

## KTA 3205.1

# Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen Teil 1: Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen für Primärkreis Komponenten in Leichtwasserreaktoren

### Fassung 6/02

Frühere Fassungen der Regel: 6/82 (BAnz. Nr. 215a vom 19. November 1982)  
6/91 (BAnz. Nr. 118a vom 30. Juni 1992)

### Inhalt

	Seite
Grundlagen .....	3
1 Anwendungsbereich .....	3
2 Begriffe .....	3
3 Anforderungsstufen (Stahlbauklassen) .....	4
4 Spezifikationen .....	4
5 Unterlagen für die Vorprüfung .....	4
6 Werkstoffe und Erzeugnisformen .....	4
6.1 Zugelassene Werkstoffe .....	4
6.2 Werkstoffprüfung und Nachweisbelegung .....	4
7 Berechnung .....	8
7.1 Allgemeingültige Festlegungen .....	8
7.2 Bemessung von stabförmigen Bauteilen .....	9
7.3 Bemessung von Flächentragwerken .....	15
8 Konstruktion .....	17
8.1 Allgemeingültige Festlegungen .....	17
8.2 Anforderungen .....	17
9 Herstellung .....	17
9.1 Voraussetzungen .....	17
9.2 Schweißaufsicht .....	17
9.3 Schweißer .....	17
9.4 Arbeitstechnische Grundsätze für das Schweißen .....	18
9.5 Schweißzusätze und -hilfsstoffe .....	18
9.6 Verfahrensprüfungen .....	18
9.7 Arbeitsprüfungen .....	19
9.8 Umformen von Bauteilen .....	19
9.9 Wärmebehandlung .....	19
9.10 Korrosionsschutz und Sauberkeitsanforderungen .....	20
10 Bauprüfung .....	20
10.1 Allgemeingültige Festlegungen .....	20
10.2 Umfang und Durchführung (Werk und Baustelle) .....	20
10.3 Belegung der Prüfungen und Kontrollen .....	21

11	Wiederkehrende Prüfungen.....	21
12	Dokumentation.....	21
12.1	Allgemeingültige Festlegungen.....	21
12.2	Unterlagen für die Enddokumentation .....	21
12.3	Nachweisverzeichnis .....	21
12.4	Durchführung .....	21
12.5	Reparaturpläne .....	21
Anhang A:	Werkstoffprüfblätter (WPB).....	25
Anhang B:	Zerstörungsfreie Prüfungen.....	58
Anhang C:	Stabilitätsnachweis für austenitische Werkstoffe bei höheren Temperaturen.....	67
Anhang D:	Rohrausschlagsicherungen.....	68
Anhang E:	Bemessungsannahmen.....	72
Anhang F:	Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird.....	79
Anhang G:	Änderungen gegenüber der Fassung 6/91 (informativ).....	84
	Stichwortverzeichnis .....	85

## Grundlagen

(1) Die Regeln des 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 (StrlSchV) 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 StrlSchV - Störfall-Leitlinien -“ weiter konkretisierten Schutzziele zu erreichen.

(2) In den Sicherheitskriterien wird im Kriterium 1.1 „Grundsätze der Sicherheitsvorsorge“ unter anderem eine umfassende Qualitätssicherung bei Fertigung und Errichtung, im Kriterium 2.1 „Qualitätsgewährleistung“ des weiteren die Aufstellung und Anwendung von Bau- und Prüfvorschriften sowie die Dokumentation der Qualitätsüberwachung gefordert. Die Regel KTA 3205.1 dient zur Konkretisierung von Maßnahmen zur Erfüllung dieser Forderungen im Rahmen ihres Anwendungsbereichs. Hierzu wird auch eine Vielzahl im einzelnen aufgeführter Regeln aus dem konventionellen Bereich der Technik, insbesondere DIN-Normen, mit herangezogen.

(3) Komponentenstützkonstruktionen haben die sicherheitstechnische Aufgabe, Lasten von den gehaltenen Bauteilen und Komponenten auf die lastabtragenden Anlagenteile zu übertragen.

(4) Diese Regel behandelt Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen für druck- und aktivitätsführende Komponenten des Primärkreises (Anwendungsbereich entsprechend Regelreihe KTA 3201). Komponenten mit nichtintegralen Anschlüssen für druck- und aktivitätsführende Komponenten außerhalb des Primärkreises werden in KTA 3205.2 behandelt. Eignungsgeprüfte Standardhalterungen werden in KTA 3205.3 geregelt. Komponentenstützkonstruktionen mit integralen Anschlüssen für Primärkreiskomponenten werden in KTA 3201.1 bis KTA 3201.4 behandelt. Komponentenstützkonstruktionen mit integralen Anschlüssen für äußere Systeme werden insbesondere in KTA 3211.3 geregelt.

### 1 Anwendungsbereich

(1) Diese Regel ist anzuwenden auf nichtintegrale Komponentenstützkonstruktionen der Stahlbauklasse S1 für Primärkreiskomponenten mit Auslegungstemperaturen bis zu 350 °C in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren.

(2) Zu den abzustützenden Primärkreiskomponenten gehören:

- Reaktordruckbehälter,
- Dampferzeuger,
- Druckhalter,
- Hauptkühlmittelpumpen,
- an diese Komponenten anschließende Rohrleitungen und die darin enthaltenen Armaturen bis einschließlich der Erstabsperrung.

(3) Teile, die mit der Komponentenstützkonstruktion verbunden sind und die nicht der Lastabtragung dienen, fallen nicht unter diese Regel. Die Festlegungen gelten jeweils bis einschließlich Anschlussnaht an die Verankerung (Ankerplatte, Dübelplatte, Durchsteckverankerung oder sonstige betonberührte Lastübertragungsteile sowie Bühnenträger).

(4) Anforderungen an serienmäßige Standardhalterungen werden in KTA 3205.3 geregelt.

(5) Standardteile, die anders beansprucht oder eingesetzt werden als in den Anhängen zum Eignungsnachweis von

KTA 3205.3 beschrieben, erfordern Nachweise entsprechend dieser Regel und - falls erforderlich - Funktionsnachweise in Anlehnung an KTA 3205.3.

(6) Die Abgrenzung der Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen nach dieser Regel von denjenigen mit integralen Anschlüssen nach den Regeln der Reihe KTA 3201 ist im **Bild 1-1** dargestellt. Die Komponentenstützkonstruktion reicht bis zum Anschluss an die Baustruktur (z. B. Anschlussnaht, Ankerplatte, Bühne).

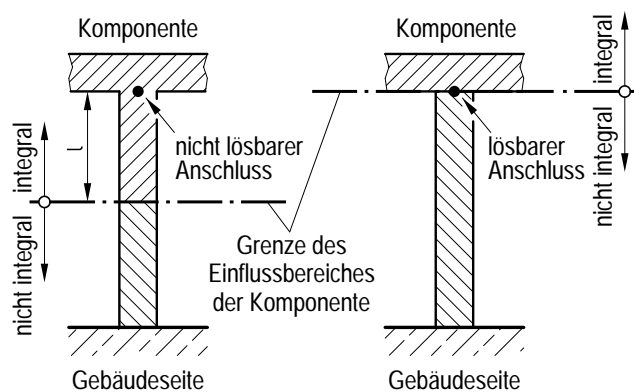
Der Abstand  $l$  (Abklinglänge) ergibt sich aus:

$$l = 0,5 \cdot \sqrt{r \cdot s}, \quad (1-1)$$

wobei für Schalen (z. B. Zargen, rohrförmige Stützen)  $r$  der mittlere Radius der Stützkonstruktionsschale und  $s$  die Dicke der Stützkonstruktionsschale sind.

Für andere Formen ist  $r$  die Hälfte der größten Abmessungen eines Flansches, T-Profiles, Bleches oder Rundprofils oder die Hälfte der größten Schenkelbreite eines Winkelprofils und  $s$  die Flanschdicke von Profilen oder Blechdicke,  $s = r/2$  bei Stangen.

#### Komponentenstützkonstruktion



$l$  : Abklinglänge

**Bild 1-1:** Anschlussarten der Komponentenstützkonstruktion und Einflussbereich der Komponente

### 2 Begriffe

(1) Enddokumentation

Die Enddokumentation umfasst alle Unterlagen, die während der Lebensdauer der Anlage oder der zu dokumentierenden Teile der Anlage aufzubewahren sind.

(2) Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen

Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen sind Konstruktionen, die nicht lösbar an die Komponente anschließen und außerhalb des Einflussbereiches (siehe **Bild 1-1**) der Komponente liegen oder die lösbar an die Komponente anschließen und die der Lastabtragung zwischen der Komponente und der Baustruktur dienen.

(3) Rohrausschlagsicherungen

Rohrausschlagsicherungen (ASS) sind Konstruktionen, die das Schlagen gebrochener Rohrleitungen verhindern sollen.

Hinweis:

Die Festlegungen für Rohrausschlagsicherungen sind im **Anhang D** dieser Regel enthalten.

(4) Sachverständiger

Sachverständiger ist eine aufgrund von Rechtsvorschriften (z. B. § 20 Atomgesetz), Richtlinien, Auflagen, Anordnungen

hinzuzuziehende oder im Auftrag der Genehmigungsbehörde oder Aufsichtsbehörde zugezogene sachkundige Person oder Organisation.

#### (5) Schutz- und Sonderkonstruktionen

Schutz- und Sonderkonstruktionen sind Ausschlagsicherungen und sonstige energieverzehrende Elemente.

### 3 Anforderungsstufen (Stahlbauklassen)

(1) An Komponentenstützkonstruktionen sind in Abhängigkeit von der sicherheitstechnischen Bedeutung der zu unterstützenden Komponente unterschiedliche Anforderungen zu stellen:

- a) Komponentenstützkonstruktionen, die Komponenten des Primärkreises stützen, müssen den Anforderungen dieser Regel genügen (Stahlbauklasse S1). Ausgenommen hiervon sind Rohrleitungshalterungen und Pumpenunterstützungen in Rohrleitungszügen mit kleiner als oder gleich DN 100 sowie Schutz- und Sonderkonstruktionen. Diese müssen den Anforderungen nach KTA 3205.2 genügen (Stahlbauklasse S2).
- b) Komponentenstützkonstruktionen, die Komponenten der äußeren Systeme stützen, müssen den Anforderungen von KTA 3205.2 genügen (Stahlbauklasse S2). Ausgenommen hiervon sind Stahlbühnen mit Stützfunktionen, Rohrleitungs-, Armaturen- und Pumpenunterstützungen für DN kleiner als 100 sowie Unterstützungen von Druckbehältern mit einer Gewichtskraft von kleiner als 50 kN und einem Druckliterprodukt kleiner als 1000 [bar x l]. Diese müssen den Anforderungen von Regelungen außerhalb des KTA-Regelwerks genügen (Stahlbauklasse S3).
- c) Komponentenstützkonstruktionen, die Komponenten außerhalb des Primärkreises und der äußeren Systeme stützen, müssen Anforderungen außerhalb des KTA-Regelwerks genügen (Stahlbauklasse S3),
- d) Rohrausschlagsicherungen für Komponenten des Primärkreises und der äußeren Systeme müssen den Anforderungen gemäß **Anhang D** dieser Regel genügen.

(2) Eine schematische Übersicht dieses Konzepts ist in **Tabelle 3-1** wiedergegeben.

(3) Die Schutz- und Nachweisziele der einzelnen Stahlbaulastfälle sind in **Tabelle 3-2** enthalten.

### 4 Spezifikationen

(1) Die bei der Herstellung und Montage der Komponentenstützkonstruktionen zu erfüllenden Bedingungen sind in Spezifikationen aufzuführen.

(2) Die Spezifikationen sollen, soweit es erforderlich ist, zu folgenden Punkten Angaben enthalten:

- a) Bauteilbeschreibung,
- b) räumliche Abgrenzung, Aufstellungsorte,
- c) Hinweise zum Auslegungsdatenblatt (ADB),
- d) Berechnungshinweise,
- e) Werkstoffe, Werkstoffkennwerte,
- f) Zeichnungsunterlagen,
- g) Fertigungs- und Prüfvorschriften einschließlich Toleranzvorgaben,
- h) Bauüberwachung und Prüfung beim Hersteller und bei der Montage, Werks- und Baustellenabnahme (Bauprüfpläne),
- i) Funktionsprüfungen,

j) Anstrich, Reinigung, Verpackung und Transport,

k) geltende Regeln,

l) Dokumentation.

(3) Angaben zu weiteren Bedingungen dürfen aufgenommen werden. Soweit einzelne Bedingungen in geltenden Regeln spezifiziert sind, ist auf diese zu verweisen.

### 5 Unterlagen für die Vorprüfung

(1) Folgende Unterlagen sind dem Sachverständigen zur Vorprüfung vorzulegen:

- a) Auslegungsdatenblatt (ADB),
- b) Konstruktionszeichnungen mit Stücklisten,
- c) Bauprüfplan, soweit nicht in der Spezifikation angegeben,
- d) Schweißplan einschließlich Angaben zur Wärmebehandlung,
- e) Berechnungen (z. B. Nachweis der Standsicherheit),
- f) Anschlusslasten an die Baustruktur,
- g) Programme für spezielle Prüfungen (z. B. Vorspannung),
- h) Unterlagen für Schweißverfahren.

(2) Unterlagen, die nach der Vorprüfung geändert werden, müssen dem Sachverständigen erneut vorgelegt werden.

### 6 Werkstoffe und Erzeugnisformen

#### 6.1 Zugelassene Werkstoffe

(1) Die zugelassenen Werkstoffe für die verschiedenen Erzeugnisformen sind in den **Tabellen 6-1 bis 6-5** aufgeführt.

Andere als die hier aufgeführten Werkstoffe sind zugelassen, sofern deren Eignung für den vorgesehenen Zweck durch den Sachverständigen anerkannt worden ist.

(2) Für nicht lastabtragende Teile und Teile von untergeordneter Bedeutung (z. B. einzubetonierende Teile, Distanzbleche, Scheiben für Schraubverbindungen, Kleinteile, Füllkörper, Entwässerungsröhre) sind Werkstoffe nach den anerkannten Regeln der Technik einzusetzen.

#### 6.2 Werkstoffprüfung und Nachweisbelegung

(1) Art und Umfang der Werkstoffprüfung sowie die Nachweisbelegung nach DIN EN 10 204 sind in den Werkstoffprüfblättern (WPB) im **Anhang A** festgelegt, auf die in der Bestellung Bezug zu nehmen ist.

(2) Die Veranlassung zur Durchführung der in den Werkstoffprüfblättern aufgeführten Prüfungen obliegt dem Hersteller.

(3) Bei Prüfungen, die durch den Hersteller erfolgen, hat dieser nachzuweisen, dass er dafür qualifiziertes Personal und die dazu erforderlichen Prüfeinrichtungen besitzt. Der Hersteller darf auch Prüfeinrichtungen und Prüfpersonal anderer Stellen einsetzen, sofern diese den Anforderungen genügen.

(4) Für die zerstörungsfreien Prüfungen sind Prüfprotokolle auszustellen und vom jeweiligen Abnahmebeauftragten gegenzuzeichnen. Alle geforderten Prüfergebnisse sind in den Zeugnissen zu bescheinigen.

(5) Bauteile (z. B. Lagermaterial) mit bereits abgeschlossener Dokumentation dürfen verwendet werden, sofern keine sicherheitstechnisch relevanten Bedenken bestehen.

Lfd. Nr.	Stahlbautyp		KTA 3205.1	KTA 3205.2	Regelungen außerhalb KTA <sup>1)</sup>
			KTA 3205.3		
			Komponenten nach KTA 3201	Komponenten nach KTA 3211	sonstige Komponenten
1	Stahlbühnen mit Stützfunktion		S1	S3 <sup>2)</sup>	
2a	Rohrleitungs- und Armaturenhalterungen, Pumpenunterstützungen <sup>3)</sup>	DN > 100	S1	S2 <sup>5)</sup>	S3 <sup>2), 5)</sup>
2b		DN ≤ 100	S2 <sup>4), 5)</sup>	S3 <sup>2), 5)</sup>	
3a	Unterstützungen von Druckbehältern	Gewichtskraft ≥ 50 kN oder Druckliterprodukt ≥ 1000 [bar x l]	S1	S2	S3 <sup>2)</sup>
3b		Gewichtskraft < 50 kN und Druckliterprodukt < 1000 [bar x l]	S1	S3 <sup>2)</sup>	
4	Schutz- und Sonderkonstruktionen ohne lfd. Nr. 5		S2		S3 <sup>2)</sup>
5	Rohrausschlagsicherungen		Anforderungen siehe <b>Anhang D</b>		—

1) Entsprechend den zutreffenden Regeln der Technik.  
2) Gegen Erdbeben auszuliegende Stützkonstruktionen müssen zusätzlich die Anforderungen nach KTA 3205.2 Abschnitt 3.1, Abschnitt 3.2 Absatz 2 und Abschnitt 8.8.3 Absatz 2 erfüllen.  
3) Bei Pumpen ist DN des Druckstutzens maßgebend.  
4) Fällt in den Anwendungsbereich dieser Regel, Nachweisführung hat jedoch nach KTA 3205.2 zu erfolgen.  
5) Unabhängig von der Einstufung sind in den Bereichen bis zum nächsten Festpunkt wiederkehrende Prüfungen hinsichtlich der Funktion durchzuführen.

**Tabelle 3-1:** Anforderungsstufen (Stahlbauklassen) für Komponentenstützkonstruktionen

Lfd. Nr.	Stahlbaulastfälle	zum Vergleich		Auslegungskriterien
		DIN 18 801, DIN 15 018-1 und DIN 15 018-2	DIN 18 809	
1	H HZ HS1	H HZ HS	H HZ —	Volle Gebrauchseignung, wiederholt belastungsfähig, stets wiederverwendbar.
2	HS2	—	HS	Erfüllung der Standsicherheit und Aufrechterhaltung notwendiger Funktionen, (z. B. Lagerspiele). Begrenzung der Verformung, im allgemeinen wiederverwendbar.
3	HS3	—	HS	Große plastische Verformungen zulässig, keine Wiederverwendung vorgesehen.

**Hinweise:**  
(1) Die Zuordnung der nachzuweisenden Lastfallkombinationen zu den Stahlbaulastfällen erfolgt nach **Tabelle 7-1**.  
(2) HS2/HS3: Erfordert im allgemeinen nur Primärspannungsabsicherung.

**Tabelle 3-2:** Auslegungskriterien für die Komponentenstützkonstruktionen und Zuordnung zu den Stahlbaulastfällen

Lfd. Nr.	WPB	Werkstoffgruppe	Zugelassene Werkstoffe
1	1.1	Nichtrostende Stähle nach DIN EN 10 028-7	X5CrNi18-10 (1.4301) X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571) X5CrNiMo17-12-2 (1.4401)
2	1.2	Warmfeste Vergütungsstähle nach Beiblatt zu WPB 1.2	20 MnMoNi 5 5 (1.6310) 22 NiMoCr 3 7 (1.6751)
3	1.3	Warmfeste Stähle nach DIN EN 10 028-2	P265GH (H II) (1.0425) 16Mo3 (15 Mo 3) (1.5415) P295GH (17 Mn 4) (1.0481) P355GH (19 Mn 6) (1.0473) 13CrMo4-5 (13 CrMo 4 4) (1.7335)
4	1.4	Unlegierte Baustähle nach DIN EN 10 025	S235JRG2 (RSt 37-2) (1.0038) S235J2G3 (St 37-3) (1.0116) S355J2G3 (St 52-3) (1.0570)
5	1.5	Vergütungsstähle <sup>1)</sup> nach DIN EN 10 083-1	C35E (Ck 35) (1.1181) C45E (Ck 45) (1.1191) 42CrMo4 (42 CrMo 4) (1.7225) 34CrNiMo6 (34 CrNiMo 6) (1.6582)
6	1.6	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle nach DIN EN 10 028-3	P275NH (WStE 285) (1.0487) P355NH (WStE 355) (1.0565)
		nach DIN 17 102	WStE 255 (1.0462)
1) Dürfen nicht verschweißt werden.			

**Tabelle 6-1:** Zugelassene Werkstoffe für Bleche (Flacherzeugnisse)

Lfd. Nr.	WPB	Werkstoffgruppe	Zugelassene Werkstoffe
1	2.1	Nichtrostende Stähle nach DIN 17 456; für besondere Anforderungen nach DIN 17 457 oder DIN 17 458	X5CrNi18-10 (1.4301) X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571) X5CrNiMo17-12-2 (1.4401)
2	2.2	Unlegierte Baustähle nach DIN EN 10 219-1	S235JRH (RSt 37-2) (1.0039) S355J2H (St 52-3) (1.0576)
3	2.3	Warmfeste Stähle nach DIN 17 175	St 35.8 (1.0305) St 45.8 (1.0405) 15 Mo 3 (1.5415) 10 CrMo 9 10 (1.7380) 13 CrMo 4 4 (1.7335)
4	2.4	Unlegierte Baustähle nach DIN EN 10 210-1	S235JRH (RSt 37-2) (1.0039) S355J2H (St 52-3) (1.0576) S275J2H (St 44-3) (1.0138)
		nach DIN 17 121	St 37-3 (1.0116)
5	2.5	Warmfester Vergütungsstahl nach Beiblatt zu WPB 2.5	20 MnMoNi 5 5 (1.6310)
6	2.6	Warmfester Feinkornbaustahl nach DIN 17 178 oder DIN 17 179	WStE 460 (1.8935)
7	2.7	Warmfester Vergütungsstahl nach Beiblatt zu WPB 2.7	15 NiCuMoNb 5 (1.6368)

**Tabelle 6-2:** Zugelassene Werkstoffe für geschweißte und nahtlose Rohre, Hohlprofile

Lfd. Nr.	WPB	Werkstoffgruppe	Zugelassene Werkstoffe
1	3.1	Nichtrostende Stähle nach DIN EN 10 222-5 oder DIN EN 10 272	X5CrNi18-10 (1.4301) X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571) X5CrNiMo17-12-2 (1.4401)
2	3.2	Warmfeste Vergütungsstähle nach Beiblatt zu WPB 3.2	20 MnMoNi 5 5 (1.6310) 22 NiMoCr 3 7 (1.6751)
3	3.3	Unlegierte Baustähle nach DIN EN 10 250-2 oder DIN EN 10 025	S235JRG2 (RSt 37-2) (1.0038) S235J2G3 (St 37-3) (1.0116) S355J2G3 (St 52-3) (1.0570)
4	3.4	Warmfeste Stähle nach DIN EN 10 222-2 oder DIN EN 10 273	P250GH (C 22.8) (1.0460) 16Mo3 (15 Mo 3) (1.5415)
5	3.5	Vergütungsstähle <sup>1)</sup> nach DIN EN 10 083-1 oder SEW 550	C45E (Ck 45) (1.1191) 42CrMo4 (1.7225) 34CrNiMo6 (1.6582)
		nach DIN EN 10 269	21CrMoV5-7 (21 CrMoV 5 7) (1.7709)
6	3.6	Höherfeste Vergütungsstähle nach Beiblatt zu WPB 3.6	26 NiCrMo 14 6 (1.6958) 20 NiCrMo 14 5 (1.6742)

<sup>1)</sup> Dürfen nicht verschweißt werden.

**Tabelle 6-3:** Zugelassene Werkstoffe für Stäbe, Schmiedestücke und Profile

Lfd. Nr.	WPB	Werkstoffgruppe	Zugelassene Werkstoffe
1	4.1	Schrauben nach DIN EN ISO 898-1	Festigkeitsklassen: 4.6, 5.6, 5.8, 6.8, 8.8 und 10.9 <sup>1)</sup>
		Muttern nach DIN EN 20 898-2	Festigkeitsklassen: 5, 6, 8 und 10
		Scheiben für HV-Verbindungen nach DIN EN 10 083-1 und DIN EN 10 083-2	C45 C45E (Ck 45) oder härter
2	4.2	Schrauben und Muttern ≤ M 39 nach DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2	Festigkeitsklassen: 50, 70 oder 80 Stahlsorten: A2, A3, A4 und A5
3	4.3	Schrauben und Muttern, spanend gefertigt, Gewinde gerollt oder geschnitten aus nichtrostenden Stählen nach DIN EN 10 222-5 oder DIN EN 10 272	X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571)
4	4.4	Schrauben und Muttern, spanend gefertigt, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend nicht wärmebehandelt, aus vergüteten Stählen nach DIN EN 10 083-1	C45E (Ck 45) (1.1191) 42CrMo4 (42 CrMo 4) (1.7225) 34CrNiMo6 (34 CrNiMo 6) (1.6582)
		aus warmfesten Stählen nach DIN EN 10 269, DIN 267-13	C35E (Ck 35) (1.1181) 25CrMo4 (1.7218) 21CrMoV5-7 (21 CrMoV 5 7) (1.7709) 40CrMoV4-6 (40 CrMoV 4 7) (1.7711) X19CrMoNbVN-11-1 (1.4913) (X 19 CrMoVNbN 11 1)
		nach Beiblatt zu WPB 4.4	20 NiCrMo 14 5 (1.6742) 26 NiCrMo 14 6 (1.6958)
5	4.5	Schrauben und Muttern warm geformt, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend wärmebehandelt, aus warmfesten Stählen nach DIN EN 10 269	C35E (Ck 35) (1.1181) 21CrMoV5-7 (21 CrMoV 5 7) (1.7709) 25CrMo4 (1.7218) 40CrMoV4-6 (40 CrMoV 4 7) (1.7711) X19CrMoNbVN-11-1 (1.4913) (X 19 CrMoVNbN 11 1)

<sup>1)</sup> Bei hochfesten vorgespannten Schraubverbindungen der Festigkeitsklasse 10.9 nur für Auslegungstemperaturen unter 100 °C.

**Tabelle 6-4:** Zugelassene Werkstoffe für Schrauben, Muttern, Bolzen und Scheiben für HV-Verbindungen

Lfd. Nr.	WPB	Werkstoffgruppe	Zugelassene Werkstoffe
1	5.1	Ferritischer Stahlguss nach Beiblatt zu WPB 5.1 und nach DIN EN 10 213-1 und DIN EN 10 213-2	GS-18 NiMoCr 3 7 (1.6756) GP240GH (GS-C 25) (1.0619)
2	5.2	Nichtrostender Stahlguss nach DIN EN 10 213-2 oder DIN EN 10 213-4	GX5CrNiNb19-11 (G-X 5 CrNiNb 18 9) (1.4552) GX4CrNi13-4 (G-X 5 CrNi 13 4) (1.4317)

**Tabelle 6-5:** Zugelassene Werkstoffe für Stahlguss

## 7 Berechnung

### 7.1 Allgemeingültige Festlegungen

#### 7.1.1 Festigkeitsnachweise

(1) Die Bauteilbeanspruchung ist rechnerisch oder experimentell nachzuweisen.

(2) Anforderungen an die Art der Nachweise (z. B. Berechnung entsprechend den einschlägigen Stahlbauvorschriften) müssen in den Spezifikationen genannt werden. Spezielle Nachweise dürfen sowohl rechnerisch oder experimentell oder in Kombination rechnerisch und experimentell durchgeführt werden. Hierzu dürfen die im Anhang B der KTA 3201.2 beschriebenen Rechenmethoden (z. B. Finite-Elemente-Methode, elasto-plastisches Verfahren) oder andere zu spezifizierende Verfahren verwendet werden.

(3) Je nach Art des Tragwerkes ist der Festigkeitsnachweis nach Abschnitt 7.2 (Stabtragwerke) oder Abschnitt 7.3 (Flächentragwerke) zu erstellen. Bei speziellen Festigkeitsnachweisen dürfen im Einzelfall zulässige Spannungen abweichend von den Abschnitten 7.2.7 und 7.3.5 mit dem Sachverständigen festgelegt werden.

(4) Alle geforderten Nachweise sind vollständig, übersichtlich und prüfbar zu führen. Die Berechnungen müssen in sich geschlossen sein und eindeutige Angaben für die Ausführungszeichnungen enthalten. Es dürfen deshalb im allgemeinen keine Werte aus anderen Berechnungen ohne Quellenangabe oder Herleitung übernommen werden.

(5) Für Konstruktionen, bei denen plastische Formänderungen gezielt ausgenutzt werden, sind die Bemessungsgrenzen in Abstimmung mit dem Sachverständigen festzulegen. Für Ausschlagsicherungen gelten die Festlegungen des **Anhangs D**.

#### 7.1.2 Belastungsangaben

(1) Es sind alle Belastungen anzugeben, die einzeln oder kombiniert mit anderen wirksam sind.

(2) Zu den Belastungsangaben gehören, soweit erforderlich:

- a) Kräfte, Momente, Verschiebungen und Verdrehungen aus der abstützenden Komponente infolge
  - aa) Eigengewicht,
  - ab) Betriebslasten,
  - ac) Gebäudesetzungen,
  - ad) Prüflasten,
  - ae) Montagelasten,
  - af) Einwirkungen von außen (EVA),
  - ag) Einwirkungen von innen (EVI).
- b) Kräfte, Momente, Verschiebungen und Verdrehungen der Komponentenstützkonstruktion infolge
  - ba) Eigengewicht,
  - bb) Einwirkungen von außen (EVA),
  - bc) Einwirkungen von innen (EVI).

(3) Zu den Belastungen gehören:

- a) Ständige Regellasten  
Eigengewicht der Tragkonstruktion und Gewicht der abstützenden Komponenten mit Füllung und Dämmung (soweit vorhanden) - z. B. Rohrleitungen - soweit nicht in den Komponentenlasten A bis D nach KTA 3201.2 enthalten.
  - b) Nichtständige Regellasten  
- Bei Betrieb länger anstehend z. B. Stapel- oder Montagelasten.  
- Außerhalb der Betriebszeit oder aber nur kurzzeitig während des Betriebs auftretende Stapel-, Prüf- oder Verkehrslasten.
  - c) Komponentenlasten A bis D  
Dies sind von der abstützenden Komponente ausgehende Lasten, soweit nicht unter ständiger Regellast gemäß Aufzählung a bereits erfasst.
  - d) Sonderlasten  
Zum Beispiel Einwirkungen von außen wie Erdbeben oder Einwirkungen von innen wie Rohrbruchlasten, Strahlkräfte, Störfalldruck und -temperatur.
- (4) Das Auslegungsdatenblatt (ADB) muss folgende Angaben enthalten:
- a) Klassifizierung der Komponentenstützkonstruktion für die Auslegung gegen Erdbeben nach KTA 2201.1, Stahlbauklasse, abstützende Komponente,
  - b) Anlagenteil,
  - c) Raum-Nummer und Höhenkote,
  - d) Werkstoffgruppe oder Werkstoff,
  - e) Systembezeichnung, z. B. Bezeichnung der Rohrleitung nach dem Kraftwerk-Kennzeichnungssystem (KKS),
  - f) auftretende Belastungen (Überlagerung, Klassifizierung),
  - g) Temperatur (Umgebungstemperaturen, Temperaturen des Mediums),
  - h) Funktionsanforderungen (z. B. Freiheitsgrade),
  - j) Prüfvermerk.

#### 7.1.3 Annahmen für die Bauteilauslegung

(1) Die Berechnungstemperatur an der Verbindungsstelle Komponente und Stützkonstruktion ist gleich der Temperatur der Komponente beim bestimmungsgemäßen Betrieb zu setzen.

(2) Für die Auslegung derjenigen Komponentenstützkonstruktionen, deren sicherheitstechnische Aufgabenstellung bei Störfällen erfüllt werden muss, ist lastfallabhängig die Bauteiltemperatur zum betrachteten Zeitpunkt zugrunde zu legen.

(3) Bei Erfordernis ist unter Beachtung aller Betriebs- und Prüfbedingungen der zeitliche Verlauf der Belastungen zu berücksichtigen (z. B. Temperatur, Druckwelle, Strahlkräfte).

(4) Reibungseinflüsse sind nur in den Lastfällen H und HZ nachzuweisen. Als Reibungsbeiwerte gelten - ohne genaueren Nachweis - für ferritische Stähle:

- a)  $\mu = 0,45$  Stahl auf Stahl / unbearbeitet; ohne Gleitmittel, mit Anstrich.
- b)  $\mu = 0,30$  Stahl auf Stahl / bearbeitet (z. B. auch gebürstet); frei von Anstrich.

(5) Als Reibungsbeiwert zur Lagesicherung einer Konstruktion gilt - ohne genaueren Nachweis -  $\mu = 0,15$ . Andere Reibungsbeiwerte sind bei Nachweis zulässig.

(6) Für gleitfeste Schraubverbindungen gilt:

Bei einer der folgenden Reibflächenvorbereitungen darf ohne genaueren Nachweis ein Reibwert von  $\mu = 0,5$  verwendet werden:

- a) 2x Flammstrahlen  
b) Sandstrahlen  
c) Stahlgusskiesstrahlen.

(7) Für die Auslegung der Komponentenstützkonstruktion

- a) dürfen Lastanteile zu abdeckenden Belastungen zusammengefasst werden.  
b) sind Lasten, von denen angenommen werden kann, dass sie gleichzeitig auftreten, gemäß Spezifikation zu kombinieren.

#### 7.1.4 Lasten und Lastfälle

(1) Der Nachweis der Festigkeit ist für die folgenden Lastfälle zu führen:

- a) H: Hauptlasten,  
b) HZ: Haupt- und Zusatzlasten,  
c) HS1: Haupt- und Sonderlasten,  
d) HS2: Haupt- und Sonderlasten oder  
e) HS3: Haupt- und Sonderlasten

(2) Die Lastfälle ergeben sich aus der Kombination von Lasten, z. B. für den Lastfall HZ aus der Kombination von Hauptlasten H und Zusatzlasten Z.

(3) Auch wenn keine Hauptlasten vorhanden sind, sind Zusatzlasten Z in den Lastfall HZ und Sonderlasten S in die Lastfälle HS1, HS2 oder HS3 einzustufen.

#### 7.1.5 Klassifizierung der Belastungen

In Übereinstimmung mit der Lastfallklassifizierung von Komponenten werden vier Stufen von Lasten aus der gestützten Komponente unterschieden (A, B, C und D). Die Zuordnung aller Belastungen zu den Lastfällen H, HZ, HS1, HS2 und HS3 ist in **Tabelle 7-1** angegeben.

#### 7.1.6 Zulässige Spannungen

(1) Bei der Ermittlung von zulässigen Spannungen für die Festigkeitsnachweise der Lastfälle H, HZ, HS1, HS2 und HS3 sind die Streckgrenzenvergleichswerte  $R_{v0,2}$  zugrunde zu legen. Dabei sind folgende Festigkeitskennwerte zu verwenden:

$R_{eHRT}$  : Mindestwert der oberen Streckgrenze bei Raumtemperatur

$R_{mRT}$  : Mindestwert der Zugfestigkeit bei Raumtemperatur RT

$R_{p0,2RT}$  : Mindestwert der 0,2 %-Dehngrenze bei Raumtemperatur RT

$R_{eHT}$  : Mindestwert der oberen Streckgrenze bei Temperatur T

$R_{mT}$  : Mindestwert der Zugfestigkeit bei Temperatur T

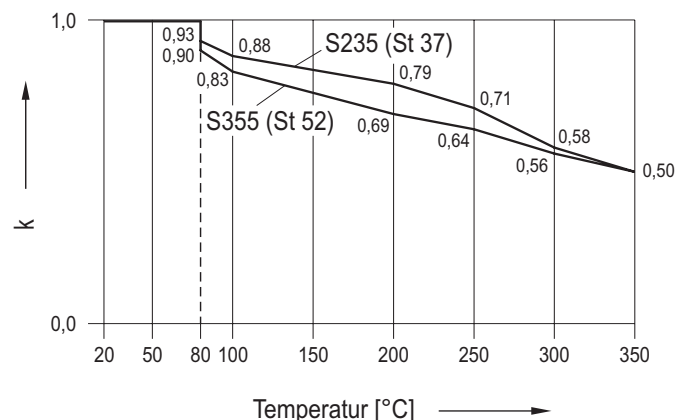
$R_{p0,2T}$  : Mindestwert der 0,2 %-Dehngrenze bei Temperatur T

(2) In der **Tabelle 7-2** ist der Streckgrenzenvergleichswert in Abhängigkeit vom Werkstoff für die Stahlbauklasse S1 festgelegt.

(3) In den **Tabellen 7-3** (Bauteile) und **7-4** (Schweißnähte), sind die zulässigen Spannungen bezogen auf den Streckgrenzenvergleichswert für die Festigkeitsnachweise der Lastfälle H, HZ, HS1, HS2 und HS3 angegeben. In den **Tabellen 7-5** und **7-6** sind die zulässigen Spannungen für Schrauben sowie Lagerteile und Gelenke angegeben.

(4) Die Mindestwerte sind grundsätzlich den Normen gemäß **Tabelle 6-1 bis 6-5** zu entnehmen. Für Lagermaterial mit bereits abgeschlossener Dokumentation gelten die Festlegungen in Abschnitt 6.2 Absatz 5. Im Einzelfall dürfen die mechanischen Kennwerte für die Berechnung den Abnahmeprüfzeugnissen nach DIN EN 10 204 entnommen werden.

(5) Für Bauteile und Schweißverbindungen der Stähle S235 (St 37) und S355 (St 52) sind die Reduktionsfaktoren nach **Bild 7-1** anzuwenden.



Abminderung erst für  $T > 80$  °C

$$R_{eHT} = k \cdot R_{eHRT} \quad \text{oder} \quad R_{p0,2T} = k \cdot R_{p0,2RT}$$

**Bild 7-1:** Reduktionsfaktor  $k$  zur Ermittlung der Warmstreckgrenze in Abhängigkeit von der Temperatur

## 7.2 Bemessung von stabförmigen Bauteilen

### 7.2.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Zum Nachweis einer ausreichenden Bemessung sind die in den Abschnitten 7.2.2 bis 7.2.6 aufgezählten Nachweise zu führen. Rechnerische Nachweise dürfen durch Versuche ergänzt oder ersetzt werden. Das Versuchsprogramm ist zwischen Anlagenlieferer, Hersteller und Sachverständigem abzustimmen.

(2) Die Belastungen sind den Lastfällen H, HZ, HS1, HS2 und HS3 zuzuordnen.

(3) Im Einzelfall darf - abweichend von den nachfolgenden Regelungen, mit Zustimmung des Sachverständigen - die Bemessung auch gemäß der gültigen Normen für Stahlbauten (z. B. DIN 18 800-1) geführt werden.

(4) Zum Nachweis der Tragsicherheit darf anstelle der Nachweise nach den Abschnitten 7.2.2 und 7.2.3 auch die Traglast benutzt werden, d.h. die bei gegebener Lastkombination größte vom Bauwerk getragene Last, bei der die sicherheitstechnische Aufgabenstellung der Komponenten erhalten bleibt.

(5) Vereinfachend darf die Traglast für dafür geeignete Fälle näherungsweise nach DIN 18 800-1 berechnet werden. Die Sicherheitsbeiwerte für die Sonderlastfälle sind in gleicher Höhe anzusetzen wie bei der Spannungsabsicherung.

(6) Ein Nachweis der Tragsicherheit nach DIN 18 800-1 bis DIN 18 800-4 ist stets dann zu führen, wenn die Schnittgrößen überproportional gegenüber der Belastung zunehmen.

Für Austenite darf die 1,0 %-Dehngrenze, jedoch nicht mehr als 360 N/mm<sup>2</sup> angesetzt werden.

### 7.2.2 Allgemeiner Spannungsnachweis

(1) Der allgemeine Spannungsnachweis ist für alle Bauteile und Verbindungsmittel für die verschiedenen Lastfälle (z. B. H = Hauptlasten, HZ = Haupt- und Zusatzlasten, HS1/HS2/HS3 = Haupt- und Sonderlasten) zu führen. Die errechneten Spannungen sind den zulässigen Werten gegenüberzustellen.

(2) Die Spannungen für Bauteile einschließlich Bolzen sind nach Abschnitt E 2 (siehe **Anhang E**) zu ermitteln.

(3) Die Spannungen für Schweißverbindungen sind nach Abschnitt E 3 zu ermitteln. Der Vergleichswert  $\sigma_v$  nach Gleichung (E 3-5) darf nur für S235 (St 37) und S355 (St 52) verwendet werden. Ansonsten ist die Vergleichsspannung nach den Gleichungen (E 2-14) und (E 2-15) zu bilden.

(4) Die Spannungen für Schraubverbindungen sind nach Abschnitt E 4 zu ermitteln. Im besonderen ist folgendes zu beachten:

- Für den Spannungsnachweis der Scherbeanspruchung ist der Querschnitt im Abscherbereich (Schaft- oder Kernquerschnitt) maßgebend.
- Für den Spannungsnachweis der Normalbeanspruchung ist für Schrauben mit metrischen ISO-Gewinden gemäß DIN 13-1 der Spannungsquerschnitt maßgebend, ansonsten der Kernquerschnitt.
- Für den Nachweis der zulässigen Lochleibung ist der Schraubenquerschnitt maßgebend.
- Der Spannungsnachweis ist für Schrauben, die nicht im Gewindebereich auf Abscheren beansprucht werden, erbracht, wenn die zulässigen Spannungen für Abscheren und Normalkraft getrennt für sich eingehalten werden. Bei Schrauben, die im Gewindebereich auf Abscheren beansprucht werden, ist zusätzlich die Vergleichsspannung  $\sigma_v$  nachzuweisen:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (7-1)$$

(5) Hochfeste vorgespannte gleitfeste Schraubverbindungen (GV-Verbindungen) sind nach Abschnitt E 4.2 nachzuweisen. Bei Auslegungstemperaturen größer als 100 °C ist ein zusätzlicher Tragfähigkeitsnachweis zu erbringen, wobei die Festlegungen in KTA 3401.2 Abschnitt 5.4 zu beachten sind.

(6) Die Spannungen für Lager und Gelenke sind nach gängigen Verfahren (z. B. Kontaktpressung, Hertzsche Pressung) zu ermitteln.

### 7.2.3 Stabilitätsnachweis

(1) Druckbeanspruchte Bauteile mit Schlankheitsgraden größer als 150 sind nicht zulässig.

(2) Die Stabilitätsnachweise (Knicken, Kippen, Beulen) für ferritische Stähle sind nach DIN 18 800-2 zu führen. In den Lastfällen HS2 und HS3 ist eine Mindestsicherheit von 1,15 zur Grenztraglast einzuhalten. Im Lastfall HS1 sind 10 % höhere Sicherheiten als in den Lastfällen HS2 oder HS3 erforderlich. Beim Auftreten von erhöhten Temperaturen sind die geänderten Materialkennwerte für die Dehn- oder Streck-

grenze zu berücksichtigen. Eine Abminderung des E-Moduls darf im allgemeinen vernachlässigt werden.

(3) Bei austenitischen Werkstoffen dürfen die Stabilitätsnachweise nach dem Zulassungsbescheid Z-30.3-6 für nichtrostende Stähle des Instituts für Bautechnik, Berlin, geführt werden. Die dort angegebenen Knickzahlen, Vergleichsspannungen und Knicksicherheiten gelten zunächst für Temperaturen bis 50 °C. Bei höheren Temperaturen darf gemäß **Anhang C** verfahren werden.

### 7.2.4 Betriebsfestigkeitsnachweis

Ein Betriebsfestigkeits- oder Ermüdungsnachweis darf aufgrund vorwiegend ruhender Beanspruchungen entfallen.

### 7.2.5 Lagesicherheitsnachweis

Beim Lagesicherheitsnachweis nach Abschnitt E 5 sind für Sonderlastfälle die stabilisierenden Lasten 1,0fach anzusetzen. Destabilisierende Lasten sind für den Lastfall HS1 1,3fach, für die Lastfälle HS2 und HS3 1,15fach zu berücksichtigen.

### 7.2.6 Formänderungsnachweis

(1) Ein zusätzlicher Formänderungsnachweis ist nur dann erforderlich, wenn die Funktion der abgestützten Komponente eine Begrenzung der Formänderung verlangt.

(2) Für die Ermittlung der Formänderungen dürfen Querschnittswerte ohne Lochabzug angesetzt werden.

### 7.2.7 Zulässige Beanspruchungen

#### 7.2.7.1 Bauteile

Die zulässigen Spannungen für Bauteile sind in **Tabelle 7-3** angegeben.

#### 7.2.7.2 Schweißverbindungen

Die zulässigen Spannungen für Schweißverbindungen sind in **Tabelle 7-4** angegeben.

#### 7.2.7.3 Schraubverbindungen

(1) Für ferritische Schraubenwerkstoffe gilt  $R_{v0,2}$  gleich  $R_{eHT}$ . Für austenitische Schraubenwerkstoffe gilt  $R_{v0,2}$  gleich  $R_{p0,2T}$ .

(2) Für die zulässigen Spannungen für Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 8.8 und 10.9 bei Temperaturen kleiner gleich 80 °C sind die Werte aus der **Tabelle 7-5.1** einzusetzen.

Bei Temperaturen größer als 80 °C sind die zulässigen Spannungen nach DIN EN ISO 898-1 im Verhältnis der Streckgrenzen entsprechend abzumindern. Für Schrauben der Festigkeitsklasse 4.6 gelten die Abminderungsfaktoren  $k$  des Stahls S235 (St 37) nach **Bild 7-1**.

(3) Die zulässigen Spannungen für sonstige Schraubenwerkstoffe sind in den **Tabellen 7-5.2 und 7-5.3** angegeben.

(4) Bei reiner Zugbeanspruchung darf für die Lastfälle HS1/HS2/HS3 die Zugkraft im angeschlossenen Bauteil nicht größer als 0,9 der für GV-Verbindungen gemäß DIN 18 800-7 oder VDI 2230 Blatt 1 angegebenen Vorspannkraft sein.

Lfd. Nr.	Belastungen		Lastkombinationen (Überlagerung der Belastungen)							
			1	2	3	4	5	6	7	8
			Lastfälle				HS2/HS3 <sup>3)</sup>			
		H	HZ	HS1						
1	Regellasten	Ständige und nicht ständige Regellasten	X	X	X	X	X	X	X	X
2		Behinderte Dehnungen aus Betriebstemperatur der Abstützung			X					
3		Behinderte Dehnungen aus Betriebstemperatur der abgestützten Komponente		X						
4		Komponentenlasten A <sup>5)</sup>	X							
5		Komponentenlasten B <sup>4)</sup>		X						
6	Sonderlasten <sup>1)</sup>	Komponentenlasten C <sup>4)</sup>			X					
7		Komponentenlasten D				X				
8		Behinderte Dehnungen aus Störfalltemperatur						X		
9		Rohrbruchlasten					X			
10		Strahlkräfte							X	
11		EVA-Lasten <sup>2)</sup>								X

1) Eine detaillierte Auflistung der Sonderlasten bezogen auf die jeweilige Stahlkonstruktion ist im Auslegungsdatenblatt vorzunehmen.  
2) Bemessungserdbeben und Berstdruckwelle, Flugzeugabsturz, Explosionswelle.  
3) Die Zuordnung zu HS2 und HS3 ist im Auslegungsdatenblatt in Abhängigkeit vom jeweiligen Schutzziel der Komponentenunterstützung anzugeben.  
4) Einschließlich Lasten aus behinderter Temperaturdehnung und aus Randverschiebungen.  
5) Die Komponentenlasten A bis D entsprechen den den Betriebsstufen A bis D zugeordneten Lasten nach KTA 3201.2.

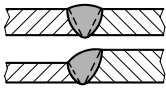
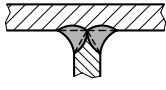
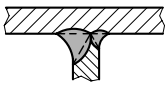
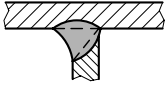
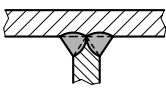
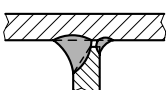
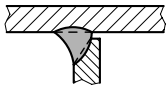
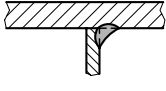
Tabelle 7-1: Lastfälle und Lastfallklassifizierung

Lfd. Nr.	Verwendung	Werkstoff	$R_{v0,2}$ für Stahlbauklasse S1
1	Bauteile und Schweißnähte	Baustähle S235 (St 37), S355 (St 52), St 35	$R_{eHT}$
2		Warmfeste- und Feinkornstähle P275NH, P355NH (W StE 355), P265GH (H II), 16Mo3	$R_{eHT}$
3		ferritische Stähle, ausgenommen lfd. Nr. 1 und 2	$\min \{ R_{eHT} ; 2/3 R_{mT} \}$ <sup>1)</sup>
4		nichtrostende Stähle	$1,5/1,1 R_{p0,2T}$
5a	Stahlguss <sup>2)</sup>	ferritisch/martensitisch	$\min \{ R_{eHT} ; 2/3 R_{mT} \}$ <sup>1)</sup>
5b		austenitisch	$1,5/1,1 R_{p0,2T}$
6a	Schrauben	Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 8.8 und 10.9	Zulässige Spannungen siehe <b>Tabelle 7-5.1</b>
6b		ferritische Stähle, ausgenommen lfd. Nr. 6a	$R_{eHT}$
6c		austenitische Stähle	$R_{p0,2T}$

1) Bei einem Verhältnis  $R_{eHRT} / R_{mRT} \geq 0,7$  gilt  $R_{v0,2} = \min \{ R_{eHT} ; 1,5/2,4 R_{mRT} \}$ . Wenn die Streckgrenze nicht ausgeprägt ist, gelten die Werte für 0,2 %-Dehngrenze.  
2) Reduzierung der Werte für Zug und Biegezugbeanspruchung gemäß **Tabelle 7-3** lfd. Nr. 2 ist zu beachten.

Tabelle 7-2: Streckgrenzenvergleichswerte  $R_{v0,2}$  in Abhängigkeit vom Werkstoff



Lfd. Nr.	Nahtart	Bild	Nahtgüte	Beanspruchungsart	zulässige Spannungen <sup>3)</sup> (bezogen auf $R_{v0,2}$ des Grundwerkstoffs)			
					H	HZ	HS1	HS2/HS3
1	Stumpfnah		alle Nahtgüten	Druck und Biegedruck	0,67	0,77	0,87	1,00
2	DHV-Naht (K-Naht)		Nahtgüte nachgewiesen	Zug und Biegezug, Vergleichsspannung	0,67	0,77	0,87	1,00
				Zug und Biegezug bei Stahlguss:				
				ferritisch und martensitisch	0,50	0,58	0,65	0,75
				austenitisch	0,37	0,42	0,48	0,55
3	HV-Naht mit Kehlnaht: Kapplage gegengeschweißt		Nahtgüte nicht nachgewiesen	Zug und Biegezug, Vergleichsspannung	0,47	0,53	0,57	0,63
				Zug und Biegezug bei Stahlguss:				
				ferritisch u. martensitisch	0,35	0,40	0,43	0,48
4	HV-Naht mit Kehlnaht: Wurzel durchgeschweißt			austenitisch	0,26	0,29	0,31	0,35
5	DHY-Naht (K-Stegnaht)		alle Nahtgüten	Druck und Biegedruck	0,67	0,77	0,87	1,00
6	HY-Naht mit Doppelkehlnaht			Zug und Biegezug, Vergleichsspannung	0,47	0,53	0,57	0,63
				Zug und Biegezug bei Stahlguss:				
			ferritisch u. martensitisch	0,35	0,40	0,43	0,48	
				austenitisch	0,26	0,29	0,31	0,35
7 <sup>2)</sup>	Kehlnähte <sup>4)</sup>		alle Nahtgüten	Druck und Biegedruck, Zug und Biegezug, Vergleichsspannung	0,47	0,53	0,57	0,63
8				Zug und Biegezug bei Stahlguss:				
				ferritisch u. martensitisch	0,35	0,40	0,43	0,48
9 <sup>2)</sup>				austenitisch	0,26	0,29	0,31	0,35
10	alle Nähte S235 (St 37)		alle Nahtgüten	alle Beanspruchungsarten <sup>5)</sup>	0,57	0,63	0,73	0,83
11	alle Nähte S355 (St 52)			Schub	0,47	0,53	0,60	0,70
12	alle Nähte übrige Stähle				0,37 <sup>1)</sup>	0,43 <sup>1)</sup>	0,47 <sup>1)</sup>	0,50 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Falls keine höheren Werte durch Versuche nachgewiesen werden.

<sup>2)</sup> Beidseitig geschweißte Nähte sind einseitig geschweißten Nähten vorzuziehen. Die in den lfd. Nrn. 7 und 9 aufgeführten Schweißnahtformen dürfen nur bei Flankenkehlnähten und Anschlüssen von geschlossenen Teilen angewendet werden. Für Schweißnahtdicken  $a \leq 5$  mm sind einlagige Schweißnähte zulässig.

<sup>3)</sup> Bei Ausnutzung der zulässigen Spannung größer als oder gleich 70 % erhöhte Anforderung an die Schweißnahtgüte (Bewertungsgruppe C statt D), siehe auch Abschnitt 9.4.4.

<sup>4)</sup> Für S235 gilt lfd. Nr. 10.

<sup>5)</sup> Für Druck und Biegedruck gelten die höheren Werte der lfd. Nrn. 1, 2 und 5.

**Tabelle 7-4:** Zulässige Spannungen (bezogen auf Streckgrenzenvergleichswert  $R_{v0,2}$  nach **Tabelle 7-2**) für Schweißnähte in Abhängigkeit von Nahtart, Beanspruchungsart und Lastfall

Lfd. Nr.	Festigkeitsklassen	Spannungsart		Lastfall			
				H	HZ	HS1	HS2/HS3
				N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
1	4.6	SL	Schub	112	126	146	168
2			Zug	110	125	143	165
3		SLP	Schub	140	160	182	211
4			Zug	110	125	143	165
5	5.6	SL	Schub	168	192	218	252
6			Zug	150	170	195	225
7		SLP	Schub	210	240	273	315
8			Zug	150	170	195	255
9	8.8	SL	Schub	168	189	227	
10			Zug	252	287	344	
11		SLP	Schub	196	224	267	
12			Zug	252	287	344	
13	10.9	SL	Schub	240	270	324	
14			Zug	360	410	492	
15		SLP	Schub	280	320	384	
16			Zug	360	410	492	

In SL- und SLP-Verbindungen sind bei gleichzeitiger Beanspruchung auf Abscheren und Zug alle Einzelnachweise (Schub, Zug und Lochleibungsdruck) unabhängig voneinander zu führen. Dabei dürfen die zulässigen Werte für die einzelnen Beanspruchungsarten ohne Nachweis einer Vergleichsspannung voll ausgenutzt werden.

Hinweis:

Der zulässige Lochleibungsdruck ergibt sich aus dem kleineren  $R_{v0,2}$ -Wert von Schrauben- und Grundwerkstoff gemäß **Tabelle 7-3**.

**Tabelle 7-5.1:** Zulässige Spannungen für Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 8.8 und 10.9 bei Temperaturen kleiner oder gleich 80 °C in Abhängigkeit von den Lastfällen

Lfd. Nr.	Spannungsart	Lastfall			
		H	HZ	HS1	HS2/HS3
1	Zug	0,47 $R_{v0,2}$	0,52 $R_{v0,2}$	0,58 $R_{v0,2}$	0,64 $R_{v0,2}$
2	Schub (Abscheren quer zur Schraubenachse)				

**Tabelle 7-5.2:** Zulässige Spannungen für Schrauben mit  $R_{eHRT} \leq 450 \text{ N/mm}^2$

Lfd. Nr.	Spannungsart	Lastfall		
		H	HZ	HS1/HS2/HS3
1	Zug	0,4 $R_{v0,2}$	0,45 $R_{v0,2}$	0,54 $R_{v0,2}$
2	Schub (Abscheren quer zur Schraubenachse)	0,264 $R_{v0,2}$	0,3 $R_{v0,2}$	0,36 $R_{v0,2}$

**Tabelle 7-5.3:** Zulässige Spannungen für hochfeste Schrauben mit  $R_{eHRT} > 450 \text{ N/mm}^2$

Lfd. Nr.	Spannungsart	Werkstoff			
		S235 (St 37) / St 35.8		S355 (St 52)	
		Lastfall			
		H	HZ	H	HZ
		N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
1	Berührungsdruck nach Hertz <sup>1)</sup>	650	800	850	1050
2	Lochleibungsdruck bei Gelenkbolzen <sup>2)</sup>	210	240	320	360

<sup>1)</sup> Bei beweglichen Lagern mit mehr als 2 Rollen sind diese Werte auf 85 % zu ermäßigen. Solche Lager sind jedoch möglichst zu vermeiden.

<sup>2)</sup> Diese Werte gelten nur für mehrschnittige Verbindungen

**Tabelle 7-6:** Zulässige Druckspannungen für Lagerteile und Gelenke in N/mm<sup>2</sup>

## 7.3 Bemessung von Flächentragwerken

### 7.3.1 Allgemeingültige Festlegungen

- (1) Die nachfolgenden Festlegungen gelten für die Schnittgrößenermittlung nach der Elastizitätstheorie.
- (2) Falls erforderlich, sind die Verformungen der Stützkonstruktionen nachzuweisen.
- (3) Der Nachweis ist im allgemeinen rechnerisch zu führen. Sollen Berechnungen durch Versuche ergänzt oder ersetzt werden, haben Anlagenlieferer, Hersteller und Sachverständige vorher das Versuchsprogramm miteinander abzustimmen.
- (4) Die Belastungen sind den Lastfällen H, HZ, HS1, HS2 und HS3 zuzuordnen.
- (5) Die Schnittgrößen sind nach der Elastizitätstheorie unter Berücksichtigung von geometrischen Unstetigkeiten zu ermitteln.

### 7.3.2 Spannungsvergleichswert $S_m$

- (1) Für ferritische Stähle ist der Spannungsvergleichswert  $S_m$  wie folgt zu ermitteln:

$$S_m = \min \left\{ \frac{R_{eHT}}{1,5}; \frac{R_{mRT}}{2,4} \right\} \quad (7-3)$$

- (2) Für austenitische Stähle ist der Spannungsvergleichswert  $S_m$  wie folgt zu ermitteln:

$$S_m = \min \left\{ \frac{R_{p0,2T}}{1,1}; \frac{R_{mT}}{2,4} \right\} \quad (7-4)$$

Statt  $\frac{R_{mT}}{2,4}$  darf bei einer Auslegungstemperatur gleich oder

kleiner als 350 °C  $S_m = \frac{R_{mRT}}{2,7}$  eingesetzt werden.

- (3) Für ferritischen und austenitischen Stahlguss ist bei Zug- und Biegezugbeanspruchung der Spannungsvergleichswert  $S_m$  wie folgt zu ermitteln:

$$S_m = \frac{R_{p0,2T}}{2,0} \quad (7-5)$$

Für andere Beanspruchungen gilt die Gleichung (7-3) oder die Gleichung (7-4). Für Zug- und Biegezugbeanspruchung dürfen die Gleichungen (7-3) und (7-4) nur in Abstimmung mit dem Sachverständigen angewendet werden.

- (4) Für Schweißverbindungen ist der Spannungsvergleichswert  $S_m$  nach den Gleichungen (7-3) bis (7-5) wie für Bauteile zu bestimmen.

### 7.3.3 Spannungskategorien

#### 7.3.3.1 Allgemeingültige Festlegungen

- (1) Die Spannungen sind in Abhängigkeit von der erzeugenden Ursache und ihrer Auswirkung auf das Festigkeitsverhalten des Bauteils in primäre Spannungen, sekundäre Spannungen und Spannungsspitzen einzuteilen und gemäß dieser Zuordnung in unterschiedlicher Weise zu begrenzen.
- (2) Erscheint in Grenzfällen die Zuordnung zu einer der genannten Spannungskategorien nicht eindeutig, ist die Auswirkung einer plastischen Verformung auf das Festigkeitsverhalten im Falle einer angenommenen Überschreitung der vorgesehenen Belastung zu betrachten.

#### 7.3.3.2 Primäre Spannungen

- (1) Primäre Spannungen (P) sind solche Spannungen, die das Gleichgewicht mit äußeren Kraftgrößen (Lastgrößen) herstellen.

- (2) Hinsichtlich des Festigkeitsverhaltens ist ihr wesentliches Merkmal, dass bei einer (unzulässig großen) Steigerung der äußeren Lasten die Verformungen nach vollständiger Plastifizierung des Querschnitts wesentlich zunehmen, ohne sich hierbei selbst zu begrenzen.

- (3) Die primären Spannungen sind nach ihrer Verteilung über die Wand eines Bauteils als Membranspannungen ( $P_m, P_l$ ) und als Biegespannungen ( $P_b$ ) zu unterscheiden.

- (4) Bei Flächentragwerken sind die Membranspannungen definiert als Mittelwert der über der Wanddicke verteilten Spannungen. Die Biegespannungen sind bei Flächentragwerken definiert als der linear veränderliche Anteil der über der Wanddicke verteilten Spannungen.

- (5) Hinsichtlich der Verteilung entlang der Wand sind allgemeine primäre Membranspannungen ( $P_m$ ) und örtliche primäre Membranspannungen ( $P_l$ ) zu unterscheiden. Primäre Membranspannungen in Schalen sind dann als örtlich anzusehen, wenn sie außerhalb eines die Störstelle enthaltenden Bereichs von der Länge  $1,0 \cdot \sqrt{r \cdot s}$  das 1,1fache der zulässigen allgemeinen Membranspannungen nicht überschreiten und zwei benachbarte Größtwerte der örtlichen primären Membranspannungen mindestens  $2,5 \cdot \sqrt{r \cdot s}$  voneinander entfernt sind. Dabei ist  $r$  der kleinere Hauptkrümmungsradius und  $s$  die Wanddicke. Falls örtliche primäre Membranspannungen den Wert des 1,1fachen der zulässigen allgemeinen Membranspannung, auch im Abklingbereich benachbarter Störstellen unter Berücksichtigung der Spannungsüberlagerung, nicht überschreiten, braucht für die benachbarten Größtwerte der Membranspannungen das Abstandsgesetz nicht eingehalten zu werden.

- (6) Während allgemeine primäre Membranspannungen so verteilt sind, dass als Folge einer Plastifizierung keine wesentliche Spannungsumlagerung zu benachbarten Bereichen hin stattfinden würde, führt im Falle der örtlichen primären Membranspannungen eine Plastifizierung zur Spannungsumlagerung.

#### 7.3.3.3 Sekundäre Spannungen

- (1) Sekundäre Spannungen (Q) sind solche Spannungen, die durch Zwängungen infolge geometrischer Unstetigkeiten und bei Verwendung von Werkstoffen mit unterschiedlichen Elastizitätsmodulen unter äußeren Belastungen entstehen und die sich durch Zwängungen infolge unterschiedlicher Wärmedehnungen ergeben. Nur Spannungen aus dem linearisierten Verlauf der Spannungsverteilung werden zu den sekundären Spannungen gezählt.

- (2) Hinsichtlich des Festigkeitsverhaltens ist ihr wesentliches Merkmal, dass sie im Falle des Überschreitens der Fließgrenze beim Ausgleich der Verformungsdifferenzen plastische Verformungen bewirken, die sich selbst begrenzen.

#### 7.3.3.4 Spannungsspitzen

Spannungsspitzen (F) sind solche Spannungen, die der Summe der betreffenden primären und sekundären Spannungen überlagert sind. Sie haben keine merklichen Verformungen zur Folge und sind in Verbindung mit primären und sekundären Spannungen nur für Ermüdung von Bedeutung.

### 7.3.4 Spannungsüberlagerung und Spannungsbeurteilung

#### 7.3.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

- (1) Für jeden Lastfall sind, wie im folgenden dargelegt, die gleichzeitig wirkenden gleichgerichteten Spannungen für jede Spannungskategorie gesondert oder für verschiedene Spannungskategorien gemeinsam zu addieren.

(2) Aus diesen Spannungssummen ist für die primären Spannungen die Vergleichsspannung, für die Summe aus primären und sekundären Spannungen und für die Summe aus primären Spannungen, sekundären Spannungen und Spannungsspitzen jeweils die Vergleichsspannungsschwingbreite zu bilden.

(3) Die Vergleichsspannungen und Vergleichsspannungsschwingbreiten sind nach Abschnitt 7.3.5 zu begrenzen.

**7.3.4.2 Vergleichsspannungen**

(1) Die den verschiedenen primären Spannungen zuzuordnenden Vergleichsspannungen sind nach der Schubspannungshypothese oder der Gestaltänderungs-Energie-Hypothese zu bilden und mit den jeweils zulässigen Werten zu vergleichen.

(2) Hierzu sind nach der Festlegung eines dreiachsigen Koordinatensystems die arithmetischen Summen aller gleichzeitig wirkenden Spannungen gleicher Richtung für

- a) die allgemeinen primären Membranspannungen,
- b) die örtlichen primären Membranspannungen,
- c) die Summe der allgemeinen primären Membranspannungen oder der örtlichen primären Membranspannungen und der primären Biegespannungen

gesondert zu bilden. Für jeden der drei Fälle sind hieraus dann die Vergleichsspannungen nach der Schubspannungshypothese oder der Gestaltänderungs-Energie-Hypothese zu bilden.

**7.3.4.3 Vergleichsspannungsschwingbreiten**

(1) Zur Vermeidung des Versagens infolge

- a) fortschreitender Deformation,
- b) Ermüdung

sind die zugehörigen Vergleichsspannungsschwingbreiten aus unterschiedlichen Spannungskategorien zu ermitteln und unterschiedlich zu begrenzen.

(2) Im Fall Absatz 1 Aufzählung a sind die benötigten Spannungstensoren aus den gleichzeitig wirkenden Spannungen der primären und sekundären Spannungskategorien zu bilden, im Fall Absatz 1 Aufzählung b aus den gleichzeitig wirkenden Spannungen aller Spannungskategorien.

(3) Aus der Menge der zu betrachtenden Beanspruchungszustände sind nach Festlegung eines festen Koordinatensystems zwei Beanspruchungszustände so auszuwählen, dass die aus der Differenz der zugehörigen Spannungstensoren gebildete Vergleichsspannung ein Maximum wird. Dieses Maximum stellt die Vergleichsspannungsschwingbreite dar.

(4) Haben die zu betrachtenden Beanspruchungszustände gleiche Hauptspannungsrichtungen, genügt es im Falle der Verwendung der Vergleichsspannung nach der Schubspannungshypothese, das Maximum der Differenzen je zweier Hauptspannungsrichtungen zu suchen. Dieses Maximum stellt dann nach der Schubspannungshypothese die Vergleichsspannungsschwingbreite dar. Ein Nachweis der Vergleichsspannungsschwingbreite für die Summe aus primären und sekundären Spannungen darf entfallen, wenn die Vergleichsspannung aus  $(P_m + P_b + Q)$  oder aus  $(P_l + P_b + Q)$  in keiner der Beanspruchungsstufen H und HZ die 0,2 %-Dehngrenze ( $R_{p0,2T}$ ) oder die Streckgrenze ( $R_{eHT}$ ) überschreitet.

**7.3.5 Zulässige Spannungswerte**

(1) In der **Tabelle 7-7** sind die Grenzwerte für Spannungen und Spannungsschwingbreiten lastfallspezifisch angegeben.

(2) Die zulässigen Spannungswerte der Lastfälle H bis HS2 sind auf den nach Abschnitt 7.3.2 ermittelten  $S_m$ -Wert der

jeweils maßgebenden Temperatur zu beziehen. Für die Beanspruchungsstufe HS3 ist die Warmzugfestigkeit  $R_{mT}$  heranzuziehen.

(3) Für Schweißnähte gelten die zulässigen Spannungen des Bauteils gemäß **Tabelle 7-7**, wenn die Festigkeitskennwerte der Schweißzusätze gleich oder größer als die des Bauteils sind. Die Schweißnahtarten entsprechend den lfd. Nrn. 7 und 9 in **Tabelle 7-4** dürfen keine Biegespannungen  $P_b$  aus Flächentragwerken übertragen.

(4) Soweit zulässige Spannungswerte größer als  $R_{p0,2T}$  oder  $R_{eHT}$  angegeben sind, sind diese als fiktive Spannungen anzusehen, durch deren Einhaltung eine Beschränkung der auftretenden Dehnungen erreicht werden soll.

Lastfälle	$P_m$	$P_l, P_m + P_b$ oder $P_l + P_b$	$P_m + P_b + Q$ oder $P_l + P_b + Q$
H	$1,00 \cdot S_m$	$1,20 \cdot S_m$	$2,50 \cdot S_m$ <sup>1)</sup>
HZ	$1,15 \cdot S_m$	$1,38 \cdot S_m$	$2,88 \cdot S_m$ <sup>1)</sup>
HS1	$1,30 \cdot S_m$	$1,56 \cdot S_m$	-
HS2	$1,50 \cdot S_m$	$1,80 \cdot S_m$	-
HS3	$0,7 \cdot R_{mT}$	$R_{mT}$	-

<sup>1)</sup> Bei Nachweis mittels einer elastischen oder plastischen Ermüdungsanalyse gemäß KTA 3201.2 Abschnitt 7.8.2 dürfen diese Werte überschritten werden.

**Tabelle 7-7:** Zulässige Werte für Spannungen und Spannungsschwingbreiten für Flächentragwerke

**7.3.6 Stabilitätsnachweis**

Für druckbeanspruchte Platten und Schalen ist die Stabilität unter zutreffenden Voraussetzungen bezüglich Geometrie und Belastung nach DIN 18 800-3 oder DIN 18 800-4 nachzuweisen.

Alternativ kann der Nachweis für druckbeanspruchte Platten nach DASt 012 erfolgen.

In der **Tabelle 7-8** ist die Zuordnung der Lastfälle angegeben.

Lastfälle	Lastfall nach DASt 012
H	H
HZ	HZ
HS1	S <sup>1)</sup>
HS2/HS3	S

<sup>1)</sup> Der Sicherheitsbeiwert für den Lastfall HS1 ist gegenüber den Lastfällen HS2/HS3 um den Faktor 1,1 zu erhöhen.

**Tabelle 7-8:** Zuordnung von Lastfällen dieser Regel zu denjenigen Lastfällen nach DASt 012

**7.3.7 Ermüdungsanalyse**

**7.3.7.1 Allgemeingültige Festlegungen**

Ein Ermüdungsnachweis ist im Anwendungsbereich dieser Regel im allgemeinen nicht erforderlich. Für Bauteile, die unter wechselnder Beanspruchung nicht versagen dürfen, ist nur für die Lastfälle H und HZ eine Ermüdungsanalyse durchzuführen. Hierzu ist aus allen Spannungen einschließlich der Spannungsspitzen (F) nach Abschnitt 7.3.4.3 die Vergleichsspannungsschwingbreite zu ermitteln.

### 7.3.7.2 Begrenzung der Erschöpfung infolge Ermüdung

Da die Spannungsschwingbreiten

$$\sigma_v = 2 \cdot \sigma_A = 2 \cdot E_{20^\circ} \cdot \varepsilon_A \quad (7-6)$$

verschieden große Werte annehmen, sind diese in geeignete Stufen  $2 \cdot \sigma_{Ai}$  einzuteilen und deren Beitrag zur Erschöpfung nach der linearen Theorie wie folgt zu akkumulieren:

a) Zu jeder Stufe  $\sigma_{Ai} = S_a$  muss die zulässige Lastspielzahl  $\hat{n}_i$  aus den Ermüdungskurven nach den **Bildern 7-2 und 7-3** bestimmt und mit der spezifizierten oder, bei Nachrechnung, mit der im Betrieb aufgetretenen Lastspielzahl  $n_i$  verglichen werden.

b) Die Summe der Quotienten  $n_i / \hat{n}_i$  stellt den Erschöpfungsgrad D dar. Dieser ist im Rahmen der Auslegung wie folgt zu beschränken:

$$D = \frac{n_1}{\hat{n}_1} + \frac{n_2}{\hat{n}_2} + \dots + \frac{n_k}{\hat{n}_k} \leq 1,0 \quad (7-7)$$

## 8 Konstruktion

### 8.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Für die Konstruktion der Stahlbauteile sind, soweit zutreffend, folgende Gesichtspunkte zu beachten:

- Funktion,
- Beanspruchung,
- Werkstoff,
- Herstellung (Prüfung und Fertigung),
- Instandhaltung.

(2) Soweit zutreffend sind dabei zu beachten:

- Ausreichende Zugänglichkeit zu den Komponenten,
- Dekontaminierbarkeit,
- Aufnahme von Sonderlasten (z. B. Erdbeben) auch in horizontaler Richtung,
- Vermeidung von stabilitätskritischen Konstruktionen,
- Ausdehnungen infolge Temperatur (erforderlichenfalls sind Ausdehnungsmöglichkeiten vorzusehen).

### 8.2 Anforderungen

(1) Teile, die zu Wartungs- und Prüfzwecken demontiert werden müssen, sollen bei möglichst geringer Strahlenexposition ausbaubar sein.

(2) Beidseitig geschweißte Nähte sind einseitig geschweißten Nähten vorzuziehen. Die in **Tabelle 7-4** lfd. Nrn. 7 und 9 aufgeführten Schweißnahtformen dürfen nur bei Flankenkehlnähten und Anschlüssen von geschlossenen Teilen angewendet werden. Einlagige Schweißnähte sind nur für Schweißnahtdicken gleich oder kleiner als 5 mm zulässig. Die Anforderung nach Abschnitt 10.2.4 sind auf der Zeichnung zu vermerken.

(3) Als Mindestabmessung für tragende Schrauben sollen M12-Schrauben angewendet werden. Alle Schraubverbindungen sind zu sichern. Als Sicherung gilt auch eine planmäßige Vorspannung.

(4) Zugbeanspruchungen in Dickenrichtung bei Blechen aus ferritischen Stählen mit Wanddicken  $s$  größer als 20 mm sind nur zulässig, wenn die Bleche nach Güteklasse Z25 der DIN EN 10 164 qualifiziert und im Anschweißbereich auf Dopplungsfreiheit geprüft sind.

(5) Bei Langlöchern, die quer zu ihrer Längsachse beansprucht werden, ist auf ausreichenden Randabstand zu achten.

(6) Bei Hohlprofilen sind die Angaben von DIN 18 808 zu beachten.

(7) Daten zum Anziehen vorgespannter Schrauben (z. B. Dehnschrauben) sind auf der Konstruktionszeichnung einzutragen (z. B. mindestens erforderliches und maximal zulässiges Drehmoment oder Drehwinkel sowie Schmiermittel und Werkzeug).

(8) Die Wanddicken müssen grundsätzlich gleich oder größer als 4 mm sein. Ausnahmen sind in begründeten Fällen möglich.

(9) Die Gebäudetoleranzen und Verankerungslagetoleranzen sind zu beachten.

(10) Geschraubte Stabanschlüsse sind mit mehr als einer Schraube auszuführen.

(11) Bei geschweißten Komponentenstützkonstruktionen ist die Prüfbarkeit der Schweißnähte (auch für wiederkehrende Prüfungen) zu berücksichtigen.

(12) Um ein Abplatzen des Betons durch hohe Wärmeeinbringung zu vermeiden, ist beim Anschweißen von Profilen an Verankerungselemente auf einen genügend großen Randabstand zu achten; in Ausnahmefällen ist die Wärmeeinbringung durch möglichst geringe Schweißlagendicken klein zu halten.

## 9 Herstellung

### 9.1 Voraussetzungen

(1) Der Hersteller hat für die sachgemäße Ausführung aller notwendigen Arbeiten unter Einhaltung der Festlegungen von KTA 1401 und dieser Regel zu sorgen.

(2) Der Hersteller muss über Einrichtungen und Personal verfügen, um die Erzeugnisformen einwandfrei verarbeiten, prüfen und transportieren zu können. Es dürfen auch Einrichtungen und Personal anderer Stellen, die diese Voraussetzungen erfüllen, in Anspruch genommen werden.

(3) Der Hersteller muss sicherstellen, dass seine Erzeugnisse die geforderte Qualität erreichen. Die Personen oder Stellen, die die qualitätssichernde Tätigkeit ausführen, müssen von den Personen oder Stellen unabhängig sein, die für die Fertigung verantwortlich sind.

(4) Der Hersteller muss verantwortliches und fachkundiges Aufsichtspersonal für alle in seinem Einflussbereich durchzuführenden Fertigungs- und Prüfschritte einsetzen.

(5) Der Hersteller muss die Anforderungen nach DIN EN 729-3 erfüllen. Im Zuge der Herstellung ist der Sachverständige berechtigt, sich jederzeit von der Einhaltung der Voraussetzungen zu überzeugen.

### 9.2 Schweißaufsicht

Die Schweißaufsicht muss die Forderungen nach DIN EN 719 erfüllen.

### 9.3 Schweißer

(1) Die Schweißer müssen im Besitz einer für die auszuführenden Arbeiten gültigen Prüfungsbescheinigung nach DIN EN 287-1 sein.

(2) Das Bedienungspersonal vollmechanischer Schweißanlagen muss den Nachweis erbracht haben, dass es ausreichende Kenntnisse für die Bedienung der Anlagen besitzt. Dieser Nachweis darf anhand von geeigneten Prüfstücken erfolgen oder durch das Ablegen von Verfahrens- und Arbeitsprüfungen.

(3) Der Hersteller muss eine formlose Bescheinigung ausfüllen, aus der hervorgeht, wann und durch welche Prüfstücke oder Arbeits- oder Verfahrensprüfungen die Qualifikation des Bedienungspersonals erfolgte.

## 9.4 Arbeitstechnische Grundsätze für das Schweißen

### 9.4.1 Voraussetzungen für das Schweißen

Mit dem Schweißen darf erst begonnen werden, wenn die nachfolgenden Voraussetzungen gegeben sind:

- Alle Prüfungen an den Erzeugnisformen und am Bauteil müssen erfolgreich abgeschlossen sein, einschließlich eventueller Prüfungen der Schweißnahtbereiche und der Schweißnahtfugenflanken.
- Alle für das Schweißen erforderlichen Unterlagen (Schweißpläne, Zeichnungen) müssen vorgeprüft am Schweißplatz vorliegen.
- Die Arbeitsanweisungen des Herstellers müssen am Arbeitsplatz vorhanden sein.

### 9.4.2 Vorbereitung der Schweißnaht durch thermische Anarbeitung

Es müssen die Bedingungen nach SEW 088 Abschnitt 4.3 erfüllt sein.

### 9.4.3 Durchführung der Schweißarbeiten

#### 9.4.3.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Bei den zur Anwendung kommenden Schweißverfahren sind die gleichen Schweißgerätetypen wie bei der Verfahrensprüfung zu verwenden. Sie müssen in Verbindung mit den dazugehörigen Schweißstromquellen nach demselben Prinzip arbeiten.

(2) Die im Geltungsbereich der Verfahrensprüfung festgelegten Schweißbedingungen sind bei den Bauteilschweißungen einzuhalten. Bei Abweichungen (z. B. Änderung des Nahtaufbaus, Abweichung von der zulässigen Wärmeeinbringung, Änderungen der Wärmeführung vor und während des Schweißens oder der Wärmebehandlung nach dem Schweißen, Schweißparameterbereiche) entscheidet die Schweißaufsicht in Übereinstimmung mit dem Sachverständigen über Notwendigkeit und Umfang einer Ergänzungsprüfung. Hierfür dürfen Arbeitsprüfungen herangezogen werden.

(3) Beim Vorwärmen sind bei unlegierten Stählen und Feinkornstählen die Bedingungen des Abschnitts 4.3 des SEW 088, bei unlegierten und legierten warmfesten ferritischen Stählen die des SEW 086 zu beachten.

(4) Zur Überwachung der Schweißdaten müssen die Schweißgeräte für mechanisierte Schweißverfahren mit Messinstrumenten für Stromstärke und Spannung ausgerüstet sein.

#### 9.4.3.2 Hilfsschweißungen

Hilfsschweißungen sind im Schweißplan zu erfassen. Die Ausführung richtet sich nach SEW 088 Abschnitt 7.2.

### 9.4.4 Schweißnahtgüte

Die Ausführungen der Schweißnähte mit Spannungen gleich oder größer als 70 % der zulässigen Werte müssen der Bewertungsgruppe C nach DIN EN 25 817, mit Spannungen kleiner als 70 % der zulässigen Werte der Bewertungsgruppe D nach DIN EN 25 817 entsprechen.

### 9.4.5 Schweißprotokoll

(1) Schweißungen von austenitischen Stählen und höherfesten Feinkornstählen sind zu protokollieren.

(2) Im Schweißprotokoll ist zu dokumentieren, dass die Bedingungen des vorgeprüften Schweißplanes eingehalten

wurden. Im Schweißprotokoll ist festzuhalten, in welchen Fällen und aus welchen Gründen Abweichungen vom Schweißplan durchgeführt werden mussten. Darüber hinaus sind nicht vorgeplante Unterbrechungen der Schweißarbeiten sowie sonstige Unregelmäßigkeiten aufzuführen.

(3) Das Schweißprotokoll ist von der Schweißaufsicht zu führen. Bei länger dauernden Schweißungen innerhalb einer einzigen Schweißfolge sind mindestens zwei Eintragungen pro Arbeitsschicht vorzunehmen.

(4) Die im Bauprüfplan vorgegebenen Kontrollen sind im Schweißprotokoll kenntlich zu machen.

(5) Für das Schweißprotokoll sind Formblätter zu verwenden (Muster: siehe **Formblatt 9-1**) und gemäß Schweißplan auszufüllen.

(6) Das Schweißprotokoll wird nach Beendigung der Schweißarbeiten Bestandteil der Dokumentation des Herstellers.

### 9.4.6 Sammelbescheinigung

Anstelle von Schweißprotokollen gemäß Abschnitt 9.4.5 sind nach Absprache mit dem Sachverständigen Sammelbescheinigungen als Zusammenfassung der einzelnen Schweißkontrollen nach dem **Formblatt 9-1** zugelassen, wenn die unschriftlichen Schweißprotokolle vom Sachverständigen abgezeichnet sind. Diese Sammelbescheinigungen werden anstelle der Schweißprotokolle Bestandteil der Dokumentation.

## 9.5 Schweißzusätze und -hilfsstoffe

Die eingesetzten Schweißzusätze und -hilfsstoffe müssen gemäß VdTÜV-Merkblatt 1153 eignungsgeprüft sein.

## 9.6 Verfahrensprüfungen

### 9.6.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Für die eingesetzten Schweißverfahren müssen, sofern kein großer Eignungsnachweis nach DIN 18 800-7 anwendbar ist, gültige Verfahrensprüfungen nach AD-Merkblatt HP 2/1 vorliegen. Sofern dies nicht der Fall ist, müssen sie vor Beginn der Fertigung in Anwesenheit des Sachverständigen durchgeführt werden.

(2) Hierbei sind zu berücksichtigen:

- das angewandte Schweißverfahren,
- die Schweißparameterbereiche,
- die Schweißposition,
- die Schweißzusätze und -hilfsstoffe,
- die zu verschweißenden Werkstoffe (einschließlich der Bauteildicken, gültig von 0,75 s bis 1,5 s),
- die Schweißnahtform,
- der für das Bauteil vorgesehene Wärmebehandlungszustand.

(3) Für gegebenenfalls erforderliche Reparaturschweißungen am Bauteil ist eine zusätzliche Verfahrensprüfung durchzuführen. Diese darf im Zuge der Verfahrensprüfung für die Bauteilschweißung durchgeführt werden.

(4) Vor Durchführung der Verfahrensprüfung sind folgende Unterlagen vom Hersteller anzufertigen und dem Sachverständigen zur Prüfung vorzulegen:

- Schweißplan,
- Wärmebehandlungsplan und
- Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan.

(5) Über die Verfahrensprüfung ist vom Sachverständigen ein Bericht anzufertigen, der die Abgrenzung des Geltungsbereiches und die Bedingungen der Herstellung der Prüfstücke enthält. Die Prüfergebnisse sind festzuhalten.

## 9.6.2 Geltungsbereich

### 9.6.2.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Der Geltungsbereich einer Verfahrensprüfung wird vom Sachverständigen bestätigt.

(2) Die für ein Herstellerwerk gültige Verfahrensprüfung gilt auch für Schweißarbeiten, welche außerhalb des Werks, z. B. auf Montagestellen, ausgeführt werden.

### 9.6.2.2 Grundwerkstoff

Die Verfahrensprüfung gilt für die bei der Prüfung eingeschlossenen Grundwerkstoffe. Sollen Grundwerkstoffe anderer Zusammensetzung mit eingeschlossen werden, so ist dies im Bericht über die Verfahrensprüfung festzuhalten.

### 9.6.2.3 Schweißzusätze und -hilfsstoffe

(1) Die Verfahrensprüfung gilt für die verwendeten Schweißzusätze (Stabelektrode einschließlich Umhüllungstyp, Band-/Drahtelektrode, Schweißdraht und Schweißstab) und Schweißhilfsstoffe (Schutzgase, Schweißpulver). Soweit die Schweißzusätze im gleichen Anwendungsbereich entsprechend ihrer Eignungsprüfungen liegen, ist bei einem Wechsel der Firmenmarke keine erneute Verfahrensprüfung erforderlich.

(2) Bei Schutzgasen ist ein Wechsel der Lieferfirma erlaubt.

(3) Für die Unterpulver-Schweißung gilt die verwendete Draht-Pulver-Kombination der Verfahrensprüfung, wobei ein Austausch von Draht- oder Bandedelektroden mit vergleichbarer chemischer Zusammensetzung unabhängig vom Hersteller zulässig ist.

(4) Ein Austausch der bei der Verfahrensprüfung verwendeten Pulversorte ist nur mit Zustimmung des Sachverständigen zulässig.

### 9.6.2.4 Abweichung von der Verfahrensprüfung

(1) Die bei der Verfahrensprüfung festgelegten Schweißparameterbereiche

- Abmessungen der Schweißzusätze,
- Schweißposition (Stellung des Schweißkopfes bei mechanisierten Schweißungen),
- Stromstärke,
- Geschwindigkeit (bei mechanisierten Schweißungen),
- Spannung

sollen unverändert bleiben.

(2) Maßliche Abweichungen von der bei der Verfahrensprüfung vorliegenden Fugenform (z. B. Winkel der Schweißfugenflanken, Flankenhöhe bei beidseitiger Schweißung) sind bei der Bauteilschweißung zulässig.

(3) Abweichungen von den Schweißparameterbereichen bedürfen der Zustimmung des Sachverständigen.

### 9.6.2.5 Wärmebehandlung

Die einer Verfahrensprüfung zugrundeliegende Gesamtglühdauer, jeweils bezogen auf die Summe der Zwischenspannungsarmglühungen oberhalb 450 °C und auf die Summe der Endspannungsarmglühungen, darf bei Bauteilglühungen bis zu 20 % überschritten werden.

### 9.6.2.6 Gültigkeitsdauer

(1) Die Gültigkeitsdauer einer Verfahrensprüfung beträgt 24 Monate vom Tag der Bestätigung durch den Sachverständigen an.

(2) Die Gültigkeitsdauer verlängert sich um weitere 24 Monate, wenn innerhalb der Gültigkeitsdauer eine entsprechende Arbeitsprüfung geschweißt wurde.

(3) Wird die Fertigung länger als ein Jahr unterbrochen, so sind die für die neue Fertigung erforderlichen Verfahrensprüfungen durchzuführen.

## 9.7 Arbeitsprüfungen

(1) Arbeitsprüfungen sind nur für Stähle mit Streckgrenzen oder 0,2 %-Dehngrenzen gleich oder größer als 355 N/mm<sup>2</sup> erforderlich.

(2) Die Durchführung und die Auswertung der Arbeitsprüfungen hat nach AD-Merkblatt HP 5/2 zu erfolgen.

## 9.8 Umformen von Bauteilen

### 9.8.1 Allgemeingültige Festlegungen

Beim Umformen sind die Anforderungen der Normen oder anderen Unterlagen zu berücksichtigen und das Vorgehen mit dem Sachverständigen abzustimmen.

### 9.8.2 Bescheinigung

(1) Über die durchgeführten Umformarbeiten ist vom Hersteller eine Bescheinigung unter Angabe

- der benutzten Wärme- und Umformeinrichtungen,
- der Umformschritte und
- der Temperaturführung und deren Überwachung beim Umformen

zu erstellen.

(2) Bei Teilen, die nach dem Umformen normalgeglüht oder vergütet werden, dürfen die Angaben über die Umformschritte entfallen.

## 9.9 Wärmebehandlung

### 9.9.1 Allgemeingültige Anforderungen

(1) Für alle Wärmebehandlungen sind Wärmebehandlungspläne zu erstellen.

(2) Diese Pläne sollen, soweit erforderlich, enthalten:

- Art der Wärmebehandlung, z. B. Normalglühen, Vergüten, Anlassen, Spannungsarmglühen, Lösungsglühen, Stabilglühen, Wasserstoffarmglühen,
- Wärmebehandlungseinrichtung (Ofen oder örtlich),
- Temperatur-Zeit-Verlauf (Aufheizen, Halten, Abkühlen),
- Kühlmedien,
- Art und Umfang der Temperaturmessung,
- Lage der Bauteile oder der Prüfstücke in der Wärmebehandlungseinrichtung.

(3) Vorwärmen und Nachwärmen beim Schweißen gelten nicht als Wärmebehandlung.

(4) Der Hersteller hat die Funktion der Wärmebehandlungseinrichtungen in regelmäßigen Zeitabständen zu prüfen. Nachweise über diese Überprüfung sind aufzubewahren.

(5) Die Notwendigkeit und Art der Wärmebehandlung nach dem Schweißen ist werkstoff- und dickenabhängig im Bauprüfplan festzulegen.

### 9.9.2 Bescheinigungen

(1) Der Hersteller dokumentiert die Einhaltung des Wärmebehandlungsplanes gemäß Abschnitt 9.9.1.

(2) Abweichungen vom Wärmebehandlungsplan sind zu protokollieren. Über die Zulässigkeit entscheidet der Hersteller in Abstimmung mit dem Sachverständigen.

### 9.10 Korrosionsschutz und Sauberkeitsanforderungen

(1) Es gelten die Festlegungen nach DIN EN ISO 1461, DIN EN ISO 12 944-1 bis DIN EN ISO 12 944-8, DIN 55 928-8 und DIN 55 928-9.

(2) Die Bauteile und ihre Oberflächen sollen so beschaffen sein, dass deren Dekontamination möglich ist.

(3) Korrosionsauslösende Verunreinigungen (z. B. chloridhaltige oder ferritische) auf Oberflächen von nichtrostenden Stählen während Fertigung, Transport, Lagerung und Montage sind zu vermeiden.

## 10 Bauprüfung

### 10.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Der Umfang der Kontrollen und Prüfungen sowie die Teilnahme des Sachverständigen und des Bestellers sind unter Berücksichtigung der Angaben in den Abschnitten 6 und 9 sowie den folgenden Abschnitten 10.2 und 10.3 im Bauprüfplan festzulegen.

(2) Bei der Festlegung der Prüforte für Teilprüfungen ist das Beanspruchungsniveau, insbesondere im Schweißnahtbereich, mit einzubeziehen.

### 10.2 Umfang und Durchführung (Werk und Baustelle)

#### 10.2.1 Eingangskontrolle

Bei der Eingangskontrolle sind zu überprüfen:

- Stempelung und Kennzeichnung,
- Abmessungen und Kontrolle auf Transportschäden,
- Werkstoffzeugnisse der Erzeugnisformen.

#### 10.2.2 Kontrollen vor Beginn der Fertigung

(1) Folgende Kontrollen der Erzeugnisformen vor der Weiterverarbeitung sind durchzuführen:

- Kontrolle der Umstempelung gemäß den Werkstoffprüfblättern,
- Kontrolle der Listen der umstempelungsberechtigten Personen,
- Umstempeln der Erzeugnisformen für die Weiterverarbeitung nur bei Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10 204.

(2) Die Gültigkeit von Verfahrensprüfungen des Herstellers nach Abschnitt 9.6.1 Absatz 1 ist zu kontrollieren.

(3) Die Gültigkeit der Schweißerzeugnisse nach DIN EN 287-1 ist zu kontrollieren.

(4) Die zum Einsatz kommenden Glüheinrichtungen und Schweißgeräte sind zu kontrollieren.

#### 10.2.3 Kontrollen während der Fertigung

(1) Die Arbeitsprüfungen sind, falls vorgesehen, auf Gültigkeit zu überprüfen.

(2) Die Lagerung und Trocknung der Schweißzusätze und -hilfsstoffe sind zu kontrollieren.

(3) Auf die Einhaltung der Prüffolge bei vorgeschriebener Wärmebehandlung gemäß den Schweiß- und Wärmebehandlungsplänen ist wie folgt zu achten:

- Kontrolle der Vorwärmtemperatur (soweit eine Vorwärmung erfolgt),
- Kontrolle des Schweißvorganges,

c) Kontrolle der Wurzellage (soweit möglich) durch visuelle Prüfung,

d) Kontrolle der Wärmebehandlung der Schweißnähte (soweit eine Wärmebehandlung nach Schweißplan vorgesehen).

### 10.2.4 Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen

#### 10.2.4.1 Prüfungen in Eigenverantwortung des Herstellers

Es sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- Die Schweißnahtbereiche von Blechen und Schweißnahtfugenflanken sind in Eigenverantwortung des Herstellers zerstörungsfrei zu prüfen.
- Die Prüfung auf Dopplungen in Blechen aus ferritischen Stählen, die in Dickenrichtung auf Zug beansprucht werden und deren Blechdicke größer als 20 mm ist, erfolgt in Eigenverantwortung des Herstellers. Hierbei liegen die Festlegung des Prüfbereiches und der Umfang der Prüfung ebenfalls in der Eigenverantwortung des Herstellers.

#### 10.2.4.2 Visuelle Kontrollen

Es sind visuelle Prüfungen der Schweißnähte nach DIN EN 970 durchzuführen. Die Bewertung erfolgt nach DIN EN 25 817 mit den in Abschnitt 9.4.4 genannten Bewertungsgruppen. Für den Prüfumfang gilt:

Hersteller:	100 %.
Sachverständiger:	25 %.

#### 10.2.4.3 Oberflächenrissprüfungen

Für die Oberflächenrissprüfungen an Schweißnähten gilt:

- Nähte mit nachzuweisender Nahtgüte (siehe **Tabelle 7-4**) für Stähle S235JRG2 (RSt 37-2), S235J2G3 (St 37-3), S355J2G3 (St 52-3) und 16Mo3 (15 Mo 3) nach Abschnitt 6.1:

Hersteller:	10 %.
Sachverständiger:	stichprobenweise.

- Nähte mit nachzuweisender Nahtgüte für warmfeste Vergütungsstähle:

Hersteller:	100 %.
Sachverständiger:	25 %.

- Nähte mit nachzuweisender Nahtgüte für alle übrigen Stähle:

Hersteller:	25 %.
Sachverständiger:	10 %.

#### 10.2.4.4 Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfungen

(1) Für Stumpfnähte mit Wanddicken gleich oder kleiner als 25 mm ist bevorzugt die Durchstrahlungsprüfung, ersatzweise für ferritische Stumpfnähte bei Wanddicken gleich oder größer als 15 mm die Ultraschallprüfung, bei Wanddicken größer als 25 mm und gleich oder kleiner als 40 mm bevorzugt die Ultraschallprüfung, ersatzweise die Durchstrahlungsprüfung anzuwenden. Bei ferritischen Stumpfnähten über 40 mm Wanddicke ist die Ultraschallprüfung anzuwenden.

(2) Ferritische Anschweißnähte sind bevorzugt mit Ultraschall zu prüfen. Eine Ultraschallprüfung auf Untermahtrisse muss zusätzlich bei Verwendung von Stählen mit  $R_{p0,2RT} > 355 \text{ N/mm}^2$  erfolgen.

(3) Die Ultraschallprüfung von Schweißnähten braucht nur auf längs zur Schweißrichtung orientierte Fehler zu erfolgen.

(4) Für die Ultraschall- und Durchstrahlungsprüfung an Schweißnähten gilt:

- a) Nähte mit nachzuweisender Nahtgüte (siehe **Tabelle 7-4**) für Stähle S235JRG2 (RSt 37-2), S235J2G3 (St 37-3), S355J2G3 (St 52-3) und 16Mo3 (15 Mo 3) nach Abschnitt 6.1:  
 Hersteller: 10 %.  
 Sachverständiger: stichprobenweise.
- b) Nähte mit nachzuweisender Nahtgüte für warmfeste Vergütungsstähle:  
 Hersteller: 100 %.  
 Sachverständiger: 25 %.
- c) Nähte mit nachzuweisender Nahtgüte für alle übrigen Stähle:  
 Hersteller: 25 %.  
 Sachverständiger: 10 %.

### 10.2.5 Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen

Die Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen hat nach **Anhang B** zu erfolgen. Ergänzende Festlegungen in den Werkstoffblättern sind zu beachten.

### 10.2.6 Kontrolle der fertigen Komponentenstützkonstruktionen

- (1) Bei der Abnahme sind die Bauprüfpläne dem Sachverständigen vorzulegen. Die Bauprüfpläne und Werkstofflisten sind nach der Abnahme der Bauteile durch den Sachverständigen zu unterzeichnen und abzustempeln.
- (2) Folgende Kontrollen der fertigen Bauteile sind vorzunehmen:
- Übereinstimmung mit den Vorprüfunterlagen (z. B. Maßkontrolle).
  - Stempelung der Einzelteile.
  - Einhaltung der planmäßigen Schraubenvorspannung.
  - Anstrich soweit spezifiziert.
  - Vollständigkeit der Dokumentation.

### 10.3 Belegung der Prüfungen und Kontrollen

- (1) Die Durchführung der Prüfung ist im Prüfplan durch Stempelung zu dokumentieren. Abweichungen sind zu protokollieren.
- (2) Die Nummerierung der Protokolle ist so vorzunehmen, dass Verwechslungen ausgeschlossen sind.

## 11 Wiederkehrende Prüfungen

- (1) Komponentenstützkonstruktionen, deren Funktion Beweglichkeit voraussetzt, sind durch Besichtigung im Rahmen der Begehung wiederkehrend zu prüfen.
- (2) Werden Federhänger, Stoßbremsen und Dämpfer nach dieser Regel hergestellt, so sind sie nach KTA 3205.3 Abschnitt 11 wiederkehrend zu prüfen.
- (3) Bei der Festlegung des Prüfumfanges ist Fußnote 5 der **Tabelle 3-1** zu berücksichtigen.

## 12 Dokumentation

### 12.1 Allgemeingültige Festlegungen

- (1) Die Dokumentation muss eine Rückverfolgung der durchgeführten Prüfungen beginnend bei der Auslegung bis zur Fertigstellung der Komponente und deren Einbau einschließlich aller Abweichungen sicherstellen.
- (2) Geänderte Unterlagen sind gemäß ihrer Revision fortlaufend zu kennzeichnen.

- (3) Die Dokumentationsunterlagen sind in einer übersichtlichen Form mit einem Inhaltsverzeichnis zusammenzustellen.

### 12.2 Unterlagen für die Enddokumentation

In die Enddokumentation sind alle Unterlagen und Prüfnachweise, die in den Abschnitten 6, 9 und 10 aufgeführt sind, in der letztgültigen Fassung aufzunehmen. Dies sind:

- Werkstofflisten einschließlich der Abnahmeprüfzeugnisse nach DIN EN 10 204  
 Der Hersteller und die zuständigen Bauprüfer bestätigen in diesen Werkstofflisten mit Prüfvermerk, dass die geforderten Prüfungen durchgeführt und erfüllt sind.
- Bauprüfpläne  
 Der Hersteller und die zuständigen Bauprüfer bestätigen im Bauprüfplan unabhängig von der Festlegung, ob ein Beleg erforderlich ist, mit Prüfvermerk, dass die durchgeführten Prüfungen erfüllt sind.
- Schweißpläne und Schweißstellenlisten
- Wärmebehandlungsplan und -protokolle (falls erforderlich)  
 Waren Wärmebehandlungen erforderlich, so sind die im Abschnitt 9.9.2 geforderten Bescheinigungen der Dokumentation beizufügen.
- Schweißprotokolle oder Sammelbescheinigungen  
 In die Schweißprotokolle sind alle Eintragungen gemäß Abschnitt 9.4.5 vorzunehmen. Für Sammelbescheinigungen gilt Abschnitt 9.4.6.
- Arbeitsprüfungen (falls erforderlich)
- Abweichungen (Reparaturunterlagen, Tolerierungen)
- Konstruktionszeichnungen und Stücklisten
- Berechnung
- Auslegungsdatenblatt
- Einstelldaten für Halterungselemente mit Spiel
- Prüfanweisungen für die zerstörungsfreien Prüfungen (falls erforderlich)

### 12.3 Nachweisverzeichnis

Alle Prüfnachweise sind in einem Nachweisverzeichnis zusammenzufassen.

### 12.4 Durchführung

- (1) Die Dokumentation der Herstellungsunterlagen ist von einer zentralen Stelle des Herstellers begleitend zur Herstellung zu führen.
- (2) Bis zur abschließenden Bauprüfung müssen alle für die Dokumentation erforderlichen Herstellungsunterlagen vorliegen.
- (3) Die Zusammenstellung aller dieser Unterlagen muss bis zum Zeitpunkt des Einbaus abgeschlossen sein.
- (4) Die Dokumentationsunterlagen der Montagearbeiten müssen bis zum Warmprobetrieb vollständig vorliegen.

### 12.5 Reparaturpläne

- (1) Jeder einzelne Reparaturplan und die zugehörigen Unterlagen sind neben der eigentlichen Prüfplanbezeichnung und Prüfnummer mit dem Buchstaben „R“ zu versehen.
- (2) Die Dokumentation des Reparaturschweißens hat neben den Angaben über Schweißparameter, gültige Verfahrensprüfung, Vorwärmtemperaturen eine detaillierte Darstellung der Reparaturschweißung zu enthalten, deren Zuordnung zum Bauteil oder zur Bauteilschweißung mit maßlicher Festlegung gegeben sein muss.

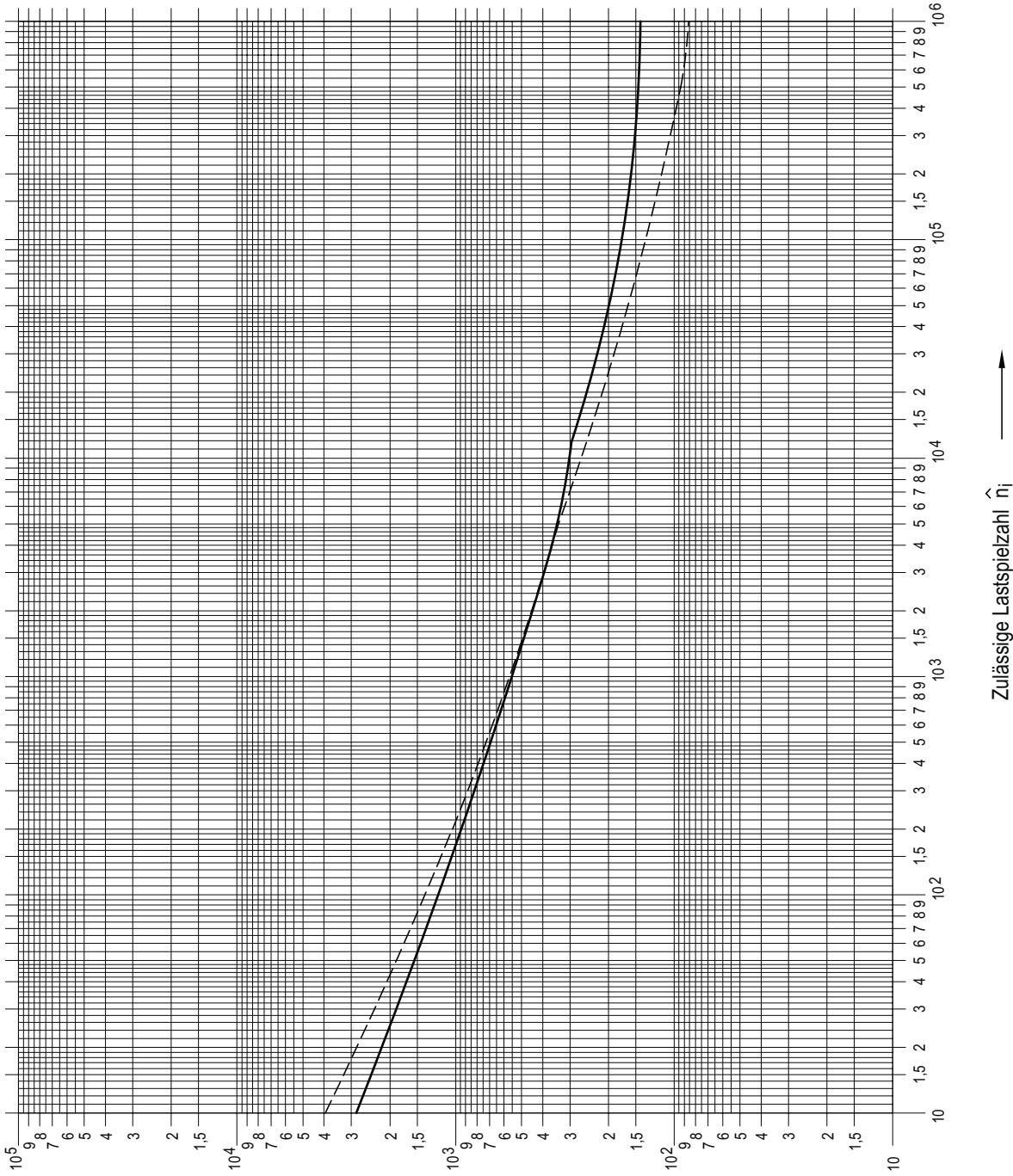
- $R_m \leq 550 \text{ N/mm}^2$
- $R_m = 790 \text{ bis } 900 \text{ N/mm}^2$
- $E = 2,07 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$

Werte für Zugfestigkeiten zwischen  $550 \text{ N/mm}^2$  und  $790 \text{ N/mm}^2$  dürfen linear interpoliert werden.

Liegen der berechneten Spannungsschwingbreite Dehnungen mit einem E-Modul  $E_T \neq E$  zugrunde, so ist die berechnete Spannungsschwingbreite mit dem Quotienten  $E/E_T$  zu multiplizieren.

Hinweis:

Die genaueren und verbindlichen Werte für den Zusammenhang  $S_a$  und  $\hat{n}_i$  sind in Tabelle 7.8-2 KTA 3201.2 angegeben.



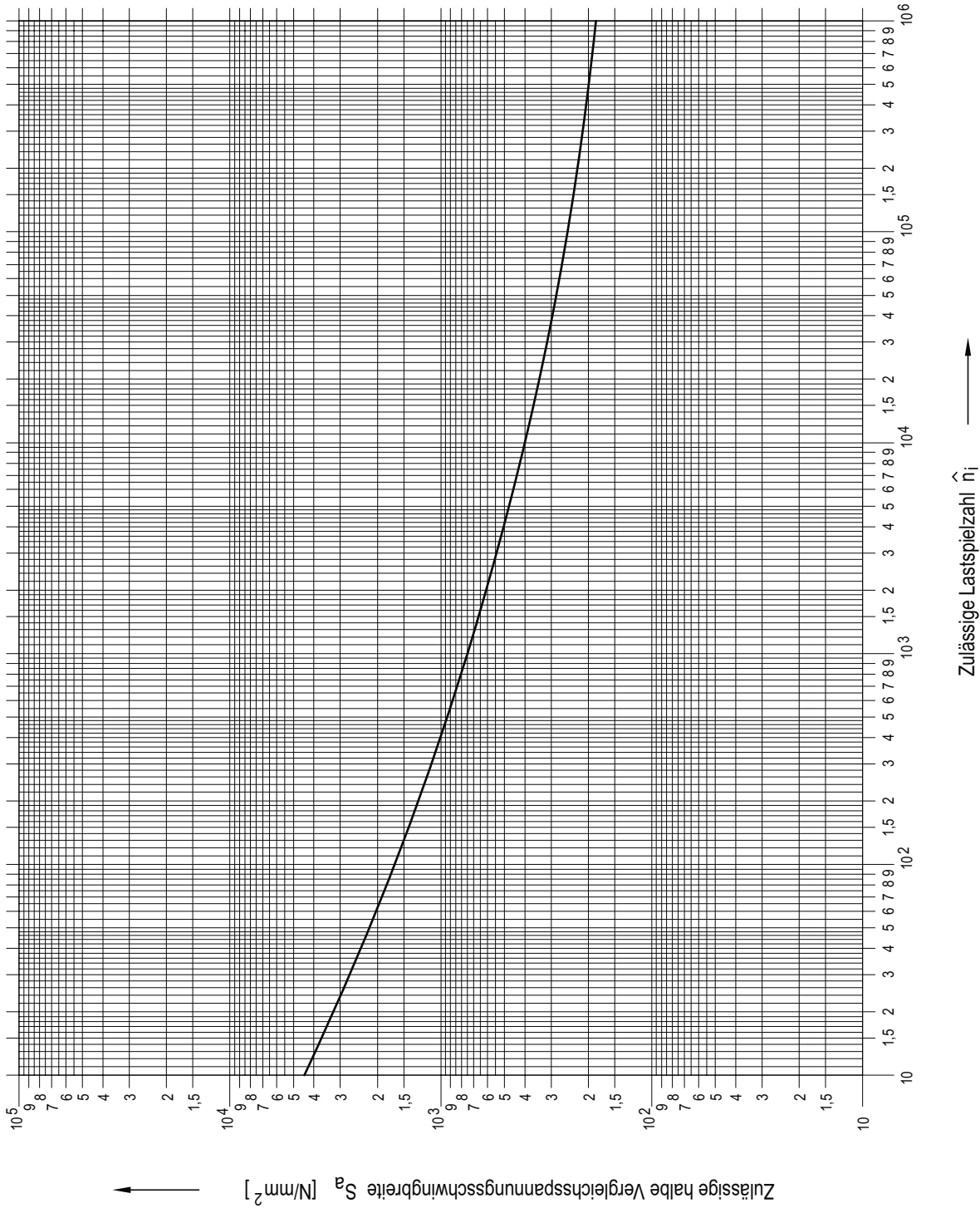
**Bild 7-2:** Ermüdungskurven für ferritische Stähle

$$E = 1,79 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$$

Liegen der berechneten Spannungsschwingbreite Dehnungen mit einem E-Modul  $E_T \neq E$  zugrunde, so ist die berechnete Spannungsschwingbreite mit dem Quotienten  $E/E_T$  zu multiplizieren.

Hinweis:

Die genauen und verbindlichen Werte für den Zusammenhang  $S_a$  und  $\hat{n}_i$  sind in Tabelle 7.8-2 KTA 3201.2 angegeben.



**Bild 7-3:** Ermüdungskurven für austenitische Stähle

<b>Schweißprotokoll</b>		<b>SPK</b> Seite: _____ von: _____												
1	Anlage/Projekt: _____	Komponente: _____	Baugruppe: _____											
	KKS 1): _____	PFP/WPP/Qualitätsklasse 2): _____ / ____	Prüf-Nr.: _____											
	Hersteller Auftr.-Nr.: _____	..... Auftr.-Nr.: _____	Kennzeichnung Nr. 3): _____											
Schweißplan: _____ Schweißstellen Nr.: _____														
2	Datum: _____ Uhrzeit: _____													
3	Schweißer-Nr.:													
4	Schweißfolge:													
5	Schweißzusatzwerkstoff													
	Abmessungen [mm]													
	Handelsbezeichnung													
	Schmelze Nr.													
	Pulver/Charge Nr.													
6	Schweiß-Istdaten													
	Position													
	Vorwärmung/Zwischenlagentemperatur [°C]													
	Schweißzusatzwerkstoff Nr.													
	Stromstärke [A]													
	Spannung [V]													
	Schweißgeschwindigkeit [mm/min.] ①													
	Schweißdüse Nr. ①													
	Bereich (siehe Skizze) ①													
	Raupe Nr. ②													
	Pendelbreite ②													
	Lage ②													
7	Bemerkungen:													
Beaufsichtigung	Hersteller (H)													
	Sachverständiger (S)													
Nur für Maschinenschweißung ① - für Handschweißung ②														
1) KKS = Kraftwerk-Kennzeichensystem 2) Nichtzutreffendes streichen														
3) z. B. Schmelze Nr. oder Coupon Nr., nicht zutreffend in Verbindung mit PFP/WPP														

## Anhang A

### Werkstoffprüfblätter (WPB)

#### Verzeichnis der Werkstoffprüfblätter

WPB	Werkstoffprüfblätter für Flacherzeugnisse
1.1	Bleche und Breitflachstahl aus nichtrostenden Stählen
1.2	Bleche aus warmfesten Vergütungsstählen 20 MnMoNi 5 5 und 22 NiMoCr 3 7
1.3	Bleche aus warmfesten Stählen
1.4	Bleche und Breitflachstahl aus unlegierten Baustählen
1.5	Bleche aus Vergütungsstählen
1.6	Bleche und Bänder aus schweißgeeigneten Feinkornbaustählen

WPB	Werkstoffprüfblätter für nahtlose und geschweißte Rohre und Hohlprofile
2.1	Nahtlose und geschweißte Rohre aus nichtrostenden Stählen für allgemeine und für besondere Anforderungen
2.2	Geschweißte Hohlprofile aus unlegierten Baustählen für Stahlbau
2.3	Nahtlose Rohre aus warmfesten Stählen
2.4	Nahtlose Rohre aus unlegierten Baustählen für Stahlbau
2.5	Nahtlose Rohre aus warmfestem Vergütungsstahl 20 MnMoNi 5 5
2.6	Nahtlose und geschweißte Rohre aus warmfesten Feinkornbaustählen für besondere Anforderungen
2.7	Nahtlose Rohre aus warmfestem Vergütungsstahl 15 NiCuMoNb 5

WPB	Werkstoffprüfblätter für Stäbe, Schmiedestücke und Profile
3.1	Geschmiedete und gewalzte Stäbe und Schmiedestücke aus nichtrostenden Stählen
3.2	Schmiedestücke aus warmfesten Vergütungsstählen 20 MnMoNi 5 5 und 22 NiMoCr 3 7
3.3	Geschmiedete und gewalzte Stäbe, Schmiedestücke und Profile aus unlegierten Baustählen
3.4	Geschmiedete und gewalzte Stäbe und Schmiedestücke aus warmfesten schweißgeeigneten Stählen
3.5	Stäbe und geschmiedete Teile aus Vergütungsstählen ohne und mit Gewindeenden
3.6	Stäbe und geschmiedete Teile aus höherfesten Vergütungsstählen 26 NiCrMo 14 6 und 20 NiCrMo 14 5 ohne und mit Gewindeenden

WPB	Werkstoffprüfblätter für Schrauben und Muttern sowie Scheiben für HV-Verbindungen
4.1	Schrauben und Muttern nach Festigkeitsklassen sowie Scheiben für HV-Verbindungen
4.2	Schrauben und Muttern gleich oder kleiner als M 39 aus nichtrostenden Stählen
4.3	Schrauben und Muttern, spanend gefertigt, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend nicht wärmebehandelt, aus nichtrostenden Stählen
4.4	Schrauben und Muttern, spanend gefertigt, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend nicht wärmebehandelt, aus warmfesten und vergüteten Stählen
4.5	Schrauben und Muttern, warm geformt, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend wärmebehandelt, für den Einsatz bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen

WPB	Werkstoffprüfblätter für Stahlguss
5.1	Ferritischer Stahlguss GS-18 NiMoCr 3 7 und GP240GH
5.2	Nichtrostender Stahlguss GX5CrNiNb19-11 und GX4CrNi13-4

**Werkstoffprüfblatt 1.1:** Bleche und Breitflachstahl aus nichtrostenden Stählen nach DIN EN 10 028-7

<b>WERKSTOFFPRÜFBLATT</b>		<b>WPB 1.1</b>
Erzeugnisform: Bleche und Breitflachstahl		
Werkstoffe:	X5CrNi18-10 (1.4301) X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571) X5CrNiMo17-12-2 (1.4401)	
Anforderungen: DIN EN 10 028-1 und DIN EN 10 028-7		
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN EN 10 028-1		
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1.	Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).	2.2
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.	2.2
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN 10 002-1.	3.1.B
4.	Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Teil. Oberflächenbeschaffenheit mindestens 1E nach DIN EN 10 028-7.	3.1.B
5.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung: Jedes Teil nach einem geeigneten Verfahren.	3.1.B
Materialkennzeichnung: Nach DIN EN 10 028-1.		

**Werkstoffprüfblatt 1.2:** Bleche aus warmfesten Vergütungsstählen 20 MnMoNi 5 5 und 22 NiMoCr 3 7

<b>WERKSTOFFPRÜFBLATT</b>		<b>WPB 1.2</b>
Erzeugnisform: Bleche		
Werkstoff:	20 MnMoNi 5 5 (1.6310) 22 NiMoCr 3 7 (1.6751)	
Anforderungen: Beiblatt zu diesem Werkstoffprüfblatt		
Probenentnahme: Beiblatt zu diesem Werkstoffprüfblatt und DIN EN 10 164		
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1.	Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	2.3
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes mit Angabe der Temperatur und der Haltedauer.	2.3
3.	Zugversuch:	
3.1	Zugversuch nach DIN EN 10 002-1: Eine Zugprobe bei Raumtemperatur je Probenentnahmeort. Zu bestimmen sind: $R_{p0,2}$ , $R_m$ , A, Z.	3.1.C
3.2	Zugversuch nach DIN EN 10 164: Drei Zugproben in Dickenrichtung bei Raumtemperatur je Walztafel mit Blechdicke größer als 20 mm, sofern für die Bleche eine schweißtechnische Weiterverarbeitung vorgesehen ist und aus der Schweißnahtausführung eine Zugbeanspruchung in Dickenrichtung zu erwarten ist (siehe DAST 014). Anforderung: Güteklasse Z25 nach DIN EN 10 164; Probenentnahme: DIN EN 10 164 Zur Ultraschallprüfung siehe Abschnitt 8.2 Absatz 4 und Abschnitt 10.2.4.1 Aufzählung b.	3.1.C
3.3	Warmzugversuch nach DIN EN 10 002-5: Eine Zugprobe bei $T = 350 \text{ °C}$ an einem Probenentnahmeort, wenn die Auslegungstemperatur größer als $250 \text{ °C}$ ist. Zu bestimmen sind $R_{p0,2}$ , $R_m$ und A.	3.1.C
4.	Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch nach 3.1 ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben) bei $T = 0 \text{ °C}$ , wenn die Blechdicke $s$ größer als 10 mm ist.	3.1.C
5.	Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Blech.	3.1.C
6.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung: Jedes Blech nach einem geeigneten Verfahren.	3.1.B
Materialkennzeichnung: Stahlsorte, Schmelznummer, Probennummer, Herstellerzeichen, Zeichen des Sachverständigen, Z25 (sofern nachgewiesen).		

## Beiblatt zum Werkstoffprüfblatt WPB 1.2

Dieses Beiblatt legt Einzelheiten zu den Anforderungen für Bleche aus 20 MnMoNi 5 5 sowie der Prüfung der Erzeugnisse fest. Die Anforderungen für Bleche aus 22 NiMoCr 3 7 sind im Rahmen der Vorprüfung festzulegen.

### 1 Werkstoffangaben und -anforderungen

#### 1.1 Erschmelzungsart

Der Werkstoff wird im allgemeinen nach dem Elektrolichtbogen-Verfahren oder dem Sauerstoffblas-Verfahren erschmolzen. Bei Anwendung anderer Herstellungsverfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

#### 1.2 Chemische Zusammensetzung (Massenanteile in %)

Elemente	Schmelzenanalyse	
	min.	max.
C	0,17	0,23
Si	0,15	0,30
Mn	1,20	1,50
P	–	0,012
S	–	0,008
Al <sub>ges</sub>	0,01	0,04
Cu	–	0,12
Cr	–	0,20
Ni	0,50	0,80
Mo	0,40	0,55
V	–	0,02
Sn	–	0,011
N <sub>ges</sub>	–	0,013
As	–	0,025

#### 1.3 Werkstoffeigenschaften

Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endwärmebehandlungszustand der Bauteile. Es sind jeweils die Mindestwerte oder Bereiche angegeben.

Erzeugnisdicke s in mm	Proben- lage	R <sub>p0,2</sub> in MPa bei		R <sub>m</sub> in MPa bei		A in % bei		Z in % bei RT	Kerbschlagarbeit in J bei 0 °C	
		RT	350 °C	RT	350 °C	RT	350 °C		EW	MW
s ≤ 70	q	450	382	590 bis 730	530	18	16	45	34	41
70 < s ≤ 150		430	363	570 bis 710	510					
150 < s ≤ 200		390	343	560 bis 700	505					
200 < s ≤ 320			343							
320 < s ≤ 600			315							

#### 1.4 Wärmebehandlung

(1) Der Stahl wird im vergüteten Zustand eingesetzt.

Austenitisieren: 870 °C bis 930 °C mit anschließendem Härten in Wasser.

Anlassen: 630 °C bis 690 °C.

Spannungsarmglühen: 580 °C bis 620 °C für die letzte Wärmebehandlung. Zwischenglühungen dürfen bei ca. 550 °C durchgeführt werden.

(2) Die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit, die Temperaturen sowie die Haltedauer sind in Abhängigkeit von den Bauteilabmessungen und der chemischen Zusammensetzung von Hersteller und Verarbeiter so festzulegen, dass die mechanisch-technologischen Eigenschaften nach Abschnitt 1.3 unter Beachtung nachfolgender Wärmebehandlungen für den Endzustand des Gesamtbauteils eingehalten werden.

#### 1.5 Verarbeitung

Der Temperaturbereich für das Warmumformen sowie die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit sind nach Angaben des Grundwerkstoffherstellers zu wählen. Nach dem Warmumformen ist ein Vergüten gemäß Abschnitt 1.4 erforderlich.

## 1.6 Brennschneiden

- (1) Vor dem Brennschneiden ist vorzuwärmen. Die Vorwärmtemperatur beträgt mindestens 150 °C.
- (2) In begründeten Einzelfällen darf diese Temperaturgrenze im gegenseitigen Einverständnis zwischen Stahlhersteller, Weiterverarbeiter, Besteller und Sachverständigen herabgesetzt werden.

## 2 Probenentnahme

### 2.1 Wärmebehandlungszustand der Proben

Das Probenmaterial für die mechanisch-technologischen Prüfungen ist den Blechen nach der letzten Vergütung zu entnehmen.

### 2.2 Prüfeinheit und Probenentnahmeorte

(1) Die Entnahme der Proben für die mechanisch-technologische Erprobung erfolgt, soweit möglich, mindestens 1/4 der Wärmebehandlungsdicke unter der Oberfläche und mindestens 1/2 der Wärmebehandlungsdicke unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten. Die Proben sind von Kopf-Mitte und Fuß-Mitte jeder Walztafel zu entnehmen. Bei einer Walztafellänge unter 5 m genügt die Kopf-Mitte-Erprobung.

(2) Bei Vergütungswanddicken größer als 320 mm liegen die Probenentnahmeorte mindestens je 80 mm unter jeder Vergütungsoberfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten.

### 2.3 Probenrichtung

Die mechanisch-technologische Erprobung erfolgt an Querproben bezogen auf die Hauptumformrichtung.

Querproben:

Probenlängsachse quer zur Hauptumformrichtung, bei Kerbschlagproben Kerbachse senkrecht zur Ebene Quer-/Längsrichtung.

### Werkstoffprüfblatt 1.3: Bleche aus warmfesten Stählen nach DIN EN 10 028-2

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 1.3
Erzeugnisform: Bleche		
Werkstoffe:	P265GH (HII) (1.0425) 16Mo3 (15 Mo 3) (1.5415) P295GH (17 Mn 4) (1.0481) P355GH (19 Mn 6) (1.0473) 13CrMo4-5 (13 CrMo 4 4) (1.7335)	
Anforderungen: DIN EN 10 028-1 und DIN EN 10 028-2		
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN EN 10 028-1 und DIN EN 10 164		
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1.	Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).	2.2
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.	2.2
3.	Zugversuch:	
3.1	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN 10 002-1.	3.1.B
3.2	Zugversuch nach DIN EN 10 164: Drei Zugproben in Dickenrichtung bei Raumtemperatur je Walztafel mit Blechdicke größer als 20 mm, sofern für die Bleche eine schweißtechnische Weiterverarbeitung vorgesehen ist und aus der Schweißnahtausführung eine Zugbeanspruchung in Dickenrichtung zu erwarten ist (siehe DAST 014). Anforderung: Güteklasse Z25 nach DIN EN 10 164 Probenentnahme: DIN EN 10 164 Zur Ultraschallprüfung siehe Abschnitt 8.2 Absatz 4 und Abschnitt 10.2.4.1 Aufzählung b.	3.1.B
4.	Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch nach 3.1 ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben), wenn die Blechdicke s größer als 10 mm ist. Prüftemperatur nach DIN EN 10 028-2.	3.1.B
5.	Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Blech.	3.1.B
6.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung bei legierten Stählen: Jedes Blech nach einem geeigneten Verfahren.	3.1.B
Materialkennzeichnung: Nach DIN EN 10 028-1 und Z25 (sofern nachgewiesen)		

**Werkstoffprüfblatt 1.4:** Bleche und Breitflachstahl aus unlegierten Baustählen nach DIN EN 10 025

<b>WERKSTOFFPRÜFBLATT</b>		<b>WPB 1.4</b>
Erzeugnisform: Bleche und Breitflachstahl (unlegiert)		
Werkstoff:	S235JRG2 <sup>1)</sup> (RSt 37-2) (1.0038)	
	S235J2G3 (St 37-3) (1.0116)	
	S355J2G3 (St 52-3) (1.0570)	
Anforderungen: DIN EN 10 025		
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN EN 10 025 und DIN EN 10 164		
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1.	Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n) <sup>2)</sup> .	2.2
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.	2.2
3.	Zugversuch:	
3.1	Zugversuch nach DIN EN 10 002-1: Eine Zugprobe bei Raumtemperatur je Schmelze, Wärmebehandlungslos und Dickenbereich.	3.1.B
3.2	Zugversuch nach DIN EN 10 164: Drei Zugproben in Dickenrichtung bei Raumtemperatur je Erzeugnisform mit Dicke größer als 20 mm, sofern für die Bleche eine schweißtechnische Weiterverarbeitung vorgesehen ist und aus der Schweißnahtausführung eine Zugbeanspruchung in Dickenrichtung zu erwarten ist (siehe DAST 014). Anforderung: Güteklasse Z25 nach DIN EN 10 164 Probenentnahme: DIN EN 10 164 Zur Ultraschallprüfung siehe Abschnitt 8.2 Absatz 4 und Abschnitt 10.2.4.1 Aufzählung b.	3.1.B
4.	Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch nach 3.1 ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben), wenn die Dicke s größer als 10 mm ist. Prüftemperatur nach DIN EN 10 025	3.1.B
5.	Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Teil.	3.1.B
Materialkennzeichnung: Stahlsorte, Schmelznummer, Probennummer (als Probennummer darf auch die Blech- oder Bandnummer verwendet werden), Herstellerzeichen, Z25 (sofern nachgewiesen).		
<sup>1)</sup> Der Werkstoff S235JRG2 ist nicht zu verwenden, wenn eine Beanspruchung in Dickenrichtung vorliegt. <sup>2)</sup> Das Kohlenstoffäquivalent CEV nach DIN EN 10 025 ist einzuhalten.		

**Werkstoffprüfblatt 1.5:** Bleche aus Vergütungsstählen nach DIN EN 10 083-1

<b>WERKSTOFFPRÜFBLATT</b>			<b>WPB 1.5</b>
Erzeugnisform: Bleche			
Werkstoff:	C35E (Ck 35)	(1.1181)	
	C45E (Ck 45)	(1.1191)	
	42CrMo4 (42 CrMo 4)	(1.7225)	
	34CrNiMo6 (34 CrNiMo 6)	(1.6582)	
Anforderungen: DIN EN 10 083-1			
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN EN 10 083-1			
Prüfungen			Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1.	Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).		2.2
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.		2.2
3.	Härteprüfung zum Nachweis der gleichmäßigen Wärmebehandlung: An beiden Enden eines jeden Teiles.		3.1.B
4.	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN 10 002-1. Eine Zugprobe bei Raumtemperatur je Schmelze, Wärmebehandlungslos und Dickenbereich.		3.1.B
5.	Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben) bei Raumtemperatur, falls nach DIN EN 10 083-1 gefordert und wenn die Blechdicke s größer als 10 mm ist.		3.1.B
6.	Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Blech.		3.1.B
7.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung bei legierten Stählen: Jedes Blech nach einem geeigneten Verfahren.		3.1.B
Materialkennzeichnung: Stahlsorte, Schmelznummer, Probennummer, Herstellerzeichen			

**Werkstoffprüfblatt 1.6:** Bleche und Bänder aus schweißgeeigneten Feinkornbaustählen nach DIN EN 10 028-3 oder DIN 17 102

<b>WERKSTOFFPRÜFBLATT</b>			<b>WPB 1.6</b>
Erzeugnisform: Bleche, Bänder			
Werkstoff:	nach DIN EN 10 028-3:	nach DIN 17 102:	
	P275NH (WStE 285) (1.0487)	WStE 255 (1.0462)	
	P355NH (WStE 355) (1.0565)		
Anforderungen: DIN EN 10 028-1 und DIN EN 10 028-3 oder DIN 17 102			
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN EN 10 028-1 oder DIN 17 102 und DIN EN 10 164			
Prüfungen			Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1.	Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).		2.2
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.		2.2
3.	Zugversuch:		
3.1	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN 10 002-1.		3.1.B
3.2	Zugversuch nach DIN EN 10 164: Drei Zugproben in Dickenrichtung bei Raumtemperatur je Walztafel mit Blechdicke größer als 20 mm, sofern für die Bleche eine schweißtechnische Weiterverarbeitung vorgesehen ist und aus der Schweißnahtausführung eine Zugbeanspruchung in Dickenrichtung zu erwarten ist (sie- he DASt 014). Anforderung: Güteklasse Z25 nach DIN EN 10 164 Probenentnahme: DIN EN 10 164 Zur Ultraschallprüfung siehe Abschnitt 8.2 Absatz 4 und Abschnitt 10.2.4.1 Aufzählung b.		3.1.B
4.	Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch nach 3.1 ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben) bei T = 20 °C, wenn die Di- cke s größer als 10 mm ist.		3.1.B
5.	Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Teil.		3.1.B
Materialkennzeichnung: nach DIN EN 10 028-1 oder DIN 17 102 und Z25 (falls nachgewiesen).			

**Werkstoffprüfblatt 2.1:** Nahtlose und geschweißte Rohre aus nichtrostenden Stählen für allgemeine Anforderungen nach DIN 17 456; für besondere Anforderungen nach DIN 17 457 oder DIN 17 458

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 2.1
Erzeugnisform: Nahtlose Rohre, geschweißte Rohre		
Werkstoff:	X5CrNi18-10 (1.4301) X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571) X5CrNiMo17-12-2 (1.4401)	
Anforderungen: DIN 17 456 oder DIN 17 457 oder DIN 17 458		
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN 17 456 oder DIN 17 457 oder DIN 17 458		
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1.	Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).	2.2
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.	2.2
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN 10 002-1.	3.1.B
4.	Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Rohr. Oberflächenbeschaffenheit mindestens c1 nach DIN 17 456 oder DIN 17 458 oder d3 nach DIN 17 457.	3.1.B
5.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung: Jedes Rohr nach einem geeigneten Verfahren.	3.1.B
Materialkennzeichnung: Nach DIN 17 456 oder DIN 17 457 oder DIN 17 458		

**Werkstoffprüfblatt 2.2:** Geschweißte Hohlprofile aus unlegierten Baustählen für den Stahlbau nach DIN EN 10 219-1

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 2.2
Erzeugnisform: Geschweißte Hohlprofile		
Werkstoff:	S235JRH (RSt 37-2) (1.0039) S355J2H (St 52-3) (1.0576)	
Anforderungen: DIN EN 10 219-1		
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN EN 10 219-1		
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1.	Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n) <sup>1)</sup> .	2.2
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.	2.2
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN 10 002-1	3.1.B
4.	Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben), wenn die Wanddicke s größer als 10 mm ist. Prüftemperatur nach DIN EN 10 219-1.	3.1.B
5.	Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Rohr.	3.1.B
Materialkennzeichnung: DIN EN 10 219-1		
1) Das Kohlenstoffäquivalent CEV nach DIN EN 10 219-1 ist einzuhalten.		

**Werkstoffprüfblatt 2.3:** Nahtlose Rohre aus warmfesten Stählen nach DIN 17 175

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 2.3
Erzeugnisform: Nahtlose Rohre aus warmfesten Stählen		
Werkstoff:	St 35.8 (1.0305) St 45.8 (1.0405) 15 Mo 3 (1.5415) 10 CrMo 9 10 (1.7380) 13 CrMo 4 4 (1.7335)	
Anforderungen: DIN 17 175		
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN 17 175		
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1.	Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).	2.2
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.	2.2
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN 10 002-1.	3.1.B
4.	Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben) <sup>1)</sup> bei Raumtemperatur. Anforderungen wie DVM-Proben.	3.1.B
5.	Ringversuche.	3.1.B
6.	Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Rohr.	3.1.B
7.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung bei legierten Stählen: Jedes Rohr nach einem geeigneten Verfahren.	3.1.B
Materialkennzeichnung: Nach DIN 17 175.		
1) DVM-Proben sind alternativ zulässig. Mindestwanddicken entsprechend DIN 17 175.		

**Werkstoffprüfblatt 2.4:** Nahtlose Rohre aus unlegierten Baustählen für den Stahlbau nach DIN EN 10 210-1 oder nach DIN 17 121

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 2.4
Erzeugnisform: Nahtlose Rohre		
Werkstoff:	nach DIN EN 10 210-1: S235JRH (RSt 37-2) (1.0039) S355J2H (St 52-3) (1.0576) S275J2H (St 44-3) (1.0138)	nach DIN 17 121: St 37-3 (1.0116)
Anforderungen: DIN EN 10 210-1 und DIN EN 10 210-2 oder DIN 17 121		
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN EN 10 210-1 oder DIN 17 121		
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1.	Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).	2.2
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.	2.2
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN 10 002-1.	3.1.B
4.	Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben), wenn die Wanddicke s größer als 10 mm ist. Prüftemperatur nach DIN EN 10 210-1 oder DIN 17 121, Anforderung wie für ISO-Spitzkerbproben.	3.1.B
5.	Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Rohr.	3.1.B
Materialkennzeichnung: Nach DIN EN 10 210-1 oder DIN 17 121.		

**Werkstoffprüfblatt 2.5:** Nahtlose Rohre aus warmfestem Vergütungsstahl 20 MnMoNi 5 5

<b>WERKSTOFFPRÜFBLATT</b>		<b>WPB 2.5</b>
Erzeugnisform: Nahtlose Rohre		
Werkstoff: 20 MnMoNi 5 5 (1.6310)		
Anforderungen: Beiblatt zu diesem Werkstoffprüfblatt		
Probenentnahme: Beiblatt zu diesem Werkstoffprüfblatt		
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1. Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.		2.3
2. Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes mit Angabe der Temperatur und der Haltedauer.		2.3
3. Zugversuch: 3.1 Zugversuch nach DIN EN 10 002-1: Eine Zugprobe bei Raumtemperatur - je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos, wenn $D_a$ gleich oder kleiner als 600 mm ist, Losgröße 20 Rohre, - je Herstellungslänge, wenn $D_a$ größer als 600 mm ist.		3.1.C
3.2 Warmzugversuch nach DIN EN 10 002-5: Eine Zugprobe bei $T = 350 \text{ °C}$ je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos, wenn die Auslegungstemperatur größer als $250 \text{ °C}$ ist. Zu bestimmen sind $R_{p0,2}$ , $R_m$ , $A$		3.1.C
4. Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch nach 3.1 ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben) bei $T = 0 \text{ °C}$ .		3.1.C
5. Ringversuche: Art und Umfang wie Gütestufe III nach DIN 17 175.		3.1.C
6. Besichtigung und Maßprüfung: Jedes Rohr. Oberflächenbeschaffenheit entsprechend DIN 17 175.		3.1.C
7. Prüfung auf Werkstoffverwechslung: Jedes Rohr nach einem geeigneten Verfahren.		3.1.B
Materialkennzeichnung: Stahlsorte, Schmelznummer, Proben- oder Rohrnummer, Herstellerzeichen, Zeichen des Sachverständigen.		

**Beiblatt zum Werkstoffprüfblatt WPB 2.5**

Dieses Beiblatt legt Einzelheiten zu den Anforderungen für Rohre aus 20MnMoNi 5 5 sowie der Prüfung der Erzeugnisse fest.

**1 Werkstoffangaben und -anforderungen****1.1 Erschmelzungsart**

Der Werkstoff wird im allgemeinen nach dem Elektrolichtbogen-Verfahren oder dem Sauerstoffblas-Verfahren erschmolzen. Bei Anwendung anderer Herstellungsverfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

**1.2 Chemische Zusammensetzung (Massenanteile in %)**

Elemente	Schmelzenanalyse	
	min.	max.
C	0,17	0,23
Si	0,15	0,30
Mn	1,20	1,50
P	–	0,012
S	–	0,008
Al <sub>ges</sub>	0,01	0,04
Cu	–	0,12
Cr	–	0,20
Ni	0,50	0,80
Mo	0,40	0,55
V	–	0,02
Sn	–	0,011
N <sub>ges</sub>	–	0,013
As	–	0,025

### 1.3 Werkstoffeigenschaften

Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endwärmebehandlungszustand der Bauteile. Es sind jeweils die Mindestwerte oder Bereiche angegeben.

Erzeugnisdicke s in mm	Proben- lage	R <sub>p0,2</sub> in MPa		R <sub>m</sub> in MPa		A in %		Z in %	Kerbschlagarbeit in J		
		bei RT	bei 350 °C	bei RT	bei 350 °C	bei RT	bei 350 °C	bei RT	bei 0 °C		
										EW	MW
15 < s ≤ 100	l	430	363	570 bis 710	513	19	16	45	51	60	
	q								34	41	
100 < s ≤ 200	l	390	343	560 bis 700	510	19	16	45	51	60	
	q								34	41	

### 1.4 Wärmebehandlung

(1) Der Stahl wird im vergüteten Zustand eingesetzt.

Austenitisieren: 870 °C bis 930 °C mit anschließendem Härten in Wasser.

Anlassen: 630 °C bis 690 °C.

Spannungsarmglühen: 580 °C bis 620 °C für die letzte Wärmebehandlung.  
Zwischenglühungen dürfen bei ca. 550 °C durchgeführt werden.

(2) Die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit, die Temperaturen sowie die Haltedauer sind in Abhängigkeit von den Bauteilabmessungen und der chemischen Zusammensetzung von Hersteller und Verarbeiter so festzulegen, dass die mechanisch-technologischen Eigenschaften nach Abschnitt 1.3 unter Beachtung nachfolgender Wärmebehandlungen für den Endzustand des Gesamtbauteils eingehalten werden.

### 1.5 Verarbeitung

Der Temperaturbereich für das Warmumformen sowie die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit sind nach Angaben des Grundwerkstoffherstellers zu wählen. Nach dem Warmumformen ist ein Vergüten gemäß Abschnitt 1.4 erforderlich.

### 1.6 Brennschneiden

(1) Vor dem Brennschneiden ist vorzuwärmen. Die Vorwärmtemperatur beträgt mindestens 150 °C.

(2) In begründeten Einzelfällen darf diese Temperaturgrenze im gegenseitigen Einverständnis zwischen Stahlhersteller, Weiterverarbeiter, Besteller und Sachverständigen herabgesetzt werden.

## 2 Probenentnahme

### 2.1 Wärmebehandlungszustand der Proben

Das Probenmaterial für die mechanisch-technologischen Prüfungen ist den Rohren nach der letzten Vergütung zu entnehmen.

### 2.2 Prüfeinheit und Probenentnahmeorte

Die Entnahme der Proben für die mechanisch-technologische Erprobung erfolgt, soweit möglich, mindestens 1/4 der Wärmebehandlungsdicke unter der Oberfläche und mindestens 1/2 der Wärmebehandlungsdicke unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradierten Kanten. Die Proben sind an einem Ende der Rohre zu entnehmen.

### 2.3 Probenrichtung

Die mechanisch-technologische Erprobung erfolgt, soweit möglich, an Querproben, sonst Längsproben, bezogen auf die Hauptumformrichtung.

Querproben:

Probenlängsachse quer zur Hauptumformrichtung, bei Kerbschlagproben Kerbachse senkrecht zur Ebene Quer-/Längsrichtung.

**Werkstoffprüfblatt 2.6:** Nahtlose und geschweißte Rohre aus warmfesten Feinkornbaustählen für besondere Anforderungen nach DIN 17 178 oder DIN 17 179

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 2.6
Erzeugnisform: Nahtlose Rohre		Geschweißte Rohre
Werkstoff: WStE 460 (1.8935)	WStE 460 (1.8935)	
Anforderungen: DIN 17 179 und Beiblatt zu diesem Werkstoffprüfblatt		DIN 17 178 <sup>1)</sup>
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN 17 179 und Beiblatt zu diesem Werkstoffprüfblatt		DIN 17 178
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1. Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).		2.2
2. Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.		2.2
3. Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN 10 002-1.		3.1.B
4. Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben) bei Raumtemperatur, wenn die Wanddicke s größer als 10 mm ist, Anforderungen wie ISO-Spitzkerbproben.		3.1.B
5. Ringversuche.		3.1.B
6. Besichtigung und Maßprüfung: Jedes Rohr.		3.1.B
7. Prüfung auf Werkstoffverwechslung: Jedes Rohr nach einem geeigneten Verfahren.		3.1.B
Materialkennzeichnung: Nach DIN 17 178 oder DIN 17 179.		
<sup>1)</sup> DIN 17 178 gilt bis s = 40 mm (max.)		

**Beiblatt zum Werkstoffprüfblatt WPB 2.6**

Werkstoffeigenschaften für Erzeugnisdicken größer als 65 mm

Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endwärmebehandlungszustand der Bauteile. Es sind jeweils die Mindestwerte oder Bereiche angegeben.

Erzeugnisdicke s in mm	Proben- lage	R <sub>p0,2</sub> in MPa		R <sub>m</sub> in MPa		A in %		Z in %	Kerbschlagarbeit in J	
		bei RT	bei 350 °C	bei RT	bei 350 °C	bei RT	bei 350 °C	bei RT	EW	MW
65 < s ≤ 80	l	400	–	490 bis 690	–	19	–	–	36	51
	q								22	31
80 < s ≤ 100	l	390	–	490 bis 690	–	19	–	–	36	51
	q								22	31

**Werkstoffprüfblatt 2.7:** Nahtlose Rohre aus warmfestem Vergütungsstahl 15 NiCuMoNb 5

<b>WERKSTOFFPRÜFBLATT</b>		<b>WPB 2.7</b>
Erzeugnisform: Nahtlose Rohre		
Werkstoff: 15 NiCuMoNb 5 (1.6368)		
Anforderungen: Beiblatt zu diesem Werkstoffprüfblatt		
Probenentnahme: Beiblatt zu diesem Werkstoffprüfblatt		
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1. Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.		2.3
2. Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes mit Angabe der Temperatur und der Haltedauer.		2.3
3. Zugversuch:		3.1.C
3.1 Zugversuch nach DIN EN 10 002-1: Eine Zugprobe bei Raumtemperatur je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos. Losgröße: 100 Rohre		
3.2 Warmzugversuch nach DIN EN 10 002-5: Eine Zugprobe bei T = 350 °C je Schmelze, wenn die Auslegungstemperatur größer als 100 °C ist.		3.1.C
4. Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch nach 3.1 ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben) bei Raumtemperatur, wenn die Wanddicke s größer als 10 mm ist.		3.1.C
5. Ringversuche: Jede Walzlänge an einem Ende. Art und Umfang wie Gütestufe III nach DIN 17 175.		3.1.C
6. Besichtigung und Maßprüfung: Jedes Rohr. Oberflächenbeschaffenheit entsprechend DIN 17 175.		3.1.C
7. Prüfung auf Werkstoffverwechslung: Jedes Rohr nach einem geeigneten Verfahren.		3.1.B
Materialkennzeichnung: Stahlsorte, Schmelznummer, Proben- oder Rohrnummer, Herstellerzeichen, Zeichen des Sachverständigen.		

**Beiblatt zum Werkstoffprüfblatt WPB 2.7**

Dieses Beiblatt legt Einzelheiten zu den Anforderungen für Rohre aus 15 NiCuMoNb 5 sowie der Prüfung der Erzeugnisse fest.

**1 Werkstoffangaben und -anforderungen****1.1 Erschmelzungsart**

Der Werkstoff wird im allgemeinen nach dem Elektrolichtbogen-Verfahren oder dem Sauerstoffblas-Verfahren erschmolzen. Bei Anwendung anderer Herstellungsverfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

**1.2 Chemische Zusammensetzung (Massenanteile in %)**

Elemente	Schmelzenanalyse	
	min.	max.
C	0,10	0,17
Si	0,25	0,50
Mn	0,80	1,20
P	–	0,030
S	–	0,025
Al <sub>ges</sub>	–	0,050
Cu	0,50	0,80
Cr	–	0,30
Ni	1,00	1,30
Mo	0,25	0,50
Nb	0,015	0,045
N	–	0,020

### 1.3 Werkstoffeigenschaften

Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endwärmebehandlungszustand der Bauteile. Es sind jeweils die Mindestwerte oder Bereiche angegeben.

Erzeugnisdicke s in mm	Proben- lage	R <sub>p0,2</sub> in MPa bei		R <sub>m</sub> in MPa bei		A in % bei		Z in % bei	Kerbschlagarbeit in J bei RT	
		RT	350 °C	RT	350 °C	RT	350 °C	RT	EW	MW
s ≤ 80	l	440	373	610 bis 780	510	19	–	–	36	51
	q/t					17			25	35

### 1.4 Wärmebehandlung

(1) Der Stahl wird im vergüteten Zustand eingesetzt.

Austenitisieren: 880 °C bis 980 °C mit anschließender Luftabkühlung oder Abkühlung in Wasser oder Öl.

Anlassen: 580 °C bis 680 °C.

Spannungsarmglühen: 530 °C bis 620 °C für die letzte Wärmebehandlung.

(2) Die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit, die Temperaturen sowie die Haltedauer sind in Abhängigkeit von den Bauteilabmessungen und der chemischen Zusammensetzung von Hersteller und Verarbeiter so festzulegen, dass die mechanisch-technologischen Eigenschaften nach Abschnitt 1.3 unter Beachtung nachfolgender Wärmebehandlungen für den Endzustand des Gesamtbauteils eingehalten werden.

### 1.5 Verarbeitung

Der Temperaturbereich für das Warmumformen sowie die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit sind nach Angaben des Grundwerkstoffherstellers zu wählen. Nach dem Warmumformen ist ein Vergüten gemäß Abschnitt 1.4 erforderlich.

### 1.6 Brennschneiden

Vor dem Brennschneiden ist vorzuwärmen (siehe SEW 088).

## 2 Probenentnahme

### 2.1 Wärmebehandlungszustand der Proben

(1) Das Probenmaterial für die mechanisch-technologischen Prüfungen ist den Erzeugnisformen nach der letzten Vergütung zu entnehmen. Die Proben sind, soweit technisch möglich, quer, sonst längs zu entnehmen.

(2) Bei Längsproben gelten die nachfolgenden Angaben:

a) Zugversuch bei Raumtemperatur bei Wanddicken

gleich oder kleiner als 30 mm Rohrabschnittprobe oder Rohrstreifenprobe mit beiden Walzoberflächen oder Rundzugprobe mit Probenachsen 1/2 Wanddicke unter der Oberfläche

größer als 30 mm Rohrstreifenprobe mit mindestens einer belassenen Walzoberfläche oder Rundzugprobe mit Probenachse 1/4 Wanddicke unter der Außenoberfläche

b) Zugversuch bei erhöhter Temperatur bei Wanddicken

gleich oder kleiner als 30 mm Rohrstreifenprobe oder Rundzugprobe mit Probenachse 1/2 Wanddicke unter der Oberfläche

größer als 30 mm Rundzugprobe mit Probenachse 1/2 Wanddicke unter der Oberfläche

c) Kerbschlagbiegeversuch bei Wanddicken

größer als 10 mm  
aber kleiner als 40 mm Proben im Normalfall oberflächennah

gleich oder größer als 40 mm Proben mit der Probenachse 1/4 Wanddicke unter der Oberfläche

(3) Bei Querproben soll die Probenachse an dem für Längsproben angegebenen Ort oder so nah wie möglich an dieser Stelle liegen.

**Werkstoffprüfblatt 3.1:** Geschmiedete Stäbe und Schmiedestücke nach DIN EN 10 222-5 und gewalzte Stäbe nach DIN EN 10 272 aus nichtrostenden Stählen

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 3.1
Erzeugnisform:	Stäbe, Schmiedestücke	
Werkstoffe:	X5CrNi18-10 (1.4301) X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571) X5CrNiMo17-12-2 (1.4401)	
Anforderungen:	DIN EN 10 222-1 und DIN EN 10 222-5 oder DIN EN 10 272	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10 222-1 oder DIN EN 10 272	
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1.	Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).	2.2
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.	2.2
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN 10 002-1: Wenn möglich Quer- oder Tangentialproben, bei Stäben mit Erzeugnisdicken gleich oder kleiner als 160 mm Längsproben.	3.1.B
4.	Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Teil. Oberflächenbeschaffenheit nach DIN EN 10 222-1 oder DIN EN 10 272.	3.1.B
5.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung: Jedes Teil nach einem geeigneten Verfahren.	3.1.B
6.	Oberflächenrissprüfung nur an Schmiedestücken: Jedes Teil 100 % nach <b>Anhang B</b> .	3.1.B
Materialkennzeichnung: Nach DIN EN 10 222-1 oder DIN EN 10 272.		

**Werkstoffprüfblatt 3.2:** Schmiedestücke aus warmfesten Vergütungsstählen 20 MnMoNi 5 5 und 22 NiMoCr 3 7

<b>WERKSTOFFPRÜFBLATT</b>		<b>WPB 3.2</b>
Erzeugnisform:	Schmiedestücke	
Werkstoff:	20 MnMoNi 5 5 (1.6310) 22 NiMoCr 3 7 (1.6751)	
Anforderungen:	Beiblatt zu diesem Werkstoffprüfblatt	
Probenentnahme:	Beiblatt zu diesem Werkstoffprüfblatt	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1.	Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	2.3
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes mit Angabe der Temperatur und der Haltedauer.	2.3
3.	Zugversuch:	
3.1	Zugversuch nach DIN EN 10 002-1: Eine Zugprobe bei Raumtemperatur, je Probenentnahmeort. Zu bestimmen sind: $R_{p0,2}$ , $R_m$ , A, Z.	3.1.C
3.2	Warmzugversuch nach DIN EN 10 002-5: Eine Zugprobe bei $T = 350 \text{ °C}$ an einem Probenentnahmeort, wenn die Auslegungstemperatur größer als $250 \text{ °C}$ ist. Zu bestimmen sind $R_{p0,2}$ , $R_m$ , A.	3.1.C
4.	Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch nach 3.1 ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben) bei $T = 0 \text{ °C}$ .	3.1.C
5.	Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Schmiedestück.	3.1.C
6.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung: Jedes Schmiedestück nach einem geeigneten Verfahren.	3.1.B
7.	Ultraschallprüfung: Bei Stäben mit Erzeugnisdicken gleich oder größer als 30 mm und sonstige Schmiedestücke ab 300 kg jedes Teil 100 % nach <b>Anhang B</b> .	3.1.B
8.	Oberflächenrissprüfung: Jedes Teil 100 % nach <b>Anhang B</b> .	3.1.B
Materialkennzeichnung: Stahlsorte, Schmelzenummer, Probennummer, Herstellerzeichen, Zeichen des Sachverständigen.		

**Beiblatt zum Werkstoffprüfblatt WPB 3.2**

Dieses Beiblatt legt Einzelheiten zu den Anforderungen für Schmiedestücke aus 20 MnMoNi 5 5 sowie der Prüfung der Erzeugnisse fest. Die Anforderungen für Schmiedestücke aus 22 NiMoCr 3 7 sind im Rahmen der Vorprüfung festzulegen.

**1 Werkstoffangaben und -anforderungen****1.1 Erschmelzungsart**

Der Werkstoff wird im allgemeinen nach dem Elektrolichtbogen-Verfahren oder dem Sauerstoffblas-Verfahren erschmolzen. Bei Anwendung anderer Herstellungsverfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

**1.2 Chemische Zusammensetzung (Massenanteile in %)**

Elemente	Schmelzenanalyse	
	min.	max.
C	0,17	0,23
Si	0,15	0,30
Mn	1,20	1,50
P	–	0,012
S	–	0,008
Al <sub>ges</sub>	0,01	0,04
Cu	–	0,12
Cr	–	0,20
Ni	0,50	0,80
Mo	0,40	0,55
V	–	0,02
Sn	–	0,011
N <sub>ges</sub>	–	0,013
As	–	0,025

### 1.3 Werkstoffeigenschaften

Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endwärmebehandlungszustand der Bauteile. Es sind jeweils die Mindestwerte oder Bereiche angegeben.

Erzeugnisdicke s in mm	Proben- lage	R <sub>p0,2</sub> in MPa bei		R <sub>m</sub> in MPa bei		A in % bei		Z in % bei	Kerbschlagarbeit in J bei 0 °C	
		RT	350 °C	RT	350 °C	RT	350 °C	RT	EW	MW
s < 320	l/q	390	343	560 bis 700	504	19	14	45	34	41
s ≥ 320			314							

### 1.4 Wärmebehandlung

(1) Der Stahl wird im vergüteten Zustand eingesetzt.

Austenitisieren: 870 °C bis 940 °C mit anschließendem Härten in Wasser.

Anlassen: 630 °C bis 680 °C.

Spannungsarmglühen: 580 °C bis 620 °C für die letzte Wärmebehandlung, Zwischenglühungen können bei ca. 550 °C durchgeführt werden.

(2) Die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit, die Temperaturen sowie die Haltedauer sind in Abhängigkeit von den Bauteilabmessungen und der chemischen Zusammensetzung von Hersteller und Verarbeiter so festzulegen, dass die mechanisch-technologischen Eigenschaften nach Abschnitt 1.3 unter Beachtung nachfolgender Wärmebehandlungen für den Endzustand des Gesambauteils eingehalten werden.

### 1.5 Brennschneiden

(1) Vor dem Brennschneiden ist vorzuwärmen. Die Vorwärmtemperatur beträgt mindestens 150 °C.

(2) In begründeten Einzelfällen kann diese Temperaturgrenze im gegenseitigen Einverständnis zwischen Stahlhersteller, Weiterverarbeiter, Besteller und Sachverständigen herabgesetzt werden.

## 2 Probenentnahme

### 2.1 Wärmebehandlungszustand der Proben

Das Probenmaterial für die mechanisch-technologischen Prüfungen ist den Erzeugnisformen nach der letzten Vergütung zu entnehmen.

### 2.2 Prüfeinheit und Probenentnahmeorte

(1) Wird aus einem Ausgangsblock nur ein Schmiedestück gefertigt, so sind die Probenabschnitte am Kopfende und Fußende zu entnehmen. Werden Schmiedestücke nach dem Abschmieden in einzeln zu vergütende Bauteile getrennt, so ist jedes Teil an einem Probenentnahmeort zu prüfen, wobei Kopf und Fuß des Ausgangsblocks zu erfassen sind.

(2) Bei einzeln vergüteten Schmiedestücken von über 4 m Länge in Hauptumformrichtung oder über 500 mm Dicke sind in jedem Fall Probenabschnitte an beiden Enden zu prüfen.

(3) Bei Vergütungswanddicken bis 320 mm liegen die Probenentnahmeorte mindestens 1/2 der Vergütungswanddicke unter den Stirn- und Seitenoberflächen und 1/4 der Vergütungswanddicke unter der Vergütungsfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten.

(4) Bei Vergütungswanddicken über 320 mm liegen die Probenentnahmeorte mindestens je 80 mm unter jeder Vergütungsfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten.

### 2.3 Probenrichtung

Die mechanisch-technologische Erprobung erfolgt an Querproben bezogen auf die Hauptumformrichtung.

Querproben:

Probenlängsachse quer zur Hauptumformrichtung, bei Kerbschlagproben Kerbachse senkrecht zur Ebene Quer-/Längsrichtung.

**Werkstoffprüfblatt 3.3:** Geschmiedete Stäbe und Schmiedestücke nach DIN EN 10 250-2 und gewalzte Stäbe und Profile nach DIN EN 10 025 aus unlegierten Baustählen

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 3.3
Erzeugnisform: Stäbe, Schmiedestücke und Profile		
Werkstoffe: S235JRG2 (RSt 37-2) (1.0038) <sup>1)</sup> S235J2G3 (St 37-3) (1.0116) S355J2G3 (St 52-3) (1.0570)		
Anforderungen: DIN EN 10 250-1 und DIN EN 10 250-2 oder DIN EN 10 025		
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN EN 10 250-1 oder DIN EN 10 025 und DIN EN 10 164		
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1. Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n). <sup>2)</sup>		2.2
2. Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.		2.2
3. Zugversuch:		
3.1 Zugversuch nach DIN EN 10 002-1: Eine Zugprobe bei Raumtemperatur je Schmelze, Prüfeinheit und Dickenbereich..		3.1.B
3.2 Zugversuch nach DIN EN 10 164 bei Profilen mit Dicken größer 20 mm: Drei Zugproben in Dickenrichtung bei Raumtemperatur je Walzlänge sofern für die Profile eine schweißtechnische Weiterverarbeitung vorgesehen ist und aus der Schweißnahtausführung eine Zugbeanspruchung in Dickenrichtung zu erwarten ist (siehe DAST 014). Anforderung: Güteklasse Z25 nach DIN EN 10 164 Probenentnahme: DIN EN 10 164 Ultraschallprüfung: Sinngemäß Abschnitt 8.2 Absatz 4 und Abschnitt 10.2.4.1 Aufzählung b		3.1.B
4. Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben), wenn die Erzeugnisdicke s oder d gleich oder größer als 15 mm ist. Prüftemperatur nach DIN EN 10 250-2 oder DIN EN 10 025		3.1.B
5. Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Teil.		3.1.B
6. Ultraschallprüfung: Bei Stäben mit Erzeugnisdicken gleich oder größer als 30 mm und sonstige Schmiedestücke ab 300 kg jedes Teil 100 % nach <b>Anhang B</b> .		3.1.B
Materialkennzeichnung: Nach DIN EN 10 250-1 oder DIN EN 10 025 und Z25 (sofern nachgewiesen)		
<sup>1)</sup> Der Werkstoff S235JRG2 ist nicht zu verwenden, wenn bei Profilen eine Beanspruchung in Dickenrichtung vorliegt.		
<sup>2)</sup> Das Kohlenstoffäquivalent CEV nach DIN EN 10 025 ist einzuhalten.		

**Werkstoffprüfblatt 3.4:** Geschmiedete Stäbe und Schmiedestücke nach DIN EN 10 222-2 und gewalzte Stäbe nach DIN EN 10 273 aus warmfesten schweißgeeigneten Stählen

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 3.4
Erzeugnisform: Stäbe und Schmiedestücke		
Werkstoffe: P250GH (C 22.8) (1.0460) 16Mo3 (15 Mo 3) (1.5415)		
Anforderungen: DIN EN 10 222-1 und DIN EN 10 222-2 oder DIN EN 10 273		
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN EN 10 222-1 oder DIN EN 10 273		
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1. Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).		2.2
2. Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.		2.2
3. Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN 10 002-1.		3.1.B
4. Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben) bei Raumtemperatur.		3.1.B
5. Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Teil.		3.1.B
6. Prüfung auf Werkstoffverwechslung bei legierten Stählen: Jedes Teil nach einem geeigneten Verfahren.		3.1.B
7. Ultraschallprüfung: Bei Stäben mit Erzeugnisdicke gleich oder größer als 30 mm und sonstige Schmiedestücke ab 300 kg jedes Teil 100 % nach <b>Anhang B</b> .		3.1.B
Materialkennzeichnung: Nach DIN EN 10 222-1 oder DIN EN 10 273		

**Werkstoffprüfblatt 3.5:** Stäbe und geschmiedete Teile aus Vergütungsstählen ohne und mit Gewindeenden nach DIN EN 10 083-1 oder SEW 550 oder nach DIN EN 10 269

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 3.5
Erzeugnisform: Stäbe und geschmiedete Teile ohne und mit Gewindeenden		
Werkstoffe: nach DIN EN 10 083-1 oder SEW 550 <sup>1)</sup> : nach DIN EN 10 269:		
C45E	(Ck 45) (1.1191)	21CrMoV5-7 (21 CrMoV 5 7) (1.7709)
42CrMo4	(42 CrMo 4) (1.7225)	
34CrNiMo6	(34 CrNiMo 6) (1.6582)	
Anforderungen: DIN EN 10 083-1 oder SEW 550 <sup>1)</sup> oder DIN EN 10 269		
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN EN 10 083-1 oder SEW 550 oder DIN EN 10 269		
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1. Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).		2.2
2. Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.		2.2
3. Härteprüfung zum Nachweis der gleichmäßigen Wärmebehandlung: An beiden Enden eines jeden Teiles.		3.1.B
4. Zugversuch nach DIN EN 10 002-1: Eine Zugprobe bei Raumtemperatur vom härtesten und weichsten Teil je Schmelze, Abmessungsbereich und Wärmebehandlungslos. Die Probenlage bei Formschmiedeteilen ist zu vereinbaren.		3.1.B
5. Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben) <sup>1)</sup> bei Raumtemperatur. Die Probenlage bei Formschmiedeteilen ist zu vereinbaren.		3.1.B
6. Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Teil. Zusätzliche Festlegungen für Teile mit Gewindeenden: Die Besichtigung und Maßkontrolle ist im endbearbeiteten Zustand je Teil durchzuführen. Jedes Teil ist einer Oberflächenrisprüfung nach <b>Anhang B</b> zu unterziehen.		3.1.B
7. Prüfung auf Werkstoffverwechslung bei legierten Stählen: Jedes Teil nach einem geeigneten Verfahren.		3.1.B
8. Ultraschallprüfung: Bei Stäben mit Erzeugnisdicken gleich oder größer als 30 mm und sonstige Schmiedestücke ab 300 kg jedes Teil 100 % nach <b>Anhang B</b> .		3.1.B
Materialkennzeichnung: Stahlsorte, Schmelznummer, Probennummer, Herstellerzeichen		
<sup>1)</sup> SEW 550 wird auf größere Schmiedestücke angewendet.		

**Werkstoffprüfblatt 3.6:** Stäbe und geschmiedete Teile aus höherfesten Vergütungsstählen  
26 NiCrMo 14 6 und 20 NiCrMo 14 5 ohne und mit Gewindeenden

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 3.6
Erzeugnisform: Stäbe und geschmiedete Teile ohne und mit Gewindeenden		
Werkstoffe: 26 NiCrMo 14 6 (1.6958) 20 NiCrMo 14 5 (1.6742)		
Anforderungen: Beiblatt zu diesem Werkstoffprüfblatt		
Probenentnahme: Beiblatt zu diesem Werkstoffprüfblatt		
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1. Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.		2.3
2. Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes mit Angabe der Temperatur und der Haltedauer.		2.3
3. Härteprüfung zum Nachweis der gleichmäßigen Wärmebehandlung: An beiden Enden eines jeden Teiles.		3.1.B
4. Zugversuch nach DIN EN 10 002-1: Eine Zugprobe bei Raumtemperatur vom härtesten und weichsten Teil je Schmelze, Abmessungsbereich und Wärmebehandlungslos. Die Probenlage bei Formschmiedeteilen ist zu vereinbaren.		3.1.C
5. Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben). Die Probenlage bei Formschmiedeteilen ist zu vereinbaren. Prüftemperatur nach Beiblatt		3.1.C
6. Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Teil. Zusätzliche Festlegungen für Teile mit Gewindeenden: Die Besichtigung und Maßkontrolle ist im endbearbeiteten Zustand je Teil durchzuführen. Jedes Teil ist einer Oberflächenrissprüfung nach <b>Anhang B</b> zu unterziehen.		3.1.C
7. Prüfung auf Werkstoffverwechslung: Jedes Teil nach einem geeigneten Verfahren.		3.1.B
8. Ultraschallprüfung: Bei Stäben mit Erzeugnisdicken gleich oder größer als 30 mm und sonstige Schmiedestücke ab 300 kg jedes Teil 100 % nach <b>Anhang B</b> .		3.1.B
Materialkennzeichnung: Stahlsorte, Schmelznummer, Probennummer, Herstellerzeichen, Zeichen des Sachverständigen.		

**Beiblatt zum Werkstoffprüfblatt WPB 3.6**

Dieses Beiblatt legt Einzelheiten zu den Anforderungen für Stäbe und geschmiedete Teile aus 20 NiCrMo 14 5 und 26 NiCrMo 14 6 sowie der Prüfung der Erzeugnisse fest.

**1 Werkstoffangaben und -anforderungen**

**1.1 Erschmelzungsart**

Der Werkstoff wird im allgemeinen nach dem Elektrolichtbogen-Verfahren oder dem Sauerstoffblas-Verfahren erschmolzen. Bei Anwendung anderer Herstellungsverfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

**1.2 Chemische Zusammensetzung (Massenanteile in %)**

Elemente	Schmelzenanalyse für Werkstoffe			
	20 NiCrMo 14 5		26 NiCrMo 14 6	
	min.	max.	min.	max.
C	0,18	0,25	0,25	0,30
Si	0,15	0,40	–	0,30
Mn	0,30	0,50	0,20	0,50
P	–	0,02	–	0,02
S	–	0,01	–	0,01
Cr	1,20	1,50	1,20	1,70
Ni	3,40	4,00	3,30	3,80
Mo	0,25	0,50	0,35	0,55
V	–	–	–	0,12
Al	0,02	0,05	0,02	0,05

### 1.3 Werkstoffeigenschaften

Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endwärmebehandlungszustand der Bauteile. Es sind jeweils die Mindestwerte oder Bereiche angegeben.

Erzeugnisdicke s in mm	Proben- lage	R <sub>p0,2</sub> in MPa bei		R <sub>m</sub> in MPa bei		A in % bei		Z in % bei	Kerbschlagarbeit in J bei 20 °C	
		RT	350 °C	RT	350 °C	RT	350 °C	RT	EW	MW
Werkstoff 20 NiCrMo 14 5 I	I									
s ≤ 130		940	735	1040 bis 1240	–	14	–	55	64	75
130 < s ≤ 200									52	63
Werkstoff 20 NiCrMo 14 5 II										
s ≤ 130		980	785	1080 bis 1280	–	14	–	55	64	75
130 < s ≤ 200									52	63
Werkstoff 26 NiCrMo 14 6										
s ≤ 70	940	765	1040 bis 1240	–	14	–	50	55	75	
70 < s ≤ 420								36	52	

### 1.4 Wärmebehandlung

(1) Die Stähle werden im vergüteten Zustand eingesetzt.

a) Werkstoff 20 NiCrMo 14 5

Austenitisieren: 830 °C bis 900 °C mit anschließendem Härten in Wasser/Öl.

Anlassen: Vergütungsstufe I: 520 °C bis 600 °C  
Vergütungsstufe II: 500 °C bis 580 °C.

b) Werkstoff 26 NiCrMo 14 6

Austenitisieren: 840 °C bis 870 °C mit anschließendem Härten in Wasser/Öl.

Anlassen: 530 °C bis 620 °C.

(2) Die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit, die Temperaturen sowie die Haltedauer sind in Abhängigkeit von den Bauteilabmessungen und der chemischen Zusammensetzung von Hersteller und Verarbeiter so festzulegen, dass die mechanisch-technologischen Eigenschaften nach Abschnitt 1.3 unter Beachtung nachfolgender Wärmebehandlungen für den Endzustand des Gesambauteils eingehalten werden.

## 2 Probenentnahme

### 2.1 Wärmebehandlungszustand der Proben

Das Probenmaterial für die mechanisch-technologischen Prüfungen ist den Erzeugnisformen nach der letzten Vergütung zu entnehmen.

### 2.2 Probenentnahmeorte

Durchmesser d in mm	Ort	Probenentnahme Richtung	Lage
d ≤ 40	Anfang oder Ende der Herstellungslänge	längs	1/2 d
d > 40			1/6 d

**Werkstoffprüfblatt 4.1:** Schrauben und Muttern nach Festigkeitsklassen sowie Scheiben für HV-Verbindungen

<b>WERKSTOFFPRÜFBLATT</b>		<b>WPB 4.1</b>																																																					
Erzeugnisform:	Schrauben und Muttern, Scheiben für hochfeste vorgespannte Verbindungen																																																						
Festigkeitsklasse:	Schrauben: 4.6, 5.6, 5.8, 6.8, 8.8 und 10.9 Muttern: 5, 6, 8 und 10 Scheiben: Werkstoff C45 nach DIN EN 10 083-2, C45E (Ck 45) nach DIN EN 10 083-1 oder härter																																																						
Anforderungen:	Schrauben: DIN EN ISO 898-1 Muttern: DIN EN 20 898-2 Scheiben: DIN EN 10 083-1, DIN EN 10 083-2 Für HV-Verbindungen (10.9): Schrauben zusätzlich DIN 6914 Muttern zusätzlich DIN 6915 Scheiben DIN 6916 bis DIN 6918																																																						
Probenentnahme und Prüfumfang:	Schrauben: DIN EN ISO 898-1 Muttern: DIN EN 20 898-2 Scheiben: DIN 6916 bis 6918																																																						
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204																																																					
1. Wärmebehandlung: Angabe des Wärmebehandlungszustandes.			2.2																																																				
2. Schrauben: Nach DIN EN ISO 898-1. Es sind in Herstellerverantwortung laufend Prüfungen durchzuführen. Ist aufgrund der Teileabmessung eine Prüfung mit Probenform entsprechend DIN EN ISO 898-1 nicht möglich, sind Normproben nach DIN EN 10 002-1 aus mitlaufenden Stababschnitten, die bei den Vergütungswerkstoffen auf den für das Vergüten der umzuformenden Schrauben maßgebenden Wärmebehandlungsdurchmesser abgedreht sind, zu entnehmen und zu prüfen. Die die Festigkeitsklasse bestimmenden Eigenschaften gemäß DIN EN ISO 898-1 sind auch in diesem Fall nachzuweisen.			2.2 <sup>1)</sup>																																																				
3. Muttern: Nach DIN EN 20 898-2. Es sind in Herstellerverantwortung laufend Prüfungen durchzuführen. Anstelle des Prüfkraftversuches darf bei Abmessungen größer als M 39 eine Härtemessung HV 30 durchgeführt werden. Die Werte nach <b>Tabelle WPB 4.1-1</b> sind einzuhalten.			2.2 <sup>1)</sup>																																																				
4. Schrauben und Muttern: Maßhaltigkeit, Kennzeichnung und Ausführung. Es sind in Herstellerverantwortung laufend Prüfungen durchzuführen.			2.2 <sup>1)</sup>																																																				
5. Scheiben bei hochfesten vorgespannten Verbindungen: Maßhaltigkeit, Bescheinigung über den verwendeten Werkstoff.			2.2																																																				
Materialkennzeichnung: Schrauben nach DIN EN ISO 898-1, bei HV-Verbindungen zusätzlich nach DIN 6914 Muttern nach DIN EN 20 898-2, bei HV-Verbindungen zusätzlich nach DIN 6915 Scheiben für HV-Verbindungen nach DIN 6916 bis DIN 6918																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Gewindedurchmesser d in mm</th> <th colspan="8">Festigkeitsklasse</th> </tr> <tr> <th colspan="2">5</th> <th colspan="2">6</th> <th colspan="2">8</th> <th colspan="2">10</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Vickers-Härte</th> <th colspan="2">Vickers-Härte</th> <th colspan="2">Vickers-Härte</th> <th colspan="2">Vickers-Härte</th> </tr> <tr> <td></td> <td>min.</td> <td>max.</td> <td>min.</td> <td>max.</td> <td>min.</td> <td>max.</td> <td>min.</td> <td>max.</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">39 &lt; d ≤ 48</td> <td style="text-align: center;">128</td> <td style="text-align: center;">302</td> <td style="text-align: center;">142</td> <td style="text-align: center;">302</td> <td style="text-align: center;">207</td> <td style="text-align: center;">353</td> <td style="text-align: center;">272</td> <td style="text-align: center;">353</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">d &gt; 48</td> <td colspan="8" style="text-align: center;">Bei der Vorprüfung mit dem Sachverständigen zu vereinbaren</td> </tr> </tbody> </table>				Gewindedurchmesser d in mm	Festigkeitsklasse								5		6		8		10		Vickers-Härte		Vickers-Härte		Vickers-Härte		Vickers-Härte			min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	39 < d ≤ 48	128	302	142	302	207	353	272	353	d > 48	Bei der Vorprüfung mit dem Sachverständigen zu vereinbaren							
Gewindedurchmesser d in mm	Festigkeitsklasse																																																						
	5		6		8		10																																																
	Vickers-Härte		Vickers-Härte		Vickers-Härte		Vickers-Härte																																																
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.																																															
39 < d ≤ 48	128	302	142	302	207	353	272	353																																															
d > 48	Bei der Vorprüfung mit dem Sachverständigen zu vereinbaren																																																						
<b>Tabelle WPB 4.1-1:</b> Härtewerte																																																							
<sup>1)</sup> Anstatt des Werkszeugnisses ist die Stempelung ausreichend, wenn die Überprüfung des Herstellers durch den Sachverständigen erfolgte, jedoch nicht für Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 sowie Muttern der Festigkeitsklassen 8 und 10.																																																							

**Werkstoffprüfblatt 4.2:** Schrauben und Muttern gleich oder kleiner als M 39 aus nichtrostenden Stählen nach DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 4.2								
Erzeugnisform:	Schrauben und Muttern gleich oder kleiner als M 39									
Festigkeitsklassen:	50 oder 70 oder 80, Stahlsorten A2, A3, A4 und A5									
Anforderungen:	Schrauben: DIN EN ISO 3506-1 Muttern: DIN EN ISO 3506-2									
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2									
Prüfungen: Prüfungen an fertigen Schrauben und Muttern		Bescheinigung nach DIN EN 10 204								
1.	Prüfung nach DIN EN ISO 3506-1 sowie DIN EN ISO 3506-2, Prüfumfang nach <b>Tabelle WPB 4.2-1</b> .	3.1.B								
2.	Besichtigung, Maßkontrolle und Prüfung auf Werkstoffverwechslung: Es sind in Herstellerverantwortung laufend Prüfungen durchzuführen.	2.2								
Materialkennzeichnung: Schrauben nach DIN EN ISO 3506-1, Muttern nach DIN EN ISO 3506-2										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Stückzahl der Prüfeinheit</th> <th>Anzahl der zu prüfenden Stücke</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>bis 800</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>801 bis 1300</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>über 1300</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>			Stückzahl der Prüfeinheit	Anzahl der zu prüfenden Stücke	bis 800	1	801 bis 1300	2	über 1300	3
Stückzahl der Prüfeinheit	Anzahl der zu prüfenden Stücke									
bis 800	1									
801 bis 1300	2									
über 1300	3									
<p><b>Tabelle WPB 4.2-1:</b> Anzahl der zu prüfenden Stücke in Abhängigkeit von der Stückzahl der Prüfeinheit bei der mechanisch-technologischen Prüfung von Schrauben und Muttern</p>										

**Werkstoffprüfblatt 4.3:** Schrauben und Muttern, spanend gefertigt, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend nicht wärmebehandelt, aus nichtrostenden Stählen nach DIN EN 10 222-5 oder DIN EN 10 272

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 4.3
Erzeugnisform:	Schrauben und Muttern spanend gefertigt, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend nicht wärmebehandelt.	
Werkstoffe:	X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571)	
Anforderungen:	DIN EN 10 222-1 und DIN EN 10 222-5 oder DIN EN 10 272	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10 222-1 oder DIN EN 10 272	
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1. Prüfungen am Ausgangsmaterial:		
1.1 Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).		2.2
1.2 Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.		2.2
1.3 Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN 10 002-1.		2.3
1.4 Prüfung auf Werkstoffverwechslung: Jedes Teil nach einem geeigneten Verfahren.		2.3
2. Prüfung an fertigen Schrauben und Muttern:		
2.1 Besichtigung und Maßkontrolle: Die Schrauben und Muttern sind auf Grundlage der jeweiligen Produktnorm einer Maßprüfung zu unterziehen. Für den Prüfumfang sowie Fehlerordnung gelten die Festlegungen nach <b>Tabelle WPB 4.3-1</b> und <b>Tabelle WPB 4.3-2</b> .		2.3
Materialkennzeichnung:	Ausgangsmaterial nach DIN EN 10 222-1 oder DIN EN 10 272. Schrauben und Muttern: Kurzzeichen für die Zuordnung zum Ausgangsmaterial.	

#### Hauptmerkmale

Gewindengrenzmaße (Lehrenhaltigkeit)  
Kraftangriffsflächen für Montage  
Übergang unter dem Schraubenkopf  
Gewindegrundradius am Übergang Gewinde-Schaft

#### Nebenmerkmale

Längen (Schraubenlänge, Gewindelänge)  
Form- und Lageabweichungen  
Auflageflächen  
Höhen (Kopfhöhen, Mutterhöhen)  
Durchmesser

Hinweis: Weitere Merkmale sowie deren Einstufung können im Rahmen der Bestellung festgelegt werden.

**Tabelle WPB 4.3-1:** Bei der Maßprüfung von Schrauben und Muttern zu prüfende Merkmale sowie deren Einstufung als Haupt- oder Nebenmerkmal

Stückzahl der Prüfeinheit	Stichprobenumfang				Annahmezahlen	
	Hauptmerkmale		Nebenmerkmale		Hauptmerkmale	Nebenmerkmale
	Schrauben	Muttern	Schrauben	Muttern		
bis 150	32	20	20	13	0	0
151 bis 280	32	20	80	50	0	1
281 bis 500	125	80	80	50	1	1
501 bis 1 200	125	80	125	80	1	1
1201 bis 3 200	200	125	200	125	2	3
3201 bis 10 000	315	200	315	200	3	5

**Tabelle WPB 4.3-2:** Stichprobenumfang in Abhängigkeit von der Stückzahl der Prüfeinheit sowie Annahmezahlen für die Maßprüfung und Oberflächenrissprüfung von Schrauben und Muttern

**Werkstoffprüfblatt 4.4:** Schrauben und Muttern, spanend gefertigt, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend nicht wärmebehandelt, aus warmfesten Stählen nach DIN EN 10 269, aus vergüteten Stählen nach DIN EN 10 083-1, DIN 267-13 und nach Beiblatt

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 4.4																		
Erzeugnisform: Schrauben und Muttern spanend gefertigt, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend nicht wärmebehandelt.																				
Werkstoffe: nach DIN EN 10 269, DIN 267-13:                      nach DIN EN 10 083-1:                      nach Beiblatt:																				
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">C35E                      (Ck 35)                      (1.1181)</td> <td style="width: 33%;">C45E                      (Ck 45)                      (1.1191)</td> <td style="width: 33%;">20 NiCrMo 14 5 (1.6742)</td> </tr> <tr> <td>25CrMo4                      (1.7218)</td> <td>42CrMo4 (42 CrMo 4) (1.7225)</td> <td>26 NiCrMo 14 6 (1.6958)</td> </tr> <tr> <td>21CrMoV5-7 (21 CrMoV 5 7) (1.7709)</td> <td>34CrNiMo6 (34 CrNiMo 6) (1.6582)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>40CrMoV4-6 (40 CrMoV 4 7) (1.7711)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>X19CrMoNbVN11-1 (1.4913)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(X 19 CrMoVNbN 11 1)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			C35E                      (Ck 35)                      (1.1181)	C45E                      (Ck 45)                      (1.1191)	20 NiCrMo 14 5 (1.6742)	25CrMo4                      (1.7218)	42CrMo4 (42 CrMo 4) (1.7225)	26 NiCrMo 14 6 (1.6958)	21CrMoV5-7 (21 CrMoV 5 7) (1.7709)	34CrNiMo6 (34 CrNiMo 6) (1.6582)		40CrMoV4-6 (40 CrMoV 4 7) (1.7711)			X19CrMoNbVN11-1 (1.4913)			(X 19 CrMoVNbN 11 1)		
C35E                      (Ck 35)                      (1.1181)	C45E                      (Ck 45)                      (1.1191)	20 NiCrMo 14 5 (1.6742)																		
25CrMo4                      (1.7218)	42CrMo4 (42 CrMo 4) (1.7225)	26 NiCrMo 14 6 (1.6958)																		
21CrMoV5-7 (21 CrMoV 5 7) (1.7709)	34CrNiMo6 (34 CrNiMo 6) (1.6582)																			
40CrMoV4-6 (40 CrMoV 4 7) (1.7711)																				
X19CrMoNbVN11-1 (1.4913)																				
(X 19 CrMoVNbN 11 1)																				
Anforderungen: DIN EN 10 269 und DIN 267-13 oder DIN EN 10 083-1 oder Beiblatt zum Werkstoffprüfblatt																				
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN EN 10 269 oder DIN EN 10 083-1 oder Beiblatt																				
Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10 204																			
1. Prüfungen am Ausgangsmaterial:																				
1.1 Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).	2.2																			
1.2 Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.	2.2																			
1.3 Härteprüfung an einem Ende jedes Stabes nach der letzten Wärmebehandlung.	3.1.B																			
1.4 Zugversuch nach DIN EN 10 002-1: Eine Zugprobe bei Raumtemperatur vom härtesten und weichsten Stab je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos.	3.1.B <sup>1)</sup>																			
1.5 Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben) bei Raumtemperatur oder Prüftemperatur nach Beiblatt, vom härtesten Stab je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos.	3.1.B <sup>1)</sup>																			
1.6 Prüfung auf Werkstoffverwechslung bei legierten Stählen: Jedes Teil nach einem geeigneten Verfahren.	3.1.B																			
2. Prüfungen an den fertigen Schrauben und Muttern:																				
2.1 Besichtigung und Maßkontrolle: Die Schrauben und Muttern sind auf Grundlage der jeweiligen Produktnorm einer Maßprüfung zu unterziehen. Für den Prüfumfang sowie Fehlerordnung gelten die Festlegungen nach <b>Tabelle WPB 4.4-1</b> und <b>Tabelle WPB 4.4-2</b> .	3.1.B																			
2.2 Zerstörungsfreie Prüfung: Zerstörungsfreie Prüfungen in Anlehnung an DIN EN 26 157-3 für Schrauben und DIN EN 493 für Muttern. Für den Prüfumfang gelten die Festlegungen der <b>Tabelle WPB 4.4-2</b> , Nebenmerkmale.	3.1.B																			
Materialkennzeichnung:																				
Ausgangsmaterial:                      nach DIN EN 10 083-1, DIN EN 10 269.																				
Schrauben und Muttern:                      Kurzzeichen für die Zuordnung zum Ausgangsmaterial.																				
1) Nachweis 3.1.C für die Werkstoffe 20 NiCrMo 14 5 und 26 NiCrMo 14 6																				
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>Hauptmerkmale</b>  Gewindegrenzmaße (Lehrenhaltigkeit)  Kraftangriffsflächen für Montage  Übergang unter dem Schraubenkopf  Gewindeggrundradius am Übergang Gewinde-Schaft </td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>Nebenmerkmale</b>  Längen (Schraubenlänge, Gewindelänge)  Form- und Lageabweichungen  Auflageflächen  Höhen (Kopfhöhen, Mutterhöhen)  Durchmesser </td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> H i n w e i s: Weitere Merkmale sowie deren Einstufung können im Rahmen der Bestellung festgelegt werden. </td> </tr> </table>			<b>Hauptmerkmale</b> Gewindegrenzmaße (Lehrenhaltigkeit) Kraftangriffsflächen für Montage Übergang unter dem Schraubenkopf Gewindeggrundradius am Übergang Gewinde-Schaft	<b>Nebenmerkmale</b> Längen (Schraubenlänge, Gewindelänge) Form- und Lageabweichungen Auflageflächen Höhen (Kopfhöhen, Mutterhöhen) Durchmesser	H i n w e i s: Weitere Merkmale sowie deren Einstufung können im Rahmen der Bestellung festgelegt werden.															
<b>Hauptmerkmale</b> Gewindegrenzmaße (Lehrenhaltigkeit) Kraftangriffsflächen für Montage Übergang unter dem Schraubenkopf Gewindeggrundradius am Übergang Gewinde-Schaft																				
<b>Nebenmerkmale</b> Längen (Schraubenlänge, Gewindelänge) Form- und Lageabweichungen Auflageflächen Höhen (Kopfhöhen, Mutterhöhen) Durchmesser																				
H i n w e i s: Weitere Merkmale sowie deren Einstufung können im Rahmen der Bestellung festgelegt werden.																				
<b>Tabelle WPB 4.4-1:</b> Bei der Maßprüfung von Schrauben und Muttern zu prüfende Merkmale sowie deren Einstufung als Haupt- oder Nebenmerkmal																				

## WERKSTOFFPRÜFBLATT

## WPB 4.4 (Forts.)

Stückzahl der Prüfeinheit	Stichprobenumfang				Annahmezahlen	
	Hauptmerkmale		Nebenmerkmale		Hauptmerkmale	Nebenmerkmale
	Schrauben	Muttern	Schrauben	Muttern		
bis 150	32	20	20	13	0	0
151 bis 280	32	20	80	50	0	1
281 bis 500	125	80	80	50	1	1
501 bis 1 200	125	80	125	80	1	2
1201 bis 3 200	200	125	200	125	2	3
3201 bis 10 000	315	200	315	200	3	5

**Tabelle WPB 4.4-2:** Stichprobenumfang in Abhängigkeit von der Stückzahl der Prüfeinheit sowie Annahmezahlen für die Maßprüfung und Oberflächenrissprüfung von Schrauben und Muttern

### Beiblatt zum Werkstoffprüfblatt WPB 4.4

Dieses Beiblatt legt Einzelheiten zu den Anforderungen für Stäbe und geschmiedete Teile aus 20 NiCrMo 14 5 und 26 NiCrMo 14 6 sowie der Prüfung der Erzeugnisse fest.

## 1 Werkstoffangaben und -anforderungen

### 1.1 Erschmelzungsart

Der Werkstoff wird im allgemeinen nach dem Elektrolichtbogen-Verfahren oder dem Sauerstoffblas-Verfahren erschmolzen. Bei Anwendung anderer Herstellungsverfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

### 1.2 Chemische Zusammensetzung (Massenanteile in %)

Elemente	Schmelzenanalyse für Werkstoffe			
	20 NiCrMo 14 5		26 NiCrMo 14 6	
	min.	max.	min.	max.
C	0,18	0,25	0,25	0,30
Si	0,15	0,40	–	0,30
Mn	0,30	0,50	0,20	0,50
P	–	0,02	–	0,02
S	–	0,01	–	0,01
Cr	1,20	1,50	1,20	1,70
Ni	3,40	4,00	3,30	3,80
Mo	0,25	0,50	0,35	0,55
V	–	–	–	0,12
Al	0,02	0,05	0,02	0,05

### 1.3 Werkstoffeigenschaften

Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endwärmebehandlungszustand der Bauteile. Es sind jeweils die Mindestwerte oder Bereiche angegeben.

Erzeugnisdicke s in mm	Proben- lage	R <sub>p0,2</sub> in MPa bei		R <sub>m</sub> in MPa bei		A in % bei		Z in % bei RT	Kerbschlagarbeit in J bei 20 °C	
		RT	350 °C	RT	350 °C	RT	350 °C		EW	MW
Werkstoff 20 NiCrMo 14 5 I	I									
s ≤ 130		940	735	1040 bis 1240	-	14	-	55	64	75
130 < s ≤ 200									52	63
Werkstoff 20 NiCrMo 14 5 II										
s ≤ 130		980	785	1080 bis 1280	-	14	-	55	64	75
130 < s ≤ 200									52	63
Werkstoff 26 NiCrMo 14 6										
s ≤ 70	940	765	1040 bis 1240	-	14	-	50	55	75	
70 < s ≤ 420								36	52	

### 1.4 Wärmebehandlung

(1) Die Stähle werden im vergüteten Zustand eingesetzt.

a) Werkstoff 20 NiCrMo 14 5

Austenitisieren: 830 °C bis 900 °C mit anschließendem Härten in Wasser/Öl.

Anlassen: Vergütungsstufe I: 520 °C bis 600 °C

Vergütungsstufe II: 500 °C bis 580 °C.

b) Werkstoff 26 NiCrMo 14 6

Austenitisieren: 840 °C bis 870 °C mit anschließendem Härten in Wasser/Öl.

Anlassen: 530 °C bis 620 °C.

(2) Die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit, die Temperaturen sowie die Haltedauer sind in Abhängigkeit von den Bauteilabmessungen und der chemischen Zusammensetzung von Hersteller und Verarbeiter so festzulegen, dass die mechanisch-technologischen Eigenschaften nach Abschnitt 1.3 unter Beachtung nachfolgender Wärmebehandlungen für den Endzustand des Gesamtbauteils eingehalten werden.

## 2 Probenentnahme

### 2.1 Wärmebehandlungszustand der Proben

Das Probenmaterial für die mechanisch-technologischen Prüfungen ist den Erzeugnisformen nach der letzten Vergütung zu entnehmen.

### 2.2 Probenentnahmeorte

Durchmesser d in mm	Ort	Probenentnahme Richtung	Lage
d ≤ 40	Anfang oder Ende der Herstellungslänge	längs	1/2 d
d > 40			1/6 d

**Werkstoffprüfblatt 4.5:** Schrauben und Muttern, warm geformt, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend wärmebehandelt, für den Einsatz bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen nach DIN EN 10 269

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 4.5								
Erzeugnisform:	Schrauben und Muttern warm geformt, Gewinde gerollt oder geschnitten und anschließend wärmebehandelt									
Werkstoffe:	C35E (Ck 35) (1.1181) 21CrMoV5-7 (21 CrMoV 57) (1.7709) 40CrMoV4-6 (40 CrMoV 47) (1.7711) X19CrMoNbVN11-1 (X 19 CrMoVNbN 11 1) (1.4913)									
Anforderungen:	DIN EN 10 269									
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10 269 und DIN 267-13									
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10 204								
1. Prüfungen am Ausgangsmaterial										
1.1	Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).	2.2								
1.2	Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Teil.	2.3								
1.3	Prüfung auf Werkstoffverwechslung bei legierten Stählen: Jedes Teil nach einem geeigneten Verfahren.	2.3								
1.4	Prüfung der Materialkennzeichnung: Jedes Teil.	3.1.B								
2. Prüfungen an den fertigen Schrauben und Muttern										
2.1	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes: Je Wärmebehandlungslos.	3.1.B								
2.2	Härteprüfung: An 10 % der Teile mindestens jedoch 15 Stück	3.1.B								
2.3	Mechanisch-technologische Prüfungen je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos:									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Liefermenge Stückzahl (St)</th> <th>Anzahl der Probensätze</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>St ≤ 300</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>300 &lt; St ≤ 800</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>800 &lt; St ≤ 8000</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Liefermenge Stückzahl (St)	Anzahl der Probensätze	St ≤ 300	1	300 < St ≤ 800	2	800 < St ≤ 8000	4	
Liefermenge Stückzahl (St)	Anzahl der Probensätze									
St ≤ 300	1									
300 < St ≤ 800	2									
800 < St ≤ 8000	4									
	Bei Liefermengen größer als 8000 ist die Anzahl der Probensätze mit dem zuständigen Sachverständigen zu vereinbaren.	3.1.B								
	Ein Probensatz für Schrauben: - Eine Zugprobe bei Raumtemperatur nach DIN EN 10 002-1 - Bei > M 14 drei Charpy-V-Proben bei Raumtemperatur nach DIN EN 10 045-1 - Bei ≤ M 14 ein Kopfschlagversuch.									
	Muttern: - Prüfkraftversuch.									
2.4	Besichtigung, Maßkontrolle: Die Schrauben und Muttern sind auf Grundlage der jeweiligen Produktnorm einer Maßprüfung zu unterziehen. Für den Prüfumfang sowie Fehlerordnung gelten die Festlegungen nach <b>Tabelle WPB 4.5-1</b> und <b>Tabelle WPB 4.5-2</b>	3.1.B								
2.5	Zerstörungsfreie Prüfungen: Zerstörungsfreie Prüfungen in Anlehnung an DIN EN 26 157-3 für Schrauben und DIN EN 493 für Muttern. Für den Prüfumfang gelten die Festlegungen nach <b>Tabelle WPB 4.5-2</b> , Nebenmerkmale.	3.1.B								
Materialkennzeichnung:										
Ausgangsmaterial:	Stahlsorte, Herstellerzeichen, Schmelznummer, Zeichen des Sachverständigen.									
Schrauben und Muttern:	Kurzzeichen für die Zuordnung zum Ausgangsmaterial.									

**Hauptmerkmale**

Gewindengrenzmaße (Lehrenhaltigkeit)  
 Kraftangriffsflächen für Montage  
 Übergang unter dem Schraubenkopf  
 Gewindegrundradius am Übergang Gewinde-Schaft

**Nebenmerkmale**

Längen (Schraubenlänge, Gewindelänge)  
 Form- und Lageabweichungen  
 Auflageflächen  
 Höhen (Kopfhöhen, Mutterhöhen)  
 Durchmesser

H i n w e i s: Weitere Merkmale sowie deren Einstufung können im Rahmen der Bestellung festgelegt werden.

**Tabelle WPB 4.5-1:** Bei der Maßprüfung von Schrauben und Muttern zu prüfende Merkmale sowie deren Einstufung als Haupt- oder Nebenmerkmal

Stückzahl der Prüfeinheit	Stichprobenumfang				Annahmezahlen	
	Hauptmerkmale		Nebenmerkmale		Hauptmerkmale	Nebenmerkmale
	Schrauben	Muttern	Schrauben	Muttern		
bis 150	32	20	20	13	0	0
151 bis 280	32	20	80	50	0	1
281 bis 500	125	80	80	50	1	1
501 bis 1 200	125	80	125	80	1	2
1201 bis 3 200	200	125	200	125	2	3
3201 bis 10 000	315	200	315	200	3	5

**Tabelle WPB 4.5-2:** Stichprobenumfang in Abhängigkeit von der Stückzahl der Prüfeinheit sowie Annahmezahlen für die Maßprüfung und Oberflächenrissprüfung von Schrauben und Muttern

**Werkstoffprüfblatt 5.1:** Ferritischer Stahlguss GS-18 NiMoCr 3 7 nach Beiblatt und GP240GH nach DIN EN 10 213-2

<b>WERKSTOFFPRÜFBLATT</b>		<b>WPB 5.1</b>
Erzeugnisform: Guss		
Werkstoffe: nach Beiblatt: GS-18 NiMoCr 3 7 (1.6756) nach DIN EN 10 213-2: GP240GH (GS-C 25) (1.0619)		
Anforderungen: GS-18 NiMoCr 3 7 nach Beiblatt, GP240GH nach DIN EN 10 213-1 und DIN EN 10 213-2 und Beiblatt		
Probenentnahme: Beiblatt zu diesem Werkstoffprüfblatt		
Hinweis: Die Prüfzeitpunkte für die nachfolgend aufgeführten Prüfungen sind dem Standard-Fertigungsschema für Stahlgusserzeugnisse ( <b>Bild A-1</b> ) zu entnehmen.		
Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10 204	
1. Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).	2.2	
2. Stückanalyse: Je Schmelze ist eine Stückanalyse durchzuführen.	3.1.B	
3. Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes mit Angabe der Temperatur und der Haltezeit einschließlich eventueller Simulationsglühungen der Prüfstücke.	3.1.B	
4. Zugversuch nach DIN EN 10 002-1:		
4.1 Eine Probe bei Raumtemperatur je Probenentnahmeort.	3.1.B	
4.2 Warmzugversuch nach DIN EN 10 002-5: Eine Zugprobe bei T = 350 °C an einem Probenentnahmeort, sofern Auslegungstemperatur größer als 250 °C ist. Zu bestimmen sind $R_{p0,2}$ , $R_m$ , A.	3.1.B	
5. Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch nach 4.1 ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben) bei T = 0 °C.	3.1.B	
6. Besichtigung und Maßprüfung: Jedes Teil.	3.1.B	
7. Prüfung auf Werkstoffverwechslung beim Stahlguss GS-18 NiMoCr 3 7: Jedes Teil.	3.1.B	
8. Zerstörungsfreie Prüfungen:		
Hinweis: Bei Wanddicken kleiner als 100 mm sind die Art und der Umfang der Volumenprüfung sowie die Gütestufen vom Besteller anzugeben.		
8.1 Ultraschallprüfung: Ab einer Wanddicke gleich oder größer als 100 mm: Prüfumfang: 100 % (einschließlich Fertigungsschweißungen) Durchführung und Beurteilung: DIN 1690-2	3.1.B	
8.2 Oberflächenrissprüfung: Prüfumfang: 100 % innen und außen Durchführung und Beurteilung: DIN 1690-2	3.1.B	
9. Überprüfung der Kennzeichnung: Durch den Hersteller vor Auslieferung der Teile.		
Materialkennzeichnung: Guss-Sorte, Schmelznummer, Probennummer, Herstellerzeichen, Zeichen des Werkssachverständigen.		

**Beiblatt zum Werkstoffprüfblatt WPB 5.1****1 Werkstoffangaben und -anforderungen****1.1 Chemische Zusammensetzung (Massenanteile in %) für den Stahlguss GS-18 NiMoCr 3 7**

Elemente	Nachweis an			
	Schmelze		Stück <sup>1)</sup>	
	min.	max.	min.	max.
C	0,17	0,23	0,16	0,23
Si	0,30	0,50	0,25	0,50
Mn	0,70	1,10	0,70	1,20
P	–	0,012	–	0,012
S	–	0,01	–	0,012
Cr	0,30	0,50	0,30	0,50
Mo	0,40	0,60	0,40	0,60
Ni	0,60	1,10	0,60	1,10
Al <sub>ges</sub>	0,02	0,05	0,02	0,05
Cu	–	0,12	–	0,12
V	–	0,02	–	0,02
Sn	–	0,011	–	0,011
N <sub>ges</sub>	–	0,015	–	0,015
As	–	0,025	–	0,025

<sup>1)</sup> Die aus den Tabellenwerten abzuleitenden Unterschiede zwischen der chemischen Zusammensetzung nach der Stückanalyse und der Schmelzanalyse sind zum Teil kleiner, als aufgrund der metallurgischen Zusammenhänge erwartet werden darf. Der Grund liegt darin, dass hier die Grenzwerte für die chemische Zusammensetzung nach der Stückanalyse nur auf den bei der Begutachtung erfassten Schmelzen beruhen. Daher werden die Werte nach Vorliegen weiterer Unterlagen überprüft.

**1.2 Werkstoffeigenschaften**

Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endwärmebehandlungszustand der Bauteile. Es sind jeweils die Mindestwerte oder Bereiche angegeben.

Werkstoff	Maßgebende Wanddicke in mm	R <sub>p0,2</sub> in MPa bei		R <sub>m</sub> in MPa bei		A in % bei		Z in % bei	Kerbschlagarbeit in J bei 0 °C	
		RT	350 °C	RT	350 °C	RT	350 °C		RT	EW
GP240GH (GS-C 25)	≤ 100	245	135	440 bis 590	(375) <sup>1)</sup>	22	(20) <sup>1)</sup>	–	34	41
GS-18 NiMoCr 3 7	≤ 300	390	343	570 bis 735	490	16	12	–		

<sup>1)</sup> Die in Klammern angegebenen Werte bedürfen noch der statistischen Absicherung.

**1.3 Innere und äußere Beschaffenheit / Vorbereitung der Oberflächen für die zerstörungsfreien Prüfungen**

(1) Für Anforderungen an die innere und äußere Beschaffenheit gilt DIN 1690-2 mit Bestätigung der nachfolgenden Gütestufen in Abhängigkeit der Werkstoffe nach untenstehender Tabelle.

Werkstoff	Gütestufe nach DIN 1690-2
GS-20 NiMoCr 3 7	MS2 <sup>1)</sup> - UV 2 <sup>1), 2)</sup> MS3 - UV 3 <sup>2)</sup>
GP240GH (GS-C 25)	MS2 <sup>1)</sup> - UV 2 <sup>1), 2)</sup> MS4 - UV 4 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Nur für Bereiche mit durch spanabhebende Bearbeitung hergestellten Oberflächen.

<sup>2)</sup> Für Wanddicken gleich oder größer als 100 mm

(2) Die Beurteilung der für die zerstörungsfreien Prüfungen vorbereiteten Oberflächen erfolgt nach DIN EN 1370, BNIF-Vergleichsmuster:

- Grenzzulässigkeiten für gestrahlte Oberflächen mind. 3 S1,
- Grenzzulässigkeiten für hand- oder pendelgeschliffene Oberflächen mind. 4 S2.

## 1.4 Verarbeitungsrichtlinien

### 1.4.1 Allgemeines

Die Gießtechnik ist nach den Grundsätzen der gelenkten Erstarrung auszulegen. Für jeden Guss-Stücktyp ist eine Protokollierung der Gießtechnik der internen Dokumentation beizufügen.

### 1.4.2 Standard-Fertigungsschema für Stahlgusserzeugnisse

Die in **Bild A-1** vorgeschriebene Fertigungs- und Prüffolge ist einzuhalten. Bei Abweichungen ist ein Prüffolgeplan vom Hersteller zu erstellen und dem Besteller zur Vorprüfung vorzulegen.

### 1.4.3 Wärmebehandlung

(1) GP240GH (GS-C 25) Vergütung nach DIN EN 10 213-1 und DIN EN 10 213-2

Der Stahlguss GS-18 NiMoCr 3 7 wird im doppeltvergüteten Zustand eingesetzt.

Austenitisieren: 800 °C bis 950 °C mit anschließendem Härten im Wasser.

Anlassen: 650 °C bis 700 °C.

Spannungsarmglühen: 580 °C bis 620 °C für die letzte Wärmebehandlung, Zwischenglühungen können bei ca. 550 °C durchgeführt werden.

(2) Die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit, die Temperaturen sowie die Haltedauer sind in Abhängigkeit von den Bauteilabmessungen und der chemischen Zusammensetzung von Hersteller und Verarbeiter so festzulegen, dass die mechanisch-technologischen Eigenschaften nach Abschnitt 1.2 unter Beachtung nachfolgender Wärmebehandlungen für den Endzustand des Gesamtbauteils eingehalten werden.

### 1.4.4 Fertigungsschweißungen

In Ergänzung zu DIN EN 1559-1 gilt folgendes:

(1) Die Durchführung von Fertigungsschweißungen setzt Verfahrensprüfungen nach SEW 110 voraus. Dem Sachverständigen sind zur Prüfung vorzulegen:

- a) Schweißplan,
- b) Wärmebehandlungsplan,
- c) Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan.

(2) Über die Verfahrensprüfung ist vom Hersteller ein Bericht zu erstellen, der die Abgrenzung des Geltungsbereiches und die Bedingungen der Herstellung der Prüfstücke enthält. Die Prüfergebnisse sind festzuhalten.

(3) Für Schweißzusätze und -hilfsstoffe gelten die Festlegungen des Abschnitts 9.5.

(4) Die Verwendung eines Füllstückes bei Fertigungsschweißungen bedarf der Zustimmung des Bestellers.

(5) Werden nicht zulässige Anzeigen bei der Oberflächenriss- oder Volumenprüfung festgestellt, sind Fertigungsschweißungen nach Standard-Fertigungsschema für Stahlgusserzeugnisse (**Bild A-1**) durchzuführen.

(6) Als größere Fertigungsschweißung, die nach **Bild A-1** zu dokumentieren ist, gilt jede zum Fertigungsschweißen vorbereitete Stelle, deren Tiefe 40 % der Wanddicke oder folgende Werte überschreitet:

Bei Gütestufe DIN 1690-2	MS2 - UV2	25 mm
	MS3 - UV3	40 mm
	MS4 - UV4	60 mm

## 2 Probenentnahme

### 2.1 Wärmebehandlungszustand der Probenstücke

(1) Die angegossenen Probenstücke dürfen erst nach der letzten Vergütung und Stempelung eingeschnitten oder abgetrennt werden. Ein Abweichen von dieser Festlegung bedarf besonderer Vereinbarung.

(2) Probenstücke von Guss-Stücken, die im Zuge der Weiterverarbeitung einer Spannungsarmglühung unterzogen werden, sind vor Ausarbeitung der Proben einer simulierenden Spannungsarmglühung zu unterziehen. Hierbei sind alle im Zuge der Weiterverarbeitung der Guss-Stücke durchzuführenden Spannungsarmglühungen einschließlich möglicher Reparaturglühungen zu berücksichtigen.

(3) Probenstücke von Guss-Stücken, bei denen Anzahl, Temperatur und Dauer der Spannungsarmglühungen nicht vorhersehbar sind, sind entsprechend den nachstehenden Festlegungen zu glühen.

Aufheizgeschwindigkeit: gleich oder kleiner als 100 °C/h ab 300 °C

Haltetemperatur: 620 °C ± 20 K

Haltedauer nach Erreichen der Haltetemperatur: 15 h ± 1 h

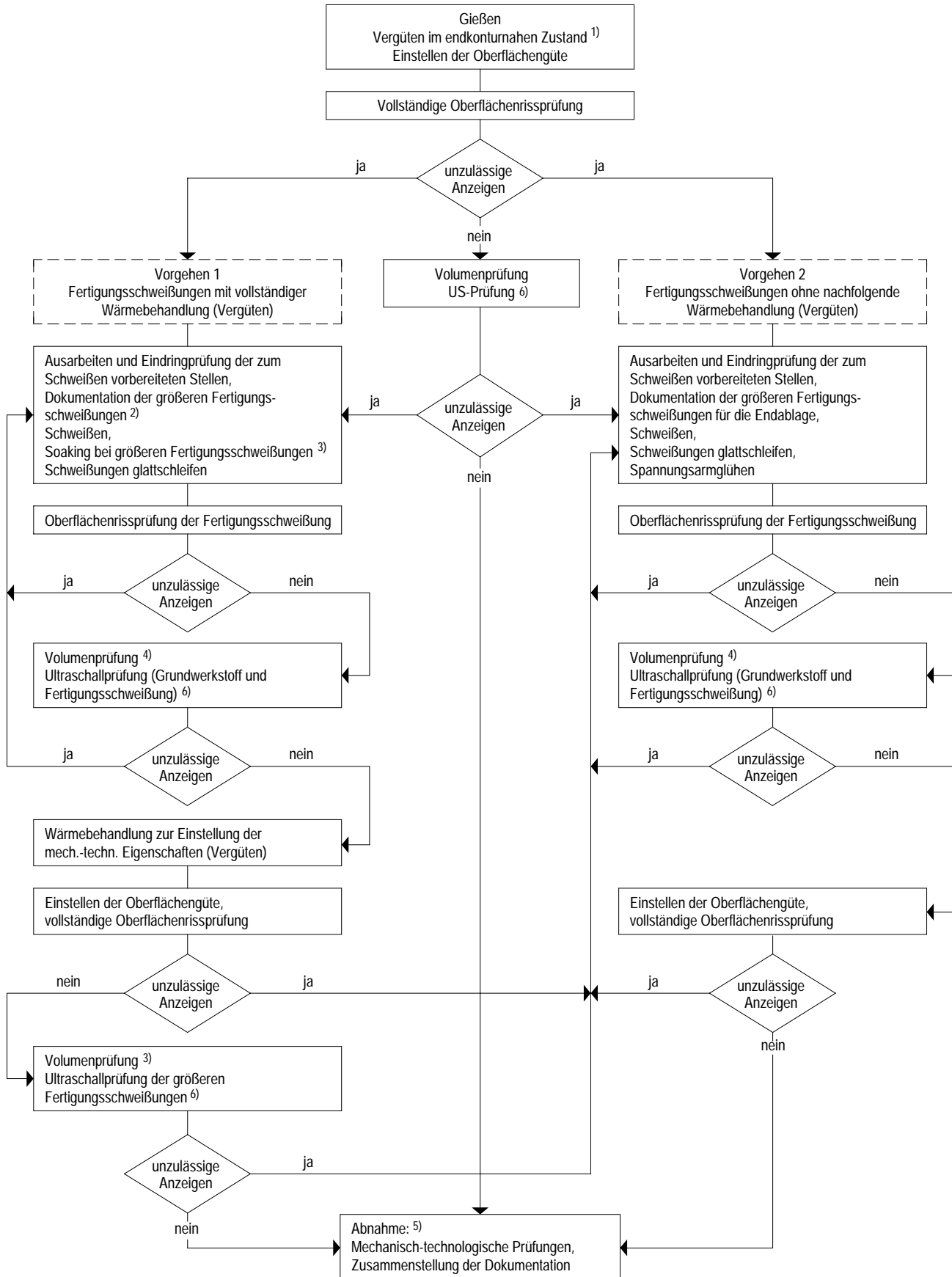
Abkühlungsbedingungen: Ofen oder ruhende Luft bis 300 °C

### 2.2 Anzahl und Entnahmeorte der Probenstücke und Probenlage

(1) Die Angussproben sind am Guss-Stück nach gießtechnischen Gesichtspunkten anzugießen oder Überlängen zu entnehmen. Sie sind in solcher Anzahl und Größe anzugießen, dass die vorgeschriebenen Proben entnommen werden können einschließlich Reservematerial für gegebenenfalls erforderliche Ersatzproben.

(2) Die Probenstücke zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften sind aus den Angussproben möglichst gussstücknah zu entnehmen.

(3) Die Lage der Angussproben ist durch eine Fotografie oder in einer Skizze festzuhalten, die mit dem Abnahmeprüfzeugnis mitzuliefern ist. Bei weiteren Abgüssen des gleichen Modells mit gleicher Probenlage ist eine Kopie des früher vorgelegten Bildes im Abnahmeprüfzeugnis beizufügen.



1) Bei Vorgehen 2 ist beim Stahlguss GS-18 NiMoCr 3 7 vor Durchführung von Fertigungsschweißungen zweimal zu vergüten.

2) Siehe Beiblatt zu WPB 5.1 Abschnitt 1.4.4 Absatz 6.

3) Gilt nur für die Stahlgussorte GS-18 NiMoCr 3 7.

4) Hinweis: Bereits geprüfte Fertigungsschweißungen und Gussstückbereiche mit zulässigen Anzeigen müssen nicht erneut geprüft werden.

5) Werden in Ausnahmefällen im Zuge der Weiterverarbeitung beim Komponentenhändler Fertigungsschweißungen in einem weit fortgeschrittenen Bearbeitungs-  
zustand erforderlich, so ist dies mit dem Besteller abzustimmen.

6) Bei Abmessung  $s < 100$  mm ist das Verfahren für die Volumenprüfung mit dem Besteller abzustimmen.

Bild A-1: Ablaufschema für Stahlgusserzeugnisse

**Werkstoffprüfblatt 5.2:** Nichtrostender Stahlguss GX5CrNiNb19-11 und GX4CrNi13-4  
nach DIN EN 10 213-2 oder DIN EN 10 213-4

<b>WERKSTOFFPRÜFBLATT</b>		<b>WPB 5.2</b>
Erzeugnisform: Stahlguss		
Werkstoffe: GX5CrNiNb19-11 (G-X 5CrNiNb 18 9) (1.4552) nach DIN EN 10 213-4 GX4CrNi13-4 (G-X 5CrNi 13 4) (1.4317) nach DIN EN 10 213-2		
Anforderungen: DIN EN 10 213-1 und DIN EN 10 213-2 oder DIN EN 10 213-4		
Probenentnahme: DIN EN 10 213-1		
Prüfungen:		Bescheinigung nach DIN EN 10 204
1. Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n).		2.2
2. Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.		2.2
3. Zugversuch nach DIN EN 10 002-1: Eine Zugprobe bei Raumtemperatur je Probenentnahmeort.		3.1.B
4. Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10 045-1: Je Zugversuch ein Satz (ein Satz = drei Charpy-V-Proben) bei Raumtemperatur.		3.1.B
5. Besichtigung und Maßkontrolle: Jedes Teil.		3.1.B
6. Prüfung auf Werkstoffverwechslung: Jedes Teil nach einem geeigneten Verfahren.		3.1.B
7. Zerstörungsfreie Prüfung nach DIN 1690-2: Oberflächenrissprüfung: 100 % Angaben über Gütestufen für zerstörungsfreie Prüfungen und Umfang der Volumenprüfung sind vom Besteller anzugeben. Wenn bei der Bestellung keine Gütestufen vereinbart werden, gelten als Mindestgütestufe a) DIN 1690-2 - ES3 (für Sandformguss), b) DIN 1690-2 - ES1 (für Feinguss oder Keramikformguss).		3.1.B
Materialkennzeichnung: Stahlguss-Sorte, Schmelznummer, Probennummer, Herstellerzeichen, Zeichen des Sachverständigen.		

## Anhang B

### Zerstörungsfreie Prüfungen

Inhalt	Seite
B 1 Geltungsbereich .....	58
B 2 Allgemeingültige Festlegungen zur zerstörungsfreien Prüfung.....	58
B 2.1 Personal .....	58
B 2.2 Geräte und Prüfmittel .....	59
B 2.3 Prüfzeitpunkt .....	59
B 3 Verfahrenstechnische Anforderungen.....	59
B 3.1 Magnetpulverprüfung .....	59
B 3.2 Eindringprüfung.....	59
B 3.3 Durchstrahlungsprüfung.....	59
B 3.4 Ultraschallprüfung .....	59
B 4 Durchführung und Bewertung der Prüfungen von ferritischen Erzeugnisformen .....	60
B 4.1 Stäbe .....	60
B 4.2 Verbindungselemente (Schrauben, Muttern, Bolzen) .....	61
B 4.3 Schmiedestücke .....	61
B 5 Durchführung und Bewertung der Prüfungen von austenitischen Erzeugnisformen (gewalzte oder geschmiedete Teile).....	61
B 5.1 Oberflächenrissprüfung.....	61
B 5.2 Ultraschallprüfung .....	62
B 6 Durchführung und Bewertung der Prüfungen von ferritischen Schweißnähten.....	62
B 6.1 Ultraschallprüfungen der Schweißnahtanschlussbereiche bei Blechen.....	62
B 6.2 Oberflächenrissprüfung der Schweißnahtfugenflanken .....	62
B 6.3 Oberflächenrissprüfung der Schweißnähte .....	62
B 6.4 Durchstrahlungsprüfung der Schweißnähte .....	62
B 6.5 Ultraschallprüfung der Schweißnähte .....	62
B 7 Durchführung und Bewertung der Prüfungen von austenitischen Schweißnähten .....	63
B 7.1 Oberflächenrissprüfung.....	63
B 7.2 Durchstrahlungsprüfung.....	63

#### B 1 Geltungsbereich

(1) Dieser Anhang gilt für die Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen. Er enthält die verfahrenstechnischen Anforderungen und die Bewertungskriterien für die zerstörungsfreien Prüfungen.

(2) Abweichungen in begründeten Einzelfällen sind zulässig.

##### Hinweis:

Verfahren, Umfang und Zeitpunkt der zerstörungsfreien Prüfungen sind in den Werkstoffprüfblättern (**Anhang A**) und Bauprüfplänen festgelegt.

#### B 2 Allgemeingültige Festlegungen zur zerstörungsfreien Prüfung

##### B 2.1 Personal

(1) Der Hersteller hat dem Sachverständigen die Prüfaufsicht zu benennen. Sie muss von der Fertigung organisatorisch unabhängig sein. Die Prüfaufsicht muss ein für ihre Aufgaben erforderliches Wissen und Grundkenntnisse der Fertigungsverfahren besitzen und die Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen der Prüfverfahren kennen. Sie muss weiterhin die in den nachfolgenden Abschnitten beschriebenen Prüfungen beherrschen und ist verantwortlich für den

einwandfreien Zustand der Prüfeinrichtungen sowie für die Einhaltung der vom Hersteller zu erstellenden Prüfanweisungen. Die Prüfaufsicht muss für die zur Anwendung kommenden Prüfverfahren in den zutreffenden Produkt- oder Industriesektoren entsprechend DIN EN 473 mindestens in Stufe 2 qualifiziert und zertifiziert sein.

(2) Die Prüfaufsicht hat dafür zu sorgen, dass nur qualifizierte und zertifizierte Prüfer eingesetzt werden. Sie hat die vom Hersteller durchzuführenden Prüfungen zu beaufsichtigen, deren Ergebnisse zu bewerten und den Prüfbericht zu unterschreiben.

(3) Die Prüfer müssen in der Lage sein, die in den nachfolgenden Abschnitten beschriebenen Prüfungen durchzuführen. Sie müssen für die zur Anwendung kommenden Prüfverfahren in den zutreffenden Produkt- oder Industriesektoren entsprechend DIN EN 473 qualifiziert und zertifiziert sein. Diese Kenntnisse sind der Prüfaufsicht und dem Sachverständigen auch bei Einsatz von herstellerfremden Prüfern nachzuweisen.

(4) Die Prüfaufsicht und die Prüfer müssen den Nachweis zufriedenstellender Sehfähigkeit, die durch einen Augenarzt, Augenoptiker oder eine sonstige medizinisch anerkannte Person ermittelt wurde, in Übereinstimmung mit DIN EN 473 erbringen. Die Sehfähigkeit muss jährlich überprüft werden.

**B 2.2 Geräte und Prüfmittel**

(1) Für die Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen sind Geräte und Prüfmittel einzusetzen, die für den jeweiligen Prüfzweck geeignet sind. Die einzusetzenden Mess- und Prüfgeräte müssen kalibriert sein. Dies ist mit einer Bescheinigung zu belegen.

(2) Die Prüfsysteme müssen dem Stand der Technik genügen.

**B 2.3 Prüfzeitpunkt**

Die Erzeugnisformen sind im Lieferzustand, die Schweißnähte möglichst im endwärmebehandelten Zustand vom Hersteller zu prüfen.

**B 3 Verfahrenstechnische Anforderungen****B 3.1 Magnetpulverprüfung****B 3.1.1 Allgemeingültige Festlegungen**

Die Magnetpulverprüfung ist bevorzugt nass, fluoreszierend mit Wechselstromerregung durchzuführen.

**B 3.1.2 Anforderungen an Geräte und Prüfmittel**

(1) Erfolgt die Magnetisierung mittels Selbstdurchflutung, so ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen, dass Zündstellen bei der Prüfung möglichst vermieden werden.

(2) Hierzu darf die Prüfung z. B. mit abschmelzenden Elektroden oder unter Zuhilfenahme von Kontaktkissen durchgeführt werden.

(3) Die Prüfmittel müssen die Prüffläche benetzen und dürfen keine korrosiven Schädigungen hervorrufen. Zusätzliche Rostschutzmittel dürfen verwendet werden, wenn sie die Prüfaussage nicht beeinflussen.

(4) Die Fehlererkennbarkeit muss mit dem Prüfmittel sichergestellt sein, gegebenenfalls muss dazu ein geeignetes Kontrastmittel verwendet werden.

(5) Die Prüfflüssigkeit ist stichprobenweise an einem geeigneten Testkörper zu kontrollieren.

**B 3.1.3 Oberflächenbeschaffenheit**

Die zu prüfenden Flächen müssen gereinigt und frei von störenden Verunreinigungen sein. Sofern in den werkstoff- und erzeugnisformbezogenen Abschnitten keine besonderen Festlegungen getroffen sind, soll der arithmetische Mittelwert der Profilordinaten (Mittenrauhwert) Ra nach DIN EN ISO 4287 einen Wert von 20 µm nicht überschreiten.

**B 3.1.4 Durchführung****B 3.1.4.1 Magnetisierungsrichtungen**

Alle Oberflächen sind unter zwei verschiedenen Magnetisierungsrichtungen zu prüfen. Diese sollen möglichst um 90 Grad gegeneinander versetzt sein. Es ist sicherzustellen, dass die Feldrichtungen nicht außerhalb des Winkelbereiches zwischen 50 Grad und 130 Grad liegen.

**B 3.1.4.2 Feldstärke**

Die Tangentialfeldstärke soll zwischen  $2 \times 10^3$  A/m und  $6,5 \times 10^3$  A/m liegen. Mit geeigneten Messgeräten ist die Einhaltung dieser Werte zu kontrollieren, oder aber die Prüfbedingungen sind zu ermitteln, unter welchen diese Werte erreicht werden können.

**Hinweis:**

Möglichkeiten, die ausreichende Magnetisierung des Prüfgegenstandes zu überprüfen, sind in der Richtlinie der Deutschen

Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfverfahren e.V. (DGZfP), Berlin, DGZfP-EM-3 „Merkblatt zur Kontrolle von Prüfparametern bei der Magnetpulverprüfung“ angegeben.

**B 3.1.4.3 Kontaktstellen**

Zündstellen sind zu entfernen und einer Eindringprüfung oder einer Magnetpulverprüfung mittels Jochmagnetisierung zu unterziehen.

**B 3.1.4.4 Magnetisierungsdauer**

(1) Folgende Zeiten sind einzuhalten:

Magnetisieren und Bespülen: mindestens 3 Sekunden

Nachmagnetisieren: mindestens 5 Sekunden

(2) Die Bewertung hat während der Nachmagnetisierung zu erfolgen.

**B 3.2 Eindringprüfung****B 3.2.1 Anforderungen an das Prüfmittel**

(1) Die Eignung des Prüfsystems (Eindringmittel, Zwischenreiniger und Entwickler) ist dem Sachverständigen durch eine Musterprüfung nach DIN EN ISO 3452-2 nachzuweisen.

(2) Durch geeignete Maßnahmen ist sicherzustellen, dass die unter Absatz 1 festgelegten Eigenschaften des Prüfsystems erhalten bleiben.

**B 3.2.2 Oberflächenbeschaffenheit**

Die Oberflächenbeschaffenheit muss den Forderungen nach Abschnitt B 3.1.3 genügen.

**B 3.2.3 Durchführung**

(1) Die Eindringprüfung ist nach DIN EN 571-1 mit den nachfolgenden Festlegungen durchzuführen.

(2) Die Eindringdauer soll mindestens eine halbe Stunde betragen.

(3) Möglichst bald nach dem Antrocknen des Entwicklers sollte die erste Inspektion stattfinden. Eine weitere Inspektion erfolgt frühestens eine halbe Stunde nach der ersten Inspektion.

(4) Weitere Inspektionszeitpunkte sind erforderlich, wenn bei der zweiten Inspektion rissartige Anzeigen vorhanden sind, die bei der ersten Inspektion noch nicht erkennbar waren.

**Hinweis:**

Zusätzliche Inspektionszeitpunkte können auch dann in Betracht kommen, wenn bei der zweiten Inspektion wesentliche Änderungen oder zusätzliche Anzeigen festgestellt werden.

(5) Die Beurteilung erfolgt unter Berücksichtigung der Ergebnisse aller Inspektionen.

**B 3.3 Durchstrahlungsprüfung**

Die Klasse A nach DIN EN 1435 ist einzuhalten, sofern in den Bauprüfplänen nicht Klasse B festgelegt ist.

**B 3.4 Ultraschallprüfung****B 3.4.1 Anforderungen an Prüffrequenzen und Schwingerabmessung**

Die Prüffrequenz, Schwingerabmessung und Einschallpositionen sind in den Abschnitten B 4 bis B 6 festgelegt. Diese Festlegungen sind als Richtwerte zu verstehen, von denen in begründeten Fällen abgewichen werden darf.

### B 3.4.2 Oberflächenbeschaffenheit

Die Prüfflächen müssen frei von Rost, Zunder, Schweißspritzern und sonstigen, die Ankopplung störenden Verunreinigungen sein und einen dem Prüfzweck entsprechenden Zustand aufweisen. Für den arithmetischen Mittelwert der Profildaten (Mittenrauhwert) Ra nach DIN EN ISO 4287 der Prüf- und Gegenflächen ist ein Wert von gleich oder kleiner als 20 µm anzustreben.

### B 3.4.3 Durchführung

#### B 3.4.3.1 Prüfanweisung

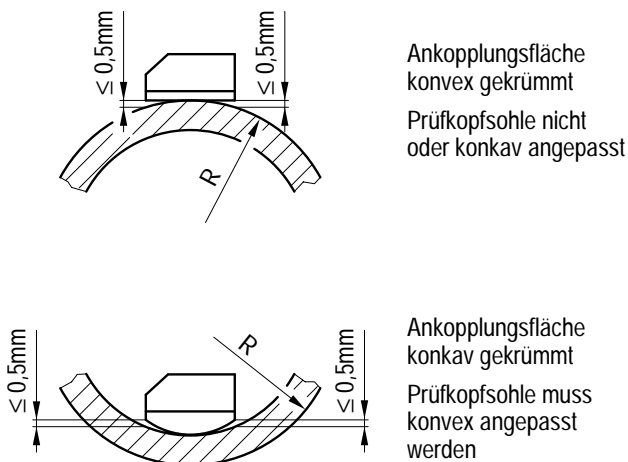
Für die Ultraschallprüfung von Bauteilen mit prüftechnisch komplizierter Geometrie sind die Einzelheiten in einer Prüfanweisung festzulegen und mit dem Sachverständigen abzustimmen.

#### B 3.4.3.2 Einstellung der Prüfempfindlichkeit

Die Einstellung der Prüfempfindlichkeit ist am Prüfgegenstand, am Kalibrierkörper Nr. 1 nach DIN EN 12 223 oder am Kalibrierkörper Nr. 2 nach DIN EN 27 963 oder an artgleichen Vergleichskörpern gleicher Geometrie mit geeigneten Vergleichsreflektoren durchzuführen. Die Vergleichsreflektoren dürfen Rückwände, Nuten und Bohrungen sein. Die Abmessungen der Vergleichskörper sollten von denen der Prüfstücke nicht mehr als 10 % abweichen.

#### B 3.4.3.3 Anpassung des Prüfkopfes an gekrümmte Oberflächen

Der Prüfkopf muss im Bereich des Schallaustrittspunktes mittig aufsitzen. Die Prüfkopfsöhle sollten an keiner Stelle einen größeren Abstand als 0,5 mm zur Prüfoberfläche aufweisen. Die Prüfkopfsöhle ist erforderlichenfalls entsprechend anzupassen (siehe **Bild B-1**).



**Bild B-1:** Anpassung des Prüfkopfes an gekrümmte Oberflächen

## B 4 Durchführung und Bewertung der Prüfungen von ferritischen Erzeugnisformen

### B 4.1 Stäbe

#### B 4.1.1 Oberflächenrissprüfung

##### B 4.1.1.1 Durchführung

(1) Die gesamte Oberfläche ist im fertig bearbeitetem Zustand zu prüfen. Bevorzugt ist die Magnetpulverprüfung anzuwenden.

(2) Die Magnetpulverprüfung ist nach Abschnitt B 3.1 durchzuführen.

(3) Die Eindringprüfung ist nach Abschnitt B 3.2 durchzuführen.

#### B 4.1.1.2 Bewertung der Magnetpulverprüfung und der Eindringprüfung

(1) Anzeigen mit einer maximalen Ausdehnung von gleich oder kleiner als 1,5 mm bei der Magnetpulverprüfung und 3 mm bei der Eindringprüfung sind nicht in die Bewertung mit einzubeziehen. Größere Anzeigen, die auf Risse schließen lassen, sind nicht zulässig. Anzeigen, bei denen es sich nachweislich um nichtmetallische Einschlüsse handelt, sowie runde Anzeigen sind bis zu einer Ausdehnung von 6 mm zulässig.

(2) Die Häufigkeit zulässiger Anzeigen darf örtlich bis 10 Stück auf einer Fläche von 100 mm x 100 mm betragen. Bei größerer Ausdehnung oder Häufigkeit sind diese Stellen auszubessern oder es ist im Einvernehmen mit dem Sachverständigen über die Verwendbarkeit zu entscheiden.

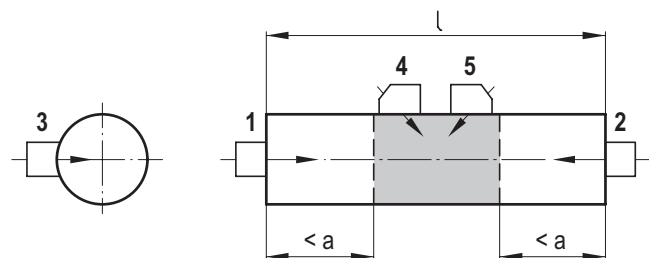
### B 4.1.2 Ultraschallprüfung

#### B 4.1.2.1 Durchführung

Für die Durchführung der Prüfung gilt Abschnitt B 3.4.

#### B 4.1.2.2 Einschallpositionen, Einschallbedingungen und Bewertung bei Rundstäben

(1) Die Einschallpositionen für Rundstäbe sind im **Bild B-2** dargestellt.



$$a = \frac{D \cdot d}{2 \cdot \lambda}$$

a : auswertbarer Bereich  
D : effektiver Schwingerdurchmesser  
d : Durchmesser des Rundstabes  
 $\lambda$  : Ultraschall-Wellenlänge

**Bild B-2:** Einschallpositionen bei Rundstäben

(2) Die Senkrechteinschallung erfolgt in den Positionen 1, 2 und 3. Für Rundstäbe mit einem Durchmesser d von gleich oder kleiner als 60 mm genügt die Einschallposition 3. Bei Stablengthen l größer als 2a und Durchmessern d größer als 60 mm ist zusätzlich eine Schrägeinschallung auf drei um 120 Grad versetzten Bahnen vorzunehmen.

(3) Die Einschallbedingungen sind der **Tabelle B-1** zu entnehmen.

(4) Die Bewertung hat nach **Tabelle B-2** zu erfolgen.

#### B 4.1.2.3 Einschallpositionen, Einschallbedingungen und Bewertung bei Vier- oder Mehrkantstäben

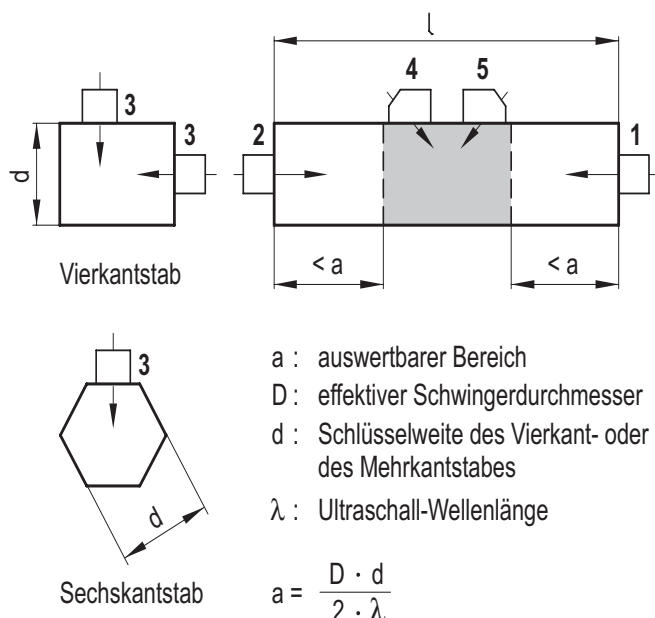
(1) Die Einschallpositionen sind im **Bild B-3** dargestellt.

(2) Die Senkrechteinschallung hat in den Positionen 1, 2 und 3 zu erfolgen, bei letzterer auf drei um 120 Grad (Sechs-

kantstab) oder 2 um 90 Grad (Vierkantstab) versetzten Bahnen. Für Vier- oder Mehrkantstäbe mit  $d$  gleich oder kleiner als 60 mm genügt die Einschallposition 3. Bei Stablängen  $l$  größer als  $2a$  und Schlüsselweiten  $d$  größer als 60 mm ist zusätzlich eine Schrägeinschallung auf drei um 120 Grad (Sechskantstab) oder zwei um 90 Grad (Vierkantstab) versetzten Bahnen vorzunehmen. Bei anderen Mehrkantstäben ist entsprechend zu verfahren.

(3) Die Einschallbedingungen sind der **Tabelle B-3** zu entnehmen.

(4) Die Bewertung hat nach **Tabelle B-4** zu erfolgen.



**Bild B-3:** Einschallpositionen bei Vier- oder Mehrkantstäben

## B 4.2 Verbindungselemente (Schrauben, Muttern, Bolzen)

### B 4.2.1 Oberflächenrisssprüfung

(1) Die Durchführung der Oberflächenrisssprüfung hat nach Abschnitt B 3.1 oder B 3.2 zu erfolgen.

(2) Die Bewertung hat nach Abschnitt B 4.1.1.2 zu erfolgen.

## B 4.3 Schmiedestücke

### B 4.3.1 Oberflächenrisssprüfung

#### B 4.3.1.1 Durchführung

(1) Die Magnetpulverprüfung ist im fertigbearbeiteten Zustand nach Abschnitt B 3.1 durchzuführen.

(2) Die Eindringprüfung ist im fertigbearbeiteten Zustand nach Abschnitt B 3.2 durchzuführen.

#### B 4.3.1.2 Bewertung

Die Bewertung hat nach Abschnitt B 4.1.1.2 zu erfolgen.

### B 4.3.2 Ultraschallprüfung

#### B 4.3.2.1 Durchführung

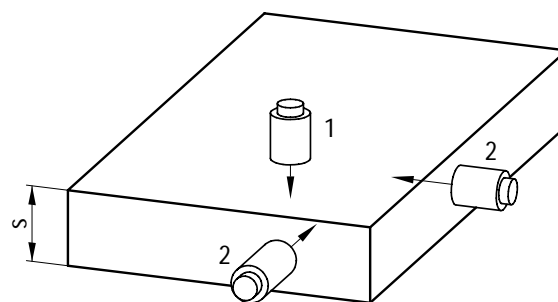
Für die Durchführung gilt Abschnitt B 3.4.

#### B 4.3.2.2 Umfang und Zeitpunkt der Prüfung

Die Prüfung hat im konturenarmen Zustand zu erfolgen. Das gesamte Volumen ist zu erfassen.

### B 4.3.2.3 Einschallpositionen, Einschallbedingungen und Bewertung bei Platten

(1) Die Einschallpositionen sind im **Bild B-4** dargestellt.



**Bild B-4:** Einschallpositionen bei Platten

(2) Die Einschallbedingungen sind der **Tabelle B-5** zu entnehmen.

(3) Die Bewertung hat nach **Tabelle B-6** zu erfolgen. Bei Platten ist mit der Einschallposition 1 (siehe **Bild B-4**) das Rückwändecho zu beobachten.

(4) Erhebliche Rückwändechoschwächungen sind zu registrieren. Eine erhebliche Schwächung des Rückwändechos liegt dann vor, wenn das Rückwändecho in den Bereich der Registrierschwelle, mindestens jedoch um 12 dB absinkt. Die Ursache dieser Schwächung ist festzustellen. Über die Weiterverwendbarkeit des Bauteils ist zwischen den Beteiligten zu entscheiden.

### B 4.3.3 Einschallpositionen, Einschallbedingungen bei Freiformschmiedestücken

(1) Schmiedestücke sind so zu prüfen, dass jeder Volumenbereich aus mindestens zwei um ca. 90 Grad versetzten Einschallpositionen erfasst wird. Kann dies nicht mittels Senkrechteinschallung (Seitenwandeneinfluss) erreicht werden, so ist die Schrägeinschallung anzuwenden.

(2) Die Einzelheiten der Prüfdurchführung sind ergebnisformabhängig in Prüfanweisungen gemäß Abschnitt B 3.4.3.1 festzulegen.

(3) Die Bewertung hat nach **Tabelle B-6** für die Einschallposition 2 zu erfolgen. Bei freiformgeschmiedeten Teilen erfolgt die Rückwändechobetrachtung in entsprechenden Bereichen (parallele Rückwand). Dabei genügt es, jedes Volumenelement nur aus einer Richtung zu erfassen. Erhebliche Rückwändechoschwächungen sind zu registrieren. Eine erhebliche Schwächung des Rückwändechos liegt dann vor, wenn das Rückwändecho in den Bereich der Registrierschwelle, mindestens jedoch um 12 dB absinkt. Die Ursache dieser Schwächung ist festzustellen. Über die Weiterverwendbarkeit des Bauteils ist zwischen den Beteiligten zu entscheiden.

## B 5 Durchführung und Bewertung der Prüfungen von austenitischen Erzeugnisformen (gewalzte oder geschmiedete Teile)

### B 5.1 Oberflächenrisssprüfung

(1) Die gesamte Oberfläche ist im fertig bearbeiteten Zustand zu prüfen.

(2) Die Durchführung der Prüfungen hat nach Abschnitt B 3.2 zu erfolgen.

(3) Die Bewertung hat nach den Festlegungen des Abschnitts B 4.1.1.2 zu erfolgen.

## B 5.2 Ultraschallprüfung

### B 5.2.1 Umfang und Zeitpunkt der Prüfung

Die Prüfung muss im konturenarmen Zustand erfolgen. Hierbei ist das gesamte Volumen zu erfassen.

### B 5.2.2 Einschallrichtungen und Frequenzen

(1) Die Bauteile sind so zu prüfen, dass jeder Volumenbereich soweit möglich aus mindestens zwei um ca. 90 Grad versetzten Einschallrichtungen mittels Senkrechteinschallung erfasst wird. Die Prüffrequenzen dürfen zwischen 0,5 MHz und 4 MHz liegen.

(2) Die Einschallbedingungen sind **Tabelle B-1** oder **Tabelle B-3** zu entnehmen.

### B 5.2.3 Bewertung

Die Bewertung soll nach den entsprechenden Festlegungen des Abschnitts B 4 erfolgen. Sind diese Kriterien nicht einzuhalten, so sind mit dem Sachverständigen gesonderte Festlegungen zu treffen.

## B 6 Durchführung und Bewertung der Prüfungen von ferritischen Schweißnähten

### B 6.1 Ultraschallprüfungen der Schweißnahtanschlussbereiche bei Blechen

Die Ultraschallprüfung der Schweißnahtanschlussbereiche bei Blechen ist nach den Festlegungen des Herstellers durchzuführen. Eine Prüfung unter Berücksichtigung der Bewertungskriterien für die spätere Schweißnaht wird empfohlen.

### B 6.2 Oberflächenrissprüfung der Schweißnahtfugenflanken

Die Oberflächenrissprüfung der Schweißnahtfugenflanken ist nach den Festlegungen des Herstellers durchzuführen.

### B 6.3 Oberflächenrissprüfung der Schweißnähte

#### B 6.3.1 Durchführung

(1) Die Durchführung der Oberflächenrissprüfung hat gemäß den Abschnitten B 3.1 oder B 3.2 zu erfolgen.

(2) Soweit möglich, ist das Magnetpulververfahren anzuwenden.

(3) Die angrenzenden Grundwerkstoffbereiche sind bis zu einer Breite von 20 mm zu erfassen.

#### B 6.3.2 Bewertung

(1) Anzeigen mit einer maximalen Ausdehnung von gleich oder kleiner als 1,5 mm bei der Magnetpulverprüfung und 3 mm bei der Eindringprüfung sind nicht in die Bewertung mit einzubeziehen. Größere Anzeigen, die auf Risse schließen lassen, sind nicht zulässig. Anzeigen, bei denen es sich nachweislich um nichtmetallische Einschlüsse handelt, sowie runde Anzeigen sind bis zu einer Ausdehnung von 6 mm zulässig.

(2) Die Häufigkeit zulässiger Anzeigen darf örtlich bis zu 3 Stück pro 100 mm Schweißnahtlänge betragen. Bei größerer Ausdehnung oder Häufigkeit sind diese Stellen auszubessern oder es ist im Einvernehmen mit dem Sachverständigen über die Verwendbarkeit zu entscheiden.

### B 6.4 Durchstrahlungsprüfung der Schweißnähte

#### B 6.4.1 Durchführung

Die Durchstrahlungsprüfung ist nach Abschnitt B 3.3 durchzuführen.

#### B 6.4.2 Bewertung

Die Bewertung der Anzeigen hat nach DIN EN 25 817 mit den Bewertungsgruppen nach Abschnitt 9.4.4 zu erfolgen.

## B 6.5 Ultraschallprüfung der Schweißnähte

### B 6.5.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Das zu prüfende Volumen umfasst das Schweißgut und den beiderseits angrenzenden Grundwerkstoff in einer Breite von

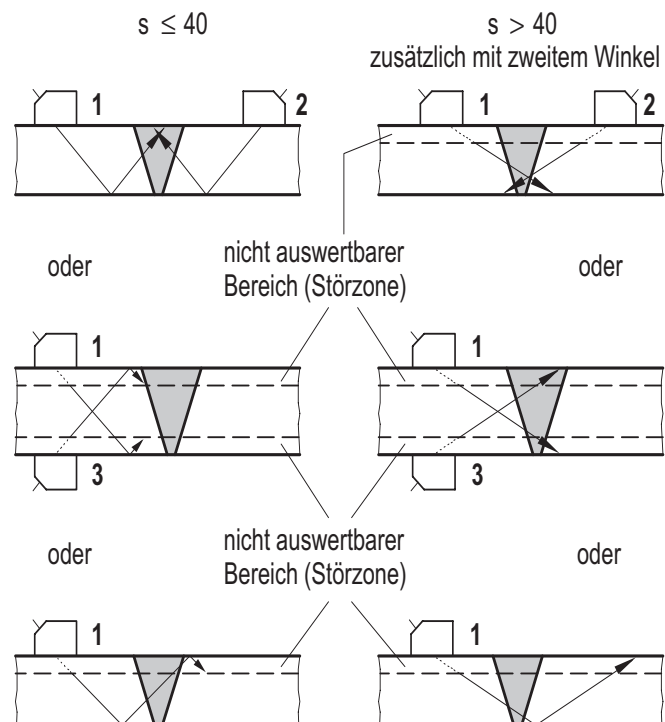
- je 10 mm bei Wanddicken kleiner oder gleich 30 mm,
- je 1/3 der Wanddicke bei Wanddicken zwischen 30 mm und 60 mm,
- je 20 mm bei Wanddicken gleich oder größer als 60 mm.

(2) Das zu prüfende Volumen ist vollständig aus zwei unterschiedlichen Richtungen zu erfassen.

### B 6.5.2 Stumpfnähte

(1) Alle Stumpfnähte sind auf Längsfehler zu prüfen.

(2) Die Einschallpositionen sind im **Bild B-5** dargestellt. Die Prüfung ist aus den Einschallpositionen 1 und 2 im ganzen Sprung durchzuführen. Ist die Prüfung aus einer dieser Positionen nicht durchführbar, so darf ersatzweise aus den Positionen 1 und 3, falls dieses nicht durchführbar ist aus Position 1 - wie im **Bild B-5** dargestellt - geprüft werden.



**Bild B-5:** Einschallpositionen bei Stumpfnähten

(3) Die Einschallbedingungen sind der **Tabelle B-7** zu entnehmen.

(4) Die Bewertung hat nach **Tabelle B-8** zu erfolgen.

(5) Bei nicht zulässigen Anzeigen darf die Unbedenklichkeit dieser Anzeigen durch Ergänzungsprüfungen (Durchstrahlungsprüfung oder Prüföffnungen) nachgewiesen werden.

(6) Sollen Echoanzeigen als formbedingt eingestuft werden, ist dies durch Kontrollmessungen nachzuweisen. Für formbedingte Echoanzeigen gilt der Nachweis als erbracht, wenn bei der Einschallung von der anderen Nahtseite aus vom mutmaßlichen Ort der Reflexionsstelle kein Echo angezeigt wird.

(7) Wenn durch Ausmessung der Projektionsabstände am Prüfstück nachgewiesen werden soll, dass die von beiden Nahtseiten ausgehenden Echos an den beiden Flanken einer nicht bearbeiteten Schweißnahtwurzel und nicht an Schweißnahtfehlern entstehen, so sind die genauen Projektionsabstände an Vergleichskörpern zu bestimmen. Ergibt sich, dass die Lage der Reflexionsstellen deutlich voneinander getrennt ist, gelten die Echoanzeigen als formbedingt. Wird ein Abstand von weniger als 2 mm ermittelt, dürfen die Reflexionsstellen nicht mehr als getrennt behandelt werden.

(8) Soweit Durchstrahlungsprüfungen die Reflexionsstellen auswertbar erfassen, sind sie in die Bewertung mit einzubeziehen.

### B 6.5.3 DHV-Nähte

#### B 6.5.3.1 Einschallpositionen für die Prüfung des Schweißnahtvolumens

(1) Bei Wanddicken gleich oder größer als 15 mm und gleich oder kleiner als 40 mm sind die Einschallpositionen 1 und 2 oder 3 gemäß **Bild B-6** anzuwenden (oder, falls dies nicht möglich ist, die Einschallpositionen 1, 4 und 5 oder die Einschallpositionen 1, 6 und 7).

(2) Bei Wanddicken  $s$  größer als 40 mm ist zusätzlich die Einschallposition 3, oder falls dies nicht möglich ist, die Einschallpositionen 1 und 2 mit einem zusätzlichen Einschallwinkel anzuwenden.

#### B 6.5.3.2 Einschallpositionen für die Prüfung auf Unternaht- risse bei Stählen mit $R_{p0,2RT} > 355 \text{ N/mm}^2$

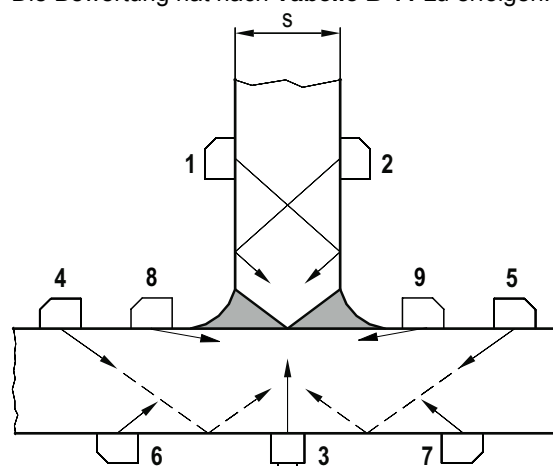
Für die Prüfung auf Unternahtrisse sind die Einschallpositionen 8 und 9 (Kriechwellentechnik) gemäß **Bild B-6** anzuwenden.

Hinweis:

Die Kriechwellentechnik ist in KTA 3201.3 Anhang B 6 beschrieben.

#### B 6.5.3.3 Durchführung und Bewertung

- (1) Die Einschallbedingungen sind der **Tabelle B-10** zu entnehmen.
- (2) Die Bewertung hat nach **Tabelle B-11** zu erfolgen.



**Bild B-6:** Einschallpositionen bei DHV-Nähten

### B 7 Durchführung und Bewertung der Prüfungen von austenitischen Schweißnähten

#### B 7.1 Oberflächenrissprüfung

Die Oberflächenrissprüfung ist nach dem Eindringverfahren gemäß Abschnitt B 6.3 durchzuführen und zu bewerten.

#### B 7.2 Durchstrahlungsprüfung

Die Durchstrahlungsprüfung ist gemäß Abschnitt B 6.4 durchzuführen und zu bewerten.

Durchmesser $d$ in mm	Einschallpositionen	Einschallwinkel in Grad	Frequenz in MHz
$30 < d \leq 60$	3	0	4
$60 < d \leq 120$	1 bis 3	0	4
	4 und 5	70	4
$d > 120$	1 und 2	0	4
	3	0	2 bis 4
	4 und 5	70	2 bis 4

Ist die Stablänge größer als  $2a$  und der Durchmesser  $d$  größer als 60 mm, so ist die Ultraschallprüfung mittels der Einschallpositionen 4 und 5 im schraffierten Bereich gemäß **Bild B-2** im halben Sprungabstand durchzuführen.

**Tabelle B-1:** Einschallbedingungen bei Rundstäben

Einschallpositionen	1 und 2		3	4 und 5
Vergleichsreflektor	Bauteilrückwand oder ebene Rückwand des Kalibrierkörpers Nr. 1	Bauteilrückwand oder ebene Rückwand des Vergleichskörpers	Bauteilrückwand oder ebene Rückwand des Kalibrierkörpers Nr. 1	Rückwand des Kreisbogens des Kalibrierkörpers Nr. 1 oder Nr. 2
Abmessung	Bauteillänge $l \leq 2 \cdot a$	Bauteillänge $l > 2 \cdot a$	Bauteildurchmesser $d \geq \frac{D^2}{\lambda}$	R 100 (Nr. 1) R 25 (Nr. 2)
Bewertungsmethode	AVG	AVG	AVG	AVG
Registrierschwelle	$60 < d \leq 120$ : KSR 4 $d > 120$ : KSR 6	$60 < d \leq 120$ : KSR 4 $d > 120$ : KSR 6	$d \leq 60$ : KSR 3 $60 < d \leq 120$ : KSR 4 $d > 120$ : KSR 6	KSR 3
Zulässige Echohöhenüberschreitung der Registrierschwelle in dB	6	6	6	6
Zulässige Halbwertslänge <sup>1)</sup>	örtlich	örtlich	$\leq d$ , maximal 50	örtlich
Zulässige Häufigkeit pro Meter	5	5	$d \leq 60$ : 3 $d > 60$ : 5	5

<sup>1)</sup> Bei der Ausmessung der Halbwertslänge von Reflektoren ist die Prüfkopferschiebung bei einem Echohöhenabfall von 6 dB zur Maximal-echohöhe zu bestimmen.

**Tabelle B-2:** Bewertung der Ultraschallprüfung an Rundstäben

Schlüsselweite d in mm	Einschallpositionen	Einschallwinkel in Grad	Frequenz in MHz
$30 < d \leq 60$	3	0	4
$d > 60$	1 und 2	0	4
	3	0	2 bis 4
	4 und 5	70	2 bis 4

Ist die Stablänge größer als 2a und die Schlüsselweite d nach **Bild B-3** größer als 60 mm, so ist die Ultraschallprüfung mittels der Einschallpositionen 4 und 5 im schraffierten Bereich gemäß **Bild B-3** bei Vierkantstäben auf zwei um 90 Grad oder bei Sechskantstäben auf drei um 60 Grad versetzten Linien im halben Sprungabstand durchzuführen. Bei anderen Mehrkantstäben ist entsprechend zu verfahren.

**Tabelle B-3:** Einschallbedingungen bei Vier- oder Mehrkantstäben

Einschallpositionen	1 und 2		3	4 und 5
Vergleichsreflektor	Bauteilrückwand oder ebene Rückwand des Kalibrierkörpers Nr. 1	Bauteilrückwand oder ebene Rückwand des Vergleichskörpers	Bauteilrückwand oder ebene Rückwand des Kalibrierkörpers Nr. 1	Rückwand des Kreisbogens des Kalibrierkörpers Nr. 1 oder Nr. 2
Abmessung	Bauteillänge $l \leq 2 \cdot a$	Bauteillänge $l > 2 \cdot a$	$c \geq \frac{2 \cdot d \cdot \lambda}{D}$ c : Kantenlänge d : Abmessung in Einschallrichtung	R 100 (Nr. 1) R 25 (Nr. 2)
Bewertungsmethode	AVG	AVG	AVG	AVG
Registrierschwelle	$60 < d \leq 120$ : KSR 4 $d > 120$ : KSR 6	$60 < d \leq 120$ : KSR 4 $d > 120$ : KSR 6	$d \leq 60$ : KSR 3 $60 < d \leq 120$ : KSR 4 $d > 120$ : KSR 6	KSR3
Zulässige Echohöhenüberschreitung der Registrierschwelle in dB	6	6	6	6
Zulässige Halbwertslänge <sup>1)</sup>	örtlich	örtlich	$\leq d$ , maximal 50	örtlich
Zulässige Häufigkeit pro Meter	5		$d \leq 60$ mm: 3 $d > 60$ mm: 5	5

<sup>1)</sup> Bei der Ausmessung der Halbwertslänge von Reflektoren ist die Prüfkopfverschiebung bei einem Echohöhenabfall von 6 dB zur Maximal-echohöhe zu bestimmen.

**Tabelle B-4:** Bewertung der Ultraschallprüfung an Vier- oder Mehrkantstäben

Wanddicke s in mm	Einschallpositionen	Einschallwinkel in Grad	Frequenz in MHz
$s \leq 60$	1	0	2
$s > 60$	1	0	2
	2	0	4

**Tabelle B-5:** Einschallbedingungen bei Platten

Einschallpositionen	1	2
Vergleichsreflektor	Bauteilrückwand	Bauteilrückwand oder ebene Rückwand des Kalibrierkörpers Nr. 1
Bewertungsmethode	AVG	AVG
Registrierschwelle	$s \leq 60$ : KSR 3 $60 < s \leq 120$ : KSR 4 $s > 120$ : KSR 6	$s \leq 120$ : KSR 4 $s > 120$ : KSR 6
Zulässige Echohöhenüberschreitung der Registrierschwelle (dB)	keine Begrenzung	6
Zulässige Halbwertslänge (-fläche)	$1000 \text{ mm}^2$ <sup>1)</sup>	Wanddicke s, maximal 100 mm
Zulässige Häufigkeit pro m <sup>2</sup>	örtlich: 10 gesamt: 5	2

Eine Bewertung ist nur bis zum Abstand  $a = s \cdot D/2 \cdot \lambda$  möglich.  
Dabei ist: s : Erzeugnisdicke,  
D : effektiver Schwingerdurchmesser,  
 $\lambda$  : Ultraschallwellenlänge.

<sup>1)</sup> Ermittlung der Ungänzengröße nach dem Verfahren der Halbwertsbreiten-Messung mittels Zwischenecho.

**Tabelle B-6:** Bewertung der Ultraschallprüfung an Platten

Wanddicke s in mm	Einschallpositionen	Einschallwinkel in Grad	Frequenz in MHz
$15 \leq s \leq 40$	1 bis 3	60 oder 70	2 bis 4
$s > 40$	1 bis 3	60 oder 70 und 45	2 bis 4

Tabelle B-7: Einschallbedingungen für Stumpfnähte

Einschallpositionen	1 bis 3
Vergleichsreflektor	Rückwand des Kreisbogens R 100 des Kalibrierkörpers Nr. 1 oder Rückwand des Kreisbogens R 25 des Kalibrierkörpers Nr. 2 oder Querbohrung mit 3 mm Durchmesser im Vergleichskörper
Bewertungsmethode	AVG oder BE oder BL
Registrierschwelle	$15 \leq s \leq 40$ : 50 % zylindrische Bohrung oder KSR 2 $s > 40$ : 50 % zylindrische Bohrung oder KSR 3
Zulässige Überschreitung der Registrierschwelle in dB	$s \geq 15$ : $\begin{cases} 6 & \text{oder} \\ 12 & \text{(eine örtliche Anzeige pro Meter Schweißnaht)} \end{cases}$
Zulässige Häufigkeit	gemäß <b>Tabelle B-9</b>
Zulässige Abstände	Bei je zwei Anzeigen, deren Abstand kleiner ist als das Doppelte der Länge der größeren Anzeige, ist der Anzeigenabstand mit in die Bewertung einzubeziehen. Dabei sind insbesondere die Lage der Anzeigen relativ zueinander und in der Schweißnaht, ihr Reflexionsverhalten aus unterschiedlichen Einschallrichtungen und die Wanddicke zu berücksichtigen.  Im allgemeinen gilt: Anzeigen gleicher Tiefenlage ( $< \pm 2,5$ mm) und Breitenlage ( $< \pm 5$ mm) in Schweißrichtung sollen um mindestens das Einfache der Länge der längeren Anzeige voneinander entfernt sein. Andernfalls gelten die Anzeigen als zusammenhängend. Liegen mehr als zwei Anzeigen dicht hintereinander, so müssen sie jeweils paarweise miteinander verglichen werden und obige Bedingungen erfüllen. Anzeigen gleicher Breitenlage ( $< \pm 5$ mm) in Dickenrichtung sollen mindestens einen Abstand haben, der größer ist als die halbe Länge der längeren Anzeige, mindestens jedoch 10 mm. Anzeigen gleicher Tiefenlage ( $< \pm 2,5$ mm) nebeneinander sollen einen Abstand von mindestens 10 mm in Breitenrichtung haben.

Tabelle B-8: Bewertung der Ultraschallprüfung an Stumpfnähten

Anzeigenlänge <sup>1)</sup> (Längenklasse) in mm	Maximale Anzahl der Anzeigenstellen $N_{i\max}$ je m Schweißnaht					
	Nennwanddicke s in mm					
	$10 < s \leq 20$	$20 < s \leq 40$	$40 < s \leq 60$	$60 < s \leq 120$	$120 < s \leq 250$	$250 < s$
bis 10	17	19	21	23	25	27
bis 15	12	14	16	18	20	22
bis 20	8	10	12	14	16	18
bis 25	6 <sup>2)</sup>	8	10	12	14	16
bis 30	4 <sup>2)</sup>	6 <sup>2)</sup>	8	10	12	14
bis 35	1 <sup>2)</sup>	4 <sup>2)</sup>	6	8	10	12
bis 40	—	1 <sup>2)</sup>	4	6	8	10
bis 45	—	—	2	4	6	8
bis 50	—	—	1	3	5	7
bis 55	—	—	—	2	4	6
bis 60	—	—	—	1	3	5
bis 65	—	—	—	—	2	4
bis 70	—	—	—	—	1	3
bis 75	—	—	—	—	—	2
bis 80	—	—	—	—	—	1

Zulässige Anzahl der Anzeigenstellen je m Schweißnaht liegt vor, wenn die Bedingung

$$\sum \frac{N_i}{N_{i\max}} = \frac{N_1}{N_{1\max}} + \frac{N_2}{N_{2\max}} + \dots + \frac{N_n}{N_{n\max}} \leq 1$$

$N_i$  : Anzahl der Anzeigenstellen gleicher Länge  
 $N_{i\max}$  : Maximal zulässige Anzahl der Anzeigenstellen

<sup>1)</sup> Bei der Bestimmung der Anzeigenlängen dürfen die Modalitäten nach KTA 3201.3 Abschnitt 13.2.5.3.4 herangezogen werden.  
<sup>2)</sup> Ultraschallanzeigen von Reflektoren mit diesen Längen sind nur dann zulässig, wenn sie als einschussartige Fehler eindeutig erkannt werden.

Tabelle B-9: Anhaltswerte für die Bewertung von Ultraschallbefunden

Einschallpositionen	Einschallwinkel in Grad	Frequenz in MHz
1 und 2	45 <sup>1)</sup> , 70	2 bis 4
3	0	
4 bis 7	45	
8 und 9	≥ 70 (Kriechwelle)	
1) Zusätzlicher Einschallwinkel bei Wanddicken größer als 40 mm.		

**Tabelle B-10:** Einschallbedingungen für DHV-Nähte

Einschallpositionen	1, 2 und 4 bis 9	3
Vergleichsreflektor	Rückwand des Kreisbogens R 100 des Kalibrierkörpers Nr. 1 oder Rückwand des Kreisbogens R 25 des Kalibrierkörpers Nr. 2 oder Querbohrung mit 3 mm Durchmesser im Vergleichskörper sowie Flachbodenbohrung mit 3 mm Durchmesser für die Einschallpositionen 8 und 9	Bauteil-Rückwand
Bewertungsmethode	AVG oder BE oder BL	AVG
Registrierschwelle	15 ≤ s ≤ 40 : 50 % zylindrische Bohrung oder KSR 2	KSR 2
	s > 40 : 50 % zylindrische Bohrung oder KSR 3	KSR 3
Zulässige Überschreitung der Registrierschwelle (dB)	Einschallpositionen 8 und 9: KSR 3	
	s ≥ 15: $\begin{cases} 6 & \text{oder} \\ 12 & \text{(eine örtliche Anzeige pro Meter Schweißnaht)} \end{cases}$	
Zulässige Häufigkeit	gemäß <b>Tabelle B-9</b>	
Zulässige Abstände	<p>Bei je zwei Anzeigen, deren Abstand kleiner ist als das Doppelte der Länge der größeren Anzeige, ist der Anzeigenabstand mit in die Bewertung einzubeziehen. Dabei sind insbesondere die Lage der Anzeigen relativ zueinander und in der Schweißnaht, ihr Reflexionsverhalten aus unterschiedlichen Einschallrichtungen und die Wanddicke zu berücksichtigen. Im allgemeinen gilt:</p> <p>Anzeigen gleicher Tiefenlage (&lt; ± 2,5 mm) und Breitenlage (&lt; ± 5 mm) in Schweißrichtung sollen um mindestens das Einfache der Länge der längeren Anzeige voneinander entfernt sein. Andernfalls gelten die Anzeigen als zusammenhängend. Liegen mehr als zwei Anzeigen dicht hintereinander, so müssen sie jeweils paarweise miteinander verglichen werden und obige Bedingungen erfüllen.</p> <p>Anzeigen gleicher Breitenlage (&lt; ± 5 mm) in Dickenrichtung sollen mindestens einen Abstand haben, der größer ist als die halbe Länge der längeren Anzeige, mindestens jedoch 10 mm.</p> <p>Anzeigen gleicher Tiefenlage (&lt; ± 2,5 mm) nebeneinander sollen einen Abstand von mindestens 10 mm in Breitenrichtung haben.</p>	

**Tabelle B-11:** Bewertung der Ultraschallprüfung an DHV-Nähte

## Anhang C

## Stabilitätsnachweis für austenitische Werkstoffe bei höheren Temperaturen

(1) Bei austenitischen Werkstoffen dürfen die Stabilitätsnachweise nach dem Zulassungsbescheid Z.30.3-6 für nichtrostende Stähle des Instituts für Bautechnik, Berlin, geführt werden. Die dort angegebenen Knickzahlen, Vergleichsspannungen und Knicksicherheiten gelten zunächst für Temperaturen bis 50 °C.

(2) Mit der Annahme, dass die Form der dimensionslosen Tragspannungslinie bei höheren Temperaturen erhalten bleibt, darf der Nachweis dann wie folgt geführt werden:

a) Berechnung von

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{\sigma_{0,2T}}{\sigma_{VKiT}}} \quad (\text{C-1})$$

mit

$$\sigma_{VKiT} = \frac{\pi^2 E_T}{\lambda^2} \quad (\text{Stäbe}) \quad (\text{C-2})$$

und mit  $E_T$  = Tangentenmodul bei Temperatur  $T$  (siehe z. B. DIN EN 10 028-7 Tabelle A.1),  $\lambda$  ist hier die aktuelle Schlankheit des Stabes:  $\lambda = s_k/i$  (reine Geometrie).

$\sigma_{VKiT}$  für Bleche ist in Anlehnung an den Zulassungsbescheid zu ermitteln.

b)  $\sigma_{0,2T}$  findet man z. B. in DIN EN 10 028-7 Tabelle 13.

c) Mit diesem  $\bar{\lambda}_T$  geht man in die  $\bar{\sigma}_{VK}$ ,  $\bar{\lambda}$ -Kurve und bestimmt  $\sigma_{VKiT}$ .

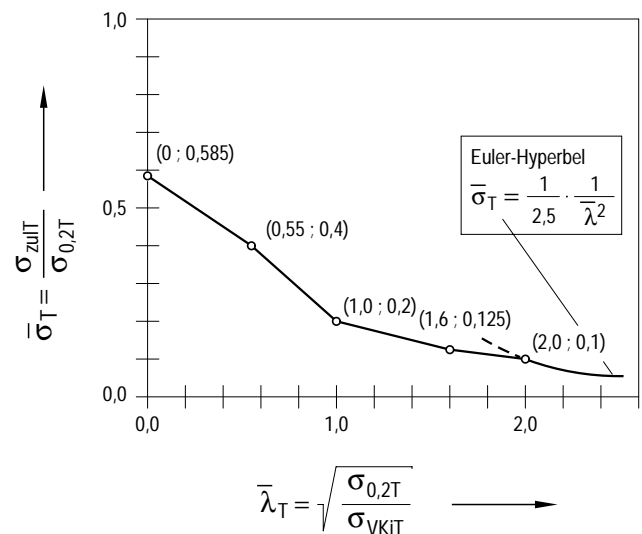
d) Die zulässige Druckspannung ist dann:

$$\sigma_{dzulT} = \frac{\sigma_{VKiT}}{V_K} \cdot \sigma_{0,2T} = \bar{\sigma}_T \cdot \sigma_{0,2T} \quad (\text{C-3})$$

(3) Für austenitische Stähle mit  $R_{p0,2RT} \geq 225 \text{ N/mm}^2$  darf abdeckend mit dem in **Bild C-1** angegebenen  $\bar{\sigma}_T$ ,  $\bar{\lambda}_T$ -Diagramm gerechnet werden, das für den Lastfall H gilt.

(4) Im Lastfall HZ darf  $\sigma_{dzulT}$  um den Faktor 1,14 und im Lastfall HS1 um den Faktor 1,27 erhöht werden.

(5) In den Lastfällen HS2 und HS3 sind mit dem Sachverständigen gesonderte Sicherheiten festzulegen.



**Bild C-1:** Dimensionslose Tragspannungslinie für austenitische Werkstoffe

## Anhang D

### Rohrausschlagsicherungen

Inhalt	Seite
D 1 Allgemeingültige Anforderungen .....	68
D 2 Auslegungsgrundsätze .....	68
D 3 Lastannahmen .....	69
D 3.1 Allgemeingültige Festlegungen .....	69
D 3.2 Randbedingungen für die Berechnung .....	69
D 4 Berechnungsmodelle und Bemessungsgrenzen .....	69
D 4.1 Berechnungsmodelle .....	69
D 4.2 Berechnungs- und Konstruktionsgrundsätze .....	70
D 4.3 Zulässige Spannungen .....	70
D 4.4 Stabilitätsnachweise .....	70
D 4.5 Plastizierung der Struktur infolge der dynamischen Belastung .....	70
D 5 Werkstoffe .....	70
D 6 Herstellung und Montage .....	70
D 7 Prüfungen .....	70
D 7.1 Allgemeingültige Festlegungen .....	70
D 7.2 Bau- und Abnahmeprüfung im Herstellerwerk und auf der Baustelle .....	70
D 7.3 Prüfungen im Rahmen der Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen .....	70
D 8 Dokumentation .....	70

#### D 1 Allgemeingültige Anforderungen

(1) Bei einem möglichen Rohrversagen muss durch technische Maßnahmen erreicht werden, dass durch schlagende oder ausknickende Rohrenden nichtzulässige Schadensfolgen verhindert werden. Eine der Maßnahmen stellen Rohrausschlagsicherungen mit der Aufgabe dar, Rohrbewegungen zu begrenzen.

(2) Rohrbewegungen dürfen die Funktion oder die Integrität von sicherheitstechnisch relevanten Komponenten und Systemen zur Beherrschung der Störfallfolgen nicht beeinträchtigen.

(3) Ausschlagsicherungen werden erforderlich, wenn keine der Bedingungen der Aufzählungen a) bis d) erfüllt wird:

- a) Nachweis, dass beim unterstellten Rohrversagen nur zulässige Rohrbewegungen aufgrund der in der Rohrleitung gespeicherten Energie auftreten können.
- b) Ausreichende räumliche Trennung zwischen dem gebrochenen Rohrleitungsstrang und den sicherheitstechnisch relevanten Komponenten und Systemen.
- c) Begrenzung möglicher Auswirkungen eines Rohrversagens durch Gebäude- oder Strukturteile (z. B. Decken, Wände, Bühnen, Bühnenträger).
- d) Ausschluss des überkritischen Versagens (siehe KTA 3211.3 Abschnitt 14) von Rohrleitungsschweißnähten.

(4) Übernehmen Verankerungen und Abstützungen von Rohrleitungen oder Schwingungs- und Stoßdämpfer die Funktion einer Ausschlagsicherung, so gelten für sie im Lastfall „Rohrbruch“ die Festlegungen dieses Anhangs.

#### D 2 Auslegungsgrundsätze

(1) Wesentliches Auslegungsmerkmal von Ausschlagsicherungen ist es, einmalige kurzzeitige Stoßbelastungen - her-

vorgelassen durch zeitlich veränderliche Strahlreaktionskräfte bei Versagen von Rohrleitungen - abzutragen und die Verformungswege zu begrenzen. Die konstruktiven Maßnahmen sind so zu wählen, dass der Betrieb der Gesamtanlage sichergestellt ist, wie z. B.:

- a) keine unzulässige Behinderung der Rohrleitung während des bestimmungsgemäßen Betriebs,
- b) keine unzulässige Bildung von Wärmebrücken.

(2) Bei der Auslegung ist eine einfache Geometrie der Ausschlagsicherungen und eine ausreichende Zugänglichkeit für Prüfungen an den Rohrleitungen anzustreben.

(3) Ausschlagsicherungen müssen für eine einmalige Störfallbeherrschung ausgelegt sein. Deshalb sind an Ausschlagsicherungen unter den in Abschnitt D 4.5 genannten Bedingungen plastische Verformungen zugelassen. Hierzu dürfen Dämpfungselemente zwischen Rohrleitung und Ausschlagsicherung zur Energieaufnahme Verwendung finden. Alle für plastische Beanspruchung ausgelegten Glieder der Ausschlagsicherungen sind nach einer auslegungsgemäßen Belastung auszutauschen.

(4) Die Sicherstellung der Funktion von Ausschlagsicherungen darf auf folgende Weise erfolgen:

- a) über eine lose Umschließung der Rohrleitung,
- b) über kraftschlüssige Anschlüsse (integrale oder nichtintegrale Anschlüsse).

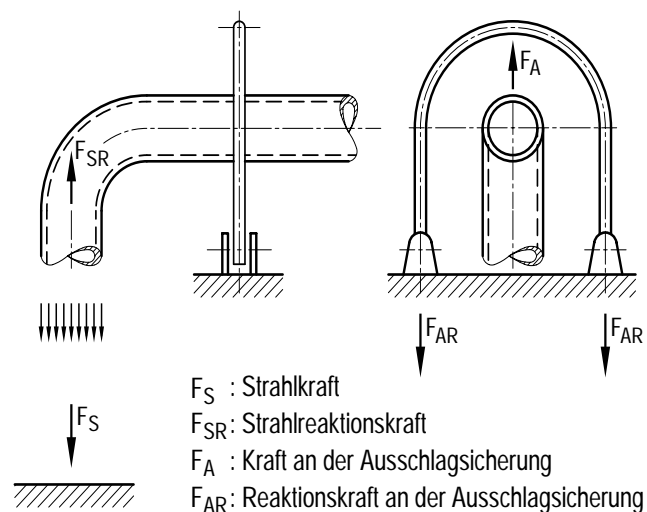
(5) Der Nachweis hat grundsätzlich über eine Dehnungsabsicherung zu erfolgen.

(6) Sofern eine Verformungsbegrenzung der Ausschlagsicherung erforderlich wird, ist dies im Auslegungsdatenblatt anzugeben. In Abhängigkeit vom Schutzziel erfolgt die Einstufung in die Lastfälle HS1, HS2 oder HS3.

### D 3 Lastannahmen

#### D 3.1 Allgemeingültige Festlegungen

Die im folgenden verwandten Bezeichnungen der beim Rohrbruch auftretenden Kräfte zeigt **Bild D-1** am Beispiel eines Risses.



**Bild D-1:** Bezeichnung der beim Riss durch ausströmendes Fluid verursachten Kräfte

#### D 3.2 Randbedingungen für die Berechnung

(1) Für die Anordnung und Auslegung der Ausschlagsicherungen werden die Auswirkungen des Bruches vorgegeben.

(2) Die maßgebenden Größen für die Beanspruchung der Ausschlagsicherung sind:

- Strahlreaktionskraft,
- Rohrsteifigkeit,
- Masse der Rohrleitung (einschließlich z. B. Medium, Isolierung),
- Rohrleitungsführung,
- maximale freie Wege der Rohrleitung bis zur Begrenzung durch die Ausschlagsicherung,
- Steifigkeit der Ausschlagsicherung,
- plastisches Formänderungsvermögen von Rohrleitung und Ausschlagsicherung.

(3) Für die Untersuchung des Verhaltens der Ausschlagsicherung (Lastzeitfunktion) infolge des Rohrversagens darf die Belastungsfunktion (qualitativer Verlauf siehe **Bild D-2**) in zwei Zeitbereiche unterteilt werden.

(4) Die Belastung der Ausschlagsicherung im Zeitbereich 1 ist durch eine dynamische Berechnung oder ein geeignetes Nähungsverfahren (z. B. „Biggs“-Verfahren) nachzuweisen. Die Möglichkeit eines Rückpralls aufgrund der im System Rohr/ Ausschlagsicherung gespeicherten elastischen Energie ist zu berücksichtigen.

(5) Für die Ermittlung der Stoßbelastung ist der maximal mögliche freie Weg  $s$  der Rohrleitung anzusetzen, gegebenenfalls zuzüglich der elastischen Verformung. Bei losen Umschließungen darf  $s$  nach **Bild D-3** ermittelt werden.

### D 4 Berechnungsmodelle und Bemessungsgrenzen

#### D 4.1 Berechnungsmodelle

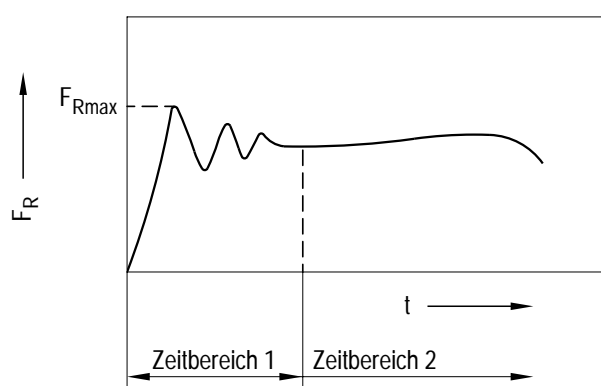
(1) Als Rechnungsmodelle sind z. B. Feder/ Masse-Modelle (Energiebilanzmodelle) geeignet.

(2) Ein statischer Nachweis der stoßartig belasteten Rohrausschlagsicherung ist auf der Grundlage von Lastfaktoren möglich, die aus einer dynamischen Berechnung einer ähnlichen Struktur gewonnen wurden. Bei der Übertragung müssen die Einflüsse nach Abschnitt D 3 berücksichtigt werden.

(3) Bei der Berücksichtigung der Plastizierung der tragenden Struktur der Rohrausschlagsicherungen wird vom Lastverformungsdiagramm ausgegangen. Das Lastverformungsdiagramm darf über ein gesichertes Rechenverfahren oder durch repräsentative Versuche ermittelt werden.

(4) Bei der Festlegung der Lastverformungskennlinie für die Berechnung ist zu beachten:

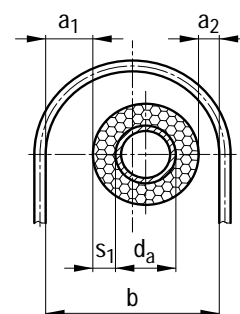
- Für die Anschlussbelastung und den Spannungsnachweis muss mit den oberen Steifigkeits- und Festigkeitswerten gerechnet werden.
- Für den Verformungsnachweis muss mit den unteren Steifigkeits- und Festigkeitswerten gerechnet werden.



Zeitbereich 1 : Dynamische Belastung

Zeitbereich 2 : Quasistationäre Belastung aus der Strahlreaktionskraft

**Bild D-2:** Belastung der Ausschlagsicherung



$$s = b - d_a - s_1 - a_1 \quad (\text{sofern die Wärmedämmung voll verformt wird})$$

$b$  : Lichte Weite der Ausschlagsrichtung

$d_a$  : Rohraußendurchmesser

$s_1$  : Dicke der Wärmedämmung

$a_1, a_2$  : Abstand zwischen Wärmedämmung und Ausschlagsrichtung je nach Bewegungsrichtung

**Bild D-3:** Maximaler freier Weg  $s$

**D 4.2 Berechnungs- und Konstruktionsgrundsätze**

(1) Für elastisch berechnete Ausschlagsicherungen gelten die in Abschnitt 7 dieser Regel, DIN 18 800-1, DIN 18 800-7 und DIN 18 801 genannten Grundsätze für die Berechnung und die Konstruktion.

(2) Für plastizierende, tragende Strukturen sind die in DIN 18 800-1 genannten Grundsätze für die Konstruktion zu beachten.

**D 4.3 Zulässige Spannungen****D 4.3.1 Grundwerkstoff der tragenden Struktur**

Die Werte für die zulässigen Spannungen des Grundwerkstoffs der tragenden Struktur sind aus **Tabelle D-1** zu entnehmen.

**D 4.3.2 Schweißverbindungen**

Die Werte für die zulässigen Spannungen der Schweißverbindungen sind **Tabelle 7-4** Lastfall HS3 zu entnehmen.

**D 4.3.3 Schraubverbindungen**

Die zulässigen Spannungen für Schrauben sind **Tabelle 7-5** Lastfall HS3 zu entnehmen.

**D 4.4 Stabilitätsnachweise**

Stabilitätsnachweise (Knicken, Kippen, Beulen) sind nach Abschnitt 7.2.3 Lastfall HS3 zu führen.

**D 4.5 Plastizierung der Struktur infolge der dynamischen Belastung**

Die Plastizierung der tragenden Struktur und der energieverzehrenden Elemente ist zulässig, wenn durch rechnerischen Nachweis sichergestellt ist, dass für Zugglieder 50 % der Gleichmaßdehnung des Werkstoffs nicht überschritten wird. Bei speziellen, auf Druck beanspruchten Dämpfungselementen, z. B. Dämpfungsrohren, dürfen höhere Werte in Abstimmung mit dem Sachverständigen verwendet werden.

**D 5 Werkstoffe**

(1) Für Ausschlagsicherungen sind die in Abschnitt 6 aufgeführten Werkstoffe zugelassen. Die Verwendung anderer Werkstoffe sind in Abstimmung mit dem Sachverständigen zugelassen.

(2) Für die Bauteile, die bis in den plastischen Bereich beansprucht werden, dürfen nur Werkstoffe verwendet werden, deren ausgeprägte Verformungseigenschaften nachgewiesen werden, z. B. Bruchdehnung größer als 20 %, Güteklasse Z25 oder Z35 nach DIN EN 10 164.

**D 6 Herstellung und Montage**

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 9.

**D 7 Prüfungen****D 7.1 Allgemeingültige Festlegungen**

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 10.

**D 7.2 Bau- und Abnahmeprüfung im Herstellerwerk und auf der Baustelle**

Grundlage der Prüfungen sind die vom zugezogenen Sachverständigen mit Prüfvermerk versehenen Unterlagen. Die Prüfungen für Bauteile aus Werkstoffen nach Abschnitt D 5 Absatz 1 sind nach **Tabelle D-2** durchzuführen.

**D 7.3 Prüfungen im Rahmen der Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen**

(1) Im Rahmen der Inbetriebnahme und der wiederkehrenden Prüfungen sind an den entsprechenden Rohrleitungen Kontrollen und Prüfungen der Ausschlagsicherungen gemäß **Tabelle D-3** durchzuführen.

(2) Der Genehmigungsinhaber/Betreiber hat für sämtliche wiederkehrenden Prüfungen Protokolle zu erstellen.

**D 8 Dokumentation**

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 12.

Lfd. Nr.	Beanspruchungsart		zulässige Spannung (bezogen auf $R_{v0,2}$ )
1	Biegezug und Biegedruck, wenn kein Stabilitätsnachweis erforderlich ist		1,26
2	Zug		1,10
3	Druck und Biegedruck (Stabilitätsnachweis) <sup>1)</sup>		0,90
4	Schub		0,73
5	Vergleichsspannung		1,26
6	Lochleibungsdruck bei Verbindung durch <sup>2)</sup>	SL ohne Vorspannung <sup>3)</sup>	1,90
7		SL nicht planmäßige Vorspannung	2,56
8		SLP ohne Vorspannung	2,20
9		SLP nicht planmäßige Vorspannung	2,73
10		GV Vorspannung <sup>4)</sup> GVP	3,00

<sup>1)</sup> Für austenitische Werkstoffe gilt der 1,5fache Wert des Lastfalls H nach **Tabelle 7-3**.

<sup>2)</sup> Die Zuordnung der Schrauben und des Lochspieles erfolgt gemäß Tabelle 7 DIN 18 800-1.

<sup>3)</sup> Bei Langlöchern gelten längs 100 %, quer 70 % der Tabellenwerte.

<sup>4)</sup> Für Austenite nur in Abstimmung mit dem Sachverständigen.

SL : Scher-Lochleibung

GV : Gleitfeste Verbindung

SLP : Scher-Lochleibung bei Pass-Schrauben

GVP : Gleitfeste Verbindung bei Pass-Schrauben

**Tabelle D-1:** Zulässige Spannungen (bezogen auf  $R_{v0,2}$ ) für Bauteile von Rohrausschlagsicherungen

Lfd. Nr.	Prüfungsart	Herstellerwerk	Baustelle
1	Nachweis der Herstellerqualifikation für Erzeugnisformen, Werkstattfertigung, Montage gemäß der Abschnitte 9.1 und 9.6	S	S
2	Nachweis der Schweißerprüfungen gemäß Abschnitt 9.3	S	S
3	Stempelungskontrolle der Erzeugnisformen mit Zeugnisvergleich vor Fertigung	H, (S) <sup>2)</sup>	H <sup>1)</sup> , (S)
4	Kontrolle der Schweißzusätze und -hilfsstoffe einschließlich deren Lagerung	H, (S)	H, (S)
5	Kontrolle der Nahtvorbereitung und Anpassung	H, (S)	H, (S)
6	Kontrolle der Schweißarbeiten entsprechend Schweißplan	H, (S)	H, (S)
7	Kontrolle der Wärmebehandlung	H, (S) <sup>3)</sup>	H <sup>1)</sup> , (S) <sup>3)</sup>
8	Besichtigung und Maßkontrolle nach den Vorprüfunterlagen	H, (S)	H, (S)
9	Prüfung der Kontrollblätter	S	S
10	Prüfung auf Transportschäden	—	H, S
11	Überprüfung der Montage und Aufstellung	—	H, S
12	Prüfung auf Vollständigkeit der Dokumentation	H, S	H, S
13	Visuelle Kontrolle der Schweißnähte nach DIN EN 25 817 Bewertungsgruppe D	H, S	H <sup>1)</sup> , S <sup>1)</sup>
14	Überprüfung auf Zugänglichkeit für wiederkehrende Prüfungen an Rohrleitungen	—	H, S
15	Überprüfung der spezifizierten Abstände zwischen Rohrleitung und Ausschlagsicherung	—	H, S
16	Überprüfung des Korrosionsschutzanstrichs	—	H
17	Oberflächenrissprüfung nach <b>Anhang B</b> an Schweißnähten mit nachzuweisende Nahtgüte; Heft- und Anschweißstellen nach Entfernung der Hilfsschweißungen und Zünd- und Kontaktstellen nach <b>Anhang B</b>	H (100 %) S (10 %)	H (100 %) S (10 %)
18	Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfung nach <b>Anhang B</b> an durchgeschweißten Nähten (nachgewiesener Nahtgüte nach <b>Tabelle 7-4</b> )	H (100 %) S (10 %)	H (100 %) S (10 %)

1) Sofern nicht im Herstellerwerk durchgeführt.  
2) Bei vorgezogenen Bauprüfungen im Herstellerwerk.  
3) Bei der Vorprüfung festzulegen.  
S : Sachverständiger                      H : Hersteller

**Tabelle D-2:** Bau- und Abnahmeprüfungen für Rohrausschlagsicherungen

Lfd. Nr.	Prüfungsart	Durchführung	
		Inbetriebnahme	wiederkehrende Prüfungen
1	Überprüfung der spezifizierten Abstände zwischen Rohrleitung und Ausschlagsicherung im Warmzustand <sup>1)</sup>	H, S	G, S
2	Überprüfung der Verschraubung auf festen Sitz	—	G, S
3	Sichtprüfung	—	G, S

1) Sind durch Messungen an repräsentativen Stellen genaue Kenntnisse über die Rohrbewegungen seit Inbetriebnahme vorhanden, so darf auf eine wiederkehrende Prüfung an den Ausschlagsicherungen selbst im Warmzustand verzichtet werden.  
G : Genehmigungsinhaber/Betreiber                      H : Hersteller                      S : Sachverständiger

**Tabelle D-3:** Prüfungen im Rahmen der Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen

## Anhang E

## Bemessungsannahmen

Inhalt	Seite
E 1 Geltungsbereich .....	72
E 2 Spannungsermittlung für stabförmige Bauteile .....	72
E 2.1 Formelzeichen.....	72
E 2.2 Beanspruchung durch eine Längskraft N.....	73
E 2.3 Beanspruchung durch eine Querkraft $Q_y$ oder $Q_z$ .....	73
E 2.4 Beanspruchung durch ein Biegemoment $M_y$ oder $M_z$ .....	73
E 2.5 Beanspruchung durch ein Torsionsmoment $M_T$ .....	73
E 2.6 Gleichzeitige Beanspruchung durch eine Längskraft N und Biegemomente $M_y$ und $M_z$ .....	73
E 2.7 Zweiachsige Spannungszustände.....	74
E 3 Spannungsermittlung für Schweißverbindungen.....	74
E 3.1 Verbindungen mit Lichtbogenschweißen .....	74
E 3.2 Andere Schweißverfahren wie Widerstandsabbrennstumpfschweißen, Reibschweißen.....	75
E 4 Spannungsermittlung für Schraubverbindungen.....	75
E 4.1 Scher-/Lochleibungsverbindungen (SL- und SLP-Verbindungen) .....	75
E 4.2 Gleitfeste Verbindungen mit hochfesten Schrauben (GV- und GVP-Verbindungen).....	76
E 4.3 Verbindungen mit Zugbeanspruchung in Richtung der Schraubenachse aus äußerer Belastung .....	76
E 5 Lagesicherheitsnachweis .....	77
E 5.1 Sicherheit gegen Abheben und Erreichen der kritischen Pressung $\beta_{cr}$ .....	77
E 5.2 Gleitsicherheit .....	78
E 5.3 Formänderungsuntersuchung .....	78

**E 1 Geltungsbereich**

Für den allgemeinen Spannungsnachweise gelten die folgenden Festlegungen.

**E 2 Spannungsermittlung für stabförmige Bauteile****E 2.1 Formelzeichen**

In den nachfolgenden Gleichungen (E 2-1) bis (E 2-15) und im **Bild E 2-1** bedeuten:

Koordinaten:

x Schwerachse  
y, z Querschnittshauptachsen

Schnittgrößen:

N Längskraft in x-Richtung  
 $Q_y, Q_z$  Querkräfte  
 $M_y, M_z$  Biegemomente (Momentenvektoren)  
 $M_T (M_x)$  Torsionsmomente in x-Richtung  
S Flächenmoment 1. Grades (Statisches Moment) von ungelochten Querschnittsteilen, bezogen auf die Schwerachse des ungelochten Querschnitts  
 $S_y, S_z$  Statische Momente  
I Flächenmoment 2. Grades (Trägheitsmoment) des ungelochten Querschnitts  
 $I_y, I_z$  Trägheitsmomente

W Widerstandsmoment  
 $W_y, W_z$  Widerstandsmomente  
 $W_D, W_Z$  Maßgebendes Widerstandsmoment für die Randdruckspannung und Randzugspannung  
A Fläche des ungelochten Querschnitts  
 $\Delta A$  Summe aller abzuziehenden Lochflächen, die in derjenigen Risslinie liegen, die den kleinsten Wert  $A - \Delta A$  ergibt  
 $A_{Q_y}, A_{Q_z}$  Querkraftfläche, die bei näherungsweise Berechnung der Schubspannungen infolge Querkraft zu deren Aufnahme geeignet ist  
t Dicke des zur Querkraftaufnahme geeigneten Querschnittsteiles

Spannungen:

$\sigma_x$  Normalspannung infolge N,  $M_y$  und  $M_z$   
 $\sigma_D$  Druckspannung  
 $\sigma_Z$  Zugspannung  
 $\sigma_{x,m}$  Mittelwert der Normalspannung  $\sigma_x$  im nachzuweisenden Querschnittsteil  
 $\sigma_y, \sigma_z$  Normalspannungen infolge örtlicher Krafteinleitung  
 $\sigma_{y,m}, \sigma_{z,m}$  Mittelwert der Normalspannungen  $\sigma_y$  oder  $\sigma_z$  im nachzuweisenden Querschnittsteil  
 $\tau_{xy}, \tau_{xz}$  Schubspannung im Querschnitt (Flächennormale x) in Richtung y oder z infolge  $Q_y, Q_z$  und  $M_T$   
 $\tau_m$  Mittelwert der Schubspannung im nachzuweisenden Querschnitt  
 $\tau_Q$  Schubspannung infolge Querkraft

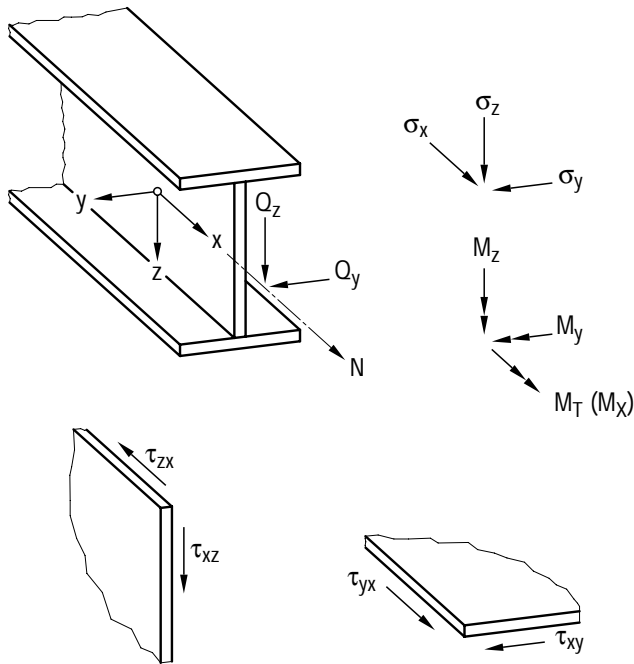
## E 2.2 Beanspruchung durch eine Längskraft N

(1) Für ein durch eine Längskraft N beanspruchtes Bauteil ist der Nachweis nach Gleichung (E 2-1) und (E 2-2) zu führen.

$$\text{Druck } N < 0; \quad \sigma_D = \left| \frac{N}{A} \right| \leq \sigma_{zul} \quad (\text{E 2-1})$$

$$\text{Zug } N > 0; \quad \sigma_Z = \frac{N}{A - \Delta A} \leq \sigma_{zul} \quad (\text{E 2-2})$$

(2) Bei Zugstäben mit unsymmetrischem Anschluss durch nur eine Schraube ist der Nachweis für den schwächeren Teil des Nettoquerschnittes mit der halben zu übertragenden Kraft zu führen.



**Bild E 2-1:** Koordinatensystem für Schnittgrößen und Beanspruchungen

## E 2.3 Beanspruchung durch eine Querkraft Qy oder Qz

(1) Für ein durch eine Querkraft Qy oder Qz beanspruchtes Bauteil ist im allgemeinen der Schubspannungsnachweis nach Gleichung (E 2-3) zu führen:

$$\left. \begin{aligned} \tau_{Qy, \max} &= \frac{Q_y \cdot S_{z, \max}}{I_z \cdot t} \\ \text{und} \\ \tau_{Qz, \max} &= \frac{Q_z \cdot S_{y, \max}}{I_y \cdot t} \end{aligned} \right\} \leq \tau_{zul} \quad (\text{E 2-3})$$

(2) Die maximale Schubbeanspruchung  $\tau_{\max}$  darf die zulässige Schubspannung  $\tau_{zul}$  bis zu 10 % überschreiten (Gleichung (E 2-4)), wenn die mittlere Schubspannung eines Querschnittsteils  $\tau_m$  die zulässige Schubspannung  $\tau_{zul}$  nicht überschreitet (Gleichung (E 2-5)).

$$\left. \begin{aligned} \tau_{Qy, \max} &= \frac{Q_y \cdot S_{z, \max}}{I_z \cdot t} \\ \text{und} \\ \tau_{Qz, \max} &= \frac{Q_z \cdot S_{y, \max}}{I_y \cdot t} \end{aligned} \right\} \leq 1,1 \cdot \tau_{zul} \quad (\text{E 2-4})$$

$$\left. \begin{aligned} \tau_{Qy, m} &= \frac{Q_y}{A_{Qy}} \\ \text{und} \\ \tau_{Qz, m} &= \frac{Q_z}{A_{Qz}} \end{aligned} \right\} \leq \tau_{zul} \quad (\text{E 2-5})$$

(3) Bei gleichzeitigem Auftreten von Schubspannungsanteilen aus Querkräften Qy und Qz sowie Torsion gelten für die Summe der Schubspannungen die Gleichungen (E 2-6) bis (E 2-8):

$$\max(\tau_{Qy} + \tau_{Qz} + \tau_T) \leq \tau_{zul} \quad (\text{E 2-6})$$

$$\max(\tau_{Qy} + \tau_{Qz} + \tau_T) \leq 1,1 \cdot \tau_{zul} \quad (\text{E 2-7})$$

$$\left. \begin{aligned} \tau_{Qy} + \tau_{Qz, m} + \tau_T \\ \tau_{Qy, m} + \tau_{Qz} + \tau_T \end{aligned} \right\} \leq \tau_{zul} \quad (\text{E 2-8})$$

## E 2.4 Beanspruchung durch ein Biegemoment My oder Mz

Für ein durch ein Biegemoment My oder Mz beanspruchtes Bauteil ist der Nachweis nach Gleichung (E 2-9) und (E 2-10) zu führen:

Biegedruck:

$$\sigma_D = \max \left\{ \left| \frac{M_y}{W_{D,y}} \right|; \left| \frac{M_z}{W_{D,z}} \right| \right\} \leq \sigma_{zul} \quad (\text{E 2-9})$$

Biegezug:

$$\sigma_Z = \max \left\{ \left| \frac{M_y}{W_{Z,y}} \right|; \left| \frac{M_z}{W_{Z,z}} \right| \right\} \leq \sigma_{zul} \quad (\text{E 2-10})$$

## E 2.5 Beanspruchung durch ein Torsionsmoment M<sub>T</sub>

Für ein durch ein Torsionsmoment MT beanspruchtes Bauteil sind die daraus resultierenden Schubspannungen  $\tau$  nach St. Venant und falls erforderlich, auch die Wölbspannungen zu ermitteln.

## E 2.6 Gleichzeitige Beanspruchung durch eine Längskraft N und Biegemomente My und Mz

Wird ein Bauteil durch eine Längskraft N ( $\sigma_N$ ) und Biegemomente My und Mz ( $\sigma_{My}$ ,  $\sigma_{Mz}$ ) beansprucht, sind die zu den Einzelschnittgrößen nach Abschnitt E 2-1 und E 2-3 ermittelten Spannungsanteile für die maßgebenden Rand- oder Eckpunkte zu überlagern. Es sind die Nachweise nach Gleichung (E 2-11), (E 2-12) oder (E 2-13) zu führen.

Längskraft und einachsige Biegung (N und My oder N und Mz):

$$\left. \begin{aligned} \left| \sigma_N + \sigma_{My} \right| \\ \left| \sigma_N + \sigma_{Mz} \right| \end{aligned} \right\} \leq \sigma_{zul} \quad (\text{E 2-11})$$

Längskraft und zweiachsige Biegung (N, My und Mz):

$$\left| \sigma_N + \sigma_{My} + \sigma_{Mz} \right| \leq \sigma_{zul} \quad (\text{E 2-12})$$

Wenn je für sich

$$\left. \begin{aligned} \left| \sigma_N + \sigma_{My} \right| \\ \left| \sigma_N + \sigma_{Mz} \right| \end{aligned} \right\} \leq 0,8 \cdot \sigma_{zul}$$

darf die maximale Randspannung

$$\left| \sigma_N + \sigma_{M_y} + \sigma_{M_z} \right| \leq 1,1 \cdot \sigma_{zul} \quad (E 2-13)$$

betragen.

**E 2.7** Zweiachsige Spannungszustände

(1) Bei zweiachsigen Spannungszuständen ist für das Zusammenwirken von Einzelspannungen (z. B.  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  und  $\tau$ ) ein Vergleichsspannungsnachweis nach Gleichung (E 2-14) zu führen.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (E 2-14)$$

(2) Bei Biegeträgern, die ausschließlich durch Querkräfte und einachsige Biegung beansprucht sind, darf statt dessen der Nachweis gemäß Gleichung (E 2-15) geführt werden.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (E 2-15)$$

(3) Für die Nachweise gemäß Gleichung (E 2-14) oder (E 2-15) darf anstelle von  $\tau$  die mittlere Schubspannung  $\tau_m$  gemäß den Abschnitten E 2.3 und E 2.5 eingesetzt werden.

**E 3 Spannungsermittlung für Schweißverbindungen**

**E 3.1** Verbindungen mit Lichtbogenschweißen

In den folgenden Bildern und Gleichungen (E 3-1) bis (E 3-5) bedeuten:

- $A_w$  rechnerische Schweißnahtfläche nach DIN 18 800-1 Element (821)
  - $F$  zu übertragende Schnittgröße (Längskraft  $N$ , Querkraft  $Q$ )
  - $I_w$  Flächenmoment 2. Grades (Trägheitsmoment) des Schweißnahtquerschnitts
  - $z_{1...4}$  Abstände der Nähte von der Schwerachse der Anschlussflächen (entsprechend **Bild E 3-1**)
  - $a$  Nahtdicke
  - $\Sigma a$  Summe der jeweils anzusetzenden Schweißnahtdicken für die angeschlossenen Querschnittsflächen
  - $a_{F1...4}$  Schweißnahtdicken für Anschluss der Flansche
  - $a_{St}$  Schweißnahtdicken für Anschluss der Stege
  - $e$  nahtfreie Länge bei unterbrochenen Nähten
  - $\ell$  Nahtlänge
- |   |                            |
|---|----------------------------|
| $\sigma_{\perp}$ Normalspannung quer zur Nahtrichtung | siehe<br><b>Bild E 3-2</b> |
| $\tau_{\perp}$ Schubspannung quer zur Nahtrichtung    |                            |
| $\sigma_{\parallel}$ Normalspannung in Nahtrichtung   |                            |
| $\tau_{\parallel}$ Schubspannung in Nahtrichtung      |                            |
| $t$ Dicke der zu verschweißenden Bauteile             |                            |

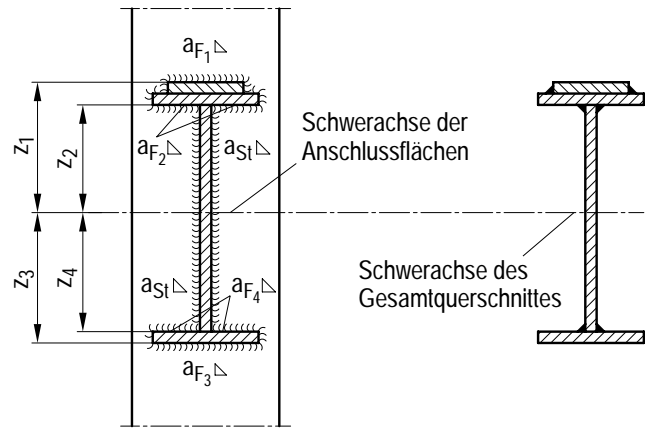
**E 3.1.1** Maße und Querschnittswerte

(1) Die Maße und Querschnittswerte für Schweißverbindungen sind nach DIN 18 800-1 Elemente (819 bis 824) zu ermitteln.

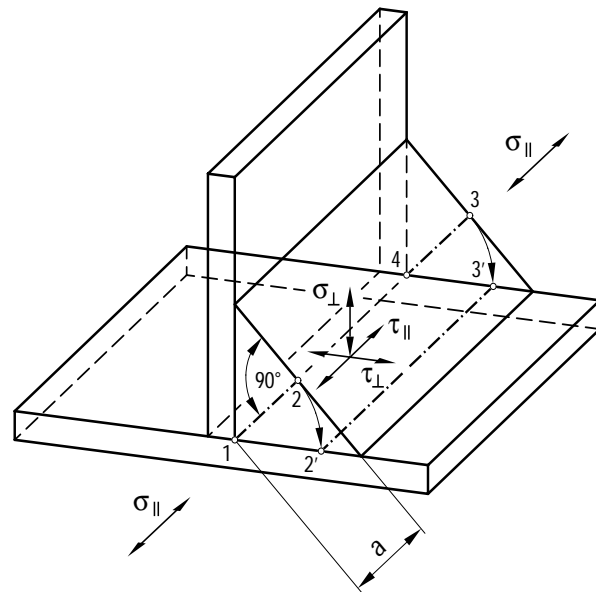
(2) Aus schweißtechnischen Gründen werden bei Kehlnähten folgende Grenzwerte empfohlen:

$$a_{min} \geq \min(2; \sqrt{t_{max}} - 0,5)$$

$$a_{max} \leq 0,7 \cdot t_{min} \quad (a \text{ und } t \text{ in mm})$$



**Bild E 3-1:** Biegesteifer Trägeranschluss



**Bild E 3-2:** Mögliche Spannungsrichtungen in der Kehlnaht

**E 3.1.2** Schweißnahtspannungen

(1) Für eine durch Längskraft  $N$  oder Querkraft  $Q$  je für sich allein beanspruchte Schweißverbindung ist die Normal- und Schubspannung

$$\left. \begin{matrix} \sigma_{\perp} \\ \tau_{\perp} \\ \tau_{\parallel} \end{matrix} \right\} = \frac{F}{A_w} = \frac{F}{\Sigma(a \cdot \ell)} \quad (E 3-1)$$

(2) Für eine durch ein Biegemoment  $M$  beanspruchte Schweißverbindung ist die Normalspannung

$$\sigma_{\perp} = \frac{M}{I_w} \cdot z \quad (E 3-2)$$

Unter Beachtung von DIN 18 800-1 Element (801) und Einhaltung von  $\sigma_{zul}$  in den Flanschen darf das Biegemoment  $M$  ausschließlich den Nähten zum Anschluss der Flansche zugewiesen werden.

(3) Für eine Längsnaht des durch eine Querkraft  $Q$  beanspruchten Biegeträgers ist die Schubspannung

$$\tau_{II} = \frac{Q \cdot S}{I \cdot \Sigma a} \quad (\text{E 3-3})$$

und bei unterbrochenen Längsnähten

$$\tau_{II} = \frac{Q \cdot S}{I \cdot \Sigma a} \cdot \frac{e + \ell}{\ell} \quad (\text{E 3-4})$$

Bei Trägeranschlüssen und in Stegblechquerstößen darf die Schubspannung nach Gleichung (E 3-1) berechnet werden, wenn das Bauteil unter Beachtung bemessen wurde.

(4) Für eine durch ein Torsionsmoment  $M_T$  beanspruchte Schweißverbindung sind die daraus resultierenden Schubspannungen und falls erforderlich, auch die Wölbspannungen zu berücksichtigen.

(5) Bei zusammengesetzter Beanspruchung in Kehlnähten oder HY-Nähten (K-Stegnähte) nach **Tabelle 7-4**, lfd. Nrn. 5 bis 9 bei Beanspruchung durch mehr als eine der in Absatz 1 bis 4 aufgeführten Spannungen z. B. für den biegesteifen Trägeranschluss darf der Vergleichswert  $\sigma_V$  nach Gleichung (E 3-5) ermittelt werden.

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2} \quad (\text{E 3-5})$$

Dabei ist jeweils der Maximalwert einer Spannung mit den zugehörigen Werten der übrigen Spannungen einzusetzen. In Gleichung (E 3-5) bleibt die Normalspannung  $\sigma_{II}$  unberücksichtigt.

Der Vergleichswert braucht nicht ermittelt zu werden für Kehlnähte und HY-Nähte (K-Stegnähte) eines biegesteifen Anschlusses mit dem Schnittgrößten Biegemoment, Querkraft und Längskraft, wenn die Aufnahme der größten Normalkraft durch die Flanschnähte (siehe Absatz 2) und der größten Querkraft durch die Stegnähte nach Gleichung (E 3-1) nachgewiesen ist.

### E 3.2 Andere Schweißverfahren wie Widerstandsabbrennstumpfschweißen, Reibschweißen

Bei Anwendung des Widerstandsabbrennstumpfschweißens oder des Reibschweißens ist ein Gutachten einer anerkannten Stelle (in Abstimmung mit dem Sachverständigen) vorzulegen. Darin ist die Beanspruchbarkeit der Schweißverbindung anzugeben.

## E 4 Spannungsermittlung für Schraubverbindungen

### E 4.1 Scher-/Lochleibungsverbindungen (SL- und SLP-Verbindungen)

#### E 4.1.1 Wirkungsweise

(1) In Scher-/Lochleibungsverbindungen werden Schrauben senkrecht zu ihrer Achse beansprucht. Für die Berechnung der übertragbaren Kräfte wird ausschließlich die Beanspruchung auf Abscheren in der Schraube sowie auf Lochleibung zwischen der Schraube und der Lochwand des zu verbindenden Bauteiles herangezogen. Hochfeste Schrauben (Festigkeitsklasse 10.9) dürfen dabei ohne Vorspannung oder mit teilweiser Vorspannung größer als oder gleich  $0,5 \cdot F_V$  ( $F_V$  nach DIN 18 800-7 oder VDI 2230), im folgenden mit „nichtplanmäßiger Vorspannung“ bezeichnet, verwendet werden.

(2) Durch nichtplanmäßiges Vorspannen der Schrauben lässt sich durch Ausnutzen des dadurch hervorgerufenen räumlichen Spannungszustandes unter Nutzlast das Verformungsverhalten infolge Lochleibungsdruck verbessern. Dieses darf durch eine Erhöhung des zulässigen Lochleibungsdrucks in Rechnung gestellt werden (siehe **Tabelle 7-3**, lfd. Nr. 7 und 9).

(3) Scher-/Lochleibungsverbindungen dürfen mit einem Lochspiel  $\Delta d$  kleiner als oder gleich 2 mm (SL-Verbindungen) und  $\Delta d$  kleiner als oder gleich 0,3 mm (SLP-Verbindungen) ausgeführt werden. Bei Anschlüssen und Stößen in seitenverschieblichen Rahmen darf das Lochspiel maximal 1 mm betragen.

(4) Senkschrauben dürfen verwendet werden. Bei Verbindungen mit Senkschrauben darf das Lochspiel  $\Delta d$  maximal 1 mm betragen.

#### E 4.1.2 Nachweise

(1) In den nachfolgenden Gleichungen (E 4-1) bis (E 4-3) bedeuten:

$A_a$	Querschnittsfläche des Schaftes der Schraube
$F$	zu übertragende Schnittkraft (Längskraft $N$ , Querkraft $Q$ )
$Q_{SL \text{ zul}}$	zulässige übertragbare Kraft einer Schraube je Scherfläche senkrecht zur Schraubenachse in einer SL-Verbindung
$Q_{SLP \text{ zul}}$	zulässige übertragbare Kraft einer Schraube je Scherfläche senkrecht zur Schraubenachse in einer SLP-Verbindung
$d$	Schaftdurchmesser der Schraube
$n$	Anzahl der Schrauben in der Verbindung
$m$	Anzahl der Scherfugen (Schnittigkeit)
$\Sigma t_{\min}$	kleinste Summe der Blechdicken mit in gleicher Richtung wirkendem Lochleibungsdruck
$\sigma_L$	Lochleibungsdruck zwischen Schraube und Lochwand des zu verbindenden Bauteils
$\tau_a$	Beanspruchung auf Abscheren der Schraube

(2) Die nachstehenden Gleichungen gelten für einschnittige sowie für mehrschnittige, symmetrische Verbindungen. Der Lochleibungsdruck  $\sigma_L$  und die Abscherspannung  $\tau_a$  sind ungeachtet der wirklichen Spannungsverhältnisse wie folgt zu berechnen:

$$\sigma_L = \frac{F}{d \cdot n \cdot \Sigma t_{\min}} \quad (\text{E 4-1})$$

Die Werte für  $\sigma_{L, \text{zul}}$  sind für das Bauteil und für die Schraube in **Tabelle 7-3** enthalten. Bei unterschiedlichen Werkstoffen für Bauteil und Verbindungsmittel ist der kleinere Wert der Bemessung zugrunde zu legen.

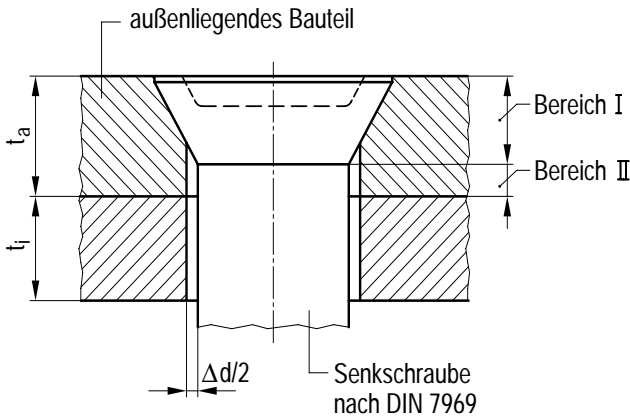
$$\tau_a = \frac{F}{n \cdot m \cdot A_a} \quad \text{mit } A_a = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (\text{E 4-2})$$

$$\left. \begin{array}{l} Q_{SL \text{ zul}} \\ Q_{SLP \text{ zul}} \end{array} \right\} = \tau_a \text{ zul} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (\text{E 4-3})$$

Die Werte für  $\tau_a \text{ zul}$  sind in den **Tabellen 7-5.1, 7-5.2 und 7-5.3** angegeben.

(3) Die Nachweise für Senkschrauben dürfen nach den Ausführungen dieses Abschnittes durchgeführt werden, wenn die rechnerische Lochleibungsspannung zwischen dem außenliegenden Bauteil und dem glatten Schraubenschaft (Bereich II nach **Bild E 4-1**) den zulässigen Wert nicht überschreitet. Anderenfalls sind die zulässigen Kräfte auf 80 % abzumindern. In Verbindungen mit Senkschrauben sind oberhalb der Gebrauchslast größere Verformungen als in anderen Schraubverbindungen mit vergleichbaren Abmessungen zu erwarten, insbesondere besteht bei kleiner werdendem Bereich II die Tendenz, dass sich der Schraubenschaft infolge der Keilwirkung bei der Kraftübertragung im Bereich I aus der Oberfläche herausdreht.

(4) Bei Gelenkbolzen ist im allgemeinen zusätzlich die Biegespannung und Vergleichsspannung nachzuweisen.



**Bild E 4-1:** Verbindung mit Senkschraube nach DIN 7969

**E 4.2** Gleitfeste Verbindungen mit hochfesten Schrauben (GV- und GVP-Verbindungen)

**E 4.2.1** Wirkungsweise

(1) In gleitfesten Verbindungen sind die Schrauben planmäßig nach DIN 18 800-7 oder VDI 2230 vorzuspannen. Damit lassen sich in den besonders vorbehandelten Berührungsflächen der zu verbindenden Bauteile Kräfte senkrecht zur Schraubenachse durch Reibung übertragen (GV-Verbindungen). Bei Verbindungen mit hochfesten Passschrauben wird gleichzeitig die Kraftübertragung durch Abscheren und Lochleibungsdruck herangezogen (GVP-Verbindungen).

(2) Gleitfeste Verbindungen dürfen mit einem Lochspiel  $\Delta d$  kleiner als oder gleich 2 mm (GV-Verbindungen) und mit einem Lochspiel  $\Delta d$  kleiner als oder gleich 0,3 mm (GVP-Verbindungen) ausgeführt werden.

**E 4.2.2** Nachweise

(1) In den nachfolgenden Gleichungen (E 4-4) und (E 4-5) bedeuten:

- $F_V$  Vorspannkraft in der Schraube nach DIN 18 800-7 oder VDI 2230
- $Q_{GV\ zul}$  zulässige übertragbare Kraft einer Schraube je Reibfläche senkrecht zur Schraubenachse in einer GV-Verbindung
- $Q_{GVP\ zul}$  zulässige übertragbare Kraft einer Schraube je Reibfläche (Scherfläche) senkrecht zur Schraube in einer GVP-Verbindung
- $Q_{SLP\ zul}$  zulässige übertragbare Kraft einer Schraube je Scherfläche senkrecht zur Schraubenachse in einer SLP-Verbindung [vergleiche Gleichung (E 5-3)]
- $\mu = 0,5$  Reibbeiwert der Berührungsflächen bei einer der folgenden Reibflächenvorbereitungen:
  - a) Stahlgusskiesstrahlen
  - b) 2 x Flammstrahlen
  - c) Sandstrahlen
- $v_G$  Sicherheitsbeiwert gegen Gleiten

(2) In gleitfesten Verbindungen mit hochfesten Schrauben Lochspiel  $\Delta d$  kleiner als oder gleich 2 mm (GV-Verbindungen) beträgt:

$$Q_{GV\ zul} = \frac{\mu \cdot F_V}{v_G} \quad (E\ 4-4)$$

mit  $v_{G, H} = 1,25$  oder  $v_{G, HZ} = 1,10$  oder  $v_{G, HS} = 1,05$

Bei einem Lochspiel  $2,0\ mm < \Delta d \leq 3,0\ mm$  sind diese Werte auf 80 % zu ermäßigen.

(3) In gleitfesten Verbindungen mit hochfesten Passschrauben, Lochspiel  $\Delta d$  kleiner als oder gleich 0,3 mm (GVP-Verbindungen) beträgt:

$$Q_{GVP\ zul} = \frac{1}{2} \cdot Q_{SLP\ zul} + Q_{GV\ zul} \quad (E\ 4-5)$$

(4) Der Lochleibungsdruck  $\sigma_1$  in den zu verbindenden Bauteilen ist rechnerisch nach Gleichung (E 4-1) nachzuweisen; dabei ist der Einfluss von Reibungskräften unberücksichtigt zu lassen. Die Werte für  $\sigma_{1, zul}$  sind **Tabelle 7-3** lfd. Nr. 10, zu entnehmen. Ein Nachweis der Scherspannung  $\tau_a$  ist nicht erforderlich.

(5) Für Bauteile mit Zugbeanspruchung, die durch GV- oder GVP-Verbindungen angeschlossen sind, darf beim allgemeinen Spannungsnachweis angenommen werden, dass 40 % der zulässigen übertragbaren Kraft  $Q_{GV\ zul}$  nach Gleichung (E 4-4) derjenigen hochfesten Schrauben, die im betrachteten Querschnitt mit Lochabzug liegen, vor Beginn der Lochschwächung durch Reibungsschluss angeschlossen sind (Kraftvorabzug).

Außerdem ist der Vollquerschnitt mit der Gesamtkraft nachzuweisen.

(6) Werden GVP-Verbindungen durch Schnittkräfte mit wechselnden Vorzeichen beansprucht, so ist die Übertragung der dem Betrag nach größeren Kraft mit den Werten  $Q_{GVP\ zul}$  und die Übertragung der dem Betrag nach kleineren Kraft mit den Werten  $Q_{GV\ zul}$  nachzuweisen.

**E 4.3** Verbindungen mit Zugbeanspruchung in Richtung der Schraubenachse aus äußerer Belastung

**E 4.3.1** Nichtplanmäßig vorgespannte Verbindungen

(1) In der nachfolgenden Gleichung (E 4-6) bedeuten:

- $Z_{zul}$  zulässige übertragbare Kraft einer Schraube in Richtung der Schraubenachse
  - $\sigma_{z\ zul}$  zulässige Zugbeanspruchung in der Schraube
  - $A_S$  Spannungsquerschnitt
  - $d_2$  Nenn-Flankendurchmesser
  - $d_3$  Nenn-Kerndurchmesser
- | Siehe  
DIN EN ISO 898-1

Es gilt:

$$Z_{zul} = \sigma_{z\ zul} \cdot A_S \quad (E\ 4-6)$$

$$\text{mit } A_S = \frac{\pi}{4} \cdot \left( \frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$$

Die Werte für  $\sigma_{z\ zul}$  sind in der **Tabelle 7-5.1** angegeben.

(2) Die Verwendung hochfester Schrauben ohne Vorspannung oder mit nicht planmäßiger Vorspannung bei Beanspruchung auf Zug aus äußerer Belastung ist nur dann zugelassen, wenn die zu erwartende Lastspielzahl  $N$  der nicht ständigen Lasten eine der folgenden Bedingungen erfüllt:

- a)  $N \leq 10^4$
- b)  $N \leq 10^5$ ; jedoch dürfen Spannungen, die größer als 40 % der im Lastfall H nach **Tabelle 7-5.1** zulässigen Werte sind, nicht mit einer größeren Spannungsspielzahl als  $10^4$  auftreten

Dabei darf die zulässige übertragbare Zugkraft  $Z_{zul}$  nach Gleichung (E 4-6) ermittelt werden. Die Werte  $\sigma_{z\ zul}$  sind dafür in **Tabelle 7-5.1** angegeben.

(3) In SL- und SLP-Verbindungen sind bei gleichzeitiger Beanspruchung auf Abscheren und Zug alle Einzelnachweise

( $Q$ ,  $\sigma_L$ ,  $Z$ ) unabhängig voneinander zu führen. Dabei dürfen die zulässigen Werte der Lastfälle H und HZ für die einzelnen Beanspruchungsarten nach **Tabellen 7-5.1, 7-5.2 und 7-5.3** und Gleichung (E 4-3) ohne Nachweis einer Vergleichsspannung voll ausgenutzt werden. Für die Lastfälle HS ist die Vergleichsspannung  $\sigma_V$  entsprechend Abschnitt 7.2.2 Absatz 4 Aufzählung d nachzuweisen. Für den zulässigen Lochleibungsdruck  $\sigma_L$  sind in nicht planmäßig vorgespannten Verbindungen ( $\geq 0,5 \cdot F_V$ ) die Werte nach **Tabelle 7-3**, lfd. Nr. 6 (SL-Verbindungen) oder lfd. Nr. 8 (SLP-Verbindungen) zu berücksichtigen.

#### E 4.3.2 Planmäßig vorgespannte Verbindungen

(1) Die Zugbeanspruchung aus äußerer Belastung wird rechnerisch ausschließlich den Schrauben zugewiesen, d. h. der tatsächlich eintretende Abbau der Klemmkraft in den Berührungsflächen der zu verbindenden Bauteile sowie die Vergrößerung der Pressung in den Auflageflächen von Schraubenkopf und Mutter werden nicht berücksichtigt. Die auf eine einzelne Schraube oder Passschraube entfallende rechnerische Zugkraft  $Z$  darf den Wert  $Z_{zul}$  nach Gleichung (E 4-6) nicht überschreiten.

(2) In GV- und GVP-Verbindungen ist bei gleichzeitiger Beanspruchung aus äußerer Belastung in Richtung und senkrecht zur Richtung der Schraubenachse die zulässige übertragbare Kraft  $Q_{GV, zul}$  oder  $Q_{GVP, zul}$  wie folgt abzumindern:

$$Q_{GV,Z, zul} = \left( 0,2 + 0,8 \cdot \frac{Z_{zul} - Z}{Z_{zul}} \right) \cdot Q_{GV, zul} \quad (E 4-7)$$

$$Q_{GVP,Z, zul} = 0,5 \cdot Q_{SLP, zul} + \left( 0,2 + 0,8 \cdot \frac{Z_{zul} - Z}{Z_{zul}} \right) \cdot Q_{GV, zul} \quad (E 4-8)$$

(3) Für den zulässigen Lochleibungsdruck  $\sigma_L$  sind die Werte nach **Tabelle 7-3** lfd. Nr. 7 (SL-Verbindungen) oder lfd. Nr. 9 (SLP-Verbindungen) zu berücksichtigen.

### E 5 Lagesicherheitsnachweis

Der Lagesicherheitsnachweis für Stahltragwerke umfasst die Nachweise der Sicherheit gegen Abheben, Umkippen (Erreichen der kritischen Pressung) und gegen Gleiten.

#### E 5.1 Sicherheit gegen Abheben und Erreichen der kritischen Pressung $\beta_{cr}$

Zum Nachweis der Sicherheit gegen Abheben und Erreichen der kritischen Pressung ist aus den maßgebenden Haupt-, Zusatz- und Sonderlasten die hierfür ungünstigste Belastung zu ermitteln, wobei die einzelnen Anteile mit den Lasterhöhungsfaktoren  $\gamma_{cr}$  nach der **Tabelle E 5-1** zu vervielfachen sind.

##### E 5.1.1 Abheben

(1) Die Sicherheit gegen Abheben von einzelnen Lagern ist nachzuweisen, wenn sie nicht zweifelsfrei feststeht. Sie ist ausreichend, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$N_D \geq N_Z \quad (E 5-1)$$

Es bedeuten:

$N_D$  Normalkomponente der Resultierenden aller im Lager angreifenden pressenden Stützgrößen aus den  $\gamma_{cr}$ -fachen Belastungen

$N_Z$  Normalkomponente der Resultierenden aller im Lager angreifenden abhebenden Stützgrößen aus den  $\gamma_{cr}$ -fachen Belastungen

(2) Werden zur Sicherung gegen Abheben Anker angebracht, so darf die Ankerzugkraft  $Z_A$  wie folgt berücksichtigt werden:

$$N_D + 1,3 \cdot Z_A \geq N_Z \quad (E 5-2)$$

Es ist hierbei  $Z_A$  die im Lastfall H zulässige Ankerzugkraft;  $\sigma_{Z, zul}$  siehe **Tabelle 7-5.1**

(3) Die ausreichende Verankerung des Ankers ist nachzuweisen.

Lfd. Nr.	Belastungen	$\gamma_{cr}$
1	günstig wirkende Anteile aller angesetzten Lasten	1,0
2	ungünstig wirkende Anteile der Eigenlast	1,1
3	ungünstig wirkende Anteile der Lasten außer den Lasten nach Zeile 2 und 5	1,3
4	ungünstig wirkende Anteile der Lasten in Bauzuständen	1,5
5	ungünstig wirkende Anteile aus Ersatzlasten bei Anprallfällen	1,1
6	Verschiebungs- und Verdrehungsgrößen	1,0

Ungewollte Außermittigkeiten und die Verformungen des Systems unter  $\gamma_{cr}$ -facher Belastung sind, falls erforderlich, zu berücksichtigen.

**Tabelle E 5-1:** Lasterhöhungsfaktoren  $\gamma_{cr}$  beim Nachweis der Sicherheit gegen Abheben und Umkippen

#### E 5.1.2 Erreichen der kritischen Pressung $\beta_{cr}$ (Umkippen)

Die Sicherheit von Bauteilen gegen Umkippen ist nachzuweisen, wenn sie nicht zweifelsfrei feststeht. Sie ist ausreichend, wenn unter den  $\gamma_{cr}$ -fachen Belastungen folgende Bedingung eingehalten wird:

$$\sigma_{cr} = \frac{D_{cr}}{A_{cr}} \leq \beta_{cr} \quad (E 5-3)$$

Es bedeuten:

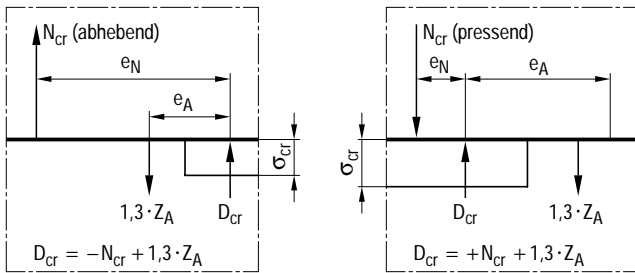
$\sigma_{cr}$  Pressung unter den  $\gamma_{cr}$ -fachen Belastungen, wobei eine konstante Spannungsverteilung in der gedrückten Teilfläche der Lagerfuge unter Einhaltung der Gleichgewichtsbedingungen angenommen werden kann; die Annahme einer rechteckigen gedrückten Teilfläche ist zulässig,

$D_{cr}$  Reaktionskraft in der Lagerfuge (siehe **Bild E 5-1**),

$N_{cr}$  Normalkomponente der Resultierenden aller im Lager angreifenden Stützgrößen aus  $\gamma_{cr}$ -facher Belastung,

$A_{cr}$  Teilfläche der Gesamtläche der Lagerfuge, deren Schwerpunkt in der Wirkungslinie von  $D_{cr}$  liegt (bei der Annahme  $\sigma = \text{konst.}$ ),

$\beta_{cr}$  kritische Pressung in der Fuge bei  $\gamma_{cr}$ -facher Belastung ( $\beta_{cr}$  für Beton - siehe DIN 1054;  $\beta_{cr}$  für Stähle: das 1,5fache der Hertzischen Pressung für Lastfall H); zulässige Werte siehe **Tabelle 7-6**.



**Bild E 5-1:** Ermittlung der Ankerzugkraft  $Z_A = \frac{N_{cr}}{1,3} \cdot \frac{e_N}{e_A}$

### E 5.2 Gleitsicherheit

(1) Die Sicherheit gegen Gleiten parallel zur Bauwerksfuge ist wie folgt nachzuweisen, sofern in den Normen nicht anders geregelt:

$$1,5 \cdot H \leq \mu_N \cdot N \quad (\text{E 5-4})$$

(2) Wird die Reibkraft nicht in Rechnung gestellt, genügt der einfache Nachweis:

$$H \leq D \quad (\text{E 5-5})$$

Hierin bedeuten:

$\mu_N$  Reibungsbeiwerte

Stahl auf Stahl:  $\mu_N = 0,10$

Stahl auf Beton:  $\mu_N = 0,30$

N pressende Normalkraft in der Bauwerksfuge infolge der äußeren Lasten

H parallel zur Bauwerksfuge wirkende Kraft infolge der äußeren Lasten

N und H gelten für die gleiche maßgebende Lastkombination

D Zulässige übertragbare Kraft von eventuell vorhandenen Dollen, Rippen oder ähnlichen mechanischen Schubsicherungen in der Gleitrichtung, ermittelt mit den für den jeweiligen Lastfall zulässigen Spannungen gemäß Abschnitt 7.2.7.

(3) Im Fall von Anpralllasten ist in Gleichung (E 5-4) statt 1,5 der Faktor 1,0 einzuführen.

### E 5.3 Formänderungsuntersuchung

(1) Die Funktionsfähigkeit des Bauwerkes kann je nach Anwendungsbereich eine Beschränkung der Formänderungen erforderlich machen. Zulässige Werte für Formänderungen sind fallweise in den Normen enthalten; anderenfalls sind sie vor dem Aufstellen der bautechnischen Unterlagen mit dem Besteller festzulegen.

(2) Für die Ermittlung der Formänderungen dürfen im allgemeinen die Querschnittswerte ohne Lochabzug angesetzt werden.

(3) Weitere Angaben zum Formänderungsnachweis, z. B. Berücksichtigung des Schraubenschlupfes, sind gegebenenfalls in den Normen enthalten.

## Anhang F

### Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird

(Die Verweise beziehen sich nur auf die in diesem Anhang angegebene Fassung. Darin enthaltene Zitate von Bestimmungen beziehen sich jeweils auf die Fassung, die vorlag, als die verweisende Bestimmung aufgestellt oder ausgegeben wurde.)

AtG		Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz) vom 23. Dezember 1959 (BGBl. I S. 814), in der Fassung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), zuletzt geändert durch Gesetz vom 22. April 2002 (BGBl. I 2002, Nr. 26)
KTA 1401	(6/96)	Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung
KTA 2201.1	(6/90)	Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen; Teil 1: Grundsätze
KTA 3201.2	(6/96)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren; Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung
KTA 3201.3	(6/98)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren; Teil 3: Herstellung
KTA 3205.2	(6/90)	Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen; Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung
KTA 3205.3	(6/89)	Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen; Teil 3: Serienmäßige Standardhalterungen
KTA 3211.3	(6/90)	Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 3: Herstellung
KTA 3401.2	(6/85)	Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl; Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung
DIN 13-1	(11/99)	Metrisches ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung - Teil 1: Nennmaße für Regelgewinde; Gewinde-Nenn Durchmesser von 1 mm bis 68 mm
DIN 267-13 und Beiblatt	(8/93)	Mechanische Verbindungselemente; Technische Lieferbedingungen; Teile für Schraubenverbindungen mit besonderen mechanischen Eigenschaften zum Einsatz bei Temperaturen von -200 °C bis +700 °C
DIN EN 287-1	(8/97)	Prüfung von Schweißern - Schmelzschweißen - Teil 1: Stähle (enthält Änderung A1:1997); Deutsche Fassung EN 287-1:1992 + A1:1997
DIN EN 473	(3/01)	Zerstörungsfreie Prüfung - Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung - Allgemeine Grundlagen; Deutsche Fassung EN 473:2000
DIN EN 493	(7/92)	Verbindungselemente; Oberflächenfehler; Muttern; Deutsche Fassung EN 493:1992
DIN EN 571-1	(3/97)	Zerstörungsfreie Prüfung - Eindringprüfung - Teil 1: Allgemeine Grundlagen; Deutsche Fassung EN 571-1:1997
DIN EN 719	(8/94)	Schweißaufsicht - Aufgaben und Verantwortung; Deutsche Fassung EN 719:1994
DIN EN 729-3	(11/94)	Schweißtechnische Qualitätsanforderungen - Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe - Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen; Deutsche Fassung EN 729-3:1994
DIN EN ISO 898-1	(11/99)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl - Teil 1: Schrauben (ISO 898-1:1999); Deutsche Fassung EN ISO 898-1:1999
DIN EN 970	(3/97)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schmelzschweißnähten - Sichtprüfung; Deutsche Fassung EN 970:1997
DIN 1054	(11/76)	Baugrund; Zulässige Belastung des Baugrunds
DIN EN 1370	(2/97)	Gießereiwesen - Prüfung der Oberflächenrauheit mit Hilfe von Vergleichsmustern; Deutsche Fassung EN 1370:1996
DIN EN 1435	(10/97)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen; Deutsche Fassung EN 1435:1997

DIN EN ISO 1461	(3/99)	Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrachte Zinküberzüge (Stückverzinken) - Anforderungen und Prüfungen (ISO 1461: 1999); Deutsche Fassung EN ISO 1461: 1999
DIN EN 1559-1	(8/97)	Gießereiwesen - Technische Lieferbedingungen - Teil 1: Allgemeines; Deutsche Fassung EN 1559-1:1997
DIN 1690-2	(6/85)	Technische Lieferbedingungen für Gussstücke aus metallischen Werkstoffen; Stahlgussstücke; Einteilung nach Gütestufen aufgrund zerstörungsfreier Prüfungen
DIN EN ISO 3452-2	(6/00)	Zerstörungsfreie Prüfung - Eindringprüfung - Teil 2: Prüfung von Eindringprüfmitteln (ISO 3452-2:2000); Deutsche Fassung EN ISO 3452-2:2000
DIN EN ISO 3506-1	(3/98)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen; Teil 1: Schrauben (ISO 3506-1:1997); Deutsche Fassung EN ISO 3506-1:1997
DIN EN ISO 3506-2	(3/98)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen; Teil 2: Muttern (ISO 3506-2:1997); Deutsche Fassung EN ISO 3506-2:1997
DIN EN ISO 4287	(10/98)	Geometrische Produktspezifikationen (GPS) - Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren - Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit (ISO 4287:1997); Deutsche Fassung EN ISO 4287:1998
DIN 6914	(10/89)	Sechskantschrauben mit großen Schlüsselweiten, HV-Schrauben in Stahlkonstruktionen
DIN 6915	(12/99)	Sechskantmutter mit großen Schlüsselweiten für Verbindungen mit HV-Schrauben in Stahlkonstruktionen
DIN 6916	(10/89)	Scheiben, rund, für HV-Schrauben in Stahlkonstruktionen
DIN 6917	(10/89)	Scheiben, vierkant, keilförmig, für HV-Schrauben an I-Profilen in Stahlkonstruktionen
DIN 6918	(4/90)	Scheiben, vierkant, keilförmig für HV-Schrauben an U-Profilen in Stahlkonstruktionen
DIN 7968	(12/99)	Sechskant-Passschrauben mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen
DIN 7969	(12/99)	Senkschrauben mit Schlitz mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen
DIN 7990	(12/99)	Sechskantschrauben mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen
DIN EN 10 002-1	(12/01)	Metallische Werkstoffe; Zugversuch - Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur; Deutsche Fassung EN 10002-1:2001
DIN EN 10 002-5	(2/92)	Metallische Werkstoffe; Zugversuch; Teil 5: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur; Deutsche Fassung EN 10002-5:1991
DIN EN 10 025	(3/94)	Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen; Technische Lieferbedingungen (enthält Änderung A1:1993); Deutsche Fassung EN 10025:1990
DIN EN 10 028-1	(7/00)	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen; Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 10028-1:2000
DIN EN 10 028-2	(4/93)	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen; Teil 2: Unlegierte und legierte warmfeste Stähle; Deutsche Fassung EN 10028-2:1992
DIN EN 10 028-3	(4/93)	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen; Teil 3: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht; Deutsche Fassung EN 10028-3:1992
DIN EN 10 028-7	(6/00)	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen; Teil 7: Nichtrostende Stähle; Deutsche Fassung EN 10028-7:2000/Achtung: Gilt in Verbindung mit EN 10028-1
DIN EN 10 045-1	(4/91)	Metallische Werkstoffe; Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy; Teil 1: Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 10 045-1:1990
DIN EN 10 083-1	(10/96)	Vergütungsstähle - Teil 1: Technische Lieferbedingungen für Edelstähle (enthält Änderung A1:1996); Deutsche Fassung EN 10083-1:1991 + A1:1996
DIN EN 10 083-2	(10/96)	Vergütungsstähle - Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Qualitätsstähle (enthält Änderung A1:1996); Deutsche Fassung EN 10083-2:1991 + A1:1996
DIN EN 10 164	(8/93)	Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche; Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10164:1993

DIN EN 10 204	(8/95)	Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen (enthält Änderung A1:1995); Deutsche Fassung EN 10204:1991 und A1:1995
DIN EN 10 210-1	(9/94)	Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen - Teil 1: Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10210-1: 1994
DIN EN 10 210-2	(11/97)	Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen - Teil 2: Grenzmaße, Maße und statische Werte; Deutsche Fassung EN 10210-2: 1997
DIN EN 10 213-1	(1/96)	Technische Lieferbedingungen für Stahlguss für Druckbehälter - Teil 1: Allgemeines; Deutsche Fassung EN 10213-1:1995
DIN EN 10 213-2	(1/96)	Technische Lieferbedingungen für Stahlguss für Druckbehälter - Teil 2: Stahlsorten für die Verwendung bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen; Deutsche Fassung EN 10213-2:1995
DIN EN 10 213-4	(1/96)	Technische Lieferbedingungen für Stahlguss für Druckbehälter - Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische Stahlsorten; Deutsche Fassung EN 10213-4:1995
DIN EN 10 219-1	(11/97)	Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen - Teil 1: Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10219-1:1997
DIN EN 10 222-1	(9/98)	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter - Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Freiformschmiedestücke; Deutsche Fassung EN 10222-1:1998
DIN EN 10 222-2	(4/00)	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter - Teil 2: Ferritische und martensitische Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen (enthält Berichtigung AC:2000); Deutsche Fassung EN 10222-2:1999 + AC:2000
DIN EN 10 222-5	(2/00)	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter - Teil 5: Martensitische, austenitische und austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle; Deutsche Fassung EN 10222-5:1999
DIN EN 10 250-1	(12/99)	Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung – Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 10 250-1:1999
DIN EN 10 250-2	(12/99)	Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemein Verwendung – Teil 2: Unlegierte Qualitäts- und Edelstähle; Deutsche Fassung EN 10 250-2:1999
DIN EN 10 269	(11/99)	Stähle und Nickellegierungen für Befestigungselemente für den Einsatz bei erhöhten und/oder tiefen Temperaturen; Deutsche Fassung EN 10269:1999
DIN EN 10 272	(1/01)	Nichtrostende Stäbe für Druckbehälter; Deutsche Fassung EN 10272:2000
DIN EN 10 273	(4/00)	Warmgewalzte schweißgeeignete Stäbe aus Stahl für Druckbehälter mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen; Deutsche Fassung EN 10273:2000
DIN EN 12 223	(1/00)	Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr. 1; Deutsche Fassung EN 12 223:1999
DIN EN ISO 12 944-1	(7/98)	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 1: Allgemeine Einleitung (ISO 12944-1:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-1:1998
DIN EN ISO 12 944-2	(7/98)	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen (ISO 12944-2:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-2:1998
DIN EN ISO 12 944-3	(7/98)	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 3: Grundregeln zur Gestaltung (ISO 12944-3:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-3:1998
DIN EN ISO 12 944-4	(7/98)	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung (ISO 12944-4:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-4:1998
DIN EN ISO 12 944-5	(7/98)	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 5: Beschichtungssysteme (ISO 12944-5:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-5:1998
DIN EN ISO 12 944-6	(7/98)	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 6: Laborprüfungen zur Bewertung von Beschichtungssystemen (ISO 12944-6:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-6:1998
DIN EN ISO 12 944-7	(7/98)	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 7: Ausführung und Überwachung der Beschichtungsarbeiten (ISO 12944-7:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-7:1998

DIN EN ISO 12 944-8	(7/98)	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 8: Erarbeiten von Spezifikationen für Erstschutz und Instandsetzung (ISO 12944-8:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-8:1998
DIN 15 018-1	(11/84)	Krane; Grundsätze für Stahltragwerke; Berechnung
DIN 15 018-2	(11/84)	Krane; Stahltragwerke; Grundsätze für die bauliche Durchbildung und Ausführung
DIN 15 070	(12/77)	Krane; Berechnungsgrundlagen für Laufräder
DIN 17 102	(10/83)	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht; Technische Lieferbedingungen für Blech, Band, Breitflach-, Form- und Stabstahl
DIN 17 121	(6/84)	Nahtlose kreisförmige Rohre aus allgemeinen Baustählen für den Stahlbau; Technische Lieferbedingungen
DIN 17 175	(5/79)	Nahtlose Rohre aus warmfesten Stählen; Technische Lieferbedingungen
DIN 17 178	(5/86)	Geschweißte kreisförmige Rohre aus Feinkornbaustählen für besondere Anforderungen; Technische Lieferbedingungen
DIN 17 179	(5/86)	Nahtlose kreisförmige Rohre aus Feinkornbaustählen für besondere Anforderungen; Technische Lieferbedingungen
DIN 17 456	(2/99)	Nahtlose kreisförmige Rohre aus nichtrostenden Stählen für allgemeine Anforderungen; Technische Lieferbedingungen; Geändert durch: DIN-Mitt., 1999, Nr. 6, S. A 486 * DIN-Mitt., 1999, Nr. 8, S. A 663
DIN 17 457	(7/85)	Geschweißte kreisförmige Rohre aus austenitischen nichtrostenden Stählen für besondere Anforderungen; Technische Lieferbedingungen
DIN 17 458	(7/85)	Nahtlose kreisförmige Rohre aus austenitischen nichtrostenden Stählen für besondere Anforderungen; Technische Lieferbedingungen
DIN 18 800-1	(11/90)	Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion
DIN 18 800-1/A1	(2/96)	Stahlbauten - Teil 1: Bemessung und Konstruktion; Änderung A1
DIN 18 800-2	(11/90)	Stahlbauten; Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken
DIN 18 800-2/A1	(2/96)	Stahlbauten - Stabilitätsfälle - Teil 2: Knicken von Stäben und Stabwerken; Änderung A1
DIN 18 800-3	(11/90)	Stahlbauten; Stabilitätsfälle; Plattenbeulen
DIN 18 800-3/A1	(2/96)	Stahlbauten - Stabilitätsfälle - Teil 2: Plattenbeulen; Änderung A1
DIN 18 800-4	(11/90)	Stahlbauten; Stabilitätsfälle, Schalenbeulen
DIN 18 800-7	(5/83)	Stahlbauten; Herstellen, Eignungsnachweise zum Schweißen
DIN 18 801	(9/83)	Stahlhochbau; Bemessung; Konstruktion, Herstellung
DIN 18 808	(10/84)	Stahlbauten; Tragwerke aus Hohlprofilen unter vorwiegend ruhender Beanspruchung
DIN 18 809	(9/87)	Stählerne Straßen- und Wegbrücken; Bemessung, Konstruktion, Herstellung
DIN EN 20 898-2	(2/94)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen; Teil 2: Muttern mit festgelegten Prüfkraften; Regelgewinde (ISO 898-2:1992); Deutsche Fassung EN 20898-2:1993
DIN EN 25 817	(9/92)	Lichtbogenschweißverbindungen an Stahl; Richtlinie für die Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:1992); Deutsche Fassung EN 25817:1992
DIN EN 26 157-3	(12/91)	Verbindungselemente; Oberflächenfehler; Schrauben für spezielle Anforderungen (ISO 6157-3:1988); Deutsche Fassung EN 26157-3:1991
DIN EN 27 963	(6/92)	Schweißverbindungen in Stahl; Kalibrierkörper Nr. 2 zur Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen (ISO 7963:1985); Deutsche Fassung EN 27963:1992
DIN 55 928-8	(7/94)	Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Teil 8: Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen
DIN 55 928-9	(5/91)	Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Teil 9: Beschichtungsstoffe; Zusammensetzung von Bindemitteln und Pigmenten
DIN 58 220-3	(1/97)	Sehschärfebestimmung - Teil 3: Prüfung für Gutachten
DIN 58 220-5	(1/97)	Sehschärfebestimmung - Teil 5: Allgemeiner Sehtest

AD HP 2/1	(1/00)	Verfahrensprüfung für Fügeverfahren; Verfahrensprüfung von Schweißverbindungen
AD HP 5/2	(9/01)	Herstellung und Prüfung der Verbindungen; Arbeitsprüfung an Schweißnähten, Prüfung des Grundwerkstoffes nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen
DASt 012	(10/78)	Beulsicherheitsnachweise für Platten
DASt 014	(1/81)	Empfehlungen zum Vermeiden von Terrassenbrüchen in geschweißten Konstruktionen aus Baustahl
SEW 086	(4/87)	Unlegierte und legierte warmfeste ferritische Stähle; Vorwärmen beim Schweißen
SEW 088	(10/93)	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle; Richtlinien für die Verarbeitung, besonders für das Schweißen (enthält Beiblatt 1 und Beiblatt 2)
SEW 110	(7/86)	Verfahrensprüfungen für Fertigungsschweißungen an Stahlguss
SEW 550	(8/76)	Stähle für größere Schmiedestücke; Gütevorschriften
DIBt Z - 30.3-6	(9/98)	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung; Zulassungsbescheid für Bauteile und Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen des Deutschen Instituts für Bautechnik, Berlin; gültig bis 30. September 2003
VdTÜV-Merkblatt 1153	(11/88)	Richtlinien für die Eignungsprüfung von Schweißzusätzen
VDI 2230 Blatt 1	(7/86)	Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen; Zylindrische Einschraubenverbindungen

## Anhang G (informativ)

### Änderungen gegenüber der Fassung 6/91

Zur Anpassung an den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik wurde die Regel insbesondere im Abschnitt 7 „Berechnung“ und im Anhang A „Werkstoffprüfblätter“ aktualisiert.

#### 1 Abschnitt 7: Berechnung

(1) In der bisherigen KTA 3205.1 (Fassung 6/91) war die Grundlage des Abschnittes 7 „Berechnung“ die zwischenzeitlich zurückgezogene Stahlbaunorm DIN 18 800-1 in der Fassung 3/81. Mit der Ausgabe der neuen DIN 18 800-1, Fassung 11/90, wurden die Nachweismethoden grundsätzlich geändert. Gemäß der neuen DIN 18 800-1 erfolgen Festigkeitsnachweise nunmehr nach dem Traglastverfahren anstelle der bisher üblichen Ermittlung und Bewertung von Spannungen ( $\sigma_{zul}$ -Konzept).

(2) Für die KTA 3205.1 in der vorliegenden Fassung wurde für den Abschnitt „Berechnung“ folgende Vorgehensweise gewählt: Einerseits soll die direkte Anwendung der bestehenden europäischen und der nationalen Regelwerke (Euro-Code 3, DIN 18 800-1 in der Ausgabe 11/90) ermöglicht werden. Hierzu wurden entsprechende Öffnungsklauseln eingeführt. Da andererseits die vorgenannten Regeln nicht alle kerntechnischen Belange erfüllen (Spannungs- und Stabilitätsnachweise bei Störfällen), wurde der bisher übliche Nachweisweg gemäß der DIN 18 800-1 (3/81) als Anhang E in die KTA 3205.1 neu eingebunden. Ein Verweis auf die DIN 18 800-1 (3/81) ist dadurch nicht mehr erforderlich. Anhand des Anhangs E sollen auch künftig Nachbewertungen auf der Grundlage der oftmals nach dem  $\sigma_{zul}$ -Konzept geführten Festigkeitsnachweise aus der Errichtungszeit erfolgen können.

(3) Bei der Überarbeitung der KTA 3205.1 wurde auch eine Harmonisierung der innerhalb der Regelreihe KTA 3205 unterschiedlich festgelegten Vorgehensweisen für die Spannungsabsicherung von Stabtragwerken durchgeführt (KTA 3205.1: Stahlbauklasse S1, KTA 3205.2: Stahlbauklasse S2). Hierzu wurden die zulässigen Spannungen auf Basis der Spannungsvergleichswerte  $S_m$  durch zulässige Spannungen auf Basis des Streckgrenzenvergleichswertes  $R_{v0,2}$  ersetzt.

(4) Die zulässigen Schubspannungen für S235 (St 37) Schweißnähte wurden auf alle Beanspruchungsarten erweitert und damit dem Stand der Technik angepasst.

(5) Die bisherige Nachweisführung bei Schraubverbindungen wurde durch eine Regelung ersetzt, die ein einheitliches Vorgehen analog zu den Nachweisen für Bauteile und Schweißverbindungen ermöglicht. Für die üblichen Schrauben (Festigkeitsklassen) wurden die zulässigen Spannungen lastfallabhängig aus DIN 18 800-1 (3/81) in die Tabelle 7-5.1 übernommen und die Werte für Sonderlastfälle ergänzt.

Für sonstige Schrauben wurden in den Tabellen 7-5.2 und 7-5.3 die zulässigen Spannungen lastfallabhängig definiert.

(6) In Abschnitt 7.2.7.4 wurden die zulässigen Druckspannungen für Werkstoffe im Anwendungsbereich der KTA 3205.1 aus DIN 18 800-1 (3/81) als Tabelle 7-6 (zulässige Druckspannungen für Lagerteile und Gelenke) übernommen.

(7) Die Nachweisführung für Flächentragwerke wurde nicht geändert. Im Gegensatz zu stabförmigen Bauteilen (Stahlbau) sind Flächentragwerke im Rahmen dieser Regel üblicherweise mit den Komponenten verbundene Standzargen. Die Modellierung/Berechnung erfolgt für das Gesamtsystem aus Komponente und Abstützung. Innerhalb einer Berechnung ist es nicht sinnvoll, mit unterschiedlichen Absicherungskriterien zu arbeiten, so dass das für die Komponenten geltende  $S_m$ -Verfahren nach KTA 3201.2 auch für die Abstützung beibehalten wird.

#### 2 Werkstoffe und Werkstoffprüfblätter

Die Werkstoffprüfblätter und die Tabellen 6-1 bis 6-5 wurden generell an den aktuellen Stand der Normung (insbesondere bezüglich der Werkstoff- und Prüf-Normen) angepasst. Wenn aufgrund der aktuellen Werkstoffnormen geänderte Werkstoffbezeichnungen (Kurznamen) aufzunehmen waren, wurden die bisherigen Bezeichnungen zusätzlich in Klammer angegeben. Zur besseren Handhabung wurden zusätzlich noch die jeweilige Werkstoffnummern ergänzt.

Da bei der Umstellung der Normen (z. B. von DIN 17 240 auf DIN EN 10 269) nicht alle Materialien aus den zurückgezogenen Normen übernommen wurden (z. B. 24 CrMo 5), darf auch bei Halbzeugen die Festlegung in Abschnitt 6.2 Absatz 5 sinngemäß angewendet werden.

#### 3 Übrige Abschnitte und Anhänge

Die gesamte Regel wurde hinsichtlich der Verweise auf Normen und Vorschriften überprüft und angepasst. Die redaktionelle Überarbeitung beinhaltet an verschiedenen Stellen auch Präzisierungen infolge Erfahrungsrückfluss. Als wesentliche Änderungen sind zu nennen:

(1) In Abschnitt 9.1 wurde ein Verweis auf KTA 1401 ergänzt. Dadurch wurde die Berücksichtigung der Qualitätssicherung bei der Ausführung aller notwendigen Arbeiten genauer definiert.

(2) In Anhang D wurden diverse Punkte genauer definiert und die Definition der zulässigen Spannungen analog zum Vorgehen bei stabförmigen Bauteilen von  $S_m$  auf  $R_{v0,2}$  umgestellt. Die Umstellung erfolgte für alle Beanspruchungsarten der Bauteile von Rohrausschlagsicherungen mit dem  $R_{v0,2}/S_m$ -Verhältnis von 1,5, welches für verformungsfähige Werkstoffe gilt. Damit sind die bisher angesetzten Erhöhungsfaktoren wegen kurzzeitiger Belastung durch den günstigen Effekt der dynamischen Streckgrenzenerhöhung beibehalten worden.

## Stichwortverzeichnis

- Abklinglänge** 1 (6); 7.3.3.2 (5)  
**Abnahmeprüfung** 10.2.6; D 7.2; Tabelle D-2  
**Abnahmeprüfzeugnis** 7.1.6 (4); 10.2.2 (1); 12.2 a)  
**Analyse, chemische** Anhang A  
**Anforderungsstufe (Stahlbauklasse)** 3; Tabelle 3-1  
**Anschluss**  
 -, Arten Bild 1-1  
 -, biegesteifer E 3.1.2 (5)  
 - der Flansche E 3.1; E 3.1.2 (2)  
 - der Stege E 3.1  
 -, integraler 1 (6)  
 -, unsymmetrischer E 2.2 (2)  
**Anschlussbelastung** 5 (1) f); D 4.1 (4) a)  
**Anschlussfläche** E 3.1  
**Arbeitsanweisung** 9.4.1 c)  
**Arbeitsprüfung** 9.3; 9.4.3.1 (2); 9.6.2.6 (2); 9.7; 10.2.3 (1); 12.2 f)  
**Armaturenhalterung** 3 (1) b), Tabelle 3-1  
**Aufsichtspersonal** 9.1 (4); 9.2; 9.4.3.1 (2); 9.4.5 (3); B 2.1  
**Ausführungszeichnung** 7.1.1 (4)  
**Auslegung** 7.1.3 (2); 7.1.3 (7); 7.3.7.2 b); 12.1 (1)  
 - der Ausschlagsicherung D 2 (2); D 3.2 (1)  
 - gegen Erdbeben 7.1.2 (4) a)  
 -, Grundsätze D 2; Tabelle 3-2  
**Auslegungsdatenblatt** 4 (2) c); 5 (1) a); 7.1.2 (4); Tabelle 7-1; 12.2 j); D 2 (6)  
**Ausschlagsicherung** 2 (5); 7.1.1 (5); D 1 (3); D 1 (4); Tabelle D-2; Tabelle D-3  
 -, Auslegungsgrundsätze D 2  
 -, Belastung Bild D-2  
 -, elastisch berechnete D 4.2 (1)  
 -, Prüfung D 7.3  
 -, Randbedingungen für die Berechnung D 3.2  
 -, Werkstoffe D 5  
**Bandelektrode** 9.6.2.3 (1); 9.6.2.3 (3)  
**Bauprüfplan** 5 (1); 9.4.5 (4); 9.9.1 (5); 10.1 (1); 12.2 a)  
**Bauprüfung** 10; 12.4; Tabelle D-2  
**Bauteil** 6.2 (5); 7.2.3 (1); 7.2.7.3 (4); Tabelle 7-2; 7.3.3.2; 7.3.5 (3); 9.4.1; 9.9.1 (2); 9.10 (2); D 5 (2)  
 -, Abnahme 10.2.6 (1)  
 -, Auslegung 7.1.3  
 -, Beanspruchung 7.1.1 (1)  
 -, Festigkeitsverhalten 7.3.3.1 (1)  
 -, Glühung 9.6.2.5  
 -, Kontrollen 10.2.6 (2)  
 -, Reparaturschweißungen 9.6.1 (3)  
 -, Schweißung 9.4.3.1 (2); 9.6.1 (3); 9.6.2.4 (2); 12.5 (2)  
 -, Spannungsnachweis 7.2.2 (1); 7.2.2 (2)  
 -, Ultraschallprüfung B 3.4.3.1  
 -, umformen 9.8  
 - von Rohrausschlagsicherungen Tabelle D-1  
 -, zulässige Spannungen 7.2.7.1; Tabelle 7-3; 7.3.5 (3); Tabelle D-1  
**Bauüberwachung beim Hersteller** 4 (2) h)  
**Beanspruchung**  
 - auf Abscheren der Schraube E 4.1.1 (1); E 4.1.2 (1); E 4.3.1 (3)  
 - durch Biegemoment E 2.4  
 - durch Längskraft E 2.2  
 - durch Querkraft E 2.3  
 - durch Torsionsmoment E 2.5  
 -, Ermittlung 7.2; 7.3; Anhang C; D 3.2 (2); D 4; Anhang E  
 -, gleichzeitige Tabelle 7-5.1; E 2.6; E 3.2 (2)  
 -, plastische D 2 (3)  
 -, ruhende 7.2.4  
 -, wechselnde 7.3.7.1  
 -, zulässige 7.2.7; Anhang C; D 4.3  
 -, zusammengesetzte E 3.1.2 (5)  
**Beanspruchungsart** Tabelle 7-3; Tabelle 7-4; Tabelle 7-5.1; Tabelle D-1  
 -, einzelne E 4.3.1 (3)  
**Beanspruchungsniveau** 10.1 (2)  
**Beanspruchungsstufen** 7.3.4.3 (4); 7.3.5 (2)  
**Beanspruchungszustände** 7.3.4.3  
**Bedienungspersonal**  
 -, Qualifikation 9.3 (3)  
 - vollmechanischer Schweißanlagen 9.3 (2)  
**Begriffe** 2  
**Bemessung**  
 - von Flächentragwerken 7.3  
 - von stabförmigen Bauteilen 7.2; E 2  
**Bemessungsgrenzen** 7.1.1 (5); D 4  
**Berechnung** 7; C (2) a); D 3.2; E 4.1.1 (1)  
**Berechnungsmodelle** D 4  
**Bescheinigung** (siehe auch *Dokumentation*)  
 - über Geräte und Prüfmittel B 2.2  
 - über Schweißkontrollen (Sammelbescheinigung) 9.4.6  
 - über Schweißerprüfungen 9.3  
 - über Umformarbeiten 9.8.2  
 - über Wärmebehandlungen 9.9.2  
 - von Prüfungen 6.2 (4); D 7.3 (2); Anhang A  
**Besichtigung** 11 (1); Anhang A; Tabelle D-2  
**Betriebsfestigkeitsnachweis** 7.2.4  
**Bewertung (von Prüfergebnissen)** 10.2.4, Anhang B  
**Bewertungsgruppe (der Schweißnahtgüte)** Tabelle 7-4; 9.4.4  
**Biegeträger** E 2.7 (2); E 3.1.2 (3)  
**Blech** 1 (6), Anhang A  
 -, Ultraschallprüfung des Schweißnahtanschlussbereiches B 6.1  
 -, zerstörungsfreie Prüfung im Schweißnahtbereich 10.2.4.1 b)  
 -, Zugbeanspruchung in Dickenrichtung, Prüfung auf Dopplungen 8.2 (4); 10.2.4.1 b)  
 -, zugelassene Werkstoffe Tabelle 6-1  
**Bolzen**  
 -, Oberflächenrisssprüfung B 4.2  
 -, Spannungsermittlung 7.2.2 (2)  
 -, zugelassene Werkstoffe Tabelle 6-4  
**Bühne** 1 (6); 3.1 b); Tabelle 3-1; D 1 (3) c)  
**Bühnenträger** 1 (3); D 1 (3) c)  
**Dämpfungsrohr** D 4.5  
**DHV-Naht** Tabelle 7-4; B 6.5.3; Bild B-6; Bild B-10; Bild B-11  
**DHY-Naht** Tabelle 7-4  
**Dokumentation** 10.3; 12; Anhang A; D 8  
 -, abgeschlossene 6.2 (5); 7.1.6 (4)  
 - der Herstellungsunterlagen 12.4  
 - der Wärmebehandlung 9.9.2; 12.2 d)  
 -, Vollständigkeit 7.1.1 (4); 10.2.6 (2) e); 12.4 (4); Tabelle D-2  
 - von Schweißarbeiten 9.4.5 (6); 9.4.6; 12.5  
**Druckspannung** E 2.1  
 -, zulässige Tabelle 7-6; C (2) d)  
**Durchstrahlungsprüfung** 10.2.4.4; B 3.3; B 6.4; B 7.2; Tabelle D-2  
**Eigenschaften, mechanisch-technologische** Anhang A  
**Eingangskontrolle** 10.2.1

Eindringdauer B 3.2.3 (2)  
 Eindringmittel B 3.2.1 (1)  
 Eindringprüfung B 3.1.4.3; B 3.2; B 4.1.1; B 4.3.1.1 (2);  
 B 6.3.2 (1); B 7.1  
 Einwirkungen von außen 7.1.2 (2) af); 7.1.2 (2) bb); 7.1.2 (3) d)  
 Einwirkungen von innen 7.1.2 (2) ag); 7.1.2 (2) bc); 7.1.2 (3) d)  
 Enddokumentation 2 (1); 12.2  
 Ergänzungsprüfung 9.4.3.1 (2); B 6.5.2 (5)  
 Ermüdungsanalyse 7.2.4; 7.3.7  
 Erzeugnisform 6; 6.1 (1); 9.1 (2); 9.1 (3); 9.4.1 a); 10.2.1 c);  
 10.2.2 (1) c); Anhang A; B 2.3; B 4; B 5; Tabelle D-2

#### Fertigung (siehe auch *Herstellung*)

- , Fertigungsschema für Stahlgusserzeugnisse Bild A-1
- , Kontrollen vor Fertigungsbeginn 10.2.2; Tabelle D-2
- , Kontrollen während der Fertigung 10.2.3

Festigkeitsnachweis 7.1  
 Flacherzeugnis Tabelle 6-1; Anhang A  
 Flächentragwerk 7.1.1 (3); 7.2; 7.3.3.2 (4); 7.3.5 (3); Tabelle 7-7  
 Flankenkehlnaht 8.2 (2); Tabelle 7-4  
 Formänderungsnachweis 7.1.1 (5); 7.2.6; D 3.2 (2) E 5.3  
 Funktionsanforderung 7.1.2 (4) h); D 1 (2); D 2 (4); D 3.2;  
 E 5.3

#### Gebäudetoleranz 8.2 (9)

##### Gelenk

- , Spannungsermittlung 7.2.2 (6)
- zulässige Beanspruchung 7.2.7.4; Tabelle 7-6

Gelenkbolzen Tabelle 7-6; E 4.1.2 (4)

##### Geräte

- für Messung und Prüfung B 2.2; B 3.1.2
- , Schweißgeräte 9.4.3.1, 10.2.2

##### Gültigkeitsdauer

- der Arbeitsprüfung 9.7; 10.2.3
- der Verfahrensprüfung 9.6.2.6; 10.2.2 (3)

#### Halbwertslänge Tabelle B-2; Tabelle B-4; Tabelle B-6

Häufigkeit (von Anzeigen) B 4.1.1.2 (2); B 6.3.2 (2); Tabellen B-2, B-4, B-6, B-8, B-9, B-11

Hersteller 4 (2) h); 6.2; 7.2.1; 9.1; 9.3 (3); 9.4.5 (6); 9.6.1 (4);  
 9.6.2.3 (3); 9.8.2 (1); 9.9.1 (4); 9.9.2; Formblatt 9-1;  
 10.2.2 (2); 10.2.4; 12.2; 12.4 (1); B 2.1; B 2.3; B 6.1; B 6.2;  
 Tabelle D-2; Tabelle D-3

Herstellerwerk 9.6.2.1 (2); D 7.2; Tabelle D-2

Herstellung 4 (1); 9; 12.4 (1); D 6

- der Prüfstücke 9.6.1 (5)

Herstellungsunterlage 12.4 (1); 12.4 (2)

Hilfsschweißung 9.4.3.2; Tabelle D-2

Hohlprofil Tabelle 6-2; 8.2 (6); Anhang A

HY-Naht E 3.1.2 (5); Tabelle 7-4

HV-Naht Tabelle 7-4

#### Jochmagnetisierung B 3.1.4.3

Kalibrierkörper B 3.4.3.2; Tabelle B-2; Tabelle B-4; Tabelle B-6; Tabelle B-8; Tabelle B-11

Kehlnaht Tabelle 7-4; 8.2 (2); E 3.1.1 (2); E 3.1.2 (5);  
 Bild E 3-2

Kennzeichnung 7.1.2 (4); 12.1 (2); Formblatt 9-1

- , Materialkennzeichnung 10.2.1; Anhang A

Kleinteil 6.1 (2)

Komponentenlasten 7.1.2 (3) a); 7.1.2 (3) c); Tabelle 7-1

Komponentenstützkonstruktion

- , Abgrenzung 1 (6)

- , Anforderungen (Anforderungsstufen) 3; Tabelle 3-1
- , Anschlussarten Bild 1-1
- , Auslegung 7.1.3; Tabelle 3-2
- , Begriff 2 (2)
- , Belastungsangaben 7.1.2 (2)
- , geschweißte 8.2 (11)
- , Klassifizierung 7.1.2 (4) a)
- , Kontrolle 10.2.6
- , Lastfallklassifizierung Tabelle 7-1
- , nicht integrale 1 (1)
- , Prüfbarkeit der Schweißnähte 8.2 (11)
- , Spezifikation 4 (1)
- , verbundene 1 (3)
- , wiederkehrende Prüfung 11

Konstruktion 8.1 (1) d)

Konstruktionszeichnung 5 (1) b); 8.2 (7); 12.2 h)

Kontaktstelle B 3.1.4.2; Tabelle D-2

#### Kontrolle

- auf Transportschäden 10.2.1 b)
- der Ausschlagsicherung D 7.3 (1)
- der Belegung 10.3
- der fertigen Komponentenstützkonstruktion 10.2 (8)
- , Umfang bei der Bauprüfung 9.4.5 (3); 10.1; Tabelle D-2
- , visuelle 10.2.4.2; Tabelle D-2
- vor Fertigungsbeginn 10.2.2; Tabelle D-2
- während der Fertigung 10.2.3

#### Koordinatensystem

- , dreiachsiges 7.3.4.2 (2)
- , festes 7.3.4.3 (3)
- für Schnittgrößen Bild E 2-1

Korrosionsschutz 9.10; Tabelle D-2

Kriechwellentechnik B 6.5.3.2

K-Stegnaht E 3.1.2 (5)

#### Lager

- , Spannungsermittlung 7.2.2 (6)
- zulässige Beanspruchung 7.2.7.4; Tabelle 7-6

Lagesicherheitsnachweis 7.2.5; E 5

Längsfehlerprüfung B 6.5.2 (1)

Lastfall Tabelle 3-2; 7.1.3 (2); 7.1.4; Tabelle 7-1

- , Klassifizierung 7.1.5; Tabelle 7-1; Tabelle 7-8

Lastspielzahl 7.3.7.2 a); Bild 7-2; Bild 7-3; E 4.3.1 (2); Tabelle D-1

Lastverformungsdiagramm D 4.1.(3)

Lastverformungskennlinie D 4.1 (4)

Lichtbogenschweißen E 3.1

Lochleibung 7.2.2 (4); E 4.1.1 (1)

Lochleibungsdruck Tabelle 7-3; Tabelle 7-5.1; Tabelle 7-6;  
 Tabelle D-1; E 4.1.2 (1); E 4.2.1 (1); E 4.2.2 (4); E 4.3.1 (3);  
 E 4.3.2 (3)

Lochleibungsspannung E 4.1.2 (3)

Lochleibungsverbindung E 4.1

#### Magnetisierung B 3.1.2, 3.1.4.4

Magnetpulverprüfung B 3.1, B 4.1.1; B 4.3.1.1; B 6.3.1 (2);  
 B 6.3.2 (1)

Maßkontrolle 10.2.6 (2) a); Tabelle D-2

Membranspannung 7.3.3.2

Messgerät B 2.2 (1)

Montage 4 (1); 4.2 h); 9.10 (3); 12.4 (4), D 6; Tabelle D-2

Montagelast 7.1.2 (2) ae); 7.1.2 (3) b)

#### Oberfläche, gekrümmte B 3.4.3.3; Bild B-1

Oberflächenbeschaffenheit 9.10; Anhang A; B 3.1.3; B 3.2.2;  
 B 3.4.2

#### Oberflächenrissprüfung

- von austenitischen Erzeugnisformen B 5.1

- von Schmiedestücken B 4.3.1
- von Schweißnähten 10.2.4.3; B 6.3; B 7.1; Tabelle D-2
- von Schweißnahtfugenflanken B 6.2
- von Stäben 4.1.1
- von Verbindungselementen B 4.2.1

**Passschraube** Tabelle 7-3; E 4.2.1 (1); E 4.2.2 (3); E 4.3.2 (1);  
Tabelle D-1

**Personal** 9.1 (2)

- , Aufsichtspersonal 9.1 (4); B 2.1
- , Prüfpersonal 6.2 (3); B 2.1
- , Schweißpersonal 9.3

**Probenentnahme** 9.6.1 (4) c); Anhang A

**Profil** 1 (6); Tabelle 6-2; Tabelle 6-3; 8.2 (6); 8.2 (12); Anhang A

**Protokoll** 6.2 (4); 9.4.5; 9.4.6; 9.9.2; 10.3; 12; D 7.3 (2)

**Prüfanweisung** 12.2; B 2.1 (1); B 3.4.3.1; B 4.3.3 (2)

**Prüfaufsicht** 9.1 (4); B 2.1

**Prüfbericht** 9.6.1 (5); 9.6.2.2; B 2.1 (2)

**Prüfer** 6.2 (3); B 2.1

**Prüffläche** B 3.1.2 (3); B 3.1.3; B 3.2.2; B 3.4.2

**Prüfflüssigkeit** B 3.1.2 (5)

**Prüfkopfانpassung** B 3.4.3.3; Bild B-1

**Prüfmittel** B 2.2; B 3.1.2; B 3.1.2 (3); B 3.1.2 (4); B 3.2.1

**Prüfpersonal** 6.2 (3); B 2.1

**Prüfplan** 5 (1); 9.4.5 (4); 9.9.1 (5); 10.1 (1); 10.3 (1); 12.2; 12.5

**Prüfprotokoll** 6.2 (4); 10.3; 12; D 7.3 (2)

**Prüfstück** 9.3; 9.6.1 (5); 9.9.1 (2) f); Anhang A; B 3.4.3.2; B 6.5.2 (7)

**Prüfsystem** B 2.2 (3)

- , Eigenschaften B 3.2.1 (2)
- , Eignung B 3.2.1 (1)

**Prüfung**

- , Belegung 6.2 (4); 10.3; 12; D 7.3 (2)
- der Schweißnähte (visuelle) 10.2.4.2
- , Vorprüfung 5; 9.4.1
- , wiederkehrende Tabelle 3-1; 8.2 (11); 11; D 7.3
- , zerstörende 6.2
- , zerstörungsfreie 6.2 (4); 10.2.4.4; 10.2.5; Anhang A; Anhang B

**Prüfvermerk** 7.1.2 (3) j); 12.2 a); 12.2 b); D 7.2

**Pumpenunterstützung** 3 (1) a); 3 (1) b); Tabelle 3-1

**Qualitätsklasse** Formblatt 9-1

**Qualitätssicherung** 9.1

**Querbohrung** Tabelle B-8; Tabelle B-11

**Querschnittswert** 7.2.6 (2); E 3.1.1; E 5.3 (2)

**Reduktionsfaktor** 7.1.6 (5); Bild 7-1

**Regellast** 7.1.2 (3); Tabelle 7-1

- , nichtständige 7.1.2 (3) b)
- , ständige 7.1.2 (3) a)

**Registrierschwelle** B 4.3.2.3 (4); B 4.3.3 (3); Tabelle B-2; Tabelle B-4; Tabelle B-6; Tabelle B-8; Tabelle B-11

**Reibschweißen** E 3.2

**Reparaturplan** 12.5

**Reparaturschweißung** 9.6.1 (3); 12.5 (2)

**Rohr** Anhang A

- , zugelassene Werkstoffe Tabelle 6-2

**Rohrausschlagsicherung** Tabelle 3-1; Anhang D; Tabelle D-1; Tabelle D-2

- , Anforderungen 3 (1) d); D 1 (1)
- , Begriff 2 (3)
- , stoßartig belastete D 4.1 (2)
- , tragende Struktur D 4.1 (3)

**Rohrbruchlast** 7.1 (2) d); Tabelle 7-1

**Rohrleitung** 1 (2) e); 7.1.2 (3) a); 7.1.2 (4) e); D 1 (3) a); D 1 (4); D 2 (3); D 2 (4)

- , gebrochene 2 (3)
- , Versagen D 2 (1)
- , Zugänglichkeit für Prüfungen D 2 (2)

**Rohrleitungsführung** D 3.2 (2) d)

**Rohrleitungshalterung** 3 (1) a); Tabelle 3-1

**Sachverständiger** 2 (4); 5; 6.1 (1); 7.1.1; 7.2.1; 7.3; 9.1; 9.4.3.1; 9.4.6; 9.6; 9.8.1; 9.9.2; 10.1; 10.2.4; 10.2.6; Formblatt 9-1; Anhang A; B 2.1; B 3.2.1; B 3.4.3.1; B 4.1.1.2; B 5.2.3; B 6.3.2; C (5); D 4.5; D 5; Tabelle D-1; Tabelle D-2; Tabelle D-3; E 3.2

**Sammelbescheinigung** 9.4.6; 12.2 e)

**Sandstrahlen** 7.1.3 (6); E 4.2.2 (1)

**Sauberkeitsanforderung** 9.10; Anhang A; B 3.1.3; B 3.2.2; B 3.4.2

**Schaftquerschnitt** 7.2.2 (4) a)

**Scherbeanspruchung** 7.2.2 (4); Tabellen 7.5-1, 7.5-2, 7.5-3; E 4.2; E 4.3.1 (3)

**Scher-Lochleibung** Tabelle 7-3; Tabelle 7.5-1; Tabelle D-1; E 4.1; E 4.3.1 (3)

**Schmiedestück** Anhang A

- , Prüfung B 4.3; B 5
- , zugelassene Werkstoffe Tabelle 6-3

**Schraube**

- , Abminderungsfaktor 7.2.7.3 (2)
- , hochfeste E 4.1.1 (1); E 4.2; E 4.3.1 (2)
- , Spannungsnachweis 7.2.2; E 4.1.1 (1); E 4.1.2
- , tragende 8.2 (3)
- , vorgespannte 8.2 (7); 10.2.6 (2) c)
- , zugelassene Werkstoffe Tabelle 6-4
- , zulässige Spannungen 7.1.6 (3); 7.2.7.3; Tabelle 7-2; Tabelle 7-3; Tabelle 7.5-1; Tabelle 7.5-2; Tabelle 7.5-3; D 4.3.3; Tabelle D-1

**Schraubenvorspannung, planmäßige** 8.2 (7); 10.2.6 (2) c)

**Schraubenwerkstoff** Tabelle 6-4; 7.2.7.3

**Schraubverbindung** 6.1 (2); 7.2.7.3; 8.2 (3); D 4.3.3; E 4.1.2 (3); Tabelle 6-4

- , gleitfeste 7.1.3 (6)
- , hochfeste vorgespannte gleitfeste 7.2.2 (5)
- , hochfeste vorgespannte Tabelle 6-4
- , Spannungsermittlung 7.2.2 (4); E 4

**Schutz- und Sonderkonstruktion** 2 (5); 3.1 a); Tabelle 3-1

**Schweißanlage** 9.4.3

- , Bedienungspersonal 9.3 (2)

**Schweißarbeiten**

- auf Montagestellen 9.6.2.1
- , Dokumentation 9.4.5 (6); 9.4.6; 12.5
- , Durchführung 9.4.3
- , Kontrolle bei Bauprüfung 9.4.5 (4); 10.1; 10.2.3; Tabelle D-2
- , Unterbrechung 9.4.5

**Schweißaufsicht** 9.2; 9.4.3.1 (2); 9.4.5 (3)

**Schweißen**

- , arbeitstechnische Grundsätze 9.4
- , konstruktive Anforderungen 8.2
- , Wärmebehandlung 9.9

**Schweißer** 9.3

**Schweißerprüfung** 9.3; Tabelle D-2

**Schweißnaht**

- , Abstände E 3.1
- , Ausführung 9.4.4
- , beidseitig geschweißte 8.2 (2); Tabelle 7-4
- , einseitig geschweißte 8.2 (2); Tabelle 7-4
- , Kontrolle der Wärmebehandlung 10.2.3 (3) d)
- mit nachzuweisender Güte 10.2.4.3; 10.2.4.4 (4)

- , Prüfbarkeit 8.2 (11)
- , Prüfung 10.2.4; B 6; B 7; Tabelle D-2
- , Streckgrenzenvergleichswert Tabelle 7-2
- , unterbrochene E 3.1
- , zulässige Spannungen 7.1.6 (3); 7.3.5 (3); Tabelle 7-4
- zum Anschluss der Flansche E 3.1.2 (2)

Schweißnahtanschlussbereich 9.4.1

- , Prüfung 10.2.4.1; B 6.1

Schweißnahtfugenflanke 9.4.1

- , Prüfung 10.2.4.1; B 6.2

Schweißnahtgüte Tabelle 7-4; 9.4.4

Schweißnahtspannung E 3

Schweißplan 5.1 d); 9.4.3.2; 9.4.5 (5); 9.6.1 (4); Formblatt 9-1; 10.2.3 (3); Tabelle D-2

Schweißposition 9.6.1 (2); 9.6.2.4 (1) b)

Schweißprotokoll 9.4.5; 9.4.6; 12.2 e); Formblatt 9-1

Schweißrichtung 10.2.4.4 (3); Tabelle B-8; Tabelle B-11

Schweißung

- , beidseitige 9.6.2.4 (2)
- , länger andauernde 9.4.5 (3)
- , mechanisierte 9.6.2.4 (1) b); 9.6.2.4 (1) d)
- von austenitischen Stählen und höher festen Feinkornstählen 9.4.5 (1)

Schweißverbindung (siehe auch *Schweißnaht*)

- der Stähle S235 und S355 7.1.6 (5)
- , Spannungen 7.2.2; 7.2.7.2; D 4.3.2; E 3
- , Spannungsvergleichswert 7.3.2 (4)

Schweißzusätze und -hilfsstoffe 9.5; 9.6.1 (2) d); 9.6.2.3; 10.2.3 (2); Tabelle D-2

Senkschraube Tabelle 7-3; E 4.1.1 (4); E 4.1.2 (3); Bild E 4-1

Sonderlast 7.1.2 (3) d); 7.1.4; 7.2.2 (1); Tabelle 7-1; E 5.1

- , Aufnahme (z. B. Erdbeben) 8.1 (2) c)

Spannungsarmglühen 9.9.1 (2) a)

Spannungsbeurteilung 7.3.4

Spannungskategorie 7.3.3; 7.3.4.1 (1); 7.3.4.3

Spannungsnachweis D 4.1 (4) a)

- , allgemeiner 7.2.2; E 1; E 4.2.2 (5)
- der Normalbeanspruchung 7.2.2 (4) b)
- der Scherbeanspruchung 7.2.2 (4) a)
- für Schrauben 7.2.2 (4) d)

Spannungsquerschnitt 7.2.2 (4) b); E 4.3.1

Spannungsspitze 7.3.3.1 (1); 7.3.3.4; 7.3.4.1 (2); 7.3.7.1

Spannungsüberlagerung 7.3.3.2 (5); 7.3.4

Spannungsvergleichswert 7.3.2

Spannungszustand

- , räumlicher E 4.1.1 (2)
- , zweiachsiger E 2.7

Spezifikation 4; 7.1.1 (2); 7.1.3 (7)

Stab Tabelle 6-3; Anhang A; B 4.1; C 2 a)

Stabanschluss 8.2 (1)

Stabilglühen 9.9.1 (2) a)

Stabilitätsnachweis 7.2.3; 7.3.6; Tabelle 7-3; Anhang C; D 4.4; Tabelle D-1

Stabtragwerk 7.1.1 (3)

Stahlbaulastfall 3 (3); Tabelle 3-2

Stahlbühne 3 (1) b); Tabelle 3-1

Stahlguss Tabelle 6-5; Tabelle 7-2; Tabelle 7-3; Tabelle 7-4; Anhang A

- , Spannungsvergleichswert 7.3.2 (3)

Stahlgusskiesstrahlen 7.1.3 (6); E 4.2.2 (1)

Stegnaht E 3.1.2 (5)

Stempelung 10.2.1; 10.2.2 (1); 10.2.6 (2); 10.3 (1); Anhang A; Tabelle D-2

Streckgrenzenvergleichswert 7.1.6 (1); 7.1.6 (2); 7.1.6 (3); Tabelle 7-2; Tabelle 7-3; Tabelle 7-4

Stützfunktion 3 (1) b); Tabelle 3-1

## Stützkonstruktion

- , gegen Erdbeben auszulegende Tabelle 3-1
- , Verbindungsstelle 7.1.3 (1)
- , Verformung 7.3.1 (2)

Stumpfnah 10.2.4.4 (1); B 6.5.2; Bild B-5; Bild B-7; Bild B-8

Toleranz 4 (2) g); 8.2 (9)

Tolerierung 12.2 g)

T-Profil 1 (6); Tabelle 6-3; 8.2 (12); Anhang A

Träger D 1 (3); E 2.7 (2); E 3.1.2 (3)

- , biegesteifer Bild E 3-1; E 3.1.2 (5)

## Überwachung

- der Schweißdaten 9.4.3.1 (4)
- der Temperaturführung beim Umformen 9.8.2 (1)

Ultraschallprüfung 10.2.4.4; Anhang A; Anhang B

- auf Dopplungsfreiheit 8.2 (4); 10.2.4.1 b)
- , verfahrenstechnische Anforderungen B 3.4
- von austenitischen Erzeugnisformen B 5.2
- von ferritischen Stäben B 4.1.2
- von ferritischen Schmiedestücken B 4.3.2; B 4.3.3
- von Schweißnahtanschlussbereichen bei Blechen B 6.1
- von Schweißnähten 10.2.4.4; B 6.5

## Umformen 9.8

Unterlagen 12 (siehe auch *Dokumentation*)

- , Änderungen in 12.1 (2)
- , bautechnische E 5.3 (1)
- , beim Umformen zu berücksichtigende 9.8.1
- , für die Bau- und Abnahmeprüfung D 7.2
- , für das Schweißen erforderliche 9.4.1 b)
- für die Enddokumentation 1 (1); 12.2
- für die Vorprüfung 5
- , zum Reparaturplan zugehörige 12.5 (1)
- zur Durchführung der Verfahrensprüfung 9.6.1 (4)
- , Zusammenstellung der 12.4 (3)

Unternahriss 10.2.4.4 (2); B 6.5.3.2

Unterpulver-Schweißung 9.6.2.3 (3)

Verankerungslagetoleranz 8.2 (9)

Verbindungselement (siehe auch *Schraube*)

- , Prüfung B 4.2
- , zugelassene Werkstoffe Tabelle 6-4

Verfahrensprüfung 9.6

- , allgemeingültige Festlegungen 9.4.3.1; 9.6.1; 9.6.2.1
- , Bericht 9.6.1 (5); 9.6.2.2
- , Dokumentation 12.5
- für Reparaturschweißungen 9.6.1 (3)
- , Grundwerkstoffe 9.6.2.2
- , Gültigkeit 9.6.2; 10.2.2 (2)
- , Parameterabweichungen 9.6.2.4
- , Schweißzusätze und -hilfsstoffe 9.6.2.3
- , Wärmebehandlung 9.6.2.5
- zur Qualifikation der Schweißer 9.3

Verformung

- als Auslegungskriterium
- des Systems beim Nachweis der Sicherheit gegen Abheben und Umkippen Tabelle E 5-1
- von Flächentragwerken 7.3.1 (2)

Verformungsbegrenzung Tabelle 3-2; D 2 (6)

Verformungsnachweis 7.3.3.1 (2); D 4.1 (4) b)

Vergleichsreflektor B 3.4.3.2; Tabelle B-2; Tabelle B-4; Tabelle B-6; Tabelle B-8; Tabelle B-11

Vergleichsspannung 7.3.4; C (1); E 4.1.2 (4)

- , Ermittlung 7.2.2; 7.2.3; E 2.7; E 3.1.2 (5)
- , zulässige Tabelle 7-3; Tabelle 7-4; Tabelle D-1; E 4.3.1

Vergleichsspannungsschwingbreite 7.3.4.1; 7.3.4.3

- , Ermittlung 7.3.7.1;
- , zulässige Bild 7-2; Bild 7-3

Verkehrslast 7.1.2 (3) b)

Vorprüfung 5; 9.4.1

Vorprüfunterlage 10.2.6 (2) a); Tabelle D-2 (8)

**Wärmebehandlung** 9.9; Anhang A

- bei Verfahrensprüfungen 9.6.1; 9.6.2.5

- , Dokumentation 9.9.2; 12.2 d)

- , Kontrolle bei Rohrausschlagsicherungen Tabelle D-2

- , Kontrollen während der Fertigung 10.2.3 (3)

- nach dem Schweißen 9.4.3.1 (2)

- , Vorprüfunterlagen 5 (1) d)

Wärmebehandlungseinrichtung 9.9.1

Wärmebehandlungsplan 9.6.1 (4); 9.9.1 (1); 9.9.2;  
10.2.3 (3); 12.2 d)

Wasserstoffarmglühen 9.9.1 (2) a)

Werkstoff 6

- , Anforderungen Anhang A

- für Rohrausschlagsicherungen D 5

- , Kennwerte 4 (2); 7.1.6; 7.2.3

- , Kennzeichnung 10.2.1; 10.2.2 (1); 10.2.6 (2); Anhang A; Tabelle D-2

- , Streckgrenzenvergleichswerte Tabelle 7-2

- , Verfahrensprüfung 9.6.2.2

- , zugelassene Werkstoffe 6.1; Tabellen 6-1 bis 6-5

Werkstoffliste 10.2.6 (1); 12.2 a)

Werkstoffprüfblatt Anhang A

Werkstoffprüfung

- , zerstörende 6.2

- , zerstörungsfreie 6.2 (4); 10.2.4.4; 10.2.5; Anhang A;  
Anhang B

Werkstoffzeugnis 6.2; 10.2.1; 12.2 a); Anhang A; Tabelle D-2

**Zeichnung** 4 (2) f); 5 (1); 7.1.1 (4); 8.2; 9.4.1 b); 12.2 h)

**Zündstelle** B 3.1.2 (1); B 3.1.4.3; Tabelle D-2