

Dipl.-Ing. Franz Menke, Brügge

Zerstörungsfreie Feuchtemeßverfahren mit Mikrowellen

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-
und Regelungstechnik Nr. **690**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Feuchtemessung	1
1.2	Zielsetzung	4
2	Dielektrische Eigenschaften von Stoffgemischen	6
2.1	Grundlagen	6
2.2	Meßergebnisse	8
2.2.1	Schüttgüter	8
2.2.2	Steinmaterial	13
2.3	Einfluß äußerer Bedingungen	14
2.3.1	Temperatur	14
2.3.2	Schüttdichte	16
2.3.3	Schichtdicke	19
3	Berechnungsmodell	21
3.1	Wasser in unterschiedlichen Bindungszuständen	21
3.1.1	Temperatureinfluß	24
3.1.2	Oberflächenbindung	25
3.2	Trockener Stoff	29
3.3	Feuchteabhängige Volumenänderung	31
3.4	Mischungsmodell	32
3.4.1	Schüttgüter	32

3.4.2	Steinmaterial	36
4	Feuchtemeßverfahren für Schüttgüter	38
4.1	Einparametrische Feuchtemeßverfahren	39
4.2	Dichteunabhängige Feuchtemessung bei fester Frequenz	40
4.2.1	Theorie	40
4.2.2	Kalibration	43
4.2.3	Optimale Meßbedingungen	47
4.2.4	Einfluß stehender Wellen	52
4.3	Dichteunabhängige Feuchtemessung bei frequenzabhängiger Auswertung . .	53
4.3.1	Grundlagen	54
4.3.2	Meßergebnisse und Vergleich mit monofrequenter Auswertung . . .	55
4.3.3	Zweites frequenzabhängiges Verfahren	61
4.4	Praktische Erprobung	62
4.4.1	Messung an bewegtem Schüttgut	62
4.4.2	Vergleich mit kommerziellen Meßgeräten	67
4.4.3	Inhomogene Feuchteverteilung	67
5	Streuung	71
5.1	Streumechanismen	71
5.2	Messungen	75
5.3	Grenzen	77
6	Ortsaufgelöste Feuchtemessung	80
6.1	Aufbau	81
6.2	Auswertungsverfahren	83
6.3	Messungen	84
6.4	Reduzierung des Einflusses dielektrischer Inhomogenitäten	88

7 Fehleranalyse	95
7.1 Fehler durch NWA-Meßunsicherheit	95
7.1.1 DK-Messung	96
7.1.2 Feuchtemessung mit Transmissionsverfahren	98
7.2 Antennenanpassung	102
7.3 Feuchte- und frequenzabhängige Brechung	107
7.4 Temperatur	112
7.5 Streuung	113
7.6 Ortsaufgelöste Feuchtemessung	114
8 Zusammenfassung und Ausblick	116
A Meßverfahren zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstante	120
A.1 Hohlleiterverfahren	120
A.2 Transmissionsverfahren	121
A.3 Verfahren mit Koaxialleitungen	123
B Netzwerkanalysator	126
B.1 Funktionsprinzip	126
B.2 Kalibration	129
B.2.1 Einseitenbandunterdrückung	129
B.2.2 Transmissionskalibration	130
B.3 Genauigkeitsanalyse	131
Literatur	133
Veröffentlichungen	141