

## 1. Einleitung

Der Bereich der optischen Sensoren gewinnt in der letzten Zeit zunehmend kommerzielles Interesse und wird daher auch von erheblichen Forschungsaktivitäten begleitet. Neu initiierte Fachtagungen und Kongresse sowie zahlreiche Zeitschriften, die sich nur diesem Gebiet widmen, zeugen von dem besonderen Interesse an dieser relativ jungen Disziplin.[1] Es haben sich vielfältige Spezialgebiete der Sensorik herauskristallisiert, die ihrerseits wieder einer weiteren Diversifikation unterliegen. Diese Entwicklung ist u.a. darin begründet, daß im Bereich der optischen Nachrichtentechnik und integrierten Optik zahlreiche Verfahren und Bauelemente entwickelt wurden, die ein großes Potential zur Lösung meßtechnischer Probleme besitzen.

Optische Sensoren spielen als Bio- und Chemosensoren in der Prozeß- und Umweltanalytik eine zunehmend wichtige Rolle.[2] Sie finden aufgrund ihrer Flexibilität vielfältige Anwendungen in kritischen Umgebungen, insbesondere auch zunehmend in der Medizin. Hier kommen die typischen Vorteile optischer Sensoren zum Tragen: das Fehlen jeglicher elektrischer Kontakte, die Unempfindlichkeit gegenüber elektrischen Störfeldern (explosionsgeschützter Bereich), eine hohe Meßempfindlichkeit und Genauigkeit sowie die Möglichkeit der Miniaturisierung.

Bei vielen Chemosensoren beruht der Meßeffect auf Veränderungen der physikalischen oder chemischen Eigenschaften einer vorzugsweise dünnen sensitiven Schicht, die durch die Diffusion von Teilchen bzw. Molekülen in diese Schicht induziert werden. Diese Änderungen berühren vornehmlich die dielektrische Funktion, die mit elektrischen [3], elektromechanischen [4] oder auch optischen Meßaufnehmern nachgewiesen werden können. Im Falle eines optischen Sensors sind es überwiegend die induzierten Brechungsindexänderungen, die in Änderungen der Lichtintensität übersetzt werden. Das Ansprechverhalten dieser Sensoren wird durch die Diffusionskinetik der Teilchen bestimmt, die in die sensitive Schicht eindringen.

An die sensitiven Schichtmaterialien werden bestimmte Grundanforderungen gestellt. Neben einer hohen und auch selektiven Empfindlichkeit sollten sie auch über eine ausreichende Porosität verfügen, die eine Grundvoraussetzung für eine signifikante Einlagerung der nachzuweisenden Substanz darstellt. Hier kommen die Vorzüge transparenter Polymere zum Tragen, die als optisch funktionelle Schichten mit Standardmethoden einfach herzustellen sind und zudem durch die vielfältigen Möglichkeiten einer gezielten chemischen Modifikation für spezielle Anforderungen 'maßgeschneidert' werden können. Über die einfache und vor allem kostengünstige Herstellung der Schichten hinaus sind die mannigfaltigen Möglichkeiten der Mikrostrukturierung mit z.B. UV- und Ionenstrahl-Lithographie [5,6], Röntgen-Tiefen-Lithographie (LIGA-Verfahren) [7] oder Laserstrahlschreibverfahren [8,9] hervorzuheben.

Unter den Polymeren zeichnet sich für optische Anwendungen zunehmend ein Alleingang der fluorierten Polymere ab. Dieser Trend begründet sich in der hohen Transparenz

sowie der chemischen und mechanischen Stabilität dieser Materialklasse. Aus diesem Verständnis heraus ist es nicht verwunderlich, daß es sich bei drei der vier in dieser Arbeit untersuchten Materialien um partiell oder vollständig fluorierte Polymere handelt.

In der vorliegenden Arbeit werden optische Vielschichten hergestellt und mit Methoden aus der integrierten Optik, die nach dem Prinzip der optischen Wellenleitung arbeiten, bezüglich Brechungsindex und Schichtdicke, charakterisiert. Mit einer entsprechenden zeitlichen Auflösung werden Änderungen der Schichtparameter in Abhängigkeit von einer äußeren Einwirkgröße dynamisch erfaßt.

Zur Untersuchung und zum grundlegenden Nachweis der Einwirkung von Gasen und Dämpfen auf den polymeren Wellenleiter wird eine phasenempfindliche Meßkonfiguration zur Messung der effektiven Doppelbrechungsänderung eingesetzt.

Mit der Metallfilm unterstützten Leckwellenspektroskopie wird ein besonders leistungsfähiges Verfahren zur absoluten Bestimmung der Schichtparameter eines Vielschichtsystems verwendet, das sich aus der vielseitig genutzten Methode der abgeschwächten Totalreflexion (ATR=Attenuated Total Reflection) ableitet.[10] Damit gelingt auch die quantitative Bestimmung von induzierten Änderungen des Brechungsindex und der Schichtdicke[11,12], so daß eine vollständige Charakterisierung der sensitiven Schicht eines auf Diffusion basierenden optischen Sensors erfolgen kann.

In der Literatur wird das Ansprechverhalten derartiger Sensoren anhand von Sensogrammen dargestellt, wobei jedoch die zeitliche Dynamik und ihre verursachenden Prozesse nur unvollkommen beschrieben werden. Zum Verständnis der zeitlichen Entwicklung des Signals ist es notwendig, den Zusammenhang mit dem Prozeß der Diffusion herzustellen. Eine physikalische Interpretation für das Zustandekommen der zeitaufgelösten Sensormeßkurven sollte auf einem Modell basieren, das die Randbedingungen des Sensors korrekt beschreibt und die Kinetik der diffundierenden Moleküle ausreichend berücksichtigt. Im Verlaufe dieser Arbeit wird ein derartiges Modell entwickelt und mit den genannten Methoden überprüft.

Mit diesem besseren Verständnis der Wechselwirkung zwischen den diffundierenden Molekülen mit der Polymermatrix kann das Zeitverhalten des Sensors modelliert und als wichtiger Ansatzpunkt zur selektiven Messung herangezogen werden.