

*Longum iter est per praecepta,  
breve et efficax per exempla.*

*(Lang ist der Weg durch Lehren,  
kurz und wirksam durch Beispiele.)*

Seneca, 6. Brief

## **Vorwort zur 1. Auflage**

Planung, Entwurf, Berechnung und Nachweis von Kranbahnträgern nach DIN und Eurocode stehen im Mittelpunkt dieses Buches.

Die Oberkante der Kranbahnschiene ist die Schnittstelle zwischen dem Bauwerk und dem zum Maschinenbau gehörigen Kran. Obwohl viele Themen wie z.B. Betriebsfestigkeit für Krane und Kranbahnen dieselben Hintergründe aufweisen, sind sie doch nach unterschiedlichen Normen zu behandeln: Die einen Normen gelten nur für Bauwerke, die anderen nur für den Maschinenbau. Schnittstellen sind immer – wir wissen es aus allen Bereichen der Technik – potentielle Fehlerquellen. Ein erster Schwerpunkt liegt daher in der Beschreibung der Lasten aus dem Kranbetrieb auf die Kranbahnen.

Die Vorplanung von Brückenkrananlagen samt einigen Unfallverhütungsbestimmungen, die Konstruktion von Kranbahnträgern und die wirtschaftliche Querschnittsdimensionierung sind die Inhalte eines umfangreichen Kapitels.

Die Ermittlung von Schnittgrößen nach Theorie I. und II. Ordnung, samt einem Einblick in die Berechnung der für Kranbahnträger wichtigen Torsion, bilden einen weiteren Schwerpunkt. Die Bestimmung der Spannungen aus globaler Tragwirkung und aus Lasteinleitung wird beschrieben.

Die Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise der Kranbahnträger nach den derzeit gültigen nationalen Normen werden ausführlich erläutert. Materialermüdung ist ein Thema, mit dem viele Bauingenieure nicht besonders gerne zu tun haben. Die Betriebsfestigkeitsuntersuchung wird daher – aufbauend auf den theoretischen Grundlagen – grundlegend dargestellt.

In zunehmendem Maße haben wir uns im Rahmen der europäischen Einigung mit der zukünftigen europäischen Normung auseinanderzusetzen. Die Eurocodes für Kranbahnen liegen schon in sehr fortgeschrittenen, teilweise aber noch nicht endgültigen Versionen vor. Teil II des Buches widmet sich diesem Thema.

Der III. und letzte Teil des Buches beschäftigt sich mit Kranbahnträgern für Deckenkrane und Laufkatzen und mit kastenförmigen Kranbahnträgern.

Die beiliegende CD enthält das Programm BEM 10, Version 2.4.3 classic, mit dem der vollständige Nachweis von ein- oder mehrfeldrigen Walzprofil-Kranbahnträgern geführt werden kann, die von einem zweiachsigen Kran befahren werden.

Dieser Band wendet sich an Bauingenieure, die Kranbahnen planen, konstruieren, berechnen und bauen. Für im Kranbau tätige Maschinenbauingenieure kann er ebenfalls eine Hilfe sein. Eine weitere wichtige Zielgruppe sind Studierende an Fachhochschulen und Universitäten, die sich im Rahmen von Stahlbau-Vorlesungen vertiefend mit den Tragwerken der Fördertechnik auseinandersetzen wollen.

Hinweise, Anregungen und Verbesserungsvorschläge nimmt der Autor sehr gerne entgegen. Aktuelle Hinweise zum Buch werden im Internet auch unter [www.seesselberg.de](http://www.seesselberg.de) veröffentlicht.

Dieses Buch konnte nur mit der Unterstützung anderer zusammengestellt werden:

Die Diskussionen mit Herrn Dipl.-Ing. Dietrich von Berg waren immer besonders hilfreich. Er hat das Werden dieses Buches mit konstruktiv-kritischen Anmerkungen begleitet und unterstützt.

Außerordentlich wertvoll waren die vielen Anregungen, die ich von Herrn Dr.-Ing. habil. Werner Warkenthin bekommen habe.

Mein Kollege an der Hochschule München, Herr Prof. Dr.-Ing. Ömer Bucak, mit dem zusammen ich einige Schadensgutachten erstellte, war mir besonders bei schweißtechnischen Fragestellungen eine große Hilfe.

Die Herren Dr.-Ing. Hans-Peter Günther und Dipl.-Ing. Andre Dürr, Universität Stuttgart und Dr.-Ing. Ralph Schneider, RWTH Aachen, haben durch Ihre Hinweise zur Euro-Normung die Entstehung der Kapitel 11 bis 14 erst ermöglicht.

Fruchtbar waren die vielen Gespräche über Kranbahnen mit Herrn Dipl.-Ing. Hans-Jörg Frauendorfer, Herrn Dipl.-Ing. Martin Könning und vielen anderen erfahrenen Ingenieuren.

Auch auf die Studierenden der Studienrichtung Stahlbau an der Hochschule München möchte ich hinweisen, die mir durch engagierte Mitarbeit in der Vorlesung „Kranbau“ geholfen haben, Schwachpunkte im Text zu finden und zu beseitigen.

Besondere Anerkennung gilt den über 20 Diplomanden und Diplomandinnen, die mit ihren Abschlussarbeiten aus dem Themenbereich „Kranbau“ auch zu diesem Buch beigetragen haben.

Die Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Klaus-Jürgen Schneider und dem Bauwerk Verlag war stets hervorragend, vielen Dank dafür! Dass dieses Buch durch eine CD ergänzt werden konnte, ist neben dem Bauwerk Verlag wesentlich dem Engagement von Herrn Dipl.-Ing. Ingo Kumbrink, LSS Software GmbH, zu verdanken.

Die Geduld meiner Frau Sabine Seeßelberg habe ich während der Fertigstellung des Manuskripts stark strapaziert. Dass sie mich dennoch stets unterstützt hat, sei ihr mit der Widmung dieses Buches dankbar vergolten.

München, im Januar 2005

Christoph Seeßelberg

## Vorwort zur 3. Auflage

Die Neuauflage der DIN 18 800 (11/08), vor allem aber die Weiterentwicklung der Eurocode-Normen samt den zugehörigen Nationalen Anhängen (NA) machte eine Überarbeitung dieses Buches erforderlich. In Teil II wurde der deutsche Nationale Anhang zu EC 3-6 in der Arbeitsversion vom 8. Dezember 2008 (Druckvorlage für Entwurf) berücksichtigt, die mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit dem im Frühjahr 2009 erscheinenden NA (Normenentwurf) entspricht. Die für typische Kranbahnen relevanten Kerbfälle nach EC 3-1-9 sind nun in Kapitel 13 detailliert angegeben.

Weitere Ergänzungen, Klarstellungen oder Aktualisierungen wurden u.a. in Tab. 2-12 und Tab. 11-2 (Anzahl der zu berücksichtigenden Krane) und den Abschnitten 3.2.2, 10.3.3 – 10.3.5 (Schienenschweißnähte), 3.4 (neuer Kranbahn-Querschnittstyp), 3.5 (neue Auflagerung an Betonstützen), 3.10 (Prüfungen von Kranbahnen), 3.11 (Fertigung von Kranbahnträgern), 4.4.1 (neue Tabelle für minimale Feldmomente), 7.5 (Software für den Beulnachweis), 11.4 (Lasten aus Erdbeben), 13.6 (Vergleich Ermüdung nach DIN, EC und EN) vorgenommen.

Allen Kolleginnen und Kollegen, die mir mit ihren wertvollen Hinweisen zur 3. Auflage des Buches weitergeholfen haben, sei ganz herzlich gedankt.

Frau Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann, der Vorsitzenden des Spiegelausschusses „EC 3-6 Kranbahnen“, gilt mein besonderer Dank für die Unterstützung.

Herrn Dipl.-Ing. Mathias Euler vom Institut für Konstruktion und Entwurf der Universität Stuttgart danke ich sehr herzlich für die vielen Gespräche über alle Themen rund um Kranbahn-Normen. Die Ergebnisse der Diskussionen haben oft Eingang in das vorliegende Buch gefunden.

Großen Dank schulde ich auch Herrn Prof. Dr.-Ing. Jürgen Meister, Hochschule Bochum, für seine kenntnisreichen Tipps und Anregungen, besonders zum Thema Gebrauchstauglichkeit von Kranbahnträgern und zu Fragen der Konstruktion.

Schließlich möchte ich meinem Kollegen Herrn Prof. Dr.-Ing. Ömer Bucak meinen tiefempfundenen Dank für seine vielen, stets beachtenswerten Anregungen aussprechen.

Für die hervorragende Zusammenarbeit bei der Realisierung der 3. Auflage danke ich Herrn Prof. Klaus-Jürgen Schneider und seinem Team vom Bauwerk Verlag.

Herr Dipl.-Ing. Ingo Kumbrink, LSS Software GmbH, Dortmund, hat es ermöglicht, auch dieser Auflage der „Kranbahnen“ wieder eine CD mit der Kranbahn-Software BEM10 classic beizulegen. Ein ganz herzliches Danke für diesen wichtigen Beitrag!

Ich freue mich über Ihre Kommentare, Ideen und Hinweise zu diesem Buch, gerne auch als E-Mail an <christoph@seesselberg.de>.

München, im Januar 2009

Christoph Seeßelberg

# Inhaltsverzeichnis

<b>Teil I: Kranbahnträger nach DIN 4132</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Fördertechnik, Krane, Kranbahnen .....	1
1.2 Besonderheiten von Kranbahnen.....	3
1.3 Bauarten von Krananlagen .....	4
1.3.1 Hängekatzen.....	5
1.3.2 Schwenkkrane .....	6
1.3.3 Brückenkrane .....	7
1.3.4 Portalkrane und Halbportalkrane .....	10
1.3.5 Konsolkrane .....	12
1.4 Grundlegende Normen für Krane und Kranbahnen .....	13
1.5 Koordinatensystem .....	15
<b>2 Einwirkungen auf Krane und Kranbahnen</b> .....	<b>16</b>
2.1 Massenkkräfte aus Antrieb nach DIN 15 018 .....	16
2.1.1 Kranfahrwerksysteme .....	16
2.1.2 Massenkkräfte längs der Fahrtrichtung.....	17
2.1.3 Massenkkräfte quer zur Fahrtrichtung .....	20
2.2 Kräfte aus Schräglauf .....	23
2.2.1 Seitenführungssysteme .....	23
2.2.2 Grundlagen der Berechnung der Schräglaufkräfte .....	25
2.2.3 Schräglaufkräfte $S$ und $H_{S,i,j}$ nach DIN 15 018 .....	26
2.2.4 Schräglaufkräfte von zweiachsigen Kranen EFF.....	31
2.2.5 Überlagerung von Schräglaufkräften und Masselasten .....	32
2.3 Pufferkräfte.....	33
2.4 Hubklassen, Schwingbeiwerte und Beanspruchungsgruppen .....	41
2.4.1 Hubklassen.....	41
2.4.2 Schwingbeiwerte für den Kranbetrieb .....	43
2.4.3 Beanspruchungsgruppen (BG).....	44
2.4.4 Einstufung von Kranen nach F.E.M.-Richtlinie 1.001 .....	45
2.5 Lasten und Lastfälle für Krane nach DIN 15 018 .....	46
2.5.1 Hauptlasten (DIN 15 018, Kap. 4.1).....	46
2.5.2 Zusatzlasten Krane (DIN 15 018, Kap. 4.2) .....	47
2.5.3 Sonderlasten.....	47
2.5.4 Lastfälle für Krane nach DIN 15 018, Tab. 7 .....	48
2.6 Einwirkungen auf Kranbahnen und ihre Kombinationen.....	50
2.6.1 Ständige Einwirkungen $G_k$ .....	50
2.6.2 Veränderliche Einwirkungen $Q_{i,k}$ .....	50
2.6.3 Außergewöhnliche Einwirkungen $F_{A,k}$ .....	51
2.6.4 Einwirkungskombinationen (EK) bei Kranbahnen nach DIN 18 800 .....	52
2.6.5 Wie viele Krane sind gleichzeitig zu berücksichtigen? .....	53
<b>3 Planung von Krananlagen und Konstruktion von Kranbahnträgern</b> .....	<b>55</b>
3.1 Planung von Brückenkrananlagen, Unfallverhütung .....	55
3.2 Kranschiene .....	68
3.2.1 Schienenformen .....	68

3.2.2	Befestigung der Schiene am Kranbahnträger, Schienenunterlagen.....	71
3.2.3	Schienenstöße .....	78
3.2.4	Verschleiß und Schäden an Schienen.....	82
3.2.5	Zur Auswahl von Kranschiene und Laufrad .....	82
3.3	Statisches System der Kranbahn .....	88
3.4	Querschnitte von Kranbahnträgern .....	89
3.5	Auflager .....	98
3.6	Kranbahnträgerstöße .....	103
3.7	Kranbahnstützen.....	107
3.8	Aussteifung der Kranbahnen und ihrer Stützen .....	110
3.9	Maßabweichungen nach DIN und Eurocode .....	111
3.10	Prüfungen von Kran und Kranbahnen .....	113
3.10.1	Arten von Prüfungen, Prüfpersonal, Dokumentation .....	113
3.10.2	Einmalige Prüfungen der Krananlage .....	115
3.10.3	Wiederkehrende Prüfungen der Krananlage .....	116
3.10.4	Prüfungen von Kranbahnen.....	117
3.11	Anforderungen an die Fertigung von Kranbahnträgern.....	118
<b>4</b>	<b>Schnittgrößen von Kranbahnträgern aus Biegetragwirkung .....</b>	<b>120</b>
4.1	Schnittgrößen und ihre Darstellungsmöglichkeiten.....	121
4.2	Schnittgrößen am Einfeldträger: Culmannsche Laststellung.....	121
4.2.1	Herleitung .....	121
4.2.2	Vorgehensweise bei zwei beliebigen Radlasten.....	123
4.2.3	Vorgehensweise bei einer Gruppe aus $n$ beliebigen Radlasten .....	124
4.3	Grenzl意思linien am Einfeldträger.....	127
4.4	Maximale Schnittgrößen bei mehrfeldrigen Kranbahnen.....	130
4.4.1	Maximale Schnittgrößen und Auflagerkräfte von Mehrfeldträgern.....	130
4.4.2	Einflusslinien von Zweifeldträgern mit gleichen Stützweiten .....	135
4.5	Auflagerlasten aus dem Kranbahnträger.....	135
<b>5</b>	<b>Spannungsberechnung und allgemeiner Spannungsnachweis (AS).....</b>	<b>141</b>
5.1	Spannungen aus globaler Tragwirkung.....	141
5.1.1	Tragwirkungssplitting.....	141
5.1.2	Schnittgrößen und Spannungen aus Torsion für I-Profile.....	143
5.2	Lokale Beanspruchungen infolge örtlicher Radlastpressung.....	147
5.2.1	Radlastpressung.....	149
5.2.2	Stegbiegung infolge exzentrischer Radlasteinleitung .....	150
5.3	Nachweis der Verbindungsmittel bei Krananlagen .....	153
5.3.1	Schweißverbindungen .....	153
5.3.2	Schraubenverbindungen im Kranbau .....	159
5.4	Querschnittswerte.....	161
5.4.1	Doppelsymmetrisches I-Profil mit Flachstahlschiene .....	161
5.4.2	Einfachsymmetrisches I-Profil .....	162
5.5	Berechnung von Trägern mit Horizontalverband .....	163
5.6	Allgemeiner Spannungsnachweis für Kranbahnträger .....	166
<b>6</b>	<b>Biegedrillknicknachweis von Kranbahnträgern .....</b>	<b>168</b>
6.1	Einführung .....	168
6.2	BDK-Nachweis als Nachweis des Obergurtes gegen Biegeknicken .....	170
6.3	Biegedrillknicknachweis nach Ersatzstabverfahren Gl. 30.....	173

6.4	Zur Berechnung von Spannungen nach Wölbkrafttorsion Th. II. Ordnung.....	176
6.4.1	Zur Notwendigkeit der Ber. der Wölbkrafttorsion Th. II. O. ....	176
6.4.2	Spannungsberechnung mit Stabwerksprogrammen.....	178
6.5	BDK-Nachweis als Spannungsnachweis nach Th. II. O. elastisch-elastisch .....	179
6.6	BDK-Nachweis als Querschnittsnachweis elastisch-plastisch.....	182
6.7	Auswahl des Verfahrens für den BDK-Nachweis.....	185
<b>7</b>	<b>Beulsicherheitsnachweis von Kranbahnträgern nach DIN 18 800-3.....</b>	<b>187</b>
7.1	Allgemeines zum Beulen.....	187
7.2	Beulnachweis des Stegblechs unter der Radlast.....	189
7.3	Stegbleche mit Längssteifen.....	194
7.4	Stegbeulen im Auflagerbereich.....	195
7.5	Software für den Beulnachweis.....	197
<b>8</b>	<b>Werkstoffermüdung.....</b>	<b>198</b>
8.1	Einführung.....	198
8.2	Beschreibung der Beanspruchung und Versagensvorgang .....	198
8.3	Wöhlerlinie, Werkstoffkennwerte .....	201
8.4	Einflussgrößen auf die Ermüdungsfestigkeit eines Bauteils .....	203
8.4.1	Kerbwirkung .....	203
8.4.2	Werkstoffeinfluss.....	205
8.4.3	Mittelspannungseinfluss .....	206
8.4.4	Größeneinfluss .....	206
8.4.5	Ermüdungsgerecht konstruieren, fertigen und montieren.....	206
8.5	Konzepte für den Betriebsfestigkeitsnachweis.....	207
8.5.1	Spannungskollektiv.....	208
8.5.2	Lineare Schadensakkumulation nach Palmgren-Miner .....	209
8.5.3	Schadensäquivalente Spannungsschwingbreite .....	211
8.5.4	Nennspannungskonzept .....	212
8.6	Betriebsfestigkeitsuntersuchung nach DIN 4132 .....	213
8.6.1	Nachweiskonzept DIN 4132.....	213
8.6.2	Beanspruchungsgruppen (BG).....	213
8.6.3	Lastannahmen für die Betriebsfestigkeitsuntersuchung (BFU).....	216
8.6.4	Kerbfälle nach DIN 4132.....	216
8.6.5	Grenzspannungen für Kranbahnträger nach DIN 4132 .....	217
8.6.6	Grenzspannungen bei Kranen nach DIN 15 018 .....	221
8.6.7	Nachweisführung nach DIN 4132 .....	221
8.6.8	Beispiele Betriebsfestigkeitsuntersuchung (BFU).....	224
<b>9</b>	<b>Gebrauchstauglichkeitsnachweis für Kranbahnen .....</b>	<b>227</b>
9.1	Grenzwerte .....	227
9.1.1	Begrenzung vertikaler Verformungen nach EC 3-6 .....	227
9.1.2	Begrenzung horizontaler Verformungen nach EC 3-6 .....	228
9.1.3	Schwingungen von Kranbahnen .....	231
9.2	Berechnung der Durchbiegungen.....	232
9.2.1	Berechnung vertikaler Durchbiegungen $\delta_z$ .....	232
9.2.2	Berechnung der horizontalen Durchbiegung $\delta_y$ .....	235
9.3	Abschätzung der Eigenfrequenzen.....	235
<b>10</b>	<b>Beispielrechnung Kranbahn nach DIN 4132 .....</b>	<b>239</b>

10.1	Aufgabenstellung .....	239
10.2	Schnittgrößen .....	239
10.2.1	Einwirkungskombinationen EK 1 und EK 2 .....	239
10.2.2	Maximale Feldmomente $M_F$ nach Tab. 4-1, Abschnitt 4.4 .....	239
10.2.3	Maximale Stützmomente $M_{St}$ nach Tab. 4-1, Abschnitt 4.4.....	240
10.2.4	Maximale Querkraft $V_{b-li}$ links vom Mittelaufleger b .....	241
10.2.5	Minimales Moment $M_y$ an der Stelle des maximalen Feldmoments .....	241
10.3	Allgemeiner Spannungsnachweis .....	242
10.3.1	Obere Flanschecke, Normalspannungen im Feld, EK 1.....	242
10.3.2	Oberer Stegrand, Vergleichsspannungen am Mittelaufleger, EK 2 .....	242
10.3.3	Schienenschweißnaht, durchlaufend, EK 1 und EK 2.....	242
10.3.4	Alternativ: Schienenschweißnaht, nicht durchlaufend, gegenüber- liegende Anordnung, EK 2.....	243
10.3.5	Alternativ: Schienenschweißnaht, nicht durchlaufend, versetzte Anordnung, EK 1 .....	244
10.4	Biegedrillknicknachweis nach DIN 18 800-2, Gl. 30 .....	244
10.5	Beulnachweis des Stegblechs unter der Radlast .....	245
10.6	Betriebsfestigkeitsuntersuchung .....	248
10.6.1	Untersuchung der Konstruktion auf Kerbfälle und Nachweisstellen .....	248
10.6.2	Zusammenstellung der Schnittgrößen und Spannungen .....	248
10.6.3	Betriebsfestigkeitsnachweise.....	249
10.6.4	Bewertung BFU.....	251
10.7	Gebrauchstauglichkeitsnachweis .....	252
10.7.1	Vertikale Durchbiegung nach Tab. 9-1, Zeile a).....	252
10.7.2	Horizontale Durchbiegung nach Tab. 9-2, Zeile b).....	252
10.7.3	Kranbahnabstand nach Tab. 9-2, Zeile e).....	252
10.8	Zusammenfassung des Ergebnisse für Kranbahn HEB 300 .....	253
<b>Teil II: Kranbahnträger nach Eurocode.....</b>		<b>254</b>
<b>11</b>	<b>Lastannahmen nach EC 1-3 .....</b>	<b>256</b>
11.1	Einstufungen, Schwingbeiwerte.....	256
11.2	Einwirkungen .....	256
11.3	Einwirkungskombinationen (GZT und GZG).....	261
11.4	Lasten und Einwirkungskombinationen Erdbeben .....	263
<b>12</b>	<b>Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit nach EC 3-6 ..</b>	<b>264</b>
12.1	Grenzzustände und Teilsicherheitsbeiwerte.....	264
12.2	Querschnittsnachweise nach EC 3-1-1 .....	265
12.2.1	Querschnittsklassen, Querschnittswerte von Kranbahnträgern .....	265
12.2.2	Querschnittsnachweis für Biegemomente .....	265
12.2.3	Querkraftnachweis nach EC 3-1-1, Kap. 6.2.6.....	266
12.2.4	Interaktion Biegung $M_y$ – Querkraft $V_z$ nach EC 3-1-1, Kap. 6.2.8 .....	267
12.3	Lasteinleitungsspannungen .....	268
12.4	Bauteilnachweis: Biegedrillknicken (BDK) .....	271
12.4.1	Ersatzstabverfahren „Knickender Obergurt“.....	271
12.4.2	Alternatives Ersatzstabverfahren nach EC 3-6, Anhang A .....	273
12.4.3	BDK-Nachweis als Querschnittsnachweis der Schnittgrößen .....	273
12.5	Beulnachweise nach EC 3-1-5 .....	274
12.5.1	Beulnachweis des Stegblechs unter der Radlast als lokaler Nachweis ..	274

12.5.2	Flanschinduziertes Stegblechbeulen.....	277
12.5.3	Beulnachweis der Druckflansche.....	278
12.6	Weitere Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	278
12.7	Gebrauchstauglichkeitsnachweise nach EC 3-6.....	278
<b>13</b>	<b>Ermüdungsnachweis nach EC 3-6 und EC 3-1-9 .....</b>	<b>280</b>
13.1	Nachweiskonzept EC 3-1-9.....	280
13.1.1	Grundlagen.....	280
13.1.2	Zuverlässigkeitskonzept.....	280
13.1.3	Teilsicherheitsbeiwerte .....	281
13.2	Lastannahmen für den Ermüdungsnachweis.....	281
13.2.1	Beanspruchungsklassen nach EC 1-3 .....	281
13.2.2	Einwirkungen für den Ermüdungsnachweis nach EC 1-3 .....	283
13.2.3	Berechnung der schadensäquivalenten Spannungsschwingbreite .....	285
13.3	Wöhlerlinien nach EC 3-1-9.....	286
13.4	Kerbfälle nach EC 3-1-9.....	288
13.5	Ermüdungsnachweisführung nach EC 3-1-9.....	293
13.5.1	Nachweis für einen einzelnen Kran .....	293
13.5.2	Nachweis für Kranbahnen mit mehreren Kranbrücken .....	293
13.5.3	Nachweis von Radlasteinleitungsspannungen .....	294
13.6	Ermüdungsnachweise EC – EN – DIN im Vergleich .....	295
<b>14</b>	<b>Beispielrechnung Kranbahn nach Eurocode .....</b>	<b>297</b>
14.1	Aufgabenstellung.....	297
14.2	Lastannahmen und Einstufungen .....	298
14.3	Schnittgrößen.....	298
14.4	Querschnittswerte und vollplastische Schnittgrößen .....	300
14.4.1	Allgemeine Querschnittswerte und Querschnittseinordnung .....	300
14.4.2	Querschnittswerte des Obergurts (Oberflansch + 1/5 Steg) .....	300
14.4.3	Vollplastische Schnittgrößen .....	301
14.5	Querschnittsnachweise .....	301
14.5.1	Spannungsnachweis obere Flanschecke .....	301
14.5.2	Alternativ: Querschnittsnachweis .....	302
14.5.3	Querkraftnachweis .....	302
14.6	Bauteilnachweis: Biegedrillknicken (BDK).....	302
14.6.1	Verfahren nach EC 3-6, Kap. 6.3.2.3 (1) für EK 1 .....	302
14.6.2	Verfahren nach EC 3-6, Kap. 6.3.2.3 (1) für EK 5 .....	303
14.6.3	BDK-Nachweis als Spannungsnachweis nach Th. II. O. ....	304
14.6.4	Alternative: BDK-Nachweis als Querschnittsnachweis .....	304
14.7	Lokale Nachweise .....	305
14.7.1	Lasteinleitungsspannungen.....	305
14.7.2	Vergleichsspannungen an der Stegoberkante am Zwischenaufleger.....	306
14.7.3	Beulnachweise .....	306
14.8	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	308
14.8.1	Vertikale Durchbiegung.....	308
14.8.2	Horizontale Durchbiegung.....	308
14.8.3	Stegblechatmen und Untergurtschwingungen .....	309
14.8.4	Elastisches Verhalten .....	309
14.9	Ermüdungsnachweis nach EC 3-1-9 .....	309
14.9.1	Schwingbeiwerte, Radlasten und Nachweisstellen.....	309

14.9.2	Nachweis Bereich Schienenschweißnaht, Oberkante Flansch .....	310
14.9.3	Oberflansch im Bereich der angeschweißten Quersteife.....	312
14.9.4	Stegansatz im Feld.....	312
14.9.5	Stegansatz am Zwischenauflager .....	314
14.10	Vergleich mit Bemessung nach DIN 4132 .....	315
<b>Teil III:</b>	<b>Sonderkapitel.....</b>	<b>317</b>
<b>15</b>	<b>Kranbahnträger für Hängekrane und Laufkatzen nach DIN 4132 .....</b>	<b>317</b>
15.1	Lastannahmen .....	317
15.2	Unterflanschbiegung .....	319
15.3	Berechnungen und Nachweise .....	321
15.3.1	Allgemeiner Spannungsnachweis.....	321
15.3.2	Biegedrillknicknachweis .....	322
15.3.3	Beulnachweis.....	324
15.4	Berechnungsbeispiel Katzbahnträger.....	324
15.5	Konstruktive Details für Kranbahnträger von Hängekranen und Hängekatzen ..	328
15.5.1	Querschnitte für Kranbahnträger .....	328
15.5.2	Aufhängung .....	328
15.5.3	Übergang bei Hängekranen .....	330
15.5.4	Verstärkung eines freien Unterflanschendes .....	330
<b>16</b>	<b>Berechnung dünnwandiger Kastenträger.....</b>	<b>332</b>
16.1	Berechnung von Kastenträgern nach Schindler .....	333
16.2	Konstruktion und Berechnung der Querschotte.....	336
<b>17</b>	<b>Optimierung von Kranbahnträgerquerschnitten für Laufkrane.....</b>	<b>340</b>
17.1	Walzprofile als Kranbahnträger-Querschnitte .....	340
17.1.1	Auswahl der Profilvereihe.....	340
17.1.2	Einflussgrößen auf die Bemessung von Kranbahnträger-Walzprofilen ..	342
17.2	I-Schweißprofile.....	347
17.2.1	Optimierung.....	347
17.2.2	Einfluss der Trägerhöhe auf die minimale Querschnittsfläche .....	351
17.2.3	Einige Entwurfsregeln für einfachsymmetrische I-Schweißprofile .....	352
17.3	I-Schweißprofil oder Walzprofil? .....	355
17.4	Winkelverstärkte Walzprofile .....	357
<b>Anhang A:</b>	<b>Kerbfalltabellen nach DIN 4132 .....</b>	<b>360</b>
<b>Anhang B:</b>	<b>BFU-Grenzspannungen nach DIN 4132 .....</b>	<b>367</b>
<b>Anhang C:</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>377</b>
<b>Anhang D:</b>	<b>Häufig verwendete Formelzeichen .....</b>	<b>378</b>
<b>Normen und Literatur</b>	<b>.....</b>	<b>380</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>.....</b>	<b>391</b>