Mikrowellen-Feuchtescans auf Straßen und Brücken

Arndt GÖLLER *
*hf sensor GmbH (Weißenfelser Str. 67, D-04229 Leipzig, www.hf-sensor.de)

Kurzfassung. Bei der fortschreitenden Schädigung von Fahrbahnen auf Straßen oder Brücken spielt der Eintrag von Feuchte eine wichtige Rolle im Schädigungsprozess. Für die Ermittlung des Feuchtezustands auf derart großen Flächen hat sich der Mikrowellen-Mobilscanner MOIST SCAN in verschiedenen praktischen Anwendungsfällen gut bewährt. Die Messungen werden dabei mit Mikrowellensensoren verschiedener Eindringtiefen in mehreren Tiefenschichten aufgenommen.

Zur Ausführung des Scanvorgangs wird der Scanner einfach spalten- oder zeilenweise über die zu messende Fläche gefahren. Die mögliche Verfahrgeschwindigkeit ist dabei sehr hoch. Auch große Flächen von einigen tausend Quadratmetern können so in kurzer Zeit aufgenommen werden.

Auf einigen Bundesautobahnen wurden Feuchtescans durchgeführt, bei denen mögliche Feuchteeintritte im Bereich der Fugenkreuze bzw. Randbereiche ermittelt werden sollten. Mit Hilfe der Scanbilder wurde sowohl eine örtliche Lokalisierung von Feuchteerscheinungen als auch eine Zuordnung zu bestimmten Tiefenzonen möglich.

Einführung

Bei der fortschreitenden Schädigung von Fahrbahnen auf Straßen oder Brücken spielt der Eintrag von Feuchte eine wichtige Rolle. Die bisherigen Möglichkeiten zur Feuchtebestimmung in solchen Bauwerken sind jedoch auf zerstörende Untersuchungen beschränkt, die nur als Einzelmessungen ausführbar sind und daher nur sehr begrenzte Aussagekraft haben.

Einzelmessungen an ausgewählten Punkten von Baukörpern sind nicht repräsentativ für den Feuchtezustand des Gesamtobjekts. Aus diesem Grund wurde das mikrowellenbasierte Rasterfeuchtemessverfahren für die Aufnahme von Feuchteverteilungen entwickelt, bei dem die Messwerte nacheinander in Spalten oder Zeilen aufgenommen werden. Die Rastermessung sichert durch die immer gegebene große Anzahl von Messwerten das Ergebnis statistisch ab. Rasterfeuchtemessungen sind wesentlich repräsentativer und aussagefähiger als einzelne zerstörende Messungen, selbst wenn diese an einzelnen Messpunkten genauere Ergebnisse liefern. Andererseits ergeben Rasterfeuchtemessungen anschauliche Feuchteverteilungen, die sehr gut den Feuchtestatus von Bauobjekten erkennen lassen.

Lizenz: http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de/

1. Grundlagen der Mikrowellen-Feuchtemesstechnik

Mikrowellen–Feuchtemessverfahren gehören zu den dielektrischen Messverfahren, die auf den herausragenden dielektrischen Eigenschaften des Wassers beruhen. Die relative DK von Wasser beträgt etwa 80, die relative DK der meisten Feststoffe, darunter auch der Baustoffe, ist wesentlich kleiner, sie liegt vorzugsweise zwischen 3 und 6. Im Mikrowellenbereich kommen zur ausgeprägten Polarisierbarkeit der Wassermoleküle auch noch dielektrische Verluste dazu, die auf die starken Bindungen der Wassermoleküle untereinander zurückzuführen sind. Auf dieser Grundlage lassen sich auch kleine Wassermengen gut detektieren.

Weiterhin lassen sich bei Mikrowellen-Frequenzen bereits recht gut bündelnde Antennen bauen. Wegen der Richtwirkung der Antennen können Eindringtiefen im Dezimeter-Bereich erzielt werden, so dass echte Volumenmessungen möglich sind. Derartige mit Antennen ausgeführte Volumenmessungen können mit Oberflächenmessungen auf der Grundlage von z. B. offenen Resonatoren kombiniert werden. Aus diesem Grund sind mit Mikrowellen-Anordnungen zerstörungsfrei Feuchtemessungen in verschiedenen Schichten eines Bauobjekts möglich.

2. Mikrowellenscanner

Für die Ermittlung des Feuchtezustands großer Flächen hat sich der Mikrowellen-Mobilscanner MOIST SCAN in verschiedenen praktischen Anwendungsfällen bestens bewährt. Großflächige Bauobjekte wie Straßen, Brücken, Parkdecks, Tiefgaragen, Flachdächer oder Schwimmhallen lassen sich damit schnell, einfach und vor allem vollständig untersuchen.

Die Messungen werden dabei mit Mikrowellensensoren verschiedener Eindringtiefen in mehreren Tiefenschichten aufgenommen. Mikrowellensensoren lassen sich mit verschiedenen Feldgeometrien ausführen. Unterschiedliche Feldgeometrien korrespondieren mit unterschiedlichen Mikrowellenanordnungen. Diese Mikrowellenanordnungen fanden Eingang in Mikrowellensensoren für verschiedene Schichttiefen. Damit lässt sich das Konzept der Rasterfeuchtemessungen in Richtung schichtenaufgelöster Untersuchungen weiter verfeinern. Mit ihrer Hilfe wird eine deutlich bessere Tiefenrasterung möglich. Derzeit sind Sensoren für Schichttiefen bis 3 cm, 6 cm, 10 cm, 25 cm und bis 80 cm verfügbar. So kann eine Tiefenstufung in insgesamt 5 Einzelstufen vorgenommen werden, wovon sich 4 im Bereich der üblicherweise am Bau benötigten Eindringtiefen bewegen.

Diese speziellen Feuchtesonden weisen sehr hohe Messgeschwindigkeiten auf und ermöglichen damit eine gute Ortsauflösung auch bei schneller Bewegung des Scanners. MOIST SCAN kann bis zu drei solche Sensoren aufnehmen. Aus diesen sogenannten Multischicht-Feuchtescans lässt sich flächenhaft der vollständige Feuchtestatus großer Bauobjekte ermitteln.

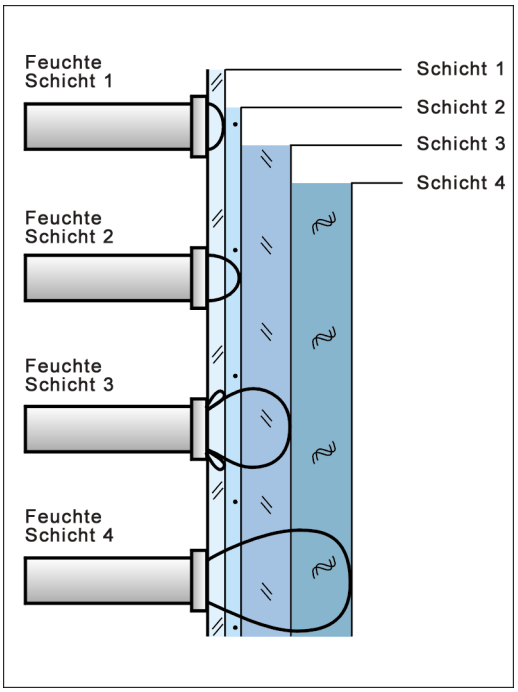


Abb. 1 Tiefenwirkung verschiedener Mikrowellenfeuchtesensoren

Zur Ausführung des Scanvorgangs wird der Scanner einfach spalten- oder zeilenweise über die zu messende Fläche gefahren. Die mögliche Verfahrgeschwindigkeit ist dabei sehr hoch, sie kann bis zu etwa 1 m/s betragen (entsprechend 3,6 km/h oder einem sehr schnell geschobenen Rasenmäher). Auch große Flächen von einigen tausend Quadratmetern können so in kurzer Zeit aufgenommen werden.

3. Mikrowellen-Feuchtescans auf Straßen und Autobahnen

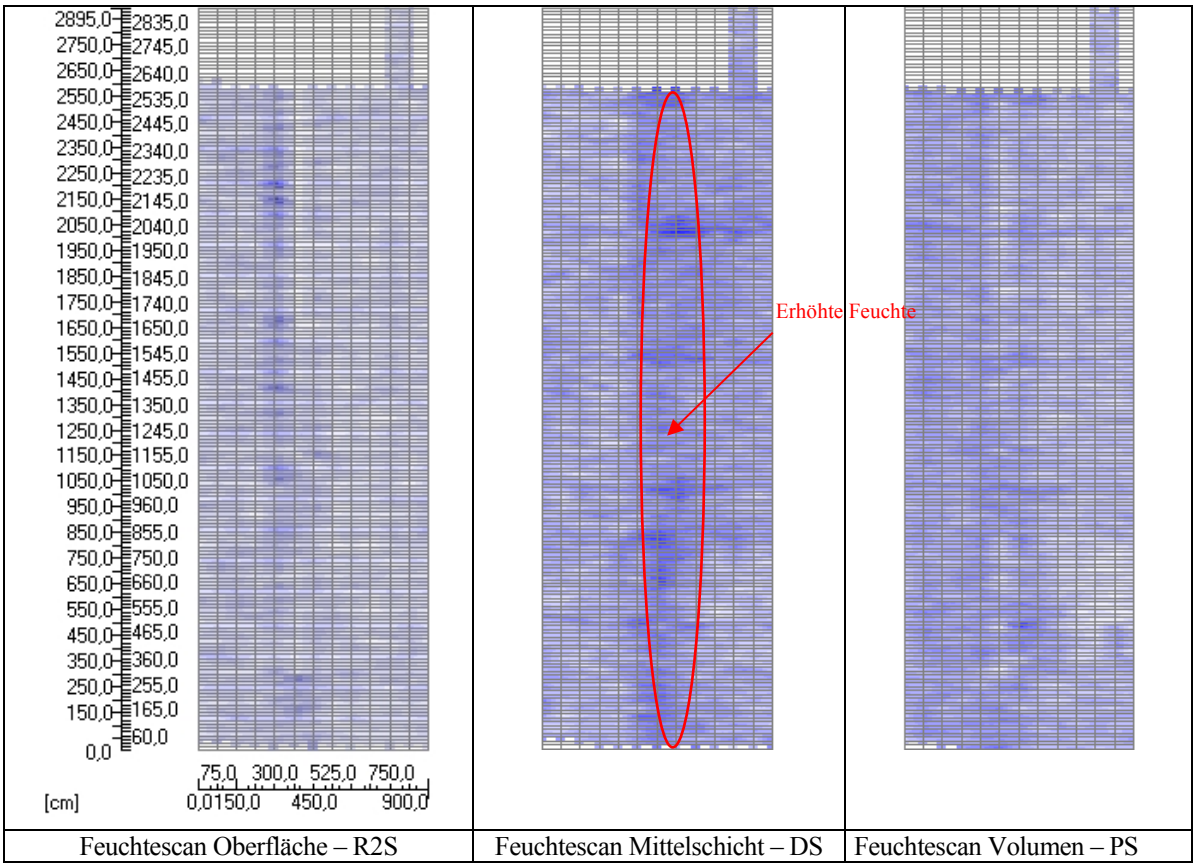
Feuchteverteilungen können damit auch auf Straßen, Autobahnen und Infrastruktur-bauwerken schnell und mit hoher Ortsauflösung aufgenommen werden. Gegenüber einzelnen zerstörenden Einzelmessungen ist die Qualität der Feuchteaussage um Größenordnungen besser.

Anwendungen ergeben sich überall dort, wo große Flächen oder Gebiete zu untersuchen sind. Dies können alle Arten von Bauwerken, Flachdächern, Brücken, Straßen oder Tunneln sein. Bei solchen Messaufgaben kommen wegen der meist großen Flächen schnell einige tausend Messpunkte zusammen. Für die Aufnahme von Feuchteverteilungen in solchen Anwendungen sind Mikrowellenscans hervorragend geeignet. Anhand der entstehenden Scandaten lässt sich eine eindeutige Klassifizierung der darin enthaltenen Abbilder der Feuchteschädigungen bzw. anderer Störungen des Untergrunds realisieren.

Abb. 2 Feuchtescan auf Standspur und Lastspur einer Autobahn

Auf einigen Bundesautobahnen wurden Feuchtescans durchgeführt, bei denen mögliche Feuchteeintritte im Bereich der Fugenkreuze bzw. Randbereiche ermittelt werden sollten. Der Bedarf für diese Untersuchungen ergibt sich aus dem Aufbau verschiedener Autobahnabschnitte, bei denen das Zusammenspiel von für den Bau verwendeten Gesteinen, im Winter eingesetzten Tausalzen und Feuchte eine wesentliche Rolle für den Eintritt und Fortgang der Alkali-Kieselsäure-Reaktion spielt. Insbesondere die Feuchtebelastung ist dabei ein wichtiger Parameter und konnte auf diese Weise erstmals messtechnisch erfasst werden. Erst durch den hochauflösenden Mikrowellenscan wird es möglich, ein umfassendes Bild der Feuchtebelastung im Fahrbahnaufbau zu erhalten. Dabei lassen sich innerhalb weniger Stunden mehrere Teilflächen mit einer Gesamtfläche bis zu einigen tausend Quadratmetern und mit einer Ortsauflösung von bis zu 15 cm scannen.

Beispielhaft werden hier Scans verschiedener Fahrbahnabschnitte gezeigt. Aus den Scanbildern gehen wichtige Informationen hervor. Oberflächenscan und Volumenscan zeigen im ersten Beispiel nur sehr schwach ausgeprägte Feuchteveränderungen im Bereich der Fugen. Die oberflächliche Feuchtebelastung und die im Volumen ist daher niedrig. Markant ist jedoch der Scan der mittleren Schichten mit MOIST D. Er zeigt deutlich ausgeprägte Bereiche höherer Feuchten im Bereich der Fugenkreuze und in den Querfugen (rot markiert). Die Feuchtebelastung in der mittleren Tiefenschicht ist damit stärker als an der Oberfläche oder im unteren Bereich der Fahrbahnplatte, so dass zum Beispiel ein Feuchteeintritt von unten in die Fahrbahn ausscheidet.



Feuchtescan Oberfläche – R2S	Feuchtescan Mittelschicht – DS	Feuchtescan Volumen – PS

Abb. 3 Feuchtescan zwischen Standspur und Lastspur einer Autobahn – 3 Tiefenschichten

Ein weiteres Beispiel zeigt einen Scan auf einem asphaltierten Teilstück einer Autobahn. Im Fahrbahnbereich kam es seit zwei Jahren zu Deformationen und Rissbildungen in der Asphaltdeckschicht. In der Asphaltbinderschicht war ein erhöhter Hohlraumgehalt mit Wasser feststellbar. Als ursächlich für die Deformationen wurden lokale Entmischungen festgestellt. Die hohen dynamischen Belastungen des Schwerkehrs verstärkten die angefallenen Schädigungen.

Es bestand der Verdacht, dass im Mittelstreifen zwischen den Betongleitwänden Wassereintritt möglich wäre. Hierdurch könnte ein möglicher Wasserzulauf in Richtung des Quergefälles der Fahrbahn bis zur Lastspur eintreten.

Aus den Scanbildern ergibt sich, dass Feuchteerscheinungen im Bereich der Fugen zwischen Standspur und Lastspur sowie zwischen Lastspur und erster Überholspur auftreten. Ebenfalls erkennbar wurden Feuchteerscheinungen im Bereich des Mittelstreifens an den Betongleitwänden. Diese Feuchteerscheinungen sind in Abb. 5 auf der rechten Seite in den Volumenmessungen erkennbar und daher der Asphaltbinderschicht zuzuordnen.

Abb. 4 Feuchtescan über alle Fahrbahnen einer Autobahn

Größere Wasserwegsamkeiten, die auf Wasserpfade quer über die gesamte Fahrbahn hindeuten, sind aus den Scans nicht zu erkennen.

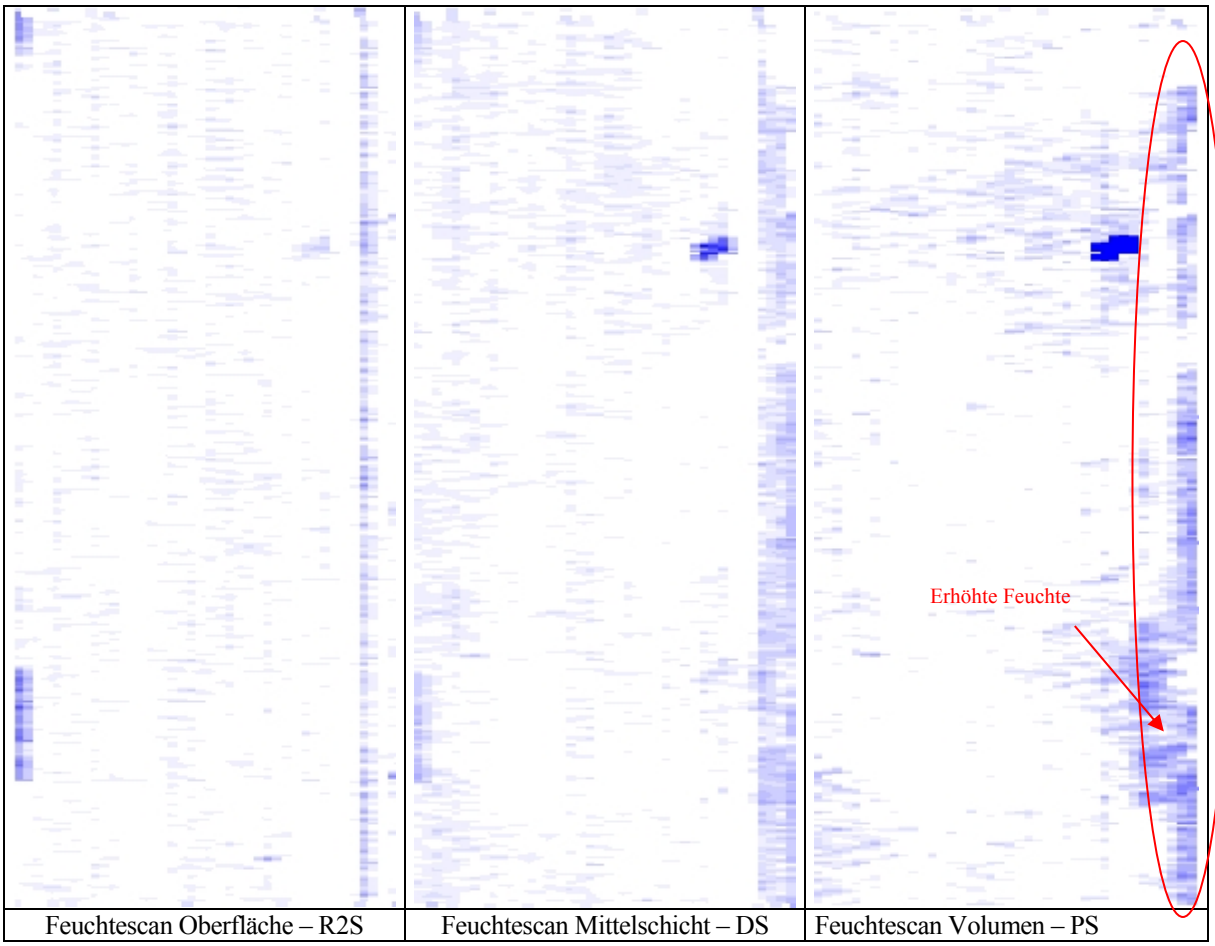


Abb. 5 Feuchtescan auf den Fahrbahnplatten einer Autobahn – 3 Tiefenschichten

Mikrowellen-Feuchtescans stellen ein neues, sehr leistungsfähiges Instrumentarium zur schnellen Aufnahme von Feuchteverteilungen an großflächigen Bauobjekten dar. Insbesondere auf Straßen und an Infrastrukturbauwerken können Mikrowellen-Feuchtescans vorteilhaft eingesetzt werden.

Dank der hohen Ortsauflösung und Messgeschwindigkeit sind Feuchtemessungen in ganz neuer Qualität möglich. MOIST SCAN arbeitet vergleichbar einer mehrdimensionalen Mikrowellenkamera und erfasst Feuchteinformationen aus mehreren Schichten mit hoher Geschwindigkeit.

Literatur:

[1] Proc. 9. Feuchtetag 1997, Weimar, MFPA Weimar, 17.-18.09.97

[2] Mikrowellenbasierte Rasterfeuchtemessung. Bautechnik 6/2007, S. 417 ff.

[3] Schau an – Schicht für Schicht. Bautenschutz + Bausanierung 7/2007, S. 38ff.

[4] Göller, A.: Mobiler Mikrowellenscanner MOIST SCAN – Eine neue Ära der Bauwerksdiagnose. DGZfP-Fachtagung Bauwerksdiagnose 2008, Poster 1