



GRUPPE SPEKTROSKOPIE UND PROZESSANALYTIK

Prozessmesstechnik für die Getränkeindustrie

Zur Qualitätssicherung in der Getränkeherstellung gehört es, den Gehalt von CO₂, Alkohol oder Zucker während der Produktion regelmäßig zu messen. Ein online-fähiger Sensor auf Basis der ATR-Spektroskopie soll diese Werte in Zukunft permanent ermitteln – ohne den Umweg über ein Labor.

Wer am Ende des Tages sein Feierabendbier genießt, verlässt sich darauf, dass es so schmeckt wie gewohnt. Bei der alkoholischen Gärung etwa erfolgt ein komplexer biologischer Abbau von Kohlenhydraten zu Alkohol und Kohlendioxid. Wie und wann genau dieser Abbau erfolgt, ist wichtig für die Qualität des Bieres. Während der Produktion von Bier, aber auch Wein, Spirituosen oder alkoholfreien Getränken werden daher regelmäßig Proben genommen und im Labor analysiert. Messungen direkt im Prozess würden diese Vorgehensweise deutlich vereinfachen. Gemeinsam mit der Centec Gesellschaft für Labor- und Prozessmesstechnik mbH entwickelt Fraunhofer IPM ein optisches Infrarot-Messsystem für die Flüssigkeitsanalyse, welches nach dem Prinzip der abgeschwächten Totalreflexion (Attenuated Total Reflection ATR) arbeitet und neben gelöstem Kohlendioxid- und Alkoholgehalt auch Zucker in seinen verschiedenen Erscheinungsformen in situ misst.

Kompakte, spektral abstimmbare Pyrodetektoren

Inline-Systeme zur Flüssigkeitsanalyse sind bereits vereinzelt am Markt verfügbar. Sie messen Dichte, Schall, Trübung oder den optischen Brechungsindex der Flüssigkeit, um daraus über Kalibrierung und einen Abgleich mit hinterleg-

ten Laborvergleichsdaten auf relevante Größen wie Extrakt, Alkohol oder Stammwürze zu schließen. Die ermittelten Summenparameter liefern jedoch keine spezifischen Informationen über Inhaltsstoffe und deren Konzentration. Diese aber sind notwendig, denn die Zusammensetzung der natürlichen Grundstoffe variiert, was zu Schwankungen in der Produktqualität führen kann.

Für den neuen Flüssigkeitssensor setzen die Wissenschaftler auf ATR-Spektroskopie im mittleren Infrarot. Das in den ATR-Kristall eingekoppelte Licht wird an der Kristallgrenzfläche, die mit der Flüssigkeit in Kontakt ist, total reflektiert. Über das dabei entstehende evaneszente Feld an der Kristalloberfläche wechselwirkt die Strahlung mit der darüber strömenden Flüssigkeit. Nach Durchlaufen des gesamten Kristalls gelangt das Licht zum Detektor. Eingesetzt werden Pyrodetektoren mit spektralen Filterelementen. Sofern nur die Konzentration von CO₂ bestimmt werden soll, werden spektrale Bandpassfilter verwendet, die auf dessen charakteristische Absorptionsbanden bei ca. 4,3 µm angepasst sind. Für die Bestimmung gleich mehrerer Komponenten mit einem Sensor kommen erstmals Pyrodetektoren in Kombination mit spektral abstimmbaren Fabry-Perot-Filtern zum Einsatz. Sie nehmen vollständige Spektralverläufe in

ATR-INFRAROT-SPEKTROSKOPIE Bei der ATR-IR-Spektroskopie wird die Strahlung in einem Reflexionselement in Totalreflexion zu einem Detektor geführt. Dabei bildet sich an der Grenzfläche des Elements ein optisches Nahfeld aus – das sogenannte evaneszente Feld, das in die Probe eindringt. Das Feld wechselwirkt mit der Probe und wird in bestimmten stoffspezifischen Frequenzbereichen absorbiert. Die absorbierten Bereiche im Spektrum des mehrfach totalreflektierten Strahls werden entsprechend abgeschwächt und liefern ein Maß für die Konzentration der gesuchten Stoffe.



1 Messungen direkt im Prozess würden die Qualitätskontrolle in der Getränkeproduktion deutlich erleichtern.

2 Der Sensor ermittelt die Konzentrationen von CO₂, Alkohol oder Zucker in der strömenden Flüssigkeit direkt im Prozess.

ausgewählten Bereichen auf. Die Erfassung eines quasi-kontinuierlichen Spektralbereichs in Kombination mit chemometrischen Auswertemethoden ermöglicht es, spektral überlappende Komponenten (z. B. verschiedene Zucker, Ethanol) zu trennen. CO₂ und Ethanol weisen in einem Wellenlängenbereich von 3,1 bis 4,4 µm besonders charakteristische Absorptionsbanden auf. Für Zucker (und

auch Ethanol) liegt dieser spektroskopische Fingerabdruck zwischen 8 und 10,5 µm. Die kompakten Detektoren funktionieren wartungsfrei ohne mechanische Teile und werden in einem hermetisch abgeschlossenen Sensorkopf integriert. In Verbindung mit weiteren Messgrößen, z. B. der Temperatur, werden nach einer chemometrischen Datenanalyse die Konzentrationswerte der ausgewählten Komponenten ermittelt und ausgegeben. Erste Versuchsreihen mit verschiedenen Flüssigkeiten bestätigen, dass der Sensor für CO₂ und Ethanol ausreichend genaue, reproduzierbare Messwerte liefert.

Besonders raue Messumgebung

Eine Herausforderung stellen die harschen Bedingungen bei der Getränkeherstellung dar: Hohe Temperatur- und Druckschwankungen, Schall oder Erschütterungen beeinflussen ATR-Element, Lichtquelle und Detektor. Geeignete miniaturisierte Sensorik sorgt dafür, dass diese Einflussfaktoren gemessen werden, um so mögliche Messfehler zu korrigieren. Um eine konstante Schutzgasatmosphäre im Messkopf aufrecht zu erhalten, muss der Sensorkopf verlässlich dicht sein. Eigens gefertigte lebensmittelverträgliche Dichtungen mussten erprobt werden. Die weiteren Arbeiten richten sich auf die Konzentrationsbestimmung der Zucker sowie die Optimierung der chemometrischen Auswertung.