

Hartmut Pasternak, Hans-Ullrich Hoch, Dieter Füg

Stahltragwerke im Industriebau

Inhalt

	Vorwort	7			
1	Entwicklung der Eisen- und Stahlbauweise	8			
1.1	Eisen- und Stahlbauweise – ein historischer Abriss	8	2.4.3	Anpassung an den Verlauf der Biegemomente oder lokale Verstärkungen	43
1.2	Geschichtliche Entwicklung der Stahlbaunormung	12		Beispiel B 2.2: Durchlaufträger	44
1.3	Tragwerkselemente in der historischen Entwicklung	13	2.4.4	Verformungen infolge von Querkraften	45
1.3.1	Gewalzte und genietete Träger	13		Beispiel B 2.3: Frei aufgelagerter Einfeldträger mit Einzellast in der Mitte	45
1.3.2	Stützen	13	2.4.5	Geschweißte Träger	45
1.4	Verbindungsmittel in der historischen Entwicklung	14	2.4.6	Geschraubte oder genietete Träger	46
1.4.1	Nietverbindungen	14	2.4.7	Konstruktion	46
1.4.2	Bolzen- und Schraubenverbindungen	14		Beispiel B 2.4: Bemessung von Lasteinleitungsrippen	48
1.4.3	Schweißen	15	2.4.8	Waben- und Lochstegträger	49
1.5	Entwicklungen in der Industriebauweise	15	2.5	Stützen	50
1.6	Literatur	19	2.5.1	Einteilige Stützen aus Walzprofilen	50
			2.5.2	Einteilige Stützen aus Schweißprofilen	55
2	Bauteile des Stahlhochbaus	20	2.5.3	Mehrteilige Stützenquerschnitte	56
2.1	Bemessungsgrundlagen	20	2.6	Fachwerkträger	56
2.1.1	Grenzzustände	20	2.6.1	Allgemeines	56
2.1.2	Modellbildung für den rechnerischen Nachweis	21	2.6.2	Fachwerkformen	56
2.1.3	Semiprobabilistisches Sicherheitskonzept	21	2.6.3	Fachwerksysteme – Anordnung der Füllstäbe	57
2.1.4	Einwirkungen und deren Kombinationen	22	2.6.4	Wahl der Querschnittsformen und Knotenpunktausbildung	57
2.1.5	Widerstand und Beanspruchbarkeit	23	2.6.5	Berechnung	60
2.2	Flächenartige Stahlbauteile	23	2.6.6	Konstruktion	60
2.2.1	Allgemeines, Bedeutung	23	2.7	Stahlverbundbauweise	62
2.2.2	Herstellung und Korrosionsschutz	23	2.7.1	Einführung	62
2.2.3	Formen und Abmessungen	24	2.7.2	Tragwerkselemente im Stahlverbundbau	64
2.2.4	Bemessung für den Fall von senkrecht zur Blechebene einwirkenden Lasten	24	2.7.2.1	Stahlverbundträger	64
2.2.5	Verbindungstechnik	25	2.7.2.2	Verbundstützen	64
2.2.6	Einsatz beim Bau von Dächern	30	2.7.2.3	Verbunddecken	64
2.2.7	Einsatz beim Bau von Wänden	33	2.7.3	Flachdeckensysteme	65
2.2.8	Hinweis auf Zubehör	35	2.7.3.1	Grundsätze	65
2.2.9	Beispiel B 2.1: Lichtkuppelauswechslung	35	2.7.3.2	Additivdecken	66
2.3	Pfetten und Wandriegel	37	2.7.3.3	Stahlflachdecke mit tiefen Trapezprofilblechen	66
2.3.1	Allgemeines	37	2.7.4	Berechnungsgrundlagen für Verbundträger	66
2.3.2	Querschnitte für Pfetten	38	2.7.4.1	Grundsätzliches zur Nachweisführung	66
2.3.3	Einteilung nach statischen Systemen	38	2.7.4.2	Elastische Biegemomententragfähigkeit	67
2.3.4	Pfetten für geneigte Dächer – Problem des Dachschubes	40	2.7.4.3	Plastische Biegemomententragfähigkeit	68
2.3.5	Befestigung der Pfetten auf der Unterkonstruktion	41	2.7.4.4	Verbundmittel, Verbundsicherung	69
2.4	Vollwandträger	43	2.7.4.5	Querkrafttragfähigkeit, Interaktion Biegung/Querkraft	70
2.4.1	Allgemeines	43	2.7.4.6	Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	71
2.4.2	Gewalzte Biegeträger	43	2.7.5	Beispiel B 2.5: Nachweis eines Stahlverbundträgers nach DIN 18800 Teil 5 [2.57]	71
			2.7.5.1	Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit	71

2.7.5.2	Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	73	4.2.4	Statische Systeme und Schnittkräfte	119
2.8	Literatur	75	4.3	Nachweise der Tragsicherheit	120
3	Hallen und Überdachungen	78	4.3.1	Allgemeines	120
3.1	Rahmen	78	4.3.2	Allgemeiner Spannungsnachweis	120
3.1.1	Einfeldrige Rahmensysteme	78	4.3.3	Stabilitätsnachweise	122
3.1.2	Mehrfeldrige Rahmensysteme	78	4.3.3.1	Biegedrillknicken	122
3.1.3	Temperaturzwang	78	4.3.3.2	Beulsicherheitsnachweise	122
3.1.4	Rahmenkonstruktionen	80	4.3.4	Betriebsfestigkeitsnachweis	122
3.1.4.1	Anpassung der Querschnitte an die auftretenden Schnittgrößen	80	4.4	Gebrauchstauglichkeitsnachweise	123
3.1.4.2	Ausbildung von Rahmenecken	81	4.5	Konstruktive Grundlagen	123
3.1.5	Beispiele	85	4.5.1	Kranbahnträgerquerschnitte	123
3.1.5.1	Beispiel B 3.1: Geschraubte Rahmenecke mit Zuglasche	85	4.5.2	Horizontalverband	124
3.1.5.2	Beispiel B 3.2: Geschweißte Rahmenecke mit Voute	88	4.5.3	Kranschienen	124
3.1.5.3	Beispiel B 3.3: Firststoß	90	4.5.4	Kranbahnträgerauflager	125
3.2	Eingeschossige Bauwerke	90	4.5.5	Längsstabilisierung	126
3.2.1	Aussteifungen – Möglichkeiten und Beispiele	90	4.6	Freikranbahnen	127
3.2.2	Ausgeführte Beispiele	91	4.7	Beispiel B 4.1: Kranbahn	128
3.2.3	Berechnung	93	4.7.1	Aufgabenstellung	128
3.2.4	Trapezprofile zur Verhinderung des Biegedrillknickens	95	4.7.2	Schnittkräfte (siehe Kapitel 4.2.4)	129
3.2.4.1	Behinderung der seitlichen Verschiebung	95	4.7.2.1	Grundsätzliches	129
3.2.4.2	Beispiel B 3.4: Behinderung der seitlichen Verschiebung		4.7.2.2	Maximale Feldmomente M_F (charakteristische Werte)	130
3.2.4.3	Behinderung der Verdrehung durch ausreichende Drehbettung	97	4.7.2.3	Maximale Stützmomente M_{St}	130
3.2.4.4	Beispiel B 3.5: Ermittlung der Drehbettung	99	4.7.2.4	Maximale Querkraft an der Mittelstütze	130
3.2.5	Bemessung eines Trapezprofils als Schubfeld	99	4.7.2.5	Auflagerkräfte	131
3.2.5.1	Grundlegendes	99	4.7.3	Nachweis des Kranbahnträgers	131
3.2.5.2	Beispiel B 3.6: Schubfeld	101	4.7.3.1	Querschnittswerte	131
3.3	Ausgeführte Beispiele weit gespannter Hallenbauten	102	2	Nachweis der Formänderungen (Gebrauchstauglichkeit)	132
3.3.1	Halle für Papierlager	102	4.7.3.3	Allgemeiner Spannungsnachweis (vgl. Kapitel 4.3.2)	132
3.3.2	Halle für ein Hochregallager	104	4.7.3.4	Biegedrillknicknachweis (vgl. Kapitel 4.3.3.1)	133
3.3.3	Schiffswerfthalle	107	4.7.3.5	Beulsicherheitsnachweis für das Stegblech unter der Radlast (siehe Kapitel 4.3.3.2)	134
3.3.4	Überdachung einer Sondermülldeponie	108	4.7.3.6	Statischer Nachweis der Kehlnähte zur Schienenbefestigung	135
3.3.5	Cargolifter-Werfthalle	109	4.7.3.7	Betriebsfestigkeitsnachweise (vgl. Kapitel 4.3.4)	136
3.4	Literatur	113	4.8	Literatur	138
4	Kranbahnen	114	5	Mehrgeschossige Bauwerke	140
4.1	Einleitung, Begriffe, Bauarten	114	5.1	Überblick	140
4.2	Berechnungsgrundlagen	116	5.2	Stabilisierung	142
4.2.1	Normensituation	116	5.2.1	Stabstabilisierung	142
4.2.2	Einwirkungen auf Kranbahnträger nach DIN 4132	116	5.2.2	Scheibenstabilisierung	142
4.2.2.1	Einstufung der Krananlage	116	5.2.3	Kernstabilisierung	143
4.2.2.2	Vertikale Einwirkungen (Lasten)	117	5.3	Konstruktive Gestaltung	144
4.2.2.3	Veränderliche Einwirkungen (Lasten) quer zur Fahrbahn	117	5.3.1	Allgemeines	144
4.2.2.4	Veränderliche Einwirkungen (Lasten) in Richtung der Fahrbahn	119	5.3.2	Profilgestaltung	144
4.2.2.5	Sonstige veränderliche Einwirkungen [DIN 15018, Kapitel 4.2]	119	5.3.3	Verbindungen zwischen horizontalen Elementen untereinander (Hauptträger – Nebenträger) und zwischen Horizontal- und Vertikalelementen (Stützen – Riegel)	145
4.2.2.6	Außergewöhnliche Einwirkungen	119	5.3.3.1	Beispiel B 5.1: Nachweis eines Trägeranschlusses	146
4.2.3	Einwirkungskombinationen (EK)	119	5.3.3.2	Beispiel B 5.2: Nachweis eines biegesteifen Trägerstoßes	146
			5.3.3.3	Beispiel B 5.3: Nachweis einer Rahmenecke mit Stirnplatte	147
			5.3.4	Stützen	149

5.3.4.1	Allgemein	149	6.2.3	Bandbrücken	210
5.3.4.2	Stützenfußausbildung	150	6.3	Lastannahmen	210
5.3.4.3	Beispiel B 5.4: Berechnung eines gelenkig angenommenen Stützenfußes	152	6.3.1	Besonderheiten für Lastannahmen bei Rohrleitungsbrücken	210
5.3.4.4	Beispiel B 5.5: Stützeinspannung im Köcherfundament	155	6.3.1.1	Technologische Lasten	210
5.3.4.5	Beispiel B 5.6: Fußsinspannung mithilfe von Ankerschrauben	156	6.3.1.2	Windlasten	213
5.3.5	Vertikalverbände	157	6.3.2	Besonderheiten für Lastannahmen bei Bandbrücken	213
5.3.6	Decken	157	6.3.2.1	Technologische Lasten	213
5.3.6.1	Deckenbeläge	157	6.3.2.2	Windlasten	213
5.3.6.2	Deckenkonstruktion	159	6.4	Schnittkräfte / Bemessung	213
5.3.7	Dächer / Pfetten / Riegel	159	6.4.1	Allgemeine Grundsätze	213
5.4	Allgemeine Berechnungshinweise	160	6.4.2	Sicherheitskonzept	213
5.4.1	Besonderheiten für Lastannahmen bei Industriebauten und Industriergerüsten	160	6.5	Beispiele	214
5.4.1.1	Allgemeines	160	6.5.1	Beispiel B 6.1: Schrägbandbrücke mit V-Stützen nach [6.33]	214
5.4.1.2	Verminderung von Verkehrslasten	160	6.5.1.1	Aufgabenstellung	214
5.4.1.3	Schwingbeiwerte, Stoßzahlen	161	6.5.1.2	Belastungsstruktur und Lastfaktoren	214
5.4.1.4	Lasten aus Gabelstaplerverkehr (DIN 1055 Teil 3 [5.9])	161	6.5.1.3	Lastannahmen	214
5.4.1.5	Horizontale Nutzlasten nach DIN 1055-3 [5.9]	162	6.5.1.4	Nachweise	215
5.4.1.6	Horizontallasten für Hubschrauberlandeplätze auf Dachdecken	162	6.5.1.5	Konstruktive Gestaltung	215
5.4.1.7	Anpralllasten	162	6.5.2	Beispiel B 6.2: Schrägbandbrücke mit Unterspannung nach [6.36]	217
5.4.2	Besonderheiten der Berechnung (Tragsicherheit)	162	6.5.2.1	Konstruktive Gestaltung	217
5.4.3	Beispiel B 5.7: Ermittlung der Knicklängenbeiwerte β und Nachweis eines verschieblichen Stockwerkrahmens nach Theorie I. Ordnung	165	6.5.3	Beispiel B 6.3: Schrägbandbrücke in Fachwerkbauweise mit V-Stützen nach [6.35]	218
5.5	Anwendungsgebiete und Ausführungsbeispiele	167	6.5.4	Beispiel B 6.4: Bandbrücke in Fachwerkbauweise auf Pendel- / Festpunktstützen [6.43]	219
5.5.1	Mehrgeschossige Industriegebäude	167	6.5.4.1	Aufgabenstellung	219
5.5.1.1	Allgemeine Angaben	167	6.5.4.2	Zusammenstellung der Lasten	219
5.5.1.2	Werkstattgebäude / Fabrikgebäude	173	6.5.4.3	Profile und Materialgüte für ausgewählte Stäbe	219
5.5.1.3	Mehrgeschossige Gebäude der Textilindustrie, der Lederverarbeitung und der Nahrungsmittelindustrie	174	6.5.4.4	Lagerbedingungen	220
5.5.1.4	Parkbauten in Stahlbauweise	175	6.5.4.5	Lastannahmen	220
5.5.2	Industriergerüste	182	6.5.4.6	Ausgewählte Nachweise für die Fachwerkbrücke	221
5.5.2.1	Anforderungen an Industriergerüste	182	6.5.4.7	Ausgewählte Nachweise für eine Pendelstütze	221
5.5.2.2	Kesselgerüste (Dampferzeugergerüste)	182	6.5.4.8	Konstruktive Gestaltung	223
5.5.2.3	Hochfengerüste	188	6.5.5	Beispiel B 6.5: Rohr- und Kabelbrücke mit Unterkonstruktion	224
5.5.2.4	Apparatengerüste	191	6.6	Literatur	224
5.5.2.5	Bunker-, Silo- und Behältergerüste	193	7	Industrieschornsteine, Maste, Windenergieanlagen	226
5.5.2.6	Lagergerüste / Hochregallager	196	7.1	System und Wirkungsweise	226
5.6	Literatur / Normen / Rechenprogramme	202	7.2	Konstruktive Gestaltung und Nachweise von Details der Industrieschornsteine, Maste, Windenergieanlagen	226
6	Tragwerke von Industriebrücken (Rohrleitungs- und Bandbrücken)	204	7.2.1	Stoßausbildungen	226
6.1	Funktion, Systeme, technologische Ausrüstung, Trassierung	204	7.2.1.1	Konstruktive Gestaltung	226
6.1.1	Rohrleitungsbrücken	204	7.2.1.2	Nachweis von Verbindungen (Anschlüsse, Stöße)	227
6.1.2	Bandbrücken	207	7.2.2	Öffnungen im Schaft	231
6.2	Konstruktive Gestaltung	208	7.2.2.1	Konstruktive Gestaltung	231
6.2.1	Aufbau der Gesamtbrücken	208	7.2.2.2	Hinweise zur Berechnung	231
6.2.2	Rohrleitungsbrücken	208	7.2.3	Fußausbildung	231
6.2.2.1	Brückengestaltung	208	7.2.3.1	Konstruktive Gestaltung	231
6.2.2.2	Endquerscheiben von Brücken	209	7.2.3.2	Rechnerische Nachweise	233
6.2.2.3	Stützen	210	7.2.4	Übergangsbereiche	234
			7.2.4.1	Arten und Wirkungsweise	234

7.2.4.2	Konstruktive Gestaltung und Berechnungshinweise	235	8	Behälter, Bunker, Silos	290
7.2.5	Berechnungsbeispiele	235	8.1	Begriffe	290
7.2.5.1	Beispiel B 7.1: Nachweis einer Ringflanschverbindung mit einem innen liegenden Flansch	235	8.2	Behälterbauarten	290
7.2.5.2	Beispiel B 7.2: Nachweis einer Ringflanschverbindung mit außen liegendem Flansch	237	8.2.1	Oberirdische zylindrische Flachbodentanks	290
7.2.5.3	Beispiel B 7.3: Fußpunkt mit Verankerung	240	8.2.2	Oberirdische zylindrische Mehrkammerbehälter	290
7.3	Antennentragwerke aus Stahl	242	8.2.3	Oberirdische, liegende zylindrische Behälter	290
7.3.1	Allgemeine Angaben / Konstruktion	242	8.2.4	Erdüberschüttete, liegende zylindrische Behälter	291
7.3.2	Lastannahmen (Einwirkungen)	243	8.2.5	Kugelbehälter	291
7.3.3	Besonderheiten der Berechnung	244	8.3	Silobauarten	291
7.3.3.1	Nachweis der Tragsicherheit	244	8.4	Berechnungsgrundlagen	294
7.3.3.2	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	244	8.4.1	Einwirkungen	294
7.3.3.3	Nachweis der Betriebsfestigkeit	244	8.4.1.1	Zusammenstellung der Einwirkungen	294
7.3.3.4	Besonderheiten der Schnittkraftermittlung	245	8.4.1.2	Statische Lasten aus Füllgut, Innendruck, Wandreibung (Schüttgutlasten)	294
7.3.4	Beispiel B 7.4: Nachweis eines 60 m hohen Antennenturms	245	8.4.1.3	Windlasten	294
7.3.4.1	Ermittlung der Lasten	245	8.4.2	Spannungs- und Stabilitätsnachweis	295
7.3.4.2	Schnittkräfte und Bemessung (auszugsweise)	249	8.4.2.1	Spannungsarten	295
7.3.5	Ausgeführtes Beispiel: Antennenturm in Fachwerkbauweise	250	8.4.2.2	Beulsicherheitsnachweis von Silos und Behältern	295
7.4	Industrieschornsteine aus Stahl	250	8.5	Beispiel B 8: Bemessung Blechsilo	296
7.4.1	Allgemeine Angaben	250	8.5.1	Allgemeines	296
7.4.2	Besonderheiten bei Lastannahmen (Einwirkungen)	252	8.5.2	Lastannahmen (Zustand Silo gefüllt)	296
7.4.3	Schnittkräfte	252	8.5.2.1	Lasten aus dem Silodach	296
7.4.4	Bemessung	253	8.5.2.2	Eigengewicht Mantelblech, Standzarge und Auslauftrichter	297
7.4.4.1	Tragsicherheit (Lastfall 1 und 2) und Beulsicherheit	253	8.5.2.3	Lasten in der Silozelle (Füllzustand)	297
7.4.4.2	Nachweis der Betriebsfestigkeit (Lastfall 4)	253	8.5.2.4	Lasten auf Silotrichter	299
7.4.5	Beispiele	253	8.5.2.5	Lasten aus der Trichterfüllung (für Nachweis Standzarge)	299
7.4.5.1	Beispiel B 7.5: Berechnung und Gestaltung eines frei stehenden Industrieschornsteins mit einer Höhe von 80 m	253	8.5.2.6	Windlasten auf Siloschaft, Unterkonstruktion und Siloabsetzpunkte [8.8]	299
7.4.5.2	Beispiel B 7.6: Querschwingungsnachweis eines frei stehenden Industrieschornsteins, 70 m hoch, mithilfe einer überschläglichen Handrechnung nach einem Vorschlag von [7.47]	260	8.5.2.7	Zusammenstellung der maßgebenden Belastungen, Einwirkungskombinationen	300
7.5	Windenergieanlagen mit Stahlurm	263	8.5.3	Spannungsnachweise (Füllzustand)	300
7.5.1	Allgemeine Situation – Hinweise für die konstruktive Ausbildung	263	8.5.4	Beulsicherheitsnachweis des Silomantels (Silo gefüllt)	301
7.5.2	Lastannahmen (Einwirkungen)	264	8.5.5	Beulsicherheitsnachweis Standzarge (Kreiszyinderschale mit konstanter Wanddicke)	301
7.5.3	Schnittgrößenermittlung	267	8.5.6	Weitere Ingenieurmodelle zur Erfassung der Axialspannungen bei konzentrierter Auflagerung	303
7.5.4	Nachweise / Sicherheitskonzept	267	8.6	Literatur	304
7.5.5	Berechnungsbeispiele	268			
7.5.5.1	Beispiel B 7.7: Berechnung eines Rohrturms für eine 2,0 MW-Windenergieanlage mit 80 m Nabenhöhe	268			
7.5.5.2	Beispiel B 7.8: Berechnung einer Windenergieanlage als Gitterturmkonstruktion	279			
7.6	Literatur	288			