

BETONBAU

Grundlagen der Bemessung nach EC2

jürgen **FEIX** | rupert **WALKNER**

Studia Universitätsverlag

Jürgen Feix; Rupert Walkner

Betonbau

Grundlagen der Bemessung nach EC2

Studia Universitätsverlag 2012

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung,
der Verbreitung, der Speicherung in elektronischen Datenanlagen
sowie der Übersetzung, sind vorbehalten.

Copyright© 2012
STUDIA Universitätsverlag,
Herzog-Sigmund-Ufer 15, A-6020 Innsbruck
www.studia.at

Umschlaggestaltung: Rupert Walkner

Printed in Austria 2012
ISBN 978-3-902652-50-8

Vorwort

Der seit vielen Jahren angekündigte Übergang auf einheitliche europäische Bemessungs- und Konstruktionsnormen, mit dem Ziel der Harmonisierung des Bauens in der Europäischen Union, steht durch die verbindliche Einführung der Eurocodes kurz vor seiner Vollen- dung. Obwohl im Betonbau in den meisten Mitgliedsländern, wie z.B. Österreich oder Deutschland, seit geraumer Zeit mit zumindest „Eurocode- nahen“ Bemessungs- und Kon- struktionsnormen gearbeitet wird, bedeutet die Einführung des EC2 (EN 1992-1-1), ein- schließlich des jeweiligen nationalen Anwendungsdokumentes (in Österreich ÖNORM B 1992-1-1), doch eine wesentliche Zäsur.

Ziel dieses Buches ist die Darstellung der Grundlagen der Bemessung im Betonbau von den Materialkennwerten über das Sicherheitskonzept bis hin zu den Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit. Prinzipiell werden dabei zunächst die grundlegenden Zusammenhänge normenunabhängig erläutert und anschließend in das Eurocodeformat übergeführt. Beispiele dienen der Veran- schaulichung der Anwendung. Damit soll dieses Buch zum einen als Lehrbuch für Studie- rende und zum anderen aber auch als Hintergrundinformation für bereits praktisch tätige Ingenieure, die nun in die Bemessung nach Eurocode einsteigen, dienen.

Unser Dank gilt den Sponsoren, durch deren großzügige Unterstützung das Buch zu einem moderaten Preis angeboten werden kann.

Innsbruck, Februar 2012

Jürgen Feix
Rupert Walkner

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Geschichtlicher Rückblick.....	1
1.1.1	Beton in der Antike	1
1.1.2	Neuzeit – die Entwicklung des Stahl- und Spannbetons	3
1.2	Normung für Stahl- und Spannbeton	11
1.3	Eigenschaften von Stahlbeton und dessen Tragverhalten	14
1.3.1	Allgemeines	14
1.3.2	Tragverhalten am Beispiel eines Einfeldträgers	15
2	Grundlagen der Tragwerksplanung	21
2.1	Anforderungen an Tragwerke und deren Erfüllung.....	21
2.1.1	Grundlegende Anforderungen	21
2.1.2	Erfüllung der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit	22
2.1.3	Erfüllung der Dauerhaftigkeit	24
2.2	Behandlung der Zuverlässigkeit – Sicherheitskonzept	24
2.2.1	Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der Statistik	25
2.2.2	Zuverlässigkeitsanalyse und Sicherheitskonzept.....	28
2.3	Einwirkungen und deren Kombinationen	34
2.3.1	Einteilung der Einwirkungen	34
2.3.2	Charakteristische Werte und repräsentative Werte veränderlicher Einwirkungen.....	35
2.3.3	Kombinationsregeln und Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen	37
2.4	Teilsicherheitsbeiwerte der Baustoffeigenschaften	41
3	Baustoffe	43
3.1	Beton	43
3.1.1	Bestandteile	43
3.1.2	Betonarten und Klassifizierung	47
3.1.3	Druckfestigkeit.....	48
3.1.4	Zugfestigkeit	54
3.1.5	Festigkeit unter mehrachsiger Beanspruchung	57
3.1.6	Spannungs-Dehnungs-Beziehungen für Beton nach EN 1992-1-1	58
3.1.7	Zeitabhängiges Verformungsverhalten.....	62
3.2	Betonstahl.....	78
3.2.1	Allgemeines	78
3.2.2	Festigkeits- und Verformungsverhalten	80

3.3	Grundlagen des Verbundes	83
3.3.1	Allgemeines.....	83
3.3.2	Verbundmechanismen.....	84
3.3.3	Verbundspannungsverteilung beim Ausziehversuch	85
4	Dauerhaftigkeit	89
4.1	Dauerhaftigkeit als grundlegende Anforderung an ein Tragwerk	89
4.2	Dauerhaftigkeitsgefährdende Schädigungsmechanismen	89
4.2.1	Angriff auf Beton (Betonkorrosion).....	89
4.2.2	Bewehrungskorrosion.....	91
4.3	Expositionsklassen und Betonsorten.....	93
4.3.1	Umwelteinflüsse und Expositionsklassen	93
4.3.2	Betonsorten und Betonkurzbezeichnung nach ÖNORM B 4710-1	96
4.4	Sicherstellung der Dauerhaftigkeit	100
4.4.1	Mindestbetonfestigkeit zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit	100
4.4.2	Betondeckung.....	101
4.4.3	Richtiger Einbau und Nachbehandlung des Betons	104
5	Ermittlung der Schnittgrößen	111
5.1	Idealisierungen und Vereinfachungen	111
5.1.1	Tragwerksmodelle und Tragelemente im Stahlbetonbau.....	111
5.1.2	Mitwirkende Breite bei Plattenbalken	114
5.1.3	Lagerungsbedingungen und effektive Stützweiten.....	118
5.1.4	Stützmomente und ihr maßgebender Bemessungswert	120
5.1.5	Lastanordnung von Nutzlasten im Hochbau	123
5.2	Grundlagen der Schnittgrößenermittlung im Betonbau	129
5.2.1	Tragverhalten eines Zweifeldträgers	129
5.2.2	Unterschied zwischen Last- und Zwangsbeanspruchung.....	133
5.2.3	Auswirkungen des zeitabhängigen Materialverhaltens	135
5.3	Verfahren zur Ermittlung der Schnittgrößen	142
5.3.1	Linear-elastische Berechnung	143
5.3.2	Linear-elastische Berechnung mit begrenzter Umlagerung	144
5.3.3	Verfahren nach der Plastizitätstheorie.....	148
5.3.4	Nichtlineare Verfahren	152
5.4	Ermittlung der Schnittgrößen am verformten System (Theorie II. Ordnung)	153
5.4.1	Allgemeines.....	153
5.4.2	Grundlagen des Biegeknickens	154
5.4.3	Berücksichtigung von Imperfektionen.....	163
5.4.4	Kriterien für die Vernachlässigung der Theorie II. Ordnung	168
5.4.5	Berücksichtigung von Kriechauswirkungen.....	171
5.4.6	Berechnungsverfahren	173
5.4.7	Allgemeines Verfahren.....	173
5.4.8	Verfahren mit Nenn-Steifigkeiten	174
5.4.9	Verfahren mit Nenn-Krümmung.....	199
5.4.10	Druckglieder mit zweiachsiger Lastausmitte.....	216
5.4.11	Seitliches Ausweichen schlanker Träger.....	218

6	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit – GZT	221
6.1	Biegung und Längskraft.....	221
6.1.1	Bemessungsgrundlagen.....	221
6.1.2	Biegebemessung von Querschnitten mit rechteckiger Druckzone	233
6.1.3	Biegebemessung von Querschnitten mit nicht rechteckiger Druckzone ...	258
6.1.4	Biegebemessung von symmetrisch bewehrten Querschnitten	274
6.2	Querkraft.....	278
6.2.1	Grundlagen und Tragverhalten	278
6.2.2	Nachweisverfahren	290
6.2.3	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft	291
6.2.4	Querkraftwiderstand von Bauteilen ohne Querkraftbewehrung.....	296
6.2.5	Querkraftwiderstand von Bauteilen mit Querkraftbewehrung	301
6.2.6	Mindestquerkraftbewehrung und konstruktive Regelungen	311
6.2.7	Querkraftdeckungslinie	313
6.2.8	Interaktion zwischen Biegung und Querkraft	314
6.2.9	Schubfester Gurtscheibenanschluss	316
6.3	Torsion.....	328
6.3.1	Grundlagen und Tragverhalten	328
6.3.2	Nachweisverfahren	343
6.3.3	Mindestbewehrung und konstruktive Regelungen.....	351
6.4	Durchstanzen	356
6.4.1	Grundlagen und Tragverhalten	356
6.4.2	Kritischer Rundschnitt	361
6.4.3	Nachweisverfahren	367
6.4.4	Berücksichtigung einer exzentrischen Krafteinleitung	370
6.4.5	Maximaler Durchstanzwiderstand am Stützenrand.....	381
6.4.6	Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung	382
6.4.7	Durchstanzwiderstand mit Durchstanzbewehrung	386
6.4.8	Bestimmung des äußeren Rundschnittes u_{out}	389
6.4.9	Mindestbewehrung und konstruktive Regelungen.....	389
6.5	Stabwerkmodelle	399
6.5.1	Grundlagen.....	399
6.5.2	Bemessung der Streben und Knoten	407
6.5.3	Einleitung von Einzelkräften in Scheiben.....	415
6.5.4	Konsolen.....	419
6.5.5	Ausgeklinkte Trägerenden	425
6.5.6	Rahmenecken	430
7	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit – GZG	435
7.1	Allgemeines	435
7.2	Verhalten unter Gebrauchslast	436
7.2.1	Einaxiale Druckbeanspruchung	436
7.2.2	Einaxiale Zugbeanspruchung	440
7.2.3	Biegebeanspruchung	445
7.3	Begrenzung der Spannungen	452
7.4	Begrenzung der Rissbreiten	453
7.4.1	Direkte Berechnung der Rissbreite	454
7.4.2	Indirekter Nachweis der Rissbreite über den Grenzdurchmesser	458

7.5	Begrenzung der Verformung.....	461
7.5.1	Allgemeines.....	461
7.5.2	Nachweis der Verformungsbegrenzung ohne direkte Berechnung.....	463
7.5.3	Nachweis der Verformungsbegrenzung mit direkter Berechnung.....	464

Bezeichnungen	<hr/>	467
----------------------	-------	------------

Literaturverzeichnis	<hr/>	475
-----------------------------	-------	------------