Umfang $\max.n_k = 10^6$ gebracht. Das geschieht bei Spannungskollektiven mit $\max.n > 10^6$ durch Abschneiden – Kollektivgrößtwert $\max.\hat{\sigma}$ und Völligkeitsmaß v ändern sich hierdurch etwa reziprok zueinander –, bei $\max.n < 10^6$ durch Erweiterung – Kollektivgrößtwert und Völligkeitsmaß werden hierbei nicht verändert –, siehe Bild 6a und 6b. Bei der Zuordnung des korrigierten Kollektivs zu einem Normkollektiv sind folgende Bedingungen zu erfüllen, siehe Bild 6a und 6b:

- die Fläche unter dem korrigierten Kollektiv muß etwa derjenigen unter dem Normkollektiv entsprechen.
- Die Überschreitung der Spannungswerte des Normkollektivs durch diejenigen des korrigierten Kollektivs muß unter 10 % liegen, bezogen auf den Kollektivgrößtwert.

Tabelle 7 Ordinaten $\frac{\sigma_a}{\sigma_{a \max.}}$ der Normkollektive

$\lg n_k$	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	1
0	1	1	1	1
1,0	0,927	0,952	0,975	1
2,0	0,836	0,890	0,944	1
3,0	0,723	0,814	0,906	1
4,0	0,576	0,716	0,856	1
5,0	0,372	0,579	0,787	1
6,0	0	0,333	0,667	1

3.2.2. Grundwerte der zulässigen Spannungen

Die zulässigen Spannungen (zul $\sigma_{D, \kappa}$) basieren auf Grundwerten der ertragbaren Spannungen (ertr. $\sigma_{D, -1}$), die für das Spannungsverhältnis $\kappa = -1$, für Normkollektive mit dem Kollektivbeiwert $k = 1$ (Einstufenkollektiv) und die Spannungsspielzahl $N_D = 2 \cdot 10^6$ durch Versuche an Kleinproben ermittelt wurden (Überlebenswahrscheinlichkeit $P_u = 90\%$).

Tabelle 8 Grundwerte ertr. $\sigma_{D, -1}$ in N/mm²

Kerbfall	ertr. $\sigma_{D, -1}$			
	S 38/24	S 45/30	S 52/36	S 60/45
0	144	154	163	174
1	131	136	141	146
2	113			
3	94			
4	75			
5	58			
6	45			
7	35			
8	28			
9	21			

Aus den in Tabelle 8 angegebenen Grundwerten (ertr. $\sigma_{D, -1}$) ergeben sich mit einer Sicherheit von $v_D = 1,20$, Kerbfälle 0, und $v_D = 1,25$, Kerbfälle 1 bis 9, zulässige Spannungen

$$\text{zul } \sigma_{D, -1} (\text{Kleinteile}) = \frac{\text{ertr. } \sigma_{D, -1}}{v_D} \quad (9)$$

Tabelle 9 Zulässige Spannungen zu $\sigma_{D,-1}$ für Kleinteile in N/mm^2

Kerbfall	zul $\sigma_{D,-1}$			
	S 38/24	S 45/30	S 52/36	S 60/45
0	120	128	136	145
1	105	109	113	117
2	90			
3	75			
4	60			
5	46			
6	36			
7	28			
8	22			
9	17			

Zur Berücksichtigung der an großen, eigenspannungsbehafteten Bauteilen ermittelten Versuchsergebnisse, die zum Teil bedeutend unter denjenigen von weitgehend eigenspannungsfreien Kleinproben liegen, wurden die Werte zu $\sigma_{D,-1}$ (Kleinteile) zur Festlegung der in TGL 13500/01, Tabellen 10a und 10b, angegebenen zulässigen Spannungen (zu $\sigma_{D,x}$) für Bauteile mit dem Faktor α , siehe Tabelle 10, abgemindert.

Tabelle 10 Abminderungsfaktoren α

Kerbfall	0 bis 4	5	6	7	8	9
α	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95

Die so festgelegten zulässigen Spannungen nach TGL 13500/01, Tabellen 10a und 10b, weisen gegenüber den an großen Bauteilen ermittelten Versuchsergebnissen Überlebenswahrscheinlichkeiten von 97,7 % auf.

Geschweißte und ungeschweißte Teile, die in ihren Abmessungen den Kleinproben, z. B. Werkstoffproben, entsprechen, dürfen ohne Abminderung der Werte zu $\sigma_{D,-1}$ (Kleinteile) bemessen werden. Die ohne Abminderung berechneten zulässigen Spannungen (zu $\sigma_{D,x}$) weisen gegenüber den an einer großen Anzahl von Kleinproben ermittelten Versuchsergebnissen folgende Überlebenswahrscheinlichkeiten auf:

Kerbfall	$P_{\bar{u}}$ %
0	99,93
1	99,98
2 bis 9	99,27

Die vom Spannungsverhältnis (x) abhängigen zulässigen Spannungen (zu $\sigma_{D,x}$) werden durch Multiplikation der Werte zu $\sigma_{D,-1}$ (Kleinteile) mit einem Faktor γ_x berechnet. Die Faktoren γ_x werden nach Tabelle 11 berechnet.

$$\text{zul } \sigma_{D,x} = \gamma_x \cdot \text{zul } \sigma_{D,-1} \text{ (Kleinteile)} \quad (10)$$

Tabelle 11 Faktoren γ_x

Bereich	γ_x	
	Kleinteile	Bauteile
$-1 \leq x \leq +0,5$ (Zug)	$\frac{2}{2 - (1+x) \frac{1}{3} (4 - \frac{1}{\alpha})}$	$\frac{2\alpha}{1-x}$
$+0,5 \leq x \leq +1$ (Zug)	$\frac{2\alpha}{1-x}$	
$-1 \leq x \leq x_d$ (Druck)	$\frac{2}{2 - (1+x) \left\{ 2 - \frac{1}{\alpha} \left[2 - \frac{1}{3} \left(4 - \frac{1}{\alpha} \right) \right] \right\}}$	$\frac{2\alpha}{2 - (1+x) \left(2 - \frac{1}{\alpha} \right)}$
$x_d \leq x \leq +1$ (Druck)	$\frac{1}{0,6} \cdot \gamma_{x, \text{Zug}}$	$\frac{1}{0,7} \cdot \gamma_{x, \text{Zug}}$

Tabelle 12 Grenzspannungsverhältnisse x_d

Kerbfall	0 bis 4	5	6	7	8	9
Kleinteile	0,917	0,479	0,371	0,289	0,223	0,170
Bauteile	0,394	0,286	0,200	0,130	0,073	0,024

Für Druckbeanspruchung sind die zulässigen Spannungen höher als für Zugbeanspruchung. Das Verhältnis $\gamma_{x, \text{Druck}} / \gamma_{x, \text{Zug}}$ wird mit zunehmender Kerbschärfe der Bauteile größer.

Es wird festgelegt durch den Faktor

$$\alpha = \frac{\text{zul } \sigma_{D,x=0}}{\text{zul } \sigma_{D,x=0}^+}$$

nach Tabelle 13.

Tabelle 13 Faktoren α

Kerbfall	0 bis 4	5	6	7	8	9*
α	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40

Für die zulässige Schubspannung (zu $\tau_{D,x}$) im Grundwerkstoff gelten die $1/\sqrt{3}$ fachen Werte des Kerbfalles 0, in Schweißnähten die $1/\sqrt{2}$ fachen Werte des Kerbfalles 1. Da die so berechneten Werte für Grundwerkstoff und Schweißnähte nur wenig differieren, sind für beide Fälle in TGL 13500/01, Tabelle 10a die $1/\sqrt{3}$ fachen Werte des Kerbfalles 0 angegeben.

3.2.3. Erläuterungen zu den Beanspruchungsgruppen

In TGL 13500/01 sind in Abhängigkeit von der Spannungsspielzahl (N) und der Kollektivvölligkeit, ausgedrückt durch den Kollektivbeiwert (k), Beanspruchungsgruppen angegeben, denen Betriebsfestigkeitsfaktoren (γ) zugeordnet sind. Die Beanspruchungsgruppen gelten für verschiedene Paarungen Spannungsspielzahl – Kollektivvölligkeit, für die gleiches Schädigungsvermögen vorausgesetzt wird, z. B.: Beanspruchungsgruppe B 4 –

$$6 \cdot 10^4 < N \leq 2 \cdot 10^5 \quad k = 1$$

$$2 \cdot 10^5 < N \leq 6 \cdot 10^5 \quad k = 2/3$$

$$6 \cdot 10^5 < N \leq 2 \cdot 10^6 \quad k = 1/3$$

$$2 \cdot 10^6 < N \leq 6 \cdot 10^6 \quad k = 0.$$

Die zulässige Spannung (zul σ_{Be}) wird durch Multiplikation der zulässigen Spannungen (zul $\sigma_{D,x}$) mit den Betriebsfestigkeitsfaktoren (γ) nach TGL 13500/01 berechnet:

$$\text{zul } \sigma_{Be} = \gamma \cdot \text{zul } \sigma_{D,x} \quad (11)$$

Der Betriebsfestigkeitsfaktor (γ) beinhaltet einen Faktor γ_N , der die Spannungsspielzahl (N) berücksichtigt und einen Faktor γ_k , der die Kollektivvölligkeit berücksichtigt, außerdem Sicherheitsfaktoren v_N und v_k .

$$\gamma = \frac{\gamma_N}{v_N} \cdot \frac{\gamma_k}{v_k} \geq \gamma_{B7} \quad (12)$$

Soll die Bemessung nicht für eine der in TGL 13500/01 angegebenen Beanspruchungsgruppen, sondern für eine beliebige Kollektivvölligkeit und eine beliebige Spannungsspielzahl erfolgen, ist nach Abschnitt 3.2.4. zu verfahren.

3.2.3.1. Faktoren zur Berücksichtigung der Spannungsspielzahl (N)

Zur Berücksichtigung der vorgesehenen Spannungsspielzahl werden die zulässigen Spannungen (zul $\sigma_{D,x}$) mit einem Faktor (γ_N) multipliziert. Dieser Faktor beruht auf Wöhlerlinien, die in doppeltlogarithmischer Darstellung als Geraden verlaufen. Sie gelten im Schwingspielbereich von $N = 6 \cdot 10^3$ (Wechselbeanspruchung) oder $N = 6 \cdot 10^4$ (Schwellbeanspruchung) bis zu einer Grenzsprungspielzahl (N_G), die mit zunehmender Kerbschärfe größer wird, siehe Tabelle 14.

Tabelle 14 Grenzsprungspielzahlen $N_G \cdot 10^{-6}$

Kerbfall	0 bis 2	3	4	5	6	7	8	9
Kleinteile	2,00	2,39	2,96	3,82	4,85	6,18	7,80	10,00
Bauteile	2,00	2,48	3,23	4,08	5,05	6,32	7,86	10,00

Die Wöhlerlinien sind festgelegt durch die zulässigen Spannungen (zul $\sigma_{D,x}$) bei $N_D = 2,0 \cdot 10^6$ und den Wöhlerlinienexponenten φ .

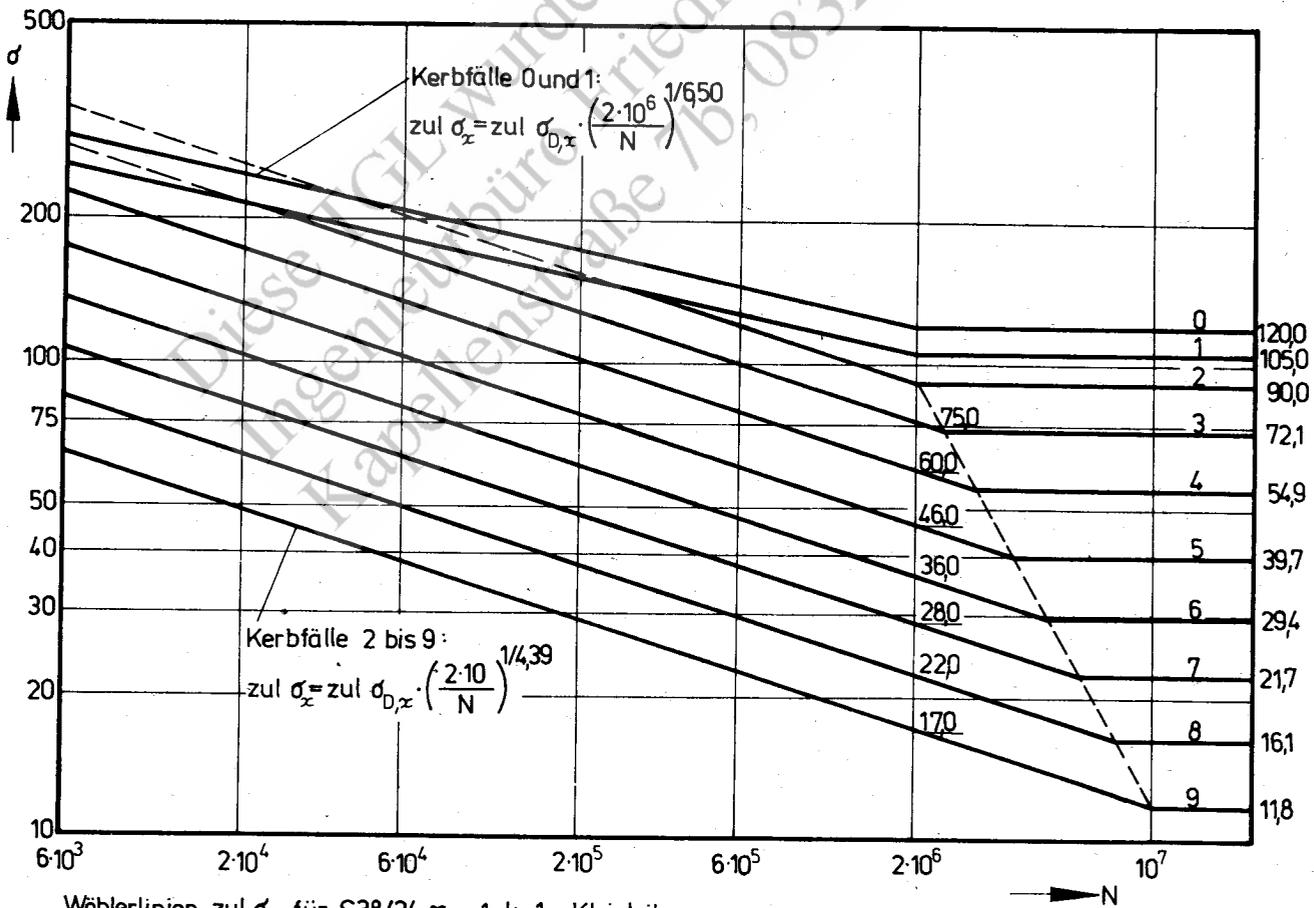
Die Faktoren (γ_N) werden berechnet nach der Formel (13).

$$\gamma_N = \left(\frac{N_D}{N} \right)^{1/\varphi} \quad (13)$$

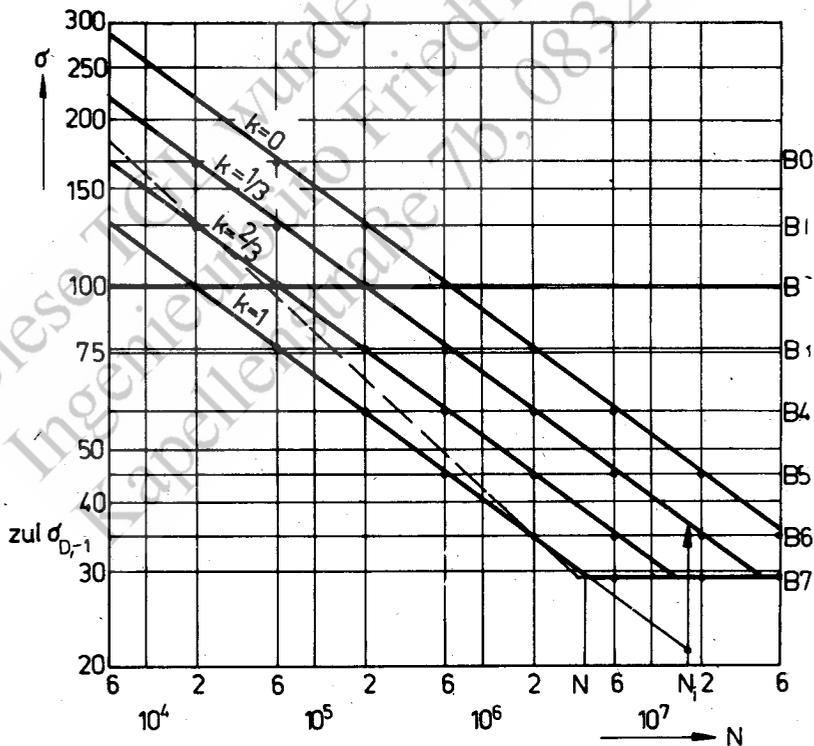
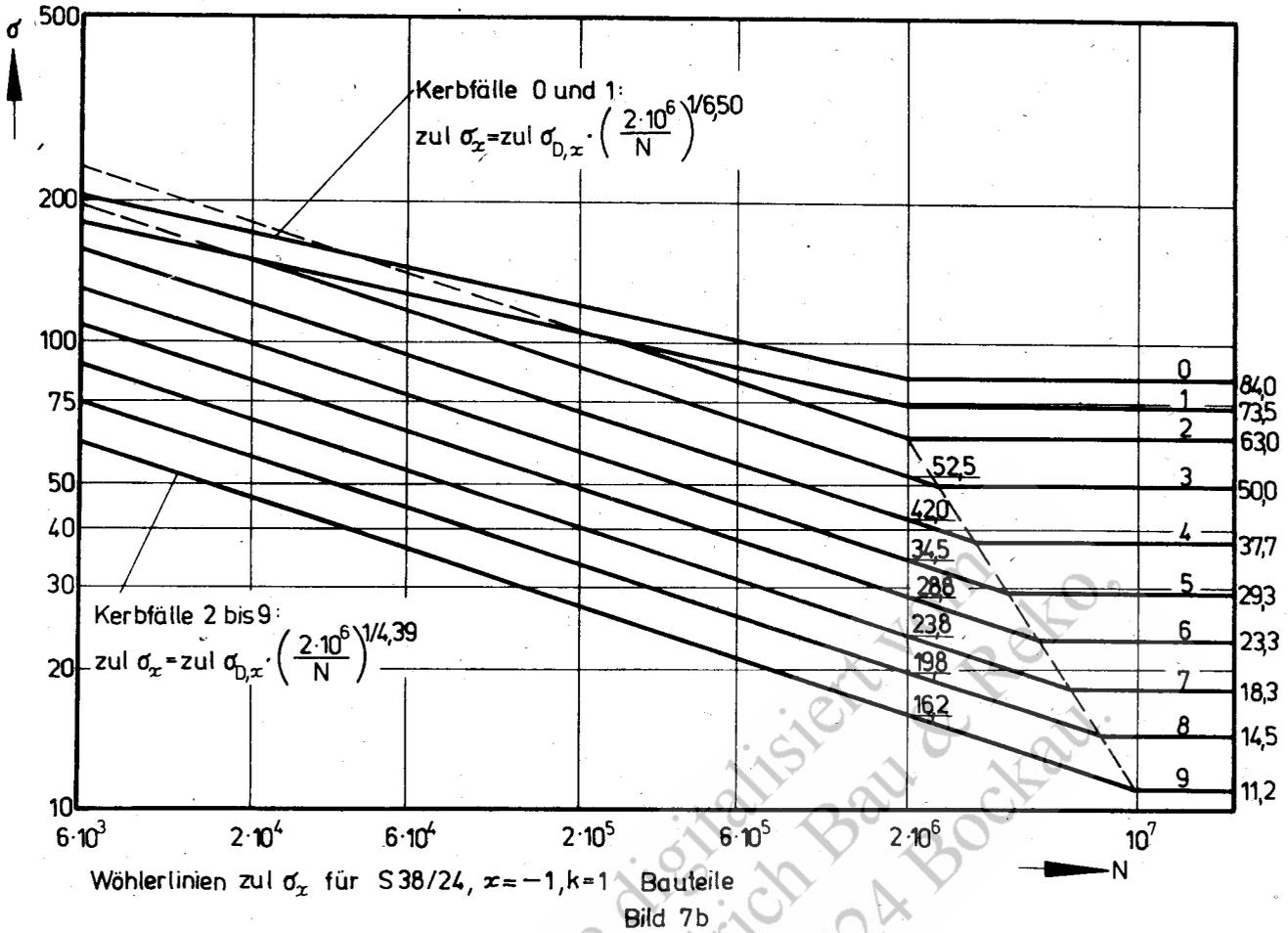
mit $\varphi = 6,5$ für die Kerbfälle 0 und 1

und $\varphi = 3,5$ für die Kerbfälle 2 bis 9.

In den Bildern 7a und 7b sind zur Verdeutlichung der Zusammenhänge Wöhlerlinien (zul σ_x) für $x = -1$ und S 38/24 dargestellt. Da die Wöhlerlinien für die Kerbfälle 0 und 1 einen geringeren Anstieg als diejenigen für die Kerbfälle 2 bis 9 aufweisen, überschneiden sich die Wöhlerlinien der Kerbfälle 2 und 3 mit derjenigen des Kerbfalles 1. In diesem Bereich wird für die Bemessung von Bauteilen der Kerbfälle 2 und 3 die zulässige Spannung des Kerbfalles 1 maßgebend, siehe TGL 13500/01.



Wöhlerlinien zul σ_x für S38/24, $x = -1$, $k = 1$ Kleinteile
 Bild 7a



Kerbfall 5, $x = -1$ (Bauteile)

Ausgangswöhlerlinie (— — —) $\gamma_N \cdot \alpha \cdot \text{zul } \sigma_{D,-1}$ (Kleinteile)

Betriebsdauerlinien (— — —) $\text{zul } \sigma_{Be} = \gamma \cdot \text{zul } \sigma_{D,-1}$

Beanspruchungsgruppen

Bild 8

Zur Berücksichtigung der mit abnehmender Spannungsspielzahl größer werdenden Wahrscheinlichkeit der Fehleinschätzung des Kollektivumfanges $\max n$ enthalten die Betriebsfestigkeitsfaktoren (γ) in Formel (12) Sicherheitsfaktoren $\gamma_N \geq 1$.

Damit werden die Ausgangswöhlerlinien $\gamma_N \cdot \text{zul } \sigma_{D, \kappa}$ um den Punkt (zul $\sigma_{D, \kappa}$; N_D) gedreht, siehe Bild 8.

Tabelle 15 Sicherheitsfaktoren γ_N

N Spannungsspielzahl	γ_N	
	Kerbfall 0 und 1	Kerbfall 2 bis 9
$2 \cdot 10^4$	1,00	1,30
$6 \cdot 10^4$		1,22
$2 \cdot 10^5$		1,14
$6 \cdot 10^5$		1,07
$2 \cdot 10^6$		1,00

Die Sicherheitsfaktoren für die Kerbfälle 2 bis 9 dürfen nach Formel (14) berechnet werden:

$$\gamma_N = \left(\frac{N_D}{N} \right)^{0,0578} \quad (14)$$

Der Faktor γ_N/γ_k darf auch direkt nach Formel (15) berechnet werden:

$$\frac{\gamma_N}{\gamma_k} = \left(\frac{N_D}{N} \right)^{1/\varphi'} \quad (15)$$

mit $\varphi' = 6,50$ für die Kerbfälle 0 und 1 und $\varphi' = 4,39$ für die Kerbfälle 2 bis 9.

Bei Spannungsspielzahlen $N_i > N_G$ ist der Berechnung des Faktors γ_N/γ_k nach Formel (15) ein weiterer Abfall der Wöhlerlinie über N_G hinaus zugrunde zu legen, siehe Bild 8.

Bei Verwendung der Formel (15) für Spannungsspielzahlen $N > 2 \cdot 10^6$ ergeben sich zulässige Spannungen $\text{zul } \sigma_{\kappa}$, die über der Ausgangswöhlerlinie $\gamma_N \cdot \text{zul } \sigma_{D, \kappa}$ liegen, siehe Bild 8.

Diese Vergünstigung ist gerechtfertigt, da in Wirklichkeit die Wöhlerlinien in diesem Bereich allmählich in den horizontalen Verlauf übergehen.

3.2.3.2. Faktoren zur Berücksichtigung der Kollektivvölligkeit

Zur Berücksichtigung der Kollektivvölligkeit werden die zulässigen Spannungen (zul $\sigma_{D, \kappa}$) mit einem Faktor (γ_k) multi-

pliziert. Die mit abnehmender Kollektivvölligkeit größer werdende Wahrscheinlichkeit der Fehleinschätzung der Kollektivvölligkeit und der Randeinfluß werden durch einen Sicherheitsfaktor γ_k in Formel (12) berücksichtigt.

Tabelle 16 Faktoren γ_k , Sicherheitsfaktoren γ_k

k	0	1/3	2/3	1	
γ_k	Kerbfall 0 und 1	2,20	1,69	1,30	1,00
	Kerbfall 2 bis 9	3,30	2,22	1,49	1,00
γ_k	Kerbfall 0 und 1	1,30	1,19	1,09	1,00
	Kerbfall 2 bis 9	1,50	1,31	1,15	1,00

Die Faktoren γ_k , γ_k und γ_k/γ_k dürfen nach den Formeln (16) bis (18) berechnet werden:

$$\gamma_k = b^{3(1-k)} \quad (16)$$

$$\gamma_k = c^{3(1-k)} \quad (17)$$

$$\frac{\gamma_k}{\gamma_k} = d^{3(1-k)} \quad (18)$$

Tabelle 17 Hilfswerte b, c und d zur Berechnung der Faktoren γ_k , γ_k und $\frac{\gamma_k}{\gamma_k}$

Kerbfall	b	c	d
0 und 1	1,30	1,09	1,19
2 bis 9	1,489	1,145	1,30

3.2.3.3. Gemeinsame Berücksichtigung der Spannungsspielzahl und der Kollektivvölligkeit in Beanspruchungsgruppen

Das Verhältnis der Betriebsfestigkeitsfaktoren zweier benachbarter Beanspruchungsgruppen ist konstant und beträgt

$$\text{für die Kerbfälle 0 und 1 } \frac{\gamma_m}{\gamma_{m+1}} = 1,19 \text{ und}$$

$$\text{für die Kerbfälle 2 bis 9 } \frac{\gamma_m}{\gamma_{m+1}} = 1,30.$$

Im Bild 8 sind die Zusammenhänge zwischen Ausgangswöhlerlinie, Betriebsdauerlinien und den zulässigen Spannungen $\text{zul } \sigma_{Be} = \gamma \cdot \text{zul } \sigma_{D, \kappa}$ auf der Grundlage der Beanspruchungsgruppen am Beispiel des Kerbfalles 5 (Bauteile) für das Spannungsverhältnis $\kappa = -1$ dargestellt.

3.2.4. Betriebsfestigkeitsnachweis für beliebige Kollektivvölligkeit und beliebigen Kollektivumfang

Soll die Bemessung nicht nach einer der in TGL 13500/01 angegebenen Beanspruchungsgruppen erfolgen, erübrigt sich die Zuordnung der Kollektivform zu einem Kollektivbeiwert (k) und der Spannungsspielzahl zu einem der festgelegten Bereiche.

Der Betriebsfestigkeitsnachweis wird dann mit direkter Anwendung des Völligkeitsmaßes (v) und der Spannungsspielzahl (N) geführt. Er kann auch für Kollektive erfolgen, deren Völligkeit geringer als die dem Kollektivbeiwert $k = 0$ entsprechende ist, wobei die Grenze $v = 0,1$ nicht unterschritten werden darf. Das Völligkeitsmaß (v) ist nach Abschnitt 3.2.1. und Formel (7) zu berechnen.

Die in Tabelle 6 angegebene Beziehung zwischen Völligkeitsmaß (v) und Kollektivbeiwert (k) kann nach Formel (19) angenähert und interpoliert werden:

$$k = 1 + \ln v \quad (19)$$

Aus Formel (18) ergibt sich

$$\frac{Y_k}{v_k} = d^{-3 \ln v} = v^{-3 \ln d} \quad (20)$$

Mit den Formeln (11), (12), (15) und Tabelle 17 folgt für die Kerbfälle 0 und 1

$$\text{zul } \sigma_{Be} = \text{zul } \sigma_{D,x} \cdot \left(\frac{2 \cdot 10^6}{N} \right)^{1/6,5} \cdot v^{-0,522} \geq \text{zul } \sigma_{Be(B7)} \quad (21)$$

und für die Kerbfälle 2 bis 9

$$\text{zul } \sigma_{Be} = \text{zul } \sigma_{D,x} \cdot \left(\frac{2 \cdot 10^6}{N} \right)^{1/4,39} \cdot v^{-0,787} \geq \text{zul } \sigma_{Be(B7)} \quad (22)$$

Anstelle des Betriebsfestigkeitsnachweises kann auch ein Betriebsdauernachweis geführt werden, bei dem in Abhängigkeit vom Kollektivgrößtwert $\max \hat{\sigma}$ und den anderen Parametern die zulässige Betriebsdauer berechnet wird.

Für die Kerbfälle 0 und 1 ist

$$\text{zul } N = 2 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{\text{zul } \sigma_{D,x}}{\max \hat{\sigma}} \cdot v^{-0,522} \right)^{6,5}, \quad (23)$$

für die Kerbfälle 2 bis 9 ist

$$\text{zul } N = 2 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{\text{zul } \sigma_{D,x}}{\max \hat{\sigma}} \cdot v^{-0,787} \right)^{4,39}, \quad (24)$$

für $\max \hat{\sigma} = \text{zul } \sigma_{Be(B7)}$ ist $N = \infty$.

Bei hinreichenden Voraussetzungen darf in den Standards der Stahlbau-Fachgebiete oder mit Genehmigung der zuständigen Prüfstelle der Sicherheitsfaktor v_k gegenüber den Tabellen 16 und 17 herabgesetzt werden, insbesondere, wenn durch experimentelle Erprobung oder langjährigen Einsatz größere Erfahrungen über Beanspruchungen und Verhalten der Konstruktion vorliegen.

4. GRUNDSÄTZLICHE REGELN FÜR ALLE BAUTEILE

keine Erläuterungen

5. ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR GESCHRAUBTE UND GENIETETE BAUTEILE

keine Erläuterungen

6. ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR GESCHWEISSTE BAUTEILE

6.6. Beanspruchung rechtwinklig zur Walzebene

Für den Abbau örtlicher Spannungsspitzen aus Schweißeigenspannungen ist eine ausreichende Duktilität des Stahles erforderlich. Als Maß dafür wird die Brucheinschnürung ψ angesehen. Die Mindestbrucheinschnürung für die durch Schweißeigenspannungen beanspruchte Richtung des Bleches beträgt $\psi_{\min.} = 25\%$.

Dieser Kennwert wird in den Standards der Stahlhersteller zur Zeit nicht angegeben. Er wird in Walzebene mit Sicherheit erreicht, in Dickenrichtung jedoch häufig unterschritten. Solche Unterschreitungen können bei entsprechender Beanspruchung – besonders bei hochfesten Stählen – zu Lamellarrissen führen.

Auf Grund der vorliegenden Erfahrungen wird vorausgesetzt, daß bei Baustählen der Festigkeitsklassen S 38/24 und S 45/30 in Dickenrichtung $\psi_{\min.} = 25\%$ erreicht wird. Damit ist die Forderung der TGL 13500/01, Abschnitt 6.6., für diese Werkstoffe erfüllt.

Beim Einsatz von Baustählen der Festigkeitsklassen S 52/36 und S 60/45 für Bauteile, die rechtwinklig zur Walzebene auf Zug beansprucht sind, ist für Blechdicken $s \geq 14$ mm zusätzlich zu TGL 12910 folgendes zu beachten:

- Es sind Bleche einzusetzen, für die die tafelweise festgestellte Brucheinschnürung in Dickenrichtung bekannt ist.

Unter der Voraussetzung, daß die Brucheinschnürung $\psi \geq 25\%$ beträgt, dürfen alle den Regeln der Technik entsprechende Schweißverbindungen angewendet werden.

Bei Brucheinschnürung $\psi < 25\%$ dürfen die Bleche nur eingesetzt werden, wenn an den Anschlußpunkten für die Krafteinleitung in Blechdickenrichtung konstruktive und/oder technologische Maßnahmen getroffen werden, die Schweißeigenspannungen zu senken.

- Kann nachgewiesen werden, daß sich eine Konstruktionsform bewährt hat, darf bei gleicher Stahlmarke und vergleichbaren Konstruktionsformen Grobblech aus Baustählen der Festigkeitsklassen S 52/36 und S 60/45 verwendet werden. Der Nachweis kann erbracht werden z. B. durch Anfertigen von Arbeitsproben, die Durchführung von experimentellen Bauteilprüfungen, die originalgetreue Fertigung von Bauteilen, den Betriebs-einsatz.

Hinweise

Gemeinsam mit TGL 13500/01 Ersatz für TGL 13500 Ausg. 3.72 und TGL 13506/01 Ausg. 12.72

Änderungen gegenüber TGL 13500 und TGL 13506/01: Berechnungsmöglichkeiten und Erläuterungen aufgenommen.

Im vorliegenden Standard ist auf folgende Standards Bezug genommen:

TGL RGW 471-77; TGL 7960; TGL 12910; TGL 13500/01; TGL 13503/01 und /02; TGL 22426; TGL 24889/04; TGL 28192

Tabelle 18 Widerstandsmomente $W_{T,x} = \frac{W_{el} + W_{pl}}{2}$ für symmetrische Walzprofile

I	$W_{T,x} \cdot 10^{-3}$ mm ³	IPE	$W_{T,x} \cdot 10^{-3}$ mm ³	□	$W_{T,x} \cdot 10^{-3}$ mm ³
80	21,2	80	21,6	80	29,2
100	37,0	100	36,8	100	45,1
120	59,2	120	56,9	120	66,7
140	88,7	140	82,9	140	94,6
160	127	160	116	160	127
180	174	180	156	180	165
200	232	200	207	200	210
220	301	220	269	220	269
240	383	240	345	240	329
260	478	270	457	260	407
300	708	300	593	300	584
340	1000	330	759		
360	1180	360	962		
400	1590	400	1230		
		450	1600		
		500	2070		
		550	2610		
		600	3300		

Die Widerstandsmomente $W_{T,x}$ für symmetrische Walzprofile können mit den in den Profiltafeln angegebenen Werten $W_x = W_{el}$ und $S_x = W_{pl}/2$ berechnet werden:

$$W_{T,x} = \frac{W_x}{2} + S_x$$

Hierbei ist S_x das statische Flächenmoment des halben, symmetrischen Profils, bezogen auf die Schwerachse, die gleichzeitig Symmetrieachse und Flächenhalbierende ist.

Tabelle 19 Spannungsquerschnitte für Schrauben

$$A_s = \frac{\pi}{2} \left(\frac{d_2 + d_3}{4} \right)^2$$

Hierbei bedeuten:

d_2 Nenn-Flankendurchmesser

d_3 Nenn-Kerndurchmesser

Gewinde	A_s mm ²
M 8	36,6
M 10	58,0
M 12	84,3
M 16	157
M 20	245
M 22	303
M 24	353
M 27	459
M 30	561
M 33	694
M 36	817
M 39	976
M 42	1121
M 48	1473
M 56	2030
M 64	2776
M 72 · 6	3460
M 80 · 6	4344

Aufbau des Vereinheitlichten Vorschriftenwerkes für den Stahlbau

TGL 13450/01	Stahlbau	Stahltragwerke im Hochbau Berechnung nach zulässigen Spannungen, Bauliche Durchbildung
TGL 13450/02	Stahlbau	Stahltragwerke im Hochbau Berechnung nach dem Traglastverfahren
TGL 13450/03	Stahlbau	Stahltragwerke im Hochbau Berechnung von Dachpfetten und Wandriegeln
TGL 13451	Stahlbau	Altstahl für Stahltragwerke im Hochbau Aufarbeitung, Verwendung
TGL 13452	Stahlbau	Stählerne Theaterbühneneinrichtungen Berechnung, Bauliche Durchbildung
TGL 13460/01	Stahlbau	Stählerne Straßenbrücken Berechnungsgrundlagen
TGL 13460/02	Stahlbau	Stählerne Straßenbrücken Bauliche Durchbildung
TGL 13470	Stahlbau	Stahltragwerke der Hebezeuge Berechnung, Bauliche Durchbildung
TGL 13471	Stahlbau	Stahltragwerke für Kranbahnen Berechnung nach zulässigen Spannungen
TGL 13472	Stahlbau	Stahltragwerke der Tagebaugroßgeräte Berechnung, Bauliche Durchbildung
TGL 13473	Stahlbau	Stahltragwerke für Lastaufnahmemittel Berechnung
TGL 13474	Stahlbau	Stählerne Stapelregale Berechnung, Bauliche Durchbildung
TGL 13480	Stahlbau	Stählerne Antennentragwerke Berechnung, Bauliche Durchbildung
TGL 13481	Stahlbau	Stählerne Bohrerüste Berechnung, Bauliche Durchbildung
TGL 13482	Stahlbau	Stahltragwerke der Schlitzgeräte Berechnung, Bauliche Durchbildung
TGL 13490/01	Stahlbau	Stahlwasserbauten, Tragwerke Berechnung, Bauliche Durchbildung
TGL 0-4118		Fördergerüste für Bergbau Lastannahmen und Berechnungsgrundlagen

TGL 13501	Stahlbau	Stahlrohrtragwerke Berechnung, Bauliche Durchbildung
TGL 13502	Stahlbau	Hochfeste Schraubverbindungen Berechnung, Bauliche Durchbildung
TGL 13503/01	Stahlbau	Stabilität von Stahltragwerken Vorschriften
TGL 13503/02	Stahlbau	Stabilität von Stahltragwerken Erläuterungen u. Berechnungsmöglichkeiten
TGL 13504	Stahlbau	Stahltragwerke Experimentelle Ermittlung der Tragfähigkeit

TGL 13500/01	Stahlbau	Stahltragwerke Berechnung, Bauliche Durchbildung
TGL 13500/02	Stahlbau	Stahltragwerke Erläuterungen und Berechnungsmöglichkeiten

TGL 13510/01	Stahlbau	Ausführung von Stahltragwerken Allgemeine Forderungen, Technische Unterlagen, Werkstoffe
TGL 13510/02	Stahlbau	Ausführung von Stahltragwerken Bearbeitung der Einzelteile und Zusammenbau
TGL 13510/03	Stahlbau	Ausführung von Stahltragwerken Niet- und Schraubverbindungen
TGL 13510/04	Stahlbau	Ausführung von Stahltragwerken Schweißverbindungen
TGL 13510/05	Stahlbau	Ausführung von Stahltragwerken Lagerung und Transport
TGL 13510/06	Stahlbau	Ausführung von Stahltragwerken Montage
TGL 13510/07	Stahlbau	Ausführung von Stahltragwerken Grenzabweichung für Maße ohne Toleranz- angabe, zul. Form- und Lageabweichungen
TGL 13510/08	Stahlbau	Ausführung von Stahltragwerken Korrosionsschutz
TGL 13510/09	Stahlbau	Ausführung von Stahltragwerken Prüfung und Kontrolle

TGL 7960	Allgemeine Baustähle Stahlmarken, Allgemeine technische Forderungen
TGL 22426	Höherfeste schweißbare Baustähle Stahlmarken, Allgemeine technische Forderungen
TGL 28192	Korrosionsträge Baustähle Stahlmarken, Technische Forderungen
TGL 11776/01	Ausführungsklassen für Schweißverbindungen Schmelzschweißen von Stahl
TGL 12910	Werkstoffauswahl für Konstruktionen aus allgemeinen Baustählen