
Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	i
Vorwort	v
Inhaltsverzeichnis	vii
Publikationsübersicht	xiii
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung	4
1.3 Aufbau der Arbeit	5
1.4 Ausgewählte Grundlagen und Stand der Forschung	6
1.4.1 Grundlagen industrieller Produktionsprozesse und Darstellung der heutigen Betonfertigteilherstellung	6
1.4.2 Modularisierungsstrategien im Betonfertigteilbau	8
1.4.3 Wärmebehandlung von normal- und hochfestem Beton: Grundlagen und Einfluss auf ausgewählte Materialeigenschaften	11
1.4.4 Motivation und Grundlagen für die Kompensation der Toleranzen von Bau- teilen	14
1.5 Synopse	18
1.5.1 Einordnung der Publikationen in den Rahmen der Dissertation	18
1.5.2 Serielle Produktion durch beschleunigte Betonerhärtung: Wahl des Temper- regimes und der Betonrezeptur	19
1.5.3 Sulfatwiderstand des schnell wärmebehandeltem hochfestem HFB	20
1.5.4 Evaluierung ausgewählter Materialeigenschaften des schnell wärmebehan- delten HFB	21
1.5.5 Tragfähigkeitsbasierte Assemblierung seriell gefertigter Module	23
1.5.6 Toleranzausgleich der Module mithilfe der Verbindungsmittel	25
1.5.7 Toleranzausgleichende Platzierungsstrategie der Module	26

2	DEF of high-performance concrete with rapid, non-standard heat treatment	29
2.1	Introduction	30
2.2	Materials and Methods	32
2.2.1	Materials and heat treatment	32
2.2.2	Temperature measurement	33
2.2.3	Porosity of hardened HPC after heat treatment	33
2.2.4	Sulfate resistance of hardened HPC	33
2.2.5	Sulfate resistance of young HPC	34
2.3	Results and Discussion	35
2.3.1	Temperature and heating rates	35
2.3.2	Porosity of hardened HPC after a rapid heat treatment	36
2.3.3	Mass and strain changes during wet-dry cycles	37
2.3.4	Strain during the SVA test and accompanying mechanical tests	39
2.4	Conclusions	41
3	Influence of rapid heat treatment on the shrinkage and strength of high-performance concrete	43
3.1	Introduction	44
3.2	Materials and Methods	46
3.2.1	Temperature Measurement	47
3.2.2	Shrinkage Measurement	47
3.2.3	Strength Measurement	48
3.3	Results	48
3.3.1	Results of the Temperature Measurement	48
3.3.2	Shrinkage	49
3.3.3	Flexural and Compressive Strength	60
3.4	Conclusions	62
4	Experimente zur Schwindreduktion von hochfesten Betonbauteilen durch Wärmebehandlung	63
4.1	Einleitung	64
4.2	Experimente	66
4.3	Versuchsergebnisse und Diskussion	68
4.3.1	Temperatur	68
4.3.2	Schwinden	73
4.4	Modellierung der Schwindverformung	76
4.4.1	Erläuterungen	76
4.4.2	Grundlagen des Antwort-flächenverfahrens	76
4.4.3	Bewertung der Antwortflächen	76
4.5	Schlussfolgerungen	79

5	CO₂ Reduction of resolved wall structures: A load-bearing capacity-based modularization and assembly approach	81
5.1	Introduction	82
5.2	Modularized design of wall structures	83
5.2.1	Wall structures: resolution and modularization approach	83
5.2.2	Load-bearing capacity	84
5.3	Construction kit	89
5.3.1	Materials and heat treatment	89
5.3.2	CO ₂ Evaluation	89
5.3.3	Design procedure of the construction kits	90
5.3.4	Results and Discussion	92
5.4	Load-bearing-based assembly of modules	95
5.4.1	Pre-design and choice of the kits	95
5.4.2	Metaheuristics	95
5.4.3	Case studies and discussion	97
5.5	Conclusions	101
6	Genauigkeitsgrenzen modularer Betontragwerke – Teil 1: Beschreibung von geometrischen Abweichungen infolge Schwinden	103
6.1	Einleitung	105
6.2	Grundlagen der Kinematik von Mehrkörpersystemen	107
6.2.1	Topologische Klassifizierung von Mehrkörpersystemen	107
6.2.2	Grundlagen der direkten Kinematik	107
6.3	Kinematische Beschreibung der Lageabmaße von modularen Wabenstrukturen infolge Schwinden	108
6.3.1	Geometrische und topologische Beschreibung der modularen Wabenstruktur	108
6.3.2	Transformation der Wabenstruktur in offene Mehrkörpersysteme	110
6.3.3	Geometrische Nennmaßabweichungen der Segmente infolge Schwinden	112
6.3.4	Kinematik der Segmente innerhalb der Wabenstruktur	112
6.4	Erforderliches Lochspiel und geometrische Abweichungen infolge Schwinddehnung	116
6.4.1	Montierbarkeit	116
6.4.2	Verformungen der Struktur	118
6.5	Schlussfolgerungen und Ausblick	120
7	Genauigkeitsgrenzen modularer Betontragwerke – Teil 2: Probabilistische Bewertung der Montage mit Schraubenverbindung	123
7.1	Einleitung	124
7.2	Grundlagen der Bewertung und der Fertigteiltragwerke	126
7.2.1	Grundlagen der Zuverlässigkeitstheorie	126

7.2.2	Geometrie der Wabenstrukturen und geometrische Nennmaßabweichungen der Segmente infolge Schwinden	127
7.3	Berücksichtigung der Schraubenverbindung innerhalb der direkten Kinematik .	128
7.3.1	Grundlagen der Schraubenverbindung	128
7.3.2	Assemblierung der Segmente mit Schrauben der Kategorie A	128
7.3.3	Assemblierung der Segmente mit Schrauben der Kategorie B	132
7.4	Zuverlässigkeit der Montierbarkeit nach Schraubenverbindung	132
7.4.1	Monte-Carlo-Simulation	132
7.4.2	Sampleanzahl	134
7.5	Zuverlässigkeit der Montierbarkeit in Abhängigkeit vom Schwindmaß, vom Loch- spiel und von der Verbindungsart	135
7.5.1	Prognose	135
7.5.2	Schraubenkategorie A	135
7.5.3	Schraubenkategorie B	137
7.6	Schlussfolgerungen	140
8	Toleranzfreie Montage modularer Betontragwerke	141
8.1	Einleitung	143
8.2	Modulare Wabenstruktur	144
8.2.1	Topologie	144
8.2.2	Geometrische Abweichungen der Module	145
8.2.3	Montagekriterium der Schraubenverbindungen und dessen Bewertung .	146
8.3	Metaheuristische Optimierung der Modulanordnung	146
8.3.1	Grundlagen	146
8.3.2	Implementierung der Zielfunktion und des Suchraums	148
8.3.3	Simulated Annealing	150
8.3.4	Tabu Search	151
8.3.5	Startlösung	153
8.4	Betrachtete Toleranzen, Datensampling und Fallbeispiele	153
8.5	Ergebnisse	155
8.5.1	Validierung der Meta-Heuristiken	155
8.5.2	Vergleich der Metaheuristiken	156
8.5.3	Evaluierung der erforderlichen Nennlochspiele	157
8.6	Beispiel	159
8.7	Schlussfolgerung und Ausblick	159
9	Schlussfolgerungen und Ausblick	163
A	Autorenbeiträge zu den Publikationen	167

B	Ergänzende Versuchsergebnisse	171
B.1	Prismendruckfestigkeit	172
B.2	Biegezugfestigkeit	173
B.3	Zylinderdruckfestigkeit	174
B.4	E-Modul	174
B.5	Gesamtdehnungen der Prismen	175
B.6	Gesamtdehnungen der Balken	181
C	Spezifikationen der Module	193
C.1	Modulspezifikationen der Y-Module und der Passtücke	195
C.2	Modulspezifikationen der Stützen	199
	Literaturverzeichnis	203