

# Feuchtemessung auf Mikrowellenbasis - qualitative und quantitative Ergebnisse

Frank BONITZ, Ralf WAGNER, Norman WAGNER, Michael KUHNE  
und Klaus KUPFER\*

\*Materialforschungs- und -prüfanstalt (MFPA) an der Bauhaus-Universität  
Weimar, Weimar

## Kurzfassung

Der Beitrag beginnt mit einer Einordnung des Begriffs Mikrowellen und beschreibt ausgehend davon die Wirkungsweise des zugrunde liegenden Messprinzips. Hierzu wird anhand eines vereinfachten Materialaufbaus die Interaktion der elektromagnetischen Welle mit einem porösem Medium und entsprechenden Wasseranteilen erläutert sowie der Bezug zur elektromagnetischen Materialkenngröße (der komplexen relativen frequenzabhängigen Permittivität - Dielektrizitätszahl) hergestellt. Im Anschluss daran werden Kriterien und Kenngrößen zur Charakterisierung der unterschiedlichen Messverfahren erörtert und deren Einordnung vorgenommen. Basierend auf diesen grundlegenden Methoden zur Signalerzeugung werden Sensoranordnungen mit Leitungen und Resonatoren betrachtet. Es erfolgt eine Einschätzung dieser Konfigurationen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit (wie z. B. erfassbarer Messbereich, Praktikabilität etc.). Daraufhin werden die TDR- und die Resonatoranordnung näher erläutert. Die so gewonnenen Messwerte liefern noch nicht die gewünschte Zielgröße „Feuchte“ sind allerdings sehr sensitiv gegenüber Änderungen des volumetrischen Wassergehalts (aber auch Querempfindlichkeiten, wie Dichte und Temperatur). Erst durch eine nachgeschaltete Verarbeitung wie z.B. die direkte Kalibrierung auf das Material oder die Anwendung bzw. Entwicklung eines geeigneten Materialmodells wird es möglich einen quantitativen Wert der Feuchte (volumetrischer Wassergehalt in  $\text{m}^3/\text{m}^3$ ) zu ermitteln. Anhand einer Materialkalibrierung an Böden wird die Anwendbarkeit der häufig benutzten empirischen Bezeichnung nach TOPP et. al beispielhaft gezeigt. Im folgenden Abschnitt sollen die Ergebnisse der vorgestellten Messverfahren durch einige Anwendungsbeispiele illustriert werden. Zunächst wird ein Resonator-Prototyp zur dichtunabhängigen Feuchtebestimmung von Schüttgütern und Feststoffen vorgestellt. Danach folgt ein TDR System zum großflächigen qualitativen Monitoring von Feuchteinfiltration in Bauwerke. Aufbauend auf den TDR- Anordnungen werden zwei Anwendungen (Monitoring des Bodenwasserhaushalts in Hochwasserschutzbauten und der Landwirtschaft) mit einer erweiterten Datenauswertung zur orts aufgelösten Bestimmung quantitativer Wassergehalte vorgestellt.