

# NMR-INSPECT

Kernspinresonanz in Aufsatztechnik



**Fraunhofer** Institut  
Zerstörungsfreie  
Prüfverfahren



# Handliche Kernspinresonanz für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

## Situation

Feuchtigkeit im Bauwerk kann zu erheblichen Schäden führen, die es mit rechtzeitiger und effizienter Sanierung einzudämmen oder zu beseitigen gilt. Sanierer von Altbauten beispielsweise benötigen eine zuverlässige Abschätzung des Sanierungsaufwandes. Bei sicherheitsrelevanten Bauteilen wie z.B. Brückenpfeilern ist eine Analyse der feuchtebedingten Schädigungen von hoher Bedeutung, um daraus eine Restlebensdauer abzuleiten.

Effiziente und damit kostengünstige Sanierungsmaßnahmen setzen die präzise Ortung der Schäden und die korrekte Diagnose der Feuchtigkeitsbelastung zur Beurteilung des Bauwerkzustandes voraus. Das ist bisher nur stichprobenartig unter Anwendung konventioneller Messverfahren möglich: Bohrkerne werden vom Bauwerk entnommen und anschließend im Labor analysiert.

Bei historisch wertvollen Objekten ist diese Vorgehensweise aufgrund ihres zerstörenden Charakters unerwünscht, bei sicherheitsrelevanter Bausubstanz sind die Stichprobenprüfungen für eine umfassende Schadensanalyse unzureichend. Die Probenentnahme, der Transport ins Labor und die anschließende Reparatur des Prüfobjektes erfordern bisher einen hohen Kostenaufwand.



Wasserschäden an einem Altbau

## Lösung

Das Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren hat ein Verfahren entwickelt, mit dem die Feuchtigkeitsverteilung in Bauwerken völlig zerstörungsfrei diagnostiziert werden kann. Basierend auf der Methode der Wasserstoff-Kernspinresonanz ( $^1\text{H-NMR}$ ; siehe Kasten rechts) wird der Feuchtegehalt in Baustoffen, wie Beton, Mauerwerk oder Holz zuverlässig und schnell bestimmt.

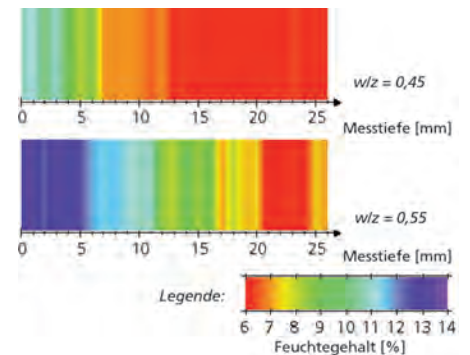
Mit dem Prüfsystem NMR-INSPECT wird erstmals eine tragbare NMR-Messtechnik für die Vorort-Prüfung von Baustoffen, also direkt am Bauwerk, zur Verfügung gestellt. Im Gegensatz zur konventionellen NMR-Messtechnik arbeitet die Aufsatztechnik mit einem Sensor, der an das Prüfobjekt herangeführt wird und bei nur einseitigem Zugang eine Prüfung ermöglicht. Probenentnahme und anschließende Reparatur sind auch bei größeren Prüfobjekten, z.B. Mauerwänden, nicht mehr erforderlich.

NMR-INSPECT ermöglicht eine zerstörungsfreie, flächendeckende Ortung und Diagnose von Feuchtigkeitszuständen eines Bauwerkes mit geringem Kostenaufwand.

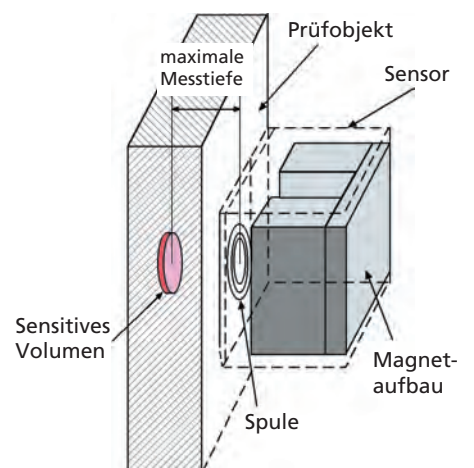
## Vorteile

- Bestimmung der Feuchtigkeitsbelastung und der Wasserdurchlässigkeit
- Das Messsystem arbeitet in Aufsatztechnik und berührungslos
- Probenentnahme ist nicht erforderlich
- Das gesamte System ist tragbar, Batteriebetrieb ist möglich

- Modulares Konzept: Das Prüfgerät kann je nach Applikationswunsch mit verschiedenen Prüfsensoren betrieben werden. Das System ist daher leicht an kundenspezifische Anforderungen anzupassen
- Wir liefern maßgeschneiderte Prüfsysteme. Prüfungen im Kundenauftrag werden durchgeführt



Feuchteverteilung in Beton verschiedener Qualität nach eindimensionaler Feuchtebelastung, gemessen mit NMR-INSPECT



Funktionsweise des Sensors

## Kernspinresonanz - NMR

Kernspinresonanz - englisch: Nuclear Magnetic Resonance, NMR - ist eine Messmethode, die traditionell in der chemischen Analytik und in der medizinischen Humandiagnostik («Kernspintomographie») Anwendung findet. Sie basiert auf der Wechselwirkung zwischen eingestrahlten Radiowellen und Atomkernen, die sich in einem starken Magnetfeld befinden. Wasserstoffkerne zeigen naturgegeben den größten Effekt: Die Kerne, die sich in dem Einflussvolumen des Sensors befinden, werden entsprechend der speziell kurzzeitig eingestrahlten Energie in eine Resonanz gebracht. Durch Relaxation, d.h. durch Abgabe der Energie an benachbarte Kerne und die Umgebung, kommt die Resonanz zum Erliegen. Die Stärke der Resonanzamplitude und die Zeit für die Relaxation sind Kenngrößen für die Anzahl der beteiligten Wasserstoffkerne im erfassten Volumen und für den Bindungszustand. Es ist ein Nachteil der konventionellen NMR-Messtechnik, daß das Prüfobjekt in das Innere eines umfassenden Sensors eingebracht werden muss. Bei medizinischen NMR-Anwendungen z.B. wird der Patient in eine High-Tech-Röhre, die sogenannte Bohrung, des Kernspintomographen geschoben. In Baustoffen können Feuchtigkeitsgehalt und Feuchtigkeitsverteilung mit der NMR gemessen werden. Die NMR wird auch zur Ermittlung der Porosität, der Dichteverteilung in Holz und des Hydratationsgrades von Beton eingesetzt.

## Werkstoffanwendungen und Prüfaufgaben

- Baustoffe:  
Feuchteverteilung, Feuchtetransport
- Holz, Holzwerkstoffe:  
Trocknungsprofil, Dichteverteilung
- Kunststoffe, Klebeverbindungen:  
Aushärtung, Alterung
- Mörtel, Beton:  
Hydratation, Verfestigung

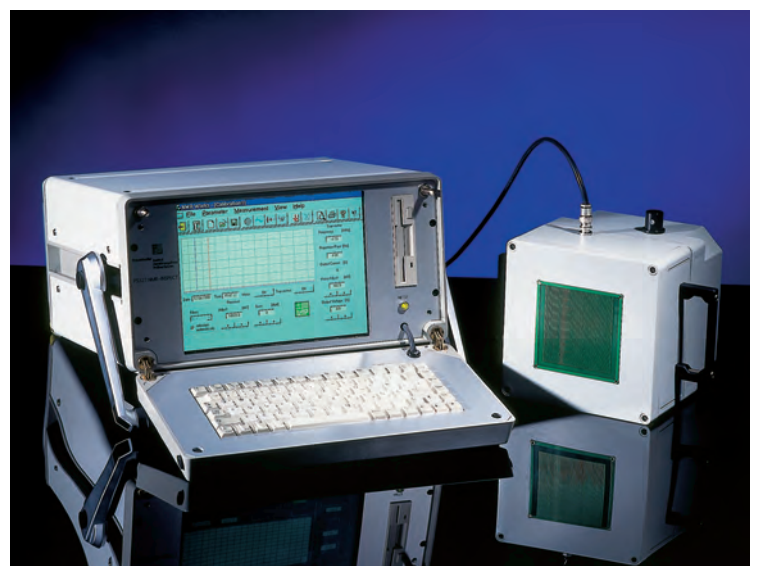
## Messsystem

Der Sensor des Messsystems besteht aus einem starken Permanentmagneten und einer Hochfrequenzantenne, einschließlich Abstimmungselektronik. Im Außenraum des Sensors wird ein kreisscheibenförmiges Messvolumen erzeugt (sensitives Volumen). Durch Änderung der Sendefrequenz der Antenne kann der Abstand zwischen dem Sensor und dem sensitiven Volumen und somit die Messtiefe variiert werden.

Herzstück des Messsystems ist eine Prüfelektronik, die trotz ihrer geringen Größe sehr leistungsfähig ist: Die Pulsleistung beträgt bis zu 30 kW.

## Technische Daten

- Messdauer ca. 30 Sekunden pro Feuchtwert
- Messparameter: Spindichte und Relaxationszeiten  $T_1$  und  $T_2$
- Gewicht des Prüfgerätes: ca. 10 kg
- Gewicht des Prüfsensors: 2 - 30 kg (je nach Ausführung)
- Bedieneroberfläche unter Windows NT
- Frequenzbereich: 5 - 9,5 MHz (Messtiefenbereich: 2 - 30 mm, abhängig von der Sensorausführung)
- Sender: 30 kW Pulsleistung
- Signalmittelung
- Wahlweise Netzanschluss oder Batterieanschluss



Die Fraunhofer-Gesellschaft gehört zu den führenden Organisationen für angewandte Forschung in Europa. Sie betreibt derzeit 48 Forschungseinrichtungen in der Bundesrepublik. Rund 9 000 Mitarbeiter erzielen das jährliche Forschungsvolumen von 1,3 Milliarden Mark. Davon erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft rund zwei Drittel aus Aufträgen der Industrie und öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Mehr als 50 Prozent der Industrieerlöse stammen von kleinen und mittleren Unternehmen. Die internationale Zusammenarbeit wird durch Niederlassungen in den USA und in Asien gefördert.

Das Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP erforscht anwendungsorientierte Grundlagen zur Erweiterung des Verständnisses der zerstörungsfreien Prüfmethoden und entwickelt wirtschaftliche Verfahren und marktgerechte Produkte der Qualitätsprüfung im Auftrag der Industrie. In einem akkreditierten Applikationszentrum werden die Ergebnisse des Instituts der industriellen Anwendung zugänglich gemacht.

**Fraunhofer-Institut  
für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP**

Prof. Dr. Dr. h.c. Michael Kröning  
Universität, Gebäude 37  
D- 66123 Saarbrücken

Für Ihren ersten Kontakt:

Q NET ENGINEERING GMBH  
Altenkessler Str. 17B  
D-66115 Saarbrücken

Dr. Ludwig von Bernus  
Tel. +49 (0) 6 81 9 76 71 53  
Fax +49 (0) 6 81 9 76 71 58

<http://www.qnetworld.com>  
email: [q-net@t-online.de](mailto:q-net@t-online.de)