
Inhaltsverzeichnis

Bezeichnungen	1
1 Einführung	5
1.1 Untersuchungsgegenstand	5
1.2 Ziel und Inhalt der Arbeit	7
2 Stand der Forschung und Technik	8
2.1 Vorbemerkung	8
2.2 Rissverhalten von Bauteilen mit Bewehrung in Beanspruchungsrichtung	8
2.2.1 Phasen der Rissbildung	9
2.2.2 Ansätze zur Berechnung der Rissbreite	10
2.3 Rissverhalten von Bauteilen mit schiefwinkliger Bewehrung	13
2.3.1 Bauteiluntersuchungen	13
2.3.2 Untersuchungen zur Kraftübertragung in Rissen	17
2.3.3 Ansätze zur Berechnung der Rissbreite	26
2.4 Schlussbemerkung	30
3 Berechnungsansätze für das Materialverhalten	31
3.1 Vorbemerkung	31
3.2 Beton	31
3.2.1 Druckbeanspruchung	31
3.2.2 Zugbeanspruchung	32
3.3 Betonstahl	35
3.4 Verbund	35
3.4.1 Verbundansätze	35
3.4.2 Verbundfreie Vorlänge	38
3.4.3 Integrale Verbundmodellierung (Tension Stiffening)	38
3.5 Schubkraftübertragung im Riss	39
3.5.1 Rissverzahnung (lokale Rauigkeit)	39
3.5.2 Dübelwirkung	41
3.5.3 Aufnehmbare Schubbeanspruchung in der Rissebene	41
3.6 Schlussbemerkung	44
	III

4 Rissverhalten von Flächentragwerken bei einaxialer Zugbeanspruchung	45
4.1 Vorbemerkung	45
4.2 Rissbildung	45
4.2.1 Rissorientierung	45
4.2.2 Charakteristischer Rissabstand für $\Theta = 0^\circ$	48
4.2.3 Charakteristischer Rissabstand für $\Theta > 0^\circ$	50
4.2.4 Verteilungstyp des Rissabstandes	52
4.2.5 Rissbreiten	53
4.3 Formänderungsverhalten	54
4.4 Schlussbemerkung	59
5 Rissverhalten von Flächentragwerken bei zweiaxialer Zugbeanspruchung	60
5.1 Vorbemerkung	60
5.2 Versuchsaufbau	60
5.3 Rissbildung	61
5.3.1 Risschnittgröße	61
5.3.2 Rissfortschritt	62
5.3.3 Rissorientierung	63
5.3.4 Charakteristischer Rissabstand und Verteilungstyp	68
5.3.5 Rissbreiten	69
5.4 Formänderungsverhalten	72
5.5 Schlussbemerkung	77
6 Numerische Untersuchungen mit der FEM an Scheiben	79
6.1 Vorbemerkung	79
6.2 Numerisches Modell	79
6.2.1 Netzgenerierung	79
6.2.2 Rissmodellierung	80
6.2.3 Verbund- und Bewehrungsmodellierung	80
6.3 Vergleich der DGL des verschieblichen Verbundes mit dem numerischen Modell	81
6.4 Verifizierung an Versuchen	82

6.5	Parameteruntersuchungen	93
6.5.1	Unidirektionale Rissbildung	93
6.5.2	Bidirektionale Rissbildung	96
6.5.3	Einflussgrößen auf Stahlspannungen und Rissbreiten	100
6.6	Schlussbemerkung	101
7	Rissbreitenansatz für Flächentragwerke mit schiefwinklig orientierter Bewehrung	102
7.1	Vorbemerkung	102
7.2	Ingenieurmodell zur Bestimmung des Spannungszustandes im Riss	102
7.2.1	Annahmen	102
7.2.2	Herleitung	103
7.2.3	Validierung an Versuchen	111
7.3	Rissbreitenansatz unidirektionale Rissbildung	114
7.3.1	Berechnung der Rissbreite	114
7.3.2	Validierung an Versuchen	117
7.4	Rissbreitenansatz bidirektionale Rissbildung	127
7.4.1	Berechnung der Rissbreite	127
7.4.2	Validierung an Versuchen	128
7.5	Ableich des numerischen Modells mit dem Ingenieurmodell (Stahlspannungen)	133
7.6	Parameterstudie mit dem Rissbreitenansatz	136
7.7	Schlussbemerkung	138
8	Formänderungsansatz für Flächentragwerke mit beliebig orientierter Bewehrung	141
8.1	Vorbemerkung	141
8.2	Berechnungsgrundlagen für den Versagenszustand	141
8.3	Modifizierte Zugkennlinie für einaxiale Beanspruchung	142
8.3.1	Mathematische Beziehung	142
8.3.2	Verifizierung an Versuchen	144
8.3.3	Parameteruntersuchungen	145
8.4	Modifizierte M - κ -Beziehung für einaxiale Beanspruchung	147

8.4.1 Mathematische Beziehung	147
8.4.2 Verifizierung an Versuchen	148
8.5 Modifizierte Zugkennlinie für zweiachiale Beanspruchung	151
8.5.1 Mathematische Beziehung	151
8.5.2 Verifizierung an Versuchen	155
8.6 Modifizierte M - κ -Beziehung für zweiachiale Beanspruchung	157
8.7 Modifizierte Kennlinien für kombinierte Beanspruchungen (Zug, Druck und Schub)	157
8.7.1 Mathematische Beziehung	157
8.7.2 Verifizierung an Versuchen	160
8.8 Schlussbemerkung	161
9 Empfehlungen zur praktischen Nachweisführung bei Flächentragwerken mit schiefwinkliger Bewehrung	163
9.1 Abgrenzung zwischen in Beanspruchungsrichtung und schiefwinklig bewehrten Flächentragwerken	163
9.2 Hinweise zum Konstruieren bei schiefwinkliger Bewehrung	164
9.3 Rissbreitenberechnung bei Platten	165
9.4 Rissbreiten- und Formänderungsberechnung bei nicht orthogonaler Bewehrung	167
10 Zusammenfassung und Ausblick	168
11 Literaturverzeichnis	170
Anhang A – Ansatz für Rissbreiten, Beispiele und Versuchsdatenbank	177
Anhang B – Eigene Versuche (Kleinversuche)	201
Anhang C – Eigene Versuche (Lasteinleitung und TS am Zugstab)	241
Anhang D – Eigene Versuche (Großversuche)	247
Anhang E – Versuche von PETER	276
Anhang F – Versuche von IVÁNYI & LARDI	289
Anhang G – Versuche von WÄSTLUND & HALLBJÖRN	295
Anhang H – Versuche von VECCHIO & COLLINS	297