

Feuchtemessung in der Agrartechnik, Hydrologie und Bewässerung

Für jede Anwendung
die passende Feuchtesonde



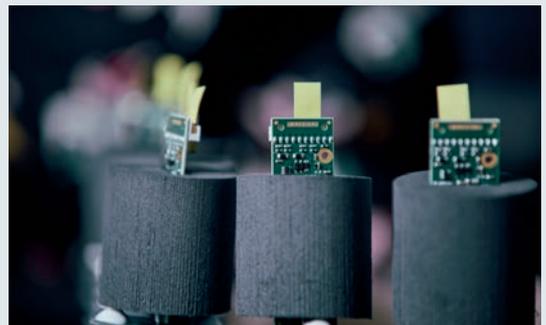
Moisture Sensor Experts

IMKO 

Historie



- Gegründet 1984, als Ingenieurbüro, befasst sich die IMKO GmbH seit nunmehr über 30 Jahren mit dem Thema Feuchtemessung.
- Basierend auf der einzigartigen TRIME-TDR Technologie, entwickelten IMKO-Experten in den frühen 90er Jahren Sensoren für Wissenschaft und Meteorologie. Einige Jahre später erfolgte eine Erweiterung des Produktspektrums um Lösungen zur Messung der Getreidefeuchte in erster Linie um Anwendungen im Agrarbereich zu erfüllen.
- Seit Einführung der SONO-Serie im Jahr 2010 bietet die IMKO GmbH inzwischen ein Produktportfolio, um die Feuchtemessung in jedem Material zu ermöglichen, unabhängig davon, ob beispielsweise nur wenige Tropfen Wasser im Feststoff zu detektieren sind.
- Heute sind wir ein innovatives und motiviertes Team von rund 20 Mitarbeitern und gehören seit Oktober 2017 als Tochtergesellschaft der Endress+Hauser Gruppe an. Die IMKO GmbH entwickelt und produziert weiterhin am Gründungsstandort Ettlingen Qualität der Marke „Made in Germany“.



IMKO – Anwendungsfelder

Boden



Beton



Schüttgut

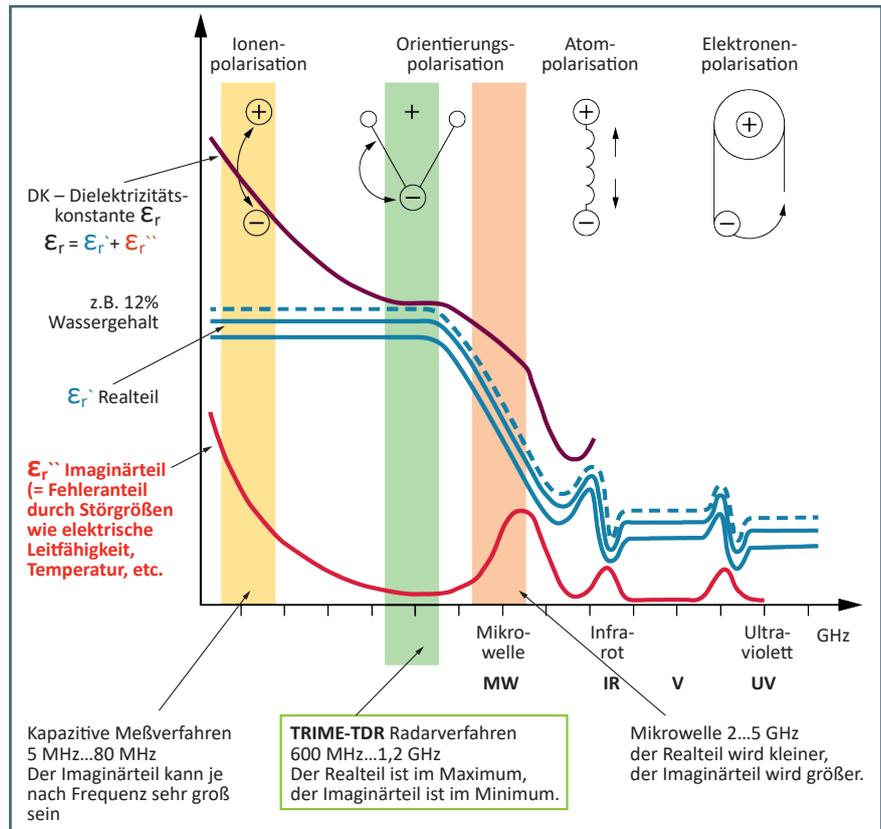


Das IMKO TRIME-TDR Messverfahren

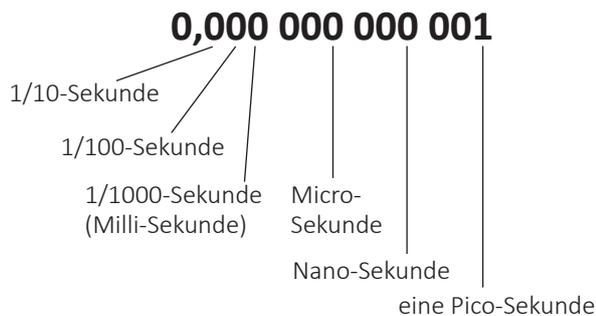
Die von IMKO entwickelten Sensoren basieren auf der Messung mit **Zeitbereichsreflektometrie**, auch bekannt unter der englischen Bezeichnung Time-Domain-Reflectometry, oder kurz TDR.

Prinzipiell ist das Messverfahren für verschiedene Anwendungen geeignet, wie zum Beispiel die Kabelbruchdetektion, oder auch die Messung von Füllständen.

In der spezifischen Anwendung zur Messung der Feuchte in Schüttgütern und Flüssigkeiten, wird der physikalische Effekt genutzt, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit von elektromagnetischen Wellen mit den dielektrischen Eigenschaften des zu vermessenden Materials korreliert. Da Wasser eine deutlich höhere Dielektrizität aufweist als die zu vermessenden Materialien wie z.B. Sand, Getreide oder auch Öl, lässt sich somit der Wassergehalt sehr genau bestimmen.



Zeitauflösung der IMKO Sensorik

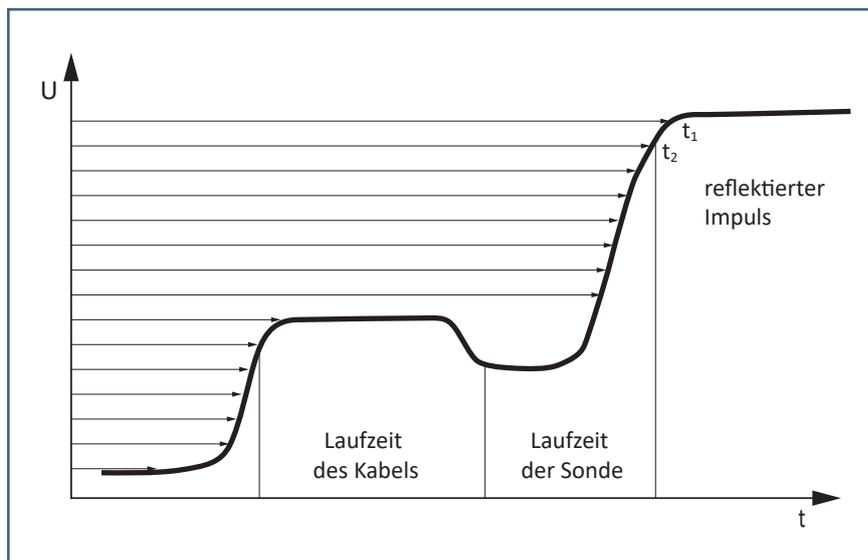


- ➔ Proprietäres, automatisiertes und hochintegriertes Messsystem
- ➔ Keine Alterung der Sonden durch z.B. Korrosion
- ➔ Langlebige Messtechnik auch in Heavy-Duty Variante erhältlich für z.B. Installation unter Bahndämmen, Flugverkehrsflächen oder Autobahnen
- ➔ Sehr geringer Kalibrieraufwand
- ➔ Vielfältige Kalibrierungen vorinstalliert
- ➔ Flexible Geometrie für verschiedene Anwendungen
- ➔ Gratis Software zur Kalibrierung & Visualisierung
- ➔ Umfangreiches Schulungsangebot
- ➔ Mehr als 25 Jahre Expertenwissen

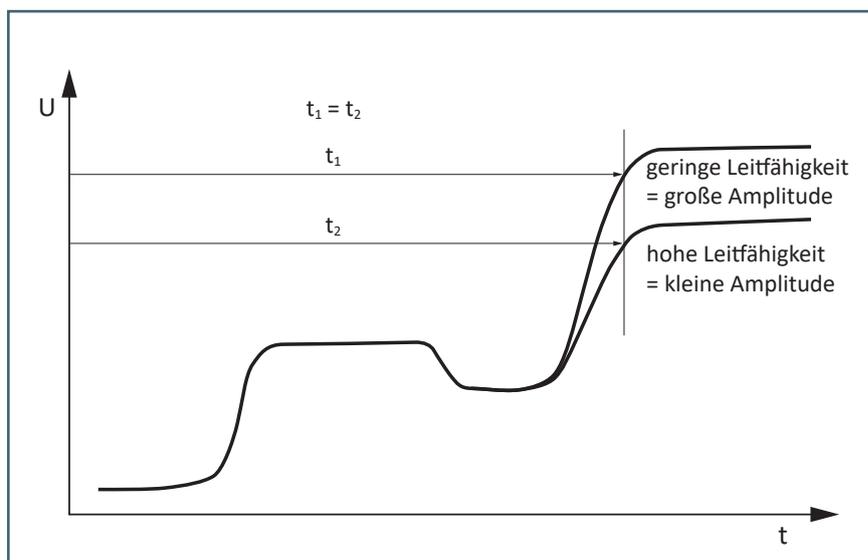
TDR-Messung mit dem patentierten TRIME-Verfahren

Die Realisierung einer TDR-Messung ist normalerweise mit sehr hohem technischem Aufwand verbunden. Es müssen sehr genaue Impulse erzeugt werden und die Messung erfordert höchste Präzision. Daher blieb die TDR-Technologie lange eine der Wissenschaft vorenthaltene Labor-Messmethode. Auf TDR basierende Messgeräte waren sehr teuer und zudem groß und nicht geeignet für einen Feldeinsatz.

Mit der von IMKO speziell auf die Anwendung der Materialfeuchtemessung optimierten TDR-Technik, dem **TRIME-Verfahren** (Time-Domain-Reflectometry mit Intelligenten Micromodul-Elementen), wurde eine robuste Messtechnik realisiert, die einen kompakten und industrietauglichen Aufbau, bei sehr gutem Preis-/Leistungs-Verhältnis ermöglicht.



Für alle Arten der Feuchtemessung stellt die elektrische Leitfähigkeit des zu vermessenden Mediums eine der größten Störeinflüsse dar. Die elektrische Leitfähigkeit beeinflusst das Messergebnis. Selbst in Leitungswasser schwankt der Mineraliengehalt über das Jahr um bis zu 50% zum jährlichen Mittelwert. Auch gegenüber der elektrischen Leitfähigkeit des Mediums zeigt sich die TDR-Technik als sehr robust. Über eine intelligente Signalauswertung wird diese Störgröße kompensiert und bei Bedarf kann das ausgewertete Signal sogar verwendet werden um die Anreicherung bzw. Abgabe von Mineralien zu erfassen.



TRIME®-TDR – Vielfach ausgezeichnet

Innovationspreise wie der Bauma Innovationspreis 2016 / DLG anerkannt der Deutschen-Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG – 2018) beweisen, wie erfolgreich sich das High-Tech-Potenzial der TRIME-TDR-Technologie in der Praxis bewährt. Zahlreiche industrielle und wissenschaftliche Projekte belegen die Vorzüge der TRIME-Technologie.





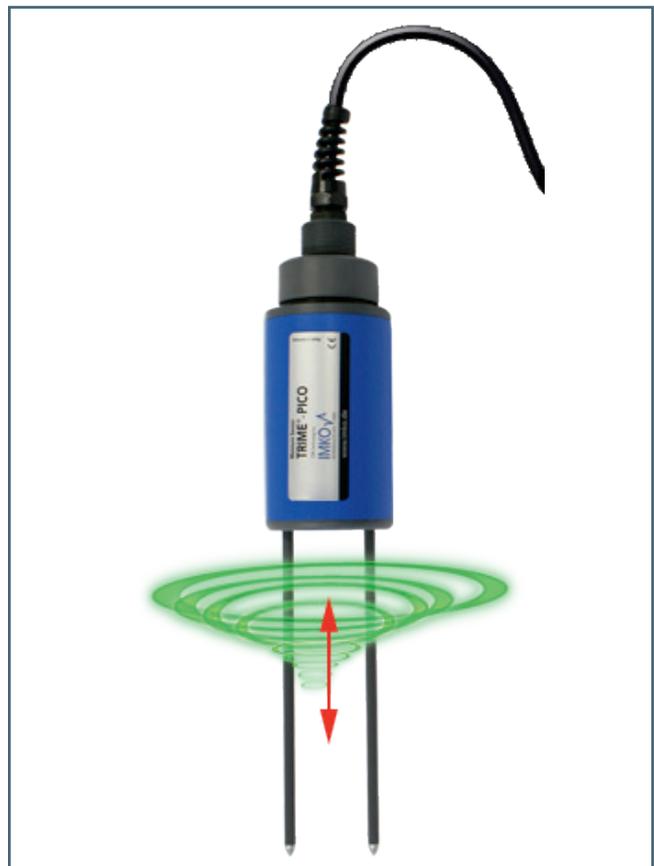
Die PICO-Sonde als „Feuchte-Tomograph“

Das Schaubild illustriert, wie sich die geführte Radarwelle (in grün) mit annähernd Lichtgeschwindigkeit ausbreitet. So vermisst der Sensor das Material scheibenförmig Schicht für Schicht und quer zur Sensoroberfläche, so wie man dies z.B. von einem Computer-Tomographen kennt.

Was auf den ersten Blick kompliziert scheint, hat in der Praxis handfeste Vorteile, denn durch dieses Verfahren stellt man einen Sensor mit einem großen und aussagekräftigen Messfeld her, welcher in der Lage ist, selbst dann ohne Messfehler zu messen, wenn die Beschaffenheit des Bodens variiert.

Das innovative Sensordesign ist in verschiedenen Varianten verfügbar. Variable Stablängen dienen dazu, das zu vermessende Volumen zu variieren. Das sorgt für eine hohe Flexibilität hinsichtlich der mechanischen Einbindung in der Anwendung.

Da das verwendete TDR-Messprinzip zudem sehr tolerant gegenüber Heterogenität in Böden ist, kann die Feuchte über einen weiten Bereich von Bodenzuständen ohne vorheriges Kalibrieren sehr präzise bestimmt werden.



Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit (EC) ist für Böden in der Landwirtschaft sehr wichtig. Sie korreliert unmittelbar mit der vorliegenden Mineralienkonzentration und liefert Rückschlüsse auf den derzeit vorliegenden Düngungszustand an. Eine zu hohe oder zu geringe Konzentration an Mineralien kann sich negativ auf den Ertrag auswirken. Mit unserer Messtechnik kann ein wertvoller Beitrag zu ökonomisch / ökologisch nachhaltiger Bewirtschaftung geleistet werden.

Pflanzen benötigen Hauptnährstoffe wie Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium in größeren Mengen, in kleinere Mengen auch Mikronährstoffe oder Spurenelemente wie Eisen, Mangan oder Molybdän. Nitrate werden von Pflanzen als Nährstoffe verarbeitet und in der Landwirtschaft als Düngemittel eingesetzt. Sie können direkt von pflanzlichen Organismen als Stickstoffquelle aufgenommen und verwertet werden.

Die richtige Menge von Ionen oder Mineralien im Boden ist von großer Bedeutung. Falscher oder zu viel Dünger schadet dem Boden und den Pflanzen oft mehr als er nutzt.

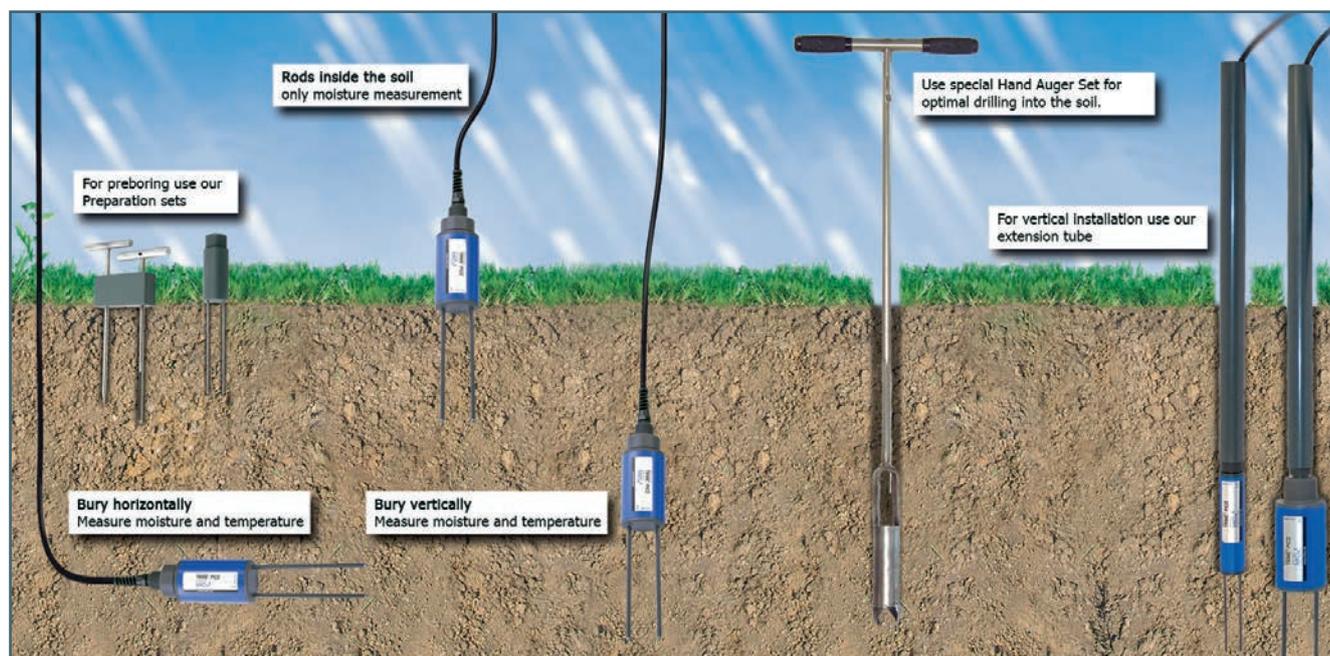
Mit den IMKO TRIME TDR Sonden ist eine besonders effiziente Methode zur Messung der Salzbelastung in Böden entstanden. Durch die Verwendung von beschichteten Stäben und der volumetrischen Wiedergabe von Bodenfeuchte sowie der Leitfähigkeit (EC TRIME), bestimmen sie die Salzbelastung im Boden binnen Sekundenbruchteilen ohne aufwändige Labormethoden.



Anwendungsbeispiele

Anwendungen von Sand bis reinem Ton mit einem Sensor über einen Temperaturbereich von bis zu +50°C.

Unsere Bodenfeuchtesensoren werden in allen Bereichen verwendet, in denen die Feuchte über einen langen Zeitraum zuverlässig erfasst werden soll. Anwendungen sind unter anderem Messungen im Substrat eines Gewächshauses, Anwendungen im Feld unter freiem Himmel, Wetterstationen, wissenschaftlich-geologischen Anwendungen, Staudämme, in tiefen Gesteinsschichten, unter Eisenbahntrassen, Autobahnen, Brücken bis zur Messung in Klärschlamm und Frischbeton.



PICO32 – Die Messlösung für hochauflösende und punktuelle Messaufgaben

- ➔ Sehr kompakte Abmessungen
- ➔ Kleines zylindrisches Messfeld für hochauflösendes und oberflächennahes Monitoring (ca. 750ml Messfeldgröße bei 110mm Stablänge)
- ➔ Variable Stablängen 50mm, 80mm und 110mm (Standard 110mm) verfügbar
- ➔ Geeignet für Laboranwendungen
- ➔ Multiparametersonde (Feuchte, Temperatur und elektrische Leitfähigkeit)
- ➔ Verschiedenste Schnittstellen verfügbar
- ➔ Geringer Kalibrieraufwand dank TDR-Technologie
- ➔ Langlebiges und robustes Design in IP68

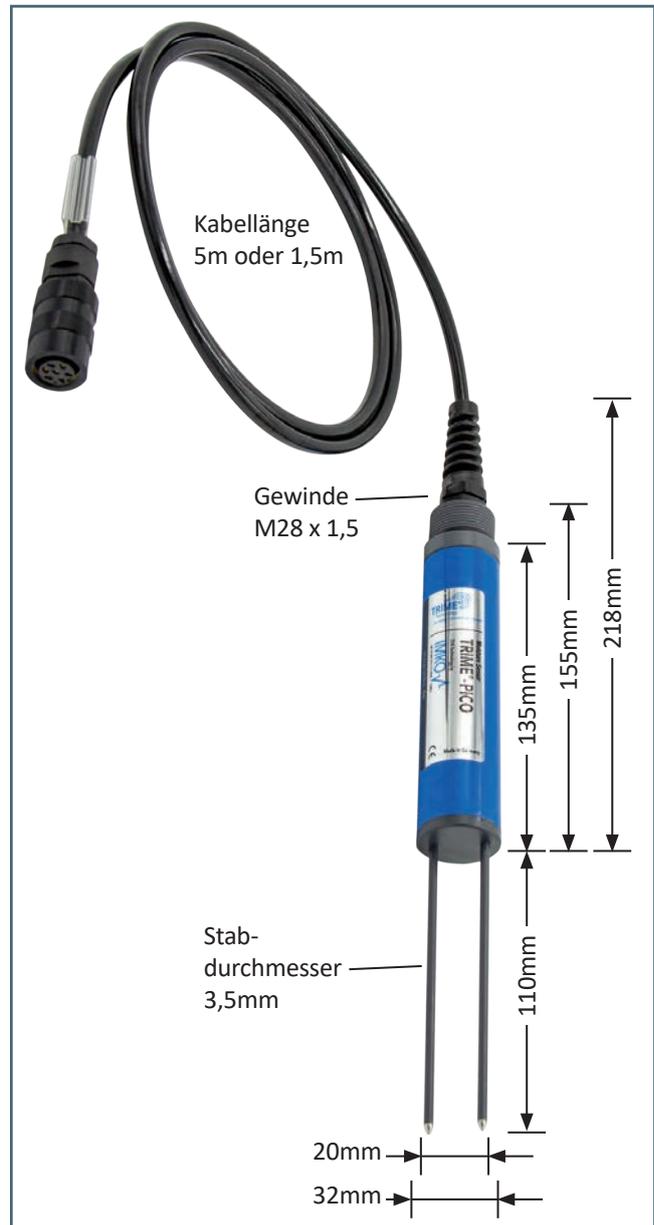
PICO32 – Für den Einsatz bei oberflächennahem Monitoring oder Laboraufgaben

Bei der Feuchtemessung von Böden gibt es verschiedenste Anforderungen an die Sensoren. An einigen Stellen soll punktuell hochauflösend gemessen werden, um zum Beispiel oberflächennahe Wasserbewegungen für Wasserhaushaltsmodelle zu verwenden oder auch um Evaporationsversuche zu begleiten. Aber auch im Labor oder im Gewächshaus ist es oftmals erforderlich das Messfeld in seiner Ausdehnung zu begrenzen, so dass eine störungsfreie Anwendung gewährleistet ist. Bei all diesen Anwendungen kann die PICO32 Ihre Stärken ausspielen. Dank der verschiedenen Schnittstellen ist die Sonde auch ohne viel Aufwand technisch zu integrieren.

Die PICO32 wird, wie gerade beschrieben, gerne für räumlich begrenzte Anwendungen genutzt, so messen wir mit ihr häufig in Oberböden, Sportrasen (Golf, Fußball), in Parks, Blumentöpfen, wissenschaftlichen Anwendungen, in Fassadenbegrünungen und häufig zur Steuerung von Bewässerung oder Fertigation. Das Anwendungsspektrum reicht vom gewachsenen Boden bis zum künstlichen Wurzelträger.

Schnittstellen

- ➔ RS485 (HD2 und PICO-BT)
- ➔ IMP-Bus (SM-SDI und SM-USB)
- ➔ SDI-12 (optional, für SDI-12 Datenlogger)
- ➔ Analog (0...1V, 0..20mA oder 4...20mA)

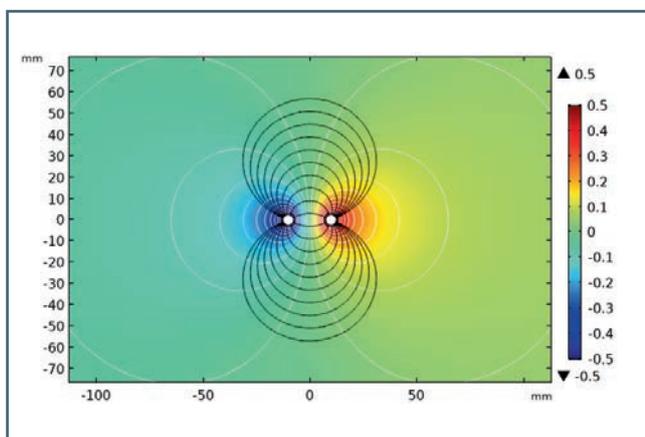




PICO32 bei der Messung im Oberboden als mobile Sonde meist mit unserem HD2 oder unserer Bluetooth® Schnittstelle PICO-BT



PICO-BT Bluetooth Module
Zur Bluetooth Kommunikation zwischen PICO-Sonden und Smartphone. Inkl. Batterie, Ladegerät und Software. Das PICO-BT ist ein Interfacemodul und kann keine Messdaten speichern.



Qualitative Darstellung der Ausbreitung des PICO32 Messfeldes (Größe 750cm³)



Exemplarischer Einbau oberflächennah inkl. Verkabelung an Datenstation

PICO64 – Die Messlösung für heterogene Böden und Messaufgaben

- ➔ Sehr robustes Design
- ➔ Großes Messfeld für aussagekräftige Messdaten auch unter erschwerten Bedingungen
- ➔ Variable Stablängen 100mm, 160mm und 200mm (Standard 160mm) verfügbar
- ➔ Auch für steinige und durchwachsene Böden geeignet
- ➔ Multiparametersonde (Feuchte, Temperatur und elektrische Leitfähigkeit)
- ➔ Verschiedenste Schnittstellen verfügbar
- ➔ Geringer Kalibrieraufwand dank TDR-Technologie
- ➔ Langlebiges und robustes Design in IP68

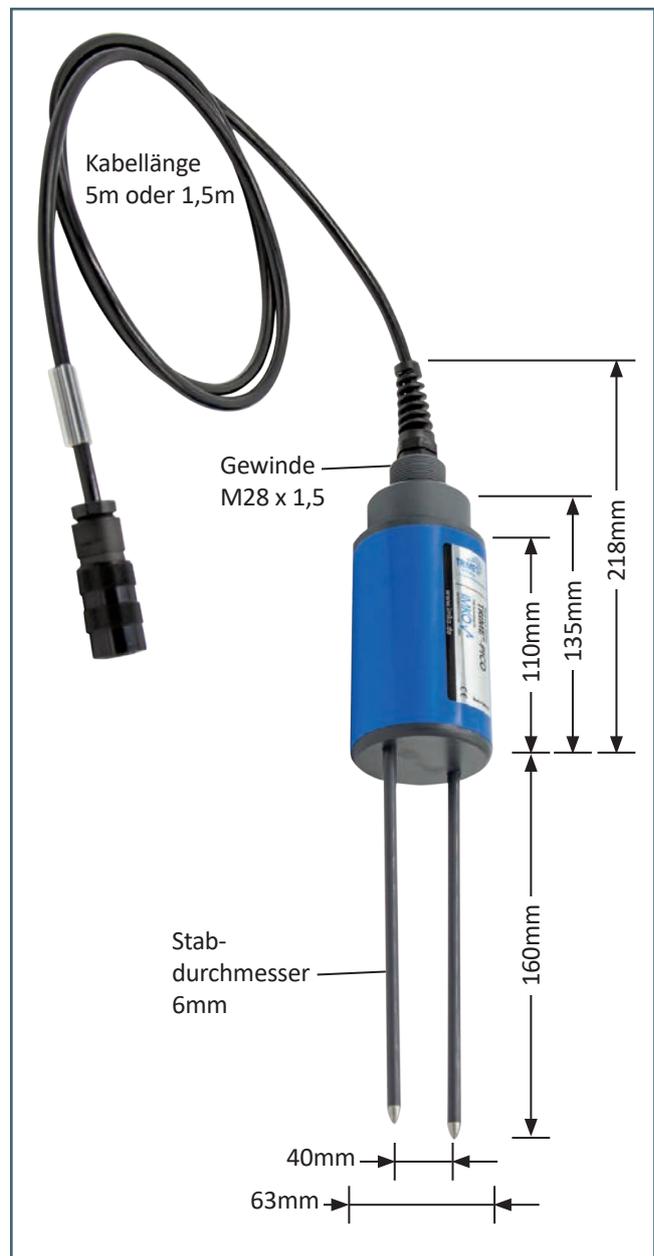
PICO64 – Präzise Messwerte mit großem Messfeld unter herausfordernden Bedingungen

Während Böden oberflächennah oftmals noch weitestgehend homogen sind, wird mit zunehmender Tiefe der Untergrund immer heterogener. Dies kann zum einen dadurch bedingt sein, dass es sich um skelettösen Untergrund handelt, Steine den Einbau stören und eine repräsentative Einbringung kaum möglich machen. Auch der Einbau im Wald bzw. in der Nähe von Bäumen kann bei starker Durchwurzelung Probleme bereiten. Genau bei diesen Anwendungen spielt die PICO64 Ihre Vorteile aus, da das Messfeld nicht nur zwischen den beiden Stäben aufgebaut wird, sondern auch der Boden im kompletten Umfeld von mehr als 10cm vermessen wird. Technisch ist die Sonde dank der Varianz an Schnittstellen ohne viel Aufwand zu integrieren.

Die PICO64 wird, wie gerade beschrieben, besonders wegen ihrer mechanischen Robustheit geschätzt und gerne bei Infrastrukturprojekten eingesetzt. Die Option Druckstabilitätsverguss bringt hier noch mehr Stabilität z.B. für den dauerhaften Einbau unter Bahnrassen, Straßen, Gebäuden.

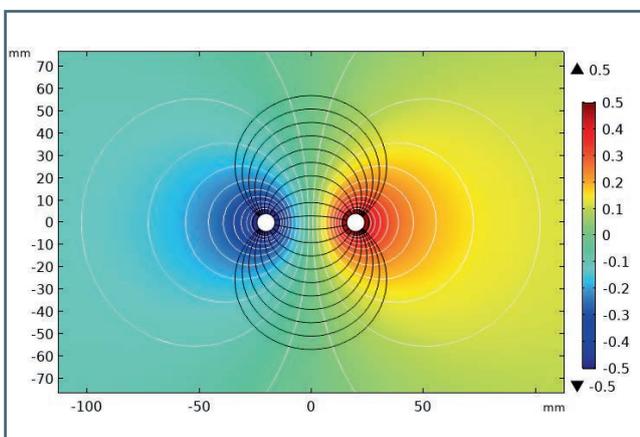
Schnittstellen

- ➔ RS485 (HD2 und PICO-BT)
- ➔ IMP-Bus (SM-SDI und SM-USB)
- ➔ SDI-12 (optional, für SDI-12 Datenlogger)
- ➔ Analog (0...1V, 0...20mA oder 4...20mA)





PICO64 bei der Messung im Oberboden als mobile Sonde meist mit unserem HD2



Qualitative Darstellung der Ausbreitung des PICO64 Messfeldes (Größe ca. 2500cm³)



Exemplarische Darstellung des Einbaus von PICO64 im ungestörten Unterboden

PICO IPH2 – Die mobile Messlösung zur Erstellung von Tiefenprofilen

- ➔ Langlebiges und robustes Design
- ➔ Einfache Handhabung
- ➔ Sehr großes Messfeld für aussagekräftige Messdaten
- ➔ Simple Installation der Messrohre ohne schweres Gerät
- ➔ Profilmessung bis in 3m Tiefe
- ➔ Multiparametersonde (Feuchte und elektrische Leitfähigkeit)
- ➔ Geringer Kalibrieraufwand dank der robusten TDR-Technologie

PICO IPH2 – Wertvolle Erkenntnisse über den Wasserhaushalt in vadosen Zonen ohne großen Aufwand

Eine große Unbekannte für die Erstellung von Wasserhaushaltsmodellen ist die vados, sprich ungesättigte Zone zwischen Oberfläche und Grundwasserspiegel. Der Wasserhaushalt in diesem Bereich hält jedoch auch viele weitere Fragestellungen bereit für welche dieser relevant ist: Wie zum Beispiel bei der Hochwasserfrühwarnung, der Hangrutsch-Modellierung oder selbst bei der Frage der Nebelvorhersage in Flughafennähe. Mit der PICO IPH2 ist es möglich schnell und flächendeckend Informationen über die Feuchte und den Mineraliengehalt über das Tiefenprofil zu gewinnen, da man quasi beliebig viele Rohre installieren kann und man in nur wenigen Minuten ein komplettes Profil erfassen kann.

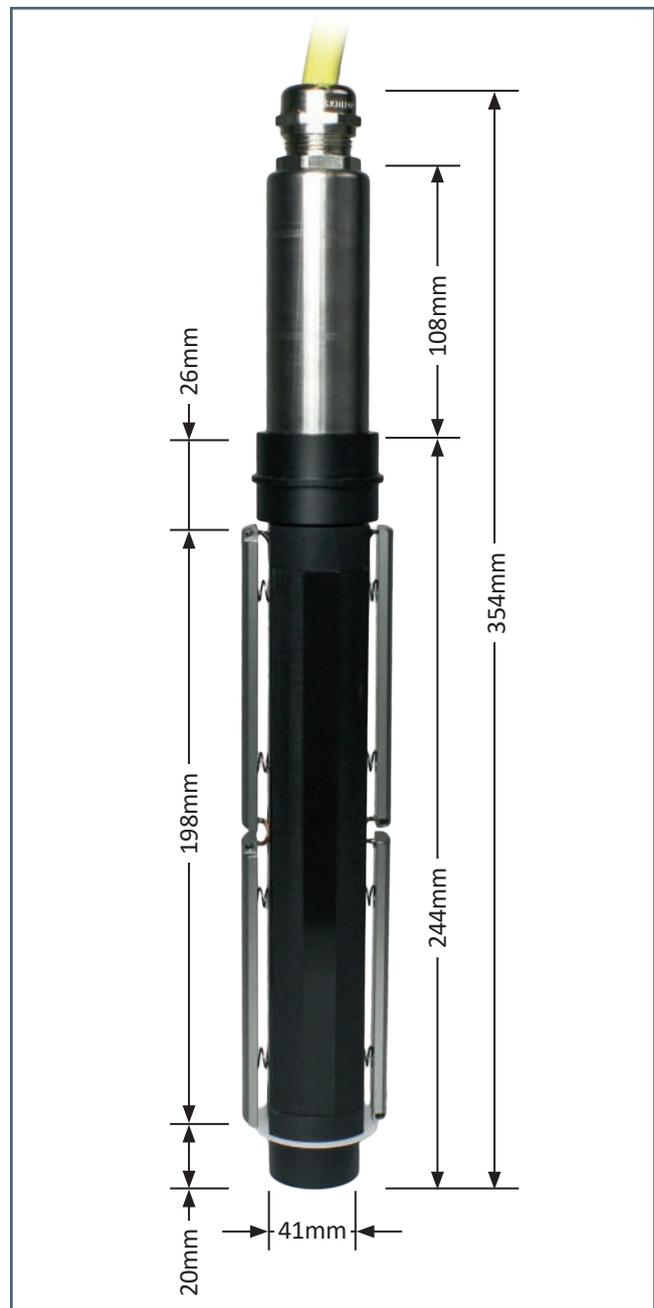
Die IPH2 kann sehr flexibel eingesetzt werden. Kabellängen bis 3,5m sind bei der IPH2 möglich.

Ihr Schwesterprodukt die IPH T3/50 kann mit Kabellängen bis 50m bestellt werden. So kann man einen Horizont in 20cm Schritten lückenlos dokumentieren.

Im Weiteren bieten mobile Sonden gegenüber dem klassischen stationären Einbau auch monetäre Vorteile, da weniger Sonden benötigt werden.

Schnittstellen

- ➔ RS485 (HD2 und PICO-BT)
- ➔ Weitere auf Anfrage

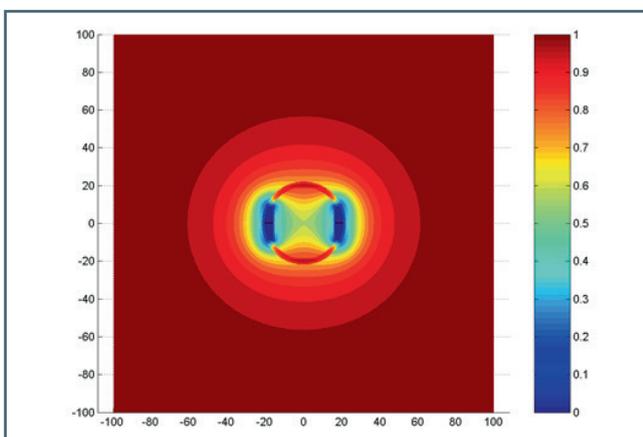




Messung mit der PICO IPH2 an einem vorinstallierten Polycarbonat-Spezialrohr



Bohrset zur Herstellung eines Bohrlochs von 1m Tiefe



Qualitative Darstellung der Ausbreitung des PICO IPH2 Messfeldes (Größe ca. 2500cm³)



Exemplarische Darstellung des Einbaus der IPH2 im ungestörten Unterboden – mittig ist das Polycarbonat-Spezialrohr zu erkennen

PICO T3PN – Die stationäre Messlösung zur Erstellung von Tiefenprofilen

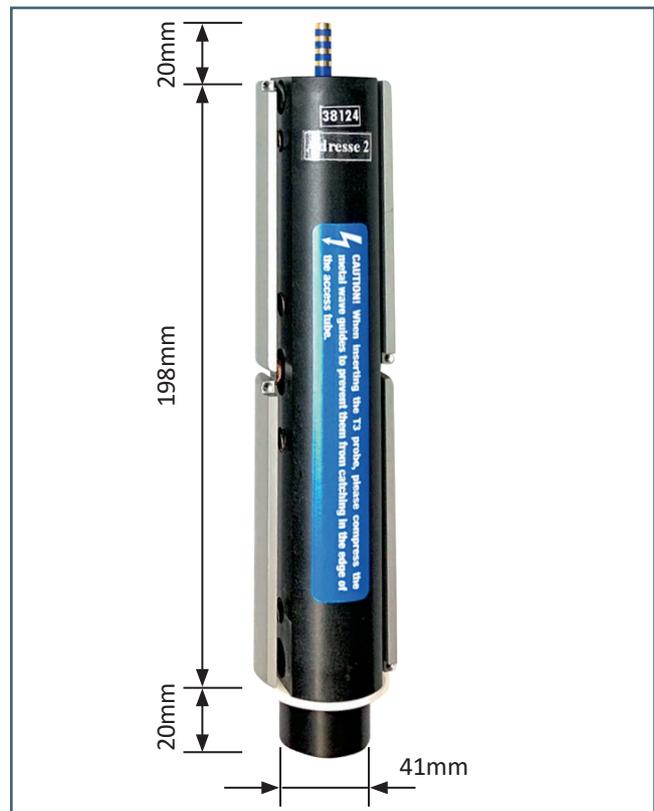
- ➔ Langlebiges und robustes Design
- ➔ Einfache Handhabung und Konfiguration
- ➔ Sehr großes Messfeld für aussagekräftige Messdaten
- ➔ Simple Installation der Messrohre ohne schweres Gerät
- ➔ Profilmessung bis in 3m Tiefe
- ➔ Multiparametersonde (Feuchte und elektrische Leitfähigkeit)
- ➔ Geringer Kalibrieraufwand dank der robusten TDR-Technologie

PICO T3PN – Wertvolle Erkenntnisse über den Wasserhaushalt in vadosen Zonen ohne großen Aufwand

Häufig reicht es die Feuchte über das Profil einmal am Tag oder gar pro Woche zu erfassen, um Langzeittrends flächendeckend zu erfassen. Ist eine engmaschigere Information bis hin zu einer Messung in Echtzeit erforderlich, kann über die Kaskadierung von PICO T3PN Segmenten ein dauerhaftes Profil erstellt werden. Die innovative Verbindungstechnik der PICO T3PN ermöglicht dabei sowohl ein lückenloses Profil, aber auch eine Installation mit definierten Abständen, um lediglich die relevanten Messtiefen abzudecken. Mit Hilfe einer SDI-12-Schnittstelle ist eine Einbindung in marktübliche Datenlogger-Systeme problemlos möglich. Zudem kann alternativ über die IMKO-Schnittstelle mit einem PC verbunden werden, um eine kosteneffiziente Laborlösung zum Datalogging zu realisieren.

Schnittstellen

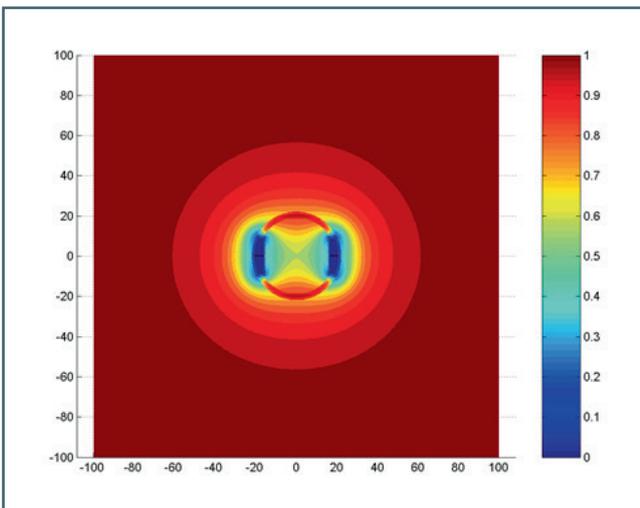
- ➔ SDI-12 (für SDI-12 Datenlogger)
- ➔ IMP-Bus (SM-SDI und SM-USB)
- ➔ RS485 (für Datenlogger)



Einfaches Zusammenfügen der Sonden und Zwischenstücke zum gewünschten Gesamtsystem. Sonden sind 20cm lang, Zwischenstücke in 10, 30 und 50cm Länge erhältlich.



Installation einer PICO T3PN am Demofeld Reutgraben – Vergleichsmessung mit PICO32 / PICO64 am Standort – Visualisierung per Microcomputer und Web-Application



Qualitative Darstellung der Ausbreitung des PICO T3PN Messfeldes (Größe ca. 2500cm³)



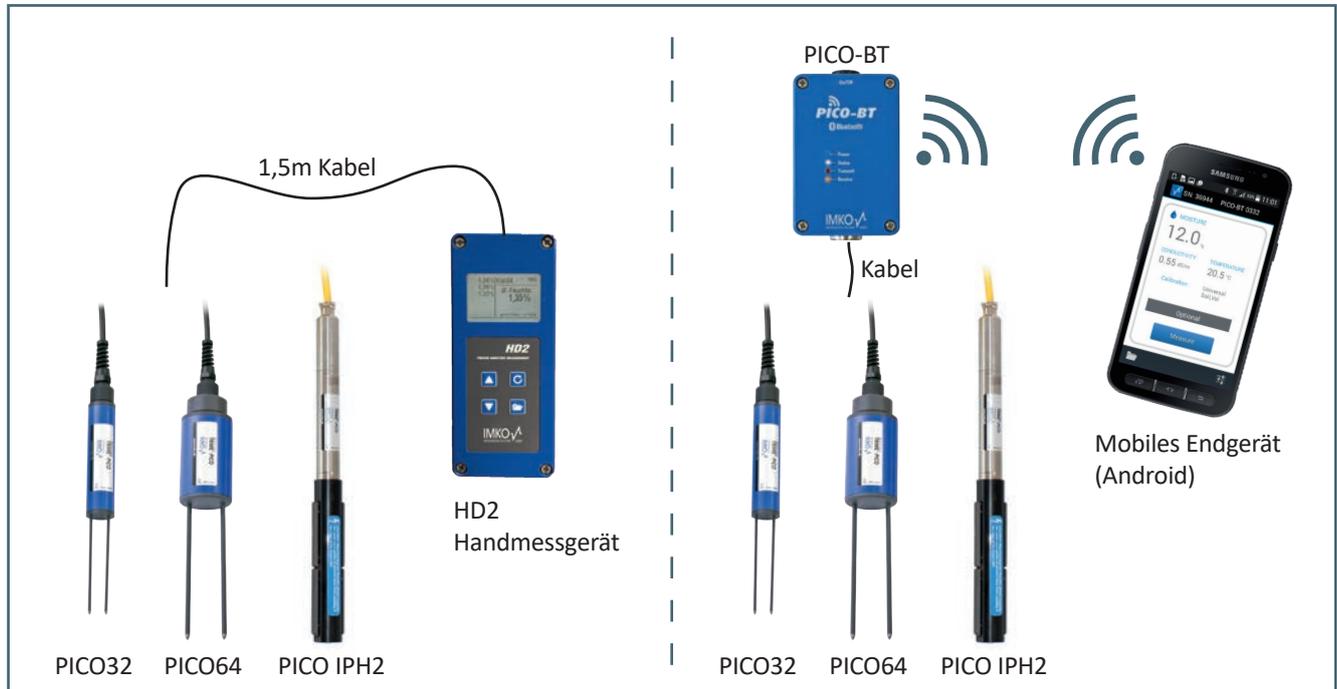
Die PICO T3PN ist der perfekte Ersatz für eine Lysimeter-Installation, da mit einem frei konfektionierbaren Sondaufbau verschiedene Tiefen eines Bodenprofils hinsichtlich der vorliegenden Bodenfeuchte bewertet werden können.



Drahtlose Übertragung von Messdaten, automatisches Speichern von Einzelwerten sowie Bildung von Mittelwerten

Interfaces-Mobil

Optionen für PICO Sondenanbindung

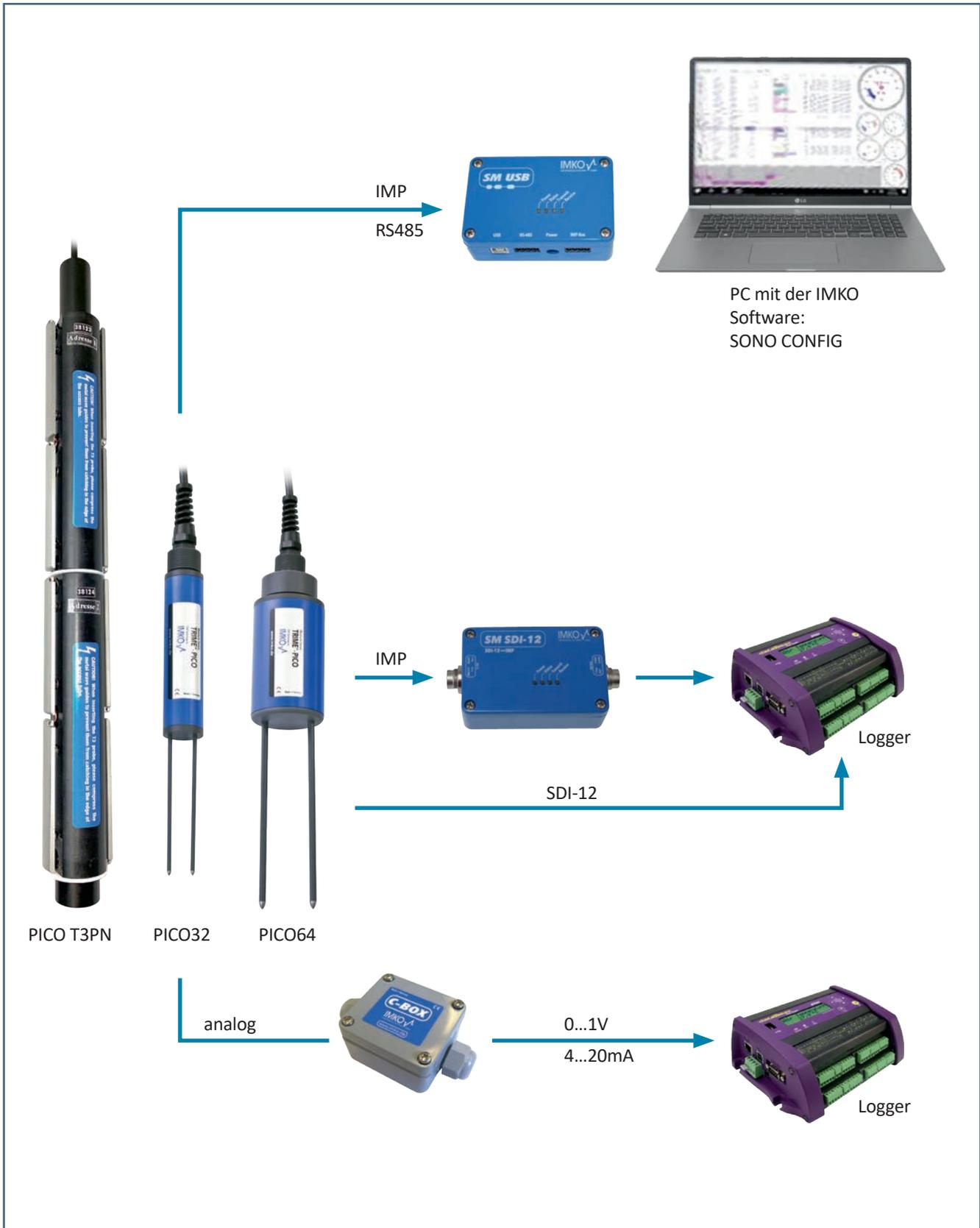


Robuster Tragekoffer für Ihre mobilen IMKO Lösungen

Fragen Sie nach unserer kostenfreien Software

- ➔ **TRIME®-Blue App**
Software für Android Systeme zur Felddatenerfassung und Speicherung
- ➔ **PICO-Config Software**
In Verbindung mit dem optional erhältlichen SM USB ist es möglich Kalibrierungen zu editieren, Sensoren zu kalibrieren und Messwerte zu erfassen
- ➔ **TRIME®-WinMonitor Software**
Als Messlösung zur Datenerfassung kleiner Sensornetze in Verbindung mit dem SM USB

Interfaces Stationär





Stationäre Installation von PICO Sonden in einer 8m tiefen Lysimeter Anlage in China (im Betrieb, während der Installation, bei der Einbringung der Türme)

Anwendungsbeispiele

Ermittlung der Bodenfeuchte in Sonderkulturen: In Gewächshäusern, Gewürz- und Medizinalpflanzenanbau und in der Bewässerung



Anwendungsbeispiel Erdbeeren

Der erfolgreiche Anbau von Erdbeeren erfordert eine möglichst genaue Kenntnis über die vorherrschenden Bedingungen im Wurzelraum. Hier hat die Bodenart und die zur Verfügung stehende Menge an Wasser im Wurzelraum großen Einfluss auf den planbaren Erfolg im Anbau. Schwere Böden und Staunässe begünstigen Wurzelkrankheiten, die zur Minderung oder zum Ausfall von Ernte führen. Bei der Bewässerung von Erdbeeren kommt meist eine Tropfbewässerung zum Einsatz, um Blätter und Früchte nicht zu schädigen. Moderne Tropfbewässerungsanlagen bieten zudem die Möglichkeit, Dünger über das Bewässerungssystem gezielt im Wurzelraum auszubringen und so einer Schädigung der Früchte oder einen Austrag ins Grundwasser vorzubeugen.

Entscheidend zur Steuerung moderner Bewässerungsanlagen ist die Bodenfeuchtemessung. IMKO entwickelte bereits vor 35 Jahren einen Feuchtesensor auf Basis des geführten Radars, der unabhängig der Bodenart sehr genau und ohne Kalibrierung die Bodenfeuchte, die elektrische Leitfähigkeit und die Temperatur ausgeben kann.



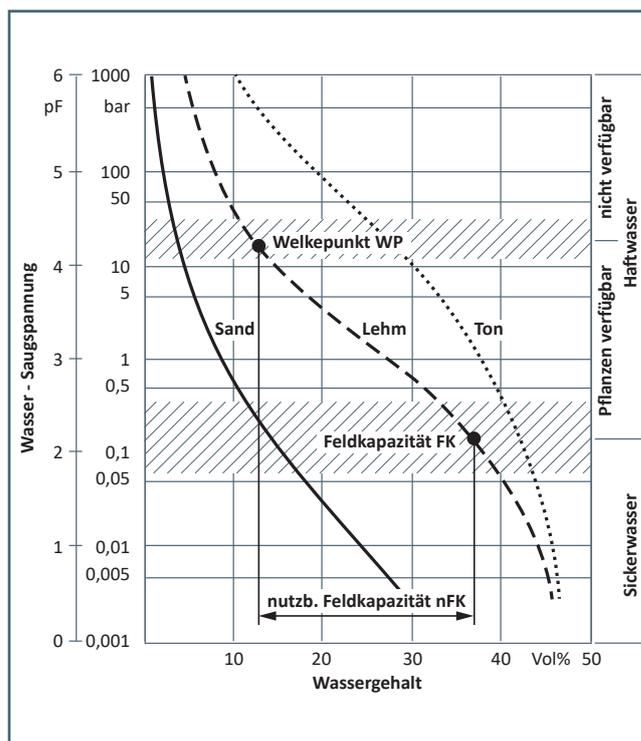
Anbau von Folienerdbeeren im Freiland / Messung der Bodenfeuchte mit dem HD2 von IMKO

Die Verfügbarkeit der Bodenfeuchte (volumetrischer Wassergehalt) wird in der Bodenkunde durch spezifische Kenngrößen jedes Standortes charakterisiert und kann der Vorhersage von benötigten Bewässerungsereignissen dienen. Der Welkepunkt benennt die Menge an Wasser des Bodens, bei dem Wurzeln dem Boden kein Wasser mehr entziehen können (Scheffer et al., 1992). Feldkapazität beschreibt denjenigen Wassergehalt, der entgegen der Schwerkraft im Boden zu verbleiben vermag (Mattheß, 2003). Bei verschiedenen Bodenarten stellen sich Feldkapazität und Welkepunkt bei unterschiedlichen Wassergehalten ein. So bilden 30% vol. Wassergehalt in Sand bereits Feldkapazität, in Lehm läge Wasser pflanzenverfügbar vor, in Ton wäre mit 30% vol. bereits der Welkepunkt erreicht (Bild rechts: Wasserspannungskurve).

Die wiedergegebene Leitfähigkeit gibt insbesondere unter Kenntnis der vorliegenden Bodenart Aufschlüsse über den Düngezustand in der Wurzelzone. So kann Düngung effektiv und kostensparend gesteuert werden.

Die Temperatur gibt Aufschluss über Geschwindigkeiten der Wasseraufnahme, beispielsweise beim Auflaufen von Saatgut, der Maturität von Wurzelgemüse (Spargel).

Unsere Systeme sind sowohl als unabhängiges Handgerät (IP67) oder als Bluetooth® Lösung für die Aufzeichnung mittels eines mobilen Android Endgerätes verfügbar.



Wasserspannungskurven in verschiedenen Böden (Kleisinger, Sinn 2005)



Die Firma Berry Konsult aus den Niederlanden nutzt unsere Handmessgeräte seit 2011 und ist mit der Performance, insbesondere der Langlebigkeit und der Genauigkeit der erzielten Messwerte auf unterschiedlichen Böden und Substraten sehr zufrieden.



„Jeden Tag, an dem ich einen Erdbeeranbauer besuche, arbeite ich mit dem HD2 mit PICO32. Bevor ich dieses Gerät hatte, war die Diskussion über die Feuchtigkeit von Boden oder Substrat in der Beratung immer schwierig. Jetzt gibt es keine Diskussion mehr. Die Zahlen zeigen ob es zu trocken oder zu nass ist.“

Klaas Plaas, Managing Director Berry Konsult (www.berrykonsult.eu)

Darüber hinaus kann man weitere Informationen aus den IMKO Messungen lesen und wird schnell zum Experten: Leitfähigkeit, Bodentemperatur und Bodenfeuchte sind die drei aussagekräftigsten Indikatoren, um Zustände im Wurzelraum zu beschreiben. Mit der IMKO Messlösung gelingt dies unmittelbar dort, worüber eine Aussage angestrebt ist – an der Wurzel. Messungen im Drainagewasser oder an der Bodenoberfläche geben nur indirekte Aufschlüsse, was tatsächlich an der Wurzel geschieht.

„Das Schöne an den EC-TRIME Messungen ist zum Beispiel, dass die Messung in Substrat genauer angibt was im Wurzelraum geschieht als die indirekte Messung der Leitfähigkeit (EC) des Drainagewassers. Die Messung des Drainagewassers kann die Leitfähigkeit im Wurzelraum je nach Bewässerungsintensität und Boden- bzw. Substratart nur mit einer Verzögerung von 2-4 Tagen ausgeben.“



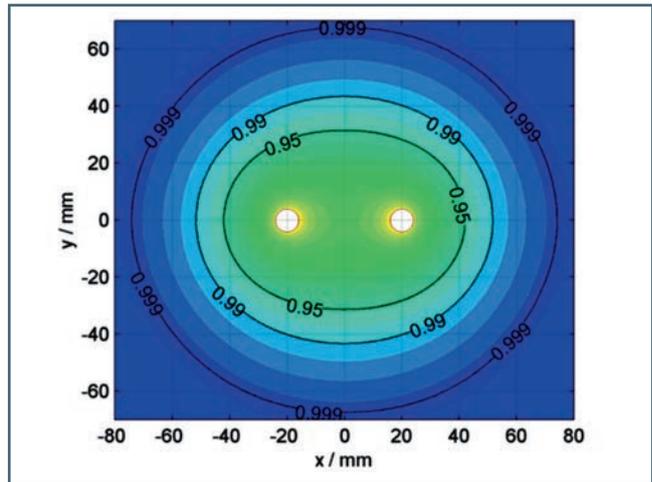
Bequeme Feldmessung bei Freilanderdbeeren mit der PICO32 durch die Folie

Die Messung von Bodenfeuchte und Leitfähigkeit mit dem HD2 und einer PICO Sonde bietet klare Vorteile, da sie hochauflösende Messwerte für jeden individuellen Wurzelraum in einem klar umrissenen Messvolumen ausgibt. Die Größe des Messvolumens kann durch die Wahl der Sondengeometrie, also der Stablänge oder dem Stababstand variiert werden. Die PICO32 ist eine klassische Oberbodensonde mit schmalen Stäben, die mit Stablängen von 50-110mm ideal für den Wurzelraum der Erdbeere geeignet ist.

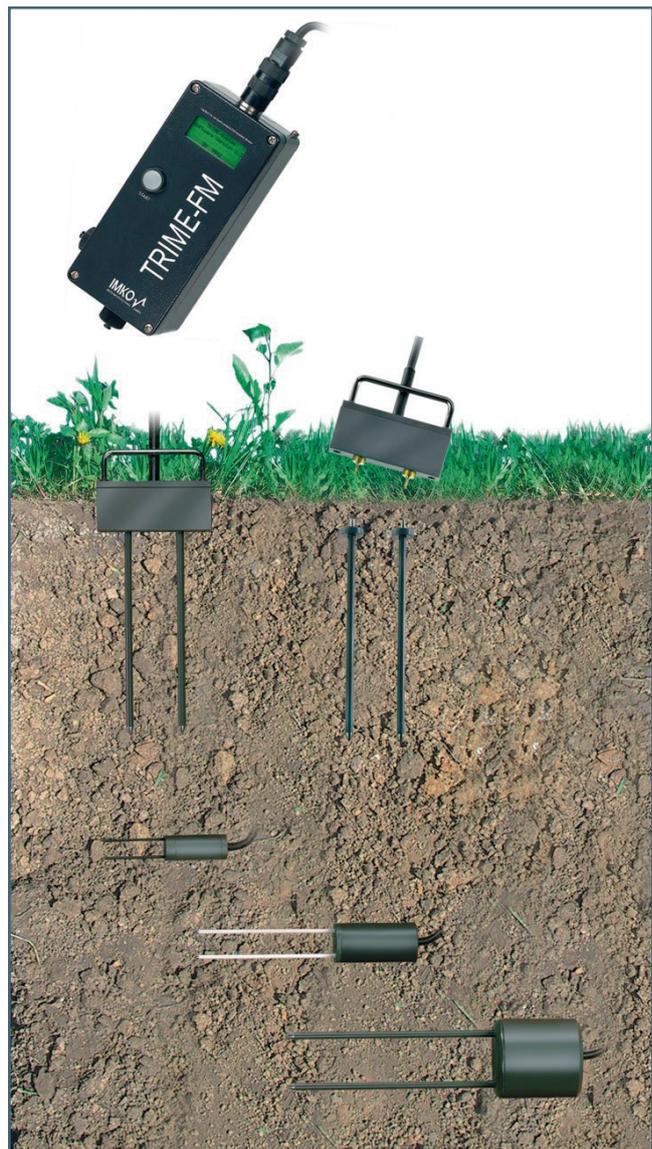
Die PICO64 ist für größeren Boden konzipiert und zeichnet sich durch breitere und längere Sondenstäbe aus, die ein größeres Messvolumen widerspiegeln.



Wurzelraum einer Erdbeerpflanze



Die kinderleichte Messung der Bodenfeuchte mittels Handgerät bieten wir bereits seit mehr als 25 Jahren unter stetiger Produktverbesserung an. Inzwischen können die Messwerte auch über eine Bluetooth® Schnittstelle drahtlos an ein mobiles Endgerät weitergegeben werden (erfordert Android).



Mobile und hochpräzise Ermittlung der Bodenfeuchte seit mehr als 25 Jahren (hier TRIME-FM, 1998)



PICO32 (Oberboden) und PICO64 (Unterboden) im Demofeld Reutgraben in Ettlingen

Zudem bieten wir zur Erfassung von ganzen Bodenprofilen und tieferen Wurzelräumen fest installierte Sensoren mit Verteilermodulen und Datenschnittstellen oder flexible Rohrsonden an, die variabel in 20cm Schritten segmentiert werden können. Einfach Kunststoffrohre in den ungestörten Boden einbauen, gewünschte Sondensegmente miteinander verschrauben und losmessen (siehe unten).



Drei Segmente Profilsonde mit Zwischenstücken

(Sequenz: 20cm PICO T3PN – 10cm Zwischenstück - 20cm PICO T3PN – 10cm Zwischenstück - 20cm PICO T3PN)

Forschungsbericht: Steuerung von mobilen Beregnungsanlagen



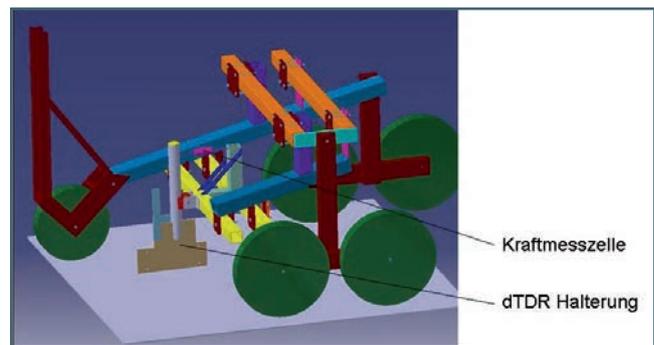
Dynamische Bodenfeuchtemessung während der Feldüberfahrt

Die effiziente Steuerung von Beregnungsanlagen beschäftigt IMKO schon lange. Böden sind über viele erdgeschichtliche Phasen und zuletzt die anthropogene Nutzung gewachsen und liegen in unseren Kulturlandschaften meist heterogen vor. Um beim Anbau von Feldfrüchten ein möglichst gleichzeitiges Reifen der Frucht zu erreichen wird in guter fachlicher Praxis gedüngt und bewässert. Beides kann besonders wirksam erfolgen, wenn das System Boden möglichst genau bekannt ist oder Regelgrößen gemessen werden.

Auf einem Schlag können viele Bodenarten oder Ausprägungen von Bodenarten vorliegen. Alle unterscheiden sich hinsichtlich Ihrer PF-Kurven unter klimatisch und räumlich sonst gleichbleibenden Bedingungen. Um diese räumlichen Einflüsse bezüglich der Versorgung von Wasser und Nährstoffen auszugleichen kann man die Bodenfeuchte punktuell im Wurzelraum (siehe Einsatz Handgeräte: Erdbeeren) oder

fließend während einer Überfahrt ermitteln. Die Rahmenbedingungen zur dynamischen Erfassung des Bodenwassergehalts in Echtzeit wurden 2003-2007 während zweier Forschungsprojekte des Instituts für Agrartechnik, Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion der Universität Hohenheim ermittelt. Resultat war der Prototyp einer autonom geregelten Beregnungsanlage zur Feldanwendung auf heterogenen Schlägen zur Anwendung in besonders feuchtebedürftigen Kulturen. Gefördert wurde das Projekt durch das BMBF. Ziel der Untersuchungen war es vegetationsbedingte Ernteverluste zu reduzieren und weltweit zur Ernährungssicherung sowie Ressourcenschutz beizutragen.

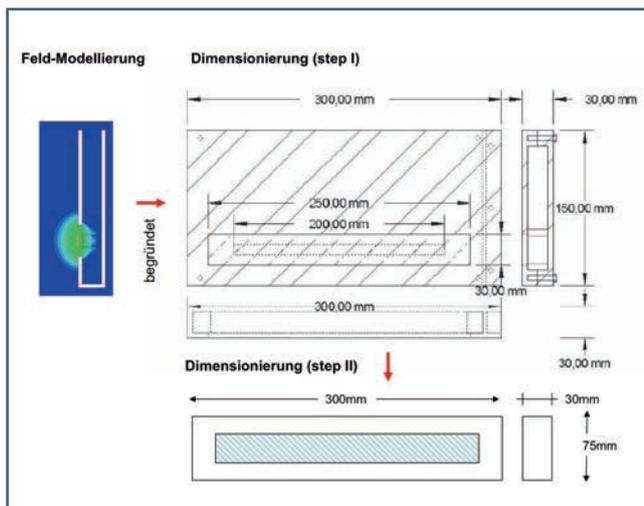
Hierbei wurden die Bewässerungsmengen entsprechend der gemessenen Bodenfeuchte „aufgefüllt“. Die Erträge (im Versuch Kartoffeln) so auf Ackerschlägen während des Versuchszeitraums an einen Idealzustand angenähert. Die Bilder zeigen ein Funktionsmodell des Versuchsaufbaus.



Prototyp der autonom geregelten Beregnungsanlage



Anwendung der IMKO Feuchtemesstechnik während der Feldüberfahrt des Düsenwagens



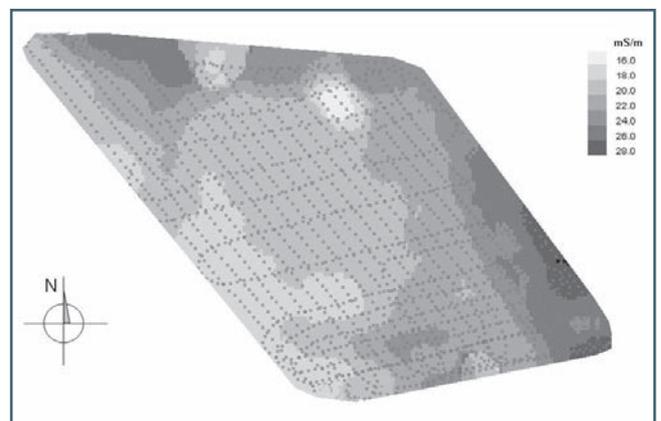
Die Feldmodellierung zeigt die Größe des Messfeldes zur Erfassung von Bodenfeuchte und elektrischer Leitfähigkeit mittels TDR



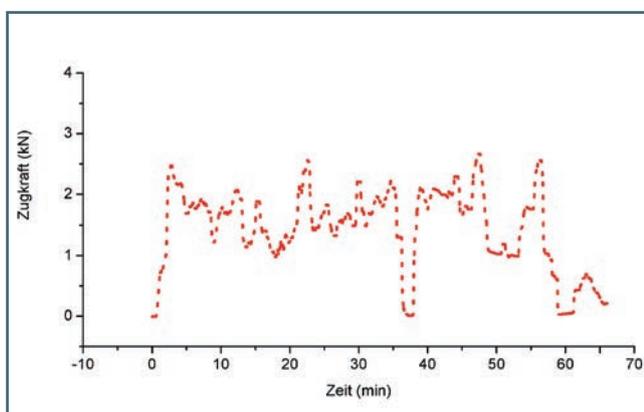
Die Zugkräfte werden in allen 3 Raumachsen mittels Kraftmessdosen aufgezeichnet (Hier in der kleinen Bodenrinne am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim)

Während der letzten Jahre treten auch in Mitteleuropa besonders niederschlagsarme Sommer und extreme Wetterereignisse immer häufiger auf, was das Konzept einer ausschließlich niederschlagsgenährten Landwirtschaft in Frage stellen. Dabei ist es im Sinne des Ressourcenschutzes unumgänglich den Einsatz von Wasser und ggf. mitgeführten flüssigen Düngerkomponenten mit Bedacht auszuüben. Die IMKO Messtechnik bietet durch die synchrone Ermittlung von Bodenfeuchte, Leitfähigkeit und Bodentemperatur dafür die besten Voraussetzungen, um einen wertvollen Beitrag zur guten fachlichen Praxis sowie Umwelt- und Ressourcenschutz zu leisten.

Die Ergebnisse der damaligen Untersuchungen im Rahmen einer Promotion am Institut für Agrartechnik trugen zur Entwicklung weiterer Sonden bei, die dynamisch messen: Die IMKO SONO VARIO Serie misst in industriellen Anwendungen unter Nutzung des gleichen Prinzips, nur fährt hier nicht der Sensor, sondern das zu messende Substrat, wie Getreide, Schüttgüter, Sand und Kies.



Ergebnis einer angereicherten Schlagkarte (Hier ergänzend Messungen mit dem EM38 zur Kontrolle der aufgezeichneten Leitfähigkeitswerte aus der dynamischen TDR Messung)



Die Ermittlung der Bodenfeuchte und der Zugkraft zeichnen ein klares Bild der vorliegenden Böden und ermöglichen es, die bereits vorliegenden Bodenkarten eines Schlags anzureichern (Bild oben rechts)

Quellen/Literatur:

- ➔ Jantschke C., R. Becker und K. Köller: Dynamische Echtzeit Bodenfeuchtemessung. Landtechnik. 2005.60 (5)
- ➔ Jantschke C., R. Wallach, N. Starcevic, R. Becker und K.Köller: Advanced irrigation control by means of sensor fusion. Proceedings of the PACONF, Minneapolis, USA. 2006.
- ➔ Jantschke, C.: Entwicklung und Erprobung eines dynamischen Bodenfeuchtesensors auf Basis der Time Domain Reflectometry (TDR). Diss. 2007.
- ➔ Bildquellen: Cornelius Jantschke

UNIVERSITÄT HOHENHEIM



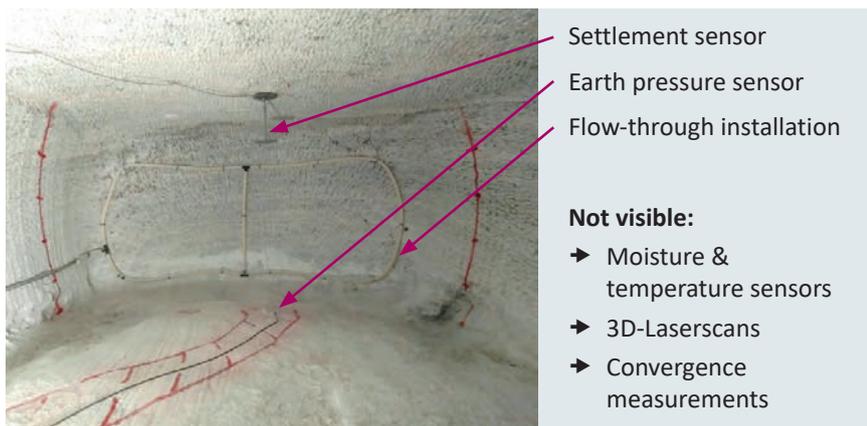
Besondere Anwendung bei der Feuchteermittlung während der Verfüllung von Salzbergwerken

Die genaue Ermittlung der vorliegenden Feuchte spielt auch für die Suche und Bewertung geeigneter Endlagerstätten für radioaktive oder chemo-toxische Abfälle, aber auch für die Archivierung schützenswerter Kulturgüter, eine besondere Rolle. Eindringende Feuchtigkeit in untertägige Hohlräume wäre für den Fall einer angestrebten langfristigen Lagerung ein Abbruchkriterium. Das IMKO Feuchtemesssystem kann für ähnliche Anwendungen unter Gebäuden und in Infrastrukturen wie Brücken oder Dämmen als Warnsystem für eindringendes Wasser strukturell integriert werden.

Die TU Bergakademie Freiberg untersucht in diesem Zusammenhang unter anderem die langfristige Stabilität von Verfüllungen unterirdischer Hohlräume. Diese Verfüllungen (sog. Versatz) stützt die geologische Barriere und minimiert damit die Bildung von Fluidwegsamkeiten zwischen Biosphäre eingelagertem Material. Als Versatzmaterialien werden in den angestrebten Konzepten lagerstättentypische oder auch lagerstätteneigene Materialien verwendet, um die Langzeitbeständigkeit der Versatzkörper sicherzustellen. Für die Entsorgung in salinaren Formationen ist dabei Salzgrus als arteigenes Material von besonderer Bedeutung.

Das Vorhaben GESAV (Gefügestabilisierter Salzgrusversatz; BMWi-FKZ: 02E11557) verfolgt das Ziel, eine neuartige Form der frühzeitigen Gefügestabilisierung von Salzgrus für den Einsatz als Versatz in salinärer Umgebung zu finden. Dazu dient als stabilisierender Bestandteil ein Salzbinder, der dem gefügebestimmenden Salzgrus zugegeben wird und durch eine zielgerichtete Salzmineralneubildung (Re-Kristallisation) an den Kornkontaktstellen die Gesamtfestigkeit der Versatzmatrix erhöht.

Im Vorhaben GESAV wird der Salzbinder auf Basis von natürlich auftretenden Salzmineralen entwickelt. Weiterhin werden geeignete Salzgruskörnungen und weitere Gemische zur Erreichung optimaler mechanischer Eigenschaften bestimmt.



Versuchsaufbau im Salzbergwerk (750 m Tiefe)

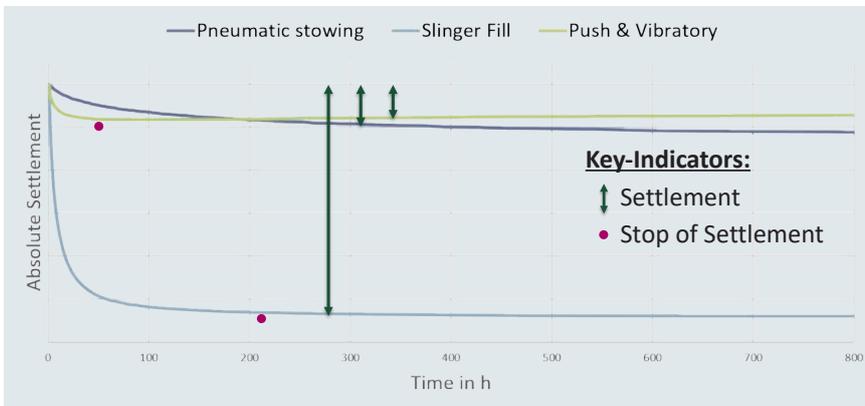
Im Projektzusammenhang werden Kennwerte wie die Setzung, die integrale Durchlässigkeit, sowie die Festigkeit des Versatzkörpers untersucht. Hierzu finden eine ganze Reihe von Sensoren Verwendung, um exakt die Veränderung unter unterschiedlichen Einflüssen bewerten zu können.

Für eine Testverfüllung mit gefügestabilisiertem Salzgrusversatz werden etwa 80 Tonnen Material benötigt. Dieses besteht aus drei Komponenten: Salzkörnung, Salzbinder und Salzlösung.



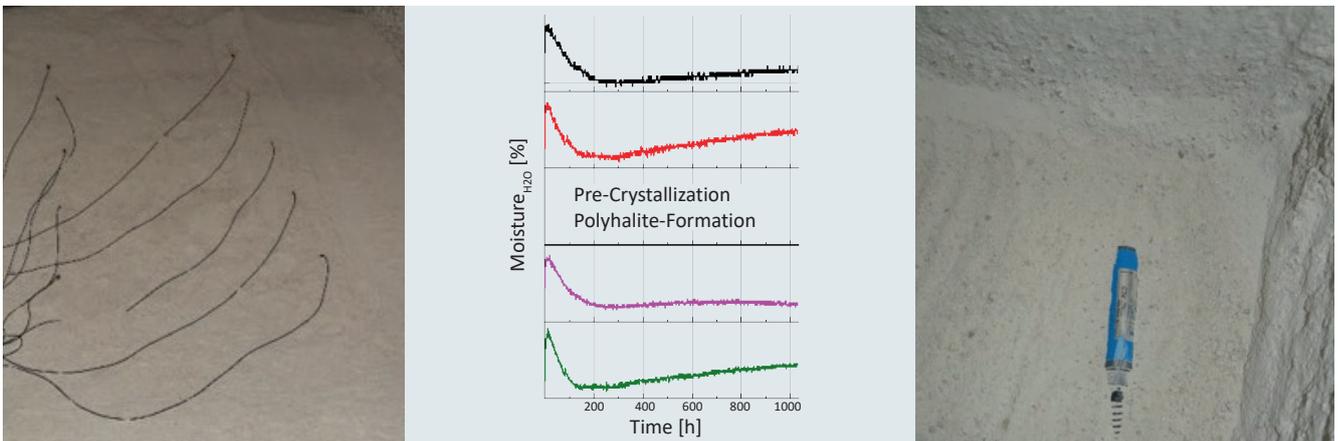
Drei Phasen der Mischung eines gefügestabilisierten Salzgrusversatzes im laufenden FuE-Projekt

Ein entscheidender Parameter beim Einbau des Materials ist die Einbaudichte. Zum Erreichen einer möglichst hohen Einbaudichte werden verschiedene Verfahren und ihr Einfluss auf den errichteten Versatzkörper untersucht: Pneumatischer Versatz (Einbau mit Druckluft, Pneumatic stowing), Schleuderversatz (Einbau mit einem Schleuderrad, Slinger fill) und Einbau mithilfe von Rüttelplatten (Push & Vibratory). Die initialen Setzungsprozesse des schüttgutartigen Materials sind je nach Verfahren nach wenigen Tagen, spätestens jedoch nach einem Monat abgeschlossen.



Setzungsprozess des Materials für verschiedene Einbauverfahren

Durch die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts im Versatz kann der Verlauf der Salzmineralneubildung im Versatzmaterial charakterisiert werden. Üblicherweise wird der Prozess einer Salzmineralneubildung durch zyklische P-XRD-Untersuchungen an entnommenen Proben im Labor überwacht. Das Feuchtemesssystem bietet eine zusätzliche, kontinuierliche Möglichkeit zum Monitoring der Salzmineralneubildung. Im Rahmen des FuE-Projekts GESAV werden Grundlagen für ein derartiges Monitoring erarbeitet.



Laufende Versuche zur Bestimmung des Re-Kristallisationszustandes des Versatzes mittels IMKO PICO32 (in Sonderkalibrierung zur Messung in Salz)

Die Messungen in solch herausfordernden Umgebungen bezüglich des Salzgehaltes erfordern eine werksseitige Sonderkalibrierung, die die Sondeneigenschaften ideal auf den Anwendungsfall vorbereitet.

Ähnliche Anwendungen werden neben der Forschung auch kommerziell genutzt, um Zustände unter Gebäuden (Steuerung der Erdwärmenutzung, Frühwarnung bei grundwassernahen Konstruktionen) in Brücken, unter Bahndämmen und in Staudämmen (Erkennen der Alterungszustände von Beton, Stauwasseranzeige) zu beschreiben oder nachgelagerte Prozesse anzustoßen.

Wir bedanken uns bei der TU Bergakademie Freiberg für die spannende und erfolgreiche Zusammenarbeit im Rahmen dieses und künftiger Projekte und freuen uns, einen Beitrag zum besseren Verständnis der Besonderheiten bei der Einbringung und Kristallisierung von gefügestabilisiertem Salzgrusversatz geleistet zu haben.

Quellen/Literatur:

- ➔ Flyer „GESAV I“, KIT-PTKA, 2019
- ➔ Pöttsch, S.; Mischo, H.: “In situ testing of a new long-term stable backfill material for HAW repositories in saline formations: Backfill methods, in situ measurement system and backfill behavior (R&D project GESAV II)”; Conference: 10th US/German Workshop on Salt Repository Research, Design, and Operation, Rapid City, USA
- ➔ Bildquellen: © TU Bergakademie Freiberg



⇒ **Sprechen Sie uns an, wir beraten Sie jederzeit gerne auch vor Ort.**

Kontakt

IMKO Micromodultechnik GmbH
Am Reutgraben 2
76275 Ettlingen
Deutschland

Tel +49 7243 5921 0
Fax +49 7243 5921 40
info@imko.de

www.imko.de

