

Inhaltsverzeichnis

3. Stahlbau

3.1.	Einführung	15
3.2.	Allgemeine Grundsätze über Schweißkonstruktionen im Stahlbau	15
3.2.1.	Übersichten zum konstruktiven Entwicklungsprozeß für Schweißkonstruktionen im Stahlbau	17
3.2.1.1.	Maßgebliche Entscheidungen im konstruktiven Entwicklungsprozeß ..	17
3.2.1.2.	Einsatzgebiete und Beanspruchung von geschweißten Konstruktionen im Stahlbau	20
3.2.1.3.	Stahlgütewahl	22
3.2.1.4.	Wahl der Schweißverfahren	23
3.2.1.5.	Wahl der Ausführungsklassen	24
3.2.2.	Grundsätze der Gestaltung von Schweißkonstruktionen im Stahlbau	26
3.2.2.1.	Übersichten	26
3.2.2.1.1.	Thesen zu allgemeinen Grundsätzen der Gestaltung	26
3.2.2.1.2.	Übersicht der Bauweisen im Stahlbau	29
3.2.2.1.3.	Bewertung von geschweißten Konstruktionsformen	29
3.2.2.2.	Fachwerkbauweise	31
3.2.2.2.1.	Übersichten; Systemarten	31
3.2.2.2.2.	Querschnittsformen von Fachwerkstäben	33
3.2.2.2.3.	Gestaltung von geschweißten Fachwerkknotenpunkten	43
3.2.2.3.	Vollwandbauweise	53
3.2.2.3.1.	Übersichten; Systemarten	53
3.2.2.3.2.	Querschnittsformen von geschweißten Vollwandträgern und Kästen ..	59
3.2.2.3.3.	Aussteifungen bei geschweißten Vollwandkonstruktionen	63
3.2.2.3.4.	Gestaltung von geschweißten Biegeträgern	69
3.2.2.3.5.	Gestaltung von geschweißten Rahmenecken	73
3.2.2.3.6.	Gestaltung von geschweißten Trägeranschlüssen	77
3.2.2.3.7.	Gestaltung von geschweißten Stützen	81
3.2.2.3.8.	Gestaltung von geschweißten Platten und Schalen mit Aussteifungen .	81
3.2.3.	Übersichten zur Fertigung und Gütesicherung von Schweißkonstruktionen im Stahlbau	83
3.2.3.1.	Kurzübersicht der eingesetzten Schweiß- und Trennverfahren	83
3.2.3.2.	Kurzübersicht der Schweißfertigung von Stahlbaukonstruktionen	84
3.2.3.2.1.	Einführung	84
3.2.3.2.2.	Werkstattfertigung	84
3.2.3.2.3.	Fertigung von Kleinteilen	85
3.2.3.2.4.	Fertigung von geschweißten Vollwandträgern	86
3.2.3.2.5.	Fertigung von geschweißten Fachwerken	92
3.2.3.2.6.	Schweißen von Baugruppen in der Stahlbauwerkstatt	92
3.2.3.2.7.	Baustellen-Außenmontage	94
3.2.3.2.8.	Grundlagen der Ausführung von Schweißverbindungen in Stahltragwerken (nach TGL 13 510/04)	98
3.2.3.3.	Maßhaltigkeit und Toleranzen geschweißter Stahlbaukonstruktionen .	102
3.2.3.3.1.	Einführung	102

3.2.3.3.2.	Grenzabweichungen für Maße ohne Toleranzangabe, zulässige Form- und Lageabweichung.....	102
3.2.3.3.3.	Ergänzende Empfehlungen für zulässige Formabweichungen.....	105
3.3.	Geschweißte Baugruppen von ausgeführten Erzeugnissen im Stahlbau.....	109
3.3.1.	Stahlhochbauten.....	109
3.3.1.1.	Grundsätzliches.....	109
3.3.1.2.	Hallen.....	118
3.3.1.3.	Industriegebäude.....	143
3.3.1.4.	Büro- und Verwaltungsgebäude.....	153
3.3.1.5.	Kranbahnen.....	157
3.3.1.6.	Band- und Rohrbrücken.....	166
3.3.1.7.	Maste und Türme.....	172
3.3.1.8.	Kesselgerüste.....	174
3.3.2.	Stahlbrückenbau.....	178
3.3.2.1.	Grundsätzliches.....	178
3.3.2.2.	Fahrbahnkonstruktionen.....	182
3.3.2.2.1.	Straßenbrücken.....	182
3.3.2.2.1.1.	Fahrbahnbeläge.....	182
3.3.2.2.1.2.	Fahrbahnträger.....	183
3.3.2.2.1.3.	Stahlfahrbahnplatte.....	187
3.3.2.2.1.4.	Gleiskonstruktionen.....	193
3.3.2.2.1.5.	Fahrbahnübergänge.....	195
3.3.2.2.2.	Eisenbahnbrücken.....	196
3.3.2.3.	Haupttragwerke Brücken.....	205
3.3.2.3.1.	Straßenbrücken als Vollwandbalkenbrücken.....	205
3.3.2.3.2.	Eisenbahnbrücken als Vollwandbalkenbrücken.....	239
3.3.2.3.3.	Fachwerkbalkenbrücken.....	243
3.3.2.3.4.	Bogenbrücken.....	253
3.3.2.3.5.	Rahmenbrücken.....	262
3.3.3.	Stahlwasserbauten.....	262
3.3.3.0.	Einführung.....	262
3.3.3.1.	Gestaltungsgrundsätze.....	264
3.3.3.1.1.	Allgemeines.....	264
3.3.3.1.2.	Steifigkeit der Verschlußkörper.....	264
3.3.3.1.3.	Hydrodynamisch günstige Gestaltung.....	266
3.3.3.1.4.	Konstruktionsdetails.....	267
3.3.3.1.5.	Typisierung.....	268
3.3.3.2.	Geschweißte Baugruppen des Stahlwasserbaus.....	268
3.3.3.2.1.	Wehrverschlüsse.....	268
3.3.3.2.1.1.	Schützen.....	268
3.3.3.2.1.2.	Klappen.....	270
3.3.3.2.1.3.	Segmente.....	273
3.3.3.2.2.	Schleusenverschlüsse.....	275
3.3.3.2.2.1.	Stemmtore.....	275
3.3.3.2.2.2.	Klapptore.....	276
3.3.3.2.2.3.	Hubtore.....	277
3.3.3.2.3.	Talsperrenverschlüsse und Stahlwasserbaukonstruktionen an Wasserkraftanlagen ..	278
3.3.3.2.3.1.	Tiefschütze.....	278
3.3.3.2.3.2.	Armierungen und Panzerungen.....	279
3.3.3.2.4.	Sonstige Stahlwasserbaukonstruktionen.....	282
3.3.3.2.4.1.	Notverschlüsse.....	282
3.3.3.2.4.2.	Lagerelemente.....	283

3.3.4. Förderanlagenbau	284
3.3.4.1. Grundsätzliches	284
3.3.4.2. Konstruktionsbeispiele	286
3.4. Berechnungsgrundlagen für geschweißte Baugruppen im Stahlbau	290
3.4.1. Übersicht	290
3.4.1.1. Gliederung der Berechnungsgrundlagen	290
3.4.1.2. Belastung von Tragwerken	292
3.4.1.3. Nachweise	294
3.4.2. Nennspannungen bei Schweißverbindungen	294
3.4.2.1. Schweißnahtdicke	295
3.4.2.2. Schweißnahtlänge	295
3.4.2.3. Schweißnahtquerschnitte	297
3.4.2.3.1. Flächen- und Flächenmomente	297
3.4.2.3.2. Statisches Moment	298
3.4.2.3.3. Trägheits- und Widerstandsmoment	299
3.4.2.4. Ermittlung der Einzelnennspannungen	300
3.4.3. Statischer Spannungsnachweis einschließlich dazugehöriger zulässiger Spannungen	301
3.4.4. Ermüdungsfestigkeitsnachweis einschließlich dazugehöriger zulässiger Spannungen	305
3.4.4.1. Geltende Vorschrift	305
3.4.4.2. Vorschlag eines Betriebsfestigkeitsnachweises	311
3.4.5. Zusätzliche Regeln zur Berechnung	331
3.4.5.1. Grundsätzliche Regeln für alle Bauteile	331
3.4.5.2. Zusätzliche Regeln für geschweißte Bauteile	336
3.4.6. Ergänzende maßgebliche Berechnungsgrundlagen für einzelne Tragwerksarten	341
3.4.6.1. Stahlleicht- und Stahlrohrtragwerke	341
3.4.6.2. Stahlbrücken	354
3.4.6.2.1. Lastannahmen	354
3.4.6.2.2. Zulässige Spannungen	362
3.4.6.2.3. Ausführungsklassen	362
3.4.6.2.4. Zusammenwirken verschiedener Nahtarten	362
3.4.6.2.5. Anschluß von Verbunddübeln	363
3.4.6.2.6. Stabilitätsnachweis für Gurte von Kastenträgern und Stegbleche	365
3.4.6.2.7. Ermittlung voll mitwirkender Querschnitte bei auf Querkraftbiegung beanspruchten Trägern mit breiten Gurten	372
3.4.6.2.8. Vorschlag für Betriebsfestigkeitsnachweis	378
3.4.6.3. Stahlwasserbau	382
3.4.6.4. Stahltragwerke der Fördertechnik	385
3.4.6.4.1. Bemessung auf Ermüdungsfestigkeit	385
3.4.6.4.2. Schienenträger für rollende Lasten	389
3.4.6.4.3. Stahltragwerke für Hebezeuge	393
3.4.6.4.4. Stahltragwerke für Tagebaugroßgeräte	395
3.4.7. Berechnungsbeispiele	397
 4. Apparate-, Dampfkessel- und Rohrleitungsbau (Dampf- und Drucktechnik)	
4.1. Einführung	422
4.1.1. Übersicht des Fachgebiets	422
4.1.2. Aufgabenstellung und Betriebssicherheit	423
4.1.3. Volkswirtschaftlich optimale Lösung	424
4.1.4. Bearbeitungsablauf und -stufen	424
4.1.5. Standard- und Vorschriftenwerk des Fachgebiets	426
4.1.5.1. Werkstoff- und Bauvorschriften für Anlagen der Dampf- und Druck- technik des Staatlichen Amtes für Technische Überwachung der DDR	426

4.1.5.2.	Arbeitsschutz- (ASAO) und Arbeitsschutz- und Brandschutzanordnungen (ABAO)	427
4.1.5.3.	Standardwerk der DDR	427
4.1.5.4.	Richtlinienkatalog Festigkeitsberechnung (RKF)	431
4.1.5.5.	Konstruktionskatalog BKS	432
4.2.	Grundsätze der Gestaltung und Herstellung	433
4.2.1.	Anforderungen und Leitsätze zur Gestaltung	433
4.2.2.	Bauweisen	436
4.2.2.1.	Apparatebau	436
4.2.2.2.	Dampferzeugerbau	439
4.2.2.3.	Rohrleitungsbau	440
4.2.3.	Grundformen der Bauteile und Bauelemente	441
4.2.4.	Beispiele zur Funktion und Gestaltung der Bauelemente	443
4.2.4.1.	Tragfähigkeit und Gestaltung der Wandung	443
4.2.4.2.	Korrosionsbeständigkeit durch Plattierung oder Auskleidung	444
4.2.4.3.	Heizflächen an Behältern	444
4.2.5.	Ausführung der Schweißverbindungen	445
4.3.	Geschweißte Bauelemente – Gestaltung und Berechnung	448
4.3.1.	Zylindrische, kuglige und kegelförmige Wandung	451
4.3.1.1.	Spannungsverteilung und Grenzabstand der Tragfähigkeit zylindrischer Wandungen	453
4.3.1.2.	Zylindrische Wandung	455
4.3.1.3.	Kugelförmige Wandung	455
4.3.1.4.	Kegelförmige Wandung	456
4.3.1.5.	Wärmespannung in zylindrischer Wandung	456
4.3.2.	Wandung und gewölbter Boden	457
4.3.2.1.	Spannungsverlauf am Boden und Übergang	457
4.3.2.2.	Verformungen und Spannungen in biegesteifen Schalen	459
4.3.2.3.	Berechnung der Bodendicke	463
4.3.2.4.	Gestaltung der Boden- und Eckanschlüsse	464
4.3.2.5.	Bedingungen zur Ausführung der Schweißverbindung	465
4.3.3.	Platten und Rohrböden	465
4.3.3.1.	Spannungen und Tragfähigkeit	465
4.3.3.2.	Berechnung frei tragender Platten und Rohrböden	468
4.3.3.3.	Berechnung gestützter Rohrböden	470
4.3.3.4.	Wärmespannungen in Platten und Plattierungen	471
4.3.3.5.	Anschluß ebener Platten und Rohrböden	472
4.3.4.	Rohrböden – Rohrverbindungen	474
4.3.4.1.	Gestaltung und Nahtform	474
4.3.4.2.	Berechnung der Rohrverbindung an Platten und Rohrböden	477
4.3.5.	Ausschnitte und Stützen	477
4.3.5.1.	Spannungsverteilung und Tragfähigkeit	477
4.3.5.2.	Gestaltung der Fugeformen	479
4.3.5.3.	Berechnungen von Ausschnitten und Ausschnittverstärkungen	484
4.3.5.4.	Gestaltung von Sonderformen	487
4.3.5.5.	Plattierte Stützen	489
4.3.6.	Geschweißte Flansche	490
4.3.6.1.	Spannungsverteilung am Flansch	491
4.3.6.2.	Berechnung geschweißter Flansche	491
4.3.6.3.	Gestaltung geschweißter Flansche	494
4.3.6.4.	Plattierte Flansche und Gestaltung für NE-Metalle	497

4.3.7. Wandverstärkungen, Tragstützen und -ösen	500
4.3.7.1. Wandverstärkungen und Blockflansche	500
4.3.7.2. Tragstützen und Standringe	501
4.3.8. Rohrleitungen	503
4.3.8.1. Festigkeitsberechnung von Rohrleitungen aus Stahl	503
4.3.8.1.1. Übersicht	503
4.3.8.1.2. Allgemeine Berechnungsgrundlagen	505
4.3.8.1.3. Berechnung von Rohren gegen Innendruck	510
4.3.8.1.4. Berechnung von Rohren mit Formabweichungen	511
4.3.8.1.5. Berechnung von Rohrleitungsbauteilen	513
4.3.8.1.6. Berechnung von Rohren gegen äußeren Überdruck	518
4.3.8.1.7. Berechnung von Stützweiten bei Rohrleitungen	521
4.3.8.1.8. Berechnung von Rohrleitungssystemen (Rohrstatik)	522
4.3.8.1.9. Berechnung des vereinfachten Festigkeitsnachweises	523
4.3.8.1.10. Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen	523
4.3.8.2. Rohrleitungen als Bestandteil von Dampfkesseln und Druckgefäßen ..	525
4.3.8.3. Kraftwerksrohrleitungen	525
4.3.8.4. Gasrohrleitungen	525
4.3.8.5. Rohrleitungen der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA)	525
4.4. Ausgeführte Erzeugnisse und Baugruppen	526
4.4.1. Apparatebau	526
4.4.1.1. Druckgefäße	526
4.4.1.2. Behälter	529
4.4.1.3. Wärmeübertrager	550
4.4.1.4. Sondernaht – Beispiele	552
4.4.2. Dampferzeugerbau	554
4.4.2.1. Kesselberohrung	554
4.4.2.2. Kesselrohrhalterungen	556
4.4.2.3. Membranrohrwände, Flossenrohre	557
4.4.2.4. Gabelrohre	558
4.4.2.5. Sammler und Sammelböden	560
4.4.2.6. Kesselstützen	562
4.4.2.7. Kesseltrommeln	565
4.4.2.8. Besondere Bauformen	567
4.4.3. Rohrleitungsbau	567
4.4.3.1. Rohre	567
4.4.3.2. Stumpfnah mit unterschiedlichen Wanddicken	570
4.4.3.3. Rohranschlüsse und -abgänge	570
4.4.3.4. Aushalsen	574
4.4.3.5. Aufbördeln	575
4.4.3.6. Rohreinziehungen	575
4.4.3.7. Rohrleitungslager	576
4.4.3.8. Großrohrgabelungen	577
4.4.3.9. Segmentrohrbogen	578
4.4.3.10. Dehnungsausgleicher	579
4.4.3.11. Durchörterungen	580
4.4.3.12. Düker	581
4.4.4. Kerntechnischer Apparatebau	582
4.4.4.1. Einleitung	582
4.4.4.2. Anforderungen an Konstruktion, Werkstoff und Herstellung	583
4.4.4.2.1. Betriebsweise und Anlageteile von Kernenergieanlagen	583
4.4.4.2.1.1. Reaktortypen	583
4.4.4.2.1.2. Arten der Reaktorkreisläufe	583

4.4.4.2.1.3.	Anlagegruppen der Kernenergieanlagen	585
4.4.4.2.1.4.	Bedingungen der verschiedenen Anlagegruppen	585
4.4.4.2.2.	Konstruktionsbedingungen und Betriebssicherheit	585
4.4.4.2.2.1.	Technische Aufgabenstellung	585
4.4.4.2.2.2.	Aufwand für Konstruktion und Berechnung	585
4.4.4.2.2.3.	Gütesicherung, Betriebssicherheit und Reparaturprogramm	585
4.4.4.2.3.	Anforderungen an die Werkstoffe	586
4.4.4.2.4.	Herstellung, Montage und Abnahme	586
4.4.4.2.4.1.	Fertigungstoleranzen	586
4.4.4.2.4.2.	Sauberkeit	586
4.4.4.2.4.3.	Prüfungen	587
4.4.4.2.4.4.	Abnahme	587
4.4.4.3.	Werkstoffe und Schweißmetallurgie	587
4.4.4.3.1.	Werkstoffauswahl in Abhängigkeit von den Betriebsverhältnissen	587
4.4.4.3.1.1.	Korrosion	588
4.4.4.3.1.2.	Strahlenschädigung	590
4.4.4.3.1.3.	Spezielle Forderungen an die chemische Zusammensetzung	591
4.4.4.3.2.	Schweißmetallurgie	591
4.4.4.3.2.1.	Schweißen von niedriglegierten Kesselwerkstoffen	592
4.4.4.3.2.2.	Schweißen austenitischer Stähle	592
4.4.4.3.2.3.	Auftragschweißen korrosionsbeständiger Schichten auf un- oder niedrig- legierte Kesselstähle	594
4.4.4.3.2.4.	Schweißen dickwandiger plattierter Stähle	595
4.4.4.3.2.5.	Schweißverbindungen zwischen austenitischen und ferritischen Stählen	596
4.4.4.3.2.5.1.	Technologie und Herstellung (Schweißverfahren, Zusatzwerkstoffe) ...	596
4.4.4.3.2.5.2.	Unterschiedliche Koeffizienten für Wärmeausdehnung und Wärme- leitung	597
4.4.4.3.2.5.3.	Kohlenstoffdiffusion in der Übergangszone	597
4.4.4.3.2.5.4.	Unterschiedliches Korrosionsverhalten der verbundenen Stähle bzw. des Schweißguts	597
4.4.4.3.2.5.5.	Schlußfolgerung	598
4.4.4.4.	Bauelemente und Berechnungsgrundsätze	598
4.4.4.4.1.	Druckgefäße	599
4.4.4.4.1.1.	Zylindrischer Mantel und gewölbter Boden	599
4.4.4.4.1.2.	Ausschnitte in zylindrischen Mänteln und gewölbten Böden	599
4.4.4.4.2.	Rohrverbindungen und Rohrböden	600
4.4.4.4.2.1.	Gesichtspunkte für die Ausführung von Rohrböden und Sammlern ..	601
4.4.4.4.2.2.	Walz-Schweißverbindung	602
4.4.4.4.2.3.	Stumpfschweißverbindung zwischen Rohrboden und Rohren	603
4.4.4.4.3.	Austenit-Ferrit-Verbindung	603
4.4.4.4.3.1.	Spannungsverteilung an der Verbindungsstelle	603
4.4.4.4.4.	Plattierungen	605
4.4.4.4.4.1.	Walzplattierte Bleche	605
4.4.4.4.4.2.	Auftraggeschweißte Bauteile	605
4.4.4.4.5.	Stützen	605
4.4.4.5.	Konstruktion und Ausführung	605
4.4.4.5.1.	Reaktordruckgefäß	605
4.4.4.5.2.	Dampferzeuger	607
4.4.4.5.3.	Rohrleitungen	612
4.5.	Berechnungsbeispiele	614
4.5.1.	Heizwasserfernleitung NW 500	615
4.5.2.	Druckwasserleitung NW 200	616
4.5.3.	Kesselrohre für Überhitzerbauteile	618

4.5.4. Druckluft-Sammelrohre NW 150 (Stutzenanschluß)	620
4.5.5. Sammelrohr mit Anschlußstutzen zu enger Teilung	623
4.5.6. Geschweißte Kesseltrommel	624
4.5.7. Wirtschaftlich gestalteter Trommelstutzenanschluß	626
4.5.8. Kegliges Behälterdeckel	627
4.5.9. Fehlerhafte Ausführung einer geschweißten Haltezwinge (seitlicher Rohrverschluß)	628
4.5.10. Zeitsicherheit und Dehnungsreserven bei geschweißten Kesselbauteilen	631
4.6. Entwicklung der Festigkeitsberechnungen	637
4.6.1. Richtlinienkatalog Festigkeitsberechnungen	637
4.6.1.1. Charakteristik	637
4.6.1.2. Festigkeitsnachweise	639
4.6.1.3. Flanschverbindungen	641
4.6.1.4. Schalen mit lokalen Lasten	642
4.6.1.5. Tragelemente	642
4.6.1.6. Optimale Behälter auf Sattellagern	642
4.6.1.7. Doppelmantelapparate	643
4.6.2. Rechenprogramme	645
4.6.2.1. Erzeugnisorientierte Programme	645
4.6.2.2. Problemorientierte Programme	645
Literaturverzeichnis	648
Sachwörterverzeichnis	662