

Feuchtemessung unabhängig von Korngröße und anderen Parametern, sorgt für erhebliche Kosteneinsparungen bei der Herstellung von Beton-, Kalk- und Tonsteinen

Erhebliche Qualitätsverbesserung wenn Rezepturen für die Steinherstellung mit Zuschlags-Feuchtesonden auf Radarbasis langfristig stabil auf ± 2 Liter Wasser pro m^3 eingehalten werden können.

Die Anforderungen an die Qualität bei der Steinherstellung werden immer größer. Bei der Einhaltung von Rezepturen spielt die präzise Messung der Zuschlagsfeuchte eine große Rolle, da je nach Rezeptur betreffend des Wasser-gehaltes Genauigkeiten von ± 2 Liter Wasser pro m^3 gefordert werden um die Norm- konforme Herstellung entsprechender Endprodukte zu garantieren.

Bei der Herstellung von Beton-, Kalk- und Tonsteinen wird i.d.R. nur die Sandfeuchte explizit gemessen. Kann man aber auch die Feuchte anderer Zuschläge präzise messen, können Grundabweichungen bis zu ± 2 Liter pro m^3 eingehalten werden

In der Praxis stellt die langzeitstabile Einhaltung des korrekten Wassergehaltes eine große Herausforderung dar. Nicht selten müssen Anlagenbetreiber ihre Anlagen von Hand nachsteuern um die Anforderungen betreffend der geforderten Grundabweichung einhalten zu können.

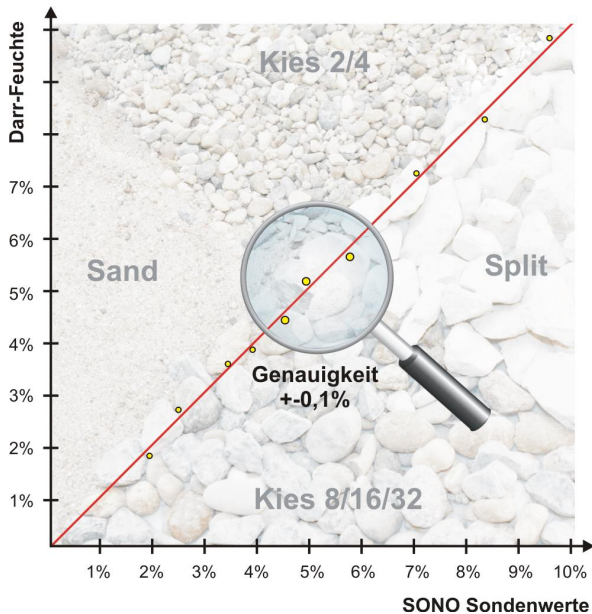
Mit dem neuen SONO-Verfahren auf Radarbasis kann die Feuchte langzeitstabil und unabhängig von anderen Störgrößenparametern auf ± 2 Liter Wasser pro m^3 eingehalten werden.



Wie dies im Detail funktioniert ist z.B. bei der Firma Xella Baustoffwerke Rhein-Ruhr GmbH in Bocholt zu sehen, wo eine SONO-VARIO Sandsonde im Automatikbetrieb eingesetzt wird. Es kann eine Grundabweichung von ± 2 Liter pro m^3 für die Herstellung von Kalksandsteinen eingehalten werden da der Sand langzeitstabil mit einer gemittelten Genauigkeit von $\pm 0,1\%$ gemessen werden kann.

„Bis auf die Kommastelle genaue Feuchtemessung bei der Kalksandstein-Herstellung, das habe ich so noch nie erlebt. Das bedeutet für uns, dass wir am Anschlag mit minimaler Kalkzugabe fahren können und somit maximal einsparen. Dieses überzeugende Messsystem werden wir noch bei vielen weiteren Anwendungen einsetzen.“

Ludger Pöpping Werkleiter Xella Baustoffwerke Rhein-Ruhr GmbH



Das Diagramm zeigt in unterschiedlichen Feuchtebereichen eine gemittelte Genauigkeit von $\pm 0,1\%$ von SONO-Sondenwerten zu Darr-Werten für Sand, Kies und sogar Split bei unterschiedlichen Fraktionen. Die Messwerte wurden über ein Jahr lang sowohl im Sommer- als auch im Winterbetrieb überwacht und protokolliert. In den SONO-Sonden kommt trotz unterschiedlicher Fraktionen der Zuschläge nur eine einzige Kalibrierkurve zum Einsatz und die Sonden mussten während des Betriebs nicht nachkalibriert werden.

Hier stellt sich jetzt die Frage, warum die Einhaltung der Genauigkeit bei der Feuchtemessung von Zuschlägen bisher eine so große Herausforderung war?

Nachfolgende Faktoren und Sondenmerkmale sind zur Erreichung präziser WZ-Werte zu berücksichtigen und von konventionellen Feuchtesonden nur schwer zu erreichen:

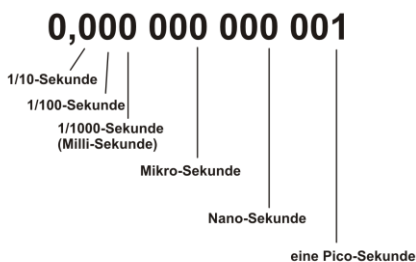
- **Schwankende Sand-Sieblinien** (z.B. gebrochener oder Natursand) können sich durch Messwertschwankungen bei konventionellen Feuchtesonden von bis zu $\pm 1,5\%$ auswirken, d.h. sie führen dann zu Rezepturfehlern von bis zu ± 15 Liter Wasser pro m^3 .

- Die Feuchte von **gröbereren Zuschlägen** können von konventionellen Feuchtesonden nicht gemessen werden, obwohl bis zu 25 Liter Wasser pro m^3 alleine im Kies enthalten sein können.
- Eine **Abrasion an einer Sonde** kann je nach Zuschlagsstoff innerhalb kürzester Zeit zu erheblichen Messwertschwankungen in %-Bereichen führen.
- **Feinanteile in den Zuschlagsstoffen** können zu erheblichen Messwertfehlern führen. Bei sehr hohen Feinanteilen ist oft gar keine Messung möglich.
- Konventionelle Feuchtesonden reagieren mit erheblichen Abweichungen bei **schwankender Materialüberdeckung** über der Sonde, was dazu führt, dass diese Sonden an nicht optimalen Messstellen wie z.B. innerhalb eines Silos eingebaut werden müssen.
- **Temperatureffekte und schwankende Mineralienanteile** können Messwertfehler verursachen.
- Werden **Teilmengen** produziert, dann können die Batches so kurz sein, dass konventionelle Feuchtesonden die Feuchte dieser kurzen Batches nicht korrekt messen können. Feuchtesonden sollten Beginn und Ende eines Batches selbstständig erkennen können.

Das neue SONO-Verfahren ermöglicht signifikante Verbesserungspotentiale

Mit Erreichung einer Genauigkeit von ± 1 Picosekunde bei der Messung der Radarlaufzeit war es möglich, Radar-Feuchtesonden in der Bauindustrie einzusetzen. Das **TDR-Messprinzip** (Time-Domain-Reflectometry, auch **Kabelradar** genannt) hat sich in den letzten 10 Jahren als neues und präzises Messverfahren für anspruchsvolle Anwendungen in der Industrie immer mehr durchgesetzt. Beim TDR-Verfahren wird über die Laufzeit (Zeitbereichsmessung) eines elektromagnetischen Impulses die Dielektrizitätskonstante ϵ und damit die Feuchte bestimmt.

Zeitbereichsmessung mit der TDR-Methode



$$c = \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon * \mu}} = \frac{2l}{t}$$

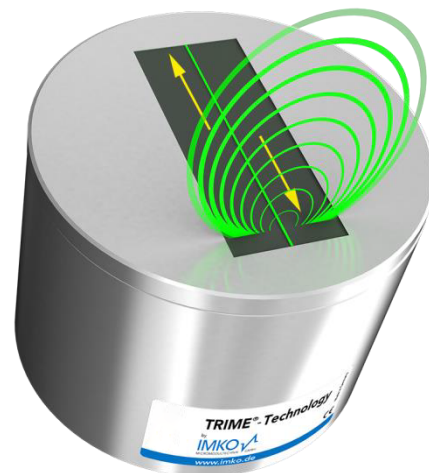
c_0 = Lichtgeschwindigkeit (3×10^8 m/sec)
 $\mu = 1$ (magnetische Permeabilität)
 ϵ = Dielektrizitätskonstante
 t = Laufzeit
 $2l$ = Länge der Leiter (Hin und zurück)

$$t = \frac{2l}{c_0} \sqrt{\epsilon_r}$$

Mit der neuen SONO-Technologie können Betonrezepturen mit Zuschlags-Feuchtesonden langzeitstabil auf ± 2 Liter Wasser pro m^3 eingehalten werden.

Die SONO-Sonde als Feuchte-„Tomograph“.

Das Bild zeigt eine SONO-VARIO Xtrem mit gehärtetem und austauschbarem Sondenkopf mit Spezialkeramik, die einen „Beschuss“ von 32er Kiesel auch aus größeren Fallhöhen problemlos übersteht. Grün dargestellt ist die Radarwelle. Ähnlich wie bei einem CT wird das Material Schicht für Schicht scheibenförmig vermessen.



Beim SONO TDR-Verfahren läuft eine „geführte Radarwelle“ mit nahezu Lichtgeschwindigkeit entlang eines Radarleiters und das Messfeld breitet sich scheibenförmig über der Sonde im Material aus. Das Messfeld von SONO-Sonden „begnügt“ sich bei geringer Schütthöhe über der Sonde mit weniger Material (bis zu gewissen Grenzen), liegt mehr Material über der Sonde dann dringt das Messfeld auch in das größere Materialvolumen ein. Messfeldbeeinflussungen durch z.B. größere Kiesel oder durch Feinanteile werden bei dieser Methode quasi ausgemittelt und Fremdeinwirkungen durch anlagen-spezifische Teile sind dadurch minimiert.

Nachfolgend eine Aufstellung der Merkmale von SONO-Sonden für Anwendungen bei der Beton,- Kalk- und Tonsteinherstellung:

Thema	SONO-Sonden	konventionelle Sonden
Korngröße, Kornform	So gut wie keine Abhängigkeit, von 0/2er Sand bis 8/16/32er Kies. Keine Beeinflussung bei rundem oder gebrochenem Korn bzw. Split.	Erhebliche Abhängigkeit, geringe Änderungen in der Materialzusammensetzung erfordern eine Anpassung der Kalibrierung. Z.B. bestehen Probleme die Feuchte von größeren Zuschlägen (Kiesel) zu ermitteln.
Feinanteil im zu vermessenden Material	Eine Variation im Feinanteil wirkt sich nicht auf den Messwert aus.	Variierender Feinanteil spiegelt sich als erhebliche Messwertschwankung wieder. Erhebliche Probleme bestehen bei sehr hohem Feinanteil.
Einkalibrierung bei der Inbetriebnahme	Eine SONO-Sonde ist ohne Einkalibrierung für Sand, Kies und andere Materialien einsetzbar. Eine Feinjustierung um $\pm 0,3\%$ ist mit einer Universal-Kalibrierkurve möglich.	Je nach Materialzusammensetzung sind präzise Einkalibrierungen notwendig.
Langzeitstabilität durch Abrasion	Eine Autokorrektur ermöglicht den Langzeitbetrieb ohne Nachkalibrierung beim Einsatz in abrasiven Materialien.	Muss bei Abrasion von einem Techniker oder Laboranten mit erheblichem Zeitaufwand permanent nachkalibriert werden.
Leitfähigkeit, Temperatur	So gut wie keine Abhängigkeit; die Leitfähigkeit kann zusätzlich bestimmt werden. Sonden für Temperaturen bis 200°C sind machbar.	Erhebliche Abhängigkeiten.
Messfeldausdehnung	Ab einer Materialüberdeckung von 3cm über der Sonde bestehen keine Probleme. Bei höherer Überdeckung dringen die Feldlinien tiefer in das Material ein.	Erhebliche Abhängigkeit von der Schütthöhe (bei 3, 5, oder 10cm) und vom Messfeld, welches konzentriert in der Sondenmitte gestört werden kann. Die Mikrowelle muss zweimal, beim Senden und Empfangen eine relativ dicke Keramikplatte durchdringen.
Fremdbeeinflussung des Messfeldes	So gut wie keine Beeinflussung durch die geführte Radarwelle.	Erhebliche Beeinflussung durch Anlagenteile, etc.
Sonden-interne Messwertaufbereitung	Intelligente Messwert-Vorverarbeitung bei hochfrequenten internen Zyklusraten mit physikalischer Plausibilitäts-Überprüfung sowie unterschiedlichen und neusten leistungsfähigen Filteralgorithmen.	Je nach Sonde bis zu 100 Messwerte pro Sekunde die je nach Sondentyp gemittelt und gefiltert werden können.

Thema	SONO-Sonden	konventionelle Sonden
Lebensdauer des Sondenkopfes	Je nach SONO-Sonde ist Sondenkopf und Elektronik getrennt aufgebaut. D.h. bei einem Verschleiß kann der Sondenkopf bei Verwendung der Elektronik getauscht werden. Bei der SONO-MIX besteht der Kopf aus einer massiven Wolfram-Carbid Platte mit spezieller Silizium-Keramik für äußerste Robustheit und ermöglicht Standzeiten, die mit anderen Sonden bisher nicht erreicht werden konnten.	Außer bei Mischersonden sind Sondenkopf und Elektronik meistens eine Einheit. Mit einer relativ großen Keramikplatte ist die Bruchgefahr groß. Ein Stahl-Halterahmen für die Keramikplatte ist einer erheblichen Abrasion ausgesetzt und muss je nach Beanspruchung bereits nach einigen Monaten getauscht werden.
Kontrolle des w/z-Wertes eines Frischbetons	Machbar durch präzise Trennung von Feuchte und Leitwert, womit w/z-Werte bis zu 0,40 kontrolliert werden können.	Nicht bekannt.
Feuchte-Messbereich	SONO-Sonden können bis zu 100% Wassergehalt messen. Damit ist sogar eine Messung von Feststoffen (z.B. 0..10% Feststoffgehalt) in Flüssigkeiten möglich.	Nicht bekannt.
Kontrolle weiterer Materialparameter wie z.B. Viskosität	Machbar durch die parallele und präzise Messung der Hochfrequenz-Radar-Dämpfung mit dem revolutionären TRIME-Messverfahren.	Nicht bekannt.

Schlussbemerkung

Mit neuen innovativen Technologien sollten sowohl Verbesserungen als auch geringere Investitions- und Folgekosten verbunden sein. Die Anforderungen an die Qualität bei der Beton-, Kalk- und Tonsteinherstellung werden immer höher. Mit dem modernen und revolutionären SONO-Verfahren wird ein neues Kapitel in der Feuchtemessung aufgeschlagen.

IMKO GmbH www.imko.de e-mail: info@imko.de Phone: 07243-59210