

## Inhalt

<b>1 Einleitung</b> .....	7	<b>3.2.1 Hydraulische Stellglieder</b> .....	21
1.1 Forschungsanlass .....	7	<b>3.2.2 Hydraulische Aktuatoren</b> .....	23
<b>1.2 Beispiele bereits realisierter adaptiver Tragwerke</b> .....	8	<b>3.2.3 Evaluierung und Auswahl des Stellgliedsystems</b> .....	24
1.2.1 Berliner Brücke in Duisburg-Meiderich (1970er Jahre) .....	8	<b>4 Entwicklung einer adaptiven Regelung</b> .....	25
1.2.2 Aktive Verformungskontrolle (1980-1990er Jahre) .....	8	4.1 Einführung in die Fuzzy-Logic .....	26
1.2.3 Fußgängerbrücke am Duisburger Innenhafen (1999) .....	8	4.1.1 Fuzzy-Set-Theorie (Fuzzy-Mengen) .....	26
1.2.4 Stuttgarter Träger (2002) .....	8	4.1.2 Fuzzy-Variablen .....	27
1.2.5 Organic Prestressing (2002-2008) .....	8	4.1.3 Wissensbasis .....	27
1.2.6 Konzept zur Entwicklung adaptiv geregelter Spannbetontragwerke mit externer Vorspannung (2006) .....	10	4.1.4 Das MA-Modell .....	27
1.2.7 Adaptive Prestressing of Concrete Beams (2010) .....	11	4.1.5 Das TSK-Modell .....	28
1.2.8 „Stuttgart SmartShell“ (2012) .....	11	4.2 Adaptive Fuzzy-Regelungssysteme .....	29
1.3 Ziel des Projektes .....	11	4.3 Zur Regelung von Systemen mit adaptiver Vorspannung .....	29
1.4 Gliederung des Berichts .....	11	<b>5 Experimentelle Untersuchungen</b> .....	32
<b>2 Entwicklung eines Sensorsystems</b> .....	12	5.1 Allgemeiner Versuchsaufbau .....	33
2.1 Einleitung .....	12	5.1.1 Regelungsaufbau (Kaskadenregelung) .....	33
2.2 Übersicht über faseroptische Sensoren und Stand der Technik .....	13	5.1.2 Anbindung der Regelung .....	33
2.2.1 Prinzip und Vorteile faseroptischer Messung .....	13	5.1.3 Analoger PID-Regler .....	34
2.2.2 Sensoren des Microbend-Prinzips .....	13	5.1.4 Servogeregelte Hydraulikanlage .....	34
2.2.3 Interferometrische faseroptische Sensoren .....	14	5.1.5 Aktuatoren .....	36
2.2.4 Evaluierung und Auswahl .....	17	5.1.6 Prüfstand .....	37
2.2.5 Komponenten und Funktionsweise des Sensorsystems .....	17	5.2 Versuchsträger 1: Aluminium-Traverse .....	38
<b>3 Entwicklung eines Stellgliedsystems</b> .....	19	5.2.1 Vorteile der Traverse als Versuchsträger mit adaptiver Vorspannung .....	38
3.1 Elektromechanische Stelleinrichtungen .....	20	5.2.2 Systemdaten .....	38
3.2 Hydraulische Stelleinrichtungen .....	21	5.2.3 Spannlitzen .....	40
		5.2.4 Verankerungs- und Umlenkstellen der Spannlitzen .....	40
		5.2.5 Messstellen und Sensoren .....	42
		5.2.6 Zielsetzung der Regelung .....	42

5.2.7	Aufbau des Fuzzy-Reglers . . . . .	43	7	<b>Vorschlag zur Umsetzung bei einer Bestandsbrücke . . . . .</b>	96
5.2.8	Simulationen in Matlab® . . . . .	47		Vorgehen bei einer Beispielbrücke . . . . .	96
5.2.9	Versuchsdurchführung . . . . .	47	7.1	Bestandteile des adaptiven Vorspannsystems . . . . .	98
5.2.10	Ergebnisse . . . . .	49	7.2	Spannglieder . . . . .	98
5.2.11	Zwischenbilanz . . . . .	58	7.2.1	Nachträglich angebrachte Umlenk- und Verankerungskonstruktionen . . . . .	98
5.3	Versuchsträger 2: Spannbetonplattenbalken . . . . .	59	7.2.2	Sensorsystem und Messtechnik . . . . .	99
5.3.1	Systemdaten . . . . .	61	7.2.3	Hydraulisches Aktuatoren- system . . . . .	100
5.3.2	Spannlitzen . . . . .	62	7.2.4	Hardware und Software . . . . .	100
5.3.3	Verankerungs- und Umlenkstellen der Spannlitzen . . . . .	63	7.2.5	<b>Zusammenfassung und Ausblick . . . . .</b>	101
5.3.4	Messstellen und Sensoren . . . . .	65	8	Literatur . . . . .	102
5.3.5	Zielsetzung der Regelung . . . . .	66		Internet-Quellen . . . . .	104
5.3.6	Aufbau des Fuzzy-Reglers . . . . .	68			
5.3.7	Versuchsdurchführung . . . . .	74			
5.3.8	Ergebnisse der Versuche am Plattenbalken im ungerissenen Zustand . . . . .	76			
5.3.9	Ergebnisse der Versuche am vorgeschädigten Plattenbalken . . . . .	85			
5.3.10	Zwischenbilanz . . . . .	87			
5.4	Zusammenfassung der Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen . . . . .	90			
<b>6</b>	<b>Auslegung und Anwendungsbereiche . . . . .</b>	90			
6.1	Fail-Safe-Konzepte . . . . .	90			
6.1.1	Sensorsystem . . . . .	90			
6.1.2	Stellgliedsystem und Spannglied- ausfälle . . . . .	90			
6.1.3	Stromausfälle . . . . .	91			
6.2	Anwendungsbeispiele . . . . .	91			
6.2.1	Neubau . . . . .	92			
6.2.2	Verstärkung . . . . .	95			