

# Feuchtemessung an planaren Materialien wie Papier und Pappe

Björn JUNGSTAND<sup>1</sup>, Arndt GÖLLER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> hf sensor GmbH, Leipzig

Kontakt E-Mail: sales@hf-sensor.de

## Kurzfassung

Materialfeuchtemessung stellt ein nach wie vor uneinheitliches, auch für den erfahrenen Fachmann nur schwer durchschaubares Aufgabengebiet dar. Die allgemein genutzten indirekten Messverfahren – egal, ob elektrische, optische oder Mikrowellen–Wirkprinzipien – machen immer die Kalibration des Messsignals auf das zu messende Material und die zugrundeliegende Anordnung notwendig. Da hieraus historisch gesehen lediglich Insellösungen erwachsen, sind Lösungen zur Materialfeuchtemessung bisher nur in sehr beschränktem Umfang auf Standards rückführbar gewesen, was wiederum der kommerziellen Verbreitung entsprechender Messgeräte als großes Hemmnis im Weg steht.

Dies trifft auch auf die Feuchtemessung in Papier und Pappe zu. Seit langer Zeit sind in dieser Branche hochpräzise und automatisierte, aber auch sehr komplexe und damit teure Messsysteme präsent, die für die Feuchteüberwachung zur Qualitätssicherung vorrangig bei niedrigen Feuchten zum Einsatz kommen. Andererseits gibt es nach wie vor ungelöste Messaufgaben wie z.B. die Messung höherer Feuchten, die Messung bei hohen Geschwindigkeiten, die Messung bei höheren Temperaturen, die Messung von Schichtaufträgen auf Papierbahnen usw. Bei vielen möglichen Messorten ist die Preisakzeptanz für den Einsatz komplexer Messsysteme nicht gegeben. Bei der Vielfalt der weltweit hergestellten Papiersorten spielt darüber hinaus die Kalibration eine wichtige Rolle, da eine zuverlässige Referenz-Feuchtemessung in der Anlage sehr schwierig ist.

Einen neuen Ansatz bietet hier das mikrowellenbasierte Materialfeuchtemesssystem MOIST xP, welches auf einem Baukastensystem verschiedener Mikrowellensensoren beruht. Dieses bietet vielfältige Lösungsmöglichkeiten für die oben dargestellten Messaufgaben.

Der Beitrag erläutert die zugrundeliegenden Messprinzipien, verschiedene Ausführungsformen derzeit verfügbarer Mikrowellensensoren sowie für eine Auswahl von Anwendungsfällen technische Lösungskonzepte.



# Mikrowellen-Feuchtemessung an planaren Materialien wie Papier und Pappe

hf sensor GmbH  
Weißenfelscher Strasse 67  
04229 Leipzig



## Mikrowellenbasierte Feuchtemessverfahren bieten viele Vorteile:

- ▶ Dank der herausragenden physikalischen Eigenschaften des Wassers im Mikrowellenbereich ist der Messeffekt stark ausgeprägt
- ▶ Gute Performance bezüglich Messgeschwindigkeit, Messgenauigkeit und technischem Aufwand
- ▶ Echtzeitmessung
- ▶ Leichte Automatisierbarkeit
- ▶ Zerstörungsfreie und berührungslose Messungen sind möglich
- ▶ Große Vielfalt von Messprinzipien (Reflexion, Transmission, Resonanzparameter usw.)
- ▶ Unabhängigkeit von ionischen Leitfähigkeiten
- ▶ Ausreichend große und an die Anwendung adaptierbare Messvolumina
- ▶ Verschiedene Eindringtiefen möglich

### Dielektrische Eigenschaften von Wasser:

Wasser ist ein polares Molekül.

Seine Eigenschaften im elektromagnetischen Wechselfeld werden mit der komplexen Dielektrizitätszahl (DZ) beschrieben.

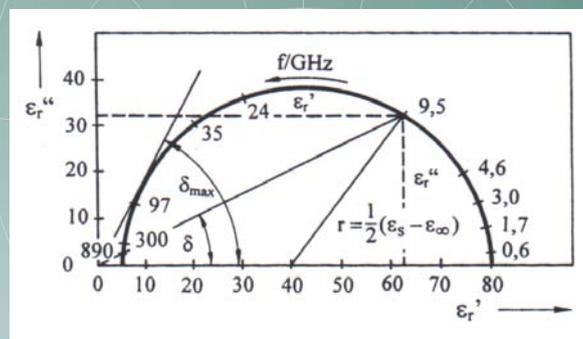
$$\underline{\epsilon} = \epsilon' - j \epsilon''$$

Es gilt die Relaxationsformel, die die Frequenzabhängigkeit der DZ beschreibt.

$$\underline{\epsilon} = \epsilon_{\infty} + \frac{\epsilon_s - \epsilon_{\infty}}{1 + j2\pi f \tau_{\text{eff}}}$$

### Dielektrische Eigenschaften des Wassers

Die Frequenzabhängigkeit von Wasser kann z. B. durch das Cole-Cole-Diagramm dargestellt werden.



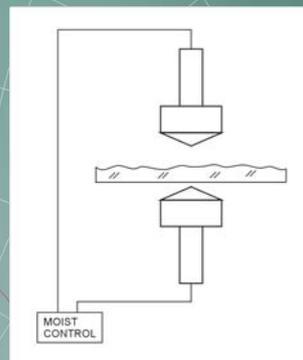
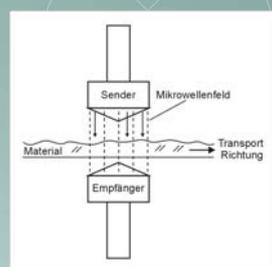


**Mikrowellen-Feuchtemessung nach dem Reflexionsprinzip**

Für die Mikrowellen-Feuchtemessung in Prozessanwendungen wurden mehrere Sensortypen entwickelt, die nach dem Reflexionsprinzip arbeiten:



Alle arbeiten nach einem reflektiven Verfahren, d.h. sie können von einer Seite auf das Material aufgesetzt werden. Gemessen wird der Reflexionsfaktor  $\Gamma$  - der Quotient aus rück- und hinlaufender Welle.



**Prozess Mikrowellen-Feuchtemessgerät MOIST T  
Prinzip der Transmissionsanordnung**

## Mikrowellen-Feuchtemessung

hf sensor



Messgerätetyp Reflexion	Messgerätetyp Transmission
•MOIST R2P 100 (Oberflächensensor in Prozessausführung)	•MOIST T (Transmissionsanordnung) mit Sender und Empfänger
•MOIST R2P 200 (Oberflächensensor in Prozessausführung für hohe Präzision)	
•MOIST R2P 220 (Oberflächensensor in Prozessausführung für hohe Präzision und hohe Geschwindigkeit)	
•MOIST CONTROL (Steuereinheit für komplexe Messvorgänge)	•MOIST CONTROL (Steuereinheit für Sender und Empfänger)

hf sensor GmbH – Feuchtemessung an planaren Materialien

## MOIST xP-Sensoren

hf sensor



### Generelle Eigenschaften von MOIST xP – Prozess-Feuchtesensoren:

- ▶ Reflektives Messprinzip
- ▶ Verschiedene Feldreichweiten möglich (1 cm – 30 cm)
- ▶ Programmierbare Kompaktsensoren mit integriertem Mikrocontroller
- ▶ Daher in einfachen Anwendungen als Stand-Alone-Lösung einsetzbar
- ▶ Hinterlegung von bis zu 8 Kalibrierkurven im Sensor möglich
- ▶ Stromversorgung 24 VDC/100 mA (600 mA mit Heizung)
- ▶ MSR-Schnittstellen: 4 – 20 mA + Stoffumschaltung binär + Störmeldung, Profibus (optional), Profinet (optional)
- ▶ Schnittstellen intern: RS485 Bussystem mit bis zu 30 Slaves
- ▶ Programmier-Schnittstelle: RS485
- ▶ Mögliche Prozessanschlüsse: Planarflansch, Triclamp

hf sensor GmbH – Feuchtemessung an planaren Materialien

## Mikrowellen-Feuchtemessung

hf sensor

MOIST xP



Feuchtemessung in Papier und Pappe

MOIST T

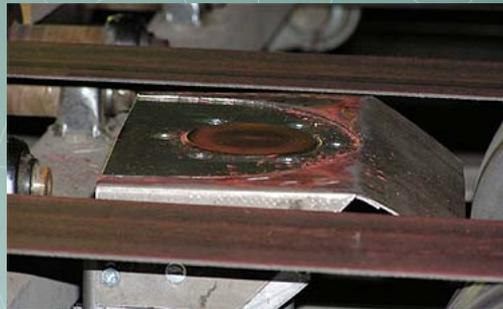


Feuchtemessung in Hausmüll und Kompost

hf sensor GmbH – Feuchtemessung an planaren Materialien

## Applikationen - Planare Materialien

hf sensor



Prozess Mikrowellen-Feuchtesensor MOIST R2P 100  
Feuchtemessung in Dachpappe

hf sensor GmbH – Feuchtemessung an planaren Materialien

## Applikationen - Planare Materialien

hf sensor



MOIST R2P 200

Feuchtemessung in der Papierindustrie –  
Anwendung Filterpapier



hf sensor GmbH – Feuchtemessung an planaren Materialien

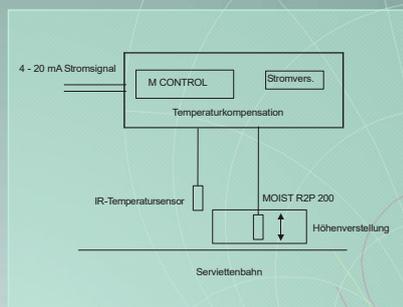
## Applikationen - Planare Materialien

hf sensor



MOIST R2P 200

Feuchtemessung in der Papierindustrie –  
Anwendung Serviettenpapier nach Druck  
und Trocknung



hf sensor GmbH – Feuchtemessung an planaren Materialien

Applikationen - Planare Materialien

hf sensor

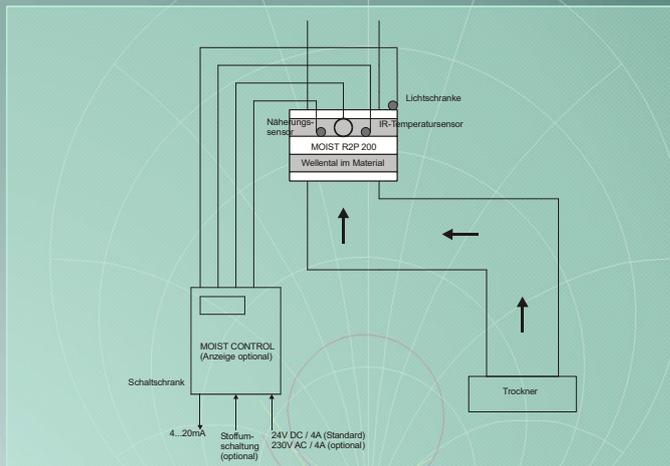


MOIST R2P 200 – Feuchtemessung an Pergamentpapier

hf sensor GmbH – Feuchtemessung an planaren Materialien

Applikationen - Planare Materialien

hf sensor



MOIST R2P 200 Messsystem – Feuchtemessung an Wickelpappe

hf sensor GmbH – Feuchtemessung an planaren Materialien

Applikationen - Planare Materialien

hf sensor



MOIST R2P 200 – Feuchtemessung an Wickelpappe

hf sensor GmbH – Feuchtemessung an planaren Materialien

Applikationen - Planare Materialien

hf sensor



MOIST R2P 100 – Feuchtemessung in der Holz- und Laminatindustrie

hf sensor GmbH – Feuchtemessung an planaren Materialien

**Applikationen - Planare Materialien**

*hf sensor*



**MOIST R2P 200**

**Feuchtemessung an Reinigungsband**



**hf sensor GmbH – Feuchtemessung an planaren Materialien**

**Applikationen - Planare Materialien**

*hf sensor*



**Prozess Mikrowellen-Feuchtemessgerät MOIST T  
Feuchtemessung in Baustoffen**

**hf sensor GmbH – Feuchtemessung an planaren Materialien**