

Online-Feuchte- und Flächengewichtsmessung bei imprägnierten Papieren, Holz- und Klebstoffschichten mittels Mikrowellen-Resonanz-Technologie

Online Moisture and Grammage Measurement in Impregnated Paper, Wood and Glue Layer with Microwave Resonance Technology

Dipl.-Ing. Rainer Otto,

Döscher Microwave Systems GmbH, 22761 Hamburg, Am Diebsteich 31

1. Die Firma Döscher Microwave Systems GmbH

Die Firma Döscher Microwave Systems GmbH ist seit 1994 auf dem Gebiet der industriellen Feuchtemesstechnik tätig.

Nach sieben Jahren des Vertriebs von Feuchtemessgeräten wollte man neue Akzente in der Weiterentwicklung der Mikrowellen-Feuchtemesstechnik setzen, trennte sich vom alten Lieferanten und gründete mit Prof. Knöchel (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel) die Fa. AMS Advanced Microwave Systems GmbH zur Entwicklung und Herstellung von Feuchte- und Dichtemessgeräten der „2. Generation“ auf Basis der 2-Parameter-Resonanz-Technologie (2PMR). Im Januar 2015 verschmolzen die beiden Firmen zur Döscher Microwave Systems GmbH.

Seit Beginn der Aktivitäten wurden mehr als 800 Mikrowellensensoren verkauft, der weitaus größte Teil mit mehr als 450 Anlagen in die Holz-, Holzwerkstoff-, Dekorpapier- und Folienindustrie.

2. Vorteile der Mikrowellen-Resonanz-Technologie

- Dichteunabhängigkeit
- Kern- und Oberflächenfeuchte wird gemessen
- Große Sortenunabhängigkeit
- Farb- und strukturunabhängig
- Langzeitstabile Kalibration
- temperaturkompensiert
- schnelle Messungen und Messwertanzeige
- verschleiß- und wartungsfrei
- zerstörungsfreie Messung
- keine radioaktive Strahlung, keine Gesundheitsbeeinträchtigung

3. Definitionen Feuchte und Flächengewicht

3.1. Feuchte

Der Ausdruck ‚Feuchte‘ kennzeichnet das Maß der Anwesenheit von Wasser in oder an einer Substanz. (Wikipedia)

Im Falle der Mikrowellen Feuchtemesstechnik ist die Feuchte die Anzahl der Wassermoleküle im Volumen. Das übliche Verfahren ist die Wassergehaltsbestimmung mittels Bestimmung des Gewichtsverlust beim Trocknen.

3.2. Flächengewicht

Das Flächengewicht ist gleich dem Quotienten aus Masse und Fläche.

Und ist gleich dem Produkt aus Dichte und Materialstärke

Die Einheit ist [g/m²].

4. Die 2-Parameter-Mikrowellen-Resonanz-Technologie

4.1. Vorteile

- 4.1.1. präzise
- 4.1.2. schnell (bis zu 2000 Messungen pro Sekunde)
- 4.1.3. berührungslos

4.1.4. keine Sicherheitseinschränkungen dank sehr geringer Abstrahlleistung (<20mW)

4.1.5. ökonomischer Preis

4.2. Funktionsweise

4.2.1. Wassermoleküle besitzen einen starken Dipol und können daher durch elektromagnetische Felder ausgerichtet werden. Wechselt das elektromagnetische Feld die Richtung, folgen die Wasserdipole dem Richtungswechsel. Dabei wird dem elektromagnetischen Feld Energie entzogen und in Bewegungsenergie umgewandelt. Diesen Energieübertrag messen die Sensoren und bestimmen daraus die Anzahl der Wassermoleküle.

4.2.2. In einem Resonator wird das elektromagnetische Feld erzeugt. Der Resonator wird geteilt, die beiden Hälften getrennt. In dem Zwischenraum ist das elektromagnetische Feld, welches als Messfeld dient.

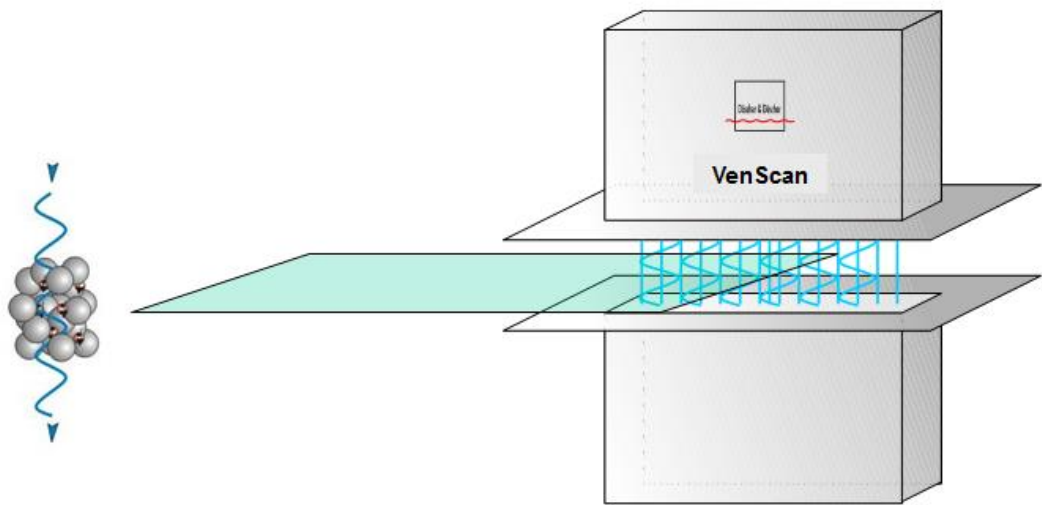


Abb. 1: Prinzip Bild Mikrowellenmessung

4.3. Was dient der Messung

4.3.1. Änderung der Ausbreitungsgeschwindigkeit (Frequenzverschiebung)

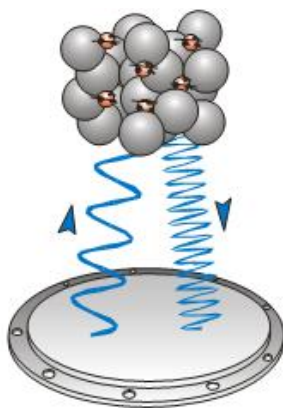


Abb. 2: Änderung der Ausbreitungsgeschwindigkeit

4.3.2. Änderung der Amplitude und der Bandbreite (Dämpfung)

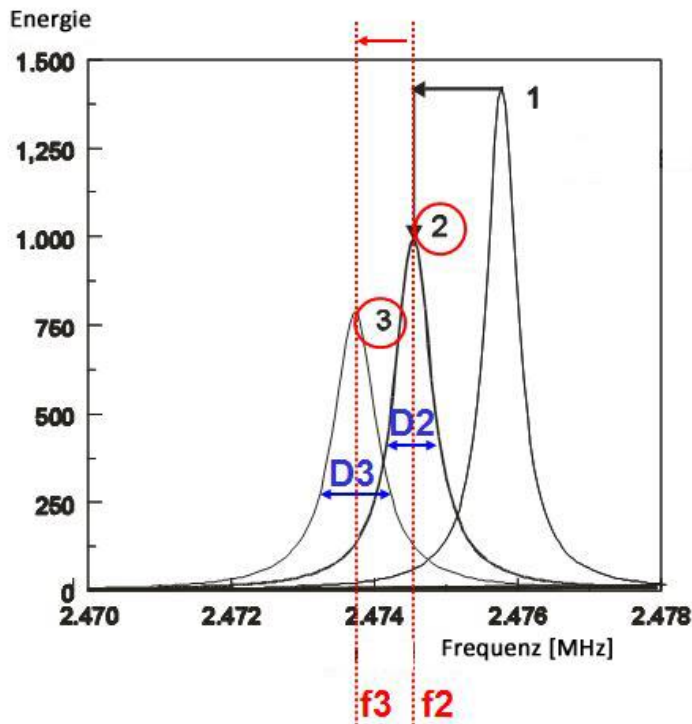


Abb. 3 Mikrowellensignal für verschiedene Dichten

:

Die Frequenz wird niedriger (Δf = Änderung der Resonanzfrequenz).

Der Energieverlust wird größer (ΔE = Änderung von Amplitude und Bandbreite).

4.3.3. Zusammenhang zwischen Δ Frequenz, Δ Bandbreite, Feuchte und Masse

Der Zusammenhang zwischen den vier Größen zeigt, dass selbst bei Dichteschwankungen (=Schwankungen im Flächengewicht) die Feuchte richtig bestimmt wird.

$$4.3.3.1. \quad \Delta F \sim f(MC) * g(M)$$

$$4.3.3.2. \quad \Delta B \sim h(MC) * g(M)$$

$$4.3.3.3. \quad \frac{\Delta B}{\Delta F} = \frac{h(MC) * g(M)}{f(MC) * g(M)} = \frac{h(MC)}{f(MC)} = k(MC)$$

Formel 1: Funktionsgleichung der Feuchte

$f(MC)$: unbekannte Funktion der Feuchte

$h(MC)$: zweite, unbekannte Funktion der Feuchte

$g(M)$: näherungsweise lineare Funktion der Masse

$k(MC)$: masseunabhängige Funktion der Feuchte

4.3.3.4.

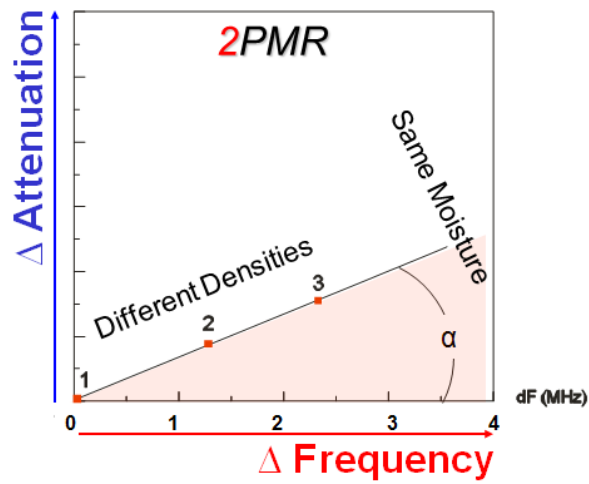


Abb. 4: Zusammenhang Frequenz, Dämpfung, Feuchte und Dichte (1)

$\tan \alpha$ bildet die relative Feuchte ab.

Die Feuchteberechnung ist dichteunabhängig.

4.3.3.5.

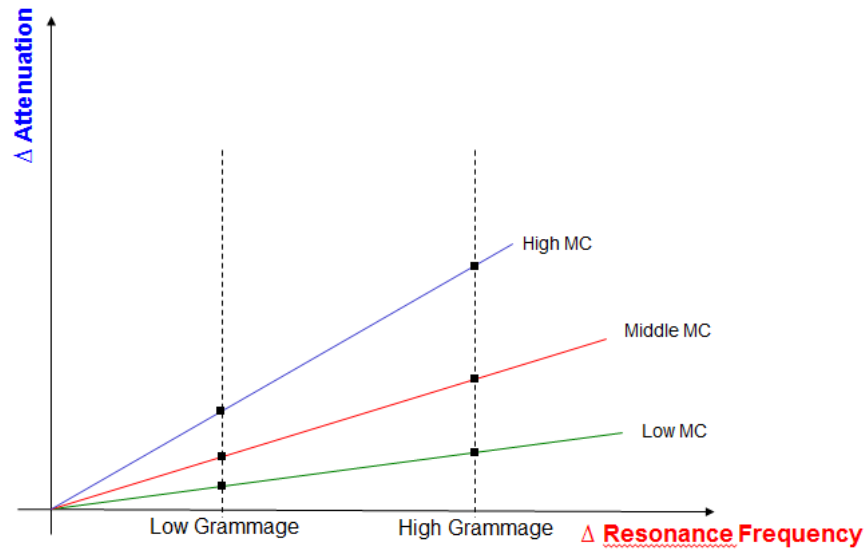


Abb. 5: Zusammenhang Frequenz, Dämpfung, Feuchte und Dichte (2)

5. Das Messsystem VenScan



Abb. 6: VenScan Resonator



Abb. 7: eingebauter VenScan

5.1. Berührungslose Produktführung durch den Spalt für

- 5.1.1. Rollenware Papier und Folien
- 5.1.2. Platten
- 5.1.3. Leisten und Planken
- 5.1.4. Brettchen und Lamellen

5.2. Einbauorte

- 5.2.1. Imprägnierstraße
- 5.2.2. Beschichtungslinie
- 5.2.3. Schleifstraße
- 5.2.4. Parkettproduktion

5.3. Ausführungen

- 5.3.1. VenScan
Spaltbreite bis 30mm



Abb. 8: VenScan mit 30mm Spalt

- 5.3.2. VenScan XL Spaltbreite bis 65mm

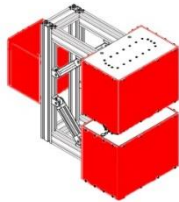


Abb. 9: VenScan XL mit 65mm Spalt

- 5.3.3. VenScan LMS (Linear Motion System) fährt automatisch zur regelmäßigen Leermessung aus der Bahn



Abb. 10: VenScan in einer Verfah-Einrichtung (LMS)

- 5.3.4. VenScan LMS XS, deutlich verkleinerte Version zum Einbau in Produktionslinien bei beengten räumlichen Verhältnissen



Abb. 11: VenScan LMS XS, kleine Baugröße, mit Verfah-Einrichtung

5.4. Einbau VenScan

- 5.4.1. mit einem stabilen Rahmen
- 5.4.2. 30mm Abstand der Resonatorhälften
- 5.4.3. mittige, berührungslose Produktführung
- 5.4.4. Lichttaster für

- 5.4.4.1. Produkterkennung
- 5.4.4.2. Leermessung
- 5.4.5. Pyrometer zur Messung der Produkttemperatur

5.5. Einbaubeispiele

5.5.1. VenScan (Parkettbretter)

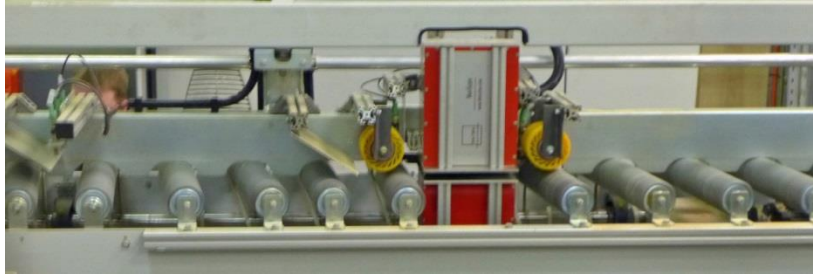


Abb. 12: Feuchtemessung mit einem VenScan in einer Parkettbretter Linie

5.5.2. VenScan XL (Dielen)



Abb. 13: VenScan XL in einer Wareneingangskontrolle

5.5.3. VenScan XL (MDF-Platten)



Abb. 14: VenScan XL in der Warenausgangskontrolle bei MDF-Platten

5.5.4. VenScan LMS (imprägnierte Papiere)



Abb. 15: VenScan LMS Sensor in der Verfahr-Einrichtung



Abb. 16: VenScan LMS Sensor in der Folienproduktionslinie

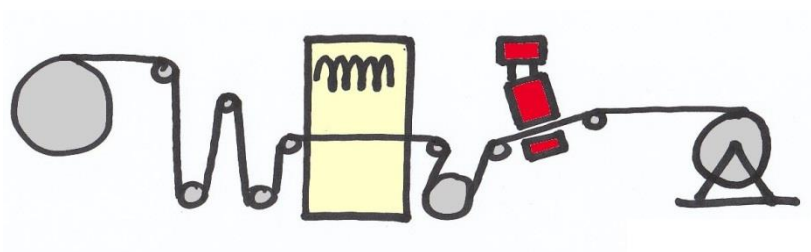


Abb. 17: VenScan LMS Sensor Einbauort

5.5.5. VenScan LMS XS (imprägnierte Papiere)



Abb. 18: VenScan LMS XS Sensor

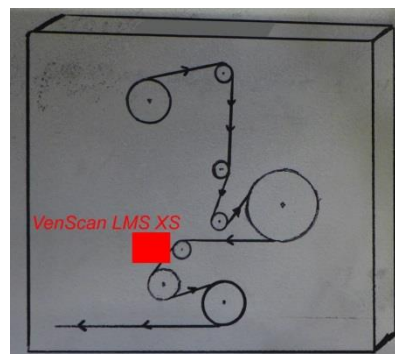


Abb. 19: VenScan LMS XS Einbauort

6. Bedienung und Messpraxis

6.1. Kalibration

Die 2-Parameter-Mikrowellen-Resonanztechnologie ist ein indirektes Messverfahren, d.h. das Messsystem muss vor Beginn der Messungen kalibriert werden. Die Kalibration zeigt im Allgemeinen einen linearen Zusammenhang zwischen der

Feuchte oder dem Flächengewicht und dem Mikrowellenwert des Systems.

6.1.1. Bei der produktzugeordneten Kalibration werden bis zu 32 Produkte einzeln kalibriert und während der Produktion entsprechend umgeschaltet.

6.1.2. Bei der 1-Punkt-Kalibration können einzelnen (bis zu 1000) Produkten die Nummern der jeweiligen Kalibration zugeordnet werden. Die Zuordnung erfolgt zusätzlich kundenspezifisch über eine Produkttabelle.

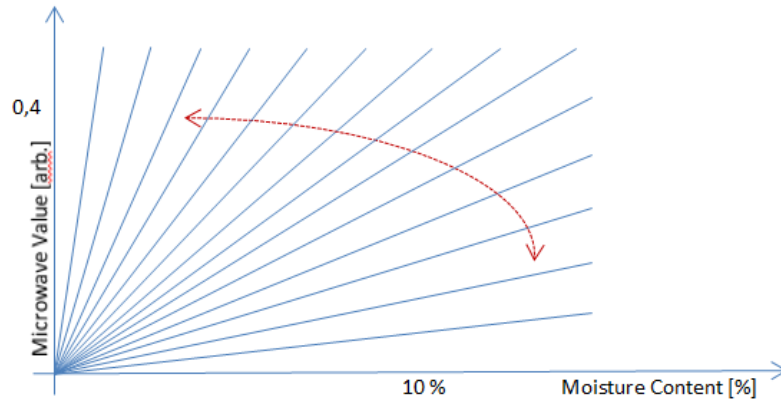


Abb. 20: Kalibrationsgeraden

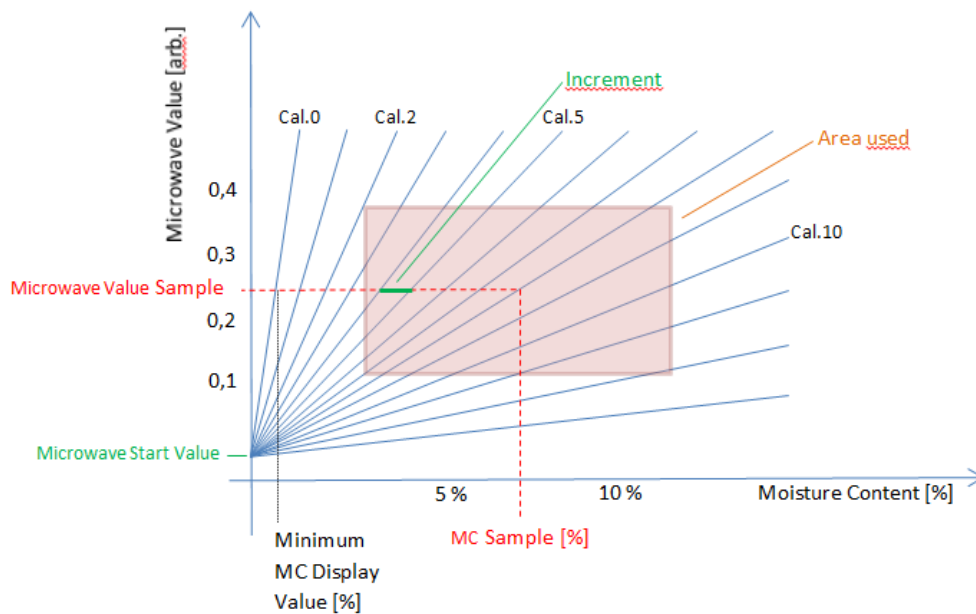


Abb. 21: 1-Punkt-Kalibration

6.2. Messen

Nachdem das System kalibriert ist, kann die Messung gestartet werden.

Dazu kann entweder die mitgelieferte Software zur Darstellung und Archivierung der Messergebnisse genutzt werden, oder

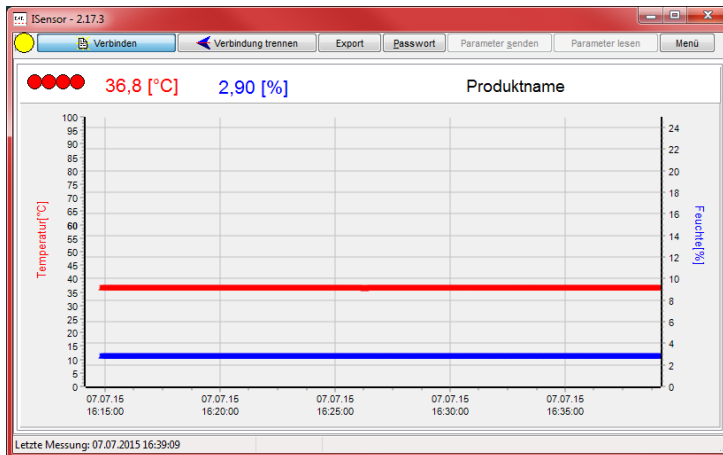


Abb. 22: Software Ansicht während der Messung

die Messergebnisse werden über das 4-20mA Signal an eine Steuerung übergeben, wo dann die Visualisierung erfolgt.

Im Messsystem können Grenzwerte vorgegeben werden, bei deren Über- oder Unterschreiten mittels eines digitalen Ausganges ein Alarm ausgelöst wird.

Die Messsysteme sind für Dauerbetrieb ausgelegt.

Die Wartung beschränkt sich auf Reinigung und gelegentliche Überprüfung des Antriebes bei den LMS-Modellen.

7. Resümee

Durch die berührungslos messenden Feuchtemessgeräte von Döschel Microwave Systems können Feuchte und Flächengewicht präzise und schnell im Prozess bestimmt werden.