

Gasfeuchtemessung mit hochauflösender Gassensorik

Wasser zählt zu den wichtigsten und weit verbreiteten Molekülen auf der Erde. Daher sind über 70 % der Erdoberfläche mit Wasser bedeckt. Durch Verdunstung gelangt das Wasser in die Atmosphäre (Gasphase) und wird dort als Luftfeuchtigkeit wahrgenommen. Wasser spielt in der Biologie eine sehr große Rolle, da das Leben auf der Erde von der Existenz des Wassers abhängt. Aufgrund der ausgeprägten Absorptionsbanden im Infrarotbereich ist Wasserdampf das mit Abstand wichtigste Gas für den natürlichen Treibhauseffekt (Anteil 66 %). Kohlendioxid hat hingegen nur einen Anteil von 30 %^[1].

In der Umgangssprache versteht man unter Wasserdampf (H₂O) meist die sichtbaren Dampfschwaden von kondensiertem Wasserdampf (Nassdampf). Dampfschwaden sind sichtbar, weil sich mikroskopisch kleine Tröpfchen (Aerosole) gebildet haben, wie sie auch in Wolken und bei Nebel vorkommen. In Technik und Naturwissenschaft ist Wasserdampf die Bezeichnung für Wasser im gasförmigen Aggregatzustand (Gasphase). Der Gehalt (Konzentration) wird auch als Feuchtigkeit bezeichnet und in % rel. Feuchte, absolute Feuchte (mg/m³) oder Vol.-% bzw. ppm angegeben. Eine weitere wichtige Konzentrationsangabe ist der Taupunkt in °C.

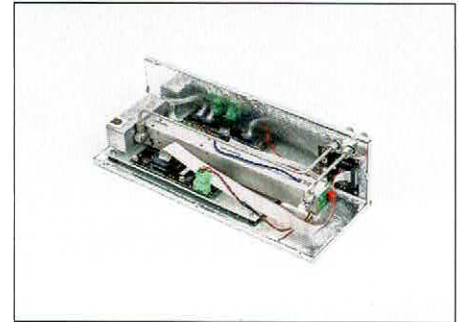
H₂O-Gassensorik

Aufgrund der großen Bedeutung der Feuchtemessung in Wissenschaft und Technik existieren eine Vielzahl von unterschiedlichen physikalischen Messverfahren, die für die vielfältigen Anwendungsbereiche optimiert worden sind^[2,3]. Die Wi.Tec-Sensorik GmbH bietet dazu zwei unterschiedliche Technologien an, mit denen der Wassergehalt bzw. die Feuchtigkeit gemessen werden kann.

■ Der **INFRA.sens**[®] nutzt eine selektive H₂O-Absorptionsbande im IR-Bereich und kann somit hochgenaue Messungen bis zu Taupunkten von -50 °C durchführen. Das fotometrische NDIR-Verfahren (Non Dispersive Infra Red) des INFRA.sens hat sich seit vielen Jahren bewährt und

konnte nun auch erfolgreich auf die H₂O-Messung ausgebaut werden. Eine interne Referenzmessung sorgt für eine langzeitstabile Messung, die nicht durch Alterungseffekte beeinflusst wird. Im Vergleich zu Taupunktspiegeln ist diese Methode sehr robust und kann auch in korrosiven Prozessgasen durchgeführt werden. Weiterhin ist es möglich mit einem IR-Mehrkanaldetektor auch gleichzeitig andere gasförmige Komponenten wie CH₄, CO, CO₂, SO₂, NO usw. simultan in einer Messküvette zu erfassen. Der INFRA.sens lässt sich weiterhin auf Temperaturen von 50 °C beheizen, sodass auch Taupunktmessungen bis 45 °C möglich sind, ohne dass es zu Kondensationen in der Messküvette kommt. Die Messküvette ist zudem mit Gold beschichtet, um die IR-Strahlung möglichst effektiv nutzen zu können. Weiterhin verhindert diese Goldschicht unerwünschte hang-up-Effekte, die zu Messfehlern führen können. Der gesamte Gasweg kann im INFRA.sens komplett mit einer Edelstahlverrohrung ausgestattet werden, um eine H₂O-Diffusion von außen in den Gasweg zu unterbinden.

■ Der **HUMI.sens**[®] nutzt ein Polymerfilm-Sensorelement, das für Messungen von Taupunkten >-0 °C geeignet ist. Er ist sehr klein und kann auch relativ einfach mit einem NDIR-Gassensor (INFRA.sens) zu einem Messsystem (z. B. CO, CO₂, CH₄...)

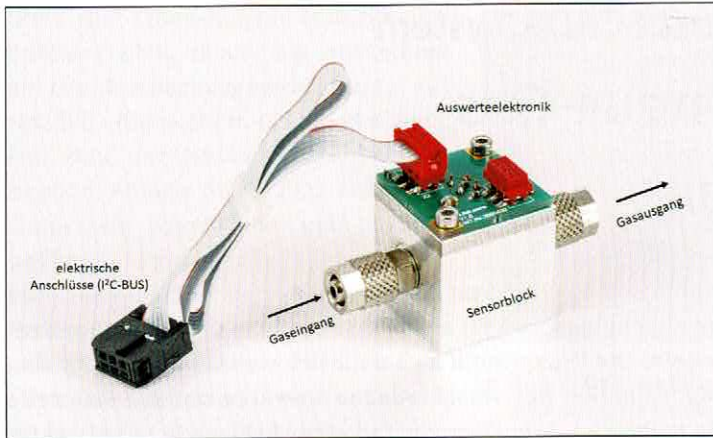


▲ Abb. 1: INFRA.sens AK259G mit Küvettenheizung (50 °C) und Edelstahlverrohrung, integriert in eine Thermobox zur optimierten Temperaturstabilität.

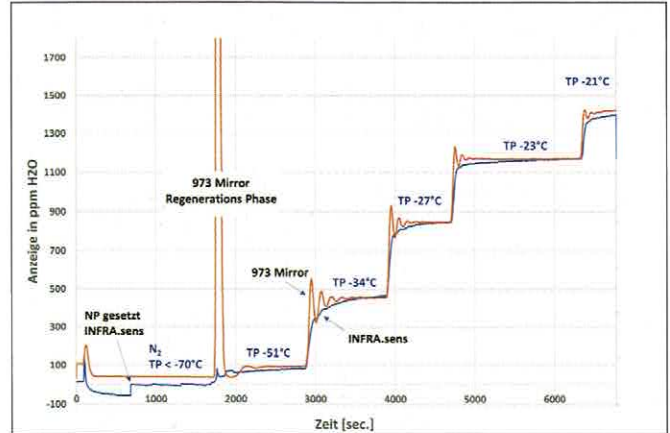
kombiniert werden. Somit lässt sich die Stabilität und Funktion von Messgaskühlern in der Probenaufbereitung überwachen, um mögliche Kondensationen im System frühzeitig zu erkennen. Diese Feuchtemessung kann auch zur Kompensation von H₂O-Querempfindlichkeiten im INFRA.sens herangezogen werden, die z. B. bei der NO- oder SO₂-Messung auftreten können. Die Beständigkeit gegenüber korrosiven Gasen ist allerdings nicht gegeben, sodass in diesen Fällen eine Messung mit dem INFRA.sens vorzuziehen ist.

Vergleichsmessungen

Die genaueste Feuchtigkeitsmessung, die auch bis zu sehr tiefen Taupunkten möglich ist, wird mit sogenannten Taupunktspiegeln (TPS) durchgeführt^[2,3]. Dieser Spiegel wird aktiv mit Peltierelementen gekühlt und mit einer Reflexionslichtschranke abgetastet. Wird der Taupunkt unterschritten, bildet sich ein Wasserfilm auf dem Spiegel und dieser wird von der Lichtschranke detektiert. Über eine integrierte Temperaturmessung erhält man dann exakt den physikalischen Taupunkt und somit auch die entsprechende H₂O-Konzentration. In der Abb. 3 ist eine Vergleichsmes-



▲ Abb. 2: HUMI.sens mit Auswerteelektronik (I₂C-BUS) und Anschlüssen (4/6-Schlauch) für die Gasbestromung (0,2-2 L/min.)



▲ Abb. 3: Vergleichsmessung zwischen dem INFRAsens AK250G und einer Taupunktspiegel-Messung (973 Dew Point Mirror, Fa. MBW-Schweiz)

sung mit einem TPS der Firma MBW-Schweiz und dem INFRAsens aufgezeichnet worden. Vor Beginn der Messung wurde der Nullpunkt (NP) des INFRAsens mit Stickstoff (TP < -70 °C) gesetzt. Der TPS führte zwischen durch automatisch eine sogenannte Regenerationsphase durch. Man erkennt sehr schön den Einfluss der Temperaturregelung des TPS für die unterschiedlichen Feuchtigkeitsstufen von -70 °C bis -21 °C. Die Korrelation zwischen dem TPS und dem INFRAsens ist sehr gut. Beide Werte gleichen sich nach wenigen Minuten an, wenn die H₂O-Konzentration sich in dem Messaufbau stabilisiert hat.

Einsatzmöglichkeiten

Pflanzenphysiologie: Das Pflanzenwachstum wird durch die Atmungsaktivität beeinflusst, die über den CO₂- und H₂O-Austausch bestimmt wird. Im INFRAsens lassen sich beide Komponenten mit einer hohen Genauigkeit erfassen, sodass der Gasaustausch einzelner Blätter im Bereich <1ppm sicher bestimmt werden kann.

1. Bestimmung der Diffusionsrate: Für den Einsatz von Kunststoffen ist die Diffusionsrate von H₂O von großer Bedeutung. Dazu wird in einem genormten Versuchsaufbau der H₂O-Anstieg im ppm-Bereich mit einem NDIR-Verfahren (INFRAsens) gemessen ^[4].

2. Wasseraktivität: Die Wasseraktivi-

tät gibt das Verhältnis vom Wasserdampfdruck eines Produktes zum Sättigungsdruck von reinem Wasser bei derselben Temperatur an. Sie wird als aw-Wert von 0...1 dargestellt und ist ein wichtiger Indikator für die Produktqualität in der industriellen Herstellung wie z. B. von Kunststoffen. Auch in der Nahrungsmittel-, Tabak- oder Pharmaindustrie ist die Bestimmung der Wasseraktivität sehr wichtig.

3. Schaltanlagen: In SF₆-Schaltanlagen sind Feuchtegehalte unerwünscht. Durch Leckagen kann aber von außen Wasserdampf in diese Anlagen gelangen. Mit dem INFRAsens lassen sich diese geringen H₂O-Konzentrationen auch in Kombination mit einer SF₆-Gasanalyse erfassen.

4. Hygrometer: Die Messung der Luft- oder Prozessfeuchte erfolgt mit Hygrometern. Das NDIR-Verfahren (INFRAsens) eignet sich aufgrund der hohen Genauigkeit für einen vielfältigen Einsatz in diesem Anwendungsfeld.

Weitere Anwendungsbereiche in denen der INFRAsens und der HUMIsens zum Einsatz kommen:

- Atemgasqualität
- Batterieherstellung
- Druckluftsysteme
- Metallurgie
- Pharmazeutische Industrie
- Normungslaboratorien

- Verpackungsindustrie
- Leistungsprüfungen von Trocknern

Zusammenfassung

Die beschriebenen Messverfahren (INFRAsens und HUMIsens) eignen sich hervorragend für eine kontinuierliche Feuchtemessung in der Umwelt- und Prozessmesstechnik. Insbesondere die Messung im IR-Bereich zeichnet sich durch eine hohe Genauigkeit aus, die einen langzeitstabilen Einsatz ermöglicht. Der INFRAsens ist daher eine kostengünstige Alternative zu Messgeräten, die auf der Basis von Taupunktspiegeln (TPS) basieren.

■ INFO

Kontakt:
 Prof. Dr. Gerhard Wiegleb
 Wi.Tec-Sensorik GmbH
 Schepersweg 41-61
 46485 Wesel
 E-Mail: ge.wiegleb@witec-sensorik.de
 www.witec-sensorik.de

Literatur:
^[1] <https://www.klimanavigator.eu/dossier/artikel/011967/index.php> 15.9.2023
^[2] Wiegleb, G.: Gasesstechnik in Theorie und Praxis, 2. Auflage, Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden (2022)
^[3] Wernecke, R.: Industrielle Feuchtemessung, Grundlagen, Messmethoden und Anwendungen. Wiley-VCH, Weinheim (2003)
^[4] Standard Test Method for Water Vapor Transmission Rate Through Plastic Film and Sheeting Using a Modulated Infrared Sensor. ASTM F1249, 2020