

INHALTSVERZEICHNIS

Einheiten und Bezeichnungen.....	xi
1 Einleitung	1
1.1 Veranlassung.....	1
1.2 Zielsetzung und Vorgehen.....	2
2 Stand der Kenntnisse.....	4
2.1 Allgemeines	4
2.2 Traganteile für Querkraft	4
2.3 Modellansätze für die Querkrafttragfähigkeit.....	5
2.3.1 Allgemeines	5
2.3.2 Empirische Ansätze	5
2.3.3 Physikalisch basierte Modelle	6
2.3.3.1 Exkurs: Bauteile mit Querkraftbewehrung	6
2.3.3.2 Modelle auf Basis der Compression Field Theory.....	6
2.3.3.3 Critical Shear Crack Theory	7
2.3.3.4 Shear-flexural strength mechanical model	7
2.3.4 Vergleich der Modellansätze	8
2.4 Abgrenzung zwischen Querkraft und Durchstanzen	13
2.5 Mitwirkende Breite für Querkraft.....	15
2.5.1 Allgemeines	15
2.5.2 Historische Entwicklung in deutschen Regelwerken	16
2.5.3 Horizontale Lastausbreitung unter einem Winkel.....	17
2.5.4 Linear-elastische Finite-Elemente-Berechnungen	18
2.5.5 Vergleich der verschiedenen Ansätze und Fazit	19
2.6 Untersuchung ausgewählter Einflussfaktoren	20
2.6.1 Einfluss der Schubschlankheit.....	20
2.6.1.1 Schubtal nach Kani.....	20
2.6.1.2 Auflagernahe Einzellasten.....	21
2.6.2 Einfluss der Durchlaufwirkung	23
2.6.2.1 Allgemeines	23
2.6.2.2 Einspanngrad, Momenten-Querkraft- und Momentenverhältnis	24
2.6.2.3 Experimentelle Untersuchungen an Balken	25
2.6.2.4 Experimentelle Untersuchungen an Platten unter Einzellasten	29
2.6.2.5 Fazit	29
2.6.3 Einfluss der Gurtneigung	30
2.6.3.1 Allgemeines	30
2.6.3.2 Berücksichtigung bei der Querkraftbemessung	30
2.6.3.3 Experimentelle Untersuchungen	31
2.6.3.4 Fazit	35
2.7 Offene Fragestellungen	35
3 Experimentelle Untersuchungen.....	36
3.1 Allgemeines	36

3.2	Versuchsprogramm	36
3.3	Versuchsvorbereitung und -durchführung	39
3.3.1	Bewehrung und Materialkennwerte	39
3.3.2	Versuchsaufbau und –durchführung	39
3.3.2.1	Versuchsaufbau	39
3.3.2.2	Versuchsdurchführung	40
3.3.3	Messtechnik	42
3.3.3.1	Allgemeines	42
3.3.3.2	Verformung	43
3.3.3.3	Rissöffnungen und Änderung der Plattendicke	43
3.3.3.4	Betondehnungen	43
3.3.3.5	Betonstahldehnungen	44
3.3.3.6	Prüflasten und Auflagerkraft	44
3.4	Versuchsergebnisse	44
3.4.1	Allgemeines	44
3.4.2	Versagensform, Bruchbilder und Rissöffnungen	45
3.4.3	Verformung	54
3.4.4	Verteilung der Auflagerkräfte	56
3.4.5	Betondehnungen	59
3.4.6	Stahldehnungen	61
3.4.7	Querkrafttragfähigkeit	62
3.4.8	Mitwirkende Breiten	70
3.4.9	Fazit	72
4	Numerische Untersuchungen	74
4.1	Allgemeines	74
4.2	Nichtlineare Berechnungen	74
4.2.1	Modellierung	74
4.2.2	Materialmodelle	75
4.2.2.1	Beton	75
4.2.2.2	Betonstahl und Baustahl	78
4.2.3	Validierung	78
4.2.4	Auswertung	79
4.2.4.1	Vorgehen bei der Auswertung der mitwirkenden Breite	79
4.2.4.2	Einflüsse aus dem Versuchsaufbau	82
4.2.4.3	Parameterstudie zur mitwirkenden Plattenbreite	83
4.3	Linear-elastische Berechnungen	86
4.3.1	Modellierung	86
4.3.2	Materialmodelle	90
4.3.3	Validierung	91
4.3.4	Auswertung	91
4.3.4.1	Vorgehen bei der Auswertung der mitwirkenden Breite	91
4.3.4.2	Einflüsse aus dem Versuchsaufbau und dem statischen System	92
4.3.4.3	Parameterstudie zur mitwirkenden Plattenbreite	96

4.4	Fazit.....	103
5	Querkraftdatenbank Platten unter Einzellasten	104
5.1	Allgemeines	104
5.2	Übersicht über die Datenbank.....	104
5.2.1	Aufbau der Datenbank.....	104
5.2.2	Datengrundlage	104
5.2.3	Auswahl der Versuche für die weitere Auswertung.....	106
5.2.4	Datengrundlage nach Anwendung der Auswahlkriterien	107
5.2.5	Fazit	110
5.3	Überprüfung einzelner Einflussfaktoren	110
5.3.1	Allgemeines	110
5.3.2	Lastabstand und a/d -Verhältnis.....	111
5.3.3	Einspanngrad.....	112
5.3.4	Größe der Belastungsfläche.....	114
5.3.5	Versuchskörperbreite	115
5.3.6	Statische Nutzhöhe bzw. Maßstabseffekt	116
5.3.7	Querbewehrungsgrad.....	117
5.3.8	Fazit	118
5.4	Auswertung der Datenbank nach bestehenden Ansätzen	118
5.4.1	Allgemeines	118
5.4.2	Vergleich der Bemessungsmodelle.....	119
5.4.2.1	Auswertung nach Einflussparametern.....	119
5.4.2.2	Statistische Auswertung	120
5.4.3	Bewertung bestehender Ansätze für die mitwirkende Breite	122
5.4.3.1	Auswertung nach Einflussparametern.....	122
5.4.3.2	Statistische Auswertung	123
5.4.4	Fazit	125
6	Eigene Bemessungsansätze	127
6.1	Allgemeines	127
6.2	Einfluss der Gurtneigung	127
6.2.1	Eigener Vorschlag zur Berücksichtigung bei der Bemessung	127
6.2.2	Validierung.....	127
6.2.3	Bedeutung für die Praxis	130
6.3	Auflagernahe Einzellasten.....	130
6.3.1	Modifizierter β -Faktor.....	130
6.3.2	Validierung.....	131
6.3.3	Bedeutung für die Praxis	134
6.4	Maßstabseinfluss.....	134
6.4.1	Modifizierter Maßstabsfaktor	134
6.4.2	Kalibrierung und Validierung	135
6.4.3	Bedeutung für die Praxis	136
6.5	Mitwirkende Breite für Querkraft.....	136
6.5.1	Modifizierter Ansatz	136

6.5.2	Validierung.....	139
6.5.2.1	Validierung durch zusätzliche experimentelle Untersuchungen.....	139
6.5.2.2	Validierung anhand der Querkraftdatenbank	141
6.5.2.3	Statistische Validierung	142
6.5.3	Bedeutung für die Praxis	145
6.6	Fazit.....	149
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	150
	Literatur.....	154
A	Anhang A: Bemessungsmodelle.....	A1
A1	Allgemeines	A1
A2	Eurocode 2	A1
A3	Model Code 2010	A2
A4	SIA 262.....	A3
A5	Shear-flexural strength mechanical model.....	A5
B	Anhang B: Experimentelle Untersuchungen.....	B1
B1	Versuchsmatrix.....	B1
B2	Versuchsvorbereitung.....	B2
B2.1	Bewehrung.....	B2
B2.2	Herstellung der Versuchskörper	B4
B2.3	Materialkennwerte	B5
B3	Ergänzende Auswertung der Stahldehnungen.....	B8
C	Anhang C: Querkraftdatenbank Platten unter Einzellasten	C1
C1	Aufbau der Datenbank.....	C1
C2	Kriterien zur Auswahl der Versuche	C2
C3	Datenbank	C5
C4	Vorgehen bei der statistischen Auswertung.....	C20
C5	Auswertung Querkraftbemessungsansätze (Datenbasis P1a)	C21
C6	Auswertung Querkraftbemessungsansätze in Verbindung mit Ansätzen für die mitwirkende Breite für Querkraft (Datenbasis P1)	C26
C6.1	Auswertung nach Einflussparametern.....	C26
C6.2	Statistische Auswertung	C47
D	Anhang D: Datenbanken Balken.....	D1
E	Anhang E: Aufbereitung der Normenvorschläge	E1
E1	Einfluss der Gurtneigung	E1
E2	Auflagernahe Einzellasten.....	E1
E3	Maßstabseinfluss.....	E1
E4	Mitwirkende Breite für Querkraft.....	E2