

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Erhaltung des Baubestands	1
1.2	Bauwerksüberwachung	4
1.3	Gliederung dieser Arbeit	5
2	Bauwerke und Bauwerksüberwachung	7
2.1	Historischer Überblick	7
2.2	Zusammensetzung und Herstellung von Beton	8
2.2.1	Zement	9
2.2.2	Anmachwasser	11
2.2.3	Zuschlag	12
2.2.4	Betonzusatzstoffe und -mittel	13
2.2.5	Bewehrung	13
2.2.6	Verlauf der Hydratation von Zement	14
2.2.7	Hydratationsprodukte von Zement	18
2.2.8	Festigkeit und Durchlässigkeit von Zementstein	21
2.2.9	Strukturbildung von Beton	26
2.3	Dauerhaftigkeit von Beton und Stahlbeton	28
2.3.1	Korrosion der Bewehrung	32
2.3.2	Konstruktionsmängel	39
2.4	Schlussfolgerungen für Sensoren zur Bauwerksüberwachung	40
2.4.1	Feuchtigkeit	40
2.4.2	pH-Wert	48
2.4.3	Konzentration von Chlorid und weiterer wichtiger Ionen	51
2.4.4	Temperatur	53
2.4.5	Allgemeine Anforderungen an Sensoren für die Bauwerksüberwachung	53
3	Faseroptische Sensoren und Messsysteme	55
3.1	Grundlagen	55
3.1.1	Das optische Frequenzspektrum und menschliche Farbwahrnehmung .	55
3.1.2	Spektral aufgelöste Messung optischer Strahlung	56

3.1.3	Polarität von Molekülen	57
3.1.4	Konjugierte Doppelbindungen in organischen Verbindungen	58
3.1.5	Herstellung und Eigenschaften von Polymeren	60
3.1.6	Interaktion optischer Strahlung mit Molekülen	61
3.1.7	Interaktion optischer Strahlung mit Feststoffen	65
3.1.8	Geführte optische Strahlung in Wellenleitern	67
3.2	Definition des Sensorbegriffs	71
3.2.1	Generelle Klassifizierung faseroptischer Sensoren	72
3.2.2	Klassifizierung der entwickelten faseroptischen Sensoren	73
3.3	Sensormaterialien	75
3.3.1	Material zur Messung der Feuchtigkeit	77
3.3.2	Material zur Messung des pH-Werts	80
3.3.3	Material zur Messung der Chloridkonzentration	84
3.4	Funktionsprinzip der faseroptischen Sensoren	84
3.4.1	Transmissions- versus Reflexionsmessung	84
3.4.2	Möglichkeiten der faseroptischen Transmissionsmessung	87
3.4.3	Analyse zweier faseroptischer Transmissionsensoren	88
3.5	Der planare Transmissionsensor	91
3.5.1	Herstellung mit zwei Fasern	93
3.5.2	Herstellung mit einer Faser und nachträglichem Durchtrennen der Faser	95
3.5.3	Verfüllen des sensitiven Bereichs mit Sensormaterial	103
3.6	Messgerät	104
3.7	Eigenschaften und Auswirkungen von Faserübergängen	106
3.7.1	Abschätzen der Verluste durch Fehlstellungen	106
3.7.2	Interferenz bei Faserübergängen durch Verkippen der Fasern	110
4	Diskussion der Ergebnisse	115
4.1	Faseroptische Sensoren zur Messung der Feuchtigkeit	115
4.1.1	Langzeitstabilität bei einem einbetonierten POF-Sensor	115
4.1.2	Planare Transmissionsensoren in einem historischem Ersatzbauwerk	116
4.1.3	Planarer Transmissionsensor hergestellt mit Laserablation	118
4.1.4	Gesägte planare Transmissionsensoren mit POM-Substrat	119
4.1.5	Gesägte planare Transmissionsensoren mit Macor [®] -Substrat	122
4.2	Faseroptische Sensoren zur Messung des pH-Werts	126
4.2.1	Auswertung und Kalibrierung des pH-Sensormaterials	126
4.2.2	Planare Transmissionsensoren mit POM-Substrat	128
4.2.3	Planare Transmissionsensoren mit Macor [®] -Substrat	131

4.3	Feuchtigkeits- und pH-Sensoren für die Überwachung eines historischen Bauwerks	133
4.4	Wirtschaftliche Aspekte der Bauwerksüberwachung	136
5	Zusammenfassung	138
A	Anhang	141
A.1	Atomaufbau	141
A.2	Moleküle	142
A.3	Organische Verbindungen	144
	Literaturverzeichnis	147