

# Tragfähigkeitsermittlung stahlfaserverstärkter Betone

Von Dr.-Ing. Lars Kützing  
Universität Leipzig



B.G. Teubner Stuttgart · Leipzig · Wiesbaden

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Forschungsziel</b> .....	11
1.1	Problemstellung.....	11
1.2	Ziel der Arbeit.....	12
<b>2</b>	<b>Materialeigenschaften</b> .....	13
2.1	Allgemeines.....	13
2.2	Stahlfaserbeton.....	15
2.2.1	Historische Entwicklung.....	15
2.2.2	Moderne Anwendungen.....	16
2.2.3	Herstellung von Stahlfasern.....	18
2.2.4	Herstellung von Stahlfaserbeton und Frischbetoneigenschaften.....	23
2.2.5	Festbetoneigenschaften.....	25
2.2.6	Korrosionsverhalten.....	27
<b>3</b>	<b>Ermittlung der Tragfähigkeit - Grundlagen und Konzepte</b> .....	29
3.1	Überlegungen zur Bemessung von Stahlfaserbeton.....	29
3.2	Empfohlene Bemessungskonzepte.....	30
3.3	Bruchmechanik.....	34
3.3.1	Einführung.....	34
3.3.2	Beschreibung von Bruchvorgängen in Beton.....	34
3.3.3	Experimentelle Ermittlung bruchmechanischer Kenngrößen von Beton ..	37
3.3.4	Bruchmechanische Kenngrößen von Stahlfaserbeton .....	39
<b>4</b>	<b>Modellierung des Bruchverhaltens</b> .....	40
4.1	Allgemeine Überlegungen.....	40
4.2	Entwicklung einer $\sigma$ -w Beziehung für Stahlfaserbeton.....	42
4.2.1	Betonanteil.....	43
4.2.2	Anteil der Stahlfasern.....	44
4.2.3	Beurteilung der nötigen Parameter.....	49
4.2.4	Ermittlung der rechnerischen Zugspannungs-Rißöffnungsbeziehung.....	56
4.3	Modellvergleich mit durchgeführten Versuchen.....	57

4.3.1	Versuchskonzeption.....	57
4.3.2	Vergleich der Ergebnisse.....	60
4.4	Herleitung einer vereinfachten trilinearen Entfestigungsfunktion.....	62
4.4.1	Funktionsverlauf der vereinfachten Kurve.....	62
4.4.2	Ermittlung der Bruchenergie bzw. Auszugsenergie.....	65
4.4.3	Beispielrechnung.....	66
4.5	Fasertragwirkungen bei Rißgleitungen.....	68
4.5.1	Vorüberlegungen .....	68
4.5.2	Modellüberlegungen.....	69
4.5.3	Betonanteil.....	70
4.5.4	Anteil der Stahlfasern .....	71
<b>5</b>	<b>Tragverhalten unter zentrischer Druckbeanspruchung.....</b>	<b>72</b>
5.1	Allgemeines.....	72
5.2	Bruchcharakteristik.....	73
5.2.1	Grundbegriffe.....	73
5.2.2	Verformungsverhalten von Beton und Bemessungsverfahren.....	75
5.2.3	Überlegungen zur Duktilitätssteigerung.....	79
5.3	Experimentelle Untersuchungen.....	80
5.3.1	Einführung.....	80
5.3.2	Versuchsaufbau.....	81
5.3.3	Materialtechnologie.....	83
5.3.4	Versuche an Zylindern.....	84
5.3.5	Versuche an Stützen.....	96
5.4	Rechnerische Modellierung.....	100
5.4.1	Tragverhalten unter einachsialer Druckbeanspruchung.....	100
5.4.2	Das CDZ Modell.....	101
5.4.3	Ermittlung der Werkstoffparameter für Faserbeton.....	108
5.4.4	Das BDZ Modell.....	115
5.4.5	Vergleich mit experimentellen Untersuchungen.....	122
5.4.6	Vergleich der Verformungskapazität durch Bügel und Fasern.....	123
5.4.7	Optimierung der Verformungskapazität.....	127
<b>6</b>	<b>Schubtragfähigkeit stahlfaserverstärkter Balken.....</b>	<b>129</b>
6.1	Allgemeine Einführung.....	129

6.2	Charakteristiken des Schubversagens.....	130
6.2.1	Biegeschubbruch.....	131
6.2.2	Schubzugbruch.....	132
6.2.3	Schubdruckbruch.....	132
6.3	Bemessungsvorschriften nach EC 2.....	132
6.3.1	Grundlagen des Nachweiskonzeptes.....	132
6.3.2	Das Nachweisverfahren nach EC 2.....	134
6.3.3	Zum Einfluß von Stahlfasern.....	134
6.4	Experimentelle Untersuchungen an schubschlanken Balken.....	137
6.4.1	Versuchskonzeption.....	137
6.4.2	Versuchsergebnisse.....	140
6.4.3	Literaturangaben.....	142
6.5	Empirische Modellierungen für Bauteile ohne Schubbewehrung.....	144
6.5.1	Allgemeines.....	144
6.5.2	Die Auswertungen von Gustafsson / Hillerborg.....	145
6.5.3	Berücksichtigung durch einen Proportionalitätsfaktor.....	147
6.6	Das Parabel-Schrägriß Modell von Fischer.....	151
6.6.1	Zur Entwicklung.....	151
6.6.2	Modell - Grundlagen.....	151
6.6.3	Modellparameter.....	153
6.6.4	Modifizierung zur Anwendung bei Stahlfaserbeton.....	156
6.6.5	Ergebnisse und Diskussion.....	158
6.7	Das Druckzonenmodell nach Zink.....	160
6.7.1	Zur Entwicklung.....	160
6.7.2	Modell - Parameter.....	160
6.7.3	Modifizierung zur Anwendung bei Stahlfaserbeton.....	161
6.8	Modellbewertungen und Anwendungsvorschlag.....	162
<b>7</b>	<b>Biegetragfähigkeit stahlfaserverstärkter Balken.....</b>	<b>165</b>
7.1	Allgemeine Einführung.....	165
7.2	Charakteristiken des Biegeversagens.....	166
7.3	Experimentelle Untersuchungen an Biegeträgern.....	167
7.3.1	Versuchskonzeption.....	167
7.3.2	Betontechnologie.....	168
7.3.3	Versuchsergebnisse.....	168
7.4	Modellierungen des Tragverhaltens.....	170

7.5	Ausblick.....	173
<b>8</b>	<b>Sonderanwendungen und Ausblick.....</b>	<b>174</b>
8.1	Sonderanwendungen.....	174
8.1.1	Brandverhalten.....	174
8.1.2	Fertigteilbau.....	178
8.1.3	Tunnelbau.....	179
8.1.4	Verstärkung von Bauteilen.....	180
8.2	Ausblick.....	180
	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>181</b>
	<b>Versuchsaufbau der zentrischen Zugversuche.....</b>	<b>184</b>
	<b>Diagramme.....</b>	<b>185</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>197</b>
	<b>Variablendeklaration.....</b>	<b>208</b>
	<b>Index.....</b>	<b>213</b>