

1 Einleitung

1.1 Bauwerksüberwachung

Seit einigen Jahrzehnten zeichnet sich ein Trend in der Bauwirtschaft ab, der das Thema der Bauwerksüberwachung (BÜ) zu immer größerer Bedeutung verhilft. Der aktuelle Baubestand (2000) in Deutschland beläuft sich auf einen Wert von ca. 50 Billionen Euro. Immer weniger Investitionen werden in Neubauten getätigt und immer größere Kosten entstehen durch Schäden an älteren Gebäuden. Dabei sind die Kosten in den ersten Jahren nach der Inbetriebnahme zunächst gering. Durch regelmäßige Wartungs- und Inspektionsintervalle werden größere Schäden vermieden und der Zustand des Bauwerks dokumentiert. Sind Wartungs- und Inspektionsarbeiten gut geplant und ausgeführt, können hohe Kosten durch Instandsetzungen vermieden werden. Problematisch wird es hingegen, wenn die Art der Nutzung sich ändert, unvorhersehbare Schäden auftreten oder sich die Planung als grundsätzlich unzureichend herausstellt. Der Sonderforschungsbereich 477 (SFB 477) mit dem Titel „*Sicherstellung der Nutzungsfähigkeit von Bauwerken mit Hilfe innovativer Bauwerksüberwachung*“ wird seit 1998 durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) an der Technischen Universität Braunschweig gefördert und hat sich zum Ziel gesetzt den immer größer werdenden Problemen in der Bauwirtschaft entgegenzuwirken. Hierzu wurde eine Aufteilung in vier Teilbereiche der Forschung vorgenommen, um eine ganzheitliche Betrachtung der Problemstellung zu ermöglichen und Lösungsansätze zu schaffen. Im Bereich „*Methoden und Strategien zur Bauwerksüberwachung*“ wurden theoretische Betrachtungen durchgeführt. Zudem sollten diese Erkenntnisse mit Hilfe von „*Adaptiven Modellen*“ im zweiten Schritt umgesetzt werden. Weiterhin war es Teil des Konzepts, Sensortechnologien für die Bauwerksüberwachung zu entwickeln womit Messdaten im praktischen Einsatz gesammelt werden können („*Messtechnik - Entwicklung und Adaption*“). Schließlich sollten alle vorher genannten Teilbereiche durch die „*Erprobung an Bauwerken*“ zusammengeführt werden. Die Ziele dieses SFB 477 werden insbesondere vor dem Hintergrund großer Unglücke durch strukturelles Versagen von Bauwerken wie folgt dargestellt [1]:

- „*Sicherstellung der Nutzungsfähigkeit von Bauwerken durch Erkennung plötzlicher Widerstandsverluste mit Hilfe der BÜ*“

1 Einleitung

- *„Realistische Prognose des künftigen Bauwerksverhaltens durch adaptive Modelle, d.h. durch Modelle, die sich an den jeweiligen Bauwerkszustand anpassen können“*
- *„Ermittlung von effizienten Methoden zur Minimierung der Gesamtkosten des Bauwerkes (volkswirtschaftlich und betriebswirtschaftlich) durch integrierte BÜ“*
- *„Planung, Optimierung und Bewertung von Überwachungsmaßnahmen im Hinblick auf maximale Effizienz und Aussagesicherheit“*
- *„Konzeptionierung der BÜ als Instrument zur Planung und Optimierung von Instandhaltungsmaßnahmen“*

Sensorik und Messtechnik stellt hierbei einen wesentlichen Teil der praktischen Bauwerksüberwachung dar. Die bisweilen subjektiv bewerteten Kriterien des Bauwerkszustands können durch den Einsatz von neuen Technologien in objektiv zu bewertende Parameter umgesetzt werden und erlauben es auf diese Weise durch ein breiteres Spektrum von Informationen eine zuverlässige Aussage über den Bauwerkszustand zu machen. Dazu gehören neben den mechanischen Parametern wie z. B. Druck, Schwingungen und Rissbildung auch die Temperatur und chemische Parameter wie pH-Wert, Feuchte und die Konzentration verschiedener Ionen. Die vorliegende Arbeit wurde innerhalb des SFB 477 durch die DFG gefördert, um vorangegangene Arbeiten mit faseroptischen Sensoren zur Bestimmung chemischer Parameter auf eine weitere Technologieplattform zu übertragen und ihre Eignung für den Einsatz in Stahlbetonbauwerken zu zeigen.

1.2 Gliederung der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist die Darstellung der Nutzbarkeit von integrierten, optischen Chemosensoren in der Bauwerksüberwachung. Mit einem planaren Sensormodul der Firma CIS[®] (Centrum für intelligente Sensorik) - Institut für Mikrosensorik werden die gewonnenen Kenntnisse aus dem SFB 477 genutzt, um die Effizienz eines integrierten elektronischen Sensors für diese Anwendung darzustellen.

In Kapitel 2 werden einige Grundlagen der Betonverarbeitung dargestellt und ein Überblick über die Notwendigkeit und die Möglichkeiten chemischer Sensoren in Stahlbetonbauwerken gegeben.

Einige aktuelle Methoden zur Bauwerksüberwachung werden in Kapitel 3 vorgestellt. Neben den Aktivitäten anderer Forschungsgruppen wird auf die Entwicklung faseroptischer Sensoren und die sensitiven Farbstoffe eingegangen. Insbesondere wird auf die Messmethode für

pH-Wert und Feuchtegehalt in Stahlbeton eingegangen und die Detektion freien Chlorids diskutiert. Zudem wird eine Einführung in die Faseroptik gegeben und Ergebnisse vorgestellt, die mit diesen Sensoren über nahezu zwei Jahre in einem Feldversuch ermittelt wurden.

Schließlich wird in Kapitel 4 das Konzept der mikrooptischen Sensoren gezeigt und Anforderungen definiert. Des Weiteren wird eine Methodik diskutiert, wie eine Anpassung der Sensoren an die Anforderungen des jeweiligen Sensormaterials simuliert werden kann und wie die resultierenden Ergebnisse auf das Sensorsystem umgesetzt wurden. Zudem wird dargestellt, wie die Auswertung der Messdaten vorgenommen wurde.

In Kapitel 5 werden die Messergebnisse mit dem elektrooptischen Messsystem diskutiert. Weiterhin werden die Erkenntnisse aus dem Feldversuch mit dem faseroptischen Messsystem vorgestellt. Abschließend wird ein Vergleich zwischen den faseroptischen und den mikrooptischen Sensoren ausgeführt und Vor- und Nachteile beider Systeme aufgezeigt. Weiterhin wird im Ausblick der Einsatz der Sensoren in einem autarken, kabellosen Messsystem diskutiert.