

Stahlwasserbauten

Berechnungsgrundlagen

DIN
19 704

Hydraulic steel structures; criteria for design and calculation

Die von außen auf eine Baukonstruktion einwirkenden Kräfte, z. B. Gewichtskräfte, Windkräfte usw., werden in dieser Norm auch als Lasten, Belastungen bezeichnet.

Bei der Umstellung auf die gesetzliche Krafteinheit Newton (N) ist im Rahmen des Anwendungsbereiches dieser Norm, mit Ausnahme der Umrechnung der Dichte, $1 \text{ kp} = 0,01 \text{ kN}$ oder $1 \text{ Mp} = 10 \text{ kN}$ zu setzen.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Geltungsbereich	2	6.4.2 Stabilitätsnachweis (Nachweis der Sicherheit gegen Knicken, Kippen und Beulen)	5
2 Anwendungsbereich	2	6.4.3 Formänderungsnachweis	5
3 Zu beachtende Normen und Vorschriften	2	6.4.4 Dauerfestigkeitsnachweis	6
4 Lastannahmen und Lastfälle	2	6.4.5 Standsicherheitsnachweis	6
4.1 Lastannahmen	2	6.5 Besonderheiten für bestimmte Bauformen und Bauteile	6
4.2 Lastfälle	2	6.5.1 Fachwerkträger	6
4.2.1 Normale Betriebsfälle (NB)	2	6.5.2 Bleche	6
4.2.2 Besondere Betriebsfälle (BB)	2	6.5.2.1 Voll mittragende Breite	6
4.2.3 Außergewöhnliche Lastfälle (AL)	3	6.5.2.2 Berechnungsweise ebener Bleche mit Biegebeanspruchung	6
5 Lastgrößen	3	6.5.3 Anschlüsse und Stöße	9
5.1 Eigengewicht einschließlich gewichtserhöhender Einflüsse	3	6.5.4 Laufschiene	9
5.2 Hydrostatische und hydrodynamische Lasten	3	6.6 Zulässige Spannungen	9
5.3 Eis	3	6.6.1 Bauteile	9
5.3.1 Eisdruck, Eisstoß	3	6.6.2 Verbindungsmittel	9
5.3.2 Eisauflast	3	6.6.3 Schweißnähte	9
5.4 Schiffsstoß	3	6.7 Berücksichtigung von Korrosionswirkungen	10
5.5 Schiffsreibung	3	7 Bemessung der Maschinenteile	10
5.6 Temperatureinflüsse	3	7.1 Lastannahmen und Lastfälle	10
5.7 Wind	4	7.1.1 Ermittlung der Antriebskräfte	10
5.7.1 Windrichtung und Windlast	4	7.1.2 Antriebsleistung	10
5.7.2 Windangriffsflächen	4	7.2 Spannungsnachweise	10
5.8 Änderungen der Stützbedingungen	4	7.2.1 Nachweis unter Zugrundelegung der Streckgrenze des Werkstoffes	12
5.9 Verkehrslast	4	7.2.2 Nachweis unter Zugrundelegung der Dauerfestigkeit des Werkstoffes	12
5.10 Reibungskräfte	4	7.2.3 Zulässige Vergleichsspannungen	12
5.10.1 Gleitreibungszahlen	4	7.3 Bemessung spezieller Maschinenteile	12
5.10.2 Wälzreibungskräfte	4	7.3.1 Wellen	12
5.11 Wasserwiderstände bei Bewegungsvorgängen	4	7.3.2 Zahnräder und Zahnstangen	12
5.12 Massenkräfte bei Bewegungsvorgängen	4	7.3.3 Huborgane	12
5.13 Antriebskräfte	4	7.3.3.1 Laschenketten	12
5.14 Schließdruck	4	7.3.3.2 Triebstockketten	13
6 Bemessung der Stahlkonstruktionen	4	7.3.3.3 Triebstöcke und Zahnstangen	13
6.1 Inhalt der Berechnungen	4	7.3.3.4 Drucksteife Ketten	13
6.2 Werkstoffkennwerte	4	7.3.3.5 Rundstahlketten	13
6.3 Berechnungsverfahren	5	7.3.4 Seiltriebe	13
6.4 Nachweise	5	7.3.5 Ölhydraulische Antriebe	14
6.4.1 Allgemeiner Spannungsnachweis	5	7.3.6 Hertzsche Pressungen	14
6.4.1.1 Niet- und Schraubverbindungen	5		
6.4.1.2 Schweißverbindungen	5		

Fortsetzung Seite 2 bis 15
Erläuterungen Seite 15

1 Geltungsbereich

Diese Norm gilt für die Berechnung von Stahlwasserbauten. Sie gilt nicht für Stahlkonstruktionen, wie z. B. Dalben, Leitwerke, Landungsanlagen, Uferbefestigungen und für sonstiges zu solchen Bauwerken gehörendes Zubehör sowie für Rohrleitungen.

2 Anwendungsbereich

Die Norm ist anzuwenden für alle Stahlkonstruktionen, die unmittelbar oder mittelbar eine Belastung durch Wasser, sei es statisch, z. B. durch Auflast, seitlichen Druck oder Auftrieb oder sei es dynamisch aus der Bewegung des Wassers oder der bewegten Konstruktionen, erfahren sowie alle zur Bewegung derartiger Konstruktionen erforderlichen maschinellen Einrichtungen. Stahlkonstruktionen, die in Verbindung mit derartigen Anlagen errichtet werden, jedoch keine Belastung aus dem Wasser erfahren, sind allein nach den dafür einschlägigen Bestimmungen zu berechnen.

Sofern Stahlwasserbauten nach ihrer Art zugleich anderen Bestimmungen unterliegen, sind auch diese zu berücksichtigen.

3 Zu beachtende Normen und Vorschriften

Die für Stahlwasserbauten wichtigen Normen sind nachstehend aufgeführt; sie sind in der jeweils gültigen Fassung anzuwenden, soweit in dieser Norm nicht anders bestimmt ist. Weitere Normen und Vorschriften sind je nach Geltungsbereich zu berücksichtigen.

DIN 1045	Beton- und Stahlbetonbau; Bemessung und Ausführung
DIN 1055 Teil 4	Lastannahmen im Hochbau; Verkehrslasten – Windlast
DIN 4101	Geschweißte stählerne Straßenbrücken; Berechnung und bauliche Durchbildung
DIN 4114 Teil 1	Stahlbau; Stabilitätsfälle (Knickung, Kippung, Beulung); Berechnungsgrundlagen, Vorschriften
DIN 4114 Teil 2	Stahlbau; Stabilitätsfälle (Knickung, Kippung, Beulung); Berechnungsgrundlagen, Richtlinien
DIN 19 700 Teil 1	Stauanlagen; Richtlinien für den Entwurf, Bau und Betrieb von Talsperren
DIN 19 700 Teil 2	Stauanlagen; Richtlinien für den Entwurf, Bau und Betrieb von Wehren
DIN 19 702	Berechnung der Standsicherheit von Wasserbauten; Richtlinien
DIN 19 705	Stahlwasserbauten; Bauliche Durchbildung
DV 804	Berechnungsgrundlagen für stählerne Eisenbahnbrücken (BE) der Deutschen Bundesbahn ¹⁾
DV 827	Technische Vorschriften für Stahlbauwerke (TVSt) der Deutschen Bundesbahn ¹⁾
DV 848	Vorschriften für geschweißte Eisenbahnbrücken der Deutschen Bundesbahn ¹⁾

Richtlinien für die Ausrüstung der Schleusen der Binnenschiffahrtsstraßen. Herausgegeben vom Bundesminister für Verkehr.

¹⁾ Zu beziehen durch die Bundesbahndirektion Hannover, Drucksachenlager Minden, Schwarzer Weg 8, 495 Minden.

4 Lastannahmen und Lastfälle

4.1 Lastannahmen

Stahlwasserbauten werden belastet durch:

Eigengewicht einschließlich gewichtserhöhender Einflüsse
Hydrostatische und hydrodynamische Last

Eisdruck, Eisstoß und Eisaufast

Schiffsstoß

Schiffsreibung

Temperatureinflüsse

Wind

Änderung der Stützbedingungen

Verkehrslast

Reibungskräfte

Wasserwiderstände bei Bewegungsvorgängen

Massenkräfte bei Bewegungsvorgängen

Antriebskräfte

Schließdruck

4.2 Lastfälle

Je nach der Häufigkeit der auftretenden Belastungen und je nach der Wahrscheinlichkeit ihres Zusammentreffens werden durch Zusammenfassung der in Abschnitt 4.1 genannten Einflüsse die Lastfälle nach Abschnitt 4.2.1 bis Abschnitt 4.2.3 gebildet.

4.2.1 Normale Betriebsfälle (NB)

Als Normale Betriebsfälle gelten die Belastungen aus Eigengewicht und die hydrostatischen Belastungen, die sich bei häufig auftretenden ungünstigen Wasserstandsunterschieden zwischen Oberwasser und Unterwasser unter Berücksichtigung häufig vorkommender Einflüsse aus Tidebewegung, Schwall, Sunk und Windstau ergeben können. Ferner sind im Bereich dieser Wasserstände als Belastung zu berücksichtigen die ungünstigsten hydrodynamischen Wirkungen, die ungünstigsten Reibungskräfte, Wasserwiderstände und Massenkräfte bei Bewegungsvorgängen und Gewichtserhöhungen, welche durch mitgenommenes Wasser, Bewuchs, Verschmutzung oder anhaftendes Eis bedingt sind, sowie etwaige Belastungen aus Verkehr.

4.2.2 Besondere Betriebsfälle (BB)

Als Besondere Betriebsfälle gelten die seltener vorkommenden Belastungen, die über die nach Abschnitt 4.2.1 hinausgehen und Instandsetzungen. Diese Belastungen sind als gleichzeitig auftretend nur zu berücksichtigen, wenn ihr Zusammentreffen möglich und wahrscheinlich ist. Hierzu gehören die Belastungen nach Abschnitt 4.2.2.1 bis Abschnitt 4.2.2.8.

4.2.2.1 Hydrostatische und hydrodynamische Belastungen bei außergewöhnlichen Wasserständen, bei besonderen Sturmflutwasserständen sowie bei Wasserstandsänderungen, die z. B. infolge Eisversetzung und plötzlichem Sperren der Durchflußquerschnitte (z. B. bei Netzzusammenbruch) auftreten.

4.2.2.2 Erhöhte Belastungen infolge Behinderung der Bewegungsvorgänge durch Festfrieren, Schäden an den Lagern und Laufrollen, Festklemmen von Fremdkörpern und ungleichmäßige Verteilung der Reibungskräfte.

4.2.2.3 Eisdruck, Eisstoß und Eisaufast, soweit letztere nicht durch den Zuschlag im Abschnitt 5.1 abgegolten ist.

4.2.2.4 Schiffsreibung

4.2.2.5 Änderungen der Stützbedingungen, z. B. ungleichmäßige Setzungen und Verformungen der Gründungsbauwerke.

4.2.2.6 Unsymmetrische Belastungen bei Tragwerken, die im allgemeinen nur für die Aufnahme einer symmetrischen Belastung geeignet sind.

4.2.2.7 Temperatureinflüsse

4.2.2.8 Windlast

4.2.3 Außergewöhnliche Lastfälle (AL)

Als Außergewöhnliche Lastfälle gelten die beim Transport, während des Baues und in sonstigen Ausnahmefällen vorkommenden Belastungen, Veränderung des Auftriebs durch Leckwerden von Luftkammern und Schwimmern und Schiffsstöße beim Reißen der Trossen. Dabei sind z. B. auch Wind, einseitiger Wasserdruck und Wasserüberdruck zu berücksichtigen.

Diese Belastungen sind als gleichzeitig auftretend nur zu berücksichtigen, wenn ihr Zusammentreffen möglich und wahrscheinlich ist.

5 Lastgrößen

5.1 Eigengewicht einschließlich gewichtserhöhender Einflüsse

Zum Eigengewicht gehört das Gewicht der Konstruktionsteile, Maschinenteile, Ausrüstungen, Schutzvorrichtungen und des Anstrichs. Stahl- und Maschinenteile sind bei einer Dichte von $7,85 \text{ t/m}^3$ mit einer Lastgröße von 77 kN/m^3 ($7,85 \text{ Mp/m}^3$), Holzteile bei einer Dichte von 1 t/m^3 mit $9,81 \text{ kN/m}^3$ (1 Mp/m^3) anzusetzen.

Sofern nicht ein höheres Gewicht vorgeschrieben wird, ist für den Anstrich mit einer Belastung von mindestens 10 N/m^2 (1 kp/m^2) Anstrichfläche, für anhaftendes Wasser, Eis, Bewuchs und Verschmutzung für die im Betrieb aus dem Wasser herauszuhebenden Teile eine Belastung von 50 N/m^2 (5 kp/m^2) Oberfläche anzunehmen. Als Oberfläche gilt die Anstrichfläche. Diese Zuschläge sind nur zu berücksichtigen, wenn sie im ungünstigen Sinne wirken.

5.2 Hydrostatische und hydrodynamische Lasten

Das Wasser von Binnengewässern ist bei einer Dichte von 1 t/m^3 mit einer Lastgröße von $9,81 \text{ kN/m}^3$ (1 Mp/m^3) und Meerwasser bei einer Dichte von $1,04 \text{ t/m}^3$ mit $10,2 \text{ kN/m}^3$ ($1,04 \text{ Mp/m}^3$) anzunehmen, sofern die örtlichen Verhältnisse nicht andere Werte bedingen.

Die hydrostatischen und hydrodynamischen Lasten einschließlich Windstau, Schwall und Sunk sind den örtlichen Verhältnissen entsprechend zu ermitteln. Bei Verschlüssen, die durch Wellendruck belastet werden, darf das Lastbild mit Hilfe von Näherungsrechnungen ermittelt werden.

Der Auftrieb ist für alle unter Wasser kommenden Konstruktionsteile zu berücksichtigen.

5.3 Eis

5.3.1 Eisdruck, Eisstoß

Eisdruck und Eisstoß sind, sofern die örtlichen Verhältnisse und die Art des Bauwerkes nicht andere Werte bedingen, dadurch zu berücksichtigen, daß

5.3.1.1 im Binnengebiet

für die Stauwände und ihre Aussteifungen sowie für das Haupttragwerk das Wasserdruckdreieck vom Wasserspiegel auf 1 m Tiefe

- a) in Gewässern mit starker Eisbildung (Eisdecke $\geq 30 \text{ cm}$) durch einen gleichmäßigen Flächendruck von 30 kN/m^2 (3 Mp/m^2)
- b) in Gewässern mit mäßiger Eisbildung (Eisdecke bis 30 cm) durch einen gleichmäßigen Flächendruck von 20 kN/m^2 (2 Mp/m^2)

ersetzt wird.

5.3.1.2 im Küstengebiet²⁾

für die Stauwände und ihre Aussteifungen neben der hydrostatischen Last im Bereich von $0,5 \text{ m}$ über Wasserspiegel, bis $0,5 \text{ m}$ unter Wasserspiegel

- a) bei starker Eisbildung und Eisversatz ein gleichmäßiger Flächendruck von 100 kN/m^2 (10 Mp/m^2)
- b) bei mäßiger Eisbildung ein gleichmäßiger Flächendruck von 30 kN/m^2 (3 Mp/m^2)

für das Haupttragwerk in der Höhe des Wasserspiegels in den Knotenpunkten angreifend

- a) bei starker Eisbildung eine Streckenlast von 350 kN/m (35 Mp/m)
- b) bei mäßiger Eisbildung eine Streckenlast von 100 kN/m (10 Mp/m)

angesetzt wird.

Bei Konstruktionen, die unterströmt werden können, ist nachzuweisen, daß am unteren Rand eine Streckenlast von 30 kN/m (3 Mp/m) aufgenommen werden kann.

5.3.2 Eisaufrost

Eine über den Eisansatz nach Abschnitt 5.1 hinausgehende mögliche Eisbildung oder Eisversetzung im Innern eines Verschlußkörpers ist zu berücksichtigen.

5.4 Schiffsstoß

Soweit mit Schiffsstößen zu rechnen ist, sind zu deren Aufnahme besondere Stoßschutzeinrichtungen vorzusehen³⁾.

Die Auftreffkraft eines infolge Reißens der Trossen in Bewegung geratenen Schiffes ist mit 300 kN (30 Mp) in Verschlußkörpermitte in Fahrtrichtung anzusetzen.

5.5 Schiffsreibung

Falls Stahlwasserbauten im Betrieb von Schiffen durch seitliche Reibung beansprucht werden können (z. B. bei geöffneten Stemmtoren), ist zu prüfen, ob dafür eine Lastgröße anzusetzen ist.

Sofern die örtlichen Verhältnisse keine anderen Werte bedingen, ist für die Schiffsreibung (z. B. an geöffneten Stemmtoren und Schiffströgen) im Bereich der Wasserlinie in Fahrtrichtung eine Horizontalkraft von 50 kN (5 Mp) und gleichzeitig senkrecht zur Fahrtrichtung eine Horizontalkraft von 100 kN (10 Mp) anzusetzen.

5.6 Temperatureinflüsse

Die Einflüsse sind für Temperaturschwankungen gegenüber einer angenommenen Aufstellungstemperatur von $+10^\circ\text{C}$ und für ungleiche Einwirkung in der Konstruktion getrennt zu verfolgen.

Als Temperaturschwankungen sind anzunehmen:

- a) für Konstruktionen, die ständig über dem Wasser liegen oder zeitweilig ganz oder zu einem großen Teil aus dem Wasser herausgenommen werden . . . $\pm 35^\circ\text{C}$
- b) bei Konstruktionen, die ständig oder zeitweilig zu einem kleinen Teil aus dem Wasser herausragen oder

²⁾ Küstengebiet im Sinne dieser Norm ist das gesamte Gebiet an der deutschen Nord- und Ostseeküste einschließlich der Inseln, Flußmündungen und Förden.

³⁾ Siehe „Richtlinien für die Ausrüstung der Schleusen der Binnenschiffahrtsstraßen“, herausgegeben vom Bundesminister für Verkehr.

die gegen größere Temperaturschwankungen geschützt sind $\pm 20^\circ\text{C}$

c) für Konstruktionen, die ständig unter Wasser sind $\pm 10^\circ\text{C}$

Für ungleiche Temperatureinwirkung sind im Fall a) $\pm 15^\circ\text{C}$ anzusetzen.

Die Temperaturschwankungsbereiche in den Fällen a) bis c) sind angemessen zu vergrößern, wenn das die jeweiligen klimatischen Verhältnisse bzw. besondere Einflüsse (z. B. im Einflußbereich von Kühlwasserleitungen) erfordern.

5.7 Wind

5.7.1 Windrichtung und Windlast

Die Windrichtung ist waagerecht anzunehmen. Die Windlast ist für den Zustand der Ruhe mit $w = 1 \text{ kN/m}^2$ (100 kp/m²) und für Bewegungszustände mit 0,5 kN/m² (50 kp/m²) anzusetzen, sofern nach DIN 1055 Teil 4 nicht mit einer höheren Windlast zu rechnen ist. An der Küste³⁾ ist für alle Zustände mit einer Windlast von 1,5 kN/m² (150 kp/m²) zu rechnen.

5.7.2 Windangriffsflächen

Als Windangriffsfläche gilt die Fläche, die sich durch Parallelprojektion der vom Wind getroffenen Flächen auf eine senkrecht zur Windrichtung stehende Ebene ergibt.

5.8 Änderungen der Stützbedingungen

Änderungen der Stützbedingungen sind in besonderen Betriebsfällen (siehe Abschnitt 4.2.2) entsprechend der Größe der bei den Gründungsbauwerken gegebenenfalls zu erwartenden Setzungen und Verformungen zu berücksichtigen.

5.9 Verkehrslast

Für Bedienungsstege ist eine Flächenlast von 2,5 kN/m² (250 kp/m²) und eine Seitenkraft in Holmhöhe von 0,5 kN/m (50 kp/m) anzusetzen. Für Fahrzeugverkehr über den Verschlußkörpern (z. B. Schiebetore) sind Verkehrslasten nach DIN 1072 anzusetzen.

5.10 Reibungskräfte

Die Reibungskräfte sind mit Reibungszahlen für Gleit- oder Wälzreibung zu ermitteln. Falls kleinere Reibungszahlen ungünstigere Belastungen ergeben können, sind die Werte entsprechend zu ermäßigen.

Bei Verschlußkörpern, die ohne mechanische Antriebskraft abwärts bewegt werden sollen, sind für den Nachweis, daß die Abwärtsbewegung mit Sicherheit abläuft, die ermittelten Reibungskräfte mit dem Faktor 1,25 zu multiplizieren. Zur Abgeltung der erhöhten Belastungen nach Abschnitt 4.2.2.2 (Besondere Betriebsfälle) sind die Reibungskräfte mit dem Faktor 1,2 zu multiplizieren.

5.10.1 Gleitreibungszahlen

Für Gleitschütze und Dichtungen gelten z. B. nachstehende Werte:

Stahl auf Stahl (ungeschmiert)	$\mu = 0,40$
Stahl auf Bronze (ungeschmiert)	$\mu = 0,20$
Holz auf Stahl	
längs zur Faser	$\mu = 0,45$
quer zur Faser	$\mu = 0,55$
Gummi auf Stahl	
je nach Shore-Härte des Gummis ⁴⁾	$\mu = 0,70$ bis 0,90

Für andere Werkstoffe bzw. Werkstoffpaarungen sind die Reibungswerte nachzuweisen.

5.10.2 Wälzreibungskräfte

Die Wälzreibungskräfte sind der Ausführung entsprechend anzusetzen.

5.11 Wasserwiderstände bei Bewegungsvorgängen

Die sich beim Bewegen eines Verschlusses ergebenden Wasserwiderstände sind in Abhängigkeit von der Verschlußgeschwindigkeit und dem Verdrängungsquerschnitt nachzuweisen.

5.12 Massenkräfte bei Bewegungsvorgängen

Die Massenkräfte sind nur bei großen Geschwindigkeitsänderungen (z. B. Abbremsen beim Schnellschluß) zu ermitteln.

5.13 Antriebskräfte

Die Antriebskräfte sind nach den zu bewegendenden Lasten unter Berücksichtigung der Reibungskräfte und der hydrostatischen bzw. hydrodynamischen Belastungen zu ermitteln (siehe auch Abschnitt 7.1.1).

Die Rückwirkungen der Antriebskräfte, die bei der gewählten Antriebsmaschine und den vorgesehenen mechanischen, hydraulischen und elektrischen Einrichtungen auftreten können, sind in allen Konstruktionsteilen zu verfolgen (siehe auch Abschnitt 7.1.2).

5.14 Schließdruck

Der notwendige Schließdruck ist sicherzustellen und für alle Belastungsfälle nachzuweisen. Der Einfluß der aus dem Schließdruck auf die Konstruktionsteile wirkenden Kräfte ist zu verfolgen.

6 Bemessung der Stahlkonstruktionen

6.1 Inhalt der Berechnungen

Die Berechnung ist übersichtlich aufzustellen und soll enthalten:

- Übersichtsskizzen des statischen Systems mit den Hauptabmessungen,
- die zugrunde gelegten Lastannahmen, Laststellungen und Lastfälle,
- die Baustoffe und Verbindungsmittel,
- die Abmessungen und Querschnittsmaße aller wesentlichen Bauglieder,
- die zulässigen und die auftretenden maximalen Spannungen aller wesentlichen Bauglieder und Verbindungsmittel,
- die Größe der Verformungen aus den maßgebenden Laststellungen und Lastfällen,
- Kraft-Weg-Diagramme für die Bewegungsvorgänge.

6.2 Werkstoffkennwerte

Für Stahl und Stahlguß gelten folgende Werkstoffkennwerte:

Elastizitätsmodul $E = 210 \text{ kN/mm}^2$ (2 100 000 kp/cm²)
Schubmodul $G = 81 \text{ kN/mm}^2$ (810 000 kp/cm²)

³⁾ Siehe Seite 3

⁴⁾ Nach Versuchen kann die Reibungszahl μ bei Trockenreibung, angerosteter Oberfläche und den folgenden Shore-A-Härten betragen:

Shore-A-Härte 85	$\mu = 0,70$
Shore-A-Härte 70	$\mu = 0,80$
Shore-A-Härte 55	$\mu = 0,90$

Längenausdehnungs-
koeffizient $\alpha_t = 0,000\,012\,^{\circ}\text{C}^{-1}$

Soweit andere Werkstoffkennwerte nicht in DIN-Normen festgelegt sind, müssen sie nachgewiesen werden.

6.3 Berechnungsverfahren

Die Berechnungsverfahren sind freigestellt, soweit sie eine zuverlässige Ermittlung der Schnittkräfte und Spannungen sicherstellen. Für außergewöhnliche Formeln oder Berechnungsverfahren, nicht allgemein bekannte Wirkungsgrade oder sonstige der Berechnung zugrunde gelegte Werte sind die Quellen anzugeben, wenn sie allgemein zugänglich sind. Andernfalls ist die Richtigkeit der verwendeten Werte nachzuweisen.

6.4 Nachweise

6.4.1 Allgemeiner Spannungsnachweis

Der allgemeine Spannungsnachweis ist unter Berücksichtigung der Abschnitte 6.5 und 6.6 für alle Konstruktionsteile und Anschlüsse getrennt für die in Abschnitt 4.2 angegebenen Lastfälle zu führen, sofern nicht feststeht, daß bestimmte Lastfälle nicht maßgebend sind. Es ist nachzuweisen, daß die zulässigen Spannungen nach Abschnitt 6.6 nicht überschritten werden.

Ferner ist für zweiachsige Spannungszustände nachzuweisen, daß die zulässige Vergleichsspannung nach der Formel

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \tau_{xy}^2}$$

nicht überschritten wird.

Die wichtigsten für den Spannungsnachweis der Bauteile maßgebenden Querschnittswerte sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1. Maßgebende Querschnittswerte

Schnittgröße	Spannungsart	Maßgebender Querschnittswert
Längskraft	Zug	$A - \Delta A$
	Druck	A
Querkraft	Schub	$\frac{I \cdot s}{S}$
Biegemoment	Zug	$W_z = \frac{I - \Delta I}{e_z}$
	Druck	$W_d = \frac{I}{e_d}$
Verdrehmoment (St. Venant)	Schub	W_D
Verdrehmoment (Wölb-) Bimoment	Schub Zug, Druck	C_M, φ_M

In der Tabelle bedeuten:

- A Fläche des ungeschwächten Querschnittes bei Druck bzw. abgewinkelte Fläche der ungünstigsten Rißlinie bei Zug
- ΔA Fläche aller in die ungünstigsten Rißlinien der Querschnittsteile fallenden Löcher (entfällt bei Schweißkonstruktionen)
- s maßgebende Werkstoffdicke
- S Statisches Moment des anzuschließenden Brutto-Querschnittes
- W (W_z ; W_d) Widerstandsmoment gegen Biegung

I Flächenträgheitsmoment des ungeschwächten Querschnittes

ΔI gedachtes Flächenträgheitsmoment aller in die ungünstigsten Rißlinien der gezogenen und abstehenden Gurtteile fallenden Löcher (entfällt bei Schweißkonstruktionen)

e_z Abstand der Schwerachse des ungeschwächten Querschnittes vom Biegezugrand

e_d Abstand der Schwerachse des ungeschwächten Querschnittes vom Biegedruckrand

W_D Widerstandsmoment gegen Verdrehung (St. Venant)

C_M Wölbwiderstand

φ_M Einheitsverwölbung

ΔA und ΔI sind auf die Schwerachse des ungeschwächten Querschnittes zu beziehen.

6.4.1.1 Niet- und Schraubverbindungen

Für die Berechnung sind Niete den Paßschrauben für Stahlkonstruktionen nach DIN 7968 gleichzusetzen.

Die Berechnung der Lochteilung geschieht mit vollen Querschnittswerten.

Gurtplatten gelten erst an der Stelle als voll wirksam, an der ihre Spanngröße voll angeschlossen ist. Jede Gurtplatte ist mit mindestens zwei Lochreihen über den rechnerischen Endpunkt hinauszuführen. Die vorletzte Reihe darf dabei mit diesem Endpunkt zusammenfallen.

Sind Beiwinkel angeordnet, so ist einer der beiden Schenkel mit dem 1,5fachen Wert der anteiligen Spanngrößen anzuschließen.

Bei Druckstäben mit maschinell bearbeiteten Kontaktflächen darf angenommen werden, daß die Hälfte der Druckkraft durch die Kontaktflächen aufgenommen wird.

6.4.1.2 Schweißverbindungen

Für Schweißnahtstärken, -längen, -flächen und Schweißflächen-Trägheitsmomente sowie für die Berechnung bei einfacher und zusammengesetzter Beanspruchung gilt DIN 4101, Ausgabe Juli 1974, Abschnitt 3.

6.4.2 Stabilitätsnachweis (Nachweis der Sicherheit gegen Knicken, Kippen und Beulen)

Der Stabilitätsnachweis nach DIN 4114 ist für alle in Betracht kommenden Konstruktionsteile getrennt für die Lastfälle in Abschnitt 4.2 zu führen.

Beim Nachweis der Beulsicherheit sind die Lastfälle nach Abschnitt 4.2 den folgenden Lastfällen nach DIN 4114 wie folgt gleichzusetzen:

- Normaler Betriebsfall (Abschnitt 4.2.1) ... Belastungsfall 1
- Besonderer Betriebsfall (Abschnitt 4.2.2) ... Belastungsfall 2
- Außergewöhnlicher Lastfall (Abschnitt 4.2.3) ... Belastungsfall 2

Bei Blechen, die durch Mitwirkung im Haupttragwerk Druckspannungen erhalten und gleichzeitig durch örtliche Lasten auf Biegung beansprucht werden (z. B. Stauwand) ist die Sicherheit für diese Kombination der Kraftwirkungen nachzuweisen⁵⁾.

Für Baustahl St 42 (nach DIN 17 100) sind die Knickbeiwerte und die abgeminderten Vergleichsspannungen nach DIN 4114 zu interpolieren.

6.4.3 Formänderungsnachweis

Bei Konstruktionen, deren Dichtungen, Bewegungsmöglichkeiten und Auflagerbindungen durch Formänderungen der Konstruktion beeinflußt werden, ist nachzuweisen, daß die Formänderungen innerhalb der zum Aufrecht-

⁵⁾ Siehe G. Wickert und G. Schmaube, *Stabilität der Tragwerke*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 1971