

Dreidimensionale Materialmodellierung von Stahlbeton

Bearbeitet von
Andreas Heuer

1. Auflage 2007. Buch. 198 S. Paperback
ISBN 978 3 8167 7445 7

schnell und portofrei erhältlich bei


DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

Dreidimensionale Materialmodellierung von Stahlbeton

Andreas Heuer

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2007, ISBN 978-3-8167-7445-7

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Dreidimensionale Materialmodellierung von Stahlbeton

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Andreas Heuer

von der Fakultät VI
“Planen Bauen Umwelt”
der Technischen Universität Berlin
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender:	Prof. Dr.-Ing. W. Huhnt
1. Bericht:	Prof. Dr.-Ing. habil. Y. Petryna
2. Bericht:	Prof. Dr.-Ing. habil. R. Harbord
3. Bericht:	Prof. Dr.-Ing. habil. C. Könke

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 22.Juni 2007

Berlin 2007

D83

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Zielsetzung dieser Arbeit	4
1.3	Stand der Forschung	5
2	Kontinuumsmechanische Grundlagen	15
2.1	Bedeutung in den Bauingenieurdisziplinen	15
2.2	Darstellungsweisen in der Kontinuumsmechanik	17
2.3	Zeitableitungen	18
2.4	Verschiebung, Deformationsgradient, Geschwindigkeitsgradient	18
2.5	Polare Zerlegung, Verzerrungstensoren	19
2.6	Geschwindigkeitsgradient und Zeitableitung	21
2.7	Zerlegung des Deformationsgradienten	22
2.8	Bilanzgleichungen	24
2.8.1	Massebilanz	24
2.8.2	Impulsbilanz	26
2.9	Transformationseigenschaften der mechanischen Felder	29
2.9.1	Beispiel: rotierende Rechteckscheibe	29
2.9.2	Objektivität von Tensoren	31
3	Thermodynamische Grundlagen	35
3.1	Grundlegendes	35
3.1.1	Erster Hauptsatz der Thermodynamik	36
3.1.2	Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik	36
3.1.3	Prinzip der inneren Variablen	37
3.1.4	Dissipationspotentiale	39

4	Materialverhalten von Beton und Stahl	41
4.1	Beton	41
4.1.1	Algemeines	41
4.2	Einachsige Beanspruchung	42
4.2.1	Druckbeanspruchung	42
4.2.2	Zugbeanspruchung	44
4.3	Mehraxiales Verhalten	47
4.4	Zyklisches Verhalten	51
4.5	Geschwindigkeitsabhängiges Verhalten	52
4.6	Stahl	54
4.7	Verbundverhalten zwischen Stahl und Beton	57
5	Materialtheorien	61
5.1	Grundlegende Betrachtungen	61
5.2	Elastisches Materialverhalten	63
5.3	Plastizität	65
5.3.1	Geschichtlicher Abriss	65
5.3.2	Grundbegriffe der Plastizität	66
5.3.3	Ableitung der tangentialen Steifigkeitsbeziehung	68
5.4	Viskoses Materialverhalten	68
5.4.1	Viskoplastizität	68
5.4.2	Viskoelastizität	70
5.5	Schädigung	71
6	Formulierung des Stahlbetonmodells	73
6.1	Grundlegende Betrachtungen	73
6.2	Betonmodellierung im Druckbereich	74
6.2.1	Entwicklung des Nachgiebigkeitstensors	76
6.2.2	Einachsige Modellierung	77
6.2.3	Mehrachsiges Modellierung	79
6.2.4	Simulationen am Materialpunkt	91
6.3	Betonmodellierung im Zugbereich	95
6.3.1	Anisotropes Rissmodell	97
6.3.2	Einachsiges Verhalten	98

6.3.3	Numerische Simulationen am Materialpunkt	101
6.4	Modellierung zeitabhängiger Effekte	104
6.5	Betonstahl	107
7	Numerische Umsetzung	109
7.1	Allgemeine Anmerkungen	109
7.2	FE-Konzept des Betonmodells	109
7.2.1	Lokale Form der Bestimmungsgleichungen	110
7.2.2	Schwache Form der Bestimmungsgleichungen	111
7.2.3	Räumliche Diskretisierung	112
7.2.4	Zeitliche Integration	118
7.3	FE-Konzept des Bewehrungsmodells	123
7.3.1	Lokale Elementmatrix der Bewehrungselemente	123
7.3.2	Verbund zwischen Beton und Bewehrung	126
8	Beispielberechnungen	131
8.1	Allgemeine Anmerkungen	131
8.2	Geometrisch nichtlineare Berechnung eines Würfels	132
8.3	Patchtest bei inelastischem Materialverhalten	135
8.3.1	Konstante longitudinale Dehnung	135
8.3.2	Konstante Gleitung	137
8.4	Benchmarktest an einem Stahlbalken	139
8.5	Unbewehrter Betonbalken	142
8.6	Stahlbetonrahmen	145
8.7	Durchstanzversuch	149
9	Zusammenfassung und Ausblick	153
9.1	Zusammenfassung	153
9.2	Ausblick	154
A	Integralsätze	157
A.1	Integralsätze von Gauß, Green und Stokes	157
A.2	Green'scher Integralsatz (Gradienten-Theoreme)	158
A.3	Gauß'scher Integralsatz (Divergenz-Theoreme)	158
A.4	Stokes'scher Integralsatz (Rotations-Theoreme)	159
A.5	Reynold'sches Transporttheorem	159

B	Ergänzende Formeln zum Betonmodell	161
B.1	Konstanten für $k_{ty2}(\tilde{\sigma}_m)$	161
C	Schreibweise	165
	Literaturverzeichnis	171
	Abbildungsverzeichnis	183