

Permittivitätsmessungen zur orts aufgelösten Charakterisierung von Wasser-Feststoff-Gemischen auf der Basis kurzer elektromagnetischer Impulse

Dipl.-Ing. Bianca Will, Lehrstuhl für Elektronische Schaltungstechnik, Ruhr-Universität Bochum

Für verschiedenste industrielle Anwendungen stellt die dielektrische Permittivität eine wichtige Messgröße dar. Sie liefert Informationen über den Wassergehalt, die Zusammensetzung oder die Homogenität eines Materials und dient häufig als Qualitätsmerkmal. Für die Agrarindustrie sowie im Rahmen von geologischen Untersuchungen ist die Feuchtigkeit der oberen Erdschichten von besonderem Interesse. Industrielle Feuchtemessgeräte nutzen häufig den Einfluss der dielektrischen Eigenschaften auf die Laufzeit elektromagnetischer Wellen, um den Feuchtegehalt eines Stoffes zu bestimmen. Bereits etablierte TDR - (Time Domain Reflectometry) - Verfahren bestimmen jedoch ausschließlich den Mittelwert des Feuchtegehalts gemessen über der gesamten Sondenlänge. Im Rahmen dieser Arbeit soll eine orts aufgelöste Bestimmung des Feuchtegehalts ermöglicht werden.

Generell eignen sich laufzeitbasierte Messverfahren zur orts aufgelösten Bestimmung des Feuchtegehalts unter der Voraussetzung, dass eine im Rahmen von Reflexionsmessungen notwendige Störreflexion in einer bekannten Entfernung positioniert werden kann.

Auf der Basis bereits genutzter TDR-Verfahren lassen sich aus den resultierenden Laufzeiten zum Störkörper orts aufgelöste Feuchtigkeiten bestimmen. Abhängig von ungünstigen Ausformungen von Erd- bzw. Feuchtigkeitsverteilungen kann es unter Umständen bei TDR-Messungen zu störenden Mehrfachreflexionen kommen, die das eigentliche Messsignal überlagern und dadurch eine eindeutige Bestimmung des Feuchtegehalts verhindern

Demgegenüber steht die Verwendung von auf Transmissionsmessungen basierenden Verfahren zur Laufzeitmessung, sogenannten TDT - (Time Domain Transmission) - Verfahren, deren eindeutige Bestimmung des Feuchtegehalts nicht durch überlagerte Störreflexionen und mögliche Mehrfachreflexionen beeinflusst wird.

Basierend auf dieser Technik wird in dieser Arbeit eine neuartige Sonde zur orts aufgelösten Messung der Permittivität entwickelt, die zur Anwendung in Bohrlöchern geeignet ist. Im Rahmen von geologischen Untersuchungen werden häufig Bohrungen im Erdreich durchgeführt, so dass vorhandene Bohrlöcher zur orts aufgelösten Messung des Feuchtegehalts genutzt werden können. Durch die praktische Anwendbarkeit in Bohrlöchern kann eine Kontaktierung der Sonde hier allerdings nur am oberen Ende erfolgen. Daher können konventionelle Transmissionsmessungen, die sowohl am Anfang als auch am Ende der Messstrecke eine Messstelle benötigen, innerhalb von Bohrlöchern nicht durchgeführt werden. Im Rahmen dieser Arbeit wird daher ein konzentrischer Reversionskoppler vorgestellt, der eine Rückführung des Transmissionssignals innerhalb der Sonde ermöglicht. Dadurch befinden sich beide zur Transmissionsmessung notwendigen Messstellen am oberen Ende der Sonde um die Messung wird durch die innenliegende Rückleitung nicht beeinflusst.

Mit Hilfe elektromagnetischer Simulationen wird darauf aufbauend eine zylinderförmige Sonde zur Transmissionsmessung realisiert, die in Bohrlöchern mit 5 cm Durchmesser verwendet werden kann. Basierend auf einem industriellen TDR-System wird weiterhin ein TDT-System zur Laufzeitmessung in Transmission entworfen, das in die Sonde integriert werden kann. Durch eine Verschiebung dieser Sonde innerhalb des Bohrlochs kann eine orts aufgelöste Messung der Permittivität auf mehreren Metern Länge mit einer Schrittweite von weniger als 1 cm erfolgen. Die Messung in einer Sondenposition liefert hierbei zunächst den Mittelwert der Permittivität auf einer Länge von 10 cm. Im Vergleich zu konventionellen TDR-Messungen konnte darüber hinaus die Messgenauigkeit im Bezug auf die Permittivität durch die Anwendung von Transmissionsmessungen erheblich verbessert werden.

Somit stellt die in dieser Arbeit entwickelte Transmissionssonde ein kompaktes, kostengünstiges und einfach anzuwendendes Messsystem dar, das eine orts aufgelöste Charakterisierung des Feuchtegehalts im Rahmen industrieller Anwendungen mit hoher Präzision ermöglicht.