

Mechanische Auslegung von Brennelementlagerbecken
in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren**DIN**
25 452Mechanical design of fuel element storage pools in nuclear power
plants with light-water reactorsMit DIN 25 484/04.92
Ersatz für DIN 25 428/08.76

Diese Norm ist wortgleich mit der KTA-Regel 2502, Fassung 06/90. Die KTA-Regel wurde im Auftrag des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) vom Normenausschuß Kerntechnik (NKe) im DIN vorbereitet.

Inhalt

	Seite		Seite
Grundlagen	1	5 Zulässige Beanspruchungen	5
1 Anwendungsbereich	2	5.1 Zulässige Spannungen für Bauteile aus Stahl oder Komponenten	5
2 Lastarten	2	5.2 Zulässige Beanspruchungen für Bauteile aus Stahlbeton	12
2.1 Lastarten für Bauteile aus Stahl oder Komponenten	2	6 Werkstoffe und Werkstoffprüfungen	12
2.2 Lastarten für Bauteile aus Stahlbeton	2	6.1 Werkstoffe	12
3 Lastfälle und Lastkombinationen	3	6.2 Werkstoffprüfungen	12
3.1 Lastfälle und Lastkombinationen für Bauteile aus Stahl oder Komponenten	3	Anhang A Werkstoffprüfblätter	15
3.2 Lastfälle und Lastkombinationen für Bauteile aus Stahlbeton	3	Anhang B Bestimmungen, auf die in dieser Norm verwiesen wird	30
4 Bemessung	4		
4.1 Bemessung von Bauteilen aus Stahl oder Komponenten	4		
4.2 Bemessung von Bauteilen aus Stahlbeton	4		

Grundlagen

(1) Die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) haben die Aufgabe, sicherheitstechnische Anforderungen anzugeben, bei deren Einhaltung die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage getroffen ist (§ 7 Abs. 2 Nr 3 Atomgesetz), um die im Atomgesetz und in der Strahlenschutzverordnung festgelegten sowie in den „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke“ und den „Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 der Strahlenschutzverordnung (Störfall-Leitlinien)“ weiter konkretisierten Schutzziele zu erreichen.

(2) In der Regel KTA 3602 „Lagerung und Handhabung von Brennelementen, Steuerelementen und Neutronenquellen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren“ werden Anforderungen an die Anordnung und Auslegung von Brennelementlagerbecken gestellt. Diese Auslegungsanforderungen beziehen sich z.B. auf das

Fassungsvermögen, die Abschirmung, die Wasserqualität, die Kritikalitätssicherheit, die Dichtheit, die möglichen Belastungen. Anhand dieser Vorgabegrößen werden in dieser Norm die Anforderungen an die mechanische Auslegung des Brennelementlagerbeckens und seiner Einbauten, d.h. an den Maschinen- und Stahlbau sowie an die Betonkonstruktion des Brennelementlagerbeckens, gestellt.

(3) In der Regel KTA 3303 „Wärmeabfuhrsysteme für Brennelementlagerbecken von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren“ werden die Beckenwassertemperaturen in Abhängigkeit von den Einsatzfällen festgelegt.

(4) In dieser Norm werden mögliche Lastarten sowie die Zuordnung der Lastfälle und Lastkombinationen behandelt, die Bedingungen für die Bemessungen genannt und die zulässigen Beanspruchungen für die verschiedenen Stahlsorten und für den Stahlbeton angegeben. Des weiteren wird auf die zulässigen Werkstoffe eingegangen und die zugehörigen Werkstoffprüfungen werden in den Werkstoffprüfblättern festgelegt.

Fortsetzung Seite 2 bis 31

Normenausschuß Kerntechnik (NKe) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist anzuwenden auf die mechanische Auslegung von Brennelementlagerbecken und ihrer Einbauten in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren.

2 Lastarten

2.1 Lastarten für Bauteile aus Stahl oder Komponenten

2.1.1 Hauptlasten (H)

Als Hauptlasten (H) sind die folgenden auf das Lagerbecken und seine Bauteile aus Stahl oder Komponenten wirkenden Lasten anzusetzen:

- Eigengewichte,
- Wasserlasten (statischer Druck des Kühlmittels),
- Lasten aus Beckeneinbauten (z.B. Gestelle, Trennschutz, Inspektionseinrichtungen und deren Transportmittel),
- Lasten aus dem Lagergut (z.B. Brennelemente, Steuerstäbe),
- Lasten aus Brennelement-Transportbehälter (beladen mit Transportmittel),
- Belastung aus Temperatureinflüssen unter der Annahme, daß das Kühlmittel eine Temperatur von T_1 hat, wobei T_1 die Beckenwassertemperatur bei normalem Lagerbeckenkühlbetrieb ist,

Hinweis: T_1 ist in KTA 3303 Wärmeabfuhrsysteme für Brennelementlagerbecken von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren festgelegt.

- Lasten aus den anschließenden Rohrleitungen,
- Lasten aus angrenzenden und aufliegenden Komponenten (z.B. Brennelement-Wechseleinrichtung).

2.1.2 Zusatzlasten (Z)

Als Zusatzlasten (Z) sind die folgenden auf das Lagerbecken und seine Bauteile aus Stahl oder Komponenten wirkenden Lasten anzusetzen:

- Belastungen aus Temperatureinflüssen unter der Annahme, daß das Kühlmittel eine Temperatur von T_2 hat, wobei T_2 die Beckenwassertemperatur im nicht normalem Lagerbeckenkühlbetrieb ist, die jedoch wegen ihrer Eintrittshäufigkeit nicht T_3 zugeordnet werden kann.

Hinweis: T_2 ist in KTA 3303 Wärmeabfuhrsysteme für Brennelementlagerbecken von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren festgelegt.

- Lasten aus betriebsmäßigen Abstellvorgängen (Stoßfaktor),
- Kräfte, die beim Bewegen der Schütze auftreten (z.B. Reibkräfte).

2.1.3 Sonderlasten (S)

Als Sonderlasten (S) sind diejenigen Lasten, die durch Einwirkungen von außen und anlageninterne Störfälle auf das Lagerbecken und seine Bauteile aus Stahl oder Komponenten wirken können, soweit sie im Rahmen der Gesamtanlage für den Standort der Kraftwerksanlage zu betrachten sind, anzusetzen.

Zu diesen Lasten gehören z.B.:

- Belastung aus Temperatureinflüssen unter der Annahme, daß das Kühlmittel eine Temperatur von T_3 hat, wobei T_3 die Beckenwassertemperatur ist, deren Eintrittshäufigkeit sehr gering, aber einmal innerhalb der Lebensdauer zu unterstellen ist.

Hinweis: T_3 ist in KTA 3303 Wärmeabfuhrsysteme für Brennelementlagerbecken von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren festgelegt.

- Lasten aus Einwirkungen von außen (z.B. Bemessungserdbeben nach KTA 2201.1).

Hinweis: Die Betrachtung des Absturzes von Gegenständen in das Lagerbecken oder auf Komponenten des Lagerbeckens wird in dieser Norm nicht behandelt.

2.2 Lastarten für Bauteile aus Stahlbeton

2.2.1 Gebrauchslasten (L)

Als Gebrauchslasten (L) sind die Lasten, die im bestimmungsgemäßen Betrieb auftreten, anzusetzen.

Zu diesen Lasten gehören z.B.:

- Eigengewichte,
- Wasserlasten (statischer Druck des Kühlmittels),
- Lasten aus Beckeneinbauten (z.B. Gestelle, Beckenauskleidungen einschließlich Tragrosten, Trennschutz, Inspektionseinrichtungen),
- Lasten aus dem Lagergut (z.B. Brennelemente, Steuerstäbe),
- Lasten aus Brennelement-Transportbehälter (beladen mit Transportmittel),
- Belastung aus Temperatureinflüssen bei stationärer und instationärer Temperaturverteilung, unter der Annahme, daß das Kühlmittel des Lagerbeckens eine Temperatur von T_2 hat und die Außenseiten des Lagerbeckens die Temperaturen der daran angrenzenden Räume haben,

Hinweis: Erläuterungen zu T_2 siehe Abschnitt 2.1.2, f2).

- Lasten aus den anschließenden Rohrleitungen und aus den an das Lagerbecken angrenzenden Räumen,
- Lasten auf die Beckenkrone (z.B. von Brennelement-Wechseleinrichtungen),
- Lasten aus betrieblichen Abstellvorgängen (Stoßfaktor),
- Kräfte, die beim Bewegen der Schütze auftreten.

2.2.2 Sonderlasten (S)

Als Sonderlasten (S) sind diejenigen Lasten, die durch Einwirkungen von außen und anlageninterne Störfälle auf das Lagerbecken und seine Bauteile aus Stahlbeton wirken können, soweit sie im Rahmen der Gesamtanlage für den Standort der Kraftwerksanlage zu betrachten sind, anzusetzen.

Zu diesen Lasten gehören z.B.:

- Belastung aus Temperatureinflüssen unter der Annahme, daß das Kühlmittel des Lagerbeckens eine Temperatur von T_3 erreicht und die Außenseiten des Lagerbeckens die Temperaturen der daran angrenzenden Räume haben, sowie Belastung aus Temperatureinflüssen unter der Annahme, daß das Kühlmittel des Lagerbeckens Betriebstemperatur hat und die Außenseiten des Lagerbeckens durch störfallbedingt erhöhte Temperaturen beaufschlagt werden, wobei jeweils instationäre Zustände zugrunde zu legen sind,

Hinweis: Erläuterungen zu T_3 siehe Abschnitt 2.1.3, f3).

- Lasten aus Einwirkungen von außen (z.B. Bemessungserdbeben nach KAT 2201.1),
- Lasten aus anlageninternen Störfällen (z.B. Strahlkräfte).

Hinweis: Die Betrachtung des Absturzes von Gegenständen in das Lagerbecken oder auf Komponenten des Lagerbeckens wird in dieser Norm nicht behandelt.

3 Lastfälle und Lastkombinationen

3.1 Lastfälle und Lastkombinationen für Bauteile aus Stahl oder Komponenten

- (1) Für die Berechnung der Bauteile aus Stahl oder Komponenten sind mindestens die Lastfälle der Tabelle 3-1 zugrunde zu legen. Dort nicht erfaßte Lastfälle, Bauteile oder Komponenten sind sinngemäß zu behandeln.
- (2) Beanspruchungen aus Betonverformungen (einschließlich Kriechen und Schwinden) auf die Beckenauskleidung und deren Verankerungen sind zu berücksichtigen (siehe auch Abschnitt 5.1.5).
- (3) Je nach konstruktiver Gestaltung des Untergrundes für Auskleidungsblech, Wandgitterwerk, Bodengitterwerk, Schützrahmen und Transportbehälterabstellplatz ist die Wasserlast b bei allen Lastfällen mit zu berücksichtigen.

- (4) Bei Bauteilen, bei denen temperaturbedingte Zwängungen auftreten können, sind die Lasten f_1 , f_2 und f_3 zu berücksichtigen.

3.2 Lastfälle und Lastkombinationen für Bauteile aus Stahlbeton

- (1) Für die Auslegung der Beckenkonstruktion sind die Gebrauchslasten (L nach Abschnitt 2.2.1) so zu überlagern, daß die höchsten Beanspruchungen erfaßt werden. Ebenso sind die Gebrauchslasten mit den Sonderlasten zu überlagern. Hierbei sind nur technisch begründete Überlagerungen in Betracht zu ziehen. Eine Überlagerung der in Abschnitt 2.2.2 aufgeführten Sonderlasten (S) untereinander ist nicht vorzunehmen.
- (2) Es sind nur die Lastkombinationen zu betrachten, die auch für die umgebende Baukonstruktion angesetzt werden.

Tabelle 3-1. Lastfälle und Lastkombinationen für Bauteile aus Stahl oder Komponenten

	1	2 ⁶⁾	3 ⁶⁾	4 ⁶⁾
	Bauteil oder Komponente	H	Lastfälle HZ	HS
1	Auskleidungsblech	f_1	f_2 wird über die Lastwechselzahl gerechnet, siehe Abschnitt 5.1.4	f_3
2	Bodengitterwerk	$c + d$ bei T_1	$c + d$ bei T_2 $c + d + i$ bei T_1	$c + d$ bei T_3 $c + d + l$ bei T_1
3	Ankerplatte Halterung an Ankerplatten (Anschweißteile und Konsolen) Wandgitter, belastet	$c + h$ bei T_1	$c + h$ bei T_2 $c + h + i$ bei T_1	$c + h$ bei T_3 $c + h + l$ bei T_1
4	Schütz	$a + b$ bei T_1	$a + b$ bei T_2 $a + b + i$ bei T_1 $a + b + k$ bei T_1	$a + b$ bei T_3 $a + b + l$ bei T_1
5	Schützrahmen	Last aus Reaktionen für Lastkombinationen aus Zeile 4		
6	Rohrdurchführung	$g^1)$	$g^1)$	$g^1)$
7	Brennelement-Gestell	$a + d$ bei T_1	$a + d$ bei T_2 $a + d + i$ bei T_1	$a + d$ bei T_3 $a + d + l$ bei T_1
8	Brennelement-Gestellaufnahme	Last aus Reaktionen für Lastkombinationen aus Zeile 7		
9	Sonstige sicherheitstechnisch nicht relevante Gestelle und Einbauten ²⁾	$a + d$ bei T_1	$a + d$ bei T_2 $a + d + i$ bei T_1	$a + d$ bei T_3
10	Mobile Abschirmung	a		$a + l^3)$
11	Beobachtungsfenster ⁴⁾	$a + b$ bei T_1	$a + b$ bei T_2	$a + b$ bei T_3 $a + b + l$ bei T_1
12	Kompensator ⁵⁾	$a + b +$ Relativverschiebungen bei T_1	$a + b +$ Relativverschiebungen bei T_2	$a + b +$ Relativverschiebungen bei T_3 $a + b + l^3) +$ Relativverschiebungen bei T_1

¹⁾ Lasten ergeben sich aus der Berechnung der anschließenden Rohrleitungssysteme.

²⁾ Sofern Folgeschäden ohne sicherheitstechnische Bedeutung sind.

³⁾ Sofern aufgrund von Risikobetrachtungen notwendig.

⁴⁾ Glaskörper nach Sondervereinbarung und Angaben des Herstellers.

⁵⁾ Die Berücksichtigung des Eigengewichtes ist abhängig von der Einbaulage und den daraus resultierenden Kräften.

⁶⁾ Für die Bezeichnungen a bis l siehe Abschnitt 2.

4 Bemessung

4.1 Bemessung von Bauteilen aus Stahl oder Komponenten

(1) Die Bemessung ist nach DIN 18 801 durchzuführen. Die zulässigen Spannungen sind nach Abschnitt 5.1 anzusetzen.

(2) Die Knickzahlen ω für die Werkstoffe 1.4301, 1.4303, 1.4306, 1.4401, 1.4541, 1.4550, 1.4571 sind den Tabellen 4.1-1 und 4.1-2 zu entnehmen.

Hinweis: Die Knickzahlen sind aus dem Zulassungsbescheid des Instituts für Bautechnik, Berlin, vom 1.1.1984, Zulassungs-Nr Z 30.1-44, Tabellen 5 und 5a für Festigkeitsklasse E 225 übernommen worden.

4.2 Bemessung von Bauteilen aus Stahlbeton

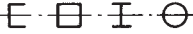
(1) Die Bemessung ist für Lasten aus Gebrauchszustand nach DIN 1045 durchzuführen. Die zeitabhängigen Betonverformungen sind nach DIN 4227 Teil 1 zu ermitteln. Für Sonderlasten ist die Betonkonstruktion wie die umgebende Baukonstruktion zu bemessen. Weitergehende Verformungs- und Rißweitenbegrenzungen sind in bezug auf die Funktionsfähigkeit des Lagerbeckens nicht erforderlich.

(2) Für anlageninterne Störfälle gilt DIN 25 449. Für Einwirkungen von außen darf nach DIN 25 449 bemessen werden, sofern keine anderweitigen entsprechenden Regelungen vorliegen.

(3) Die Einleitung und Weiterleitung der Kräfte aus den Verankerungen (z. B. der Gitterwerke und Ankerplatten) sind nachzuweisen.

Tabelle 4.1-1. **Knickzahlen ω für**  **für die Werkstoffe 1.4301, 1.4303, 1.4306, 1.4401, 1.4541, 1.4550, 1.4571 in Abhängigkeit vom Schlankheitsgrad λ**

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1,06	1,07	1,09	1,10	1,11	1,12	1,14	1,15	1,16	1,18
30	1,19	1,20	1,22	1,23	1,25	1,26	1,27	1,29	1,30	1,32
40	1,34	1,35	1,36	1,38	1,40	1,41	1,43	1,45	1,46	1,48
50	1,50	1,52	1,54	1,56	1,58	1,60	1,62	1,65	1,67	1,70
60	1,72	1,75	1,77	1,80	1,83	1,85	1,88	1,90	1,93	1,96
70	1,99	2,01	2,04	2,07	2,10	2,12	2,15	2,17	2,20	2,23
80	2,26	2,28	2,31	2,33	2,36	2,39	2,42	2,45	2,48	2,51
90	2,54	2,57	2,60	2,63	2,66	2,69	2,71	2,74	2,77	2,80
100	2,83	2,86	2,89	2,92	2,95	2,98	3,01	3,05	3,08	3,11
110	3,15	3,19	3,22	3,25	3,29	3,33	3,36	3,40	3,43	3,46
120	3,51	3,55	3,59	3,63	3,66	3,70	3,73	3,77	3,81	3,85
130	3,89	3,93	3,97	4,01	4,05	4,08	4,12	4,16	4,20	4,24
140	4,28	4,32	4,36	4,40	4,44	4,48	4,52	4,56	4,60	4,64
150	4,68	4,72	4,76	4,80	4,84	4,88	4,92	4,96	5,00	5,05
160	5,09	5,13	5,17	5,22	5,26	5,30	5,34	5,38	5,42	5,46
170	5,50	5,54	5,58	5,62	5,66	5,72	5,78	5,85	5,91	5,98
180	6,05	6,11	6,18	6,25	6,32	6,39	6,46	6,53	6,60	6,67
190	6,74	6,81	6,88	6,95	7,02	7,10	7,17	7,24	7,32	7,39
200	7,47	7,54	7,62	7,69	7,77	7,84	7,92	8,00	8,07	8,15
210	8,23	8,31	8,39	8,47	8,55	8,63	8,71	8,79	8,87	8,95
220	9,03	9,11	9,20	9,28	9,36	9,45	9,53	9,62	9,70	9,79
230	9,87	9,96	10,05	10,13	10,22	10,31	10,40	10,48	10,57	10,66
240	10,75	10,84	10,93	11,02	11,11	11,20	11,29	11,39	11,48	11,57
250	11,67									

Tabelle 4.1-2. **Knickzahlen ω für  für die Werkstoffe 1.4301, 1.4303, 1.4306, 1.4401, 1.4541, 1.4550, 1.4571 in Abhängigkeit vom Schlankheitsgrad λ**

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04
30	1,05	1,06	1,08	1,09	1,10	1,11	1,13	1,14	1,15	1,16
40	1,18	1,19	1,20	1,22	1,23	1,25	1,26	1,28	1,29	1,30
50	1,32	1,34	1,35	1,37	1,38	1,40	1,42	1,44	1,46	1,48
60	1,50	1,52	1,53	1,55	1,57	1,60	1,62	1,64	1,66	1,68
70	1,70	1,73	1,75	1,77	1,80	1,82	1,85	1,87	1,89	1,92
80	1,95	1,97	2,00	2,03	2,05	2,08	2,10	2,13	2,15	2,18
90	2,20	2,23	2,26	2,28	2,31	2,33	2,36	2,39	2,41	2,44
100	2,47	2,50	2,53	2,56	2,59	2,61	2,64	2,67	2,70	2,73
110	2,76	2,79	2,82	2,85	2,88	2,91	2,94	2,97	3,00	3,04
120	3,07	3,10	3,14	3,17	3,20	3,24	3,27	3,31	3,34	3,37
130	3,41	3,44	3,48	3,51	3,54	3,58	3,61	3,65	3,69	3,73
140	3,77	3,81	3,84	3,88	3,92	3,96	4,00	4,04	4,09	4,14
150	4,20	4,26	4,31	4,37	4,43	4,48	4,54	4,60	4,66	4,72
160	4,78	4,84	4,90	4,96	5,02	5,08	5,14	5,21	5,27	5,33
170	5,39	5,46	5,52	5,59	5,65	5,72	5,78	5,85	5,91	5,98
180	6,05	6,11	6,18	6,25	6,32	6,39	6,46	6,53	6,60	6,67
190	6,74	6,81	6,88	6,95	7,02	7,10	7,17	7,24	7,32	7,39
200	7,47	7,54	7,62	7,69	7,77	7,84	7,92	8,00	8,07	8,15
210	8,23	8,31	8,39	8,47	8,55	8,63	8,71	8,79	8,87	8,95
220	9,03	9,11	9,20	9,28	9,36	9,45	9,53	9,62	9,70	9,79
230	9,87	9,96	10,05	10,13	10,22	10,31	10,40	10,48	10,57	10,66
240	10,75	10,84	10,93	11,02	11,11	11,20	11,29	11,39	11,48	11,57
250	11,67									

5 Zulässige Beanspruchungen

5.1 Zulässige Spannungen für Bauteile aus Stahl oder Komponenten

5.1.1 Zulässige Spannungen für nichtrostende Stähle

- (1) Die Werte der 0,2-Dehngrenze $R_{p0,2}$ sind den entsprechenden Normen und Vorschriften, die in Anhang A (Werkstoffprüfblätter) aufgeführt sind, zu entnehmen.
- (2) Bis zur Temperatur T_1 dürfen die Festigkeitswerte $R_{p0,2}$ bei Raumtemperatur verwendet werden; für Temperaturen bis T_3 ist $R_{p0,2T}$ durch lineare Interpolation zu ermitteln.

5.1.1.1 Bauteile

- (1) Die zulässigen Spannungen für Bauteile aus nichtrostenden Stählen nach Abschnitt 6 sind in der Tabelle 5.1-1 angegeben.
- (2) Für andere, im Abschnitt 6 nicht aufgeführte nichtrostende Stähle, sind die zulässigen Spannungen in

Anlehnung an diese Norm zu ermitteln und mit dem Sachverständigen abzustimmen.

5.1.1.2 Schweißnähte

- (1) Die zulässigen Spannungen für Schweißnähte an nichtrostenden Stählen nach Abschnitt 6 sind in der Tabelle 5.1-2 angegeben.
- (2) Für Schweißnähte an anderen, im Abschnitt 6 nicht aufgeführten nichtrostenden Stählen sind die zulässigen Spannungen in Anlehnung an diese Norm zu ermitteln und mit dem Sachverständigen abzustimmen.

5.1.1.3 Verbindungsmittel

Die zulässigen Spannungen für Schrauben, Muttern und Verbindungsmittel der Festigkeitsklassen 50, 70, 80 und Stahlgruppen A2, A4 und C3 nach DIN 267 Teil 11 sind in den Tabellen 5.1-3, 5.1-4, 5.1-5 angegeben. Die zulässigen Spannungen dürfen für Zwischenwerte der Temperaturen linear interpoliert werden.



Tabelle 5.1-1. Zulässige Spannungen für Bauteile aus nichtrostenden Stählen

	1		2	3	4	
	Spannungsart		zulässige Spannungen			
			H	HZ	HS	
1	Druck und Biegedruck wenn kein Stabilitätsnachweis erforderlich ist		zul σ_D	0,67 $R_{p0,2}$	0,75 $R_{p0,2T}$	1,18 $R_{p0,2T}^{1)}$
2	Zug und Biegezug		zul σ_Z	0,67 $R_{p0,2}$	0,75 $R_{p0,2T}$	1,18 $R_{p0,2T}^{1)}$
3	Druck und Biegedruck Stabilitätsnachweis mit ω -Verfahren ²⁾		zul σ_D	0,58 $R_{p0,2}$	0,67 $R_{p0,2T}$	0,94 $R_{p0,2T}^{5)}$
4	Schub		zul τ	0,38 $R_{p0,2}$	0,43 $R_{p0,2T}$	0,68 $R_{p0,2T}^{1)}$
5	Loch- lei- bung	Rohe Schrauben und Bolzen ³⁾	zul σ_L	1,17 $R_{p0,2}$	1,33 $R_{p0,2T}$	2,07 $R_{p0,2T}^{1)}$
6		Paßschrauben, Paßbolzen	zul σ_L	1,33 $R_{p0,2}$	1,5 $R_{p0,2T}$	2,36 $R_{p0,2T}^{1)}$
7	Vergleichsspannung		zul σ_V	0,67 $R_{p0,2}^{4)}$	0,75 $R_{p0,2T}^{4)}$	1,18 $R_{p0,2T}^{1)}$

1) Bei den Werkstoffen 1.4021, 1.4057, 1.4122 und 1.4313 darf der 1,5fache Wert der Spalte 2 nicht überschritten werden.

2) Siehe Abschnitt 4.1.

3) Bei Langlöchern gelten längs 100 %, quer 70 % der Tabellenwerte.

4) Bei Biegeträgern, die ausschließlich durch Querkraft und einachsige Biegung beansprucht sind, dürfen die Werte um 10 % erhöht werden.

5) Bei den Werkstoffen 1.4021, 1.4057, 1.4122 und 1.4313 darf der 1,38fache Wert der Spalte 2 nicht überschritten werden. Die ω -Werte sind erforderlichenfalls in Anlehnung an DIN 4114 Teil 1 und Teil 2 herzuleiten.

Tabelle 5.1-2. Zulässige Spannungen für Schweißnähte an Bauteilen aus nichtrostenden Stählen

	1	2	3	4	5	6
	Nahtart	Nahtgüte Ausführung nach DIN 18 800 Teil 7, Abschnitt 3.4.3.2	Spannungsart	Zulässige Spannungen		
				H	HZ	HS
1	Stumpfnäht D(oppel)-HV-Naht (K-Naht)	alle Nahtgüten	Druck und Biegedruck zul σ_D	0,67 $R_{p0,2}$	0,75 $R_{p0,2T}$	1,18 $R_{p0,2T}$
2	HV-Naht D(oppel)-HY-Naht ²⁾ (K-Stegnaht)	Nahtgüte nachgewiesen ¹⁾	Zug und Biegezug zul σ_D			
3	HY-Naht ²⁾ Dreiblechnaht	Nahtgüte nicht nachgewiesen				
4	Kehlnähte	alle Nahtgüten	Druck und Biegedruck zul σ_D	0,56 $R_{p0,2}$	0,62 $R_{p0,2T}$	1,0 $R_{p0,2T}$
5	Dreiblechnaht		Zug und Biegezug zul σ_Z			
6	alle Nähte		Schub in Nahtrichtung zul τ			
7	HY-Naht Kehlnähte		Vergleichsspannung zul σ_V			

¹⁾ Freiheit von Rissen, Binde- und Wurzelfehlern und Einschlüssen, ausgenommen vereinzelte und unbedeutende Schlackeneinschlüsse und Poren, ist mit Durchstrahlungsuntersuchung nachzuweisen.
²⁾ Wegen des vorhandenen Wurzelspaltes kommen für Zug und Biegezug nur die Werte der Zeile 3 in Betracht.

Tabelle 5.1-3. Zulässige Spannungen für Verbindungsmittel der Festigkeitsklasse 50

1		2	3	4		
		Verbindungsmittel nach DIN 267 Teil 11, Festigkeitsklasse: 50 Stahlgruppe: A2 und A4 Durchmesser: ≤ M39				
Spannungsart		Verbindungsmittel	Tempe- ratur	zulässige Spannungen		
				H	HZ	HS
			°C	N/mm²	N/mm²	N/mm²
1	Lochleibungs- druck	Paßschrauben und Paßbolzen	≤ 45	280	315	420
2			60	251	283	377
3			80	244	275	366
4			100	237	266	355
5		Rohe Schrauben	≤ 45	245	280	367
6			60	220	251	330
7			80	214	244	320
8			100	208	237	310
9	Abscheren	Paßschrauben und Paßbolzen	≤ 45	122	140	183
10			60	110	126	165
11			80	107	122	160
12			100	103	119	155
13		Rohe Schrauben	≤ 45	98	110	147
14			60	88	99	132
15			80	86	96	128
16			100	83	93	124
17	Zug	Paßschrauben und Rohe Schrauben	≤ 45	96	109	144
18			60	87	98	130
19			80	84	95	126
20			100	81	92	122

Tabelle 5.1-4. Zulässige Spannungen für Verbindungsmittel der Festigkeitsklasse 70

1		2	3	4	5	6	7	8	9
		Verbindungsmittel nach DIN 267 Teil 11, Festigkeitsklasse: 50 Stahlgruppe: A2 und A4 Durchmesser: ≤ M39							
Spannungsart		Verbindungsmittel	Tempe- ratur	Durchmesser ≤ M20			Durchmesser > M20 bis ≤ M30		
				zulässige Spannungen					
			H	HZ	HS	H	HZ	HS	
			°C	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²
1	Lochleibungs- druck	Paßschrauben und Paßbolzen	≤ 45	600	675	900	333	375	500
2			60	555	625	833	308	347	463
3			80	533	599	799	296	333	444
4			100	510	574	765	283	319	425
5		Rohe Schrauben	≤ 45	525	600	787	292	333	438
6			60	468	555	728	271	308	406
7			80	466	533	699	260	296	389
8			100	447	510	669	249	283	373
9	Abscheren	Paßschrauben und Paßbolzen	≤ 45	262	300	393	145	167	218
10			60	243	278	364	135	155	202
11			80	233	267	349	129	149	194
12			100	223	255	334	124	142	186
13		Rohe Schrauben	≤ 45	210	236	315	117	131	175
14			60	195	219	292	109	122	162
15			80	187	210	280	104	117	156
16			100	179	201	268	100	112	149
17	Zug	Paßschrauben und Rohe Schrauben	≤ 45	206	234	309	115	130	172
18			60	191	217	286	107	121	160
19			80	183	208	275	102	116	153
20			100	176	199	263	98	111	147

Tabelle 5.1-5. Zulässige Spannungen für Verbindungsmittel der Festigkeitsklasse 80

1		2	3	4	5	6
		Verbindungsmittel nach DIN 267 Teil 11, Festigkeitsklasse: 80 Stahlgruppe: A2, A4 und C3 Durchmesser: $\leq M20$				
Spannungsart		Verbindungsmittel	Tempe- ratur	zulässige Spannungen		
				H	HZ	HS
			°C	N/mm ²)	N/mm ²)	N/mm ²)
1	Lochleibungs- druck	Paßschrauben und Paßbolzen	≤ 45	800	900	1200
2			60	740	833	1110
3			80	710	799	1065
4			100	680	765	1020
5		Rohe Schrauben	≤ 45	700	800	1050
6			60	648	740	972
7			80	622	710	932
8			100	595	680	893
9	Abscheren	Paßschrauben und Paßbolzen	≤ 45	350	400	525
10			60	324	370	486
11			80	311	355	466
12			100	298	340	447
13		Rohe Schrauben	≤ 45	280	315	420
14			60	259	292	389
15			80	248	280	373
16			100	238	268	357
17	Zug	Paßschrauben und Rohe Schrauben	≤ 45	275	312	412
18			60	255	289	382
19			80	244	277	366
20			100	234	266	351

5.1.1.4 Flächenpressungen

(1) Die zulässige Hertzsche Pressung ist der Tabelle 5.1-6 zu entnehmen.

Tabelle 5.1-6. Zulässige Hertzsche Pressung

	1	2	3	4
	Werkstoff	Lastfall		
		H	HZ	HS
1	1.4541 1.4550	$2,7 \cdot R_{p0,2}$	$3,3 \cdot R_{p0,2T}$	$4,0 \cdot R_{p0,2T}$
2	1.4313 1.4057	$1,5 \cdot R_{p0,2}$	$1,8 \cdot R_{p0,2T}$	$2,25 \cdot R_{p0,2T}$

(2) Für andere, nicht in Tabelle 5.1-6 aufgeführte Werkstoffe, sind die Sicherheitsfaktoren mit dem Sachverständigen abzustimmen.

5.1.2 Zulässige Spannungen für Baustähle

5.1.2.1 Bauteil

(1) Für die Werkstoffe St 37 und St 52 nach DIN 17 100 gelten für die Lastfälle H und HZ die Festlegungen nach DIN 18 801. Kesselblech H II nach DIN 17 155 ist wie St 37 zu behandeln. Die zulässigen Spannungen gelten bis zu einer Temperatur von 50 °C. Die Warmstreckgrenze ist DIN 4133 zu entnehmen. Die zulässigen Spannungen dürfen für Zwischenwerte der Temperaturen von 50 °C bis 100 °C linear interpoliert werden.

(2) Abweichend davon gelten für den Lastfall HS die Festlegungen der Tabelle 5.1-7 dieser Norm.

5.1.2.2 Schweißnähte

(1) Für die Lastfälle H und HZ sind die zulässigen Spannungen der Schweißnähte an Baustählen nach DIN 18 800 Teil 1, Tabelle 11 zu ermitteln. Kesselblech H II nach DIN 17 155 ist wie St 37 zu behandeln.

(2) Für den Lastfall HS gilt die Tabelle 5.1-8. Die zulässigen Spannungen gelten bis zu einer Temperatur von 100 °C.

Tabelle 5.1-7. Zulässige Spannungen für Bauteile aus Baustahl. Lastfall HS

	1		2	3
	Spannungsart		Werkstoff	
			St 37 ¹⁾	St 52
			N/mm ²	N/mm ²
1	Druck und Biegedruck (zul σ_D) für Stabilitätsnachweis nach DIN 4114 Teil 1 und Teil 2		192	288
2	Zug und Biegezug (zul σ_Z) Druck und Biegedruck (zul σ_D)		240	360
3	Schub (zul τ)		135	203
4	Lochleibungsdruck für Materialdicken ≥ 3 mm bei Verbindung durch Δ (siehe nächste Spalte z. B. SL)	SL rohe Schrauben (DIN 7990), hochfeste Schrauben (DIN 6914) oder Senkschrauben (DIN 7969) Lochspiel $0,3 \text{ mm} < \Delta d \leq 2 \text{ mm}$ – ohne Vorspannung	420	630
5		SL hochfeste Schrauben (DIN 6914) Lochspiel $0,3 \text{ mm} < \Delta d \leq 2 \text{ mm}$ nicht planmäßige Vorspannung: $\geq 0,5 \cdot F_V^2$)	570	855
6		SLP Niete (DIN 124 und DIN 302) oder Paßschrauben (DIN 7968) Lochspiel $\Delta d \leq 0,3 \text{ mm}$ – ohne Vorspannung	480	720
7		SLP hochfeste Paßschraube (Lochspiel $\Delta d \leq 0,3 \text{ mm}$) nicht planmäßige Vorspannung: $\geq 0,5 \cdot F_V^2$)	630	945
8		GV, GVP hochfeste Schrauben (Lochspiel $0,3 \text{ mm} < \Delta d \leq 2 \text{ mm}$) hochfeste Paßschraube (Lochspiel $\Delta d \leq 0,3 \text{ mm}$) Vorspannung: $1,0 \cdot F_V^2$)	720	1080

1) Kesselblech H II ist wie St 37 zu behandeln.

2) Vorspannkraft F_V nach DIN 18 800 Teil 1, Tabelle 9, Spalte 2.