

TRAGVERHALTEN GEMAUERTER KREUZGEWÖLBE

Zur Erlangung des akademischen Grades eines

DOKTOR - INGENIEURS

von der Fakultät für Architektur der
Universität Karlsruhe (TH) genehmigte

DISSERTATION

von

Dipl.-Ing. Rainer Barthel

Tag der mündlichen Prüfung: 17.07.1991

Referent: Prof. Dr.-Ing. Fritz Wenzel

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof

TRAGVERHALTEN GEMAUERTER KREUZGEWÖLBE

Inhalt	Seite
<u>1</u> <u>EINLEITUNG</u>	1
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	1
1.2 Zum Stand des Wissens	1
1.3 Vorgehensweise	3
<u>2</u> <u>BEGRIFFE, EINTEILUNG UND BESCHREIBUNG DER GEWÖLBE</u>	6
2.1 Begriffe	6
2.1.1 Begriff Gewölbe	6
2.1.2 Teile und Merkmale der Gewölbe	8
2.2 Form	14
2.2.1 Allgemeine Einteilung der Gewölbe	14
2.2.2 Einteilung der Gewölbe nach der Form	15
2.2.3 Vierteilige Kappengewölbe über rechteckigem Grundriß	15
2.2.4 Kreiszyllindrisches Kreuzgewölbe	19
2.2.5 Kreuzgewölbe mit geraden Scheiteln	24
2.2.6 Kreuzgewölbe mit gebusten Kappen	29
2.2.7 Kuppelartiges Kreuzgewölbe	34
2.3 Konstruktion	38
2.3.1 Gewölbekappen	38
2.3.2 Rippen	39
2.3.3 Auflagerbereich	40
2.4 Material	41
<u>3</u> <u>GEWÖLBESCHÄDEN</u>	42
3.1 Risse in den Kappen	43
3.2 Schäden an den Rippen	61
<u>4</u> <u>TRAGVERHALTEN UND BERECHNUNGSMETHODEN, LITERATURAUSWERTUNG</u>	67
4.1 Qualitative Aussagen zum Tragverhalten	67
4.2 Geschichtliche Entwicklung der Berechnungsmethoden	80

4.3	Berechnung der Auflagerkräfte	83
4.3.1	Tabelle von Ungewitter Mohrmann	83
4.3.2	Verfahren nach Heyman	86
4.3.3	Verfahren nach Pieper	88
4.3.4	Anwendungen in der Praxis	91
4.4	Stützlinienmethode	95
4.4.1	Grundlage und Annahmen	95
4.4.2	Anwendungen in der Praxis	98
4.4.3	Berechnung des kreiszyklindrischen Kreuzgewölbes	105
4.5	Traglastverfahren	108
4.5.1	Grundlage und Annahmen	108
4.5.2	Grenzzustände am Tonnengewölbe	110
4.5.3	Grenzzustände am kreiszyklindrischen Kreuzgewölbe	112
4.6	FE-Methode	115
4.6.1	Aspekte bei der Berechnung gemauerter Schalen	115
4.6.2	Anwendungen	122
<u>5</u>	<u>BERECHNUNGEN</u>	126
5.1	Annahmen	128
5.1.1	Geometrie	128
5.1.2	Konstruktion	129
5.1.3	Material	130
5.1.4	Verwendetes FE-Programm	132
5.1.5	Darstellung und Interpretation der Ergebnisse	138
5.2	Tonnengewölbe	145
5.2.1	Lastfall Eigengewicht	145
5.2.2	Lastfall Eigengewicht plus Auflager- verschiebung	147
5.2.3	Zweilagiger Bogen	154
5.3	Kreiszyklindrisches Kreuzgewölbe	158
5.3.1	Vorstudien, Idealisierung	158
5.3.2	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht	159
5.3.3	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht plus Auflagerverschiebung	169

5.4	Kreuzgewölbe mit geraden Scheiteln	174
5.4.1	Idealisierung	174
5.4.2	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht	178
5.4.3	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht plus Auflagerverschiebung, Spannweite/ Breite $s/b = 3/2$	186
5.4.4	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht, $s/b = 1/1$	190
5.4.5	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht, $s/b = 2/1$	195
5.4.6	Resultierende Auflagerkräfte im Vergleich	195
5.5	Kreuzgewölbe mit gebusten Kappen	201
5.5.1	Idealisierung	201
5.5.2	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht, $s/b = 3/2$	207
5.5.3	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht plus Auflagerverschiebung, $s/b = 3/2$	213
5.6	Kuppelartiges Kreuzgewölbe	218
5.6.1	Idealisierung	218
5.6.2	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht, $s/b = 3/2$	223
5.6.3	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht plus Auflagerverschiebung, $s/b = 3/2$	226
5.6.4	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht, $s/b = 1/1$	230
5.6.5	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht, $s/b = 2/1$	235
5.6.6	Resultierende Auflagerkräfte im Vergleich	240
5.7	Hängegewölbe	241
5.7.1	Idealisierung	241
5.7.2	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht, $s/b = 3/2$	244
5.7.3	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht plus Auflagerverschiebung, $s/b = 3/2$	247
5.7.4	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht, $s/b = 1/1$	250
5.7.5	Ergebnisse Lastfall Eigengewicht, $s/b = 2/1$	255
5.7.6	Resultierende Auflagerkräfte im Vergleich	255
5.8	Weitere Parameterstudien	259
5.8.1	Freie Kappenränder	259
5.8.2	Orthotropie	259
5.8.3	Kreuzrippe	261

<u>6</u>	<u>Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse und Tragmodelle</u>	264
6.1	Auflagerkräfte	264
6.2	Kraftfluß	269
6.3	Riß- und Gelenkbildung	276
6.4	Tragwirkung der Rippen	279
<u>7</u>	<u>Gefährdungen der Standsicherheit und Hinweise zur statisch-konstruktiven Sicherung</u>	282
<u>8</u>	<u>Zusammenfassung</u>	285
<u>9</u>	<u>Offene Fragen und Ausblick</u>	288
<u>10</u>	<u>Literatur</u>	289
<u>11</u>	<u>Anlagen</u>	317