

KTA 3205.1**Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen****Teil 1: Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen
für Primärkreis Komponenten in Leichtwasserreaktoren****Fassung 2018-10**

Frühere Fassungen der Regel: 1982-06 (BAnz. Nr. 215a vom 19. November 1982)
1991-06 (BAnz. Nr. 118a vom 30. Juni 1992)
2002-06 (Banz. Nr. 189a vom 10. Oktober 2002)

Inhalt		Seite
Grundlagen		2
1 Anwendungsbereich		2
2 Begriffe		4
3 Spezifikationen, Auslegungsdatenblatt, Unterlagen, Dokumentation, Vorprüfung und Prüfung		4
3.1 Spezifikationen		4
3.2 Auslegungsdatenblatt		4
3.3 Unterlagen für die Vorprüfung		4
3.4 Unterlagen für die Enddokumentation		4
4 Berechnung		5
4.1 Allgemeingültige Festlegungen		5
4.2 Verfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten		7
4.3 Verfahren mit zulässigen Spannungen		8
5 Konstruktion		19
5.1 Allgemeingültige Festlegungen		19
5.2 Anforderungen		19
6 Werkstoffe und Erzeugnisformen		19
6.1 Zugelassene Werkstoffe und Erzeugnisformen		19
6.2 Werkstoffprüfung und Nachweisbelegung		20
7 Herstellung		23
7.1 Voraussetzungen		23
7.2 Eignung des Herstellers		23
7.3 Personelle Voraussetzungen		23
7.4 Schweißen von Bauteilen		23
7.5 Umformen von Bauteilen		25
7.6 Wärmebehandlung		25
7.7 Kennzeichnung		25
7.8 Korrosionsschutz und Sauberkeitsanforderungen		25
7.9 Bauprüfung		25
8 Wiederkehrende Prüfungen		26
Anhang A: Werkstoffprüfblätter (WPB)		29
Anhang B: Zerstörungsfreie Prüfungen		71
Anhang C: Formelzeichen		77
Anhang D: Rohrausschlagsicherungen		78
Anhang E: Bemessungsannahmen		82
Anhang F: Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird		92
Anhang G: Änderungen gegenüber der Fassung 2002-06 (informativ)		100

Grundlagen

(1) Die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) haben die Aufgabe, sicherheitstechnische Anforderungen anzugeben, bei deren Einhaltung die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage (§ 7 Absatz 2 Nr. 3 Atomgesetz - AtG -) getroffen ist, um die im AtG und in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) festgelegten sowie in den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) und den „Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ weiter konkretisierten Schutzziele zu erreichen.

(2) In den Sicherheitsanforderungen werden in den Abschnitten 3.1 (1) und 6 (4) Anforderungen an passive Systeme gestellt. Die Regel KTA 3205.1 dient zur Konkretisierung von Maßnahmen zur Erfüllung dieser Anforderungen im Rahmen ihres Anwendungsbereichs. Hierzu werden 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 nicht-integralen 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.

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. Die Festlegungen gelten bis einschließlich Anschluss an die Ankerplatten oder andere im Zuständigkeitsbereich der Bauaufsicht liegende Konstruktionen.

(2) Zu den abzustützenden Primärkreiskomponenten gehören:

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

(3) An Komponentenstützkonstruktionen sind in Abhängigkeit von der sicherheitstechnischen Bedeutung der zu unterstützenden Komponente unterschiedliche Anforderungen zu stellen. Hierzu zählen:

- 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).

- 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 · l]. Diese müssen den Anforderungen von Regelungen außerhalb des KTA-Regelwerks genügen (Stahlbauklasse S3).

- Komponentenstützkonstruktionen, die Komponenten außerhalb des Primärkreises und der äußeren Systeme stützen, müssen Anforderungen außerhalb des KTA-Regelwerks genügen (Stahlbauklasse S3).

- Rohrausschlagsicherungen für Komponenten des Primärkreises und der äußeren Systeme müssen den Anforderungen gemäß Anhang D dieser Regel genügen.

Eine schematische Übersicht der Stahlbauklassifizierung von Komponentenstützkonstruktionen ist in **Tabelle 1-1** wiedergegeben. Die Auslegungskriterien und Nachweisziele der einzelnen Lastfallkategorien sowie die Bemessungssituationen sind in **Tabelle 1-2** definiert.

(4) Standardteile, die anders beansprucht oder eingesetzt werden als in den Anhängen zum Eignungsnachweis von KTA 3205.3 beschrieben oder nicht eignungsgeprüfte standardisierte Konstruktionen und Bauteile, erfordern Nachweise entsprechend dieser Regel und - falls erforderlich - Funktionsnachweise in Anlehnung an KTA 3205.3.

(5) 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 (Abklügelänge) 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

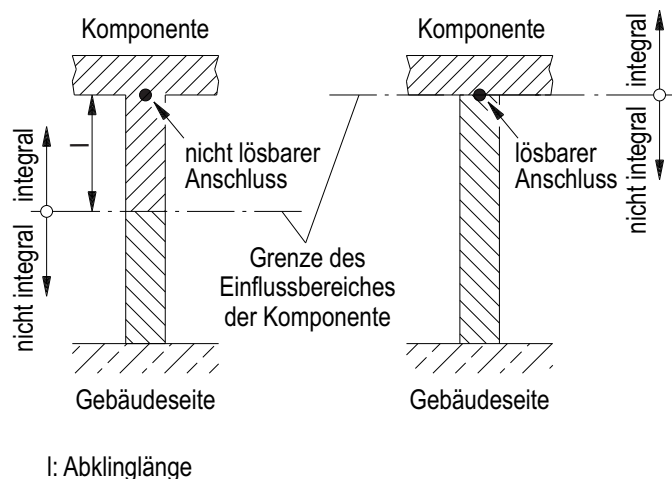


Bild 1-1: Anschlussarten der Komponentenstützkonstruktion und Einflussbereich der Komponente

Lfd. Nr.	Regelung der nichtintegralen Komponentenstützkonstruktionen in		KTA 3205.1	KTA 3205.2	Regelungen außerhalb KTA ¹⁾
			KTA 3205.3		
	Stahlbautyp		Komponenten nach KTA 3201	Komponenten nach KTA 3211	sonstige Komponenten
1	Stahlbühnen mit Stützfunktion		S1	S3 ²⁾	
2a	Rohrleitungs- und Armaturenhalterungen, Pumpenunterstützungen ³⁾	DN > 100	S1	S2 ⁵⁾	S3 ^{2), 5)}
2b		DN ≤ 100	S2 ^{4), 5)}	S3 ^{2), 5)}	
3a	Unterstützungen von Druckbehältern	Gewichtskraft ≥ 50 kN oder Druckliterprodukt ≥ 1000 [bar · l]	S1	S2	S3 ²⁾
3b		Gewichtskraft < 50 kN und Druckliterprodukt < 1000 [bar · l]	S1	S3 ²⁾	
4	Schutz- und Sonderkonstruktionen (ohne lfd. Nr. 5) einschließlich Lager für neue Brennelemente		S2		S3 ²⁾
5	Rohrausschlagsicherungen		Anforderungen siehe Anhang D		—

1) Entsprechend den zutreffenden Regeln der Technik.
2) Gegen Erdbeben auszuliegende Stützkonstruktionen müssen zusätzlich die Anforderungen nach KTA 3205.2 Abschnitt 3.1, Abschnitt 3.3 Absatz 2 und Abschnitt 7.8.3 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 1-1: Stahlbauklassifizierung der Komponentenstützkonstruktionen

Lastfallkategorien (Beanspruchungsstufen nach dieser Regel)	Bemessungssituation nach DIN EN 1990 und DIN EN 1993	Auslegungskriterien
H (Hauptlasten) HZ (Haupt- und Zusatzlasten)	Ständig und vorübergehend	Volle Gebrauchstauglichkeit, wiederholt belastungsfähig, stets wieder verwendbar.
HS1 (Haupt- und Sonderlasten)	Außergewöhnlich (selten)	Es wird volle Gebrauchstauglichkeit unterstellt. Nach Auftreten eines solchen Lastfalles kann eine Inspektion der betroffenen Komponentenstützkonstruktion erforderlich werden. Die Kriterien hierfür sind im Einzelfall festzulegen.
HS2 (Haupt- und Sonderlasten)	Außergewöhnlich	Erfüllung der Standsicherheit und Aufrechterhaltung notwendiger Funktionen (Begrenzung der Verformungen, z. B. Lagerspiele). Für die betroffene Komponentenstützkonstruktion ist im Einzelfall zu überprüfen, ob nach Auftreten eines solchen Lastfalles eine Reparatur oder ein Austausch erforderlich ist.
HS3 (Haupt- und Sonderlasten)		Reine Standsicherheit. Große plastische Verformungen sind zulässig. Für die betroffene Komponentenstützkonstruktion ist im Einzelfall zu überprüfen, ob nach Auftreten eines solchen Lastfalles eine Weiterverwendung möglich ist.

Tabelle 1-2: Lastfallkategorien mit zugehörigen Auslegungskriterien

2 Begriffe

- (1) Für die Anwendung dieser Regel gelten
- die Formelzeichen im Anhang C,
 - die Beanspruchungsstufen nach KTA 3201.2 und die nachfolgenden Begriffe.

(2) Enddokumentation

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

(3) 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.

(4) Rohrausschlagsicherungen

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

Hinweis:

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

(5) Sachverständiger

Sachverständiger für die Prüfungen nach dieser Regel ist der nach § 20 des Atomgesetzes von der Genehmigungs- oder Aufsichtsbehörde zugezogene Sachverständige.

(6) Schutz- und Sonderkonstruktionen

Schutz- und Sonderkonstruktionen sind Ausschlagsicherungen und sonstige energieverzehrende Elemente.

(7) Streckgrenzenvergleichswert

Der Streckgrenzenvergleichswert $R_{v0,2}$ ermittelt sich aus der Streckgrenze oder aus Streckgrenze und Bruchfestigkeit und ist eine (fiktive) Ersatzstreckgrenze.

(8) Vergleichskörper

Ein Vergleichskörper ist ein in den prüftechnisch relevanten Eigenschaften (z. B. Werkstoff, Schmiederichtung, Form, Wanddicke) dem Prüfgegenstand entsprechender Körper mit Bezugsmerkmalen (z. B. Nuten, Bohrungen), die an die Prüfaufgabe angepasst sind.

(9) Zulässigkeitskriterien bei der zerstörungsfreien Prüfung

Zulässigkeitskriterien bei der zerstörungsfreien Prüfung sind die Summe aller Festlegungen an Hand derer entschieden wird, ob eine Anzeige aus einer zerstörungsfreien Prüfung ohne weitere Maßnahmen als zulässig zu bewerten ist (Forderungen der Prüfanweisung sind erfüllt) oder ob weitere Maßnahmen erforderlich sind. Die Zulässigkeitskriterien beinhalten sowohl quantitative Festlegungen in Form von Zulässigkeitsgrenzen (z. B. Amplitudenhöhe, Anzeigenausdehnung, Häufigkeit, Abstände zwischen Anzeigen), als auch beschreibende Festlegungen (z. B. lineare oder runde Anzeige, Anzeige an der Oberfläche oder im Volumen, Anhäufung von Anzeigen).

3 Spezifikationen, Auslegungsdatenblatt, Unterlagen, Dokumentation, Vorprüfung und Prüfung

3.1 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:

- Bauteilbeschreibung,
- räumliche Abgrenzung, Aufstellungsorte,
- Hinweise zum Auslegungsdatenblatt (ADB),
- Berechnungshinweise,
- Werkstoffe, Werkstoffkennwerte,
- Zeichnungsunterlagen,
- Fertigungs- und Prüfvorschriften einschließlich Toleranzvorgaben,
- Bauüberwachung und Prüfung beim Hersteller und bei der Montage, Werks- und Baustellenabnahme (Bauprüfpläne),
- Funktionsprüfungen,
- Anstrich, Reinigung, Verpackung und Transport,
- geltende Regeln und
- Dokumentation.

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

3.2 Auslegungsdatenblatt

Das Auslegungsdatenblatt (ADB) enthält folgende Angaben:

- Art der Komponentenstützkonstruktion, Stahlbauklasse, Erdbebenklassifizierung, Ausführungsklasse der Schweißnähte für lastabtragende Bauteile (nach DIN EN 1090),
- Anlage, Anlagenteil, abzustützende Komponenten,
- Raum-Nummer,
- Höhenkote,
- Systembezeichnung, z. B. Bezeichnung der Rohrleitung nach dem Kraftwerk-Kennzeichnungs-System (KKS),
- auftretende Einwirkungen als charakteristische Werte (ohne Teilsicherheitsbeiwerte) oder Belastungen einschließlich Wirkungsrichtung, Überlagerung und Klassifizierung,
- Werkstoff oder Werkstoffgruppe,
- Auslegungstemperatur, Betriebs- und Störfalltemperaturen der Komponentenstützkonstruktionen,
- Prüfvermerk und
- falls notwendig, die erforderlichen Beweglichkeiten (Freiheitsgrade) und Verformungsbegrenzungen.

3.3 Unterlagen für die Vorprüfung

Die Unterlagen gemäß der laufenden Nr. 1 bis 8 und 12 nach **Tabelle 3-1** für Komponentenstützkonstruktionen nach **Tabelle 1-1** sind dem Sachverständigen zur Vorprüfung vor Fertigungsbeginn vorzulegen.

3.4 Unterlagen für die Enddokumentation

3.4.1 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.

(4) In die Enddokumentation sind alle Unterlagen und Prüfnachweise, die in den Abschnitten 6 und 7 aufgeführt sind, in der letztgültigen Fassung aufzunehmen.

3.4.2 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.

3.4.3 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.

Lfd. Nr.	Unterlagen zur Auslegung und Herstellung für die Enddokumentation
1	Inhaltsverzeichnis
2	Auslegungsdatenblätter (siehe Abschnitt 3)
3	Stücklisten ¹⁾ und Werkstofflisten ¹⁾ einschließlich der Abnahmeprüfzeugnisse nach DIN EN 10204. Der Hersteller, der Betreiber und der zuständige Sachverständige bestätigen in diesen Werkstofflisten mit Prüfvermerk, dass die geforderten Prüfungen durchgeführt und erfüllt sind
4	Konstruktionszeichnungen
5	Einstelldaten (bei beweglichen Halterungselementen) ¹⁾
6	Berechnungen (mit Angabe der Bauanschlusslasten oder Einwirkungen auf den Bauanschluss)
7	Bauprüfpläne: Der Hersteller, der Betreiber und der zuständige Sachverständige bestätigen im Bauprüfplan unabhängig von der Festlegung, ob ein Beleg erforderlich ist, mit Prüfvermerk, dass die durchgeführten Prüfungen erfüllt sind
8	Schweißpläne (bei Bedarf Wärmebehandlungsplan) und Schweißstellenlisten mit Angabe der Ausführungsklassen. Übergeordnete Schweißpläne, z. B. fugenformabhängige Schweißpläne sind zulässig.
9	Arbeitsprüfungen nach Abschnitt 7.4.3 (falls erforderlich)
10	Schweißprotokolle oder Sammelbescheinigungen: In die Schweißprotokolle sind alle Eintragungen gemäß Abschnitt 7.4.6 vorzunehmen. Für Sammelbescheinigungen gilt Abschnitt 7.4.6 (6).
11	Wärmebehandlungsplan und -protokolle nach Abschnitt 7.6 (falls erforderlich)
12	Prüfanweisungen für die zerstörungsfreien Prüfungen (falls erforderlich)
13	Protokolle über die durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen
14	Abweichungsberichte (Reparaturunterlagen, Tolerierungen)
15	Prüfsammelbestätigungen (dürfen in die Konstruktionszeichnungen integriert werden) Alle Prüfnachweise sind in einem Nachweisverzeichnis zusammenzufassen
¹⁾ Darf in die Konstruktionszeichnung integriert werden.	

Tabelle 3-1: Unterlagen zur Auslegung und Herstellung für die Enddokumentation

4 Berechnung

4.1 Allgemeingültige Festlegungen

4.1.1 Wahl der Nachweisführung

(1) Im Rahmen dieser Regel sind zwei Nachweisverfahren zugelassen:

- Verfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten gemäß Eurocode (DIN EN 1990, DIN EN 1991 und DIN EN 1993)
- Verfahren mit globalem Sicherheitsbeiwert (σ_{zul} -Konzept)

Die Anwendung ist in den folgenden Absätzen geregelt.

(2) Für Komponentenstützkonstruktionen in neu zu errichtenden Systemen ist das Verfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten gemäß Eurocode (DIN EN 1990, DIN EN 1991 und DIN EN 1993) anzuwenden. Für neue Komponentenstützkonstruktionen in bestehenden Systemen, die anhand des Verfahrens mit globalem Sicherheitsbeiwert (σ_{zul} -Konzept) ausgelegt worden sind, dürfen beide Verfahren gleichrangig verwendet werden.

(3) Die gleichzeitige Verwendung beider Verfahren innerhalb der gesamten Nachweisführung für eine Komponentenstützkonstruktion ist grundsätzlich nicht zulässig. Ausgenommen ist die Bemessung von Bauteilen nach einem anderen Normenwerk, wenn die betreffenden Bauteile mit dem Gesamttragwerk nicht monolithisch verbunden sind und die Übertragung der Schnittgrößen innerhalb des Gesamttragwerkes sowie die Gesamtstabilität nicht beeinflusst werden.

(4) Im Rahmen der Auslegung sind die Einwirkungen oder Belastungen

- den Bemessungssituationen des Bauwesens (ständig, vorübergehend und außergewöhnlich) oder
- den Lastfallkategorien (H, HZ, HS1, HS2/HS3)

zuzuordnen (siehe **Tabelle 1-2** und exemplarische Zuordnung in **Tabelle 4-1**).

Hinweis:

Zuordnung der Anforderungskategorien A1, A2 und A3 (DIN 25449) siehe **Tabelle 4-1**.

(5) Komponentenstützkonstruktionen aus ferritischen Stählen, für die über das einfache Knicken hinausgehende Stabilitätsnachweise (Biegedrillknicken oder Beulen bei Flächentragwerken) notwendig sind, sind mit dem Verfahren der Teilsicherheitsbeiwerte nachzuweisen. Daneben dürfen andere Nachweisverfahren (z. B. Finite Elemente Methode) in Abstimmung mit dem Sachverständigen angewendet werden.

(6) Neben den in (1) genannten Verfahren dürfen spezielle Nachweise nach den im Anhang C der KTA 3201.2 beschriebenen Rechenmethoden sowohl für Komponentenstützkonstruktionen in neu zu errichtenden Systemen, als auch für neue Komponentenstützkonstruktionen in bestehenden Systemen (z. B. Finite-Elemente-Methode, elasto-plastisches Verfahren) durchgeführt werden.

(7) Komponentenstützkonstruktionen aus austenitischen Werkstoffen, für die Stabilitätsnachweise notwendig sind, sind mit dem Verfahren der Teilsicherheitsbeiwerte nachzuweisen.

4.1.2 Umfang der Nachweisführung

(1) 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 keine Werte aus anderen Berechnungen ohne Quellenangabe oder Herleitung übernommen werden.

(2) Die Nachweisführung muss Angaben über

a) Einwirkungen und Einwirkungskombinationen, Bemessungswerte der Beanspruchbarkeiten und Nachweis der Grenzzustände oder

b) Lasten und Lastfallkombinationen, zulässige Spannungen und Spannungsnachweise enthalten.

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

(4) Ein Ermüdungsnachweis ist bei hochdynamisch belasteten Halterungen (z. B. bei Schwingungsdämpfern) zu führen. Bei vorwiegend ruhenden Beanspruchungen darf der Betriebsfestigkeits- oder Ermüdungsnachweis entfallen. Vorwiegend ruhende Beanspruchungen liegen vor, wenn keine hochdynamischen Beanspruchungen (z. B. infolge von Druckpulsationen, Fremdanregungen, Turbulenzen) auf die Komponentenstützkonstruktionen wirken.

Hinweis:

Ermüdungsnachweise sind je nach Verfahren und Anwendungsfall z. B. in KTA 3201.2, DIN EN 1993-1-9 und VDI 2230 geregelt.

4.1.3 Grundsätze der Nachweisführung

(1) Die rechnerischen Nachweise sind im Allgemeinen auf der Basis der technischen Biegelehre, Stabstatik oder der Theorie der Flächentragwerke zu erbringen. Es dürfen auch numerische Methoden (z. B. Finite Elemente Methode) eingesetzt werden.

(2) Je nach Art des Tragwerkes ist der Festigkeitsnachweis als Stabtragwerk oder als Flächentragwerk zu erstellen.

(3) Die Ausnutzung des plastischen Verhaltens ist zulässig. In diesen Fällen ist die Rückwirkung auf die zu halternde Komponente zu berücksichtigen. Weitere Details sind in den Abschnitten 4.2 und 4.3 geregelt. Für Ausschlagsicherungen gelten die Festlegungen des Anhangs D.

(4) Dynamische Belastungen dürfen durch statische Ersatzlasten erfasst werden. Weitere Details sind in den Abschnitten 4.2 und 4.3 geregelt.

(5) Neben den rechnerischen Nachweisen dürfen ersatzweise oder ergänzend auch Nachweise durch Versuche geführt werden. Das Versuchsprogramm ist mit dem Sachverständigen abzustimmen.

(6) Im Einzelfall dürfen die mechanischen Kennwerte für die Berechnung den Abnahmeprüfzeugnissen nach DIN EN 10204 entnommen werden.

(7) Die Streckgrenze R_{eH} und die 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ werden als gleichwertig betrachtet, sofern nicht durch **Tabelle 4-4** und **Tabelle 4-5** anders geregelt.

(8) Für T-Stöße von Hohlprofilen sind die Versagensmechanismen nach DIN EN 1993-1-8 zu berücksichtigen.

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

4.1.4 Einfluss der Temperatur

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

Hinweis:

Die Temperaturverteilung in rohrumschließenden Bauteilen ist z. B. in KTA 3205.3 geregelt.

(2) Für die Auslegung derjenigen Komponentenstützkonstruktionen, deren sicherheitstechnische Aufgabenstellung bei Störfällen erfüllt werden muss, ist in Abhängigkeit der Einwirkung oder des Lastfalls die Bauteiltemperatur zum betrachteten Zeitpunkt zugrunde zu legen.

(3) Für die Stähle S235 (St 37) und S355 (St 52) sind für Temperaturen größer als 80°C die Streckgrenze und die Zugfestigkeit in Abhängigkeit der Temperatur gemäß **Bild 4-1** zu reduzieren. Andere Werkstoffe (siehe Abschnitt 6), für die keine Warmstreckgrenze vorliegt, sind wie der S355 abzumindern.

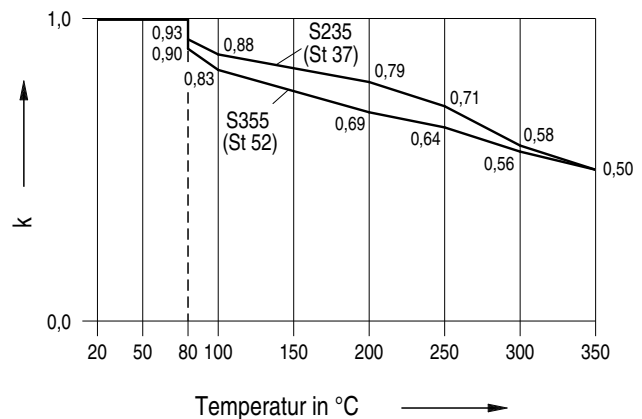


Bild 4-1 Reduktionsfaktor k zur Ermittlung der Warmstreckgrenze und der Zugfestigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur

Dabei gelten folgende Beziehungen:

$$R_{eHT} = k \cdot R_{eH} \quad (4-1)$$

$$R_{p0,2T} = k \cdot R_{p0,2} \quad (4-2)$$

$$f_{yT} = k \cdot f_y \quad (4-3)$$

$$f_{uT} = k \cdot f_u \quad (4-4)$$

Hierbei bedeuten:

f_{yT} Nennwert der Streckgrenze bei Temperatur (T)

f_y Nennwert der Streckgrenze bei Raumtemperatur (RT)

f_{uT} Nennwert der Zugfestigkeit bei Temperatur (T)

f_u Nennwert der Zugfestigkeit bei Raumtemperatur (RT)

R_{eHT} Streckgrenze bei Temperatur (T)

R_{eH} Streckgrenze bei Raumtemperatur (RT)

$R_{p0,2T}$ 0,2%-Dehngrenze bei Temperatur (T)

$R_{p0,2}$ 0,2%-Dehngrenze bei Raumtemperatur (RT)

(4) Die Temperaturabhängigkeit des Elastizitätsmoduls, des Gleitmoduls und der Wärmedehnungszahl braucht nicht berücksichtigt zu werden.

(5) Falls durch konstruktive Maßnahmen (z. B. Dehnhülsen oder Langlöcher) ausreichende Ausdehnungsmöglichkeiten vorgesehen werden, müssen Zwängungsbeanspruchungen innerhalb der Komponentenstützkonstruktion rechnerisch nicht nachgewiesen werden. Zwängungsbeanspruchungen innerhalb der Komponentenstützkonstruktion müssen auch nicht berücksichtigt werden, wenn nachgewiesen ist, dass die fiktive freie Temperaturexpansion des betreffenden Bauteils ein Maß von 1 mm nicht überschreitet.

(6) Kräfte aus behinderter Wärmedehnung der Komponentenstützkonstruktion sind bei den Bauanschlusslasten zu berücksichtigen.

(7) Für Schrauben sind bei Temperaturen größer als 80 °C die zulässigen Spannungen nach der Produktnorm oder Werkstoffnorm zu ermitteln. Für Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 8.8, 10.9 und Schrauben aus den Materialien C35, 24CrMo5 und 21CrMoV5-7 dürfen die Abminderungsfaktoren k des Stahls S235 (St 37) nach **Bild 4-1** verwendet werden.

(8) Für hochfeste vorspannbare gleitfeste Schraubverbindungen (GV-Verbindungen) bei Auslegungstemperaturen größer als 100 °C ist ein zusätzlicher Tragfähigkeitsnachweis zur Sicherstellung der GV-Verbindungen zu erbringen.

4.1.5 Druckübertragung durch Kontakt

Druckkräfte normal zur Kontaktfuge dürfen vollständig über Kontakt übertragen werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die Stoßflächen der in den Kontaktfugen aufeinandertreffenden Teile sind eben und zueinander parallel.
- Lokale Instabilitäten infolge herstellungsbedingter Imperfektionen sind ausgeschlossen.
- Seitliches Ausweichen der Bauteile am Kontaktstoß ist ausgeschlossen.
- Die gegenseitige Lage der miteinander zu stoßenden Teile ist gesichert, wobei für den Nachweis der Sicherung der gegenseitigen Lage der Bauteile Reibungskräfte nicht ange-setzt werden dürfen.
- Ein eventueller Luftspalt darf nicht größer als 0,5 mm sein.

4.1.6 Reibungskräfte

(1) Die Reibungseinflüsse sind nur in den Einwirkungskombinationen 0, 1 und 2 gemäß **Tabelle 4-2** oder den Lastfällen H und HZ gemäß der **Tabelle 4-3** nachzuweisen. Als Reibungsbeiwerte μ gelten - ohne genaueren Nachweis - für ferritische Stähle:

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

(2) Geringere Reibungsbeiwerte sind zulässig, wenn geeignete Maßnahmen (z. B. Anordnung von Gleitplatten) getroffen werden. Die Reibungsbeiwerte sind dann zu belegen.

(3) Als Reibungsbeiwert für den Lagesicherheitsnachweis einer Konstruktion gilt - ohne genaueren Nachweis - μ gleich 0,15. Andere Reibungsbeiwerte sind bei Nachweis zulässig.

(4) Für gleitfeste Schraubverbindungen gelten die Mindestreibwerte nach Norm (z. B. nach DIN EN 1993-1-8, Abschnitt 3.9). Bei einer der folgenden Reibflächenvorbereitungen darf ohne genaueren Nachweis ein Reibungsbeiwert von $\mu = 0,5$ verwendet werden:

- 2 x Flammstrahlen
- Stahlgusskiesstrahlen

(5) Schrauben aus nichtrostenden Stählen dürfen für gleitfeste Verbindungen nicht eingesetzt werden, wenn nicht durch Versuche im Einzelfall Nachweise erfolgen.

4.2 Verfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten

(1) Es sind für alle Einwirkungskombinationen mit gleichzeitig wirkenden Einwirkungen - soweit jeweils zutreffend - folgende Nachweise zu erbringen:

- Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit,
- Stabilitätsnachweis (Knicken, Biegedrillknicken, Beulen),
- Lagesicherheitsnachweis (Umkippen, Rutschen, Abheben),
- Nachweis des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit. Angaben - soweit erforderlich - erfolgen im Auslegungsdatenblatt (ADB). Festlegungen erfolgen funktionsbedingt.

(2) Bei Bestimmung der Grenzwerte der Beanspruchbarkeit gemäß DIN EN 1993 sind für die Streckgrenze f_y und die Zugfestigkeit f_u die Materialkennwerte gemäß **Tabelle 4-4** zu verwenden.

(3) Bei der Verwendung von Stahlguss (ferritisch, martensitisch, austenitisch) ist die Vorgehensweise bei der Berechnung mit dem Sachverständigen abzustimmen.

4.2.1 Einwirkungsarten

Hinweis:

Die Begriffe Einwirkungen (ständig, veränderlich, außergewöhnlich), Einwirkungsarten, Einwirkungskombinationen, Bemessungssituationen, Teilsicherheitsbeiwert, Grenzzustand der Tragfähigkeit, Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind in DIN EN 1990 und in DIN EN 1993 definiert.

Es sind alle Einwirkungen anzugeben, die einzeln oder kombiniert mit anderen wirksam sind. Einwirkungsanteile dürfen entfallen, wenn sie vergleichsweise gering sind. Zu den Einwirkungen gehören:

- Ständige Einwirkungen G (Ständige Regellasten): Eigengewicht der Tragkonstruktion und Gewicht der Komponenten mit Füllung und Dämmung (soweit vorhanden) - wie z. B. Rohrleitungen - soweit nicht in den Komponentenlasten A bis D nach KTA 3201.2 enthalten.
- Veränderliche Einwirkungen Q (Nichtständige Regellasten) B1: Bei Betrieb länger anstehend, z. B. Stapel- oder Montage-lasten. B2: Außerhalb der Betriebszeit oder aber nur kurzzeitig während des Betriebs auftretende Stapel-, Prüf- oder Verkehrslasten. Komponentenlasten A, B und P.
- Außergewöhnliche Einwirkungen A (Sonderlasten): Zum Beispiel Komponentenlasten C und D, Einwirkungen von außen (EVA) wie Erdbeben oder Einwirkungen von innen (EVI) wie Rohrbruchlasten, Strahlkräfte, Störfalldruck und -temperatur.

4.2.2 Nachweis der Grenzzustände

4.2.2.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit

Die Einwirkungskombinationen für den Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit sind nach **Tabelle 4-2** vorzunehmen, sofern keine Abweichungen im Auslegungsdatenblatt festgelegt werden.

4.2.2.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Die Einwirkungskombinationen für den Nachweis des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit sind projekt- und systemspezifisch dem Auslegungsdatenblatt zu entnehmen.

4.2.2.3 Nachweis der Lagesicherheit

Zusätzlich zu den beiden Grenzzuständen ist die Lagesicherheit (Umkippen, Rutschen, Abheben) nachzuweisen.

4.2.3 Beanspruchbarkeit

Die charakteristischen Werte der Beanspruchbarkeit werden mit den Teilsicherheitsbeiwerten γ_M nach DIN EN 1993 in Verbindung mit den entsprechenden nationalen Anhängen bestimmt, z. B.:

- γ_{M0} für die Beanspruchbarkeit von Querschnitten
- γ_{M1} für die Beanspruchbarkeit bei Stabilitätsversagen
- γ_{M2} für die Beanspruchbarkeit von Querschnitten bei Bruchversagen infolge Zugbeanspruchung

4.2.4 Nachweise

4.2.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Für die in den Grenzzuständen zu führenden Nachweise von Bauteilen aus Stahl oder Komponenten gelten die Regelungen in DIN EN 1993, Teile 1-1, 1-3 bis 1-10 und 1-12. Bei Bauteilen aus nichtrostenden Stählen sind zusätzlich zu DIN EN 1993-1-4 die Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6 zu berücksichtigen. Die in dieser Zulassung definierten Abweichungen von den Bestimmungen der genannten Normen sind zu beachten.

(2) Krafteinleitungen in Profile sind nach DIN EN 1993-1-8 auszulegen.

(3) Die plastische Tragwerksberechnung nach DIN EN 1993-1-1, Abschnitt 5.4.3 ist nur für Querschnittklasse 1 und die Materialien lfd. Nrn. 1 und 2 gemäß **Tabelle 4-4** für die Einwirkungskombinationen 4 bis 7 nach **Tabelle 4-2** zulässig. Die Verfahrensweise und die Anwendung auf andere Materialien sind mit dem Sachverständigen abzustimmen. Diese Methode ist nicht anwendbar für dynamische Berechnung mittels statischer Ersatzlasten.

(4) Die Spannungsbewertung von Flächentragwerken (Platte oder Schale) ist nach DIN EN 1993-1-5, DIN EN 1993-1-6 und DIN EN 1993-1-7 durchzuführen.

4.2.4.2 Bemessungswert der Tragfähigkeit eignungsgeprüfter Bauteile

(1) Für nach KTA 3205.3 eignungsgeprüfte Bauteile mit einem Lastverhältnis H zu HZ zu HS gleich 1 zu 1,15 zu 1,5 ergibt sich der Bemessungswert der Tragfähigkeit zu

$$F_{Rd} = 1,5 F_{(Lastfall H)} \quad (4-5)$$

(2) Für nach KTA 3205.3 eignungsgeprüfte Bauteile mit einem Lastverhältnis H zu HZ zu HS gleich 1 zu 1,5 zu 1,7 ist

$$F_{Rd} = 1,7 F_{(Lastfall H)} \quad (4-6)$$

4.2.4.3 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

(1) Grenzzustände der Verformungen sind nach DIN EN 1993-1-1, Abschnitt 7 zu bestimmen und zu bewerten, wenn es zur Erfüllung der Funktion erforderlich ist.

(2) Bei einer plastischen Tragwerksberechnung sind die Grenzzustände der Verformung in jedem Fall zu bestimmen und nachzuweisen.

4.3 Verfahren mit zulässigen Spannungen

(1) Es sind für alle Lastfälle oder Lastfallkombinationen mit gleichzeitig wirkenden Belastungen - soweit jeweils zutreffend - folgende Nachweise zu erbringen:

- Allgemeiner Spannungsnachweis (Festigkeitsnachweis),
- Stabilitätsnachweis,
- Lagesicherheitsnachweis (Umkippen, Rutschen, Abheben),
- Nachweis der Verformungsbegrenzung. Angaben - soweit erforderlich - erfolgen im Auslegungsdatenblatt (ADB). Festlegungen erfolgen funktionsbedingt.

(2) Die Ausnutzung des plastischen Verhaltens ist im Lastfall HS2/HS3 zulässig. Für Austenite darf hierbei die 1,0 %-Dehngrenze, jedoch nicht mehr als 360 N/mm² verwendet werden. Die Verfahrensweise ist mit dem Sachverständigen abzustimmen. Die Verformungen sind nachzuweisen und zu bewerten.

(3) Dynamische Belastungen dürfen durch statische Ersatzlasten erfasst werden. Dabei darf jedoch das globale plastische Verhalten (z. B. Fließgelenk) nicht ausgenutzt werden. Die Ausnutzung von lokal plastischem Verhalten ist mit dem Sachverständigen abzustimmen.

(4) Bei speziellen Festigkeitsnachweisen dürfen im Einzelfall zulässige Spannungen abweichend von den Abschnitten 4.3.3.2 und 4.3.4.5 mit dem Sachverständigen festgelegt werden.

4.3.1 Lasten und Lastfälle

Es sind alle Belastungen anzugeben, die einzeln oder kombiniert mit anderen wirksam sind. Lastanteile dürfen entfallen, wenn sie vergleichsweise gering sind. Zu den Belastungen gehören:

- Ständige Regellasten: Eigengewicht der Tragkonstruktion und Gewicht der Komponenten mit Füllung und Dämmung (soweit vorhanden) - wie z. B. Rohrleitungen - soweit nicht in den Komponentenlasten A bis D nach KTA 3211.2 enthalten.
- Nichtständige Regellasten B1: Bei Betrieb länger anstehend, z. B. Stapel- oder Montagelasten. B2: Außerhalb der Betriebszeit oder aber nur kurzzeitig während des Betriebs auftretende Stapel-, Prüf- oder Verkehrslasten.
- Komponentenlasten A bis D: Dies sind von der abzustützensen Komponente ausgehende Lasten, soweit nicht unter ständiger Regellast in Punkt a) bereits erfasst.
- Sonderlasten: Zum Beispiel Einwirkungen von außen (EVA) wie Erdbeben oder Einwirkungen von innen (EVI) wie Rohrbruchlasten, Strahlkräfte, Störfalldruck und -temperatur.

4.3.2 Klassifizierung der Belastungen

(1) Die Lastkombinationen sind projekt- und systemspezifisch im Auslegungsdatenblatt festzulegen.

(2) Die Zuordnung der Lastkombinationen zu den Lastfallkategorien (Beanspruchungsstufen) ist nach **Tabelle 4-3** vorzunehmen, sofern keine Abweichungen im Auslegungsdatenblatt festgelegt werden.

4.3.3 Bemessung von stabförmigen Bauteilen

4.3.3.1 Allgemein gültige Festlegungen

(1) Die Spannungen (einschließlich Vergleichsspannungen) sind nach Anhang E zu ermitteln. Dies gilt auch für Bolzen.

(2) Einfache Stabilitätsnachweise (Knicken) für Druckstäbe aus ferritischen Stählen sind nach KTA 3205.2 Anhang A zu führen.

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

4.3.3.2 Zulässige Spannungen

Die Streckgrenzenvergleichswerte sind in Abhängigkeit vom Werkstoff in **Tabelle 4-5** festgelegt. Für die Lastfälle H, HZ und HS1/HS2/HS3 gelten die auf den Streckgrenzenvergleichswert bezogenen zulässigen Spannungen gemäß **Tabelle 4-6**, **Tabelle 4-7**, **Tabelle 4-9** und **Tabelle 4-10**.

4.3.3.3 Verbindungsmittel Schrauben

(1) Schraubverbindungen sind nach Abschnitt E 4 nachzuweisen.

(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 4-8** einzusetzen.

(3) Für Schrauben, die nicht den Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 8.8 oder 10.9 angehören, errechnen sich die zulässigen Spannungen nach **Tabelle 4-10**.

(4) Zur Ermittlung der zulässigen Abscherkraft ist die zulässige Schubspannung der Schraube mit dem Querschnitt im Abscherbereich (Schaft- oder Kernquerschnitt) zu multiplizieren.

(5) Zur Ermittlung der zulässigen Schraubenzugkraft ist die zulässige Normalspannung der Schraube bei metrischem ISO-Gewinde gemäß DIN 13-1 mit dem Spannungsquerschnitt zu multiplizieren, ansonsten mit dem Kernquerschnitt.

Hinweis:

Der Schaftquerschnitt, der Spannungsquerschnitt und der Kernquerschnitt können der **Tabelle 4-11** entnommen werden.

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

(7) Bei Schrauben, die im Gewindebereich auf Abscheren beansprucht werden, ist zusätzlich die Vergleichsspannung σ_V nachzuweisen:

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (4-7)$$

(8) Für den Nachweis der zulässigen Lochleibung ist der Schraubenquerschnitt maßgebend.

(9) 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.

(10) Hochfeste Schrauben, z. B. Festigkeitsklasse 8.8 und 10.9, dürfen als planmäßig vorgespannte Schrauben ausgeführt werden (gleitfest vorgespannte Verbindung). Die Vorspannkraft, die Zugkraft und die Querkraft dürfen die zulässigen Werte aus **Tabelle 4-12** und **Tabelle 4-13** nicht überschreiten.

Hinweis:

Vorspannkraft für Verschraubungen aus anderen Materialien sind in VDI 2230 Blatt 1 angegeben.

(11) Bei GV- und GVP-Verbindungen ist bei gleichzeitiger Beanspruchung aus äußerer Belastung in Richtung und senkrecht zur Richtung der Schraubenachse die zulässige übertragbare Querkraft gemäß Anhang E Gleichungen (E 4-8) und (E 4-9) abzumindern.

4.3.3.4 Schweißverbindungen

(1) Die zulässigen Spannungen für Schweißnähte sind der **Tabelle 4-7** zu entnehmen.

(2) Die Spannungen für Schweißverbindungen sind nach Abschnitt E 3 zu ermitteln. Der Vergleichswert σ_V nach Anhang E Gleichung (E 3-7) darf nur für Stähle der lfd. Nrn. 1 und 2 der **Tabelle 4-5** verwendet werden. Ansonsten ist die Vergleichsspannung nach den Gleichungen (E 2-15) und (E 2-16) zu bilden.

Hinweis:

Die prinzipiellen Vorgaben für Mischnähte (z. B. austenitisch – ferritisch) können neben dem Zulassungsbescheid Z-30.3-6 auch DIN EN 1090 und DIN EN 1993-1-8 ergänzend entnommen werden.

(3) Als Kehlnähte dürfen in der Berechnung nur Schweißnähte berücksichtigt werden, wenn die Flanken der zu verbindenden Bauteile einen Öffnungswinkel im Bereich von 60° bis 120° haben.

4.3.3.5 Steifenlose Lasteinleitung

(1) In Walzprofile mit H-förmigem Querschnitt dürfen Kräfte ohne Aussteifung eingeleitet werden, wenn

- der Betriebsfestigkeitsnachweis nicht maßgebend ist und
- der Trägerquerschnitt gegen Verdrehen und seitliches Ausweichen gesichert ist und
- der Nachweis erbracht wird, dass eine steifenlose Lasteinleitung aus statischer Sicht möglich ist.

(2) Für die Berechnung der mittragenden Länge darf die Lastausbreitung mit einer Steigung von 1 zu 2,5 angenommen werden. Dabei darf sowohl der Gurt als auch der Abrundungsbereich mitberücksichtigt werden. Für verschiedene Fälle a), b) und c) ist die Berechnung der mittragenden Länge in **Bild 4-2** dargestellt.

Hinweis:

In den Bildern 4-2a, 4-2b und 4-2c sind nicht alle Kraftgrößen, die zum Gleichgewicht gehören, eingetragen.

(3) Die Spannungen müssen die folgenden Bedingungen einhalten:

- für σ_x und σ_z mit unterschiedlichen Vorzeichen und

$$|\sigma_x| > 0,5 \cdot \sigma_{zul} \quad (4-8)$$

$$\sigma_z = \frac{F}{s \cdot L (1,25 - 0,5 |\sigma_x| / \sigma_{zul})} \leq \sigma_{zul} \quad (4-9)$$

- für alle anderen Fälle

$$\sigma_z = \frac{F}{s \cdot L} \leq \sigma_{zul} \quad (4-10)$$

Hierbei bedeuten:

σ_x Normalspannung im Träger im maßgebenden Schnitt nach **Bild 4-2**

s Stegdicke des Trägers

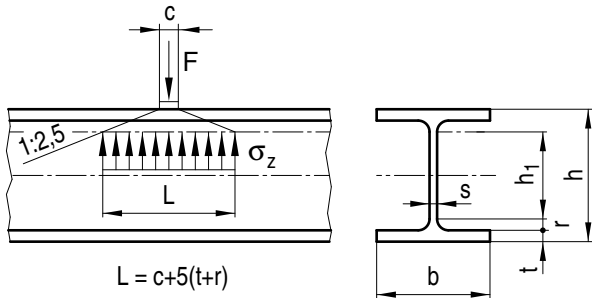
L mittragende Länge nach **Bild 4-2**

(4) Für Stegslankheiten (Verhältnis Steghöhe zu -dicke) größer als 60 ist zusätzlich ein Beulsicherheitsnachweis für den Steg zu führen.

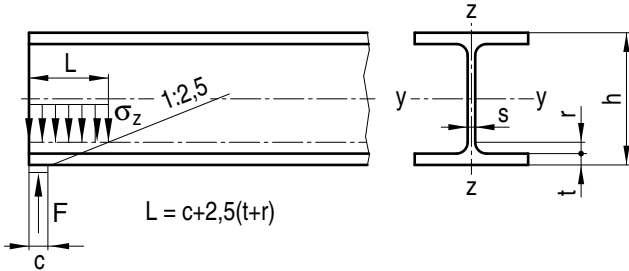
4.3.3.6 Stabilitätsnachweis

Einfache Stabilitätsnachweise (Knicken) für Druckstäbe aus ferritischen Stählen sind nach KTA 3205.2 Anhang A zu führen. Eine Abminderung des E-Moduls aufgrund erhöhter Temperatur darf im Allgemeinen vernachlässigt werden.

a) Einleitung einer Einzellast im Feld (gleichbedeutend mit Einleitung einer Auflagerkraft an einer Zwischenstütze)



b) Einleitung einer Auflagerkraft am Trägerende:



c) Träger auf Träger:

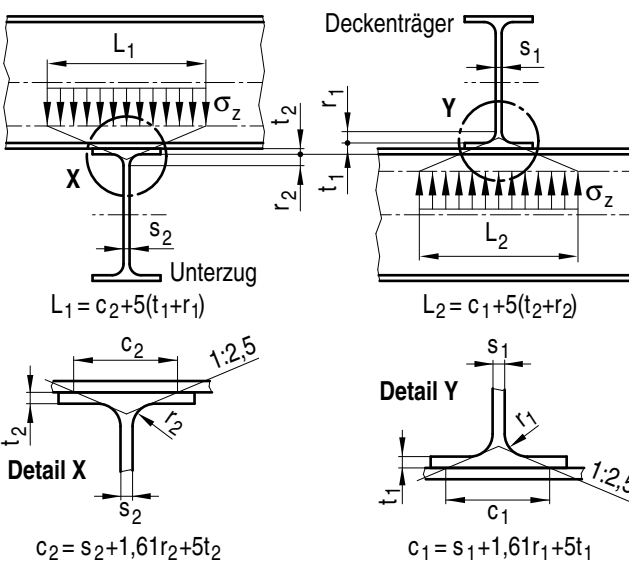


Bild 4-2: Steifenlose Lasteinleitung bei Walzprofilen mit H-Querschnitt (angelehnt an DIN 18800-1 historisch)

4.3.3.7 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.

4.3.3.8 Lagesicherheitsnachweis

Beim Lagesicherheitsnachweis nach Anhang 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.

4.3.4 Berechnung von nichtstabförmigen Bauteilen

4.3.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

Die nachfolgenden Festlegungen gelten für die Schnittgrößen- und Spannungsermittlung (nach Scheiben-, Platten-, Schalen-

oder Volumentheorie) nach der Elastizitätstheorie von nichtstabförmigen Bauteilen unter Berücksichtigung von geometrischen Unstetigkeiten.

4.3.4.2 Spannungsvergleichswert S_m

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

$$S_m = \min \left\{ \frac{R_{eHT}}{1,5}; \frac{R_m}{2,4} \right\} \quad (4-11)$$

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

$$S_m = \min \left\{ \frac{R_{p0,2T}}{1,1}; \frac{R_{mT}}{2,4} \right\} \quad (4-12)$$

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

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

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

$$S_m = \frac{R_{p0,2T}}{2,0} \quad (4-13)$$

Für andere Beanspruchungen gilt die Gleichung (4-11) oder die Gleichung (4-12). Für Zug- und Biegezugbeanspruchung dürfen die Gleichungen (4-11) und (4-12) nur in Abstimmung mit dem Sachverständigen angewendet werden.

(4) Für Schweißverbindungen ist der Spannungsvergleichswert S_m nach den Gleichungen (4-11) bis (4-13) wie für Bauteile zu bestimmen.

4.3.4.3 Spannungskategorien

Spannungskategorien (primäre und sekundäre Spannungen sowie Spannungsspitzen) sind in KTA 3201.2, Abschnitt 7.7.2 geregelt.

4.3.4.4 Spannungsüberlagerung

Die Spannungsüberlagerung und die beispielhafte Zuordnung von Bauteilbeanspruchungen zu den jeweiligen Spannungskategorien sind in KTA 3201.2, Abschnitte 7.7.3.1 bis 7.7.3.3 geregelt.

4.3.4.5 Zulässige Spannungswerte und Spannungsbeurteilung

- (1) In der **Tabelle 4-14** sind die Grenzwerte für Spannungen und Spannungsschwingbreiten lastfallspezifisch angegeben.
- (2) Die zulässigen Spannungswerte der Lastfälle H bis HS2 sind auf den nach Abschnitt 4.3.4.2 ermittelten S_m -Wert der jeweils maßgebenden Temperatur zu beziehen. Für die Beanspruchungsstufe HS3 ist die Warmzugfestigkeit R_{mT} zu verwenden.
- (3) 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.
- (4) Für jeden der Lastfälle H bis HS3 sind für die primäre Membranspannung P_m und die Summe aus primärer Membran- und Biegespannung $P_m + P_b$ die Vergleichsspannung zu bilden und den zulässigen Werten gemäß **Tabelle 4-14** gegenüberzustellen.

(5) Für Lastfälle H und HZ ist für die Summe aus primären Spannungen und sekundären Spannungen $P_m + P_b + Q$ die Vergleichsspannungsschwingbreite zu bilden und den zulässigen Werten gemäß **Tabelle 4-14** gegenüberzustellen.

(6) 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) Für Schweißnähte gelten die zulässigen Spannungen des Bauteils gemäß **Tabelle 4-7**, wenn die Festigkeitskennwerte der Schweißzusätze gleich oder größer als die des Bauteils sind. Einseitige Kehlnähte nach **Tabelle 4-7** lfd. Nrn. 3 a und 3 b dürfen keine Biegespannungen P_b aus Flächentragwerken übertragen.

Benennung / Quelle	Einteilung				
	A	B	P	C	D
Beanspruchungsstufen Anlagenbau / KTA 3201.2 und KTA 3211.2	A	B	P	C	D
Lastfallkategorien / KTA 3205.1 und KTA 3205.2	H	HZ	HZ	HS1	HS2/HS3
Bemessungssituation / DIN EN 1990 und DIN EN 1993	ständig und vorübergehend			außergewöhnlich	
Anforderungskategorien / DIN 25449	A1			A2	A3

Tabelle 4-1: Exemplarische Zuordnung verschiedener Anforderungskategorien, sofern nicht abweichend im Auslegungsdatenblatt festgelegt

Lfd. Nr.	Einwirkungskombination		0	1	2	3	4	5	6	7
	Anforderungskategorien nach DIN 25449		A1		A2		A3			
			Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für Einwirkungen							
1	Ständige Einwirkungen	Ständige Regellast (z. B. Eigengewicht)	1,35	1,35	1,35	1,35	1,0	1,0	1,0	1,0
2	Veränderliche Einwirkungen	Nichtständige Regellasten	B1	1,5	1,5	1,5 ³⁾	1,0 ³⁾	1,0 ³⁾	1,0 ³⁾	1,0 ⁴⁾
3			B2	1,5	1,5					
4		Komponentenlasten P ¹⁾	1,35							
5		Komponentenlasten A ¹⁾		1,5 ¹¹⁾						
6		Komponentenlasten B ¹⁾⁶⁾			1,5 ¹³⁾					
7		Komponentenlasten C ¹⁾⁶⁾⁷⁾				1,17				
8		Komponentenlasten D ¹⁾					1,0		1,0	1,0 ⁴⁾
9	Außergewöhnliche Einwirkungen ²⁾	Störfalltemperaturen								1,0
10		Rohrbruchlasten, Strahlkräfte ⁵⁾¹⁰⁾						1,0		
11		Zusätzliche EVA-Lasten ⁸⁾ aus der Komponentenstützkonstruktion selbst ⁹⁾								1,0
12			Kombinationsbeiwerte ψ ¹²⁾							
			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

¹⁾ Die Komponentenlasten A bis D und P entsprechen den Lasten, die den Betriebsstufen A bis D und P nach KTA 3201.2 zugeordnet sind.

²⁾ Eine detaillierte Auflistung der außergewöhnlichen Einwirkungen bezogen auf die jeweilige Stahlkonstruktion erfolgt im Auslegungsdatenblatt.

³⁾ Soweit zeitgleiches Auftreten mit den außergewöhnlichen Einwirkungen zu unterstellen ist (im Einzelfall anhand von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen).

⁴⁾ Soweit zeitgleiches Auftreten mit den Störfalltemperaturen zu unterstellen ist (im Einzelfall anhand von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen).

⁵⁾ Im Strahlaufftreffbereich ist die der Temperatur zugeordnete Streckgrenze anzusetzen.

⁶⁾ Einschließlich Lasten aus behinderter Temperaturdehnung und aus Randverschiebungen.

⁷⁾ Einschließlich Lasten aus behinderter Temperaturdehnung der Abstützung.

⁸⁾ Bemessungserdbeben und Berstdruckwelle, Flugzeugabsturz, Explosionswelle.

⁹⁾ Für die durch EVA verursachte Belastung der Komponentenstützkonstruktion selbst infolge ihres Schwingungsverhaltens ist die Überlagerung gleichgerichteter Beanspruchungsgrößen aus verschiedenen Erregungsrichtungen in KTA 2201.1 Abschnitt 4.3.1 geregelt.

¹⁰⁾ Für Rohrbruchkräfte und Strahlkräfte ist keine zeitgleiche Überlagerung anzusetzen.

¹¹⁾ Für den Anteil der Wasserfüllung an den Komponentenlasten darf ein reduzierter Sicherheitsbeiwert von 1,35 angesetzt werden.

¹²⁾ Kombinationsbeiwerte kleiner als 1,0 sind in begründeten Fällen möglich.

¹³⁾ Bei genauerer Kenntnis der Einwirkungen darf in begründeten Fällen 1,35 verwendet werden.

Tabelle 4-2: Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für Einwirkungen und Kombinationsbeiwerte ψ

Lfd. Nr.	Belastungen		Lastkombinationen (Überlagerung der Belastungen)								
			0	1	2	3	4	5	6	7	
			Lastfallkategorien (Beanspruchungsstufen)								
Anforderungskategorien nach DIN 25449		HZ	H	HZ	HS1	HS2/HS3 ¹¹⁾					
		A1			A2	A3					
1	Regellasten	Ständige Regellasten	X	X	X	X	X	X	X	X	
2		Nichtständige Regellasten	B1		X	X	X ³⁾	X ³⁾	X ³⁾	X ³⁾	X ⁴⁾
3			B2		X	X					
4		Komponentenlasten P ¹⁾	X								
5		Komponentenlasten A ¹⁾		X							
6		Komponentenlasten B ^{1) 6)}			X						
7	Sonderlasten ²⁾	Komponentenlasten C ^{1) 6) 7)}				X					
8		Komponentenlasten D ¹⁾					X		X	X ⁴⁾	
9		Störfalltemperaturen									X
10		Rohrbruchlasten, Strahlkräfte ^{5) 10)}						X			
11		Zusätzliche EVA-Lasten ⁸⁾ aus der Komponentenstützkonstruktion selbst ⁹⁾								X	

1) Die Komponentenlasten A bis D und P entsprechen den Lasten, die den Betriebsstufen A bis D und P nach KTA 3201.2 zugeordnet sind.

2) Eine detaillierte Auflistung der Sonderlasten bezogen auf die jeweilige Stahlkonstruktion erfolgt im Auslegungsdatenblatt.

3) Soweit zeitgleiches Auftreten mit den Sonderlasten zu unterstellen ist (im Einzelfall anhand von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen).

4) Soweit zeitgleiches Auftreten mit den Störfalltemperaturen zu unterstellen ist (im Einzelfall anhand von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen).

5) Im Strahlaufftreffbereich ist die der Temperatur zugeordnete Streckgrenze anzusetzen.

6) Einschließlich Lasten aus behinderter Temperaturdehnung und aus Randverschiebungen.

7) Einschließlich Lasten aus behinderter Temperaturdehnung der Unterstützung.

8) Bemessungserdbeben und Berstdruckwelle, Flugzeugabsturz, Explosionswelle.

9) Für die durch EVA verursachte Belastung der Komponentenstützkonstruktion selbst infolge ihres Schwingungsverhaltens ist die Überlagerung gleichgerichteter Beanspruchungsgrößen aus verschiedenen Erregungsrichtungen in KTA 2201.1 Abschnitt 4.3.1 geregelt.

10) Für Rohrbruchkräfte und Strahlkräfte ist keine zeitgleiche Überlagerung anzusetzen.

11) Die Zuordnung von HS2 und HS3 wird im ADB in Abhängigkeit vom jeweiligen Schutzziel der Komponentenunterstützung gegeben (siehe **Tabelle 1-2**).

Tabelle 4-3: Lastfälle und Lastfallklassifizierung

Lfd. Nr.	Verwendung	Werkstoff (Zuordnung siehe Tabelle 6-1 bis Tabelle 6-5)	Formelzeichen in DIN EN 1993	
			f_y (Nennwert der Streckgrenze) entspricht $R_{v0,2}$	f_u (Nennwert der Zugfestigkeit) ³⁾
1	Bauteile und Schweißnähte	Baustähle	R_{eHT}	R_{mT}
2		Warmfeste- und Feinkornstähle	R_{eHT}	R_{mT}
3		42CrMo4	$\min\left(R_{eHT}; \frac{2}{3} R_m\right)$	R_{mT}
4		ferritische Stähle, ausgenommen lfd. Nrn. 1, 2 und 3	$\min\left(R_{eHT}; \frac{2}{3} R_{mT}\right)^{1)}$	R_{mT}
5		nichtrostende austenitische Stähle	$R_{p1,0T}$ ersatzweise ²⁾ $1,2 \cdot R_{p0,2T}$	R_{mT}
6a	Schrauben	Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 8.8 und 10.9	-	R_{mT}
6b		ferritische Stähle, ausgenommen lfd. Nr. 6a	R_{eHT}	R_{mT}
6c		austenitische Schrauben	$R_{p0,2T}$	R_{mT}

1) Bei einem Verhältnis $R_{eH} / R_m \geq 0,7$ gilt $R_{v0,2} = \min\{R_{eHT}; 1,5/2,4 R_m\}$. Wenn die Streckgrenze nicht ausgeprägt ist, gelten die Werte für 0,2 %-Dehngrenze.

2) Sofern $R_{p1,0T}$ – Werte nicht verfügbar.

3) Sofern R_{mT} in den Werkstoffnormen nicht vorhanden ist darf ersatzweise mit R_m (R_{eHT} / R_{eH}) gerechnet werden.

Tabelle 4-4: Materialkennwerte für die Berechnung nach DIN EN 1993 in Abhängigkeit vom Werkstoff

Lfd. Nr.	Verwendung	Werkstoff (Zuordnung siehe Tabelle 6-1 bis Tabelle 6-5)	Streckgrenzenvergleichswert $R_{v0,2}$
1	Bauteile und Schweißnähte	Baustähle	R_{eHT}
2		Warmfeste- und Feinkornstähle	R_{eHT}
3		42CrMo4	$\min\left(R_{eHT}; \frac{2}{3} R_m\right)$
4		ferritische Stähle, ausgenommen lfd. Nrn. 1, 2 und 3	$\min\left(R_{eHT}; \frac{2}{3} R_{mT}\right)^{1)}$
5		nichtrostende austenitische Stähle	$1,5/1,1 R_{p0,2T}$
6a	Stahlguss ²⁾	ferritisch / martensitisch	$\min\left(R_{eHT}; \frac{2}{3} R_{mT}\right)$
6b		austenitisch	$1,5/1,1 R_{p0,2T}$
7a	Schrauben	Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 8.8 und 10.9	Zulässige Spannungen siehe Tabelle 4-8
7b		ferritische Stähle, ausgenommen lfd. Nr. 6a	R_{eHT}
7c		austenitische Schrauben	$R_{p0,2T}$

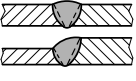
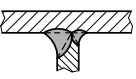
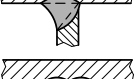
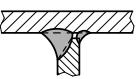
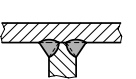
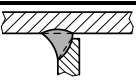
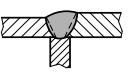
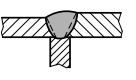
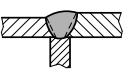
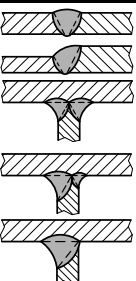
1) Bei einem Verhältnis $R_{eH} / R_m \geq 0,7$ gilt $R_{v0,2} = \min\{R_{eHT}; 1,5/2,4 R_m\}$. Wenn die Streckgrenze nicht ausgeprägt ist, gelten die Werte für 0,2 %-Dehngrenze.

2) Reduzierung der Werte für Zug und Biegezugbeanspruchung gemäß **Tabelle 4-6** lfd. Nr. 2b ist zu beachten.

Tabelle 4-5: Streckgrenzenvergleichswerte $R_{v0,2}$ in Abhängigkeit vom Werkstoff

Lfd. Nr.	Spannungsart		zulässige Spannungen (bezogen auf $R_{v0,2}$)				
			H	HZ	HS1	HS2/ HS3	
1	Druck, Biegedruck (Stabilitätsnachweis)		0,58	0,66	0,75	0,8	
2a	Zug und Biegezug, Druck, Biegedruck (Spannungsnachweis)		0,66 ¹⁾	0,75 ¹⁾	0,85	1,0	
2b	Zug und Biegezug bei Stahlguss	Ferritischer und martensitischer Stahlguss	0,50	0,58	0,65	0,75	
		Austenitischer Stahlguss	0,37	0,42	0,48	0,55	
3	Schub		0,38	0,43	0,50	0,58	
4	Vergleichsspannung		0,66 ²⁾	0,75 ²⁾	0,85 ²⁾	1,0	
5	Zul. Lochleibungsdruck ⁴⁾ für Materialdicken ≥ 3 mm bei Verbindung durch	SL	Rohe Schrauben (DIN 7990), hochfeste Schrauben (DIN EN 14399-4) oder Senkschrauben (DIN 7969) Lochspiel $0,3 \text{ mm} < \Delta d \leq 2 \text{ mm}$ - ohne Vorspannung ³⁾	1,17	1,33	1,50	1,75
6		SL	hochfeste Schrauben (DIN EN 14399-4) Lochspiel $0,3 \text{ mm} < \Delta d \leq 2 \text{ mm}$ nicht planmäßige Vorspannung: $\geq 0,5 \cdot F_V$	1,58	1,80	2,10	2,4
7		SLP	Passschrauben (DIN 7968) Lochspiel $\Delta d \leq 0,3 \text{ mm}$ - ohne Vorspannung	1,33	1,50	1,75	2,0
8		SLP	hochfeste Passschraube - Lochspiel $\Delta d \leq 0,3 \text{ mm}$ nicht planmäßige Vorspannung: $\geq 0,5 \cdot F_V$	1,75	1,96	2,25	2,6
9		GV, GVP	hochfeste Schraube ⁵⁾ - Lochspiel $0,3 \text{ mm} < \Delta d \leq 2 \text{ mm}$ hochfeste Passschraube - Lochspiel $\Delta d \leq 0,3 \text{ mm}$ Vorspannung: $1,0 \cdot F_V$	2,00	2,25	2,50	3,0
SL : Scher-Lochleibung GV : Gleitfeste Verbindung SLP: Scher-Lochleibung bei Passschrauben GVP: Gleitfeste Verbindung bei Passschrauben F_V : Vorspannkraft nach Tabelle 4-12 und 4-13 für 8.8 und 10.9, für dort nicht geregelte Fälle nach VDI 2230 Blatt 1							
¹⁾ Für Eckspannungen infolge zweiachsialer Biegung (lokale Spannungsüberhöhungen) sind 10 % höhere Werte zulässig (siehe KTA 3205.1 E2.6). ²⁾ Bei örtlicher Begrenzung sind um 10% höhere Werte zulässig. ³⁾ Bei Langlöchern gelten längs 100 %, quer 70 % der Tabellenwerte. ⁴⁾ Randabstand: in Krafrichtung $2d \leq e \leq \min(3d; 6t)$ quer zur Krafrichtung $1,5d \leq e \leq \min(3d; 6t)$ Lochabstand $3d \leq e \leq \min(6d; 12t)$ Mit dem Randabstand (e), Lochdurchmesser (d) und kleinster Blechdicke (t). ⁵⁾ Siehe Abschnitt 4.1.6 Absatz 4.							

Tabelle 4-6: Zulässige Spannungen (bezogen auf Streckgrenzenvergleichswert $R_{v0,2}$ nach **Tabelle 4-5**) für Bauteile in Abhängigkeit von Beanspruchungsart und Lastfall

Lfd.-Nr.	Nahtart		Spannungsart	Nahtgüte	S235 (St37) und P265GH (H II) [S355 (St52)] und <sonstige> (ferritischer und martensitischer Stahlguss) {austenitischer Stahlguss}								
					H	HZ	HS1	HS2/HS3					
1a	Durchgeschweißte Nähte	Stumpfnähte		Druck, Biegedruck	Alle Nahtgüten	0,66	0,75	0,85	1,00				
						[0,66]	[0,75]	[0,85]	[1,00]				
						<0,66>	<0,75>	<0,85>	<1,00>				
						(0,66)	(0,75)	(0,85)	(1,00)				
						{0,66}	{0,75}	{0,85}	{1,00}				
1b	Durchgeschweißte Nähte	HV-Nähte		Zug, Biegezug, Vergleichswert	Nahtgüte nachgewiesen ¹⁾	0,66	0,75	0,85	1,00				
						[0,66]	[0,75]	[0,85]	[1,00]				
						<0,66>	<0,75>	<0,85>	<1,00>				
						(0,50)	(0,58)	(0,65)	(0,75)				
						{0,37}	{0,42}	{0,48}	{0,55}				
1c	Durchgeschweißte Nähte	DHY-Nähte		Zug, Biegezug, Vergleichswert	Nahtgüte nicht nachgewiesen	0,56	0,63	0,70	0,84				
						[0,47]	[0,53]	[0,60]	[0,71]				
						<0,47>	<0,53>	<0,57>	<0,63>				
						(0,35)	(0,40)	(0,43)	(0,48)				
						{0,26}	{0,29}	{0,31}	{0,35}				
2a	Nicht durchgeschweißte Nähte	HY-Nähte		Druck, Biegedruck	Alle Nahtgüten	0,66	0,75	0,85	1,00				
									[0,66]	[0,75]	[0,85]	[1,00]	
						<0,66>	<0,75>	<0,85>	<1,00>				
						(0,66)	(0,75)	(0,85)	(1,00)				
						{0,66}	{0,75}	{0,85}	{1,00}				
2b	Nicht durchgeschweißte Nähte	DHY-Nähte		Zug, Biegezug, Vergleichswert	Alle Nahtgüten	0,56	0,63	0,70	0,84				
									[0,47]	[0,53]	[0,60]	[0,71]	
						<0,47>	<0,53>	<0,57>	<0,63>				
						(0,35)	(0,40)	(0,43)	(0,48)				
						{0,26}	{0,29}	{0,31}	{0,35}				
3a	Kehlnähte		Alle Beanspruchungsarten (Schub s. lfd. Nr. 5)	Alle Nahtgüten	Alle Nahtgüten	0,56	0,63	0,70	0,84				
										[0,47]	[0,53]	[0,60]	[0,71]
										<0,47>	<0,53>	<0,57>	<0,63>
						(0,35)	(0,40)	(0,43)	(0,48)				
						{0,26}	{0,29}	{0,31}	{0,35}				
4a	Dreiblechnaht		Zug, Biegezug, Vergleichswert	Alle Nahtgüten	Alle Nahtgüten	0,66	0,75	0,85	1,00				
										[0,66]	[0,75]	[0,85]	[1,00]
										<0,66>	<0,75>	<0,85>	<1,00>
4b	Dreiblechnaht		Zug, Biegezug, Vergleichswert	Alle Nahtgüten	Nahtgüte nachgewiesen ¹⁾	0,66	0,75	0,85	1,00				
										[0,66]	[0,75]	[0,85]	[1,00]
										<0,66>	<0,75>	<0,85>	<1,00>
4c	Dreiblechnaht		Zug, Biegezug, Vergleichswert	Alle Nahtgüten	Nahtgüte nicht nachgewiesen ²⁾	0,56	0,63	0,70	0,84				
										[0,47]	[0,53]	[0,60]	[0,71]
										<0,47>	<0,53>	<0,60>	<0,71>
5	alle Nähte		Schub in Naht-richtung	Alle Nahtgüten	Alle Nahtgüten	0,56	0,63	0,70	0,84				
						[0,47]	[0,53]	[0,60]	[0,71]				
						<0,37> ³⁾	<0,43> ³⁾	<0,47> ³⁾	<0,50> ³⁾				
						(0,35)	(0,40)	(0,43)	(0,48)				
						{0,26}	{0,29}	{0,31}	{0,35}				

¹⁾ Siehe Abschnitt 7.9.2.4.3 b) und 7.9.2.4.4 b)

²⁾ Für den Lastübertrag der Dreiblechnaht gemäß **Tabelle E 3-1** Zeile 4b kommt nur die Zeile „Nahtgüte nicht nachgewiesen“ in Betracht.

³⁾ Falls keine höheren Werte nachgewiesen werden.

Anmerkung: Die lfd. Nrn. 1 bis 4 betreffen Spannungen senkrecht zur Naht-richtung.

Tabelle 4-7: Zulässige Spannungen (bezogen auf Streckgrenzenvergleichswert $R_{v0,2}$ nach **Tabelle 4-5**) für Schweißnähte in Abhängigkeit von Nahtart, Beanspruchungsart und Lastfall

Lfd. Nr.	Festigkeitsklassen	Spannungsart		Lastfall			
				H	HZ	HS1	HS2/HS3
				N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
1	4.6	SL	Schub	112	126	146	168
2			Zug	110	125	143	165
3		SLP	Schub	128	147	166	192
4			Zug	110	125	143	165
5	5.6	SL	Schub	160	184	208	240
6			Zug	150	170	195	225
7		SLP	Schub	160	184	208	240
8			Zug	150	170	195	225
9	8.8	SL	Schub	168	189	218	254
10			Zug	252	287	328	379
11		SLP	Schub	196	224	255	298
12			Zug	252	287	328	379
13	10.9	SL	Schub	240	270	312	360
14			Zug	360	410	468	540
15		SLP	Schub	280	320	364	426
16			Zug	360	410	468	540

Hinweis:
Der zulässige Lochleibungsdruck ergibt sich aus dem kleineren $R_{v0,2}$ -Wert von Schrauben- und Grundwerkstoff nach **Tabelle 4-6**.

Tabelle 4-8: 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

Spannungsart	Material	H	HZ	HS1	HS2 / HS3
		zulässige Spannungen in N/mm ²			
Druck, Biegedruck, Biegezug, Biegung	S235	160	180	210	235
	S355	240	270	310	355
Berührungsdruck nach Hertz ¹⁾	S235	650	800	890	960
	S355	850	1050	1190	1295
Lochleibung bei Gelenkbolzen ²⁾	S235	210	240	275	320
	S355	320	360	415	480
Spannungsart	Material	zulässige Spannungen / $R_{v0,2}$			
Druck, Biegedruck, Biegezug, Biegung	alle anderen	0,67	0,75	0,85	1,00
Berührungsdruck nach Hertz ¹⁾	alle anderen	2,40	3,00	3,30	3,60
Lochleibung bei Gelenkbolzen ²⁾	alle anderen	0,90	1,00	1,15	1,33

1) Bei beweglichen Lagern mit mehr als 2 Rollen sind diese Werte auf 85 % zu ermäßigen. Solche Lager sind jedoch möglichst zu vermeiden.
2) Diese Werte gelten nur für mehrschnittige Verbindungen.

Tabelle 4-9: Zulässige Spannungen (bezogen auf den Streckgrenzenvergleichswert $R_{v0,2}$ nach **Tabelle 4-5**) für Lagerteile und Gelenke.

	Lastfall			
	H	HZ	HS1	HS2 / HS3
Für Schrauben mit $R_{eH} \leq 450 \text{ N/mm}^2$				
Zug	0,47 $R_{v0,2}$	0,52 $R_{v0,2}$	0,61 $R_{v0,2}$	0,69 $R_{v0,2}$
Abscheren				
Für Schrauben mit $R_{eH} > 450 \text{ N/mm}^2$				
Zug	0,40 $R_{v0,2}$	0,45 $R_{v0,2}$	0,52 $R_{v0,2}$	0,59 $R_{v0,2}$
Abscheren	0,26 $R_{v0,2}$	0,30 $R_{v0,2}$	0,34 $R_{v0,2}$	0,40 $R_{v0,2}$

Tabelle 4-10: Zulässige Spannungen für Schrauben und Gewindeteile, die nicht durch **Tabelle 4-8** abgedeckt sind (Definition des Streckgrenzenvergleichswerts $R_{v0,2}$ siehe **Tabelle 4-5**).

Schraubengröße	Scherfläche in mm^2		Kernquerschnitt in mm^2	Spannungsquerschnitt in mm^2
	Rohe Schrauben (SL-Verbindung)	Pass-Schrauben (SLP-Verbindung)		
M 12	113	133	76,3	84,3
M 16	201	227	144	157
M 20	314	346	225	245
M 22	380	415	282	303
M 24	452	491	324	353
M 27	573	616	427	459
M 30	707	755	519	561
M 36	1018	1075	759	817

Tabelle 4-11: Querschnittswerte für Schrauben mit metrischem ISO-Gewinde (Regelgewinde)

Schraubengröße (8.8)	Vorspannkraft F_v in kN	zulässige Querkraft in kN						zulässige Zugkraft in kN		
		Gleitfest vorgespannte Verbindung (GV)			Gleitfest vorgespannte Verbindung mit Pass-Schraube (GVP)			GV und GVP		
		H	HZ/HS1	HS2/HS3	H	HZ/HS1	HS2/HS3	H	HZ/HS1	HS2/HS3
M 12	35	14	15,8	17,5	27	30,5	39,2	24,5	28	30,8
M 16	70	28	31,9	35	50,4	57,4	67,2	49	56	61,6
M 20	110	44,8	50,8	56	78,8	89,6	102	78,4	89,6	98,7
M 22	130	53,2	60,6	66,5	93,8	107	122	93,1	106	117
M 24	150	61,6	70	77	110	125	145	108	123	136
M 27	200	81,2	92,4	102	141	161	181	142	162	179
M 30	245	98	111	123	172	196	223	172	196	216
M 36	355	143	162	179	248	283	316	250	286	314

Tabelle 4-12: Zulässige Schraubenkräfte bei vorgespannten Verbindungen mit Schrauben der **Festigkeitsklasse 8.8** je Schraube und Reibfläche

Schraubengröße (10.9)	Vorspannkraft F_v in kN	zulässige Querkraft in kN						zulässige Zugkraft in kN		
		Gleitfest vorgespannte Verbindung (GV)			Gleitfest vorgespannte Verbindung mit Pass-Schraube (GVP)			GV und GVP		
		H	HZ/HS1	HS2/HS3	H	HZ/HS1	HS2/HS3	H	HZ/HS1	HS2/HS3
M 12	50	20	22,5	25	38,5	43,5	56	35	40	44
M 16	100	40	45,5	50	72	82	96	70	80	88
M 20	160	64	72,5	80	112,5	128	146	112	128	141
M 22	190	76	86,5	95	134	153	174	133	152	167
M 24	220	88	100	110	156,5	178,5	207	154	176	194
M 27	290	116	132	145	202	230,5	258	203	232	255
M 30	350	140	159	175	245,5	280	318	245	280	308
M 36	510	204	232	255	354,5	404	451	357	408	449

Tabelle 4-13: Zulässige Schraubenkräfte bei vorgespannten Verbindungen mit Schrauben der **Festigkeitsklasse 10.9** je Schraube und Reibfläche

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	$1,00 \cdot S_m$	$1,20 \cdot S_m$	$2,50 \cdot S_m$ ¹⁾
HZ	$1,15 \cdot S_m$	$1,38 \cdot S_m$	$2,88 \cdot S_m$ ¹⁾
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}	-

¹⁾ Bei Nachweis mittels einer elastischen Ermüdungsanalyse gemäß KTA 3201.2 Abschnitt 7.8.3 oder elastisch-plastischen Ermüdungsanalyse gemäß KTA 3201.2 Abschnitt 7.8.4 dürfen diese Werte überschritten werden.

Tabelle 4-14: Zulässige Werte für Spannungen und Spannungsschwingbreiten für Flächentragwerke

5 Konstruktion

5.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Die Konstruktion der Stahlbauten hat neben den anerkannten Regeln der Technik (insbesondere den Anforderungen nach DIN EN 1090 und DIN EN 1993)

- a) funktionsgerecht,
- b) beanspruchungsgerecht,
- c) werkstoffgerecht,
- d) herstellungsgerecht (fertigungs- und prüfgerecht) und
- e) wartungsfreundlich

zu erfolgen, wobei Wechselwirkungen zwischen diesen Anforderungen zu berücksichtigen sind.

(2) Für die in dieser Regel betrachteten Stützkonstruktionen der Stahlbauklasse S1 ist für die Festlegung der Ausführungs-kategorie EXC das Verfahren nach DIN EN 1090 anzuwenden. Für die Schadensfolgeklasse ist für lastabtragende Bauteile die Stufe CC3 anzuwenden.

5.2 Anforderungen

(1) Die Auswahl der Konstruktion (Lagerungsbedingung, Halterungsfunktion und gegenseitige Beeinflussung) hat so zu erfolgen, dass die bei der Auslegungsberechnung der Komponenten getroffenen Annahmen erfüllt werden.

(2) Die Konstruktion ist so auszubilden, dass höhere Tragzustände aufgrund plastischer Verformungen möglich sind. Stabilitätskritische Konstruktionen, die zu plötzlichem Versagen des Bauteils führen können, sind zu vermeiden, z. B. durch Kippsicherung oder sonstige Aussteifungen.

(3) Insbesondere an Lasteinleitungs- und Auflagerstellen ist Vorsorge gegenüber örtlichen Instabilitäten zu treffen.

(4) Teile, die zu Wartungs- und Prüfzwecken demontiert werden müssen, sollen bei möglichst geringer Strahlenexposition ausbaubar sein. Die Anforderungen an die Dekontaminierbarkeit sind zu beachten.

(5) Eine ausreichende Zugänglichkeit zu Komponenten und ihrer Komponentenstützkonstruktion ist sicherzustellen.

(6) Ausdehnungen der Komponentenstützkonstruktion bei erhöhter Temperatur sind zu beachten. Erforderlichenfalls sind Ausdehnungsmöglichkeiten vorzusehen.

(7) Bewegungen der Komponenten infolge Temperaturdehnung sind zu berücksichtigen.

(8) Die Gebäudetoleranzen und Verankerungslagetoleranzen sind zu beachten.

(9) Die konstruktiven Toleranzen sind für Neukonstruktionen nach DIN ISO 2768-1 und DIN ISO 2768-2 und für Schweißkonstruktionen nach DIN EN ISO 13920 festzulegen. Die Auswahl der Toleranzklasse ist auf den jeweiligen Anwendungsfall abzustimmen. In bestimmten Anwendungsfällen sind durch Auslegungsreserven begründete Anpasstoleranzen gesondert festlegbar.

(10) Beidseitig geschweißte Nähte sind einseitig geschweißten Nähten vorzuziehen. Die in **Tabelle 4-7** lfd. Nrn. 3 a und 3 b 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 Anforderungen nach Abschnitt 7.9.2.4 sind auf der Zeichnung zu vermerken.

(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.

(13) Sofern Zugbeanspruchungen in Dickenrichtung bei Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen mit Wanddicken s größer als 20 mm zu erwarten sind, ist die Güteklasse Z25 der DIN EN 10164 nachzuweisen.

(14) Die Mindestabmessungen für lasttragende Teile sind:

- a) Wanddicke 4 mm,
- b) Schrauben M 12.

Ausnahmen sind in begründeten Fällen möglich.

(15) Mechanische Verbindungselemente sind bei nicht vorwiegend ruhender Belastung stets zu sichern. Bei der Auswahl der Sicherungsart ist die Höhe der dynamischen Belastung zu berücksichtigen. Als Sicherung gilt auch eine planmäßige Vorspannung. Eine Schweißsicherung ist nur bei schweißgeeigneten Stählen und Schraubenwerkstoffen zulässig.

(16) Geschraubte Stabanschlüsse sind mit mindestens zwei Schrauben vorzusehen.

(17) Langlöcher sind zulässig; dabei ist auf ausreichenden Randabstand zu achten.

(18) Bei geneigten Auflageflächen (z. B. U-Profile) sind die Schraubenköpfe oder die Muttern mit neigungsausgleichenden - z. B. keilförmigen - Unterlegscheiben zu versehen.

(19) 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).

(20) Die Einschraublänge von Gewindeteilen soll mindestens $0,8 d$ betragen, wobei die Werkstoffpaarung zu beachten ist. Dabei ist d der Gewindenenddurchmesser des Gewindeteils. Die Zulässigkeit kleinerer Einschraubängen muss gesondert nachgewiesen werden.

Hinweis:

Weitere Regelungen siehe DIN EN 1993-1-8/NA und VDI 2230 Blatt 1.

(21) Bei der Anwendung von Hohlprofilen sind die Angaben von DIN EN 1993-1-8 zu beachten.

(22) Stützkonstruktionen mit nichtmetallischen Teilen einschließlich Schmierstoffen sollen während ihrer spezifizierten Lebensdauer ihre Funktionsfähigkeit nicht verlieren.

(23) Bei Gleitlagern ist ein ausreichendes Spiel vorzusehen. Ein unzulässiges Verkanten ist auszuschließen.

(24) Gleitlager müssen so konstruiert sein, dass ein unzulässiges Verrutschen nicht möglich ist.

(25) Für Gleitlager mit austenitischer Werkstoffpaarung sind gesonderte Reibungsnachweise erforderlich.

(26) Bei Führungslagern von Rohrleitungen ist bei geringer Flächenpressung und ausreichend Spiel (2 bis 3 mm) eine austenitische Werkstoffpaarung zulässig.

6 Werkstoffe und Erzeugnisformen

6.1 Zugelassene Werkstoffe und Erzeugnisformen

(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) Sofern Schrauben und Muttern mit einem Oberflächenschutz versehen werden sollen, ist für Schraubverbindungen der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 Vorsorge gegen eine mögliche Schädigung durch Wasserstoffversprödung bedingt durch den Beschichtungsprozess, z. B. durch eine galvanische Beschichtung, zu treffen.

(3) Für ferritische Werkstoffe, die schweißtechnisch verarbeitet werden, ist das Kohlenstoffäquivalent (CEV) zu ermitteln und anzugeben (siehe zutreffende WPB).

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

(5) Sollen Bauteile (z. B. Lagermaterial) mit bereits abgeschlossener Dokumentation verwendet werden, so ist durch einen Vergleich zu zeigen, dass die Anforderungen dieser KTA erfüllt werden.

6.2 Werkstoffprüfung und Nachweisbelegung

(1) Art und Umfang der Werkstoffprüfung sowie die Nachweisbelegung nach DIN EN 10204 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 Komponentenhersteller.

(3) Bei Prüfungen, die durch den Erzeugnisformhersteller 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.

Lfd. Nr.	WPB	Werkstoffgruppe	Zugelassene Werkstoffe
1	1.1	Nichtrostende austenitische Stähle nach DIN EN 10088-2	X5CrNi18-10 (1.4301) X5CrNiMo17-12-2 (1.4401) X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571)
2	1.2	Warmfeste Vergütungsstähle nach Beiblatt zu WPB 1.2	20 MnMoNi 5 5 (1.6310) 22 NiMoCr 3 7 ¹⁾ (1.6751)
3	1.3	Warmfeste Stähle nach DIN EN 10028-2	P265GH (1.0425) P295GH (1.0481) P355GH (1.0473) 16Mo3 (1.5415) 13CrMo4-5 (1.7335)
4	1.4	Unlegierte Baustähle nach DIN EN 10025-2	S235JR ²⁾ (1.0038) S235J2 (1.0117) S355J2 (1.0577)
5	1.5	Vergütungsstähle ³⁾ nach DIN EN 10083-2 nach DIN EN 10083-3	C35E+QT (1.1181) C45E+QT (1.1191) 42CrMo4 (1.7225) 34CrNiMo6 (1.6582)
6	1.6	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle nach DIN EN 10025-3 nach DIN EN 10025-4	S275N (1.0490) S355N (1.0545) S275M (1.8818) S355M (1.8823)
<p>¹⁾ Für den Stahl 22 NiMoCr 3 7 sind die Anforderungen im Rahmen der Vorprüfung festzulegen.</p> <p>²⁾ Der Stahl S235JR darf nicht verwendet werden, wenn gemäß Abschnitt 5.2 (13) verbesserte Eigenschaften in Dickenrichtung nachgewiesen werden müssen.</p> <p>³⁾ Eine schweißtechnische Verarbeitung der Stähle ist nicht zugelassen.</p>			

Tabelle 6-1: Zugelassene Werkstoffe für Flach- und Langerzeugnisse (Bleche, Bänder, Breitflachstahl, Profile, Stäbe)

Lfd. Nr.	WPB	Werkstoffgruppe	Zugelassene Werkstoffe
1	2.1	Nichtrostende austenitische Stähle nach DIN EN 10296-2 oder DIN EN 10297-2	X5CrNi18-10 (1.4301) X5CrNiMo17-12-2 (1.4401) X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571)
2	2.2	Unlegierte Baustähle nach DIN EN 10219-1	S235JRH (1.0039) S355J2H (1.0576)
3	2.3	Warmfeste Stähle nach DIN EN 10216-2	P235GH (1.0345) P265GH (1.0425) 16Mo3 (1.5415) 10CrMo9-10 (1.7380) 13CrMo4-5 (1.7335)
4	2.4	Unlegierte Baustähle nach DIN EN 10210-1	S235JRH (1.0039) S275J2H (1.0138) S355J2H (1.0576)
5	2.5	Warmfester Vergütungsstahl nach Beiblatt zu WPB 2.5	20 MnMoNi 5 5 (1.6310)
6	2.6	Warmfester Feinkornbaustahl nach DIN EN 10216-3 oder DIN EN 10217-3	P460NH (1.8935)
7	2.7	Warmfester Vergütungsstahl nach DIN EN 10216-2	15NiCuMoNb5-6-4 (1.6368)

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

Lfd. Nr.	WPB	Werkstoffgruppe	Zugelassene Werkstoffe
1	3.1	Nichtrostende austenitische Stähle nach DIN EN 10250-4 oder DIN EN 10088-3	X5CrNi18-10 (1.4301) X5CrNiMo17-12-2 (1.4401) X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571)
2	3.2	Warmfeste Vergütungsstähle nach Beiblatt zu WPB 3.2	20 MnMoNi 5 5 (1.6310) 22 NiMoCr 3 7 ¹⁾ (1.6751)
3	3.3	Unlegierte Baustähle nach DIN EN 10250-2	S235JRG2 (1.0038) S235J2G3 (1.0116) S355J2G3 (1.0570)
4	3.4	Warmfeste Stähle nach DIN EN 10222-2 oder DIN EN 10273	P250GH (1.0460) 16Mo3 (1.5415)
5	3.5	Vergütungsstähle ²⁾ nach DIN EN 10083-2, DIN EN 10269 oder SEW 550 ³⁾ nach DIN EN 10083-3, DIN EN 10269 oder SEW 550 ³⁾ nach DIN EN 10269	C45E+QT (1.1191) 34CrNiMo6 (1.6582) 42CrMo4 (1.7225) 21CrMoV5-7 (1.7709)
6	3.6	Höherfeste Vergütungsstähle nach Beiblatt zu WPB 3.6	20 NiCrMo 14 5 (1.6772) 26 NiCrMo 14 6 (1.6958)

¹⁾ Für den Stahl 22 NiMoCr 3 7 sind die Anforderungen im Rahmen der Vorprüfung festzulegen.

²⁾ Eine schweißtechnische Verarbeitung der Stähle ist nicht zugelassen.

³⁾ SEW 550 ist auf größere Schmiedestücke anzuwenden.

Tabelle 6-3: Zugelassene Werkstoffe für Schmiedestücke (Stäbe, Platten, sonstige Schmiedestücke) und gewalzte Stäbe

Lfd. Nr.	WPB	Werkstoffgruppe	Zugelassene Werkstoffe
1	4.1	Schrauben gleich oder kleiner als M39 nach DIN EN ISO 898-1 Muttern nach DIN EN ISO 898-2 und Tabelle WPB 4.1-1 zu WPB 4.1	Festigkeitsklassen: 4.6, 5.6, 8.8 und 10.9 Festigkeitsklassen: 5, 8 und 10
2	4.2	Hochfeste vorspannbare Schraubverbindungen gleich oder kleiner als M39 und Garnituren (Systeme HV / HR) gleich oder kleiner als M36 Schrauben nach DIN EN ISO 898-1 und Muttern nach DIN EN ISO 898-2 sowie Scheiben nach DIN EN 10083-2 Garnituren zusätzlich nach DIN EN 14399-2	Festigkeitsklassen: 8.8 / 8 und 10.9 / 10 ¹⁾ C45 (1.0503) C45E (1.1191) oder härter
3	4.3	Schrauben und Muttern gleich oder kleiner als M39 nach DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2	Festigkeitsklassen: 50, 70 oder 80 Stahlsorten: A2, A3, A4 und A5
4	4.4	Stäbe sowie daraus spanend gefertigte Schrauben und Muttern, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend nicht wärmebehandelt, aus nichtrostenden austenitischen Stählen nach DIN EN 10088-3	X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571)
5	4.5	Stäbe sowie daraus spanend gefertigte Schrauben und Muttern, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend nicht wärmebehandelt, aus vergüteten Stählen nach DIN EN 10269, DIN EN 10083-2 oder DIN EN 10083-3 nach Beiblatt zu WPB 4.4	C35E (1.1181) C45E (1.1191) X19CrMoNbVN-11-1 (1.4913) 34CrNiMo6 (1.6582) 25CrMo4 (1.7218) 42CrMo4 (1.7225) 21CrMoV5-7 (1.7709) 40CrMoV4-6 (1.7711) 26 NiCrMo 14 6 (1.6958) 20 NiCrMo 14 5 (1.6772)
6	4.6	Stäbe sowie daraus hergestellte warmgeformte Schrauben und Muttern, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend wärmebehandelt, aus warmfesten vergüteten Stählen nach DIN EN 10269	C35E (1.1181) 25CrMo4 (1.7218) 21CrMoV5-7 (1.7709) 40CrMoV4-6 (1.7711) X19CrMoNbVN-11-1 (1.4913)

¹⁾ Hochfeste vorspannbare Schraubverbindungen der Festigkeitsklassen 8.8 / 8 und 10.9 / 10 für Auslegungstemperaturen größer 100 °C, siehe Abschnitt 4.1.4 (8).

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

Lfd. Nr.	WPB	Werkstoffgruppe	Zugelassene Werkstoffe
1	5.1	Ferritischer Stahlguss nach DIN EN 10213 und Beiblatt zu WPB 5.1	GS-18 NiMoCr 3 7 (1.6761) GP240GH (1.0619)
2	5.2	Austenitischer und martensitischer Stahlguss nach DIN EN 10213	GX5CrNiNb19-11 (1.4552) GX4CrNi13-4 (1.4317)

Tabelle 6-5: Zugelassene Werkstoffe für Stahlguss

7 Herstellung

7.1 Voraussetzungen

(1) Der Komponentenhersteller 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 geeignete Einrichtungen und qualifiziertes Personal verfügen, um die Erzeugnisformen einwandfrei verarbeiten, prüfen und transportieren zu können. Es dürfen auch Einrichtungen und Personal anderer Stellen, die nachweislich diese Voraussetzungen erfüllen, in Anspruch genommen werden.

(3) Der Hersteller muss sicherstellen, dass seine Erzeugnisse die geforderte Qualität erfüllen. Er muss als Basis ein wirksames Qualitätsmanagementsystem (z. B. Zertifizierung nach DIN EN ISO 9001) anwenden. Er muss verantwortliches und fachkundiges Aufsichtspersonal für alle in seinem Einsatzbereich durchzuführenden Fertigungs- und Prüfschritte einsetzen.

(4) Dem Sachverständigen ist die Einhaltung der Voraussetzungen nachzuweisen.

7.2 Eignung des Herstellers

Der Hersteller muss über einen Nachweis der werkseigenen Produktionskontrolle nach DIN EN 1090-1, Anhang B, verfügen und zertifiziert sein. Es gelten die Festlegungen der DIN EN 1090-2, Anhang A (Tabelle A.3) für die festgelegte Ausführungsklasse.

7.3 Personelle Voraussetzungen

7.3.1 Schweißaufsicht

(1) Die verantwortliche Schweißaufsichtsperson muss dem Herstellerwerk angehören. Sie hat dafür zu sorgen, dass die technischen Regeln eingehalten werden.

(2) Werden in einem Herstellerwerk mehrere Personen als verantwortliche Schweißaufsichtspersonen benannt, sind die Zuständigkeitsbereiche und Verantwortlichkeiten der einzelnen Personen gegeneinander abzugrenzen.

(3) Die übergeordnet verantwortliche Schweißaufsichtsperson nach DIN EN ISO 14731 muss als Schweißfachingenieur qualifiziert sein.

(4) Zur Unterstützung der verantwortlichen Schweißaufsicht (z. B. in Delegation oder Vertretung) dürfen auch Schweißtechniker, Schweißfachmänner - ausgebildet und geprüft nach DIN EN ISO 14731 - sowie weitere Personen, die auf Grund ihrer Erfahrung für bestimmte abgegrenzte Einsatzbereiche geeignet sind (z. B. Lehrschweißer), eingesetzt werden. Dieses Personal soll dem Herstellerwerk angehören.

7.3.2 Schweißer

Für das Schweißen von Konstruktionen dürfen nur Schweißer mit einer gültigen Prüfungsbescheinigung nach DIN EN ISO 9606-1 eingesetzt werden.

7.3.3 Bedienungspersonal vollmechanischer Schweißanlagen

(1) Das Bedienungspersonal vollmechanischer Schweißanlagen muss nach DIN EN ISO 14732 qualifiziert sein, so dass es ausreichende Kenntnisse für die Bedienung der Anlagen besitzt. Dieser Nachweis darf anhand von geeigneten Prüfstücken erfolgen oder durch den Einsatz von Verfahrens- oder Arbeitsprüfungen.

(2) Der Hersteller muss eine formlose Bescheinigung ausfüllen, aus der hervorgeht, wann und durch welche Prüfstücke

oder Arbeits- oder Verfahrensprüfungen die Qualifikation des Bedienungspersonals erfolgte.

7.3.4 Prüfpersonal

Das Prüfpersonal hat die Anforderungen nach DIN EN 1090-2 zu erfüllen. Sofern Prüfungen nach Anhang B gefordert sind, gelten die Anforderungen gemäß Abschnitt B 2.1.

7.4 Schweißen von Bauteilen

7.4.1 Allgemeine Voraussetzungen

(1) Allgemeine Anforderungen für das Schweißen der Stähle werden in DIN EN 1011-1 in Verbindung mit DIN EN 1011-2 für ferritische Stähle oder DIN EN 1011-3 für nichtrostende Stähle angegeben.

(2) Neben den Festlegungen dieses Abschnitts sind auch die in DIN EN 1090-2 einzuhalten.

(3) Mit dem Schweißen darf erst begonnen werden, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- a) Alle Prüfungen an den Erzeugnisformen und am Bauteil einschließlich der Prüfungen der Schweißnahtbereiche und der Schweißnahtflanken müssen, soweit dies gefordert wird, erfolgreich abgeschlossen und bestätigt sein.
- b) Alle für das Schweißen erforderlichen Unterlagen (Arbeitsanweisung des Herstellers, Schweißpläne, gegebenenfalls Wärmebehandlungspläne oder Bauprüfpläne und Zeichnungen) müssen in der Nähe des Arbeitsplatzes vorliegen.

(4) Bei der Vorbereitung der Schweißnaht müssen die Anforderungen der DIN EN 1011-1 erfüllt sein.

(5) Die Eignung des Schweißverfahrens ist durch Verfahrensprüfungen nach DIN EN ISO 15607 Abschnitt 6.2 nachzuweisen. Für Schweißverfahrensprüfungen sind die Regelungen in Abschnitt 7.4.2 zu beachten. Für Arbeitsprüfungen sind die Regelungen in Abschnitt 7.4.3 zu beachten.

7.4.2 Verfahrensprüfungen

7.4.2.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Für die Qualifizierung der Schweißverfahren gelten die Vorgaben der Tabellen 12 und 13 der DIN EN 1090-2. Als Methode zur Qualifizierung der Schweißverfahren gemäß Tabelle 12 der DIN EN 1090-2 dürfen nur Schweißverfahrensprüfungen nach DIN EN ISO 15614-1 oder vorgezogene Arbeitsprüfungen nach DIN EN ISO 15613 angewendet werden.

(2) Verfahrensprüfungen müssen vor Beginn der Fertigung mit Beteiligung des Sachverständigen oder einer zertifizierten Überwachungsorganisation durchgeführt werden.

(3) Für Reparaturschweißungen am Bauteil ist bei Änderungen des Schweißverfahrens eine zusätzliche Verfahrensprüfung durchzuführen. Diese darf im Zuge der Verfahrensprüfung für die Bauteilschweißung durchgeführt werden.

(4) Über die Verfahrensprüfung ist vom Sachverständigen oder der beteiligten zertifizierten Überwachungsorganisation ein Bericht auszufertigen, der die Abgrenzung des Geltungsbereiches und die Bedingungen der Herstellung der Prüfstücke enthält. Die Prüfergebnisse sind festzuhalten.

(5) Verfahrensprüfungen nach AD 2000-Merkblatt HP 2/1 erfüllen die Anforderungen nach (1).

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

(7) Für die Festlegung von Vorwärmtemperaturen sind die Festlegungen der **Tabelle 7-1** und der DIN EN 1011-2 zu berücksichtigen.

7.4.2.2 Geltungsbereich

7.4.2.2.1 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.

7.4.2.2.2 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.

7.4.2.2.3 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.

7.4.2.2.4 Gültigkeitsdauer

(1) Die Gültigkeitsdauer einer Verfahrensprüfung beträgt 36 Monate vom Tag der Bestätigung durch den Sachverständigen oder der beteiligten zertifizierten Überwachungsorganisation an.

(2) Die Gültigkeitsdauer darf um weitere 36 Monate verlängert werden, wenn innerhalb der Gültigkeitsdauer eine entsprechende Arbeitsprüfung geschweißt wurde.

7.4.3 Arbeitsprüfungen

Für Stahlsorten des Festigkeitsbereichs oberhalb S355 muss bei einer Unterbrechung der Fertigung von länger als einem Jahr eine Arbeitsprüfung durchgeführt werden. Die Untersuchung und Prüfung müssen

- a) Sichtprüfung,
 - b) Durchstrahlungs- oder Ultraschallprüfung (nicht erforderlich bei Kehlnähten),
 - c) Oberflächenrissprüfung mittels Magnetpulververfahren oder Eindringverfahren,
 - d) Makroschliff-Untersuchung und
 - e) Härteprüfung
- umfassen.

7.4.4 Voraussetzungen für die Durchführung der Schweißarbeiten

7.4.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Für alle Schweißarbeiten sind Schweißpläne (WPS) zu erstellen auf Basis der in der Verfahrensprüfung zugrunde gelegten Schweißbedingungen.

(2) Die zum Einsatz kommenden Schweißzusätze und Schweißhilfsstoffe müssen für den Grundwerkstoff zugelassen und gemäß VdTÜV-Merkblatt 1153 eignungsgeprüft sein.

(3) Bei der Lagerung der Schweißzusätze und Schweißhilfsstoffe gelten die Anforderungen der Schweißzusatzwerkstoffhersteller. Die Lagerung der Schweißzusätze und Schweißhilfsstoffe muss in einem trockenen Lagerraum erfolgen.

(4) Basisch umhüllte Elektroden sind entsprechend den Vorschriften der Herstellerfirmen zu verarbeiten.

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

7.4.4.2 Vorwärmen

(1) Die Vorwärmtemperatur ist dem Schweißplan (WPS) zu entnehmen.

(2) Die Ausführung ist in Übereinstimmung mit DIN EN ISO 13916 zu überwachen.

7.4.4.3 Schweißen in kaltverformten Bereichen

Die Bedingungen für das Schweißen in kaltverformten Bereichen sind der DIN EN 1993-1-8 zu entnehmen.

7.4.5 Abnahmekriterien für Schweißnähte

Für die Abnahmekriterien für Schweißnahtunregelmäßigkeiten sind die Anforderungen nach DIN EN 1090-2 Abschnitt 7.6 einzuhalten.

7.4.6 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 7-1**) und gemäß Schweißplan auszufüllen.

(6) Anstelle von Schweißprotokollen sind Sammelbescheinigungen als Zusammenfassung der einzelnen Schweißkontrollen nach dem **Formblatt 7-1** zugelassen, wenn die urschriftlichen Schweißprotokolle vom Sachverständigen abgezeichnet sind. Diese Sammelbescheinigungen werden anstelle der Schweißprotokolle Bestandteil der Dokumentation.

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

7.4.7 Hilfsschweißungen

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

7.5 Umformen von Bauteilen

7.5.1 Allgemeingültige Festlegungen

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

7.5.2 Bescheinigung

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

- a) der benutzten Wärme- und Umformeinrichtungen,
- b) der Umformschritte und
- c) 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.

7.6 Wärmebehandlung

7.6.1 Allgemeingültige Anforderungen

Hinweis:

Regelungen zu Qualitätsanforderungen bei der Wärmebehandlung sind in DIN EN ISO 17663 enthalten.

(1) Für alle Wärmebehandlungen sind Wärmebehandlungspläne zu erstellen.

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

- a) Art der Wärmebehandlung, z. B. Normalglühen, Vergüten, Anlassen, Spannungsarmglühen, Lösungsglühen, Stabilglühen, Wasserstoffarmglühen,
- b) Wärmebehandlungseinrichtung (Ofen oder örtlich),
- c) Temperatur-Zeit-Verlauf (Aufheizen, Halten, Abkühlen),
- d) Kühlmedien,
- e) Art und Umfang der Temperaturmessung,
- f) 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.

7.6.2 Bescheinigungen

(1) Der Hersteller dokumentiert die Einhaltung des Wärmebehandlungsplanes gemäß Abschnitt 7.6.1.

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

7.7 Kennzeichnung

(1) Die Konstruktionen sind eindeutig, fachgerecht und dauerhaft zu kennzeichnen mit:

- a) Systembezeichnung (z. B. nach dem Kraftwerk-Kennzeichnungs-System),
- b) Hersteller.

(2) Bestandteile einer Konstruktion müssen zur Identifizierbarkeit nach den Vorgaben in den Werkstoffprüfblättern und DIN EN 1090-2 Abschnitt 6.2 gekennzeichnet sein.

(3) Für Erzeugnisformen, die mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 belegt sind, ist im Falle der Trennung die Kennzeichnung auf die Einzelteile zu übertragen. Die Übertragung der Kennzeichnung muss so erfolgen, dass die Zuordnung der Werkstoffnachweise zu den Teilen gewährleistet ist. Die Berechtigung zum Umstempeln ist im Rahmen des Systems der werkseigenen Produktionskontrolle festzulegen.

7.8 Korrosionsschutz und Sauberkeitsanforderungen

(1) Es gelten die Festlegungen nach DIN EN 1090-2 Abschnitt 10. Im Einzelfall können zusätzliche Anforderungen erforderlich werden.

(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.

7.9 Bauprüfung

7.9.1 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 7 sowie den folgenden Abschnitten 7.9.2 und 7.9.3 im Bauprüfplan festzulegen.

(2) Die Bauprüfungen sind im Zuge der Herstellung zu bestätigen. Dabei sind Sammelbestätigungen zulässig.

7.9.2 Umfang und Durchführung (Werk und Baustelle)

7.9.2.1 Eingangskontrolle

Bei der Eingangskontrolle sind zu überprüfen:

- a) Stempelung und Kennzeichnung,
- b) Abmessungen und Kontrolle auf Transportschäden,
- c) Werkstoffzeugnisse der Erzeugnisformen.

7.9.2.2 Kontrollen vor Beginn der Fertigung

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

- a) Kontrolle der Umstempelung gemäß den Werkstoffprüfblättern,
- b) Kontrolle der Listen der umstempelungsberechtigten Personen,
- c) Umstempeln der Erzeugnisformen für die Weiterverarbeitung nur bei Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204.

(2) Die Gültigkeit von Verfahrensprüfungen des Herstellers nach Abschnitt 7.4 ist zu kontrollieren.

(3) Die Gültigkeit der Schweißerzeugnisse ist zu kontrollieren.

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

7.9.2.3 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:

- a) Kontrolle der Vorwärmtemperatur (soweit eine Vorwärmung erfolgt),
- b) Kontrolle des Schweißvorganges,
- c) Kontrolle der Wurzellage (soweit möglich) durch Sichtprüfung,
- d) Kontrolle der Wärmebehandlung der Schweißnähte (soweit eine Wärmebehandlung nach Schweißplan vorgesehen).

7.9.2.4 Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen

7.9.2.4.1 Prüfungen in Eigenverantwortung des Herstellers

Es sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- a) Die Schweißnahtbereiche von Blechen und Schweißnahtflanken sind in Eigenverantwortung des Herstellers zerstörungsfrei zu prüfen. Für Feinkornbaustähle (gemäß **Tabelle 6-1**) hat der Nachweis der Rissfreiheit mit einem geeigneten Oberflächenprüfverfahren gemäß Anhang B zu erfolgen.
- b) Die Prüfung auf Dopplungen (sofern nicht schon beim Erzeugnisformhersteller durchgeführt) an Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen, für die die Prüfung gemäß Abschnitt 5.2 (13) erforderlich ist, hat der Hersteller in Eigenverantwortung gemäß zutreffendem WPB durchzuführen. Durchführung und Bewertung gemäß Anhang B.

7.9.2.4.2 Sichtprüfungen

Es sind Sichtprüfungen der Schweißnähte nach DIN EN ISO 17637 durchzuführen. Die Bewertung erfolgt nach DIN EN ISO 5817 mit den in DIN EN 1090-2 genannten Bewertungsgruppen. Für den Prüfumfang gilt:

Hersteller:	100 %.
Sachverständiger:	mindestens 25 %.

7.9.2.4.3 Oberflächenprüfung

- (1) Die Oberflächenprüfungen sind mit einem geeigneten Verfahren nach Anhang B durchzuführen und zu bewerten.
- (2) In Abhängigkeit vom Nachweisverfahren nach Abschnitt 4 sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- a) Für Schweißnähte im Kraftfluss nach Abschnitt 4.2 ist der Umfang der zerstörungsfreien Prüfung in DIN EN 1090-2 in Abhängigkeit der Ausführungsklasse gemäß Abschnitt 5.1 (2) festgelegt. Die Prüfbeteiligung des Sachverständigen ist im Rahmen der Vorprüfung der Herstellungsunterlagen festzulegen.
- b) Für Schweißnähte mit nachzuweisender Nahtgüte nach Abschnitt 4.3, **Tabelle 4-7** ist der Umfang der zerstörungsfreien Prüfung in **Tabelle 7-2** festgelegt.

7.9.2.4.4 Volumenprüfungen

- (1) Die Volumenprüfung soll nach dem Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfverfahren erfolgen. Die Durchführung und Bewertung ist in Anhang B geregelt.
- (2) In Abhängigkeit vom Nachweisverfahren nach Abschnitt 4 sind folgende Prüfungen durchzuführen:
 - a) Für Schweißnähte im Kraftfluss nach Abschnitt 4.2 ist der

Umfang der zerstörungsfreien Prüfung in DIN EN 1090-2 in Abhängigkeit der Ausführungsklasse gemäß Abschnitt 5.1 (2) festgelegt. Die Prüfbeteiligung des Sachverständigen ist im Rahmen der Vorprüfung der Herstellungsunterlagen festzulegen.

- b) Für Schweißnähte mit nachzuweisender Nahtgüte nach Abschnitt 4.3, **Tabelle 4-7** ist der Umfang der zerstörungsfreien Prüfung in **Tabelle 7-2** festgelegt.

(3) Ferritische Anschweißnähte sind bevorzugt mit Ultraschall zu prüfen. Eine Ultraschallprüfung auf Unternahtrisse muss zusätzlich bei Verwendung von Stählen mit $R_{p0,2}$ größer 355 N/mm² erfolgen.

7.9.2.5 Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen

Die Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen hat nach Anhang B zu erfolgen.

7.9.2.6 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 vorzusehen:

- a) Übereinstimmung mit den Vorprüfunterlagen (z. B. Maßkontrolle).
- b) Stempelung der Einzelteile.
- c) Einhaltung der planmäßigen Schraubenvorspannung.
- d) Anstrich soweit spezifiziert.
- e) Vollständigkeit der Dokumentation.

7.9.3 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.

8 Wiederkehrende Prüfungen

(1) Komponentenstützkonstruktionen, deren Funktion Beweglichkeit voraussetzt, sind im Rahmen der Begehung wiederkehrend zu prüfen.

(2) Die Durchführung der wiederkehrenden Prüfungen ist im Prüfhandbuch der Anlage zu regeln. Hierbei sind insbesondere der Prüfumfang, die Prüfintervalle, die Durchführung anhand von Checklisten, sowie die Prüfständigkeiten und die Art der Dokumentation festzulegen. Bei der Festlegung des Prüfumfanges ist Fußnote 5 der **Tabelle 1-1** zu berücksichtigen.

Hinweis:

Detaillierte Regelungen zur WKP finden sich in KTA 3201.4 und KTA 3205.3.

(3) Werden Federhänger, Stoßbremsen und Dämpfer nach dieser Regel hergestellt, so sind sie nach KTA 3205.3 wiederkehrend zu prüfen.

		Schweißprotokoll				SPK 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	Schweiß- zusatzwerkstoff	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										

Formblatt 7-1: Muster eines Schweißprotokolls

	S235 (St 37), P265GH (HII)			S355 (St 52) und sonstige ferritische Stähle		
	Blechedicke (t) in mm					
	≤ 20	20 < t ≤ 40	> 40	≤ 20	20 < t ≤ 40	> 40
Ohne Vorwärmung	—	Z15 ¹⁾	Z25 ¹⁾	—	Z25 ¹⁾	Z25 ¹⁾
Mit Vorwärmung ca. 120 °C ± 20 K	—	—	Z25	—	Z15	Z25

¹⁾ Schweißen von S355J2+N und sonstigen ferritischen Stählen mit t > 25 mm nur nach Vorwärmen auf 120 °C.

Tabelle 7-1: Erforderliche Z-Güten für in Dickenrichtung beanspruchte ferritische Bleche

Prüfart	S235 (St 37) S355 (St 52) P265GH (HII) 16Mo3 (15 Mo 3) P235GH (St 35.8)	Warmfeste Vergütungsstähle: 15NiCuMoNb5-6-4 (15 NiCuMoNb 5) 20 MnMoNi 5 5 22 NiMoCr 3 7	Sonstige Werkstoffe
Volumenprüfung mit Ultraschall- oder Durchstrahlungsprü- fung	Hersteller: 10 % Sachverständiger: stichprobenweise	Hersteller: 100 % Sachverständiger: mindestens 25 %	Hersteller: 25 % Sachverständiger: mindestens 10 %
Oberflächenprüfung	Hersteller: 10 % Sachverständiger: stichprobenweise	Hersteller: 100 % Sachverständiger: mindestens 25 %	Hersteller: 25 % Sachverständiger: mindestens 10 %

Tabelle 7-2: Prüfumfang der zerstörungsfreien Prüfungen von Schweißnähten mit nachzuweisender Nahtgüte nach
Tabelle 4-7

Anhang A

Werkstoffprüfblätter (WPB)

Verzeichnis der Werkstoffprüfblätter

WPB	Werkstoffprüfblätter für Flach- und Langerzeugnisse
1.1	Bleche aus nichtrostenden austenitischen Stählen
1.2	Bleche aus den warmfesten Vergütungsstählen 20 MnMoNi 5 5 und 22 NiMoCr 3 7
1.3	Bleche und Bänder aus warmfesten Stählen
1.4	Bleche, Bänder, Breitflachstahl, Profile und Stäbe aus unlegierten Baustählen
1.5	Bleche, Bänder und Breitflachstahl aus Vergütungsstählen
1.6	Bleche, Bänder, Breitflachstahl, Profile und Stäbe aus schweißgeeigneten Feinkombaustählen

WPB	Werkstoffprüfblätter für nahtlose Rohre, geschweißte Rohre und Hohlprofile
2.1	Nahtlose Rohre und geschweißte Rohre aus nichtrostenden austenitischen Stählen
2.2	Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile aus unlegierten Baustählen
2.3	Nahtlose Rohre aus warmfesten Stählen
2.4	Warmgefertigte nahtlose oder geschweißte Hohlprofile aus unlegierten Baustählen
2.5	Nahtlose gewalzte oder gepresste Rohre aus dem warmfesten Vergütungsstahl 20 MnMoNi 5 5
2.6	Nahtlose Rohre und geschweißte Rohre aus dem warmfesten Feinkornbaustahl P460NH
2.7	Nahtlose Rohre aus dem warmfesten Vergütungsstahl 15NiCuMoNb5-6-4

WPB	Werkstoffprüfblätter für Schmiedestücke (Stäbe, Platten und sonstige Schmiedestücke) und gewalzte Stäbe
3.1	Schmiedestücke und gewalzte Stäbe aus nichtrostenden austenitischen Stählen
3.2	Schmiedestücke aus den warmfesten Vergütungsstählen 20 MnMoNi 5 5 und 22 NiMoCr 3 7
3.3	Schmiedestücke aus unlegierten Baustählen
3.4	Schmiedestücke und gewalzte Stäbe aus warmfesten schweißgeeigneten Stählen
3.5	Stäbe und geschmiedete Teile ohne und mit Gewindeenden aus Vergütungsstählen
3.6	Stäbe und geschmiedete Teile ohne und mit Gewindeenden aus den härtesten Vergütungsstählen 26 NiCrMo 14 6 und 20 NiCrMo 14 5

WPB	Werkstoffprüfblätter für Schrauben, Muttern und Scheiben
4.1	Schrauben gleich oder kleiner als M39 und Muttern nach Festigkeitsklassen
4.2	Schrauben, Muttern und Scheiben für hochfeste vorspannbare Schraubverbindungen gleich oder kleiner als M39 und Garnituren (Systeme HV / HR) gleich oder kleiner als M36
4.3	Schrauben und Muttern gleich oder kleiner als M39 aus nichtrostenden austenitischen Stählen
4.4	Stäbe sowie daraus spanend gefertigte Schrauben und Muttern, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend nicht wärmebehandelt, aus nichtrostenden austenitischen Stählen
4.5	Stäbe sowie daraus spanend gefertigte Schrauben und Muttern, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend nicht wärmebehandelt, aus warmfesten vergüteten Stählen
4.6	Stäbe sowie daraus hergestellte warmgeformte Schrauben und Muttern, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend wärmebehandelt, aus warmfesten vergüteten Stählen

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

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 1.1
Erzeugnisform:	Bleche	
Werkstoffe:	Nichtrostende austenitische Stähle nach DIN EN 10088-2 ¹⁾ X5CrNi18-10 (1.4301) X5CrNiMo17-12-2 (1.4401) X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571)	
Anforderungen:	DIN EN 10088-2 ¹⁾ und Festlegungen in diesem WPB Für Nenndicken s > 75 mm gelten die in DIN EN 10088-2 für s = 75 mm spezifizierten Anforderungen.	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10088-2 und Festlegungen in diesem WPB	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur	3.1
4.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Blech. Oberflächenbeschaffenheit mindestens 1E nach DIN EN 10088-2	3.1
5.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung an jedem Blech nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
Kennzeichnung nach DIN EN 10088-2		
¹⁾ Bleche aus den genannten Stählen nach DIN EN 10028-7 dürfen verwendet werden, sofern die im WPB festgelegten Prüfungen und Bescheinigungen vorliegen.		

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 1.2
Erzeugnisform:	Bleche	
Werkstoffe:	Warmfester Vergütungsstahl: 20 MnMoNi 5 5 (1.6310) 22 NiMoCr 3 7 (1.6751)	
Anforderungen:	20 MnMoNi 5 5 Festlegungen in diesem WPB und im Beiblatt zu diesem WPB 22 NiMoCr 3 7 Anforderungen sind im Rahmen der Vorprüfung festzulegen	
Probenentnahme und Prüfumfang:	Festlegungen in diesem WPB, im Beiblatt zu diesem WPB und in DIN EN 10164	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltedauern und Abkühlbedingungen.	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN ISO 6892-1 je Probenentnahmeort gemäß Abschnitt 2 des Beiblatts zu diesem WPB. Zu bestimmen und zu bescheinigen sind: $R_{p0,2}$, R_m , A und Z.	3.2
4.	Zugversuch bei 350 °C nach DIN EN ISO 6892-2 an einem Probenentnahmeort gemäß Abschnitt 2 des Beiblatts zu diesem WPB, sofern die Auslegungstemperatur größer 250 °C ist. Zu bestimmen und zu bescheinigen sind: $R_{p0,2}$, R_m und A.	3.2
5.	Zugversuch bei Raumtemperatur zur Ermittlung der Brucheinschnürung je Walztafel drei Zugproben in Dickenrichtung nach DIN EN 10164. Die Prüfung ist durchzuführen, sofern für die Bleche eine schweißtechnische Weiterverarbei- tung vorgesehen ist und aus der Schweißnahtausführung eine Zugbeanspruchung in Dicken- richtung zu erwarten ist. Durchführung und Anforderung gemäß Abschnitt 5.2(13).	3.2
6.	Kerbschlagbiegeversuch bei ± 0 °C nach DIN EN ISO 148-1 je Zugversuch nach Ziffer 3 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb). Zu bestimmen und zu bescheinigen ist: KV_2 .	3.2
7.	Ultraschall-Flächenprüfung an jedem Blech vor der schweißtechnischen Weiterverarbeitung, sofern die Z-Güte nach Ziffer 5 dieses WPB nachgewiesen werden muss. Durchführung und Anforderung gemäß den Festlegungen in DIN EN 10164.	3.1
8.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Blech. Sofern in der Bestellung keine anderen Festlegungen getroffen sind, gelten - für die Oberflächenbeschaffenheit die Anforderungen von DIN EN 10163-1 und DIN EN 10163-2, Klasse B, Untergruppe 3, - für die Grenzabmaße der Blechdicke die Klasse B nach DIN EN 10029 und - für die Ebenheitstoleranz die Klasse N nach DIN EN 10029.	3.2
9.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung an jedem Blech nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
Kennzeichnung: Stahlsorte, Schmelznummer, Probennummer, Herstellerzeichen, Zeichen des Sachverständigen, Güteklasse Z25 (sofern nachgewiesen)		

Beiblatt zu WPB 1.2

Dieses Beiblatt legt Einzelheiten zu den Anforderungen für Bleche aus 20 MnMoNi 5 5 sowie für die Prüfung der Erzeugnisse aus 20 MnMoNi 5 5 und 22 NiMoCr 3 7 fest.

1 Werkstoffangaben und -anforderungen**1.1 Erschmelzungsart**

Der Stahl ist grundsätzlich nach dem Elektrolichtbogenverfahren oder dem Sauerstoffblasverfahren zu erschmelzen. Bei Anwendung anderer Verfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

1.2 Chemische Zusammensetzung

Elemente	Schmelzenanalyse (Massenanteile in %)	
	min.	max.
C	0,17	0,23
Si	0,15	0,30
Mn	1,20	1,50
P	–	0,012
S	–	0,008
Alges	0,010	0,040
Cu	–	0,12
Cr	–	0,20
Ni	0,50	0,80
Mo	0,40	0,55
V	–	0,020
Sn	–	0,011
Nges	–	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.

Vergütungs-wand- dicke s in mm	Proben- lage	R _{p0,2} in MPa bei		R _m in MPa bei		A in % bei		Z in % bei	Schlagenergie KV ₂ in J bei ±0 °C	
		RT	350 °C	RT	350 °C	RT	350 °C	RT	EW	MW
30 < s ≤ 70	quer	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							

RT Raumtemperatur, EW Einzelwert, MW Mittelwert von 3 Proben

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 550 °C ± 20 K durchgeführt werden.

(2) Die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit, die Temperaturen sowie die Haltedauern 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 Warmumformen

Der Temperaturbereich für das Warmumformen sowie die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit sind nach Angaben des Stahlherstellers 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 Probenabschnitte

Die Probenabschnitte für die mechanisch-technologischen Prüfungen sind den Blechen nach der letzten Vergütung zu entnehmen.

2.2 Prüfeinheit und Probenentnahmeorte

(1) Bei Vergütungswanddicken gleich oder kleiner 320 mm hat die Entnahme der Probenabschnitte für die mechanisch-technologische Erprobung, soweit möglich, mit Prüfquerschnitt mindestens 1/4 der Vergütungswanddicke unter der Walzoberfläche und mindestens 1/2 der Vergütungswanddicke unter der Stirn- und Seitenfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten zu erfolgen. Bei Vergütungswanddicken $s \leq 40$ mm dürfen die Probenabschnitte oberflächennah entnommen werden.

Die Probenabschnitte sind von Kopf-Mitte und Fuß-Mitte jeder Walztafel zu entnehmen. Bei Walztafellängen unter 5 m genügt die Kopf-Mitte-Erprobung.

(2) Bei Vergütungswanddicken größer 320 mm müssen die Probenabschnitte mit Prüfquerschnitt mindestens je 80 mm unter der Walzoberfläche und unter der Stirn- und Seitenfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten entnommen werden.

Die Probenabschnitte sind von Kopf-Mitte und Fuß-Mitte jeder Walztafel zu entnehmen.

2.3 Probenrichtung

Die mechanisch-technologische Erprobung hat an Querproben bezogen auf die Hauptumformrichtung zu erfolgen.

Querproben:

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

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 1.3
Erzeugnisform:	Flacherzeugnisse (Bleche und Bänder)	
Werkstoffe:	Warmfeste Stähle nach DIN EN 10028-2: P265GH (1.0425) P295GH (1.0481) P355GH (1.0473) 16Mo3 (1.5415) 13CrMo4-5 (1.7335)	
Anforderungen:	DIN EN 10028-1, DIN EN 10028-2 und Festlegungen in diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10028-1, DIN EN 10164 und Festlegungen in diesem WPB	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart. Sofern Schweißarbeiten durchgeführt werden sollen, ist das Kohlenstoffäquivalent (CEV) gemäß DIN EN 1011-2 zu ermitteln und anzugeben.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur	3.1
4.	Zugversuch bei Raumtemperatur zur Ermittlung der Brucheinschnürung je Walztafel drei Zugproben in Dickenrichtung nach DIN EN 10164. Die Prüfung ist durchzuführen, sofern für die Flacherzeugnisse eine schweißtechnische Weiterverarbeitung vorgesehen ist und aus der Schweißnahtausführung eine Zugbeanspruchung in Dickenrichtung zu erwarten ist. Durchführung und Anforderung gemäß Abschnitt 5.2(13).	3.1
5.	Kerbschlagbiegeversuch bei +20 °C je Zugversuch nach Ziffer 3 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb), wenn die Nenn- dicke s größer 10 mm ist.	3.1
6.	Ultraschall-Flächenprüfung an jedem Flacherzeugnis vor der schweißtechnischen Weiterverarbeitung, sofern die Z-Güte nach Ziffer 4 dieses WPB nachgewiesen werden muss. Durchführung und Anforderung gemäß den Festlegungen in DIN EN 10164.	3.1
7.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Teil.	3.1
8.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung für 16Mo3 und 13CrMo4-5 an jedem Teil nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
Kennzeichnung nach DIN EN 10028-1, zusätzlich Güteklasse Z25 (sofern nachgewiesen)		

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 1.4
Erzeugnisform:	Flach- und Langerzeugnisse (Bleche, Bänder, Breitflachstahl, Profile ¹⁾ und Stäbe)	
Werkstoffe:	Unlegierte Baustähle nach DIN EN 10025-2: S235JR ²⁾ (1.0038) S235J2 (1.0117) S355J2 (1.0577)	
Anforderungen:	DIN EN 10025-2 und Festlegungen in diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10025-1, DIN EN 10025-2 (Prüfung nach Schmelzen), DIN EN 10164 und Festlegungen in diesem WPB	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart. Sofern Schweißarbeiten durchgeführt werden sollen, ist das Kohlenstoffäquivalent (CEV) gemäß DIN EN 1011-2 zu ermitteln und anzugeben.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur je Schmelze, Wärmebehandlungslos und Dickenbereich.	3.1
4.	Zugversuch bei Raumtemperatur zur Ermittlung der Brucheinschnürung bei S235J2 und S355J2 je Flacherzeugnis und Profil drei Zugproben in Dickenrichtung nach DIN EN 10164. Die Prüfung ist durchzuführen, sofern für die Flacherzeugnisse und Profile eine schweißtechnische Weiterverarbeitung vorgesehen ist und aus der Schweißnahtausführung eine Zugbeanspruchung in Dickenrichtung zu erwarten ist. Durchführung und Anforderung gemäß Abschnitt 5.2(13).	3.1
5.	Kerbschlagbiegeversuch bei +20 °C für S235JR und bei -20 °C für S235J2 und S355J2 je Zugversuch nach Ziffer 3 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb), wenn die Nenn- dicke s größer 10 mm ist.	3.1
6.	Ultraschall-Flächenprüfung an jedem Teil vor der schweißtechnischen Weiterverarbeitung, sofern die Z-Güte nach Ziffer 4 dieses WPB nachgewiesen werden muss. Durchführung und Anforderung gemäß den Festlegungen in DIN EN 10164.	3.1
7.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Teil.	3.1
Kennzeichnung nach DIN EN 10025-1, zusätzlich Güteklasse Z25 (soweit nachgewiesen)		
¹⁾ Hohlprofile sind in WPB 2.2 und WPB 2.4 geregelt. ²⁾ Der Stahl S235JR darf nicht verwendet werden, wenn gemäß Ziffer 4 dieses WPB verbesserte Eigenschaften in Dickenrichtung nachgewiesen werden müssen.		

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 1.5
Erzeugnisform:	Flacherzeugnisse (Bleche, Bänder, Breitflachstahl)	
Werkstoffe:	Vergütungsstähle ¹⁾	
	nach DIN EN 10083-2:	nach DIN EN 10083-3:
	C35E+QT (1.1181)	42CrMo4 (1.7225)
	C45E+QT (1.1191)	34CrNiMo6 (1.6582)
Anforderungen:	DIN EN 10083-2 oder DIN EN 10083-3	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10083-1 und DIN EN 10083-2 oder DIN EN 10083-3 und Festlegungen in diesem WPB	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes	3.1
3.	Härteprüfung zum Nachweis der gleichmäßigen Wärmebehandlung an beiden Enden eines jeden Flacherzeugnisses.	3.1
4.	Zugversuch bei Raumtemperatur je Schmelze, Wärmebehandlungslos und Dickenbereich.	3.1
5.	Kerbschlagbiegeversuch bei Raumtemperatur je Zugversuch nach Ziffer 4 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb), sofern die Nenn- dicke s größer 10 mm ist.	3.1
6.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Teil.	3.1
7.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung bei legierten Stählen an jedem Teil nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
Kennzeichnung:	Stahlsorte, Schmelznummer, Probennummer, Herstellerzeichen	
¹⁾ Eine schweißtechnische Verarbeitung der Stähle ist nicht zugelassen.		

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 1.6
Erzeugnisform:	Flach- und Langerzeugnisse (Bleche, Bänder, Breitflachstahl, Profile und Stäbe)	
Werkstoffe:	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle ¹⁾ nach DIN EN 10025-3: nach DIN EN 10025-4: S275N (1.0490) S275M (1.8818) S355N (1.0545) S355M (1.8823)	
Anforderungen:	DIN EN 10025-3 oder DIN EN 10025-4 und Festlegungen in diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10025-1 und DIN EN 10025-3 oder DIN EN 10025-4, DIN EN 10164 und Festlegungen in diesem WPB	
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart. Sofern Schweißarbeiten durchgeführt werden sollen, ist das Kohlenstoffäquivalent (CEV) gemäß DIN EN 1011-2 zu ermitteln und anzugeben.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltedauern und Abkühlbedingungen.	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur je Schmelze, Wärmebehandlungslos und Dickenbereich.	3.1
4.	Zugversuch bei Raumtemperatur zur Ermittlung der Brucheinschnürung je Flacherzeugnis und Profil drei Zugproben in Dickenrichtung nach DIN EN 10164. Die Prüfung ist durchzuführen, sofern für die Flacherzeugnisse und Profile eine schweißtechnische Weiterverarbeitung vorgesehen ist und aus der Schweißnahtausführung eine Zugbeanspruchung in Dickenrichtung zu erwarten ist. Durchführung und Anforderung gemäß Abschnitt 5.2(13).	3.1
5.	Kerbschlagbiegeversuch bei +20 °C je Zugversuch nach Ziffer 3 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb), wenn die Nenn- dicke s größer 10 mm ist.	3.1
6.	Ultraschall-Flächenprüfung an jedem Teil vor der schweißtechnischen Weiterverarbeitung, sofern die Z-Güte nach Ziffer 4 dieses WPB nachgewiesen werden muss. Durchführung und Anforderung gemäß den Festlegungen in DIN EN 10164.	3.1
7.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Teil.	3.1
Kennzeichnung nach DIN EN 10025-1, zusätzlich Güteklasse Z25 (sofern nachgewiesen)		
¹⁾ Flacherzeugnisse aus den Stählen P275NH (1.0487) und P355NH (1.0565) nach DIN EN 10028-3 dürfen verwendet werden, sofern die im WPB festgelegten Prüfungen und Bescheinigungen vorliegen.		

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 2.1
Erzeugnisform:	Geschweißte Rohre und nahtlose Rohre	
Werkstoffe:	Nichtrostende austenitische Stähle nach DIN EN 10296-2 und DIN EN 10297-2 ¹⁾ :	
	X5CrNi18-10	(1.4301)
	X5CrNiMo17-12-2	(1.4401)
	X6CrNiTi18-10	(1.4541)
	X6CrNiNb18-10	(1.4550)
	X6CrNiMoTi17-12-2	(1.4571)
Anforderungen:	DIN EN 10296-2 oder DIN EN 10297-2 ²⁾ und Festlegungen in diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10296-2 oder DIN EN 10297-2 und Festlegungen in diesem WPB	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur	3.1
4.	Technologische Rohrprüfung bei geschweißten Rohren Ringfaltversuch, Aufweitversuch oder Rohr-Biegeversuch, Ringzugversuch oder Schweißnaht-Biegeversuch Art, Durchführung und Bewertungskriterien der Prüfung nach DIN EN 10296-2.	3.1
5.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Rohr. Oberflächenbeschaffenheit mindestens W1 oder W2 nach DIN EN 10296-2 oder mindestens HFD oder CFD nach DIN EN 10297-2.	3.1
6.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung an jedem Rohr nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
	Kennzeichnung nach DIN EN 10296-2 oder DIN EN 10297-2	
1)	Geschweißte Rohre und nahtlose Rohre aus den genannten Stählen nach DIN EN 10216-5, Prüfkategorie 1 oder 2, oder DIN EN 10217-7, Prüfkategorie 1 oder 2, dürfen verwendet werden, sofern die im WPB festgelegten Prüfungen und Bescheinigungen vorliegen.	
2)	Sofern für die Berechnung gewährleistete Festigkeitskennwerte bei erhöhter Temperatur erforderlich sind, sind geschweißte Rohre und nahtlose Rohre aus den genannten Stählen nach DIN EN 10216-5 oder DIN EN 10217-7 zu verwenden.	

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 2.2
Erzeugnisform:	Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile	
Werkstoffe:	Unlegierte Baustähle nach DIN EN 10219-1: S235JRH (1.0039) S355J2H (1.0576)	
Anforderungen:	DIN EN 10219-1, DIN EN 10219-2 und Festlegungen in diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10219-1 und Festlegungen in diesem WPB	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart. Sofern Schweißarbeiten durchgeführt werden sollen, ist das Kohlenstoffäquivalent (CEV) gemäß DIN EN 1011-2 zu ermitteln und anzugeben.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur je Schmelze, Abmessung, Wärmebehandlungszustand und Herstellverfahren.	3.1
4.	Kerbschlagbiegeversuch bei -20 °C für S355J2H und bei +20 °C für S235JRH je Zugversuch nach Ziffer 3 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb), wenn die Nennwanddicke s größer 10 mm ist.	3.1
5.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Hohlprofil.	3.1
6.	Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnaht an jedem Hohlprofil 100 %. Prüfverfahren und Zulässigkeitsklasse nach DIN EN 10219-1.	3.1
Kennzeichnung nach DIN EN 10219-1		

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 2.3
Erzeugnisform:	Nahtlose Rohre	
Werkstoffe:	Warmfeste Stähle nach DIN EN 10216-2: P235GH (1.0345) P265GH (1.0425) 16Mo3 (1.5415) 10CrMo9-10 (1.7380) 13CrMo4-5 (1.7335)	
Anforderungen:	DIN EN 10216-2 und Festlegungen in diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10216-2, Prüfkategorie 1 oder 2, und Festlegungen in diesem WPB	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart. Sofern Schweißarbeiten durchgeführt werden sollen, ist für die Stähle P235GH und P265GH das Kohlenstoffäquivalent (CEV) gemäß DIN EN 1011-2 zu ermitteln und anzugeben.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur	3.1
4.	Kerbschlagbiegeversuch bei $\pm 0^\circ$ C für P235GH und P265GH bei $+20^\circ$ C für 16Mo3, 10CrMo9-10 und 13CrMo4-5 je Zugversuch nach Ziffer 3 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb), wenn die Nennwanddicke s größer 10 mm ist.	3.1
5.	Technologische Rohrprüfung Ringfaltversuch, Ringzugversuch, Aufweitversuch oder Ringaufdornversuch Art, Durchführung und Bewertungskriterien der Prüfung nach DIN EN 10216-2.	3.1
6.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Rohr.	3.1
7.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung für 16Mo3, 10CrMo9-10 und 13CrMo4-5 an jedem Rohr nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
Kennzeichnung nach DIN EN 10216-2		

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 2.4
Erzeugnisform:	Warmgefertigte nahtlose oder geschweißte Hohlprofile	
Werkstoffe:	Unlegierte Baustähle nach DIN EN 10210-1: S235JRH (1.0039) S275J2H (1.0138) S355J2H (1.0576)	
Anforderungen:	DIN EN 10210-1, DIN EN 10210-2 und Festlegungen in diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10210-1 und Festlegungen in diesem WPB	
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart. Sofern Schweißarbeiten durchgeführt werden sollen, ist das Kohlenstoffäquivalent (CEV) gemäß DIN EN 1011-2 zu ermitteln und anzugeben.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur je Schmelze, Abmessung, Wärmebehandlungszustand und Herstellverfahren.	3.1
4.	Kerbschlagbiegeversuch bei -20 °C für S275J2H und S355J2H bei +20 °C für S235JRH je Zugversuch nach Ziffer 3 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb), wenn die Nennwanddicke s größer 10 mm ist.	3.1
5.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Hohlprofil.	3.1
6.	Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnaht bei geschweißten Hohlprofilen an jedem Hohlprofil 100 %. Prüfverfahren und Zulässigkeitsklasse nach DIN EN 10210-1.	3.1
Kennzeichnung nach DIN EN 10210-1		

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 2.5
Erzeugnisform:	Nahtlose gewalzte oder gepresste Rohre	
Werkstoff:	Warmfester Vergütungsstahl: 20 MnMoNi 5 5 (1.6310)	
Anforderungen:	Beiblatt zu diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	Festlegungen in diesem WPB und im Beiblatt zu diesem WPB	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, der Haltedauern und der Abkühlbedingungen.	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN ISO 6892-1 - sofern der Außendurchmesser gleich oder kleiner 600 mm: je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos, maximale Losgröße 20 Rohre, - sofern der Außendurchmesser größer 600 mm: je Herstellungslänge. Zu bestimmen und zu bescheinigen sind: $R_{p0,2}$, R_m , A und Z.	3.2
4.	Zugversuch bei 350 °C nach DIN EN ISO 6892-2 je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos, wenn die Auslegungstemperatur größer 250 °C ist. Zu bestimmen und zu bescheinigen sind: $R_{p0,2}$, R_m und A.	3.2
5.	Kerbschlagbiegeversuch bei ± 0 °C nach DIN EN ISO 148-1 je Zugversuch nach Ziffer 3 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb). Zu bestimmen und zu bescheinigen ist: KV_2 .	3.2
6.	Technologische Rohrprüfung Ringfaltversuch, Ringzugversuch, Aufweitversuch oder Ringaufdornversuch an jeder Walzlänge, bei Teillängen ohne Zuordnung zur Walzlänge jedes Rohr, an beiden Enden. Art, Durchführung und Bewertungskriterien der Prüfung nach DIN EN 10216-2, Prüf- kategorie 2.	3.2
7.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Rohr. Oberflächenbeschaffenheit entsprechend DIN EN 10216-2.	3.2
8.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung an jedem Rohr nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
Kennzeichnung: Stahlsorte, Schmelzenummer, Proben- oder Rohrnummer, Herstellerzeichen, Zeichen des Sachverständigen		

Beiblatt zu WPB 2.5

Dieses Beiblatt legt Einzelheiten zu den Anforderungen für nahtlose, gewalzte oder gepresste Rohre aus 20MnMoNi 5 5 sowie für die 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

Elemente	Schmelzenanalyse (Massenanteile in %)	
	min.	max.
C	0,17	0,23
Si	0,15	0,30
Mn	1,20	1,50
P	–	0,012
S	–	0,008
Al _{ges}	0,010	0,040
Cu	–	0,12
Cr	–	0,20
Ni	0,50	0,80
Mo	0,40	0,55
V	–	0,020
Sn	–	0,011
N _{ges}	–	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.

Nennwanddickes s in mm	Probenlage	R _{p0,2} in MPa bei		R _m in MPa bei		A in % bei		Z in % bei	Schlagenergie KV ₂ in J bei ±0 °C	
		RT	350 °C	RT	350 °C	RT	350 °C		RT	EW
15 < s ≤ 100	längs	430	363	570 bis 710	513	19	16	45	51	60
	quer								34	41
100 < s ≤ 200	längs	390	343	560 bis 700	510				51	60
	quer								34	41

RT Raumtemperatur, EW Einzelwert, MW Mittelwert von 3 Proben

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 550 °C ± 20 K 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 Warmumformen

Der Temperaturbereich für das Warmumformen sowie die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit sind nach Angaben des Stahlherstellers 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 Probenabschnitte

Die Probenabschnitte für die mechanisch-technologischen Prüfungen sind 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 Außenoberfläche und mindestens 1/2 der Wärmebehandlungsdicke unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten 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- und Längsrichtung.

Längsproben:

Probenlängsachse in Hauptumformrichtung, bei Kerbschlagproben Kerbachse senkrecht zur Ebene der Quer- und Längsrichtung.

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 2.6
Erzeugnisform:	Nahtlose Rohre und geschweißte Rohre	
Werkstoff:	Warmfester Feinkornbaustahl nach DIN EN 10216-3 oder DIN EN 10217-3: P460NH (1.8935)	
Anforderungen:	DIN EN 10216-3 oder DIN EN 10217-3 und Festlegungen in diesem WPB Für nahtlose Rohre mit Nennwanddicken $65 < s \leq 100$ gelten die in DIN EN 10216-3 für $s = 65$ mm spezifizierten Anforderungen für die Schlagenergie KV_2 .	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10216-3, Prüfkategorie 1, oder DIN EN 10217-3, Prüfkategorie 1	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart. Sofern Schweißarbeiten durchgeführt werden sollen, ist das Kohlenstoffäquivalent (CEV) gemäß DIN EN 1011-2 zu ermitteln und anzugeben.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur	3.1
4.	Kerbschlagbiegeversuch bei +20 °C je Zugversuch nach Ziffer 3 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb), wenn die Nennwanddicke s größer 10 mm ist.	3.1
5.	Technologische Rohrprüfung Ringfaltversuch, Ringzugversuch, Aufweitversuch oder Ringaufdornversuch Art, Durchführung und Bewertungskriterien der Prüfung nach DIN EN 10216-3 oder DIN EN 10217-3.	3.1
6.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Rohr.	3.1
7.	Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnaht bei geschweißten Rohren an jedem Rohr 100 %. Prüfverfahren und Zulässigkeitsklasse nach DIN EN 10217-3.	3.1
8.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung an jedem Rohr nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
	Kennzeichnung nach DIN EN 10216-3 oder DIN EN 10217-3	

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 2.7
Erzeugnisform:	Nahtlose Rohre mit Nennwanddicken $s \leq 80$ mm	
Werkstoff:	Warmfester Vergütungsstahl: 15NiCuMoNb5-6-4 (1.6368)	
Anforderungen:	DIN EN 10216-2	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10216-2, Prüfkategorie 2, und Festlegungen in diesem WPB	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltedauern und Abkühlbedingungen.	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur	3.1
4.	Zugversuch bei 350 °C an einem Probenentnahmeort je Schmelze, sofern die Auslegungstemperatur größer 100 °C ist.	3.1
5.	Kerbschlagbiegeversuch bei +20 °C je Zugversuch nach Ziffer 3 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb), wenn die Nennwanddicke s größer 10 mm ist.	3.1
6.	Technologische Rohrprüfung Ringfaltversuch, Ringzugversuch, Aufweitversuch oder Ringaufdornversuch an jeder Walzlänge an einem Ende. Art, Durchführung und Bewertungskriterien der Prüfung nach DIN EN 10216-2.	3.1
7.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Rohr.	3.1
8.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung an jedem Rohr nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
Kennzeichnung nach DIN EN 10216-2		

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 3.1
Erzeugnisform:	Schmiedestücke (Stäbe, Platten und sonstige Schmiedestücke) und gewalzte Stäbe	
Werkstoffe:	Nichtrostende austenitische Stähle nach DIN EN 10250-4 oder DIN EN 10088-3 ¹⁾ : X5CrNi18-10 (1.4301) X5CrNiMo17-12-2 (1.4401) X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571)	
Anforderungen:	DIN EN 10250-4 oder DIN EN 10088-3 und Festlegungen in diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10250-1 oder DIN EN 10088-3 und Festlegungen in diesem WPB	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze mit Angabe der Erschmelzungsart.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur	3.1
4.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Teil. Oberflächenbeschaffenheit nach DIN EN 10250-1 oder DIN EN 10088-3.	3.1
5.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung an jedem Teil nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
6.	Oberflächenprüfung an jedem Schmiedestück 100 % nach dem Eindringverfahren Durchführung und Bewertung gemäß Anhang B.	3.1
Kennzeichnung nach DIN EN 10250-1 oder DIN EN 10088-3		
1) Schmiedestücke und Stäbe aus den genannten Stählen nach DIN EN 10222-5 oder DIN EN 10272 dürfen verwendet werden, sofern die in diesem WPB festgelegten Prüfungen und Bescheinigungen vorliegen.		

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 3.2
Erzeugnisform:	Schmiedestücke (Stäbe, Platten und sonstige Schmiedestücke)	
Werkstoffe:	Warmfester Vergütungsstahl: 20 MnMoNi 5 5 (1.6310) 22 NiMoCr 3 7 (1.6751)	
Anforderungen:	20 MnMoNi 5 5 Festlegungen in diesem WPB und im Beiblatt zu diesem WPB 22 NiMoCr 3 7 Anforderungen sind im Rahmen der Vorprüfung festzulegen	
Probenentnahme und Prüfumfang:	Festlegungen in diesem WPB und im Beiblatt zu diesem WPB	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltedauern und Abkühlbedingungen.	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN ISO 6892-1 je Probenentnahmeort nach Abschnitt 2 des Beiblatts zu diesem WPB. Zu bestimmen und zu bescheinigen sind: $R_{p0,2}$, R_m , A und Z.	3.2
4.	Zugversuch bei 350 °C nach DIN EN ISO 6892-2 an einem Probenentnahmeort nach Abschnitt 2 des Beiblatts zu diesem WPB, wenn die Auslegungstemperatur größer 250 °C ist. Zu bestimmen und zu bescheinigen sind: $R_{p0,2}$, R_m und A.	3.2
5.	Kerbschlagbiegeversuch bei ± 0 °C nach DIN EN ISO 148-1 je Zugversuch nach Ziffer 3 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb). Zu bestimmen und zu bescheinigen ist: KV_2 .	3.2
6.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Schmiedestück.	3.2
7.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung an jedem Schmiedestück nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
8.	Ultraschallprüfung bei Stäben und Platten mit Erzeugnisdicken gleich oder größer 30 mm und bei Schmiedestücken gleich oder größer 300 kg jedes Teil 100 % Durchführung und Bewertung gemäß Anhang B.	3.1
9.	Oberflächenprüfung an jedem Teil 100 % Durchführung und Bewertung gemäß Anhang B.	3.1
Kennzeichnung: Stahlsorte, Schmelznummer, Probennummer, Herstellerzeichen, Zeichen des Sachverständigen		

Beiblatt zu WPB 3.2

Dieses Beiblatt legt Einzelheiten zu den Anforderungen für Schmiedestücke aus 20 MnMoNi 5 5 sowie für die Prüfung der Erzeugnisse aus 20 MnMoNi 5 5 und 22 NiMoCr 3 7 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

Elemente	Schmelzenanalyse (Massenanteile in %)	
	min.	max.
C	0,17	0,23
Si	0,15	0,30
Mn	1,20	1,50
P	–	0,012
S	–	0,008
Al _{ges}	0,010	0,040
Cu	–	0,12
Cr	–	0,20
Ni	0,50	0,80
Mo	0,40	0,55
V	–	0,020
Sn	–	0,011
N _{ges}	–	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.

Vergütungswand- dicke s in mm	Probenlage	R _{p0,2} in MPa bei		R _m in MPa bei		A in % bei		Z in % bei	Schlagenergie KV ₂ in J bei ±0 °C	
		RT	350 °C	RT	350 °C	RT	350 °C	RT	EW	MW
s < 320	längs/quer	390	343	560 bis 700	504	19	14	45	34	41
s ≥ 320			314							

RT Raumtemperatur, EW Einzelwert, MW Mittelwert von 3 Proben

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 dürfen bei 550 °C ± 20 K 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 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 Probenabschnitte

Die Probenabschnitte für die mechanisch-technologischen Prüfungen sind 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 gleich oder kleiner 320 mm müssen die Probenentnahmeorte mindestens $\frac{1}{4}$ der Vergütungswanddicke unter der maßgeblichen Vergütungsoberfläche und mindestens $\frac{1}{2}$ der Vergütungswanddicke unter den Stirn- und Seitenoberflächen von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten liegen.
- (4) Bei Vergütungswanddicken größer 320 mm müssen die Probenentnahmeorte mindestens je 80 mm unter der maßgeblichen Vergütungsoberfläche und mindestens je 160 mm unter den Stirn- und Seitenoberflächen von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten liegen.

2.3 Probenrichtung

Die mechanisch-technologische Erprobung hat an Querproben bezogen auf die Hauptumformrichtung zu erfolgen.

Querproben:

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

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 3.3
Erzeugnisform:	Schmiedestücke (Stäbe, Platten und sonstige Schmiedestücke)	
Werkstoffe:	Unlegierte Baustähle nach DIN EN 10250-2: S235JRG2 (1.0038) S235J2G3 (1.0116) S355J2G3 (1.0570)	
Anforderungen:	DIN EN 10250-1, DIN EN 10250-2 und Festlegungen in diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10250-1 und Festlegungen in diesem WPB	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart. Sofern Schweißarbeiten durchgeführt werden sollen, ist das Kohlenstoffäquivalent (CEV) gemäß DIN EN 1011-2 zu ermitteln und anzugeben.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur	3.1
4.	Kerbschlagbiegeversuch bei Raumtemperatur für S235JRG2 und bei -20 °C für S235J2G3 und S355J2G3 je Zugversuch nach Ziffer 3 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb), wenn der Durchmesser oder die Dicke d gleich oder größer 15 mm ist.	3.1
5.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Teil.	3.1
6.	Ultraschallprüfung bei Stäben und Platten mit Erzeugnisdicken gleich oder größer 30 mm und bei Schmiedestücken gleich oder größer 300 kg jedes Teil 100 % Durchführung und Bewertung gemäß Anhang B.	3.1
Kennzeichnung nach DIN EN 10250-1		

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 3.4
Erzeugnisform:	Schmiedestücke (Stäbe, Platten und sonstige Schmiedestücke) und gewalzte Stäbe	
Werkstoffe:	Warmfeste schweißgeeignete Stähle nach DIN EN 10222-2 oder DIN EN 10273: P250GH (1.0460) 16Mo3 (1.5415)	
Anforderungen:	DIN EN 10222-1 und DIN EN 10222-2 oder DIN EN 10273 und Festlegungen in diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10222-1 oder DIN EN 10273 und Festlegungen in diesem WPB	
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur	3.1
4.	Kerbschlagbiegeversuch bei Raumtemperatur je Zugversuch nach Ziffer 3 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb).	3.1
5.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Teil.	3.1
6.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung bei 16Mo3 an jedem Teil nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
7.	Ultraschallprüfung bei geschmiedeten Stäben und Platten mit Erzeugnisdicken gleich oder größer 30 mm und bei Schmiedestücken gleich oder größer 300 kg jedes Teil 100 % Durchführung und Bewertung gemäß Anhang B.	3.1
Kennzeichnung nach DIN EN 10222-1 oder DIN EN 10273		

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 3.5
Erzeugnisform:	Stäbe und geschmiedete Teile ohne und mit Gewindeenden	
Werkstoffe:	Vergütungsstähle ¹⁾ nach DIN EN 10083-2, SEW 550 ²⁾ oder DIN EN 10269: C45E+QT (1.1191) nach DIN EN 10083-3, SEW 550 ²⁾ oder DIN EN 10269: 42CrMo4 (1.7225) 34CrNiMo6 (1.6582) nach DIN EN 10269: 21CrMoV5-7 (1.7709)	
Anforderungen:	DIN EN 10083-2, DIN EN 10083-3, SEW 550 ²⁾ oder DIN EN 10269 und Festlegungen in diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10083-1 und DIN EN 10083-2 oder DIN EN 10083-3 oder SEW 550 oder DIN EN 10269 und Festlegungen in diesem WPB	
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes	3.1
3.	Härteprüfung zum Nachweis der gleichmäßigen Wärmebehandlung an jedem Teil an beiden Enden.	3.1
4.	Zugversuch bei Raumtemperatur vom härtesten und weichsten Teil je Schmelze, Abmessungsbereich und Wärmebehandlungslos. Die Probenlage bei Formschmiedeteilen ist zu vereinbaren.	3.1
5.	Kerbschlagbiegeversuch bei +20 °C je Zugversuch nach Ziffer 4 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb). Die Probenlage bei Formschmiedeteilen ist zu vereinbaren.	3.1
6.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Teil, bei Teilen mit Gewindeenden im endbearbeiteten Zustand.	3.1
7.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung bei legierten Stählen an jedem Teil nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
8.	Ultraschallprüfung bei Stäben mit Erzeugnisdicken gleich oder größer 30 mm und bei Schmiedestücken gleich oder größer 300 kg jedes Teil 100 % Durchführung und Bewertung gemäß Anhang B.	3.1
9.	Oberflächenprüfung sofern keine mechanische Bearbeitung der Oberfläche vorgesehen ist, an jedem Teil 100 % Durchführung und Bewertung gemäß Anhang B.	3.1
Kennzeichnung: Stahlsorte, Schmelznummer, Probennummer, Herstellerzeichen		
1) Eine schweißtechnische Verarbeitung der Stähle ist nicht zugelassen. 2) SEW 550 ist auf größere Schmiedestücke anzuwenden.		

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 3.6
Erzeugnisform:	Stäbe und geschmiedete Teile ohne und mit Gewindeenden	
Werkstoffe:	Höherfeste Vergütungsstähle: 20 NiCrMo 14 5 (1.6772) 26 NiCrMo 14 6 (1.6958)	
Anforderungen:	Beiblatt zu diesem WPB und Festlegungen in diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	Beiblatt zu diesem WPB und Festlegungen in diesem WPB	
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltedauern und Abkühlbedingungen.	3.1
3.	Härteprüfung zum Nachweis der gleichmäßigen Wärmebehandlung an jedem Teil an beiden Enden.	3.1
4.	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN ISO 6892-1 am härtesten und weichsten Teil je Schmelze, Abmessungsbereich und Wärmebehandlungslos. Die Probenlage bei Formschmiedeteilen ist zu vereinbaren. Zu bestimmen und zu bescheinigen sind: $R_{p0,2}$, R_m , A und Z.	3.2
5.	Zugversuch bei 350 °C nach DIN EN ISO 6892-2 am weichsten Teil je Schmelze, Abmessungsbereich und Wärmebehandlungslos, wenn die Auslegungstemperatur größer 250 °C ist. Die Probenlage bei Formschmiedeteilen ist zu vereinbaren. Zu bestimmen und zu bescheinigen sind: $R_{p0,2}$; zur Information R_m und A.	3.2
5.	Kerbschlagbiegeversuch bei +20 °C nach DIN EN ISO 148-1 je Zugversuch nach Ziffer 4 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb). Die Probenlage bei Formschmiedeteilen ist zu vereinbaren. Zu bestimmen und zu bescheinigen ist: KV_2 .	3.2
6.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Teil, bei Teilen mit Gewindeenden im endbearbeiteten Zustand.	3.2
7.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung an jedem Teil nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
8.	Ultraschallprüfung bei Stäben mit Erzeugnisdicken gleich oder größer 30 mm und bei Schmiedestücken gleich oder größer 300 kg jedes Teil 100 % Durchführung und Bewertung gemäß Anhang B.	3.1
9.	Oberflächenprüfung sofern keine weitere mechanische Bearbeitung der Oberfläche vorgesehen ist, an jedem Teil 100 % Durchführung und Bewertung gemäß Anhang B.	3.1
Kennzeichnung: Stahlsorte, Schmelzenummer, Probennummer, Herstellerzeichen, Zeichen des Sachverständigen		

Beiblatt zu 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 für die 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

Elemente	Schmelzenanalyse (Massenanteile in %)			
	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	0,15	0,30
Mn	0,30	0,50	0,20	0,50
P	–	0,020	–	0,020
S	–	0,010	–	0,015
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	–	–	–	0,08
Al	0,005	0,050	0,005	0,050

1.3 Werkstoffeigenschaften

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

Werkstoff	Durchmesser d in mm	Probenlage	R _{p0,2} in MPa bei		R _m in MPa bei		A in % bei		Z in % bei	Schlagenergie KV ₂ in J bei +20 °C	
			RT	350 °C	RT	350 °C	RT	350 °C	RT	EW	MW
			20 NiCrMo 14 5 I	s ≤ 130	längs	940	735	1040 bis 1240	–	14	–
	130 < s ≤ 200									52	63
20 NiCrMo 14 5 II	s ≤ 130	980	785	1080 bis 1280		–	14	–	55	64	75
	130 < s ≤ 200									52	63
26 NiCrMo 14 6	s ≤ 70	940	765	1040 bis 1240		–	14	–	50	55	75
	70 < s ≤ 420									36	52

RT Raumtemperatur, EW Einzelwert, MW Mittelwert von 3 Proben

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 Probenabschnitte

Die Probenabschnitte für die mechanisch-technologischen Prüfungen sind den Erzeugnisformen nach der letzten Vergütung zu entnehmen.

2.2 Probenentnahmeorte und Probenrichtung

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

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 4.1				
Erzeugnisform:	Schrauben gleich oder kleiner als M39 und Muttern nach Festigkeitsklassen					
Werkstoffe:	Schrauben:	Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 8.8 und 10.9				
	Muttern:	Festigkeitsklassen 5, 8 und 10				
Anforderungen:	Schrauben:	DIN EN ISO 898-1				
	Muttern	gleich oder kleiner als M48: DIN EN ISO 898-2 und Festlegungen in diesem WPB				
	größer als M48:	Anforderungen sind im Rahmen der Vorprüfung festzulegen				
Probenentnahme und Prüfumfang:	Schrauben:	DIN EN ISO 898-1				
	Muttern:	DIN EN ISO 898-2				
Prüfungen			Bescheinigung nach DIN EN 10204			
1.	Schrauben nach DIN EN ISO 898-1		3.1 / 2.1 ¹⁾			
2.	Muttern nach DIN EN ISO 898-2 Anstelle des Prüfkraftversuches darf bei Abmessungen größer als M39 eine Härtemessung HV 30 durchgeführt werden. Anforderungen nach Tabelle WPB 4.1-1 dieses WPB.		2.2			
3.	Schrauben und Muttern Maßhaltigkeit, Kennzeichnung und Ausführung entsprechend der zutreffenden Produktnorm Anforderungen bezüglich der Oberflächenausführung gemäß Abschnitt 6.		2.2			
Kennzeichnung:						
- Schrauben nach DIN EN ISO 898-1						
- Muttern nach DIN EN ISO 898-2						
Ergänzend zur DIN EN ISO 898-2 gilt für Muttern größer als M39:						
Gewindenenn- durchmesser d in mm	Festigkeitsklasse					
	5		8		10	
	Vickers-Härte		Vickers-Härte		Vickers-Härte	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.
M39 < d ≤ M48	128	302	207	353	272	353
d > M48	Anforderungen sind im Rahmen der Vorprüfung festzulegen					
Tabelle WPB 4.1-1: Härtewerte						
1) Für Schrauben ist eine Werksbescheinigung 2.1 ausreichend, sofern die Überprüfung des Herstellers durch den Sachverständigen nach VdTÜV-Merkblatt Werkstoffe 1253/4 erfolgte.						

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 4.2
Erzeugnisform:	Schrauben, Muttern und Scheiben für hochfeste vorspannbare Schraubverbindungen gleich oder kleiner als M39 und Garnituren (Systeme HV / HR) gleich oder kleiner als M36	
Werkstoffe:	Schrauben: Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 Muttern: Festigkeitsklassen 8 und 10 Scheiben: C45 (1.0503), C45E (1.1191) nach DIN EN 10083-2 oder härter	
Anforderungen:	Schrauben: DIN EN ISO 898-1 und Festlegungen in diesem WPB Muttern: DIN EN ISO 898-2 und Festlegungen in diesem WPB Scheiben: DIN EN 10083-2 und Festlegungen in diesem WPB Zusätzlich für Garnituren (Systeme HV / HR): DIN EN 14399-2 Hochfeste vorspannbare Schraubverbindungen der Festigkeitsklassen 8.8 / 8 und 10.9 / 10 für Auslegungstemperaturen größer 100 °C, siehe Abschnitt 4.1.4 (8)	
Probenentnahme und Prüfumfang:	Schrauben: DIN EN ISO 898-1 Muttern: DIN EN ISO 898-2 Scheiben (Ausgangsmaterial): DIN EN 10083-1 und DIN EN 10083-2 Zusätzlich für Garnituren (Systeme HV / HR): DIN EN 14399-2	
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Schrauben nach DIN EN ISO 898-1	3.1 / 2.1 ¹⁾
2.	Muttern nach DIN EN ISO 898-2	2.2
3.	Scheiben mit Angabe des Werkstoffs und des Wärmebehandlungszustandes	2.2
4.	Garnituren (Systeme HV / HR) nach DIN EN 14399-2	3.1
5.	Schrauben, Muttern und Scheiben Maßhaltigkeit, Kennzeichnung und Ausführung entsprechend der zutreffenden Produktnorm, für Garnituren nach DIN EN 14399-1. Anforderungen bezüglich der Oberflächenausführung gemäß Abschnitt 6.	2.2
Kennzeichnung: - Schrauben und Muttern nach DIN EN ISO 898-1 oder DIN EN ISO 898-2, zusätzlich HV oder HR - Scheiben: Herstellerzeichen und HV oder HR - Garnituren (Systeme HV / HR) nach DIN EN 14399-2		
¹⁾ Für Schrauben ist eine Werksbescheinigung 2.1 ausreichend, sofern die Überprüfung des Herstellers durch den Sachverständigen nach VdTÜV-Merkblatt Werkstoffe 1253/4 erfolgte.		

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 4.3								
Erzeugnisform:	Schrauben und Muttern gleich oder kleiner als M39									
Werkstoffe:	Austenitische Stahlsorten A2, A3, A4 und A5 in den Festigkeitsklassen 50, 70 oder 80 nach DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2									
Anforderungen:	Schrauben: DIN EN ISO 3506-1 Muttern: DIN EN ISO 3506-2									
Probenentnahme und Prüfumfang:	Schrauben: DIN EN ISO 3506-1 und Festlegungen in diesem WPB Muttern: DIN EN ISO 3506-2 und Festlegungen in diesem WPB									
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10204								
1. Mechanisch-technologische Prüfungen an Schrauben nach DIN EN ISO 3506-1 und an Muttern nach DIN EN ISO 3506-2 Prüfumfang nach Tabelle WPB 4.3-1 dieses WPB.		3.1 / 2.1 ¹⁾								
2. Besichtigung, Maßkontrolle und Prüfung auf Werkstoffverwechslung Es sind in Herstellerverantwortung laufend Prüfungen nach DIN EN ISO 3269 durchzuführen.		2.2 ¹⁾								
Kennzeichnung: - 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> <p>Tabelle WPB 4.3-1: Anzahl der zu prüfenden Stücke in Abhängigkeit von der Stückzahl der Prüfeinheit bei der mechanisch-technologischen Prüfung von Schrauben und Muttern</p>			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									
¹⁾ Für Schrauben ist eine Werksbescheinigung 2.1 ausreichend, sofern die Überprüfung des Herstellers durch den Sachverständigen nach VdTÜV-Merkblatt Werkstoffe 1253/4 erfolgte.										

WERKSTOFFPRÜFBLATT				WPB 4.4			
Erzeugnisform:		Stäbe sowie daraus spanend gefertigte Schrauben und Muttern, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend nicht wärmebehandelt					
Werkstoffe:		Nichtrostende austenitische Stähle nach DIN EN 10088-3 ¹⁾ : X6CrNiTi18-10 (1.4541) X6CrNiNb18-10 (1.4550) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571)					
Anforderungen:		DIN EN 10088-3					
Probenentnahme und Prüfumfang:		DIN EN 10088-3 und Festlegungen in diesem WPB					
Prüfungen						Bescheinigung nach DIN EN 10204	
1. Prüfungen am Ausgangsmaterial:		--					
1.1	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.					3.1	
1.2	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes					3.1	
1.3	Zugversuch bei Raumtemperatur					3.1	
1.4	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Stab.					3.1	
1.5	Prüfung auf Werkstoffverwechslung an jedem Stab nach einem geeigneten Verfahren.					3.1	
2. Prüfung an fertigen Schrauben und Muttern:		--					
2.1	Besichtigung und Maßkontrolle Die Schrauben und Muttern sind auf Grundlage der jeweiligen Produktnorm einer Besichtigung und Maßkontrolle zu unterziehen. Für den Stichprobenumfang und die Annahmezahlen sowie die zu prüfenden Merkmale gelten die Festlegungen in Tabelle WPB 4.4-1 und Tabelle WPB 4.4-2 . Oberflächenzustand für Schrauben in Anlehnung an DIN EN 26157-3 und für Muttern in Anlehnung an DIN EN ISO 6157-2. Risse sind nicht zulässig.					3.1	
Kennzeichnung:							
- Ausgangsmaterial nach DIN EN 10088-3							
- Schrauben und Muttern: Herstellerzeichen, Stahlsorte, Kurzzeichen für die Zuordnung zum Ausgangsmaterial							
Hauptmerkmale				Nebenmerkmale			
Gewindengrenzmaße (Lehrenhaltigkeit) Kraftangriffsflächen für Montage Übergang unter dem Schraubenkopf Gewindegrundradius am Übergang Gewinde-Schaft				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 4.4-1: Bei der Maßkontrolle von Schrauben und Muttern zu prüfende Merkmale sowie deren Einstufung als Haupt- und Nebenmerkmale							
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 1200	125	80	125	80	1	2	
1201 bis 3200	200	125	200	125	2	3	
3201 bis 10000	315	200	315	200	3	5	
Tabelle WPB 4.4-2: Stichprobenumfang sowie Annahmezahlen für die Besichtigung und Maßkontrolle von Schrauben und Muttern in Abhängigkeit von der Stückzahl der Prüfeinheit							
1) Stäbe aus den genannten Stählen nach DIN EN 10222-5 oder DIN EN 10272 dürfen verwendet werden, sofern die in diesem WPB festgelegten Prüfungen und Bescheinigungen vorliegen.							

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 4.5
Erzeugnisform:	Stäbe sowie daraus spanend gefertigte Schrauben und Muttern, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend nicht wärmebehandelt	
Werkstoffe:	Warmfeste vergütete Stähle nach DIN EN 10269, DIN EN 10083-2 oder DIN EN 10083-3 C35E (1.1181) C45E (1.1191) X19CrMoNbVN11-1 (1.4913) 34CrNiMo6 (1.6582) 25CrMo4 (1.7218) 42CrMo4 (1.7225) 21CrMoV5-7 (1.7709) 40CrMoV4-6 (1.7711)	nach Beiblatt zu diesem WPB: 26 NiCrMo 14 6 (1.6958) 20 NiCrMo 14 5 (1.6772)
Anforderungen:	DIN EN 10269, DIN EN 10083-2 oder DIN EN 10083-3 oder Beiblatt zu diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10269, DIN EN 10083-2 oder DIN EN 10083-3 oder Beiblatt zu diesem WPB und Festlegungen in diesem WPB	
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10204
1. Prüfungen am Ausgangsmaterial:		--
1.1	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	3.1
1.2	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes für 20 NiCrMo 14 5 und 26 NiCrMo 14 6 mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen.	3.1
1.3	Härteprüfung nach der letzten Wärmebehandlung an jedem Stab an einem Ende mindestens drei Härteeindrücke.	3.1
1.4	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN ISO 6892-1 eine Zugprobe am härtesten und weichsten Stab je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos.	3.1 / 3.2 ¹⁾
1.5	Kerbschlagbiegeversuch bei +20 °C nach DIN EN ISO 148-1 ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb) am härtesten Stab je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos. Zu bestimmen und zu bescheinigen ist: KV ₂ .	3.1 / 3.2 ¹⁾
1.6	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Stab.	3.1 / 3.2 ¹⁾
1.7	Prüfung auf Werkstoffverwechslung bei legierten Stählen an jedem Stab nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
1.8	Ultraschallprüfung bei Stäben mit Erzeugnisdicken gleich oder größer 30 mm jedes Teil 100 % Durchführung und Bewertung gemäß Anhang B.	3.1
2. Prüfungen an den fertigen Schrauben und Muttern:		--
2.1	Besichtigung und Maßkontrolle Die Schrauben und Muttern sind auf Grundlage der jeweiligen Produktnorm einer Besichtigung und Maßkontrolle zu unterziehen. Für den Stichprobenumfang und die Annahmezahlen sowie die zu prüfenden Merkmale gelten die Festlegungen in Tabelle WPB 4.5-1 und Tabelle WPB 4.5-2 . Oberflächenzustand für Schrauben nach DIN EN 26157-3 und für Muttern nach DIN EN ISO 6157-2. Risse sind nicht zulässig. Für Schrauben und Muttern aus 20 NiCrMo 14 5 (1.6772) und 26 NiCrMo 14 6 (1.6958) gelten die Anforderungen bezüglich der Oberflächenausführung gemäß Abschnitt 6.	3.1
2.2	Oberflächenprüfung an Schrauben und Muttern nach dem Magnetpulververfahren. Durchführung und Bewertung für Schrauben nach DIN EN 26157-3 und für Muttern nach DIN EN ISO 6157-2. Risse sind nicht zulässig. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen in Tabelle WPB 4.5-2 für Nebenmerkmale. Die Annahmezahl ist 0.	3.1
Kennzeichnung:		
<ul style="list-style-type: none"> - Ausgangsmaterial nach DIN EN 10269, DIN EN 10083-2 oder DIN EN 10083-3 - Schrauben und Muttern: Herstellerzeichen, Stahlsorte und Kurzzeichen für die Zuordnung zum Ausgangsmaterial 		
1) Für 20 NiCrMo 14 5 und 26 NiCrMo 14 6 ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 erforderlich.		

WERKSTOFFPRÜFBLATT**WPB 4.5
(Forts.)**

Hauptmerkmale	Nebenmerkmale
Gewindengrenzmaße (Lehrenhaltigkeit) Kraftangriffsflächen für Montage Übergang unter dem Schraubenkopf Gewindegrundradius am Übergang Gewinde-Schaft	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 Maßkontrolle von Schrauben und Muttern zu prüfende Merkmale sowie deren Einstufung als Haupt- und Nebenmerkmale

Stückzahl der Prüfeinheit	Stichprobenumfang				Annahmehzahlen	
	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 1200	125	80	125	80	1	2
1201 bis 3200	200	125	200	125	2	3
3201 bis 10000	315	200	315	200	3	5

Tabelle WPB 4.5-2: Stichprobenumfang sowie Annahmehzahlen für die Besichtigung, Maßkontrolle und Oberflächenprüfung von Schrauben und Muttern in Abhängigkeit von der Stückzahl der Prüfeinheit

Beiblatt zu WPB 4.5

Dieses Beiblatt legt Einzelheiten zu den Anforderungen für Stäbe aus 20 NiCrMo 14 5 und 26 NiCrMo 14 6 sowie deren Prüfung 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

Elemente	Schmelzenanalyse (Massenanteile in %)			
	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	0,15	0,30
Mn	0,30	0,50	0,20	0,50
P	–	0,020	–	0,020
S	–	0,010	–	0,015
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	–	–	–	0,08
Al	0,005	0,050	0,005	0,050

1.3 Werkstoffeigenschaften

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

Werkstoff	Durchmesser d in mm	Probenlage	R _{p0,2} in MPa bei		R _m in MPa bei		A in % bei		Z in % bei	Schlagenergie KV ₂ in J bei 20 °C	
			RT	350 °C	RT	350 °C	RT	350 °C		RT	EW
20 NiCrMo 14 5 I	s ≤ 130	längs	940	735	1040 bis 1240	–	14	–	55	64	75
	130 < s ≤ 200									52	63
20 NiCrMo 14 5 II	s ≤ 130		980	785	1080 bis 1280	–	14	–	55	64	75
	130 < s ≤ 200									52	63
26 NiCrMo 14 6	s ≤ 70		940	765	1040 bis 1240	–	14	–	50	55	75
	70 < s ≤ 420									36	52

RT Raumtemperatur, EW Einzelwert, MW Mittelwert von 3 Proben

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 Probenabschnitte

Die Probenabschnitte für die mechanisch-technologischen Prüfungen sind den Erzeugnisformen nach der letzten Vergütung zu entnehmen.

2.2 Probenentnahmeorte und Probenrichtung

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

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 4.6										
Erzeugnisform:	Stäbe sowie daraus hergestellte warmgeformte Schrauben und Muttern, Gewinde gerollt oder geschnitten, anschließend wärmebehandelt											
Werkstoffe:	Warmfeste vergütete Stähle nach DIN EN 10269: C35E (1.1181) X19CrMoNbVN11-1 (1.4913) 25CrMo4 (1.7218) 21CrMoV5-7 (1.7709) 40CrMoV4-6 (1.7711)											
Anforderungen:	DIN EN 10269											
Probenentnahme und Prüfumfang:	DIN EN 10269 und Festlegungen in diesem WPB											
	Prüfungen	Bescheinigung nach DIN EN 10204										
1.	Prüfungen am Ausgangsmaterial:	--										
1.1	Chemische Zusammensetzung: Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	3.1										
1.2	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Stab.	3.1										
1.3	Prüfung auf Werkstoffverwechslung bei legierten Stählen an jedem Stab nach einem geeigneten Verfahren.	3.1										
1.4	Prüfung der Kennzeichnung an jedem Stab.	3.1										
1.5	Ultraschallprüfung bei Stäben mit Erzeugnisdicken gleich oder größer 30 mm jedes Teil 100 % Durchführung und Bewertung gemäß Anhang B.	3.1										
2.	Prüfungen an den fertigen Schrauben und Muttern:	--										
2.1	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes je Wärmebehandlungslos.	3.1										
2.2	Härteprüfung an 10 % der Schrauben und Muttern, mindestens jedoch an 15 Stück.	3.1										
2.3	Mechanisch-technologische Prüfungen je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos.	3.1										
	<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 < St ≤ 800</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>800 < St ≤ 8000</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>St > 8000</td> <td>Die Anzahl der Probensätze ist mit dem Sachverständigen zu vereinbaren.</td> </tr> </tbody> </table>	Liefermenge Stückzahl (St)	Anzahl der Probensätze	St ≤ 300	1	300 < St ≤ 800	2	800 < St ≤ 8000	4	St > 8000	Die Anzahl der Probensätze ist mit dem Sachverständigen zu vereinbaren.	
Liefermenge Stückzahl (St)	Anzahl der Probensätze											
St ≤ 300	1											
300 < St ≤ 800	2											
800 < St ≤ 8000	4											
St > 8000	Die Anzahl der Probensätze ist mit dem Sachverständigen zu vereinbaren.											
	<p>Je Probensatz für Schrauben:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eine Zugprobe bei Raumtemperatur nach DIN EN ISO 6892-1 - Bei > M 14 drei Proben mit V-Kerb bei Raumtemperatur nach DIN EN ISO 148-1 - Bei ≤ M 14 ein Kopfschlagversuch. <p>Je Probensatz für Muttern:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prüfkraftversuch. 											
2.4	<p>Besichtigung und Maßkontrolle</p> <p>Die Schrauben und Muttern sind auf Grundlage der jeweiligen Produktnorm einer Besichtigung und Maßkontrolle zu unterziehen. Für den Stichprobenumfang und die Annahmezahlen sowie die zu prüfenden Merkmale gelten die Festlegungen nach Tabelle WPB 4.6-1 und Tabelle WPB 4.6-2.</p> <p>Oberflächenzustand für Schrauben nach DIN EN 26157-3 und für Muttern nach DIN EN ISO 6157-2.</p>	3.1										

WERKSTOFFPRÜFBLATT						WPB 4.6 (Forts.)	
2.5 Oberflächenprüfung an Schrauben und Muttern nach dem Magnetpulververfahren Durchführung und Bewertung für Schrauben nach DIN EN 26157-3 und für Muttern nach DIN EN ISO 6157-2. Risse sind nicht zulässig. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen in Tabelle WPB 4.6-2 für Nebenmerkmale. Die Annahmezahle ist 0.						3.1	
Kennzeichnung:							
<ul style="list-style-type: none"> - Ausgangsmaterial nach DIN EN 10269 - Schrauben und Muttern: Herstellerzeichen, Stahlsorte und Kurzzeichen für die Zuordnung zum Ausgangsmaterial 							
Hauptmerkmale				Nebenmerkmale			
Gewindengrenzmaße (Lehrenhaltigkeit) Kraftangriffsflächen für Montage Übergang unter dem Schraubenkopf Gewindegrundradius am Übergang Gewinde-Schaft				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 4.6-1: Bei der Maßkontrolle von Schrauben und Muttern zu prüfende Merkmale sowie deren Einstufung als Haupt- und Nebenmerkmale							
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 1200	125	80	125	80	1	2	
1201 bis 3200	200	125	200	125	2	3	
3201 bis 10000	315	200	315	200	3	5	
Tabelle WPB 4.6-2: Stichprobenumfang sowie Annahmezahlen für die Besichtigung, Maßkontrolle und Oberflächenprüfung von Schrauben und Muttern in Abhängigkeit von der Stückzahl der Prüfeinheit							

WERKSTOFFPRÜFBLATT		WPB 5.1
Erzeugnisform:	Stahlguss	
Werkstoffe:	Vergüteter ferritischer Stahlguss nach Beiblatt zu diesem WPB: nach DIN EN 10213: GS-18 NiMoCr 3 7 (1.6761) GP240GH (1.0619)	
Anforderungen:	GS-18 NiMoCr 3 7 Festlegungen in diesem WPB und im Beiblatt zu diesem WPB GP240GH DIN EN 10213, Festlegungen in diesem WPB und im Beiblatt zu diesem WPB	
Probenentnahme und Prüfumfang:	Festlegungen in diesem WPB und im Beiblatt zu diesem WPB	
Hinweis: Die Prüfzeitpunkte für die nachfolgend aufgeführten Prüfungen sind dem Standard-Fertigungsschema für Stahlgusserzeugnisse (Bild A-1) zu entnehmen.		
Prüfungen		Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n) mit Angabe der Erschmelzungsart.	3.1
2.	Stückanalyse Eine Stückanalyse je Schmelze.	3.1
3.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen und der Haltedauern einschließlich eventueller Simulationsglühungen der Prüfstücke.	3.1
4.	Zugversuch bei Raumtemperatur nach DIN EN ISO 6892-1 Eine Zugprobe je Probenentnahmeort. Zu bestimmen und zu bescheinigen sind: $R_{p0,2}$, R_m , A und Z.	3.2/3.1 ¹⁾
5.	Zugversuch bei 350 °C nach DIN EN ISO 6892-2 Eine Zugprobe an einem Probenentnahmeort, sofern die Auslegungstemperatur größer als 250 °C ist. Zu bestimmen und zu bescheinigen sind: $R_{p0,2}$, R_m und A.	3.2/3.1 ¹⁾
6.	Kerbschlagbiegeversuch bei $T = \pm 0$ °C nach DIN EN ISO 148-1 je Zugversuch nach Ziffer 5 dieses WPB ein Satz (= drei Proben mit V-Kerb). Zu bestimmen und zu bescheinigen ist: KV_2 .	3.2/3.1 ¹⁾
7.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Teil.	3.2/3.1 ¹⁾
8.	Oberflächenprüfung Magnetpulverprüfung nach DIN EN 1369 an jedem Teil 100 % Gütestufen gemäß Abschnitt 1.3 des Beiblatts zu diesem WPB	3.1
9.	Volumenprüfung Ultraschallprüfung nach DIN EN 12680-2 Durchstrahlungsprüfung nach DIN EN 12681 Bei Wanddicken gleich oder größer als 100 mm an jedem Teil 100 % (einschließlich Fertigungsschweißungen). Gütestufen für die Ultraschallprüfung und die Durchstrahlungsprüfung gemäß Abschnitt 1.3 des Beiblatts zu diesem WPB. Bei Wanddicken kleiner als 100 mm sind Art und Umfang der Volumenprüfung sowie die Gütestufen vom Besteller anzugeben.	3.1
10.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung für Stahlguss GS-18 NiMoCr 3 7 an jedem Teil.	3.1
Kennzeichnung: Stahlguss-Sorte, Schmelznummer, Probennummer, Herstellerzeichen, zusätzlich für GS-18 NiMoCr 3 7 Zeichen des Sachverständigen.		
¹⁾ Für den Stahlguss GP240GH ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ausreichend.		

Beiblatt zum Werkstoffprüfblatt WPB 5.1

1 Werkstoffangaben und -anforderungen

1.1 Chemische Zusammensetzung für den Stahlguss GS-18 NiMoCr 3 7

Elemente	Schmelzenanalyse (Massenanteile in %)		Stückanalyse (Massenanteile in %)	
	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	–	0,012	–	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 _{ges}	0,02	0,05	0,02	0,05
Cu	–	0,12	–	0,12
V	–	0,02	–	0,02
Sn	–	0,011	–	0,011
N _{ges}	–	0,015	–	0,015
As	–	0,025	–	0,025

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 _{p0,2} in MPa bei		R _m in MPa bei		A in % bei		Z in % bei	Schlagenergie KV ₂ in J bei ±0 °C		
		RT	350 °C	RT	350 °C	RT	350 °C		RT	EW	MW
GP240GH	≤ 100	240	135	420 bis 600	(375) ¹⁾	22	(20) ¹⁾	–	28	40	
GS-18 NiMoCr 3 7	≤ 300	390	343	570 bis 735	490	16	12	–	34	41	

¹⁾ Die in Klammern angegebenen Werte bedürfen noch der statistischen Absicherung.
RT Raumtemperatur, EW Einzelwert, MW Mittelwert von 3 Proben

1.3 Innere und äußere Beschaffenheit

(1) Der Nachweis der äußeren Beschaffenheit erfolgt mit dem Magnetpulververfahren. Zum Nachweis der inneren Beschaffenheit dürfen das Ultraschallprüfverfahren und das Durchstrahlungsprüfverfahren eingesetzt werden.

(2) Für Anforderungen an die innere und äußere Beschaffenheit gelten DIN EN 1369 und DIN EN 12680-2 mit Bestätigung der nachfolgenden Gütestufen in Abhängigkeit von den Werkstoffen nach untenstehender Tabelle.

Werkstoff	Anzeigenmerkmale für MT nach DIN EN 1369	Gütestufe für UT nach DIN EN 12680-2
GS-20 NiMoCr 3 7	SM 2, LM 2, AM 2 ¹⁾ SM 3, LM 3, AM 3,	2 ¹⁾ 3
GP240GH	SM 2, LM 2, AM 2, ¹⁾ SM 4, LM 4, AM 4,	2 ¹⁾ 4

¹⁾ Nur für Bereiche mit durch spanabhebende Bearbeitung hergestellten Oberflächen.

Für die Durchstrahlungsprüfung gilt DIN EN 12681.

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

- a) Grenzzulässigkeiten für gestrahlte Oberflächen mind. 3 S1,
- b) 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 Vergütung nach DIN EN 10213

Der Stahlguss GS-18 NiMoCr 3 7 wird im doppelvergüteten 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 1559-2 gilt folgendes:

(1) Die Durchführung von Fertigungsschweißungen setzt Verfahrensprüfungen nach DIN EN ISO 11970 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) Schweißzusätze und -hilfsstoffe müssen gemäß VdTÜV-Merkblatt 1153 eignungsgeprüft sein.

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

(5) Werden nicht zulässige Anzeigen bei der Oberflächen- 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 überschreitet.

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

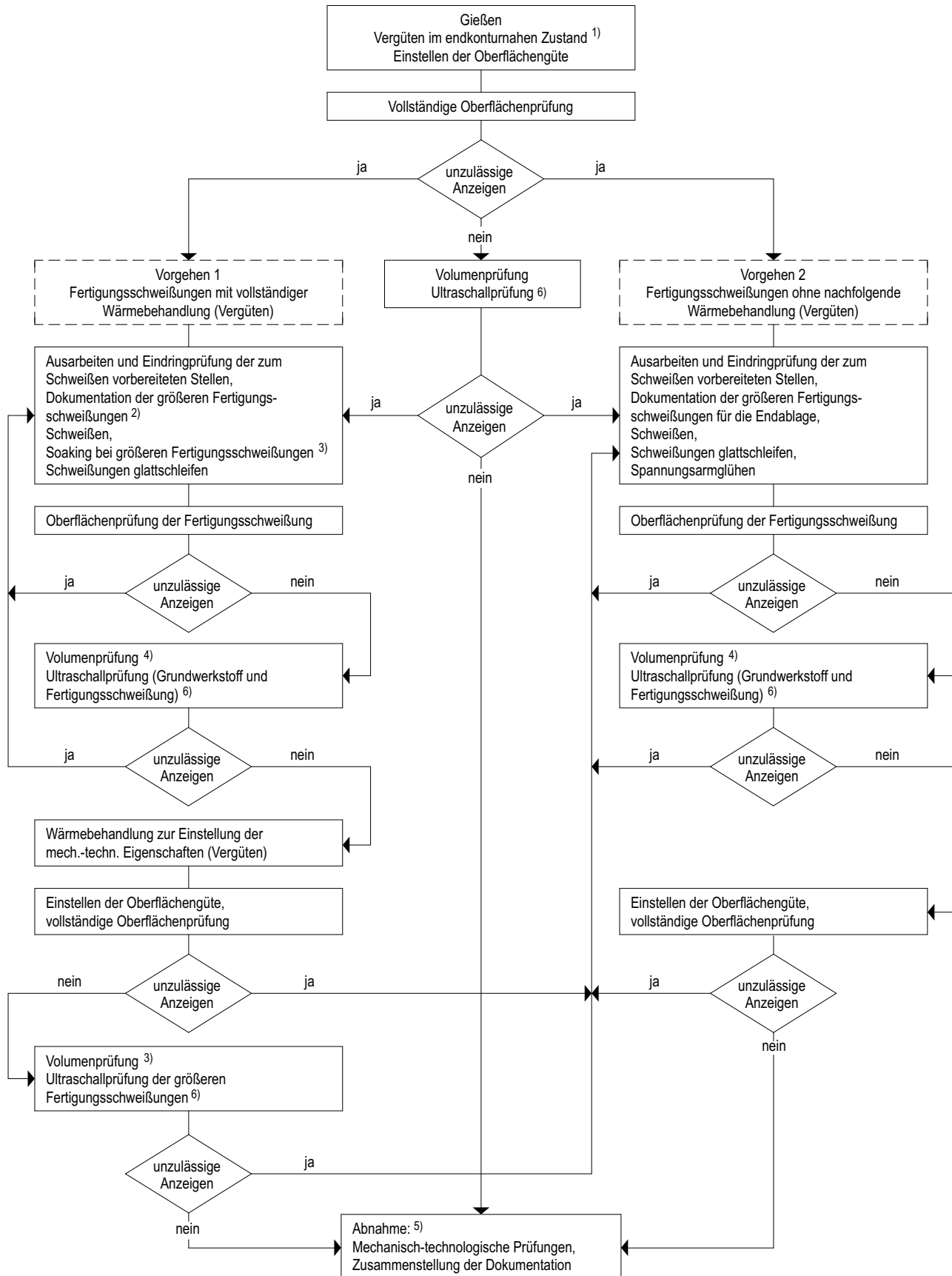
Haltetemperatur: 620 °C ± 20 K

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 Bearbeitungszustand 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		WPB 5.2
Erzeugnisform: Stahlguss		
Werkstoffe: Nichtrostender austenitischer und martensitischer Stahlguss nach DIN EN 10213: GX5CrNiNb19-11 (1.4552) GX4CrNi13-4 (1.4317)		
Anforderungen: DIN EN 10213 und Festlegungen in diesem WPB		
Probenentnahme und Prüfumfang: DIN EN 10213 und Festlegungen in diesem WPB		
Prüfungen:		Bescheinigung nach DIN EN 10204
1.	Chemische Zusammensetzung Chemische Analyse der Schmelze(n).	3.1
2.	Bestätigung des Wärmebehandlungszustandes.	3.1
3.	Zugversuch bei Raumtemperatur	3.1
4.	Kerbschlagbiegeversuch bei Raumtemperatur Je Zugversuch nach Ziffer 3 dieses WPB ein Satz (ein Satz = Proben mit V-Kerb).	3.1
5.	Besichtigung und Maßkontrolle an jedem Teil.	3.1
6.	Oberflächenprüfung Eindringprüfung nach DIN EN 1371-1 oder DIN EN 1371-2 an jedem Teil 100 %. Sofern bei der Bestellung keine Gütestufen vereinbart werden, gelten als Mindestanforderung a) für Sandformguss: DIN EN 1371-1 - SP 3, CP 3, LP 3, AP 3 b) für Feinguss oder Keramikformguss: DIN EN 1371-2 - SP 1, CP 1, LP 1, AP 1.	3.1
7.	Volumenprüfung Anforderungen und Umfang der Volumenprüfung sind vom Besteller anzugeben.	3.1
8.	Prüfung auf Werkstoffverwechslung Jedes Teil nach einem geeigneten Verfahren.	3.1
Kennzeichnung: Stahlguss-Sorte, Schmelznummer, Probennummer, Herstellerzeichen		

Anhang B

Zerstörungsfreie Prüfungen

	Seite
B 1 Geltungsbereich.....	72
B 2 Allgemeingültige Festlegungen.....	72
B 2.1 Personal	72
B 2.2 Geräte und Prüfmittel.....	72
B 2.3 Anforderungen an Oberflächen.....	72
B 2.4 Prüfzeitpunkt bei der Fertigungsprüfung.....	72
B 3 Verfahrenstechnische Anforderungen	72
B 3.1 Oberflächenprüfungen nach dem Magnetpulver- und Eindringverfahren	72
B 3.2 Durchstrahlungsprüfung	73
B 3.3 Ultraschallprüfung.....	74
B 4 Durchführung und Bewertung der Prüfungen an Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen	74
B 4.1 Stäbe	74
B 4.2 Schmiedestücke	75
B 5 Durchführung und Bewertung der Prüfungen an Erzeugnisformen aus austenitischen Stählen (gewalzte oder geschmiedete Teile).....	75
B 5.1 Oberflächenprüfung.....	75
B 5.2 Ultraschallprüfung.....	75
B 6 Durchführung und Bewertung der Prüfungen von Schweißverbindungen	76
B 6.1 Allgemeines	76
B 6.2 Ultraschallprüfung der Schweißnahtanschlussbereiche bei Blechen.....	76
B 6.3 Zerstörungsfreie Prüfung von Stumpf- und Anschweißnähten	76

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 und Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen sind in den Werkstoffprüfblättern und Bauprüfplänen festgelegt.

B 2 Allgemeingültige Festlegungen

B 2.1 Personal

(1) Die Prüfaufsicht muss über das für ihre Aufgaben erforderliche Wissen verfügen sowie die Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen der Prüfverfahren kennen. Sie muss

- a) bei Prüfungen im Rahmen der Fertigung Grundkenntnisse über die angewandten Fertigungsverfahren und charakteristischen Erscheinungsformen herstellungsbedingter Unregelmäßigkeiten besitzen; sie soll von der Fertigung unabhängig sein und muss dem Sachverständigen benannt werden;
- b) bei wiederkehrenden Prüfungen mit den charakteristischen Erscheinungsformen betrieblich bedingter Fehler vertraut sein.

Die Prüfaufsicht ist für die Anwendung des Prüfverfahrens und für die Einzelheiten der Prüfdurchführung gemäß den hierfür maßgebenden Regelungen verantwortlich. Sie ist für den Einsatz qualifizierter und zertifizierter Prüfer verantwortlich. Dies gilt auch bei Einsatz von betriebsfremdem Personal. Die Prüfaufsicht hat den Prüfbericht zu unterzeichnen.

(2) Die Prüfaufsicht muss für die zur Anwendung kommenden Prüfverfahren in den zutreffenden Produkt- oder Industriesektoren entsprechend DIN EN ISO 9712 mindestens in Stufe 2 qualifiziert und zertifiziert sein. Für die Prüfverfahren RT und UT ist eine Qualifizierung und Zertifizierung in Stufe 3 erforderlich.

(3) Die Prüfer müssen für die zur Anwendung kommenden Prüfverfahren in den zutreffenden Produkt- oder Industriesektoren entsprechend DIN EN ISO 9712 qualifiziert und zertifiziert sein. Für die Prüfverfahren RT und UT ist eine Qualifizierung und Zertifizierung mindestens in Stufe 2 erforderlich.

B 2.2 Geräte und Prüfmittel

Die einzusetzenden Mess- und Prüfmittel müssen überwacht sein. Art und Intervalle der Überwachung sind durch den Hersteller im Hinblick auf die erforderliche Genauigkeit des Mess- oder Prüfmittels festzulegen. Die Überprüfung der Mess- und Prüfmittel ist mit einer Bescheinigung zu belegen.

B 2.3 Anforderungen an Oberflächen

(1) Die Oberflächen müssen frei von Zunder, Schweißspritzern oder sonstigen Verunreinigungen sein. Die Prüfaussage beeinträchtigende Riefen oder Kerben sind zu beseitigen.

(2) Der arithmetische Mittelwert der Profilorinaten (Mittensrauwert) Ra nach DIN EN ISO 4287 darf auf den zu prüfenden Flächen

- a) bei der Oberflächenprüfung nach dem Magnetpulver- und Eindringverfahren den Wert von 10 µm,
- b) bei der Ultraschallprüfung auf der Kontaktfläche und der Gegenfläche, sofern diese als Reflexionsfläche benutzt wird, den Wert 20 µm nicht überschreiten.

(3) Bei einer Welligkeit der Kontaktflächen für die Ultraschallprüfung muss diese so gering sein, dass die Prüfkopfsohle ausreichend aufliegt. Dies ist im Allgemeinen der Fall, wenn der Abstand zwischen Prüfkopfsohle und Kontaktfläche an keiner Stelle mehr als 0,5 mm beträgt.

(4) Beschichtungen mit einer Schichtdicke bis zu 50 µm sind bei allen zerstörungsfreien Prüfungen, ausgenommen bei der Oberflächenprüfung nach dem Eindringverfahren, zulässig.

(5) Nach Abschluss der Prüfung sind die Bauteile von Rückständen des Prüfmittels sachgemäß zu reinigen.

B 2.4 Prüfzeitpunkt bei der Fertigungsprüfung

Die Erzeugnisformen sind im Lieferzustand, die Schweißnähte möglichst im endwärmebehandelten Zustand vor einer eventuellen Beschichtung zu prüfen.

B 3 Verfahrenstechnische Anforderungen

B 3.1 Oberflächenprüfungen nach dem Magnetpulver- und Eindringverfahren

B 3.1.1 Betrachtungsbedingungen

(1) Die Betrachtungsbedingungen nach DIN EN ISO 3059 sind einzuhalten. Darüber hinaus sind die Festlegungen nach (2) bis (5) zu beachten.

(2) Die Augen des Prüfers müssen mindestens 5 Minuten Zeit haben, sich an die Lichtverhältnisse zu gewöhnen. Fotochromatische Brillen dürfen bei der Inspektion mit UV-A-Strahlung nicht verwendet werden.

(3) Zur besseren Fehlererkennbarkeit ist durch Verwendung geeigneter Mittel (z. B. fluoreszierender Prüfmittel oder Auftragen einer dünnen, den Untergrund gerade bedeckenden Farbschicht) bei der Magnetpulverprüfung für einen ausreichenden Kontrast zu sorgen. Zur Kontrastverbesserung darf bei der Eindringprüfung bei Verwendung von fluoreszierenden Farbeindringmitteln zusätzlich UV-A-Strahlung eingesetzt werden.

(4) Bei der Inspektion soll der Betrachtungswinkel nicht mehr als 30 Grad von der Oberflächennormalen abweichen. Bei der Betrachtung soll der Abstand zur Prüffläche etwa 300 mm betragen.

(5) Für die Inspektion sind Hilfsmittel (z. B. Vergrößerungsgläser, kontrastverbessernde Brillen, Spiegel) zulässig.

B 3.1.2 Magnetpulverprüfung

B 3.1.2.1 Verfahren und Durchführung

Die Magnetpulverprüfung ist nach DIN EN ISO 9934-1 mit dem Nassverfahren und den nachfolgenden Festlegungen durchzuführen.

B 3.1.2.1.1 Verfahren

(1) Erfolgt die Magnetisierung in Teilbereichen mittels Stromdurchflutung oder mit Hilfe der Jochmagnetisierung, soll die Wechselstrommagnetisierung angewandt werden.

(2) Sofern kein niedrigerer Wert erforderlich ist, darf die Restfeldstärke 800 A/m nicht übersteigen. Bei Überschreitung des einzuhaltenden Wertes ist zu entmagnetisieren und der erreichte Wert der Restfeldstärke zu protokollieren.

(3) Für die Magnetisierungsverfahren sind folgende Kennbuchstaben zu verwenden:

Magnetisierungsverfahren		Kennbuchstaben
Jochmagnetisierung	mit Dauermagnet	JD
	mit Elektromagnet	JE
Magnetisierung durch stromdurchflossene Leiter	mit Spule	LS
	mit sonstigen Leitern (Kabel)	LK
Magnetisierung mittels Stromdurchflutung	Selbstdurchflutung	SS
	Induktionsdurchflutung	SI

B 3.1.2.1.2 Kontaktstellen bei der Stromdurchflutung

(1) Wird mittels Stromdurchflutung geprüft, sollen nach Möglichkeit abschmelzende Elektroden (z. B. Blei-Zinn-Legierungen) verwendet werden. Es ist sicherzustellen, dass in den Kontaktbereichen Überhitzungen des zu prüfenden Werkstoffs vermieden werden.

(2) Sind dennoch Überhitzungsbereiche entstanden, so sind sie zu kennzeichnen, nach Abschluss der Prüfung zu überschleifen und einer Oberflächenprüfung, bevorzugt nach dem Magnetpulver-Verfahren mittels Jochmagnetisierung, zu unterziehen.

B 3.1.2.1.3 Magnetisierungsrichtung

Jede Stelle der Oberfläche ist unter zwei verschiedenen Magnetisierungsrichtungen zu prüfen, die um etwa 90 Grad versetzt sein sollen.

B 3.1.2.1.4 Feldstärke

(1) Die Tangentialfeldstärke an der Oberfläche soll im Fall einer Wechselstrommagnetisierung mindestens 2 kA/m betragen und darf 6,5 kA/m nicht überschreiten.

Hinweis:

- Die erforderliche magnetische Flussdichte in der Oberfläche des Prüfgegenstandes von mindestens 1 Tesla wird in niedrig legierten oder kohlenstoffarmen unlegierten Stählen mit hoher relativer Permeabilität bereits mit einer Tangentialfeldstärke von 2 kA/m erreicht.
- Bei anderen Stählen mit niedrigerer Permeabilität kann eine höhere Feldstärke erforderlich sein.
- Bei zu hoher Magnetisierung können durch gefügebewingte Anzeigen (Scheinanzeigen) relevante Anzeigen überdeckt werden.

(2) Durch Messungen ist die Einhaltung dieser Werte zu kontrollieren oder es sind die Prüfbedingungen zu ermitteln, unter denen diese Werte erreicht werden.

B 3.1.2.1.5 Magnetisierungsdauer

Für die Aufbringung der Prüflüssigkeit und das Magnetisieren gelten folgende Anhaltswerte:

- Magnetisieren und Besspülen: mindestens 3 Sekunden
- Nachmagnetisieren: mindestens 5 Sekunden

B 3.1.2.2 Prüfmittel

(1) Es sind nach DIN EN ISO 9934-2 mustergeprüfte Prüfmittel zu verwenden. Der Nachweis ist dem Sachverständigen vorzulegen.

(2) Es sind Magnetpulver mit einem mittleren Korndurchmesser kleiner als oder gleich 8 µm zu verwenden. Je nach Anwendung darf schwarzes, fluoreszierendes oder eingefärbtes Pulver verwendet werden.

(3) Unmittelbar vor dem Besspülen der Oberfläche ist dafür Sorge zu tragen, dass das Magnetpulver gleichmäßig in der Trägerflüssigkeit verteilt und in der Schwebe gehalten wird. Durch geeignete vormagnetisierte Kontrollkörper (z. B. Vergleichskörper Nr. 1 gemäß DIN EN ISO 9934-2) ist vor und während der Prüfung die Pulver-Suspension stichprobenweise zu überprüfen.

B 3.1.2.3 Prüfgeräte

Die Prüfgeräte müssen den Anforderungen der DIN EN ISO 9934-3 entsprechen.

B 3.1.3 Eindringprüfung

B 3.1.3.1 Prüfsystem

(1) Vorzugsweise sind Farbeindringmittel zu verwenden. Es dürfen auch fluoreszierende Eindringmittel oder fluoreszierende Farbeindringmittel eingesetzt werden.

(2) Als Zwischenreiniger dürfen entweder Lösemittel oder Wasser oder beide in Kombination miteinander verwendet werden.

(3) Es dürfen nur Nassentwickler angewendet werden, die als Trägerflüssigkeit Lösemittel besitzen. Trockenentwickler sind nur in Verbindung mit elektrostatischer Aufbringung auf die Prüflfläche zulässig.

(4) Für das Prüfsystem ist mindestens die Empfindlichkeitsklasse „hochempfindlich“ nach DIN EN ISO 3452-2 einzuhalten.

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

(6) Eindringmittel in Prüfanlagen und teilgebrauchten offenen Behältern (ausgenommen Aerosolbehälter) sind durch den Anwender mit dem Kontrollkörper 2 nach DIN EN ISO 3452-3 zu überwachen. Hierbei dürfen die für die Prüfung festgelegten Werte für Eindringdauer und Entwicklungsdauer nicht überschritten werden. Die erreichte Prüfempfindlichkeit ist zu protokollieren.

B 3.1.3.2 Durchführung

(1) Die Eindringprüfung ist nach DIN EN ISO 3452-1 mit den nachfolgenden Festlegungen durchzuführen.

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

(3) Unmittelbar nach dem Antrocknen des Entwicklers soll die erste Inspektion stattfinden. Eine weitere Inspektion sollte frühestens eine halbe Stunde nach der ersten Inspektion erfolgen.

(4) Weitere Inspektionszeitpunkte sind erforderlich, wenn bei einer der beiden Inspektionszeitpunkte Anzeigen festgestellt werden, oder wenn gegenüber der vorangegangenen Inspektion wesentliche Änderungen von Anzeigen oder zusätzliche Anzeigen festgestellt wurden.

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

B 3.2 Durchstrahlungsprüfung

(1) Die Durchstrahlungsprüfung von Schweißnähten ist nach DIN EN ISO 17636-1 Klasse B durchzuführen.

(2) Es sind die Bildgüteprüfkörper nach DIN EN ISO 19232-1 zu benutzen.

B 3.3 Ultraschallprüfung

B 3.3.1 Anforderungen an Prüffrequenzen, Schwingerabmessung und Einschallpositionen

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 3.3.2 Durchführung

B 3.3.2.1 Prüfgrundlagen

(1) Die Prüfung der Erzeugnisformen hat in Abhängigkeit von Ausführung und Werkstoff auf Grundlage der Normen DIN EN 10228-3, DIN EN 10228-4 oder DIN EN 10308 zu erfolgen.

(2) Für die Prüfung von Schweißungen gilt Abschnitt B 6.

B 3.3.2.2 Prüfanweisung

Für die Ultraschallprüfung sind die Einzelheiten in einer Prüfanweisung festzulegen, wenn

- dies in den zu Grunde gelegten Normen gefordert wird,
- Geometrien vorliegen, deren Prüfung in den Abschnitten B 4 und B 5 nicht geregelt ist,
- Anschweißnähte zu prüfen sind.

B 3.3.2.3 Einstellung der Prüfempfindlichkeit

(1) Die Einstellung der Prüfempfindlichkeit ist am Prüfgegenstand, am Kalibrierkörper Nr. 1 nach DIN EN ISO 2400 oder am Kalibrierkörper Nr. 2 nach DIN EN ISO 7963 oder an Vergleichskörpern mit geeigneten Bezugsreflektoren durchzuführen.

(2) Der Vergleichskörper muss in den prüftechnisch relevanten Eigenschaften (Werkstoff, konstruktive Ausführung, Form, Wanddicke, Wärmebehandlung) dem Prüfgegenstand entsprechen. Die Wanddicke des Vergleichskörpers darf von der des Prüfstücks nicht mehr als 10 % abweichen.

(3) Die Bezugsreflektoren dürfen Rückwände, Nuten und Bohrungen sein.

(4) Die Einstellung der Prüfempfindlichkeit hat gemäß DIN EN ISO 16811 zu erfolgen.

B 4 Durchführung und Bewertung der Prüfungen an Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen

B 4.1 Stäbe

B 4.1.1 Oberflächenprüfung

(1) Die gesamte Oberfläche ist im fertig bearbeiteten Zustand zu prüfen. Bevorzugt ist das Magnetpulver-Verfahren anzuwenden.

(2) Für die Durchführung und Bewertung der Magnetpulverprüfung gelten die Festlegungen gemäß DIN EN 10228-1, Qualitätsklasse 4. Zusätzlich gelten die Festlegungen gemäß B 3.1.2. Die Bewertung hat während der Nachmagnetisierung zu erfolgen.

(3) Für die Durchführung und Bewertung der Eindringprüfung gelten die Festlegungen gemäß DIN EN 10228-2, Qualitätsklasse 4. Zusätzlich gelten die Festlegungen gemäß B 3.2.3.

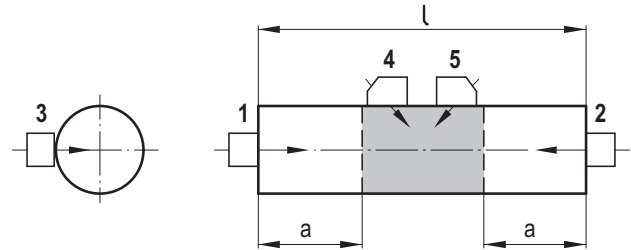
B 4.1.2 Ultraschallprüfung

B 4.1.2.1 Durchführung

Für die Durchführung der Prüfung gilt Abschnitt B 3.3.

B 4.1.2.2 Einschallpositionen, Einschallbedingungen und Bewertung

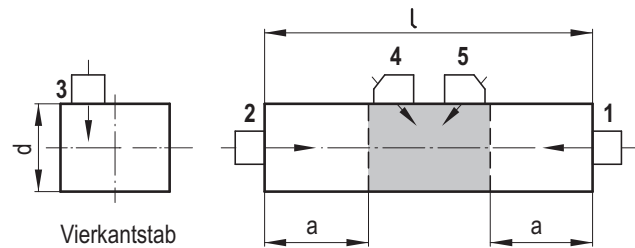
(1) Die Einschallpositionen für Rundstäbe sind im **Bild B-1**, die Einschallpositionen für Vier- oder Mehrkantstäbe im **Bild B-2** dargestellt.



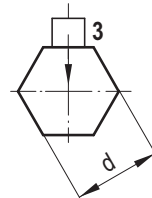
$$a = \frac{D \cdot d}{2 \cdot \lambda}$$

a : Bereich ohne Seitenwandeinfluss
D : effektiver Schwingerdurchmesser
d : Durchmesser des Rundstabes
 λ : Ultraschall-Wellenlänge

Bild B-1: Einschallpositionen bei Rundstäben



Vierkantstab



Sechskantstab

a : Bereich ohne Seitenwandeinfluss
D : effektiver Schwingerdurchmesser
d : Schlüsselweite des Vierkant- oder des Mehrkantstabes
 λ : Ultraschall-Wellenlänge

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

Bild B-2: Einschallpositionen bei Vier- oder Mehrkantstäben

(2) An Stäben mit Durchmessern oder Kantenlängen größer als 30 mm ist eine 100%ige Ultraschallprüfung nach DIN EN 10228-3 unter Berücksichtigung der in (3) und (4) genannten Festlegungen durchzuführen.

Hinweis:

Für die Senkrechteinschallung werden die Anforderungen nach DIN EN 10228-3 auch durch DIN EN 10308 erfüllt.

(3) Bei Durchmessern oder Kantenlängen größer als 60 mm ist zusätzlich eine Senkrechteinschallung in axialer Richtung durchzuführen (Positionen 1 und 2); kann hierbei kein Abstand der Registerschwelle zum Rauschpegel von mindestens 6 dB über die gesamte Länge des Stabes eingehalten werden, so ist im abgelängten Zustand oder mit 45 Grad-Schrägeinschallung in beiden axialen Richtungen (Positionen 4 und 5) zu prüfen.

(4) Die Prüffrequenz soll 4 MHz betragen.

(5) Für die Bewertung gelten:

- bei der Senkrechteinschallung an Stäben mit Durchmessern oder Kantenlängen kleiner als oder gleich 60 mm die Qualitätsklasse 3,
 - bei der Senkrechteinschallung an Stäben mit Durchmessern oder Kantenlängen größer als 60 mm die Qualitätsklasse 2,
 - bei der Schrägeinschallung die Qualitätsklasse 3
- und die sich daraus nach DIN EN 10228-3 ergebenden Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien.

B 4.2 Schmiedestücke

B 4.2.1 Oberflächenprüfung

B 4.2.1.1 Durchführung

- Die Magnetpulverprüfung ist im fertigbearbeiteten Zustand nach Abschnitt B 3.1.2 durchzuführen. Die Bewertung hat während der Nachmagnetisierung zu erfolgen.
- Die Eindringprüfung ist im fertigbearbeiteten Zustand nach Abschnitt B 3.1.3 durchzuführen.

B 4.2.1.2 Bewertung

Die Bewertung hat nach Abschnitt B 4.1.1 zu erfolgen.

B 4.2.2 Ultraschallprüfung

B 4.2.2.1 Durchführung

Für die Durchführung gilt Abschnitt B 3.3.

B 4.2.2.2 Umfang und Zeitpunkt der Prüfung

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

B 4.2.2.3 Einschallpositionen, Einschallbedingungen und Bewertung bei Platten

- Die Einschallpositionen sind im **Bild B-3** dargestellt. Die Einschallposition 2 ist nur bei Wanddicken größer als 60 mm erforderlich.

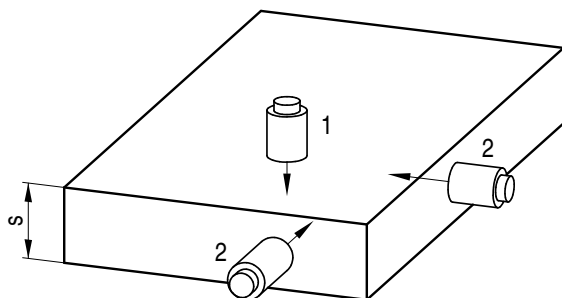


Bild B-3: Einschallpositionen bei Platten

- Die Prüffrequenz soll 4 MHz betragen.
- Es ist eine 100%ige Ultraschallprüfung nach DIN EN 10228-3 durchzuführen.
- Für die Bewertung gelten:
 - bei Wanddicken kleiner als oder gleich 60 mm die Qualitätsklasse 3,
 - bei Wanddicken größer als 60 mm die Qualitätsklasse 2

und die sich daraus nach DIN EN 10228-3 ergebenden Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien.

B 4.2.2.4 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 erreicht werden, so ist die Schrägeinschallung anzuwenden. Die Einzelheiten der Prüfdurchführung sind in einer Prüfanweisung festzulegen.

(2) Die Prüffrequenz soll 4 MHz betragen.

(3) Es ist eine 100%ige Ultraschallprüfung gemäß DIN EN 10228-3 durchzuführen.

(4) Für die Bewertung gelten:

- die Qualitätsklasse 2 bei der Senkrechteinschallung,
 - die Qualitätsklasse 3 bei der Schrägeinschallung,
- und die sich daraus nach DIN EN 10228-3 ergebenden Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien.

B 5 Durchführung und Bewertung der Prüfungen an Erzeugnisformen aus austenitischen Stählen (gewalzte oder geschmiedete Teile)

B 5.1 Oberflächenprüfung

- Die gesamte Oberfläche ist im fertig bearbeiteten Zustand zu prüfen.
- Für die Durchführung und Bewertung gelten die Festlegungen gemäß DIN EN 10228-2, Qualitätsklasse 4. Zusätzlich gelten die Festlegungen gemäß B 3.1.3.

B 5.2 Ultraschallprüfung

B 5.2.1 Umfang und Zeitpunkt der Prüfung

Die Prüfung muss im konturenarmen Zustand (mit planparallelen oder zylindrischen Oberflächen, erforderlichenfalls vorbearbeitet) erfolgen. Hierbei ist das gesamte Volumen zu erfassen.

B 5.2.2 Ermittlung der Prüfbarkeit

- Zur Ermittlung der Prüfbarkeit sind an jedem Prüfgegenstand in einem Raster mittels Senkrechteinschallung in Wanddickenrichtung die Rückwandehohöhen zu ermitteln. In Bereichen nicht paralleler oder nicht konzentrischer Wände sind für diese Prüfung Referenzechos zu benutzen (z. B. vorhandene Bohrungen, Kanten oder Durchschallung).
- Für den Bereich mit der größten ermittelten Schallschwächung muss der Nachweis erbracht werden, dass die geforderten Registrierschwellen eingehalten werden können.

B 5.2.3 Einschallbedingungen

Für die Einschallbedingungen gelten die entsprechenden Festlegungen des Abschnitts B 4. Die Prüffrequenzen sollen zwischen 2 MHz und 4 MHz liegen.

B 5.2.4 Durchführung und Bewertung

- Die Durchführung hat nach den entsprechenden Festlegungen des Abschnitts B 4 zu erfolgen, wobei anstelle DIN EN 10228-3 die Norm DIN EN 10228-4 anzuwenden ist.

(2) Für die Bewertung gelten:

- a) bei der Senkrechteinschallung an Stäben mit Durchmessern oder Kantenlängen kleiner als oder gleich 250 mm die Qualitätsklasse 2,
- b) bei der Senkrechteinschallung an Stäben mit Durchmessern oder Kantenlängen größer als 250 mm die Qualitätsklasse 3

gemäß DIN EN 10228-4 und die sich daraus ergebenden Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien.

B 6 Durchführung und Bewertung der Prüfungen von Schweißverbindungen

B 6.1 Allgemeines

Der Prüfbereich umfasst das Schweißgut und den beiderseits angrenzenden Grundwerkstoff in einer Breite von

- a) je 10 mm bei Wanddicken gleich oder kleiner als 30 mm,
- b) je 20 mm bei Wanddicken größer als 30 mm.

B 6.2 Ultraschallprüfung der Schweißnahtanschlussbereiche bei Blechen

- (1) Die Ultraschallprüfung der Schweißnahtanschlussbereiche ist

- a) bei ferritischen Blechen nach DIN EN 10160 und
- b) bei austenitischen Blechen nach DIN EN 10307 durchzuführen.

(2) Es ist mit einer Registrierschwelle von KSR 3 zu prüfen.

(3) Die Schweißnahtanschlussbereiche müssen die Anforderungen der Qualitätsklasse E₄ erfüllen.

B 6.3 Zerstörungsfreie Prüfung von Stumpf- und Anschweißnähten

(1) Die Durchführung und Bewertung hat gemäß den in DIN EN 1090-2 für die jeweilige Ausführungsklasse festgelegten Anforderungen zu erfolgen.

(2) DHV-Nähte sind bei Stählen mit $R_{p0,2} > 355 \text{ N/mm}^2$ zusätzlich auf Unternahtrisse zu prüfen. Hierbei ist die Kriechwellentechnik anzuwenden. Registrierschwelle ist die Echohöhe einer Flachbodenbohrung mit einem Durchmesser von 3 mm. Es sind keine Anzeigen zulässig, die die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten.

H i n w e i s:

Die Kriechwellentechnik ist in KTA 3201.3 (Anhang C, Abschnitt C 6) beschrieben.

Anhang C

Formelzeichen

d, D	Gewindenennendurchmesser des Gewindeteils oder Lochdurchmesser
Δd	Lochspiel
e	Randabstand
F_{Rd}	Bemessungswert der Tragfähigkeit
f_u	Nennwert der Zugfestigkeit bei Raumtemperatur (RT)
f_{uT}	Nennwert der Zugfestigkeit bei Temperatur (T)
F_V	Vorspannkraft
f_y	Nennwert der Streckgrenze bei Raumtemperatur (RT)
f_{yT}	Nennwert der Streckgrenze bei Temperatur (T)
GV	Gleitfeste Verbindung
GVP	Gleitfeste Verbindung bei Passschrauben
k	Reduktionsfaktor zur Ermittlung der Warmstreckgrenze und der Zugfestigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur
l	Abklinglänge
L	mittragende Länge
P_b	Biegespannung
P_l	örtliche primäre Membranspannung
P_m	allgemeine primäre Membranspannung
Q	Sekundärspannung
r	für Schalen (z. B. Zargen, rohrförmige Stutzen) der mittlere Radius der Stützkonstruktionsschale, für andere Formen die Hälfte der größten Abmessungen eines Flansches, T-Profiles, Bleches oder Rundprofils oder die Hälfte der größten Schenkelbreite eines Winkelprofils
R_{eH}	Streckgrenze bei Raumtemperatur
R_{eHT}	Streckgrenze bei Temperatur (T)
R_m	Zugfestigkeit bei Raumtemperatur
R_{mT}	Zugfestigkeit bei Temperatur (T)
$R_{p0,2}$	0,2%-Dehngrenze bei Raumtemperatur
$R_{p0,2T}$	0,2%-Dehngrenze bei Temperatur (T)
$R_{p1,0T}$	1,0%-Dehngrenze bei Temperatur (T)
$R_{v0,2}$	Streckgrenzenvergleichswert
s	bei Blechen die Wanddicke, für Träger die Stegdicke, für Schalen die Dicke der Stützkonstruktionsschale
S_m	Spannungsvergleichswert
SL	Scher-Lochleibung
SLP	Scher-Lochleibung bei Passschrauben
t	kleinste Blechdicke
Z	Schraubenzugkraft
zul.Q	maximal zulässige Querkraft
zul.Z	maximal zulässige Schraubenzugkraft
zul.Q _{GV,Z}	zulässige übertragbare Querkraft bei GV Verbindungen
zul.Q _{GVP,Z}	zulässige übertragbare Querkraft bei GVP Verbindungen
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit
γ_{M0}	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit von Querschnitten
γ_{M1}	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit bei Stabilitätsversagen
γ_{M2}	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit von Querschnitten bei Bruchversagen infolge Zugbeanspruchung
ΔT	Temperaturerhöhung
$\sigma_H(T)$	Zulässige Hertzsche Pressung bei Temperatur T
σ_v	Vergleichsspannung
σ_x	Normalspannung im Träger im maßgebenden Schnitt
μ	Reibungsbeiwert
ψ	Kombinationsbeiwert

Anhang D

Rohrausschlagsicherungen

Inhalt

	Seite
D 1 Allgemeingültige Anforderungen	78
D 2 Auslegungsgrundsätze	78
D 3 Lastannahmen	79
D 3.1 Allgemeingültige Festlegungen	79
D 3.2 Randbedingungen für die Berechnung	79
D 4 Berechnungsmodelle und Bemessungsgrenzen	79
D 4.1 Berechnungsmodelle	79
D 4.2 Berechnungs- und Konstruktionsgrundsätze	80
D 4.3 Zulässige Spannungen	80
D 4.4 Stabilitätsnachweise	80
D 4.5 Plastizierung der Struktur infolge der dynamischen Belastung	80
D 5 Werkstoffe	80
D 6 Herstellung und Montage	80
D 7 Prüfungen	80
D 7.1 Allgemeingültige Festlegungen	80
D 7.2 Bau- und Abnahmeprüfung im Herstellerwerk und auf der Baustelle	80
D 7.3 Prüfungen im Rahmen der Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen	80
D 8 Dokumentation	80

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

Hinweis:

Das nachfolgend beschriebene Auslegungsverfahren basiert auf dem σ_{zul} -Verfahren. Die Anwendung des Verfahrens mit Teilsicherheitsbeiwerten wäre auch möglich.

- (1) Bei Anwendung des Verfahrens mit Teilsicherheitsbeiwerten ist die Einbeziehung einer erhöhten Beanspruchbarkeit in Folge von kurzzeitiger Lasteinwirkung mit dem Sachverständigen abzustimmen.
- (2) Wesentliches Auslegungsmerkmal von Ausschlagsicherungen ist es, einmalige kurzzeitige Stoßbelastungen - hervorgerufen 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.
- (3) Bei der Auslegung ist eine einfache Geometrie der Ausschlagsicherungen und eine ausreichende Zugänglichkeit für Prüfungen an den Rohrleitungen anzustreben.
- (4) 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.

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

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

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

(7) 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.

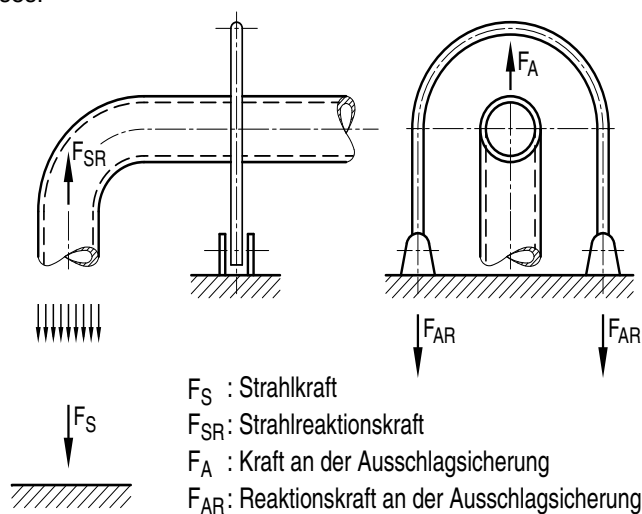


Bild D-1: Bezeichnung der beim Riss durch ausströmendes Fluid verursachten Kräfte

D 3.2 Randbedingungen für die Berechnung

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

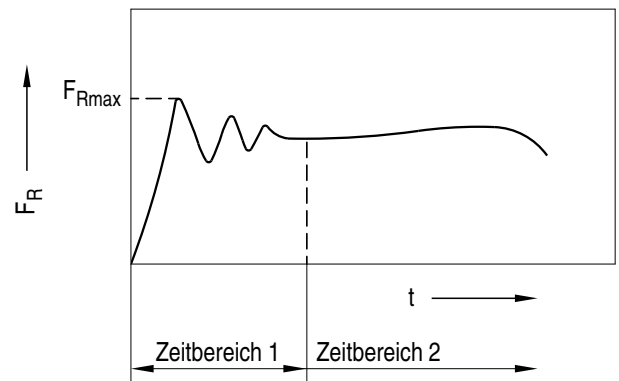
(2) Die maßgebenden Größen für die Beanspruchung der Ausschlagsicherung sind:

- 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 Näherungsverfahren (z. B. „Biggs“-Verfahren) nachzuweisen. Die Möglichkeit eines Rückpralls aufgrund der im System Rohr/Ausschlagsicherung gespeicherten elastischen Energie ist zu berücksichtigen.

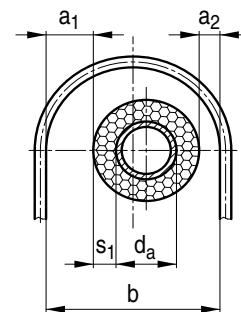
(5) Für die Ermittlung der Stoßbelastung ist der maximal mögliche freie Weg s der Rohrleitung anzusetzen, gegebenenfalls zuzüglich der elastischen Verformung. Bei losen Umschließungen darf s nach **Bild D-3** ermittelt werden.



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 Ausschlagrichtung

d_a : Rohraußendurchmesser

s_1 : Dicke der Wärmedämmung

a_1, a_2 : Abstand zwischen Wärmedämmung und Ausschlagrichtung je nach Bewegungsrichtung

Bild D-3: Maximaler freier Weg s

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.

- b) Für den Verformungsnachweis muss mit den unteren Steifigkeits- und Festigkeitswerten gerechnet werden.

D 4.2 Berechnungs- und Konstruktionsgrundsätze

(1) Für elastisch zu berechnende Ausschlagsicherungen sind die in Abschnitt 4.3 genannten Grundsätze für die Berechnung zu beachten.

(2) Konstruktionsgrundsätze sind in Abschnitt 5 dieser Regel genannt.

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 für den Lastfall HS3 der **Tabelle 4-7** zu entnehmen.

D 4.3.3 Schraubverbindungen

Die zulässigen Spannungen für Schrauben sind für den Lastfall HS3 der **Tabelle 4-8** und der **Tabelle 4-10** zu entnehmen.

D 4.4 Stabilitätsnachweise

Stabilitätsnachweise (Knicken, Kippen, Beulen) sind nach Abschnitt 4.3 Lastfall HS3 zu führen und mit dem Sachverständigen abzustimmen.

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 10164.

D 6 Herstellung und Montage

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 7.

D 7 Prüfungen

D 7.1 Allgemeingültige Festlegungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnittes 7 und des Abschnittes 8.

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 Umfang und die Anforderungen sind anlagenbezogen festzulegen.

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

D 8 Dokumentation

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.

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) ¹⁾		0,90
4	Schub		0,73
5	Vergleichsspannung		1,26
6	Lochleibungsdruck bei Verbindung durch ²⁾	SL ohne Vorspannung ³⁾	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 ⁴⁾	3,00
		GVP	

¹⁾ Für austenitische Werkstoffe gilt der 1,5fache Wert des Lastfalls H nach **Tabelle 4-6**.

²⁾ Die Zuordnung der Schrauben und des Lochspieles erfolgt nach **Tabelle 4-6**.

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

⁴⁾ Für Austenite siehe Abschnitt 4.1.6 Absatz 5

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 Abschnitt 7	S	S
2	Nachweis der Schweißerprüfungen gemäß Abschnitt 7	S	S
3	Stempelungskontrolle der Erzeugnisformen mit Zeugnisvergleich vor Fertigung	H, (S) ²⁾	H ¹⁾ , (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) ³⁾	H ¹⁾ , (S) ³⁾
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	Sichtprüfung der Schweißnähte nach DIN EN ISO 5817 Bewertungsgruppe D	H, S	H ¹⁾ , S ¹⁾
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	Oberflächenprüfung nach Anhang B an Schweißnähten mit nachzuweisende Nahtgüte; Heft- und Anschweißstellen nach Entfernung der Hilfsschweißungen und Zünd- und Kontaktstellen nach Anhang B	H (100 %) S (10 %)	H (100 %) S (10 %)
18	Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfung nach Anhang B an durchgeschweißten Nähten (nachgewiesener Nahtgüte nach Tabelle 4-7)	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 ¹⁾	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	82
E 2 Spannungsermittlung für stabförmige Bauteile	82
E 2.1 Formelzeichen	82
E 2.2 Beanspruchung durch eine Längskraft N	83
E 2.3 Beanspruchung durch eine Querkraft Q_y oder Q_z	83
E 2.4 Beanspruchung durch ein Biegemoment M_y oder M_z	83
E 2.5 Beanspruchung durch ein Torsionsmoment M_T	83
E 2.6 Gleichzeitige Beanspruchung durch eine Längskraft N und Biegemomente M_y und M_z	83
E 2.7 Zweiachsige Spannungszustände	84
E 2.8 Beanspruchung der Verbindung	84
E 3 Spannungsermittlung für Schweißverbindungen	84
E 3.1 Verbindungen mit Lichtbogenschweißen	84
E 3.2 Andere Schweißverfahren wie Widerstandsabbrennstumpfschweißen, Reibschweißen	86
E 4 Spannungsermittlung für Schraubverbindungen	88
E 4.1 Scher-/Lochleibungsverbindungen (SL- und SLP-Verbindungen)	88
E 4.2 Gleitfeste Verbindungen mit hochfesten Schrauben (GV- und GVP-Verbindungen)	88
E 4.3 Verbindungen mit Zugbeanspruchung in Richtung der Schraubenachse aus äußerer Belastung	89
E 5 Lagesicherheitsnachweis	90
E 5.1 Sicherheit gegen Abheben und Erreichen der kritischen Pressung β_{cr}	90
E 5.2 Gleitsicherheit	91
E 5.3 Formänderungsuntersuchung	91

E 1 Geltungsbereich

Für den allgemeinen Spannungsnachweis nach dem Verfahren mit zulässigen Spannungen gelten die folgenden Festlegungen.

E 2 Spannungsermittlung für stabförmige Bauteile

E 2.1 Formelzeichen

In den nachfolgenden Gleichungen (E 2-1) bis (E 2-19) 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 Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades) 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
ΔA	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:	
σ_x	Normalspannung infolge N, M_y und M_z
σ_D	Druckspannung
σ_Z	Zugspannung
σ_y, σ_z	Normalspannungen infolge örtlicher Krafteinleitung
τ_{xy}, τ_{xz}	Schubspannung im Querschnitt (Flächennormale x) in Richtung y oder z infolge Q_y, Q_z und M_T
τ_m	Mittelwert der Schubspannung im nachzuweisenden Querschnitt
τ_Q	Schubspannung infolge Querkraft

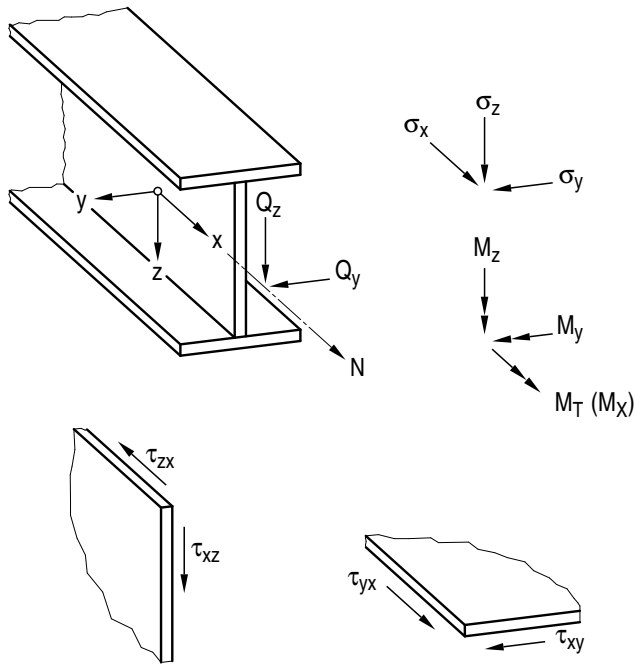


Bild E 2-1: Koordinatensystem für Schnittgrößen und Beanspruchungen

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.

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

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

(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.

E 2.3 Beanspruchung durch eine Querkraft Qy oder Qz

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

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

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

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

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

(3) Bei gleichzeitigem Auftreten von Schubspannungsanteilen aus Querkraften Qy und Qz sowie Torsion gilt für die Summe der Schubspannungen die Gleichung (E 2-6) oder (E 2-7) und die Gleichung (E 2-8):

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

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

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

E 2.4 Beanspruchung durch ein Biegemoment My oder Mz

Für ein durch ein Biegemoment My oder Mz beanspruchtes Bauteil ist der Nachweis nach Gleichungen (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_T

Für ein durch ein Torsionsmoment M_T beanspruchtes Bauteil sind die daraus resultierenden Schubspannungen τ 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 (σ_N) und Biegemomente My und Mz (σ_{M_y} , σ_{M_z}) 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 2-14) zu führen.

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

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

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

$$|\sigma_N + \sigma_{M_y} + \sigma_{M_z}| \leq \sigma_{zul} \quad (\text{E 2-12})$$

Wenn je für sich

$$\left. \begin{aligned} |\sigma_N + \sigma_{M_y}| \\ |\sigma_N + \sigma_{M_z}| \end{aligned} \right\} \leq 0,8 \cdot \sigma_{zul} \quad (\text{E 2-13})$$

darf die maximale Randspannung

$$\left| \sigma_N + \sigma_{M_y} + \sigma_{M_z} \right| \leq 1,1 \cdot \sigma_{zul} \quad (E 2-14)$$

betragen.

E 2.7 Zweiachsige Spannungszustände

(1) Bei zweiachsigen Spannungszuständen ist für das Zusammenwirken von Einzelspannungen (z. B. σ_x , σ_y und τ) ein Vergleichsspannungsnachweis nach Gleichung (E 2-15) zu führen.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq \sigma_{zul} \quad (E 2-15)$$

(2) Bei Biegeträgern, die ausschließlich durch Querkräfte und einachsige Biegung beansprucht sind, darf stattdessen der Nachweis gemäß Gleichung (E 2-16) geführt werden.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq 1,1 \cdot \sigma_{zul} \quad (E 2-16)$$

(3) Für die Nachweise gemäß Gleichung (E 2-15) oder (E 2-16) darf anstelle von τ die mittlere Schubspannung τ_m gemäß den Abschnitten E 2.3 und E 2.5 eingesetzt werden.

E 2.8 Beanspruchung der Verbindung

(1) Die Beanspruchung der Verbindung eines Querschnittsteiles ist aus den Schnittgrößenanteilen dieses Querschnittsteiles zu bestimmen.

(2) In doppelsymmetrischen I-förmigen Biegeträgern mit Schnittgrößen N , M_y und Q_z dürfen die Verbindungen vereinfacht mit folgenden Schnittgrößenanteilen nachgewiesen werden,

Zugflansch:
$$N_Z = \frac{N}{2} + \frac{M_y}{h_F} \quad (E 2-17)$$

Druckflansch:
$$N_D = \frac{N}{2} - \frac{M_y}{h_F} \quad (E 2-18)$$

Steg:
$$Q_{St} = Q_z \quad (E 2-19)$$

wobei h_F der Schwerpunktabstand der Flansche ist. Vorausgesetzt ist die Einhaltung der zulässigen Spannungen in den Flanschen und im Steg.

E 3 Spannungsermittlung für Schweißverbindungen

E 3.1 Verbindungen mit Lichtbogenschweißen

In den folgenden Bildern und Gleichungen (E 3-1) bis (E 3-7) bedeuten:

- A_w die rechnerische Schweißnahtfläche
Beim Nachweis sind nur die Flächen derjenigen Schweißnähte anzusetzen, die aufgrund ihrer Lage vorzugsweise imstande sind, die vorhandenen Schnittgrößen in der Verbindung zu übertragen.
- 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

Σa	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	
ℓ	Nahtlänge	
σ_{\perp}	Normalspannung quer zur Nahtrichtung	siehe Bild E 3-2
τ_{\perp}	Schubspannung quer zur Nahtrichtung	
σ_{\parallel}	Normalspannung in Nahtrichtung	
τ_{\parallel}	Schubspannung in Nahtrichtung	
t	Dicke der zu verschweißenden Bauteile	

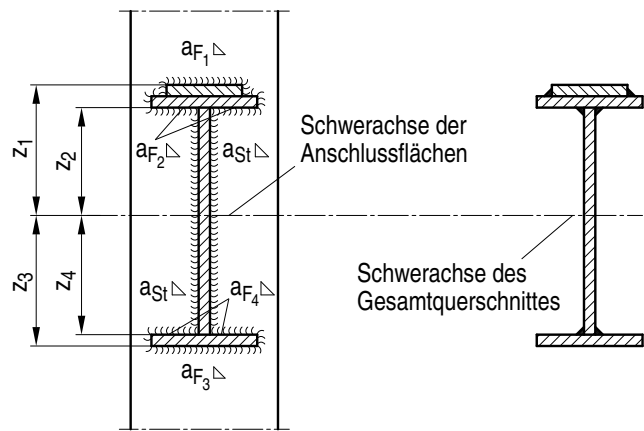


Bild E 3-1: Biegesteifer Trägeranschluss

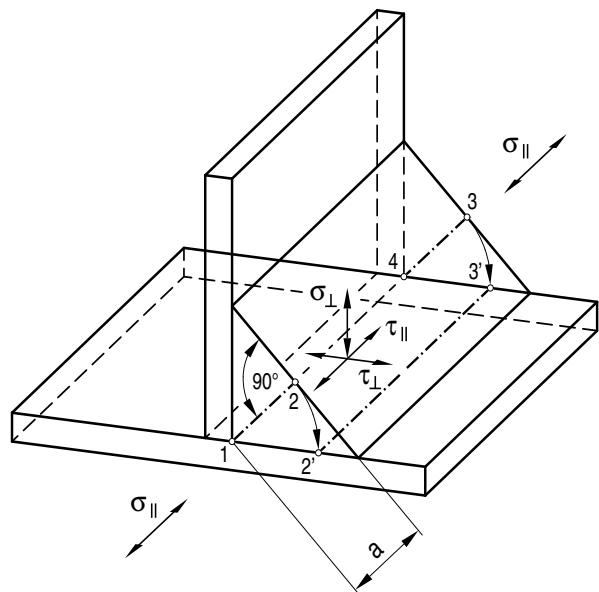


Bild E 3-2: Mögliche Spannungsrichtungen in der Kehlnaht

E 3.1.1 Maße und Querschnittswerte

(1) Die Maße und Querschnittswerte für Schweißverbindungen sind wie folgt zu ermitteln:

Die rechnerische Schweißnahtdicke a für verschiedene Nahtarten ist **Tabelle E 3-1** zu entnehmen. Andere als die dort aufgeführten Nahtarten sind sinngemäß einzuordnen.

Die rechnerische Schweißnahtlänge ℓ einer Naht ist ihre geometrische Länge. Für Kehlnähte ist sie die Länge der Wurzellinie. Kehlnähte dürfen beim Nachweis nur berücksichtigt werden, wenn $\ell \geq 6,0 a$, mindestens jedoch 30 mm, ist.

Die rechnerische Schweißnahtfläche ist $A_w = \sum a \cdot \ell$.

(2) Beim Nachweis sind nur die Flächen derjenigen Schweißnähte anzusetzen, die aufgrund ihrer Lage vorzugsweise imstande sind, die vorhandenen Schnittgrößen in der Verbindung zu übertragen.

(3) Für Kehlnähte ist die Schweißnahtfläche konzentriert in der Wurzellinie anzunehmen.

(4) In unmittelbaren Laschen- und Stabanschlüssen darf als rechnerische Schweißnahtlänge ℓ der einzelnen Flankenkehlnähte maximal $150 a$ angesetzt werden.

(5) Wenn die rechnerische Schweißnahtlänge nach **Tabelle E 3-2** bestimmt wird, dürfen die Momente aus den Außermittigkeiten des Schweißnahtschwerpunktes zur Stabachse unberücksichtigt bleiben. Das gilt auch dann, wenn andere als Winkelprofile angeschlossen werden.

(6) Bei kontinuierlicher Krafteinleitung über die Schweißnaht ist eine obere Begrenzung nicht erforderlich.

(7) Bei zusammengesetzten Querschnitten ist auch die Schweißverbindung zwischen mittelbar und unmittelbar angeschlossenen Querschnittsteilen nachzuweisen.

(8) Wenn Teile von Querschnitten im Anschlussbereich von Stäben zur Aufnahme von Schnittgrößen nicht erforderlich sind, brauchen deren Anschlüsse in der Regel nicht nachgewiesen zu werden.

(9) Ein Beispiel für eine Schweißverbindung zwischen dem unmittelbar (Flansch) und dem mittelbar angeschlossenen Querschnittsteil (Steg) ist in **Bild E 3-3** dargestellt. Diese Schweißverbindung wird in diesem Fall mittelbarer Anschluss genannt. Als rechnerische Nahtlänge des mittelbaren Anschlusses gilt die Nahtlänge ℓ vom Beginn des unmittelbaren Anschlusses bis zum Ende des mittelbaren Anschlusses.

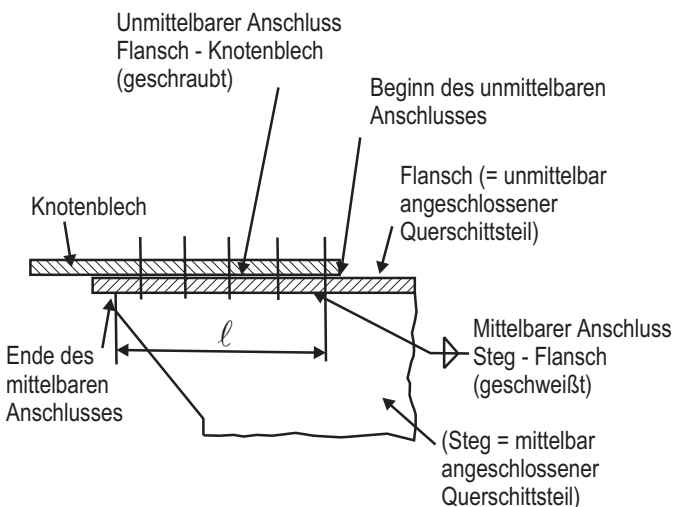


Bild E 3-3: Mittelbarer Anschluss bei zusammengesetzten Querschnitten (angelehnt an DIN 18800-1 historisch)

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

$$a_{\min} \geq \max(2; \sqrt{t_{\max}} - 0,5) \quad (\text{E 3-1})$$

$$a_{\max} \leq 0,7 \cdot t_{\min} \quad (\text{E 3-2})$$

(a und t in mm)

(11) Für Schweißverbindungen gelten die in Abschnitt 5 ergänzend zu den anerkannten Regeln der Technik (insbesondere den Anforderungen nach DIN EN 1090 und DIN EN 1993-1-8) aufgeführten konstruktiven Vorgaben.

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

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{\perp} \\ \tau_{\perp} \\ \tau_{\parallel} \end{array} \right\} = \frac{F}{A_w} = \frac{F}{\sum a \cdot \ell} \quad (\text{E 3-3})$$

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

$$\sigma_{\perp} = \frac{M}{I_w} \cdot z \quad (\text{E 3-4})$$

Unter Beachtung von Abschnitt E 2.8 und Einhaltung von σ_{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

$$\tau_{\parallel} = \frac{Q \cdot S}{I \cdot \sum a} \quad (\text{E 3-5})$$

und bei unterbrochenen Längsnähten (Bild E 3-4)

$$\tau_{\parallel} = \frac{Q \cdot S}{I \cdot \sum a} \cdot \frac{e + \ell}{\ell} \quad (\text{E 3-6})$$

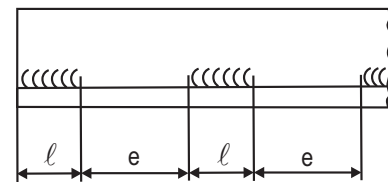


Bild E 3-4: Zur Berechnung von Schweißnahtschubspannungen τ_{\parallel} in unterbrochenen Längsnähten

(4) Bei Trägeranschlüssen und in Stegblechquerstößen darf die Schubspannung nach Gleichung (E 3-3) berechnet werden, wenn das Bauteil nach Gleichung (E 2-4) und (E 2-5), Abschnitt E 2.3 bemessen wurde.

(5) Für eine durch ein Torsionsmoment M_T beanspruchte Schweißverbindung sind die daraus resultierenden Schubspannungen und falls erforderlich, auch die Wölbspannungen zu berücksichtigen.

(6) Bei zusammengesetzter Beanspruchung in Kehlnähten oder HY-Nähten (K-Stegnähte) nach **Tabelle E 3-1**, lfd. Nrn. 2 bis 4 bei Beanspruchung durch mehr als eine der Gleichungen (E 3-3) bis (E 3-6) aufgeführten Spannungen z. B. für den biegesteifen Trägeranschluss darf der Vergleichswert σ_v nach Gleichung (E 3-7) ermittelt werden.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \quad (\text{E 3-7})$$

Dabei ist jeweils der Maximalwert einer Spannung mit den zugehörigen Werten der übrigen Spannungen einzusetzen. In Gleichung (E 3-7) bleibt die Normalspannung σ_{II} unberücksichtigt.

(7) Der Vergleichswert braucht nicht ermittelt zu werden für Kehlnähte und HY-Nähte (K-Stegnähte) eines biegesteifen Anschlusses mit den Schnittgrößen 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 3-3) 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.

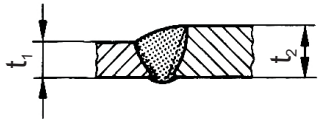
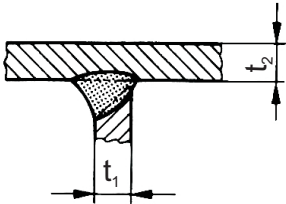
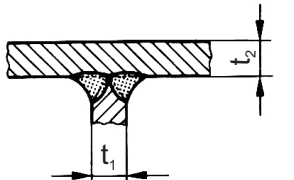
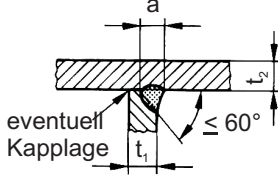
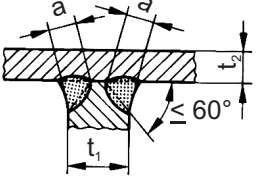
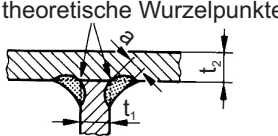
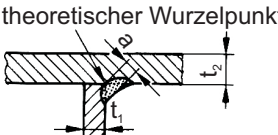
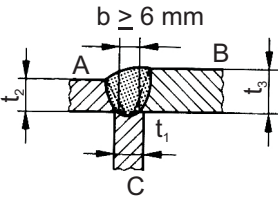
Lfd. Nr.	Nahtart		Bild	Rechnerische Nahtdicke a	
1	Durchgeschweißte Nähte	Stumpfnah		$a = \min(t_1; t_2)$	
		HV-Naht			
		DHV-Naht			
2	Nicht durchgeschweißte Nähte	HY-Naht		Die Nahtdicke a ist gleich dem Abstand vom theoretischen Wurzelpunkt zur Nahtoberfläche	
		DHY-Naht			
3	Kehlnähte	theoretische Wurzelpunkte		Die Nahtdicke a ist gleich der bis zum theoretischen Wurzelpunkt gemessenen Höhe des einschreibbaren gleichschenkligen Dreiecks	
		theoretischer Wurzelpunkt			
4a	Dreiblechnaht		Kraftübertragung	von A nach B	$a = \min(t_2; t_3)$
4b				von C nach A und B	$a = b$

Tabelle E 3-1: Rechnerische Schweißnahtdicken a (angelehnt an DIN 18800-1 historisch)

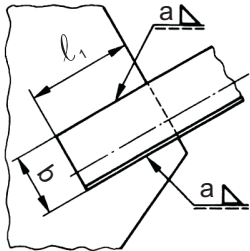
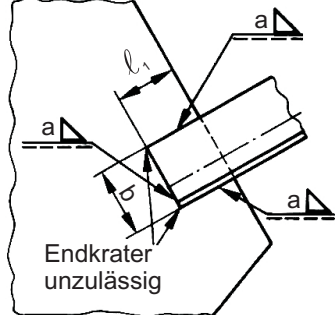
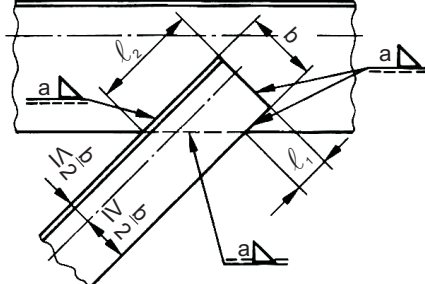
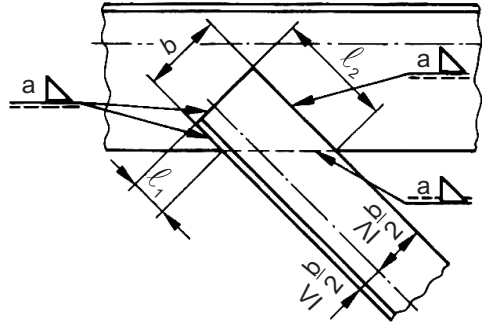
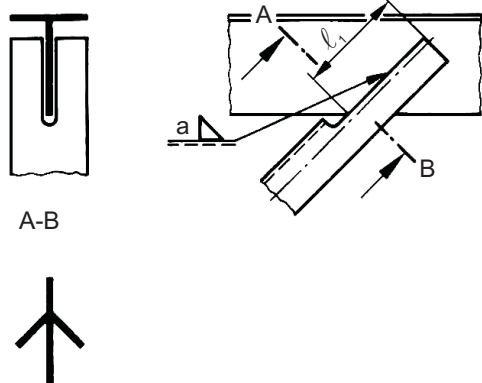
Lfd. Nr.	Nahtart	Bild	Rechnerische Nahtlänge $\Sigma \ell$
1	Flankenkehlnähte		$\Sigma \ell = 2 l_1$
2	Stirn- und Flankenkehlnähte		$\Sigma \ell = b + 2 l_1$
3	Ringsumlaufende Kehlnaht – Schwerachse näher zur längeren Naht		$\Sigma \ell = l_1 + l_2 + 2 b$
4	Ringsumlaufende Kehlnaht – Schwerachse näher zur kürzeren Naht		$\Sigma \ell = 2 l_1 + 2 b$
5	Kehlnaht oder HV-Naht bei geschlitztem Winkelprofil		$\Sigma \ell = 2 l_1$

Tabelle E 3-2: Rechnerische Schweißnahtlänge $\Sigma \ell$ bei unmittelbaren Stabanschlüssen (angelehnt an DIN 18800-1 historisch)

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 $0,5 \cdot F_v$ (Vorspannkraft in der Schraube F_v nach **Tabelle 4-12** und **Tabelle 4-13** 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 4-6**, lfd. Nrn. 6 und 8).

(3) Scher-/Lochleibungsverbindungen dürfen mit einem Lochspiel Δd kleiner als oder gleich 2 mm (SL-Verbindungen) und Δd 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 Δd 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
A_S	Spannungsquerschnitt
F	zu übertragende Schnittkraft (Längskraft N , Querkraft Q)
$Q_{SL\ zul}$	zulässige übertragbare Kraft einer Schraube je Scherfläche senkrecht zur Schraubenachse in einer SL-Verbindung
$Q_{SLP\ zul}$	zulässige übertragbare Kraft einer Schraube je Scherfläche senkrecht zur Schraubenachse in einer SLP-Verbindung
d	Schaftdurchmesser der Schraube
d_2	Nenn-Flankendurchmesser
d_3	Nenn-Kerndurchmesser
n	Anzahl der Schrauben in der Verbindung
m	Anzahl der Scherfugen (Schnittigkeit)
Σt_{min}	kleinste Summe der Blechdicken mit in gleicher Richtung wirkendem Lochleibungsdruck
σ_L	Lochleibungsdruck zwischen Schraube und Lochwand des zu verbindenden Bauteils
τ_a	Beanspruchung auf Abscheren der Schraube

Hinweis:

A_S, d_2 siehe DIN EN ISO 898-1.

(2) Die nachstehenden Gleichungen gelten für einschnittige sowie für mehrschnittige, symmetrische Verbindungen. Der Lochleibungsdruck σ_L und die Abscherspannung τ_a sind wie folgt zu berechnen:

$$\sigma_L = \frac{F}{d \cdot n \cdot \Sigma t_{min}} \quad (\text{E 4-1})$$

Die Werte für $\sigma_{L,zul}$ sind für das Bauteil und für die Schraube in **Tabelle 4-6** enthalten. Bei unterschiedlichen Werkstoffen für Bauteil und Verbindungsmittel ist der kleinere Wert der Bemessung zugrunde zu legen.

$$\tau_a = \frac{F}{n \cdot m \cdot A_a} \quad \text{mit} \quad A_a = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (\text{E 4-2})$$

$$\left. \begin{array}{l} Q_{SL\ zul} \\ Q_{SLP\ zul} \end{array} \right\} = \tau_{a\ zul} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (\text{E 4-3})$$

Die Werte für $\tau_{a\ zul}$ sind in den **Tabellen 4-8** und **4-10** 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 Schraubenkopf 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.

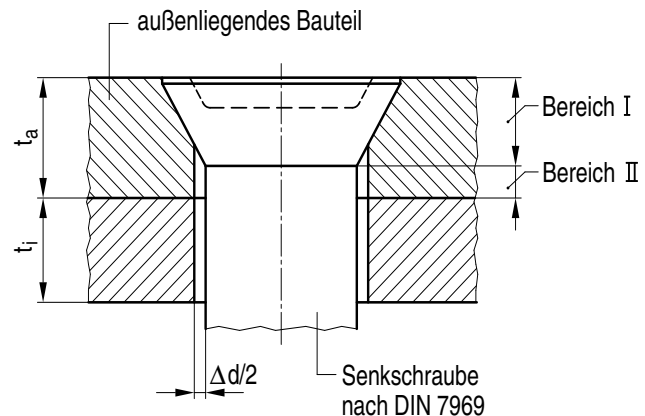


Bild E 4-1: Verbindung mit Senkschraube nach DIN 7969

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 **Tabelle 4-12**, **Tabelle 4-13** 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 Δd kleiner als oder gleich 2 mm oder 3 mm (GV-Verbindungen) und mit einem Lochspiel Δd 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 **Tabelle 4-12, Tabelle 4-13** 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

$\mu = 0,5$ Reibbeiwert der Berührungsflächen bei einer der folgenden Reibflächenvorbereitungen:

- Stahlgusskiesstrahlen
- 2 x Flammstrahlen
- Sandstrahlen

v_G Sicherheitsbeiwert gegen Gleiten

(2) In gleitfesten Verbindungen mit hochfesten Schrauben, die nicht durch **Tabelle 4-12** und **Tabelle 4-13** abgedeckt sind und ein Lochspiel Δd kleiner als oder gleich 2 mm haben (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 $2,0\text{ mm} < \Delta d \leq 3,0\text{ mm}$ sind diese Werte auf 80 % zu ermäßigen.

(3) In gleitfesten Verbindungen mit hochfesten Passschrauben, die nicht durch **Tabelle 4-12** und **Tabelle 4-13** abgedeckt sind und ein Lochspiel Δd kleiner als oder gleich 0,3 mm haben (GVP-Verbindungen), beträgt:

$$Q_{GVP\ zul} = \frac{1}{2} \cdot Q_{SLP\ zul} + Q_{GV\ zul} \quad (E\ 4-5)$$

(4) Der Lochleibungsdruck σ_l 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 $\sigma_{l,zul}$ sind **Tabelle 4-6** lfd. Nr. 9, zu entnehmen. Ein Nachweis der Scherspannung τ_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

(1) Es ist zu beachten, dass in Schraubenverbindungen Abstützkräfte entstehen können und dadurch die Beanspruchungen in der Verbindung beeinflusst werden.

(2) Ein Beispiel für die Beeinflussung der Beanspruchungen einer Verbindung ist der T-Stoß von Zugstäben ist in Bild E 4-2 dargestellt. Abhängig von den Abmessungen der Schrauben und der Stirnplatte können im Bereich der Stirnplattenkante Abstützkräfte K entstehen. Die Abstützkräfte K und die Zugkraft F stehen mit den Schraubenzugkräften im Gleichgewicht.

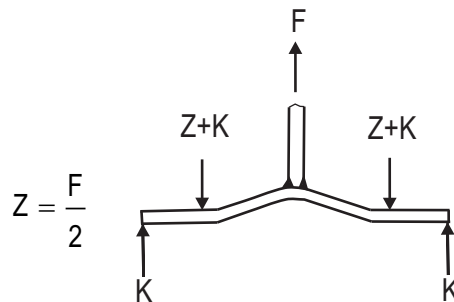


Bild E 4-2: T-Stoß (angelehnt an DIN 18800-1 historisch)

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

Es gilt:

$$Z_{zul} = \sigma_{z\ zul} \cdot A_s \quad \text{mit} \quad A_s = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 \quad (E\ 4-6)$$

Die Werte für $\sigma_{z\ zul}$ sind in der **Tabelle 4-8** 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:

- $N \leq 10^4$
- $N \leq 10^5$; jedoch dürfen Spannungen, die größer als 40 % der im Lastfall H nach **Tabelle 4-8** 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 4-8** angegeben.

(3) In SL- und SLP-Verbindungen sind bei gleichzeitiger Beanspruchung auf Abscheren und Zug alle Einzelnachweise (Q , σ_L , Z) unabhängig voneinander zu führen, sofern die Scherfläche im Schaftquerschnitt liegt. Dabei dürfen die zulässigen Werte für die einzelnen Beanspruchungsarten nach **Tabellen 4-8 und 4-10** und Gleichung (E 4-3) ohne Nachweis einer Vergleichsspannung voll ausgenutzt werden. Befindet sich die Scherfläche im Gewindebereich ist die Vergleichsspannung σ_v wie folgt

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (E\ 4-7)$$

nachzuweisen.

(4) Für den zulässigen Lochleibungsdruck σ_l sind in nicht planmäßig vorgespannten Verbindungen ($\geq 0,5 \cdot F_V$) die Werte nach **Tabelle 4-6**, 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:

$$Q_{GV,Z\ zul} = \left(0,2 + 0,8 \cdot \frac{Z_{zul} - Z}{Z_{zul}} \right) \cdot Q_{GV\ zul} \quad (E\ 4-8)$$

$$Q_{GVP,Z\ zul} = 0,5 \cdot Q_{SLP\ zul} + \left(0,2 + 0,8 \cdot \frac{Z_{zul} - Z}{Z_{zul}} \right) \cdot Q_{GV\ zul} \quad (E\ 4-9)$$

(3) Für den zulässigen Lochleibungsdruck σ_L sind die Werte nach **Tabelle 4-6** lfd. Nr. 9 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 β_{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 γ_{cr} nach der **Tabelle E 5-1** zu vervielfachen sind.

Lfd. Nr.	Belastungen	γ_{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 γ_{cr} -facher Belastung sind, falls erforderlich, zu berücksichtigen.

Tabelle E 5-1: Lasterhöhungsfaktoren γ_{cr} beim Nachweis der Sicherheit gegen Abheben und Umkippen

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 γ_{cr} -fachen Belastungen

N_Z Normalkomponente der Resultierenden aller im Lager angreifenden abhebenden Stützgrößen aus den γ_{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 4-8**.

(3) Die ausreichende Verankerung des Ankers ist nachzuweisen.

E 5.1.2 Erreichen der kritischen Pressung β_{cr} (Umkippen)

Die Sicherheit von Bauteilen gegen Umkippen ist nachzuweisen, wenn sie nicht zweifelsfrei feststeht. Sie ist ausreichend, wenn unter den γ_{cr} -fachen Belastungen folgende Bedingung eingehalten wird:

$$\sigma_{cr} = \frac{D_{cr}}{A_{cr}} \leq \beta_{cr} \quad (E\ 5-3)$$

Es bedeuten:

σ_{cr} Pressung unter den γ_{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 γ_{cr} -facher Belastung,

A_{cr} Teilfläche der Gesamtfläche der Lagerfuge, deren Schwerpunkt in der Wirkungslinie von D_{cr} liegt (bei der Annahme $\sigma = \text{konst.}$),

β_{cr} kritische Pressung in der Fuge bei γ_{cr} -facher Belastung (β_{cr} für Beton - siehe DIN 1054; β_{cr} für Stähle: das 1,5fache der Hertzschen Pressung für Lastfall H); zulässige Werte siehe **Tabelle 4-9**.

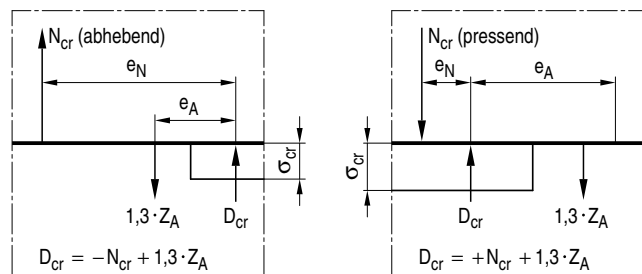


Bild E 5-1: Ermittlung der Ankerzugkraft $Z_A = \frac{N_{cr}}{1,3} \cdot \frac{e_N}{e_A}$

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:

μ_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 mechanischen Schubsicherungen in der Gleitrichtung, ermittelt mit den für den jeweiligen Lastfall zulässigen Spannungen gemäß Abschnitt 4.3.3.2.

(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.

Hinweis:

Weitere Angaben zum Formänderungsnachweis, z. B. Berücksichtigung des Schraubenschlupfes, sind 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 – AtG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 10. Juli 2018 (BGBl. I S. 1122, 1124)
StrlSchV		Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), zuletzt geändert nach Maßgabe des Artikels 10 durch Artikel 6 des Gesetzes vom 27. Januar 2017 (BGBl. I, S. 114, 1222)
SiAnf	(2015-03)	Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2)
Interpretationen	(2015-03)	Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, geändert am 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B3)
KTA 1401	(2017-11)	Allgemeine Anforderungen an die Qualitätssicherung
KTA 2201.1	(2011-11)	Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen; Teil 1: Grundsätze
KTA 3201.1	(2017-11)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren; Teil 1: Werkstoffe und Erzeugnisformen
KTA 3201.2	(2017-11)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren; Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung
KTA 3201.3	(2017-11)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren; Teil 3: Herstellung
KTA 3201.4	(2016-11)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren; Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung
KTA 3205.2	(2018-10)	Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen; Teil 2: Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen für druck- und aktivitätsführende Komponenten in Systemen außerhalb des Primärkreises
KTA 3205.3	(E2018-10)	Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen; Teil 3: Serienmäßige Standardhalterungen
KTA 3211.2	(2013-11)	Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung
KTA 3211.3	(2017-11)	Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 3: Herstellung
KTA 3401.2	(2016-11)	Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl; Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung
DIN 13-1	(1999-11)	Metrisches ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung - Teil 1: Nennmaße für Regelgewinde; Gewinde-Nenndurchmesser von 1 mm bis 68 mm
DIN 1054	(2010-12)	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
DIN 1054/A1	(2012-08)	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1:2010; Änderung A1:2012
DIN 1054/A2	(2015-11)	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1; Änderung 2
DIN 7968	(2017-08)	Sechskant-Passschrauben mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen
DIN 7969	(2017-08)	Senkschrauben mit Schlitz mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen
DIN 7990	(2017-08)	Sechskantschrauben mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen
DIN 25449	(2016-04)	Bauteile aus Stahl- und Spannbeton in kerntechnischen Anlagen - Sicherheitskonzept, Einwirkungen, Bemessung und Konstruktion

DIN EN 1011-1	(2009-07)	Schweißen - Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe - Teil 1: Allgemeine Anleitungen für das Lichtbogenschweißen; Deutsche Fassung EN 1011-1:2009
DIN EN 1011-2	(2001-05)	Schweißen - Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe - Teil 2: Lichtbogenschweißen von ferritischen Stählen; Deutsche Fassung EN 1011-2:2001
DIN EN 1011-3	(2001-01)	Schweißen - Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe - Teil 3: Lichtbogenschweißen von nichtrostenden Stählen; Deutsche Fassung EN 1011-3:2000
DIN EN 1090-1	(2012-02)	Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile; Deutsche Fassung EN 1090-1:2009+A1:2011
DIN EN 1090-2	(2011-10)	Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008+A1:2011
DIN EN 1369	(2013-01)	Gießereiwesen - Magnetpulverprüfung; Deutsche Fassung EN 1369:2012
DIN EN 1370	(2012-03)	Gießereiwesen - Bewertung des Oberflächenzustandes; Deutsche Fassung EN 1370:2011
DIN EN 1371-1	(2012-02)	Gießereiwesen - Eindringprüfung - Teil 1: Sand-, Schwerkraftkokillen- und Niederdruckkokillengussstücke; Deutsche Fassung EN 1371-1:2011
DIN EN 1371-2	(2015-04)	Gießereiwesen - Eindringprüfung - Teil 2: Feingussstücke; Deutsche Fassung EN 1371-2:2015
DIN EN 1559-2	(2014-12)	Gießereiwesen - Technische Lieferbedingungen - Teil 2: Zusätzliche Anforderungen an Stahlgussstücke; Deutsche Fassung EN 1559-2:2014
DIN EN 1990	(2010-12)	Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002
DIN EN 1990/NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung
DIN EN 1990/NA/A1	(2012-08)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Änderung A1
DIN EN 1991-1-1	(2010-12)	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1991-1-1 /NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau
DIN EN 1991-1-1 /NA/A1	(2015-05)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Änderung A1
DIN EN 1991-1-2	(2010-12)	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1991-1-2 /NA	(2015-09)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke
DIN EN 1991-1-2 Berichtigung 1	(2013-08)	Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002, Berichtigung zu DIN EN 1991-1-2:2010-12; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002/AC:2012
DIN EN 1991-1-3	(2010-12)	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-3:2003 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1991-1-3/A1	(2015-12)	Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-3:2003/A1:2015
DIN EN 1991-1-3 /NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen - Schneelasten
DIN EN 1991-1-4	(2010-12)	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010 in Verbindung mit
DIN EN 1991-1-4 /NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten
DIN EN 1991-1-5	(2010-12)	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen - Temperatureinwirkungen; Deutsche Fassung EN 1991-1-5:2003 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1991-1-5 /NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen - Temperatureinwirkungen

DIN EN 1991-1-6	(2010-12)	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung; Deutsche Fassung EN 1991-1-6:2005 + AC:2008 in Verbindung mit
DIN EN 1991-1-6 Berichtigung 1	(2013-08)	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung; Deutsche Fassung EN 1991-1-6:2005, Berichtigung zu DIN EN 1991-1-6:2010-12; Deutsche Fassung EN 1991-1-6:2005/AC:2012
DIN EN 1991-1-6 /NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung
DIN EN 1991-1-7	(2010-12)	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen - Außergewöhnliche Einwirkungen; Deutsche Fassung EN 1991-1-7:2006 + AC:2010 in Verbindung mit
DIN EN 1991-1-7/A1	(2014-08)	Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen - Außergewöhnliche Einwirkungen; Deutsche Fassung EN 1991-1-7:2006/A1:2014
DIN EN 1991-1-7 /NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen - Außergewöhnliche Einwirkungen
DIN EN 1993-1-1	(2010-12)	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1: 2005 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1993-1-1/A1	(2014-07)	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005/A1:2014
DIN EN 1993-1-1 /NA	(2015-08)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
DIN EN 1993-1-3	(2010-12)	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-3: Allgemeine Regeln - Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche; Deutsche Fassung EN 1993-1-3:2006 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1993-1-3 /NA	(2017-05)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-3: Allgemeine Regeln - Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche
DIN EN 1993-1-4	(2015-10)	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln - Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen; Deutsche Fassung EN 1993-1-4:2006 + A1:2015 in Verbindung mit
DIN EN 1993-1-4 /NA	(2017-01)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln - Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen
DIN EN 1993-1-5	(2017-07)	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile; Deutsche Fassung EN 1993-1-5:2006 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1993-1-5 /NA	(2016-04)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile
DIN EN 1993-1-6	(2017-07)	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen; Deutsche Fassung EN 1993-1-6:2007 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1993-1-6 /NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen
DIN EN 1993-1-7	(2010-12)	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-7: Plattenförmige Bauteile mit Querbelastrung; Deutsche Fassung EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1993-1-7 /NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-7: Plattenförmige Bauteile mit Querbelastrung
DIN EN 1993-1-8	(2010-12)	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1993-1-8 /NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
DIN EN 1993-1-9	(2010-12)	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1993-1-9 /NA	(2010-12)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung

DIN EN 1993-1-10	(2010-12)	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung; Deutsche Fassung EN 1993-1-10:2005 + AC:2009 in Verbindung mit
DIN EN 1993-1-10 /NA	(2016-04)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung
DIN EN 1993-1-12	(2010-12)	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-12: Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlgüten bis S700; Deutsche Fassung EN 1993-1-12:2007 + AC:2009
DIN EN 1993-1-12 /NA	(2011-08)	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-12: Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlgüten bis S700
DIN EN 10025-1	(2005-02)	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10025-1:2004
DIN EN 10025-2	(2005-04)	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle; Deutsche Fassung EN 10025-2:2004
DIN EN 10025-3	(2005-02)	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle; Deutsche Fassung EN 10025-3:2004
DIN EN 10025-4	(2005-04)	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 4: Technische Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle; Deutsche Fassung EN 10025-4:2004
DIN EN 10028-1	(2009-07)	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 10028-1:2007+A1:2009
DIN EN 10028-2	(2009-09)	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen; Deutsche Fassung EN 10028-2:2009
DIN EN 10028-3	(2009-09)	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 3: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht; Deutsche Fassung EN 10028-3:2009
DIN EN 10028-7	(2016-07)	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 7: Nichtrostende Stähle; Deutsche Fassung EN 10028-7:2016
DIN EN 10029	(2011-02)	Warmgewalztes Stahlblech von 3 mm Dicke an - Grenzabmaße und Formtoleranzen; Deutsche Fassung EN 10029:2010
DIN EN 10083-1	(2006-10)	Vergütungsstähle - Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10083-1:2006
DIN EN 10083-2	(2006-10)	Vergütungsstähle - Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Stähle; Deutsche Fassung EN 10083-2:2006
DIN EN 10083-3	(2007-01)	Vergütungsstähle - Teil 3: Technische Lieferbedingungen für legierte Stähle; Deutsche Fassung EN 10083-3:2006 gültig mit
DIN EN 10083-3 Berichtigung 1	(2009-01)	Vergütungsstähle - Teil 3: Technische Lieferbedingungen für legierte Stähle; Deutsche Fassung EN 10083-3:2006, Berichtigung zu DIN EN 10083-3:2007-01; Deutsche Fassung EN 10083-3:2006/AC:2008
DIN EN 10088-2	(2014-12)	Nichtrostende Stähle - Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung; Deutsche Fassung EN 10088-2:2014
DIN EN 10088-3	(2014-12)	Nichtrostende Stähle - Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung; Deutsche Fassung EN 10088-3:2014
DIN EN 10160	(1999-09)	Ultraschallprüfung von Flacherzeugnissen aus Stahl mit einer Dicke größer oder gleich 6 mm (Reflexionsverfahren); Deutsche Fassung EN 10160:1999
DIN EN 10163-1	(2005-03)	Lieferbedingungen für die Oberflächenbeschaffenheit von warmgewalzten Stahlerzeugnissen (Blech, Breitflachstahl und Profile) - Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 10163-1:2004 in Verbindung mit
DIN EN 10163-1 Berichtigung 1	(2007-05)	Lieferbedingungen für die Oberflächenbeschaffenheit von warmgewalzten Stahlerzeugnissen (Blech, Breitflachstahl und Profile) - Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 10163-1:2004, Berichtigungen zu DIN EN 10163-1:2005-03; Deutsche Fassung EN 10163-1:2004/AC:2007

DIN EN 10163-2	(2005-03)	Lieferbedingungen für die Oberflächenbeschaffenheit von warmgewalzten Stahlerzeugnissen (Blech, Breitflachstahl und Profile) - Teil 2: Blech und Breitflachstahl; Deutsche Fassung EN 10163-2:2004
DIN EN 10164	(2005-03)	Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche - Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10164:2004
DIN EN 10204	(2005-01)	Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen; Deutsche Fassung EN 10204:2004
DIN EN 10210-1	(2006-07)	Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen - Teil 1: Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10210-1:2006
DIN EN 10210-2	(2006-07)	Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen - Teil 2: Grenzabmaße, Maße und statische Werte; Deutsche Fassung EN 10210-2:2006
DIN EN 10213	(2016-10)	Stahlguss für Druckbehälter; Deutsche Fassung EN 10213:2007+A1:2016
DIN EN 10216-2	(2014-03)	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen; Deutsche Fassung EN 10216-2:2013
DIN EN 10216-3	(2014-03)	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 3: Rohre aus legierten Feinkornbaustählen; Deutsche Fassung EN 10216-3:2013
DIN EN 10216-5	(2014-03)	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 5: Rohre aus nichtrostenden Stählen; Deutsche Fassung EN 10216-5:2013 in Verbindung mit
DIN EN 10216-5 Berichtigung 1	(2015-01)	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 5: Rohre aus nichtrostenden Stählen; Deutsche Fassung EN 10216-5:2013, Berichtigung zu DIN EN 10216-5:2014-03
DIN EN 10217-3	(2005-04)	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 3: Rohre aus legierten Feinkornbaustählen; Deutsche Fassung EN 10217-3:2002 + A1:2005
DIN EN 10217-7	(2015-01)	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 7: Rohre aus nichtrostenden Stählen; Deutsche Fassung EN 10217-7:2014
DIN EN 10219-1	(2006-07)	Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen - Teil 1: Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10219-1:2006
DIN EN 10219-2	(2006-07)	Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen - Teil 2: Grenzabmaße, Maße und statische Werte; Deutsche Fassung EN 10219-2:2006 in Verbindung mit
DIN EN 10219-2 Berichtigung 1	(2007-01)	Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen - Teil 2: Grenzabmaße, Maße und statische Werte; Deutsche Fassung EN 10219-2:2006, Berichtigungen zu DIN EN 10219-2:2006-07
DIN EN 10222-1	(2017-06)	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter - Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Freiformschmiedestücke; Deutsche Fassung EN 10222-1:2017
DIN EN 10222-2	(2017-06)	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter - Teil 2: Ferritische und martensitische Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen; Deutsche Fassung EN 10222-2:2017
DIN EN 10222-5	(2017-06)	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter - Teil 5: Martensitische, austenitische und austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle; Deutsche Fassung EN 10222-5:2017
DIN EN 10228-1	(2016-10)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl - Teil 1: Magnetpulverprüfung; Deutsche Fassung EN 10228-1:2017
DIN EN 10228-2	(2016-10)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl - Teil 2: Eindringprüfung; Deutsche Fassung EN 10228-2:2016
DIN EN 10228-3	(2016-10)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl - Teil 3: Ultraschallprüfung von Schmiedestücken aus ferritischem oder martensitischem Stahl; Deutsche Fassung EN 10228-3:2016
DIN EN 10228-4	(2016-10)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl - Teil 4: Ultraschallprüfung von Schmiedestücken aus austenitischem und austenitisch-ferritischem nichtrostendem Stahl; Deutsche Fassung EN 10228-4:2016
DIN EN 10250-1	(1999-12)	Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung - Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 10250-1:1999

DIN EN 10250-2	(1999-12)	Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung - Teil 2: Unlegierte Qualitäts- und Edelstähle; Deutsche Fassung EN 10250-2:1999
DIN EN 10250-4	(2000-02)	Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung - Teil 4: Nichtrostende Stähle; Deutsche Fassung EN 10250-4:1999
DIN EN 10250-4 Berichtigung 1	(2008-12)	Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung - Teil 4: Nichtrostende Stähle; Deutsche Fassung EN 10250-4:1999, Berichtigung zu DIN EN 10250-4:2000-02
DIN EN 10269	(2014-02)	Stähle und Nickellegierungen für Befestigungselemente für den Einsatz bei erhöhten und/oder tiefen Temperaturen; Deutsche Fassung EN 10269:2013
DIN EN 10272	(2016-10)	Stäbe aus nichtrostendem Stahl für Druckbehälter; Deutsche Fassung EN 10272:2016
DIN EN 10273	(2016-10)	Warmgewalzte schweißgeeignete Stäbe aus Stahl für Druckbehälter mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen; Deutsche Fassung EN 10273:2016
DIN EN 10296-2	(2006-02)	Geschweißte kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 2: Nichtrostende Stähle; Deutsche Fassung EN 10296-2:2005 gültig mit
DIN EN 10296-2 Berichtigung 1	(2007-06)	Geschweißte kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 2: Nichtrostende Stähle; Deutsche Fassung EN 10296-2:2005, Berichtigungen zu DIN EN 10296-2:2006-02; Deutsche Fassung EN 10296-2:2005/AC:2007
DIN EN 10297-2	(2006-02)	Nahtlose kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 2: Rohre aus nichtrostenden Stählen; Deutsche Fassung EN 10297-2:2005 gültig mit
DIN EN 10297-2 Berichtigung 1	(2007-06)	Nahtlose kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 2: Rohre aus nichtrostenden Stählen; Deutsche Fassung EN 10297-2:2005, Berichtigungen zu DIN EN 10297-2:2006-02; Deutsche Fassung EN 10297-2:2005/AC:2007
DIN EN 10307	(2002-03)	Zerstörungsfreie Prüfung - Ultraschallprüfung von Flacherzeugnissen aus austenitischem und austenitisch-ferritischem nichtrostendem Stahl ab 6 mm Dicke (Reflexionsverfahren); Deutsche Fassung EN 10307:2001
DIN EN 10308	(2002-03)	Zerstörungsfreie Prüfung - Ultraschallprüfung von Stäben aus Stahl; Deutsche Fassung EN 10308:2001
DIN EN 12680-2	(2003-06)	Gießereiwesen - Ultraschallprüfung - Teil 2: Stahlgussstücke für hoch beanspruchte Bauteile; Deutsche Fassung EN 12680-2:2003
DIN EN 12681	(2003-06)	Gießereiwesen Durchstrahlungsprüfung
DIN EN 14399-1	(2015-04)	Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im Metallbau - Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14399-1:2015
DIN EN 14399-2	(2015-04)	Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im Metallbau - Teil 2: Eignung zum Vorspannen; Deutsche Fassung EN 14399-2:2015
DIN EN 14399-4	(2015-04)	Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im Metallbau - Teil 4: System HV - Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern; Deutsche Fassung EN 14399-4:2015
DIN EN 26157-3	(1991-12)	Verbindungselemente; Oberflächenfehler; Schrauben für spezielle Anforderungen (ISO 6157-3:1988); Deutsche Fassung EN 26157-3:1991
DIN EN ISO 148-1	(2017-05)	Metallische Werkstoffe - Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy - Teil 1: Prüfverfahren (ISO 148-1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 148-1:2016
DIN EN ISO 898-1	(2013-05)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl - Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen - Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 898-1:2013
DIN EN ISO 898-2	(2012-08)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl - Teil 2: Muttern mit festgelegten Festigkeitsklassen - Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-2:2012); Deutsche Fassung EN ISO 898-2:2012
DIN EN ISO 2400	(2013-01)	Zerstörungsfreie Prüfung - Ultraschallprüfung - Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr. 1 (ISO 2400:2012); Deutsche Fassung EN ISO 2400:2012
DIN EN ISO 3059	(2013-03)	Zerstörungsfreie Prüfung - Eindringprüfung und Magnetpulverprüfung - Betrachtungsbedingungen (ISO 3059:2012); Deutsche Fassung EN ISO 3059:2012
DIN EN ISO 3269	(2000-11)	Mechanische Verbindungselemente - Annahmeprüfung (ISO 3269:2000); Deutsche Fassung EN ISO 3269:2000

DIN EN ISO 3452-1	(2014-09)	Zerstörungsfreie Prüfung - Eindringprüfung - Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 3452-1:2013, korrigierte Fassung 2014-05-01); Deutsche Fassung EN ISO 3452-1:2013
DIN EN ISO 3452-2	(2014-03)	Zerstörungsfreie Prüfung - Eindringprüfung - Teil 2: Prüfung von Eindringmitteln (ISO 3452-2:2013); Deutsche Fassung EN ISO 3452-2:2013
DIN EN ISO 3452-3	(2014-03)	Zerstörungsfreie Prüfung - Eindringprüfung - Teil 3: Kontrollkörper (ISO 3452-3:2013); Deutsche Fassung EN ISO 3452-3:2013
DIN EN ISO 3506-1	(2010-04)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen - Teil 1: Schrauben (ISO 3506-1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 3506-1:2009
DIN EN ISO 3506-2	(2010-04)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen - Teil 2: Muttern (ISO 3506-2:2009); Deutsche Fassung EN ISO 3506-2:2009
DIN EN ISO 4287	(2010-07)	Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren - Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit (ISO 4287:1997 + Cor 1:1998 + Cor 2:2005 + Amd 1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 4287:1998 + AC:2008 + A1:2009
DIN EN ISO 5817	(2014-06)	Schweißen - Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) - Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2014); Deutsche Fassung EN ISO 5817:2014
DIN EN ISO 6157-2	(2004-10)	Verbindungselemente - Oberflächenfehler - Teil 2: Muttern (ISO 6157-2:1995); Deutsche Fassung EN ISO 6157-2:2004
DIN EN ISO 6892-1	(2017-02)	Metallische Werkstoffe - Zugversuch - Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 6892-1:2016
DIN EN ISO 6892-2	(2011-05)	Metallische Werkstoffe - Zugversuch - Teil 2: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur (ISO 6892-2:2011); Deutsche Fassung EN ISO 6892-2:2011
DIN EN ISO 7963	(2010-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Ultraschallprüfung - Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr 2 (ISO 7963:2006); Deutsche Fassung EN ISO 7963:2010
DIN EN ISO 9001	(2015-11)	Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen (ISO 9001:2015); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 9001:2015
DIN EN ISO 9606-1	(2013-12)	Prüfung von Schweißern - Schmelzschweißen - Teil 1: Stähle (ISO 9606-1:2012, einschließlich Cor 1:2012); Deutsche Fassung EN ISO 9606-1:2013
DIN EN ISO 9712	(2012-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712:2012); Deutsche Fassung EN ISO 9712:2012 in Verbindung mit
DIN EN ISO 9712 Beiblatt 1	(2014-05)	Zerstörungsfreie Prüfung - Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung; Beiblatt 1: Empfehlungen zur Anwendung von DIN EN ISO 9712:2012-12
DIN EN ISO 9934-1	(2017-03)	Zerstörungsfreie Prüfung - Magnetpulverprüfung - Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 9934-1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 9934-1:2016
DIN EN ISO 9934-2	(2015-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Magnetpulverprüfung - Teil 2: Prüfmittel (ISO 9934-2:2015); Deutsche Fassung EN ISO 9934-2:2015
DIN EN ISO 9934-3	(2015-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Magnetpulverprüfung - Teil 3: Geräte (ISO 9934-3:2015); Deutsche Fassung EN ISO 9934-3:2015
DIN EN ISO 11970	(2016-08)	Anforderungen und Anerkennung von Schweißverfahren für das Produktionsschweißen von Stahlguss (ISO 11970:2016); Deutsche Fassung EN ISO 11970:2016
DIN EN ISO 13916	(1996-11)	Schweißen - Anleitung zur Messung der Vorwärm-, Zwischenlagen- und Haltetemperatur (ISO 13916:1996); Deutsche Fassung EN ISO 13916:1996
DIN EN ISO 13920	(1996-11)	Schweißen - Allgmeintoleranzen für Schweißkonstruktionen - Längen- und Winkelmaße; Form und Lage (ISO 13920:1996); Deutsche Fassung EN ISO 13920:1996
DIN EN ISO 14731	(2006-12)	Schweißaufsicht - Aufgaben und Verantwortung (ISO 14731:2006); Deutsche Fassung EN ISO 14731:2006
DIN EN ISO 14732	(2013-12)	Schweißpersonal - Prüfung von Bedienern und Einrichtern zum mechanischen und automatischen Schweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14732:2013); Deutsche Fassung EN ISO 14732:2013
DIN EN ISO 15607	(2004-03)	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe - Allgemeine Regeln (ISO 15607:2003); Deutsche Fassung EN ISO 15607:2003
DIN EN ISO 15613	(2004-09)	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe - Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen Arbeitsprüfung (ISO 15613:2004); Deutsche Fassung EN ISO 15613:2004

DIN EN ISO 15614-1	(2012-06)	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe - Schweißverfahrensprüfung - Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2004 + Amd 1:2008 + Amd 2:2012); Deutsche Fassung EN ISO 15614-1:2004 + A1:2008 + A2:2012
DIN EN ISO 16811	(2014-06)	Zerstörungsfreie Prüfung - Ultraschallprüfung - Empfindlichkeits- und Entfernungsjustierung (ISO 16811:2012); Deutsche Fassung EN ISO 16811:2014
DIN EN ISO 17636-1	(2013-05)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Durchstrahlungsprüfung - Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit Filmen (ISO 17636-1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 17636-1:2013
DIN EN ISO 17637	(2017-04)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Sichtprüfung von Schmelzschweißverbindungen (ISO 17637:2016); Deutsche Fassung EN ISO 17637:2016
DIN EN ISO 17663	(2009-10)	Schweißen - Qualitätsanforderungen zur Wärmebehandlung beim Schweißen und bei verwandten Prozessen (ISO 17663:2009); Deutsche Fassung EN ISO 17663:2009
DIN EN ISO 19232-1	(2013-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen - Teil 1: Ermittlung der Bildgütezahl mit Draht-Typ-Bildgüteprüfkörper (ISO 19232-1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 19232-1:2013
DIN ISO 2768-1	(1991-06)	Allgemeintoleranzen; Toleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne einzelne Toleranzeintragung; Identisch mit ISO 2768-1:1989
DIN ISO 2768-2	(1991-04)	Allgemeintoleranzen; Toleranzen für Form und Lage ohne einzelne Toleranzeintragung; Identisch mit ISO 2768-2:1989
AD 2000-Merkblatt HP 2/1	(2017-06)	Verfahrensprüfung für Fügeverfahren - Verfahrensprüfung für Schweißungen
SEW 088	(1993-10)	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle; Richtlinien für die Verarbeitung, besonders für das Schmelzschweißen (enthält Beiblatt 1 und Beiblatt 2)
SEW 550	(1976-08)	Stähle für größere Schmiedestücke; Gütevorschriften
VDI 2230 Blatt 1	(2015-11)	Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen - Zylindrische Einschraubenverbindungen
VdTÜV-Merkblatt 1153	(2012-10)	Richtlinie für die Eignungsprüfung von Schweißzusätzen
VdTÜV-Merkblatt 1253/4	(2017-01)	Liste der vom TÜV anerkannten Schrauben- und Mutterhersteller (-bearbeiter) mit Verzicht auf ein Abnahmeprüfzeugnis entsprechend DIN EN 10204
Zulassung Z-30.3-6	(2017-05)	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6 vom 12. Mai 2017 „Erzeugnisse, Bauteile und Verbindungsmittel aus nichtrostenden Stählen“ des Deutschen Instituts für Bautechnik für Erzeugnisse, Bauteile und Verbindungsmittel aus nichtrostenden Stählen, gültig bis zum 1. Mai 2022

Anhang G (informativ)

Änderungen gegenüber der Fassung 2002-06

Zur Anpassung an den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik wurde die Regel aktualisiert. Die Querverweise, Zitate und Begriffe wurden dem aktuellen Stand der Normen und Regelwerke angepasst. Zur Anpassung an den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik wurde die Regel insbesondere im Abschnitt 4 (ehemals Abschnitt 7) „Berechnung“ und im Anhang A „Werkstoffprüfblätter“ aktualisiert.

Zu „0 Grundlagen“

Der Grundlagenabschnitt wurde überarbeitet und an die neue KTA 3205.2 angepasst, die neuen Sicherheitsanforderung an Kernkraftwerke (SiAnf) und Interpretationen zu den SiAnf wurden aufgenommen.

Zu „1 Anwendungsbereich“

Die Eingrenzung des Anwendungsbereichs auf Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen für Primärkreis-komponenten in Leichtwasserreaktoren ist durch den Titel der Regel vorgegeben. In der DIN EN 1990 erfolgt eine Einstufung der Stützkonstruktionen hinsichtlich Schadensfolge (Schadensfolgeklasse), Beanspruchung (Beanspruchungskategorie) und Art der Herstellung (Herstellungskategorie). Je nach Einstufung wird eine Ausführungsklasse festgelegt, die z. B. über den Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen oder die Art der Schweißung entscheidet.

Abschnitt 1 Anwendungsbereich wurde an die neuen Formulierungen der KTA 3205.2 angepasst. Tabelle 1-1 Stahlbauklassifizierung der Komponentenstützkonstruktionen wurde an die entsprechende Tabelle in KTA 3205.2 angepasst. Tabelle 1-2 Lastfallkategorien mit zugehörigen Auslegungskriterien wurde aus KTA 3205.2 übernommen.

Zu „2 Begriffe“

Der Abschnitt 2 „Begriffe“ wurde überarbeitet.

Zu „3 Spezifikationen, Auslegungsdatenblatt, Unterlagen, Dokumentation, Vorprüfung und Prüfung“

Der Abschnitt wurde unter Berücksichtigung der Festlegungen der neuen KTA 2201.1 Fassung 2011-11, der neuen Stahlbaunormen und der neuen KTA 3205.2 (Fassung 2015-11) aktualisiert.

Zu „4 Berechnung“

Der alte Abschnitt 7 „Berechnung“ der KTA 3205.1 (Fassung 2002-06) wurde zum neuen Abschnitt 4. Die Unterabschnitte in Abschnitt 4 wurden in Anlehnung an KTA 3205.2 (Fassung 2015-11) fachlich neu sortiert (allgemeine Festlegung, Verfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten, Verfahren mit zulässigen Spannungen). Die Tabellen in Abschnitt 4 wurden mit der neuen KTA 3205.2 abgeglichen und Werte auf den Anwendungsbereich der KTA 3205.1 angepasst.

Zu „5 Konstruktion“

Der alte Abschnitt 8 Konstruktion wurde zum neuen Abschnitt 5 und an die neuen Formulierungen in der KTA 3205.2 angepasst.

Zu „6 Werkstoffe und Erzeugnisformen“

Abschnitt 6 wurde an die Regelungen der EN 1090 in Anlehnung an KTA 3205.2 Fassung 2015-11 unter Berücksichtigung der Belange des Primärkreises angepasst.

Zu „7 Herstellung“

Der alte Abschnitt 9 Herstellung wurde zum neuen Abschnitt 7. Dieser Abschnitt wurde an die Regelungen der DIN EN 1090-1 und DIN EN 1090-2 (z. B. Bewertungsgruppe der Schweißnahtunregelmäßigkeiten) in Anlehnung an KTA 3205.2 Fassung 2015-11 unter Berücksichtigung der Belange des Primärkreises angepasst.

Zu „8 Wiederkehrende Prüfungen“

Abschnitt 8 wurde aus altem Abschnitt 11 übernommen und an KTA 3205.2 angepasst.

Zu „Anhang A Werkstoffprüfblätter (WPB)“

Alle Werkstoffprüfblätter wurden an die aktuellen Normen angepasst.

Zu „Anhang B Zerstörungsfreie Prüfungen“

Der Anhang B „Zerstörungsfreie Prüfungen“ wurde unter Berücksichtigung des aktuellen Stands der Normen umfassend überarbeitet, um eine einheitliche Regelung zur Durchführung und Bewertung der Prüfungen sicherzustellen. Dabei wurde auf die Verwendung gleichlautender Begriffe geachtet.

Zu alten „Anhang C Stabilitätsnachweis für austenitische Stähle bei höheren Temperaturen“

Ist entfallen, da sich dieser auf Knickberechnungen aus der entfallenen Norm DIN 18800 bezog. Neukonstruktionen und auf Druck beanspruchte Konstruktionen werden in der neuen DIN EN 1993 behandelt.

Zu „Anhang C Formelzeichen“

Damit die Verweise in der neuen KTA 3205.2 (Fassung 2015-11) auf Anhang E der neuen KTA 3205.1 aufgrund der Streichung des alten „Anhang C Stabilitätsnachweis für austenitische Stähle bei höheren Temperaturen“ nicht ins Leere führen, wurde ein neuer „Anhang C Formelzeichen“ eingeführt, somit bleiben die nachfolgenden Anhänge in ihrer Nomenklatur erhalten.

Zu „Anhang D Rohrausschlagsicherungen“

Rohrausschlagsicherungen wurden bisher mit einer geringen zulässigen plastischen Verformung ausgelegt, begründet durch die Kurzzeitigkeit des dynamischen Lastpeaks. Die maximal zulässigen Spannungen für die verschiedenen Spannungsarten waren unterschiedlich festgelegt. DIN EN 1993 sieht eine derartige Vorgehensweise nicht vor. Aus diesem Grunde bleibt das Verfahren im Anhang D (Basis ist σ_{zul} -Verfahren) als vorrangige Auslegungsgrundlage unverändert erhalten.

Zu „Anhang E Bemessungsannahmen“

Wurde aus dem alten Anhang E übernommen und um Definitionen und Erläuterungen aus der DIN 18800 (1981-03), die für Berechnungen nach Abschnitt 4.3 notwendig sind, ergänzt.

Zu „Anhang F Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird“

Es wurde auf die neuen SiAnf und Interpretationen Bezug genommen und die Bestimmungen wurden aktualisiert.