

Chemo- und Biosensorik

Moderne analytischen Methoden zur Bestimmung von chemischen und biologischen Parametern sind in der gegenwärtigen Zeit nicht mehr wegzudenken. Im Gegenteil, es besteht ein immer größerer Bedarf an analytischer Information.

Dies hat zum Beispiel mit einem spürbar gestiegenem Umweltbewußtsein zu tun, welches sowohl die Kenntnis über die Verteilung von umwelt-relevanten Kontaminationen benötigt, als auch die Überwachung des Eintrages von Schadstoffen aus Industrie und Haushalt erfordert. Aber auch in der Medizin, der Klimaforschung und in der Prozesstechnik werden immer zahlreichere Analysen benötigt.

Besonders steigend ist das Interesse an on-line Analysenverfahren, die ein sofortiges Eingreifen in Stoffkreisläufe, technologische Prozesse oder den Behandlungs- oder Heilungsprozess von Patienten ermöglichen. Dem ständig steigendem Bedarf an analytischer Information steht jedoch nur ein limitierter Fundus an personeller und finanzieller Kapazität zur Verfügung. Eine mögliche Alternative in dieser Situation stellen Sensoren dar.

Von den zahlreichen zur Zeit laufenden Berufungsverfahren für UniversitätsprofessorInnen im Bereich der chemischen Institute unserer Fakultät konnte vor kurzer Zeit eines positiv abgeschlossen werden. Am Institut für Analytische Chemie, Mikro- und Radiochemie hat Prof. Ingo Klimant im Februar 2001 seine Arbeit als Universitätsprofessor für Chemische Sensorik aufgenommen. Ganz der Sensorik verschrieben war auch schon sein bisheriger wissenschaftlicher Werdegang, der ihn auch schon einmal nach Graz geführt hat:



- 85 - 90 Chemiestudium an der Bergakademie Freiberg
- 90 - 93 Promotion bei Prof. Wolfbeis an der KF-Uni Graz über optische Sensorik
- 93 - 95 Postdoc am Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie Bremen, Thema optische Meßsysteme für die Meeresbiologie
- 96 - 01 Assistent an der Uni Regensburg, Institut für Analytische Chemie

Wir haben Prof. Klimant gebeten, sein Arbeitsgebiet, das er nun an der TU Graz betreibt, den interessierten NATAN-LeserInnen vorzustellen.

Als Chemo- oder Biosensor wird ein Meßwertgeber bezeichnet, der in der Lage ist, die Konzentration einer chemischen Verbindung in einer mehr oder weniger komplexen Probe on-line und reversibel anzuzeigen.

Im Gegensatz zu konventionellen analytischen Verfahren wird ein Sensor in der Regel zur unaufbereiteten Probe gebracht und dieser kontinuierlich ausgesetzt. Von einem praxistauglichen Sensor erwartet man, daß er mindestens folgende Eigenschaften in sich vereint:

- klein
- einfach zu bedienen
- preiswert
- selektiv und sensitiv
- reversibel (d.h. nach erfolgtem Ansprechen liegt er im Ausgangszustand vor)
- robust

Solche Meßsysteme zu realisieren, erfordert ein hohes Maß an Forschungs- und Entwicklungsarbeit und weitreichende Kenntnisse auf verschiedensten Fachgebieten. Sensorik ist deswegen eine typische interdisziplinäre Wissenschaft. Neben Materialwissenschaften, in denen besonders das Wissen von Chemikern und Physikern gefragt ist, benötigt man desweiteren fundierte Kenntnisse in der Biologie (insbesondere in der Biosensorik), die Hilfe der Elektroniker bei der Entwicklung der Meßgeräte, sowie Basiskenntnisse der Informatik für die Aufbereitung der Meßwerte. Die Beschäftigung mit Sensorik, einer typisch angewandten Wissenschaft, erfordert aber auch unbedingt die Fähigkeit zur Kommunikation mit den jeweiligen Anwendern, die aus den unterschiedlichsten Bereichen der Medizin, der Biologie, der Geologie oder Industrie stammen.

Chemo- und Biosensoren sind aus vielen Bereichen der Forschung, der Wirtschaft und auch des täglichen Lebens nicht mehr wegzudenken. Wichtige Einsatzgebiete sind z.B.:

- **Medizin:** Diagnostik, Messung von Blutparametern wie z.B. pH, pO₂, Glukose, Kalium, Harnstoff oder Laktat, immer häufiger auch die Bestimmung von immunologischen Parametern, Atemgaskontrolle während Operationen und auf der Intensivstation
- **Umweltanalytik:** Kontrolle von Luft- und

Gewässergüte: z.B. Oxygenierung, Pestizide und Herbizide, polyzyklische Aromaten, chlorierte Kohlenwasserstoffe; Kontrolle des Eintrages von Schadstoffen aus Deponien in den Boden, aus Industrieanlagen und Kläranlagen in Vorfluter; Überwachung des Gehaltes an Ozon, Schwefeldioxid und nitrosen Gasen in der Luft

- **Prozesskontrolle:** optimale Steuerung von Prozessen in der Biotechnologie, der Lebensmittelindustrie und in der chemischen Industrie
- **biologische und medizinische Forschung:** Entwicklung neuer Medikamente und Therapien;
- **Klimatisierungstechnik und Brandüberwachung:** Bestimmung von Feuchtigkeit, Sauerstoff- und CO₂-Gehalt in der Luft; Messung von HCl, Kohlenmonoxid oder CO₂ zur Frühdetektion von Brandherden

Mittlerweile sind eine Vielzahl von Chemo- und Biosensoren in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben worden und zum Teil in die Praxis überführt worden. Eine kurze repräsentative Übersicht über wichtige Arten von Sensoren sei hier gegeben. Sensoren lassen sich zum einen nach der Art des verwendeten Signaltransducers klassifizieren:

1. **Elektrochemische Sensoren (Elektroden):** potentiometrische, amperometrische und kapazitive Sensoren; der klassische Vertreter dieser Klasse ist die jedermann bekannte pH-Glaselektrode
2. **optische Sensoren (Optoden):** Fluoreszenz- und Absorptionssensoren, Oberflächenplasmonenresonanz, interferometrische Sensoren

3. **massensensitive Sensoren:** Quarzmikrowaage
4. **kalometrische Sensoren:** Enzymthermistoren

Zum anderen können sie auch nach der Art des Analyten und der Art des Rezeptors klassifizieren:

1. **Gassensoren**
2. **ionenselektive Sensoren**
3. **Enzymsensoren**
4. **DNA-Sonden**
5. **mikrobielle Sensoren**

Optische Chemo- und Biosensoren (Optoden)

Am Institut für Analytische Chemie, Mikro- und Radiochemie wird gegenwärtig ein neuer Schwerpunkt in Forschung und Lehre eingerichtet, der sich schwerpunktmäßig mit optischen Chemo- und Biosensoren, den sogenannten *Optoden* beschäftigt.

Wie bereits aus der Bezeichnung hervorgeht, werden optische Parameter des Sensors, die durch den zu quantifizierenden Analyten direkt oder indirekt beeinflusst werden, ausgelesen. Dabei handelt es sich um Fluoreszenz- und Phosphoreszenzeigenschaften, Farbe, Brechungsindex, Lichtdrehung oder Trübung. Licht wird als Träger der analytischen Information verwendet. Ein optisches Sensorsystem ist aus folgenden Grundbausteinen aufgebaut.

Lichtquelle: Halogen- oder Xenonlampe, Laser, Leuchtdiode

Photodetektor: Photomultiplier, Photodiode, CCD-Detektor

Lichtleiter: Glasfaser, planarer Lichtleiter

Sensorelement: immobilisiertes Rezeptor/Farbstoffsystem



Chemo-Optik

Moderns analytische
chemie und biologische
kann nicht mehr wegz
immer größerer Bed

Kann der Analyt über seine eigenen optischen Eigenschaften bestimmt werden (z.B. Eigenfluoreszenz von polyzyklischen Aromaten) spricht man von *intrinsischen Optoden*. In der Regel wird jedoch ein optischer Transducer benötigt, der mit dem Analyten eine Reaktion eingeht und dabei seine optischen Eigenschaften ändert. Dann spricht man von *extrinsischen Optoden*. Ein typischer Sensor dieser Kategorie ist die pH-Optode, bei der ein pH-Indikator, dessen Farbe oder Fluoreszenzeigenschaften vom jeweiligen pH-Wert der Probe abhängig ist, an einem Lichtleiter fixiert ist.

Optoden besitzen gegenüber anderen Sensoren einige entscheidende Vorteile:

1. Sie lassen sich sehr einfach herstellen, wodurch die Verwendung als Einwegsensoren möglich wird
2. Da mit Lichtleitern sehr viele Informationen simultan übertragen werden können, ist die Mehrparameterbestimmung mit einem Einzelsensoren möglich
3. Meßsystem und Sensorelement können entkoppelt werden. Das ermöglicht die berührungslose Messung von Parametern in geschlossenen Gefäßen.

Nachteilig sind die Störung der Messung durch variable optische Verhältnisse der Probe, nichtlineare Kennlinien, und insbesondere in der Vergangenheit ein recht hoher instrumenteller Aufwand. Letztgenannter Nachteil wird jedoch, durch das rasante Entwicklungstempo der optischen Telekommunikationstechniken mehr und mehr relativiert.

Optoden werden in vielen Ausführungsformen eingesetzt, von denen abschließend 3 Beispiele kurz gezeigt werden.

Faseroptische Sensoren: Dabei handelt es sich um die klassischen Optoden. Hier wird der Transducer an der Spitze einer lichtleitenden Faser fixiert, die sowohl als Beleuchtungselement fungiert, als auch die Rückleitung des Signales zum Detektor übernimmt. Faseroptische Sensoren können z.B. für die Messung an weit entfernten Plätzen eingesetzt werden (bis einige 100 Meter), oder lassen sich einfach miniaturisieren.

Bildgebende Sensoren: Optische Sensorik und bildgebende Verfahren sind zwei sich auf ideale Weise ergänzende Techniken. Wird das Signal optischer Sensoren, die in Form von planaren Folien vorliegen, mit Hilfe von CCD-Kameras ausgelesen, erhält man ein Abbild der räumlichen Verteilung des chemischen Parameters auf dem Sensor. Mit solchen Messungen lassen sich z.B. komplexe Prozesse in heterogenen biologischen Systemen auf elegante Weise on-line verfolgen.

Anzuchtgefäße mit integrierten Optoden: Optoden können als kleine Transducer in Gefäße mit transparenten Wandungen eingebaut werden. Das optische Auslesesystem kann vom eigentlichen Sensor entkoppelt werden und befindet sich außerhalb des Gefäßes. Damit können viele Anzuchtgefäße mit einem Meßsystem parallel ausgelesen werden. Solche Meßsysteme werden besonders in den modernen Einsatzgebieten der Biotechnologie wie Zell- und Gewebekultivierung benötigt.



When potato salad goes bad