

Technische und wirtschaftliche Bewertung der Mindestbewehrungsregeln für Stahlbetonbauteile

Vom Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie
der Technischen Universität Darmstadt
zur Erlangung der Würde eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

DISSERTATION

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Stefan Kempf
aus Aschaffenburg

D 17

Darmstadt 2001

Referent:	Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner
Korreferent:	Prof. Dr.-Ing. E. Schubert
Tag der Einreichung:	08.05.2001
Tag der mündlichen Prüfung:	26.06.2001

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner danke ich sehr herzlich für die vielfältigen Anregungen und die stete Unterstützung.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert danke ich für sein entgegengebrachtes Interesse und für die Übernahme des Korreferates.

Bedanken möchte ich mich an dieser Stelle auch bei den Studenten, die im Rahmen von Vertiefer- und Diplomarbeiten, insbesondere bei der Erstellung der einzelnen Programme mitgewirkt haben. Namentlich erwähnen möchte ich die Herren Gordon Atkinson, Jörg Belten, Jens Dechent und Gert Riegel.

Für das Korrekturlesen dieser Arbeit danke ich insbesondere Frau Dipl.-Ing. Natascha Witt sowie den Herren Bernd Büdel und Gerhard Teichmann.

Abschließend danke ich meinen Eltern für die große Unterstützung, die sie mir in all den Jahren zuteil werden ließen. Meinem Vater danke ich für die kritische Durchsicht dieser Arbeit und den damit verbundenen Anmerkungen.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abkürzungen und Bezeichnungen

1	Einleitung	1
2	Zielsetzung und Durchführung	3
3	Normative Regelungen zur Mindestbewehrung	6
3.1	Vorbemerkung	6
3.2	Aufgaben der verschiedenen Mindestbewehrungsarten	7
3.3	Mindestlängsbewehrung für Balken und Platten	9
3.3.1	Mindestlängsbewehrung zur Versagensvorankündigung	9
3.3.2	Mindestlängsbewehrung zur Rißbreitenbeschränkung bei Zwangbeanspruchungen	12
3.4	Mindestschubbewehrung für Balken und Platten	13
3.5	Mindestbewehrung für Stützen	19
3.5.1	Mindestlängsbewehrung für Stützen	19
3.5.2	Mindestquerbewehrung für Stützen	22
3.6	Mindestbewehrung für Wände	25
3.6.1	Mindestvertikalbewehrung für Wände	25
3.6.2	Mindesthorizontalbewehrung für Wände	26
3.6.3	Mindestquerbewehrung für Wände	28
3.7	Zusammenfassung	28
4	Technische und baubetriebliche Grundlagen	30
4.1	Vorbemerkung	30
4.2	Bemessung von Betonbauteilen nach EC 2	31
4.2.1	Grundkonzept der Bemessung	31
4.2.2	Grenzzustände der Tragfähigkeit	33
4.2.2.1	Allgemeines	33
4.2.2.2	Biegung mit und ohne Längskraft	33
4.2.2.3	Querkraft	35
4.2.2.4	Tragwerksverformung (Knicksicherheitsnachweis) - bewehrte Druckglieder	38

4.2.2.5	Tragwerksverformung (Knicksicherheitsnachweis) – unbewehrte Druckglieder	41
4.2.3	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	42
4.2.3.1	Vorbemerkung	42
4.2.3.2	Begrenzung der Spannungen unter Gebrauchsbedingungen	42
4.2.3.3	Beschränkung der Rißbreiten	44
4.2.3.4	Verformungsbegrenzung	52
4.3	Herstellung von Betonbauteilen	53
4.3.1	Vorbemerkung	53
4.3.2	Schalung	53
4.3.3	Bewehrung	56
4.3.4	Beton	57
4.4	Baubetriebliche Voraussetzungen	59
4.4.1	Vorbemerkung	59
4.4.2	Grundlagen der Kalkulation	59
4.4.2.1	Allgemeines	59
4.4.2.2	Kalkulationsverfahren	60
4.4.2.3	Kalkulationsstruktur und Kostenbestandteile	62
4.4.3	Berücksichtigte Kostenarten	68
5	Grundlagen der Statistik	71
5.1	Allgemeine Erläuterungen	71
5.2	Datenanalyse	71
5.3	Fehlerrechnung	78
5.3.1	Vorbemerkung	78
5.3.2	Fehlerfortpflanzungsgesetz von Gauß	78
5.3.3	Monte-Carlo-Methode	79
6	Ansätze für die Kostenkennwerte	83
6.1	Vorbemerkung	83
6.2	Kostenansätze für Betonarbeiten	85
6.2.1	Stoffkosten	85
6.2.2	Aufwandswerte	87
6.3	Kostenansätze für Schalungsarbeiten	92
6.3.1	Vorbemerkung	92
6.3.2	Materialkosten und Aufwandswerte	93
6.4	Kostenansätze für Bewehrungsarbeiten	103
6.5	Lohnkostenansatz	104

7	Programmbeschreibung	105
7.1	Vorbemerkung	105
7.2	Objektorientierte Programmierung mit Borland DELPHI 4	106
7.2.1	Allgemeine Erläuterungen	106
7.2.3	Begriffsdefinitionen	106
7.3	Programmablauf	109
7.3.1	Allgemeine Strukturierung	109
7.3.2	Eingabemodul für die Bemessungsgrößen	110
7.3.3	Eingabemodul Kostenansätze	114
7.3.4	Berechnungsmodul	115
7.3.5	Ergebnisausgabe	116
7.4	Berechnungsprozeduren	119
7.4.1	Vorbemerkung	119
7.4.2	Berechnungsmodul für Platten und stabförmige Biegeglieder	120
7.4.3	Berechnungsmodul für Scheiben und stabförmige Druckglieder	132
8	Analyse der durch die Mindestbewehrung verursachten Zusatzkosten	 138
8.1	Vorbemerkung	138
8.2	Mindestbewehrung zur Versagensvorankündigung für Biegebauteile	141
8.2.1	Vorbemerkung	141
8.2.2	Mindestlängsbewehrung zur Versagensvorankündigung für Platten	141
8.2.3	Mindestbewehrung zur Versagensvorankündigung für Balken	144
8.3	Mindestbewehrung zur Rißbreitenbeschränkung bei Zwangbeanspruchung	147
8.3.1	Vorbemerkung	147
8.3.2	Deckenplatten	148
8.3.3	Bodenplatten	153
8.3.4	Wände	155
8.4	Mindestbewehrung für stabförmige Druckglieder	157
8.4.1	Vorbemerkung	157
8.4.2	Kostenanalyse	158
8.5	Mindestbewehrung für Wände	163
8.5.1	Vorbemerkung	163
8.5.2	Kostenanalyse	163
8.6	Einsparpotentiale durch den Einsatz unbewehrter Bauteile	168
8.7	Zusammenfassung	170
9	Schlußfolgerungen	 172
9.1	Vorbemerkung	172

9.2	Mindestbewehrung zur Versagensvorankündigung für Biegebauteile	172
9.3	Mindestbewehrung zur Rißbreitenbeschränkung bei Zwangbeanspruchung	174
9.4	Mindestbewehrung für stabförmige Druckglieder	175
9.5	Mindestbewehrung für Wände	176
10	Zusammenfassung	177
	Literaturverzeichnis	179
A-1	Anhang	A-1
A-1.1	Vorbemerkung	A-1
A-1.2	Prinzipielle Kostenanalyse am Beispiel einer Zweifeldplatte	A-1
A-1.3	Mindestbewehrung zur Versagensvorankündigung	A-11
A-1.4	Mindestbewehrung zur Rißbreitenbeschränkung bei Zwangbeanspruchung	A-18
A-1.5	Mindestbewehrung für stabförmige Druckglieder	A-24
A-1.6	Mindestbewehrung für Wände	A-27

Lebenslauf