

Handbuch SONO-MIX MINI



SONO-MIX MINI Varianten:

SONO-MIX MINI Standard - für Anwendungen in Betonmischer

SONO-MIX MINI LD - für Anwendungen bei heterogenen Medien

SONO-MIX MINI Xtrem - für Anwendungen in Flüssigkeiten u.a.

IMKO Micromodultechnik GmbH
Am Reutgraben 2
D - 76275 Ettlingen

Telefon: +49 - (0)7243 - 5921 - 0
Fax: +49 - (0)7243 - 90856
e-mail: info@imko.de
http: [//www.imko.de](http://www.imko.de)

Bedienungsanleitung für SONO-MIX MINI

Danke für Ihre Entscheidung für eine IMKO Feuchtemesssonde.

Bitte lesen Sie diese Anleitung sorgfältig durch, damit Sie mit Ihrer Mischersonde SONO-MIX MINI zur In-line Feuchtemessung optimale Ergebnisse erzielen. Sollten Sie nach der Lektüre Fragen oder Anregungen zu Ihrer neuen Messsonde haben, bitte wenden Sie sich an unsere Vertragshändler oder an IMKO direkt. Wir freuen uns wenn wir Ihnen weiterhelfen dürfen.

Inhaltsverzeichnis:

1. Beschreibung Mischersonde SONO-MIX MINI.....	4
1.1.1. Das patentierte TRIME [®] TDR-Messverfahren	4
1.1.2. TRIME [®] im Vergleich zu anderen Messverfahren.....	4
1.1.3. Einsatzmöglichkeiten.....	4
1.2. Funktionsweise	5
1.2.1. Messwerverfassung mit physikal. Vorüberprüfung, Mittelwertbildung und Filterung	5
1.2.2. Auto-Korrektur bei Abrasion	5
1.2.3. Bestimmung der Zementkonzentration und anderer Parameter	5
1.2.4. Material-Temperaturmessung	5
1.2.5. Temperaturkompensation beim Einsatz in höheren Temperaturen.....	6
1.2.6. Temperaturkompensation der internen SONO-Elektronik	6
1.2.7. Kompensation des Temperatur des zu vermessenden Materials	6
1.3. Die Analogausgänge zur Messwertausgabe	6
1.4. Die serielle Schnittstelle der SONO-Sonde.....	7
1.4.1. Fehlerausgabe und Fehlermeldungen	8
2. Messmodus-Konfiguration	9
2.1. Betriebsart CA, CF, CH, CC und CK der SONO-Sonde	9
2.1.1. Betriebsart CH – Automatische Feuchtemessung in einem Batchvorgang	11
2.2. Überblick der einzelnen Betriebsarten in unterschiedlichen Anwendungen	12
2.3. SONO-Sonden im Einsatz bei unterschiedlichen Sieblinien	13
3. Die Kalibrierkurven Cal1 bis Cal15	15
3.1. SONO-MIX MINI zur Feuchtemessung von Sand und Zuschlagstoffen	18
3.2. Das Erstellen einer linearen Kalibrierkurve für ein spezielles Material	19
3.2.1. Kalibrierkurven Calculation für eine 2-Punkt Kalibrierung.....	19
3.2.2. Kalibrierkurven Calculation für eine 1-Punkt Kalibrierung.....	21
3.2.3. Kalibrierkurven Calculation für eine Nichtlineare Kalibrierkurve	21
4. Einkalibrierung der SONO-MIX MINI zur Wassergehalts-bestimmung in 3 einfachen Schritten.....	22
4.1.1. Zu erreichende Mischzeiten und Dichteeinfluss bei Teilmengen.....	25
4.1.2. SONO-MIX zur Kontrolle des w/z-Wertes einer Feuchtmischung	25
4.2. Ein Konzept zur Messung des Wasseranspruchs trotz stark schwankender Feinanteile im Sand	26

5. Anschlussmöglichkeiten an SONO-Sonden.....	28
5.1. Steckerbelegung der Sonde.....	29
5.2. Analogausgang 0..10V mit Shunt-Widerstand.....	30
5.3. Anschlussplan SONO-Sonden an SONO-VIEW und SPS	30
6. Einbau der Sonde	31
6.1. Einbauhinweise	31
6.2. Einbaumaße	32
6.3. Einbau der SONO-MIX MINI in einen Schneckenförderer.....	33
6.3.1. Einbau der SONO-MIX MINI in einer mobilen Mischanlage für Beton und Estrich	33
6.3.2. Vergleichsmessungen im nicht-eingebauten Zustand	34
7. Serieller Anschluss am SM-USB Modul von IMKO	35
8. Kurzanleitung für die Inbetriebnahme-Software SONO-CONFIG	37
8.1.1. Scan von angeschlossenen SONO-Sonden an der seriellen Schnittstelle	37
8.1.2. Einstellen der Sonden-Betriebsart und der seriellen SONO-Schnittstelle	38
8.1.3. Analogausgänge der SONO-Sonde.....	38
8.1.4. Einstellen der Sonden-Betriebsart	39
8.1.5. Einstellen der Präzision einer Einzelwertmessung	40
8.1.6. Auswahl der einzelnen Kalibrierungen in der SONO-Sonde	41
8.1.7. Testmessung in der jeweiligen Betriebsart	42
8.1.8. Messung im Datenloggerbetrieb	42
8.1.9. Basisabgleich in Luft und Wasser	43
8.1.10. Abgleich des Materialtemperatur-Fühlers	44
8.1.11. Abgleich der Electronic-Temperatur.....	44
9. Technische Daten SONO-MIX MINI.....	45
10. Sicherheitshinweise	47

1. Beschreibung Mischersonde SONO-MIX MINI

1.1.1. Das patentierte TRIME[®] TDR-Messverfahren

Die TDR-Technik (Time-Domain-Reflectometry) beruht auf einem Radar-basierten dielektrischen Messverfahren bei dem die Laufzeiten von elektromagnetischen Impulsen zur Messung der Dielektrizitätskonstanten bzw. des Wassergehaltes bestimmt werden.

Die SONO-MIX MINI Mischersonde besteht aus einem Edelstahlgehäuse sowie einem verschleißfesten Keramikfenster. In das Gehäuse ist ein integrierter TRIME TDR Messumformer eingebaut. Der im TRIME[®] Messumformer erzeugte hochfrequente TDR-Impuls (1 GHz) läuft entlang von Wellenleitern und baut ein elektromagnetisches Feld um diese Leiter und damit im Material um die Sonde auf. Mit einem patentierten Messverfahren ist es IMKO gelungen, die Laufzeit dieses Impulses mit einer Auflösung von einer Pikosekunde (1×10^{-12}) zu messen um somit Feuchte und Leitfähigkeit zu bestimmen.

Der ermittelte Feuchtegehalt sowie die Leitfähigkeit bzw. die Temperatur kann entweder über zwei Analogausgänge 0(4) ...20 mA direkt in eine SPS eingespeist werden, oder über die serielle Schnittstelle abgefragt werden.

1.1.2. TRIME[®] im Vergleich zu anderen Messverfahren

Im Gegensatz zu kapazitiven oder Mikrowellen Messverfahren kann mit der TRIME[®]-Radartechnologie (Time-Domain-Reflectometry with Intelligent Micromodule Elements) nicht nur die Feuchte gemessen werden, sondern auch eine Aussage über den Zementgehalt gemacht werden. Dies bedeutet erhöhte Sicherheit bei der Herstellung von Frischbeton, da hiermit überprüft werden kann ob der Zementgehalt einer Rezeptur korrekt eingehalten wurde.

Das TRIME-TDR Verfahren arbeitet im optimalen Frequenzbereich zwischen 600MHz und 1,2 GHz.

Kapazitive Messverfahren (auch Frequency-Domain-Technology genannt) arbeiten je nach Gerät, in einem Frequenzbereich zwischen 5MHz und 40MHz und zeigen dadurch Beeinflussung durch Störgrößen wie Temperatur und hohe Mineraliengehalte im zu vermessenden Material. Mikrowellen-Meßsysteme arbeiten mit hohen Frequenzen >2GHz. Bei diesen Frequenzen entstehen Nichtlinearitäten die aufwendig kompensiert werden müssen. Daher sind Mikrowellenmeßsysteme in stärkerem Maße gegenüber Temperaturschwankungen empfindlich.

SONO-Sonden kalibrieren sich durch eine neuartige und innovative Sondenkonstruktion bei Abrasion selbst nach, was verlängerte Wartungszyklen bei präziseren Messwerten bedeutet.

Die Qualität von Frischbeton ist entscheidend für die Stabilität und Lebensdauer von Betonbauwerken. Hierbei spielen die beiden Parameter Feuchte und Zementgehalt eine sehr wichtige Rolle weil diese die Konsistenz und die gewünschte mechanische Festigkeit von Beton bestimmen. Die Messung der beiden Grundparameter Feuchte und Zementgehalt garantieren somit optimale Qualität und Dauerhaftigkeit.

SONO-MIX MINI misst präzise sowohl in der Trockenmischung als auch in der Nassmischung. Eine „Trockenmischung“ kann z.B. mit Restwasser unterschiedlichen Feststoffgehaltes so angemischt werden, dass der Soll-Wassergehalt zu 70% eingehalten wird. Mit SONO-MIX MINI können dann die restlichen 30% Wassergehalt ohne Restwasser dosiert werden.

1.1.3. Einsatzmöglichkeiten

Die SONO-MIX MINI Standard Mischersonde eignet sich für den Einbau in folgende Mischer:

- Intensivmischer
- Spezialmischer
- Als Sondervariante LD oder Xtrem für allgemeine Anwendungen in der Prozesstechnik

1.2. Funktionsweise

1.2.1. Messwerterfassung mit physikal. Vorüberprüfung, Mittelwertbildung und Filterung

SONO-Sonden messen intern mit sehr hohen Zyklusraten im 10kHz Bereich, geben den Messwert aber mit einer Zykluszeit von 280 Millisekunden am Analogausgang aus. In diesen 280 Millisekunden erfolgt bereits eine Sonden-interne Vorüberprüfung des Feuchtwertes, d.h. es werden nur plausible und bereits physikalisch überprüfte und etwas vorgemittelte Einzel-Messwerte weiterverarbeitet, was die Zuverlässigkeit für die Erfassung der Messwerte an eine nachgeschaltete Steuerung erheblich erhöht.

Im **Messmodus CS** (Cyclic-Successive) erfolgt keine weitere Mittelwertbildung und die Zykluszeit beträgt hier 200 Millisekunden. Im **Messmodus CA, CF, CH, CC und CK** werden nicht die momentan gemessenen Einzelwerte unmittelbar ausgegeben, sondern es wird ein Mittelwert über eine einstellbare Anzahl von Messungen (Average) gebildet um kurzzeitig auftretende Schwankungen herauszufiltern. Diese Schwankungen können durch inhomogene Feuchteverteilung im Material am Sondenkopf hervorgerufen werden. SONO-Sonden sind werkseitig mit passenden Parametern für die Mittelungszeit und mit einer leistungsfähigen Filterfunktion für gängige Anwendungen ausgeliefert. Die Zeit für die Mittelwertbildung sowie verschiedene Filterfunktionen können für Spezialanwendungen angepasst werden.

1.2.2. Auto-Korrektur bei Abrasion

Bei einer Abrasion am Sondenkopf von SONO-Sonden ermöglicht eine automatische Messwert-Korrektur erheblich längere Standzeiten ohne Nachkalibrierung. Die meisten Sonden zur Materialfeuchtemessung verwenden eine Dielektrische Abdeckung (Keramik- oder Kunststoffplatte). Wenn sich diese Abdeckung abnutzt und eine zyklische Nachkalibrierung ausbleibt, liefern diese Sonden verfälschte Messwerte da die Intensität des Messfeldes zu- oder abnimmt. Bei der SONO-Serie mit dem TRIME TDR-Radarverfahren sorgt die innovative Sondenkonstruktion für eine Auto-Kalibrierung des Sensors wenn sich die dielektrische Abdeckung durch Abrasion verändert. Somit ergeben sich nur geringste Abweichungen, dies bedeutet kontinuierliche Zuverlässigkeit und längere Wartungszyklen bei SONO-Sonden.

1.2.3. Bestimmung der Zementkonzentration und anderer Parameter

Mit der TRIME-Messmethode auf Radarbasis ist es erstmals möglich nicht nur die Feuchte zu messen, sondern auch eine Aussage über den Leitwert bzw. den Zementgehalt, das Ausbreitmaß oder andere Parameter betreffend der Zusammensetzung eines speziellen Materials zu machen. Hierbei wird die Dämpfung des Radarpulses in dem gemessenen Volumenanteil des Materials wie z.B. Frischbeton bestimmt. Diese neuartige und innovative Messmethode vermisst hierbei dieselbe Materialmenge wie bei der Feuchtemessung und liefert als Kennwert einen Radar-basierten Leitwert (EC-TRIME bzw. RbC – **R**adar-**b**ased-**C**onductivity) in dS/m.

In den Parameter RbC gehen sowohl die Feuchte als auch der Zementgehalt, aber auch Zusatzstoffe wie Betonverflüssiger ein. Damit besteht die Möglichkeit verschiedene Frischbeton-Rezepturen betreffend Zementgehalt oder Ausbreitmaß zu beurteilen. Zur Beurteilung des Ausbreitmaßes können je nach Rezeptur beide Parameter, Feuchte und RbC berücksichtigt werden. Der RbC Leitfähigkeits-Messbereich der SONO-MIX beträgt 0..50dS/m (siehe auch den Artikel „Über Zementgehalt, Ausbreitmaß und RbC“ in der IMKO-Homepage in der Rubrik „über TRIME-TDR“).

1.2.4. Material-Temperaturmessung

In der Sonde SONO-Sonde ist ein Temperaturfühler eingebaut der die Gehäusetemperatur 3mm unterhalb der Sondenkopf-Oberfläche ermittelt. Die Temperatur kann wahlweise am Analogausgang 2 ausgegeben werden. Da die Sondenelektronik mit ca. 1,5W Leistung arbeitet, erwärmt sich das Sondengehäuse in geringfügigem Maße. Eine sehr präzise Messung der Materialtemperatur ist somit nicht bzw. nur begrenzt möglich. Im eingebauten Zustand, bei guter Wärmeverteilung in einer Kompletanlage, kann aber die Materialtemperatur nach einer externen Kalibrierung und

Kompensation der Sensor-Eigenerwärmung bestimmt werden.
 Eine Verschiebung des Offset-Wertes der Temperatur durch die Eigenerwärmung kann mit dem Programm SONO-CONFIG durchgeführt werden.

1.2.5. Temperaturkompensation beim Einsatz in höheren Temperaturen

SONO-Sonden weisen eine generell niedrige Temperaturabhängigkeit auf. Trotzdem gibt es Applikationen, wo eine Temperaturkompensation notwendig ist. SONO Sonden bieten zwei Möglichkeiten der Temperaturkompensation.

1.2.6. Temperaturkompensation der internen SONO-Elektronik

Bei dieser Temperaturkompensation kann ein möglicher Temperatursprung der SONO-Elektronik kompensiert werden. Da die SONO-Elektronik eine generell geringe Temperaturabhängigkeit aufweist, wird hier für „normale“ Umgebungstemperaturbereiche der Standardparameter **TempComp=0.2** in jeder SONO-Sonde voreingestellt. Dieser Parameter TempComp kann für den Einsatz bei hohen Temperaturen, je nach SONO-Sondentyp bis zu 80°C, auf Werte bis zu **TempComp=0.75** eingestellt werden. Nach einer Veränderung des Parameters TempComp>0.2 empfiehlt es sich allerdings, mit der SONO-Sonde eine Basiskalibrierung in Luft und Wasser durchzuführen. Die Einstellung des Parameters TempComp ist mit Hilfe des Softwaretools SONO-CONFIG, im Punkt „Calibrations“, im Menü „Electronic-Temperature-Compensation“ möglich.



Achtung: Bei Veränderung des Parameters TempComp verändert sich die Basiskalibrierung der Sonde, weshalb dann eine neue Basiskalibrierung der SONO-Sonde erforderlich wäre!

1.2.7. Kompensation des Temperatur des zu vermessenden Materials

Beim Einsatz in höheren Temperaturbereichen zeigen Wasser und bestimmte zu vermessende Materialien eine Temperaturabhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten DK. Über die Dielektrizitätskonstante wird die Feuchte ermittelt, d.h. die DK ist der eigentliche Messparameter bei der Feuchtemessung mit SONO-Sonden. Zeigen zu vermessende Materialien wie z.B. Mais eine ganz spezielle Temperaturabhängigkeit der DK, wie z.B. eine Temperaturabhängigkeit in nur ganz bestimmten Feuchtebereichen, dann kann es erforderlich sein, eine wesentlich aufwendigere Material-Temperaturkompensation durchzuführen, die jedoch mit erheblichen Laborarbeiten verbunden ist. Dafür muss zusätzlich zur Feuchte die Temperatur des vermessenen Materials mit dem in einer SONO-Sonde eingebauten Temperaturfühler gemessen werden. In jeder der 15 Kalibrierstufen Cal1 bis Cal15 können die Parameter t0 bis t5 gesetzt werden (siehe Kapitel „Auswahl der einzelnen Kalibrierungen..“). Bei Bedarf für diese sehr aufwendige materialspezifische Temperaturkompensation bitten wir um Kontaktaufnahme mit dem Service der IMKO GmbH.

1.3. Die Analogausgänge zur Messwertausgabe

Die Messwerte werden als Stromsignal über den Analogausgang ausgegeben. Die SONO-Sonde kann mit Hilfe des Service-Programms **SONO-CONFIG** auf die zwei Ausführungen für 0..20mA oder 4..20mA eingestellt werden. Weiterhin kann mit **SONO-CONFIG** der Feuchte-Dynamikbereich bei der Analogausgabe variabel eingestellt werden, z.B. 0-10%, **0-20%** oder 0-30%, je nach Anforderung.

Ausgang 1: Feuchte in % (variabel einstellbar)

Ausgang 2: Leitfähigkeit (EC-TRIME) 0...12dS/m oder wahlweise Temperatur 0...70°C, oder wahlweise die Standardabweichung bei der Feuchtemessung.

Weiterhin besteht die Möglichkeit den Analogausgang 2 in zwei Bereiche aufzuteilen um sowohl Leitwert als auch Temperatur auszugeben, in 4..11mA für die Temperatur und 12..20mA für die Leitfähigkeit. Der Analogausgang 2 wechselt dabei automatisch im 5-Sekundenzyklus zwischen diesen beiden Stromfenstern.

Die beiden Analogausgänge können variabel mit der Software SONO-CONFIG angepasst werden. Für einen 0-10Vdc Spannungsausgang kann ein 500R Widerstand eingesetzt werden.

Für die Analogausgänge 1 und 2 ergeben sich für die SONO-Sonde damit mehrere Einstellmöglichkeiten:

Analog Output: Auswahl 0...20mA oder 4...20mA

0..20mA

4..20mA

Für spezielle Steuerungen und Anwendungen kann der Stromausgang auch invers eingestellt werden mit : **20mA...0mA** sowie **20mA...4mA**

Analog Output Channels: Die zwei Analogausgänge der SONO-Sonde können unterschiedlich auf eine von vier möglichen Varianten eingestellt werden.

1. Moist, Temp	Analogausgang 1 für Feuchte, Ausgang 2 für die Materialtemperatur.
2. Moist, Conduct	Analogausgang 1 für Feuchte, Ausgang 2 für die Leitfähigkeit von 0..20dS/m bzw. 50dS/m
3. Moist, Temp/Conductivity	Analogausgang 1 für Feuchte, Ausgang 2 für die Materialtemperatur und die EC-TRIME Leitfähigkeit mit automatischem Stromfenster-Wechsel.
4. Moist / MoistSTdDev	Analogausgang 1 für Feuchte, Ausgang 2 für die Standardabweichung bei der Feuchtemessung (für den Einsatz z.B. in Wirbelschichttrockner).

Der Feuchte-Dynamikbereich (Moisture-Range) und der Material-Temperatur-Ausgabebereich am Analogausgang 1 und 2 können variabel eingestellt werden. Der Moisture-Range darf 100% nicht überschreiten.

Moisture Range in %

Maximum: z.B. 20 für Sand (Set in %)

Minimum: 0

Temp. Range in °C:

Maximum: 70°C

Minimum: 0°C

Leitfähigkeit/Conductivity Range: 0..20dS/m oder 0...50dS/m

SONO-Sonden können je nach Sondentyp und abhängig von der Feuchte, die Porenwasserleitfähigkeit EC-TRIME von 5dS/m bis zu 50dS/m messen.

1.4. Die serielle Schnittstelle der SONO-Sonde

SONO-Sonden besitzen zwei serielle Schnittstellen, ein Standard RS485-Interface sowie den IMKO IMP-Bus um einzelne Parameter oder Messwerte seriell auszulesen. Ein einfach zu implementierendes Datenübertragungsprotokoll ermöglicht den Anschluss mehrerer Sonden am Bus. Die SONO-Sonde kann über die serielle Schnittstelle und das von IMKO lieferbare **SM-USB Modul** direkt am USB-Port eines PC's angeschlossen werden um einzelne Messparameter anzupassen oder Kalibrierungen durchzuführen.

Standard RS485-Schnittstellen machen oft Probleme! Sie sind meistens nicht galvanisch getrennt, d.h. es besteht immer die Gefahr von Masseschleifen oder Störimpulsen was zu erheblichen Sicherheits-problemen führen kann. Weiterhin muss für die RS485, besonders bei größeren Kabellängen ein geschirmtes und verdilltes Kabel eingesetzt werden. Je nach Verkabelungsplan (Topologie) mit einzelnen Stichleitungen muss dann an „sensiblen“ Stellen im RS485-Netzwerk ein 100Ohm Abschlusswiderstand angebracht werden. Für die Praxis bedeutet dies erheblichen Experten-Aufwand beim Verkabeln und nicht selten unüberwindliche Probleme.

Der robuste IMP-Bus sorgt für Sicherheit. SONO-Sonden haben parallel zur Standard RS485-Schnittstelle noch den robusten IMP-Bus, welcher galvanisch getrennt aufgebaut ist und für erhöhte Sicherheit sorgt. Das bedeutet, dass die serielle Signalleitung von der Betriebsspannung der Sonden galvanisch getrennt ist und ein Sensornetzwerk somit ganz unabhängig von einzelnen Masse-Potentialen, die bei unterschiedlichen Netzphasen Probleme bereiten, aufgebaut werden kann. Weiterhin sendet der IMP-Bus seine Datenpakete nicht als Spannungssignale sondern vielmehr als Stromsignale. Dies macht den IMP-Bus äußerst robust, d.h. das Ganze funktioniert auch bei großen Kabellängen mit bereits vorhandenen und verlegten Leitungen. Ein abgeschirmtes Kabel ist nicht erforderlich und auch Sticheleitungen in unterschiedlichsten Netz-Topologien stellen kaum ein Problem dar.

1.4.1. Fehlerausgabe und Fehlermeldungen

Die SONO-Sonde ist sehr fehlertolerant was einen störungsfreien Betrieb ermöglicht. Über die serielle Schnittstelle können Fehlermeldungen abgefragt werden.

2. Messmodus-Konfiguration

Die Sondenkonfiguration ist vor Auslieferung der SONO-Sonde werkseitig voreingestellt. Eine prozessbedingte Optimierung dieser geräteinternen Einstellung kann vorgenommen werden. Hierzu kann die SONO-Sonde über das von IMKO lieferbare **SM-USB Modul** oder **SONO-VIEW** direkt am USB-Port eines PC's angeschlossen werden.

Folgende Einstellungen der SONO-Sonde können verändert werden.

Measure-Mode und Parameter:

- Messmodus A - OnRequest (nur im Netzwerkbetrieb für das Abrufen von Messwerten über die serielle Schnittstelle).
- Messmodus C - Cyclic (Standardeinstellung für SONO-Sonden mit zyklischer Messung).
- Betriebsarten: SONO-Sonden werden für Anwendungen in der Bauindustrie werkseitig mit **Mode CH** ausgeliefert, für allgemeine Prozess-Anwendungen in **Mode CA**. Je nach Anwendung stehen 6 unterschiedliche Betriebsarten im C-Modus zur Verfügung.

Mode CS: (Cyclic-Successive) Ohne Mittelwertbildung und ohne Filterfunktionen, für sehr kurze Messabläufe im Sekundenbereich (z.B. 1...10 Sekunden) mit intern bis zu 100 Messungen pro Sekunde und einer Zykluszeit von 250 Millisekunden am Analogausgang.

Mode CA: (Cyclic Average Filter) Standard Mittelwertbildung für relativ schnelle aber kontinuierliche Messvorgänge, mit einfacher Filterung und einer Genauigkeit bis zu 0,1%. Die Betriebsart CA dient auch zur Aufnahme von Rohwerten ohne Mittelwertbildung und Filterung, um anschließend die Messdaten analysieren zu können und eine optimale Betriebsart finden zu können.

Mode CF: (Cyclic Floating Average mit Filter) Floating Mittelwertbildung für sehr langsame und kontinuierliche Messvorgänge, mit einfacher Filterung und einer Genauigkeit bis zu 0,1%. Geeignet für Anwendungen z.B. in Wirbelschichttrockner, auf dem Transportband, etc.

Mode CK: (Cyclic mit Boost-Filter) für komplexe Anwendungen in Mischern und Trocknern.

Mode CC: (Cyclic Cumulated) mit automatischer Aufsummierung der Feuchte-Mengenmessung in einem Batchvorgang, wenn keine SPS-Steuerung verwendet wird.

Mode CH: (Cyclic Hold) Standard-Betriebsart für Anwendungen in der Bauindustrie. Ähnlich wie Mode CC jedoch mit Filterung, aber ohne Aufsummierung. Mode CH ist ideal bei sehr kurzen Batchzeiten bis herunter zu 2 Sekunden, wenn die SONO-Sonde unter der Siloklappe installiert wurde. Mode CH führt eine automatische Filterung durch, womit z.B. das sich im Silo gebildete Tropfwasser im Messwert ausgefiltert wird.

- Mittelungszeit (Average-Time, Reaktionsgeschwindigkeit der Messwerte)
- Kalibrierung (bei Verwendung von unterschiedlichen Materialien)
- Filterfunktion Präzision einer Einzelwertmessung (siehe im Kapitel „Software SONO-CONFIG“ unter Punkt: „Einstellen der Präzision einer Einzelwertmessung“).

Jede dieser Einstellungen bleibt auch nach Abschalten der Sonde erhalten, ist also nicht-flüchtig in der SONO-Sonde gespeichert.

2.1. Betriebsart CA, CF, CH, CC und CK der SONO-Sonde

Die SONO-Sonde wird werkseitig mit passenden Parametern für die Mittelungszeit und mit einer universellen Filterfunktion für gängige Anlagen eingestellt und ausgeliefert.

Die in diesem Kapitel beschriebenen Einstellmöglichkeiten und Sonderfunktionen der SONO-Sonde werden nur in seltenen Fällen benötigt. Zu berücksichtigen ist, dass das Verändern der Einstellungen oder Ausführen dieser Spezialfunktion zu einem Fehlverhalten der Sonde führen kann!

Die nachfolgenden in diesem Zusammenhang erwähnten Einstellungen können mittels dem Service-Programm **SONO-CONFIG** verändert werden.

Für Anwendungen bei nicht-kontinuierlichem Materialfluss besteht die Möglichkeit, das Messwertverhalten über die einstellbaren Filterwerte **Filter-Lower-Limit-Offset**, **Filter-Upper-Limit-Offset** zu optimieren. Die Mittelwertbildung kann mit dem Parameter **Average-Time** eingestellt werden.

Die nachfolgend beschriebenen Standardeinstellungen für die Filterfunktion im **Messmodus CA** haben sich in vielen Fällen bewährt und sollten nur für spezielle Anwendungen verändert werden.

Parameter in Messmodus CA, CC, CF, CH und CK	Funktion
<p>Average-Time (Mittelwertbildung) Standardeinstellung: 2s Einstellbereich: 1...20s Einheit: Sekunden</p>	<p>CA/CF: Die Zeit für die Bildung des Mittelwertes kann mit diesem Parameter eingestellt werden. CC/CH/CK: Die Zeit für die Bildung des Trendwertes/ Erwartungswertes für die Gewichtungsfunktion (Boost & Offset) kann eingestellt werden.</p>
<p>Filter-Upper-Limit Offset Standardeinstellung: 25% Einstellbereich: 1...100% Einheit: % Absolut</p>	<p>CA/CC/CF/CH/CK: Zu große Messwerte hervorgerufen durch z.B. metallische Abstreifer oder Schaufeln am Sondenkopf werden herausgefiltert. Der Offset-Wert in % wird zum dynamisch aktuellen Mittelwert addiert.</p>
<p>Filter-Lower-Limit Offset Standardeinstellung: 25% Einstellbereich: 0...100% Einheit: % Absolut</p>	<p>CA/CC/CF/CH/CK: Zu kleine Messwerte wegen zu wenig Material oder unzureichendem Materialfluss am Sondenkopf werden herausgefiltert. Der Offset-Wert in % wird vom dynamisch aktuellen Mittelwert subtrahiert.</p>
<p>Upper-Limit-Keep-Time Standardeinstellung: 10s Einstellbereich: 1...100s Einheit: Sekunden</p>	<p>CA/CC/CF/CH/CK: Die Dauer der Filterfunktion für Upper-Limit-Störungen (z.B. durch metallische Abstreifer) kann mit diesem Parameter zeitlich begrenzt werden um die Gefahr von undefinierten Zuständen zu vermeiden.</p>
<p>Lower-Limit-Keep-Time Standardeinstellung: 10s Einstellbereich: 1...100s Einheit: Sekunden</p>	<p>CA/CC/CF/CH/CK: Die Dauer der Filterfunktion für Lower-Limit-Störungen, (z.B. durch unzureichenden Materialfluss oder länger andauernde „Materiallücken“), kann mit diesem Parameter zeitlich begrenzt werden um die Gefahr von undefinierten Zuständen zu vermeiden, bzw. die Nachhaltezeit am Ende eines Batches zu definieren.</p>
<p>Moisture Threshold (Startschwelle) in %-Feuchte Standardeinstellung: 0.1% Einstellbereich: 0...100% Einheit: % Absolut</p>	<p>CA/CF/CK: Inaktiv CC/CH: Wird die eingestellte Schwelle überschritten startet die Sonde den Messvorgang. Fällt der Sondenwert wieder unter diese Schwelle zurück „friert“ der Messwert ein und die No-Material-Delay Zeit beginnt zu laufen. Dies dient dazu, dass Unterbrechungen im Materialfluss als Störgröße eliminiert werden.</p>
<p>No-Material-Delay (Ablaufzeit) Standardeinstellung: 10s Einstellbereich: 1...100s Einheit: Sekunden</p>	<p>CA/CF/CK: Inaktiv CC/CH: Der Sensor erkennt über den als Moisture Threshold definierten Messwert wenn kein Material mehr (d.h. Luft) an der Sonde anliegt. Der zuletzt gemessene Mittelwert wird dann „eingefroren“ und für die die Dauer der No-Material-Delay Zeit am Analogausgang ausgegeben. Wird nach Ablauf der No-Material-Delay Zeit kein gültiger Feuchtwert erfasst, beginnt der Algorithmus neu zu konvergieren. Dies dient dazu, dass für ein neues Batch der Messwertspeicher gelöscht wird und somit nicht ein Mischwert aus aufeinanderfolgenden Batches gemessen wird und nicht bei jeder auch nur kurzen Unterbrechung innerhalb eines Batches die Messung neu gestartet wird!</p>
<p>Boost Standardeinstellung: 35nn Einstellbereich: 0...100nn Einheit: Keine!</p>	<p>CA/CF: Inaktiv CC/CH/CK: Definition wie stark Einzelwerte in Abhängigkeit der Abweichung zum aktuellen Erwartungswert gewichtet werden. Weicht zum Beispiel der aktuelle Einzelwert um 1% vom Erwartungswert ab bei Boost=35 wird dieser nur zu $100\% - (1\% * 35) = 65\%$ für den neuen Mittelwert berücksichtigt.</p>
<p>Offset Standardeinstellung: 0.5% Einstellbereich: 0...5% Einheit: % Absolut</p>	<p>CA/CF: Inaktiv CC/CH/CK: Prozess-Nichtlinearitäten (z.B. Dichteschwankungen) können ausgeglichen werden indem der Erwartungswert angepasst wird (sprich der Wert der über die Average-Time gebildet wird), indem dieser angehoben wird, kann hohen Werten mehr Gewichtung zugemessen werden, da bei z.B. der Sandfeuchtemessung unter dem SILO die geringeren Werte eher unwahrscheinlicher sind, da durch Dichteschwankung verursacht (ungleichmäßiger Materialfluss).</p>

<p>Weight Standardeinstellung: 5 Werte Einstellbereich: 0...50 Einheit: Messwerte bei Abfragezyklen einer SONO-Sonde von ca. 3 Messwerten je Sekunde, wobei jeder Einzelmesswert bereits vorgemittelt ist.</p>	<p>CA/CC/CF: Inaktiv CH: Mittelwertbildung für die Analoge Messwert-Ausgabe. Dieser Parameter beeinflusst die Reaktionszeit (Ansprechdauer) des Sensors, bei Mode CH kann hier die Reaktionszeit in Echtzeit angenommen werden (z.B. 15 Werte wären 15/3=5 Sekunden). CK: Hier kann grob angenommen werden, dass Anzahl Werte = Ansprechdauer in Sekunden ist, da der Mittelwert statistisch verrechnet wird, allerdings gilt, je homogener das vermessene Material, desto schneller die Reaktionszeit des Algorithmus!</p>
<p>Invalid Measure Count Standardeinstellung: 2 Werte Einstellbereich: 0...10 Einheit: Messwerte (bei ca. 3 Einzelwerten je Sekunde)</p>	<p>CA/CF/CK: Inaktiv CC/CH: Anzahl der ersten verworfenen Messwerte nach einem Batch-Neustart, wenn „No-Material-Delay“ ausgelöst hat. Die ersten fehlerhaften Messwerte, z.B. durch trägen Materialfluss zu Beginn oder freies Wasser werden vollständig verworfen!</p>
<p>Moisture Std. Deviation Count Standardeinstellung: 5 Werte Einstellbereich: 0...20 Einheit: Messwerte (bei ca. 3 Einzelwerten je Sekunde)</p>	<p>CA/CC/CF/CH/CK: Werden die Parameter Temperatur und RbC bzw. EC-TRIME nicht benötigt kann der Sensor in den Analog-Modus Moist/Moist Std. Deviation geschaltet werden, dann wird auf dem 2. Analogkanal die ermittelte Standard-Abweichung aller Feuchte-Einzelwerte ausgegeben. Achtung: die Dauer dieses Parameters kann nicht länger als die Average-Time eingestellt werden! Über diesen Parameter kann dann die Homogenität der Einzelwerte überprüft werden, was zur Validierung der Feuchtwerte oder der Überwachung eines Regelprozesses verwendet werden kann!</p>
<p>Quick und Quick-Precision mit Meas Time (no. values) Einheit: Keine!</p>	<p>CA/CC/CF/CH/CK/CS: Empfohlen wird hier standardmäßig Quick Precision und Meas Time = 2 mit einer präziseren Detektion des TDR-Impulses. Für noch etwas bessere Messgenauigkeiten kann Meas Time vergrößert werden, allerdings dauert eine Einzelmessung mit interner Mittelung dann nicht ca. 280ms sondern erhöht sich pro Step um 60 Millisekunden. Ältere SONO-Sonden kennen die Funktion Quick Precision noch nicht.</p>

2.1.1. Betriebsart CH – Automatische Feuchtemessung in einem Batchvorgang

Mode CH ist die **Standard Betriebsart für die Installation unter einer Siloklappe** und ideal bei relativ kurzen Batchzeiten bis herunter zu 5 Sekunden wenn die SONO-Sonde unter der Siloklappe installiert wurde. In Mode CH führt die Sonde eine automatische Filterung durch, womit z.B. das sich im Silo gebildete Tropfwasser im Messwert ausgefiltert wird. In Betriebsart CH können mit **Invalid Measure Count** anfängliche „Fehlmesswerte“ nach dem Öffnen der Siloklappe ausgefiltert werden. Die Betriebsart CH ist vom Ablauf identisch mit der Betriebsart CC. Mit **Moisture Threshold** erfolgt ein automatischer Start der Messung, jedoch erfolgt keine Aufsummierung.

2.2. Überblick der einzelnen Betriebsarten in unterschiedlichen Anwendungen

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Parameter-Einstellungsmöglichkeiten in unterschiedlichen Betriebsarten.

Anwendungen und Parameter	Sand/ Kies unter der Silo-klappe	auf dem Transport-band	im Beton-mischer	im Wirbel-schicht-trockner	Allge-meine einfache Anwen-dungen	in der För-der-schnecke mit Störung durch Wendel	in der För-der-schnecke ohne Störung durch Wendel
Betriebsart	CH	CH	CK	CK	CA	CK mit auto-matischer Filter-funktion	CF
Average-Time	2	2	5	5	10	10	10
Filter-Upper-Limit Offset	inaktiv 100	inaktiv 100	inaktiv 100	inaktiv 100	z.B. 20	inaktiv 100	z.B. 20
Filter-Lower-Limit Offset	inaktiv 100	inaktiv 100	inaktiv 100	inaktiv 100	z.B. 10	inaktiv 100	z.B. 5
Upper-Limit-Keep-Time	inaktiv 10	inaktiv 10	inaktiv 10	inaktiv 10	z.B. 10	inaktiv 10	z.B. 10
Lower-Limit-Keep-Time	inaktiv 10	inaktiv 10	inaktiv 10	inaktiv 10	z.B. 10	inaktiv 10	z.B. 10
Moisture Threshold	0.1	0.1	0.1	0.1	-	0.1	-
No-Material-Delay	10	10	10	10	-	inaktiv	-
Boost	35	35	20	20	-	20	-
Offset	0.5	0.5	1	1	-	1	-
Weight	5	5	25	25	-	50	-
Invalid Measure Count	2	2	inaktiv	inaktiv	-	inaktiv	-

Bei sehr schwierigen Anwendungen wenn es noch nicht sicher ist, welche Betriebsart die optimale ist, empfehlen wir die Betriebsart CA mit Mittelungszeit=1 Sekunde einzustellen. Mit der Software SONO-CONFIG kann dann ein Datensatz im Prozessbetrieb aufgenommen und abgespeichert werden. Bei Zusendung dieses Datensatzes steht Ihnen IMKO unterstützend zur Verfügung, um die optimale Betriebsart mit den optimalen Parametern zu finden.

2.3. SONO-Sonden im Einsatz bei unterschiedlichen Sieblinien

Die Sanddichte variiert je nach Sieblinie, aber auch abhängig von der Mineralienzusammensetzung. Für Deutschland wurde die SONO-Sonde für Sand, i.d.R. für eine Körnung von 0-2mm kalibriert. D.h. bei der Inbetriebnahme der SONO-Sonde muss die Kalibrierkurve Cal1 nicht oder nur sehr gering angepasst werden. Je nach Korngrößenverteilung verändert sich die Dichte des Sandes erheblich. In anderen Ländern sind andere Sand-Sieblinien wie z.B. 0-4mm oder 0-8mm üblich. Die SONO-Sonde kann für die entsprechende Sieblinie auf die passende **Kalibrierkurve Cal1 bis Cal6** eingestellt werden.

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Kalibrierkurven für Sand, Kies und Splitt, die bereits in den SONO-Sonden abgespeichert sind:

Zuschläge und Sieblinie	Schüttdichte Achtung: Je nach Anlage kann die Schüttdichte variieren	Empfohlene Kalibrierkurve
Sand 0-2mm,	D= ca. 1,5	Cal1: Universal Sand, Kies und Splitt
Kies und Splitt	D= ca. 1,7	Cal6: Kies und Splitt (ähnlich zu Cal1)
Sand 0-2mm	D= ca. 1,6	Cal2, 1.6 für Schüttdichte 1,6
Sand/Kies 0-4mm	D= ca. 1,7	Cal3, 1.7 für Schüttdichte 1,7
Sand/Kies 0-5mm	D= ca. 1,8	Cal4, 1.8 für Schüttdichte 1,8
Sand/Kies 0-8mm	D= ca. 1,9	Cal5, 1.9 für Schüttdichte 1,9

Bei sehr hohen Anforderungen in der Rezeptur-Genauigkeit, z.B. $\pm 2 \text{ Liter/m}^3$ wird zusätzlich eine Feinjustage des Sondenwertes, idealerweise in der SPS, empfohlen.

Sollen mit der SONO-Sonde wechselnde Sieblinien vermessen werden, ohne dass die Kalibrierkurve in der Sonde umgestellt werden muss, dann kann dies mit einer Messwert-Umrechnung in der SPS erfolgen. Weiterhin kann es von Vorteil sein, wenn eine SONO-Sonde nach dem Einbau nicht auf eine passende Kalibrierkurve eingestellt werden muss (einfachere Lagerhaltung).

Um eine spezifische Einkalibrierung der SONO-Sonde auf eine spezielle Sieblinie einfach zu umgehen, kann die Anpassung bzw. Umrechnung der Feuchtesonden-Messwerte die mit der Kalibrierstufe Cal1 gemessen werden, über eine Dichtekorrektur in einer nachgeschalteten SPS vorgenommen werden.

Achtung: Beim Einkalibrieren der SONO-MIX MINI und Vergleichsmessungen mit Darrwerten gilt es zu berücksichtigen, dass die Kernfeuchte von Sand und Kies nicht in die Kalibrierung eingeht. Das Kernwasser in Sand und Kies dient nicht zur Zement-Hydratation und sollte deshalb „herauskalibriert“ werden. Dies ist insbesondere bei sehr saugfähigen Zuschlägen zu berücksichtigen:

Feuchtemesswert SONO-MIX MINI = Darrwert - Kernwasser

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick betreffend der Sieblinie, Schüttdichte und dem Analogausgang der SONO-Sonde.

Bitte beachten: Die nachfolgenden Richtwerte gelten nur für Sande. Soll nur Kies und Splitt unterschiedlicher Körnung vermessen werden, empfehlen wir die Standardeinstellung der SONO-Sonde zu verwenden, d.h. 0(4)-20mA entspricht 0-20% Feuchte, bei Einstellung der Kalibrierkurve Cal1. Wenn nur Kies und Splitt gemessen werden soll, könnte auch die Kalibrierkurve Cal6 verwendet werden.

4-20mA Stromausgang: Messbereichs-Umrechnung 0 bis 20% Feuchte bei unterschiedlichen Sieblinien und eingestellter Kalibrierkurve Cal1:

Körnung sowie Schüttdichte in kg/dm ³	Feuchtwert bei 4mA am Stromausgang (theoretisch)	ein Wert von 0%-Sandfeuchte entspricht damit am Stromausgang in mA:	bei 20mA am Stromausgang ergeben sich folgende Sand-Feuchtwerte
0-2mm 1.5	0.00%	4mA	20%
0-2mm 1.6	-0.29%	4.24mA	18.4%
0-4mm 1.7	-0.55%	4.48mA	17.1%
0-5mm 1.8	-0.78%	4.72mA	15.9%
0-8mm 1.9	-0.98%	4.96mA	14.8%
2.0	-1.16%	5.2mA	13.8%
2.1	-1.33%	5.44mA	12.9%

0-20mA Stromausgang: Messbereichs-Umrechnung 0 bis 20% Feuchte bei unterschiedlichen Sieblinien und eingestellter Kalibrierkurve Cal1:

Körnung sowie Schüttdichte in kg/dm ³	Feuchtwert bei 0mA am Stromausgang (theoretisch)	ein Wert von 0%-Sandfeuchte entspricht damit am Stromausgang in mA:	bei 20mA am Stromausgang ergeben sich folgende Sand-Feuchtwerte
0-2mm 1.5	0.00%	0mA	20%
0-2mm 1.6	-0.29%	0.3mA	18.4%
0-4mm 1.7	-0.55%	0.6mA	17.1%
0-5mm 1.8	-0.78%	0.9mA	15.9%
0-8mm 1.9	-0.98%	1.2mA	14.8%
2.0	-1.16%	1.5mA	13.8%
2.1	-1.33%	1.8mA	12.9%

3. Die Kalibrierkurven Cal1 bis Cal15

SONO-MIX MINI wird mit einer Universalkalibrierung **Cal.9 Mix** für den Mischerbetrieb für Sand und Kies ausgeliefert. D.h. **Cal.9 Mix** ist im trockenen Bereich etwas angehoben um sicherzustellen, dass bei trockenem Sand und Kies die Messwerte sich nicht gegen 0% bewegen, da Werte um den 0-Punkt herum sich nachteilig auf die Filterarithmetik auswirken könnten. Bei trockenem Sand/Kies zeigt die Sonde also eine höhere Absolutfeuchte an. Für einen Absolutwert zur Wasserzugabeberechnung gilt es, dies zu berücksichtigen. In der Regel wird die Kalibrierung der Sonde zur Berechnung der Wasserzugabe per SPS nochmals mit Hilfe eines Trocknungsofens auf die jeweilige SPS eingestellt.

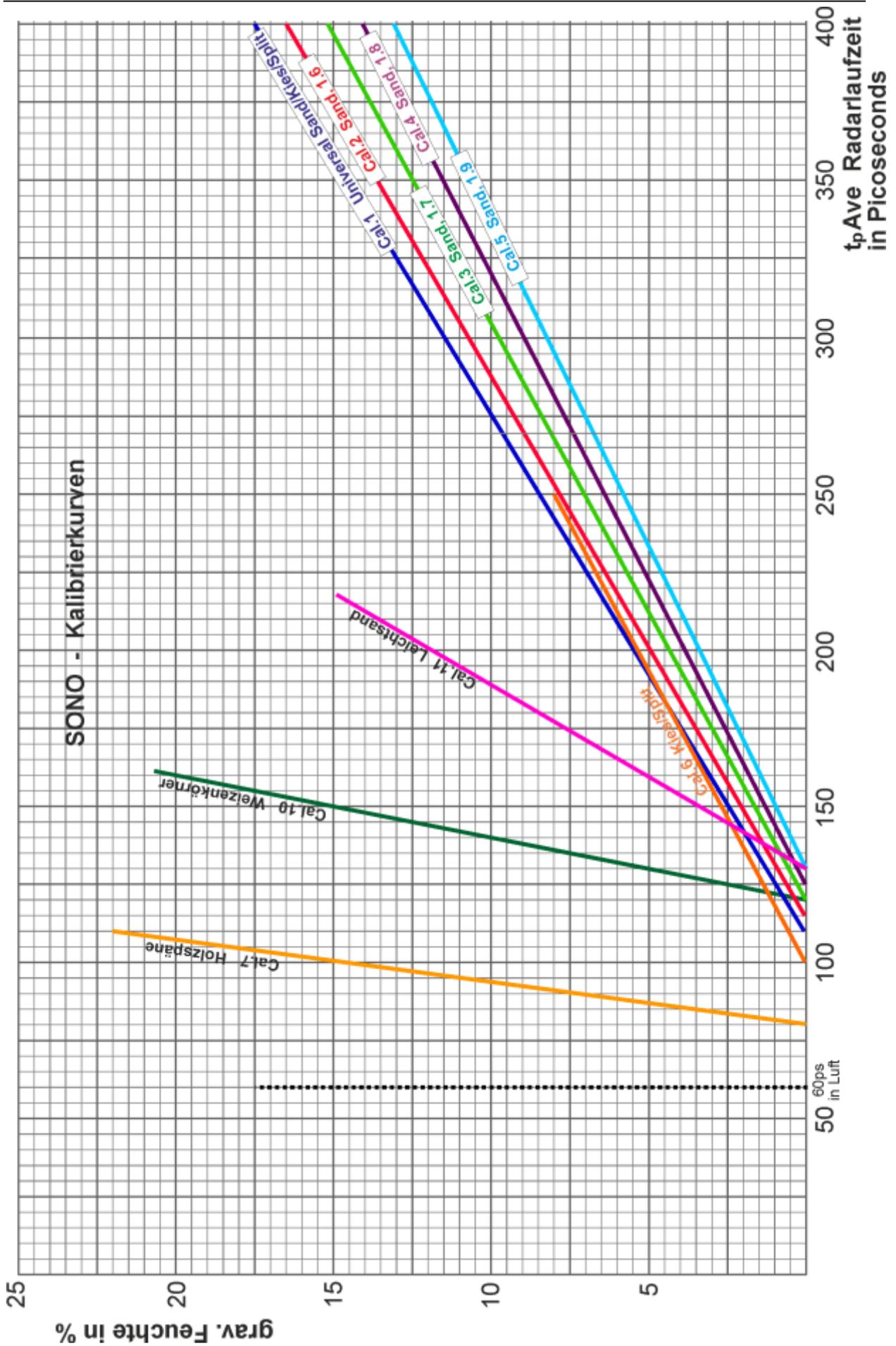
Maximal sind 15 verschiedene Kalibrierungen (Cal1...Cal15) in der SONO-Sonde speicherbar und können mit dem Service-Programm **SONO-CONFIG** aktiviert werden (siehe Kapitel „Kurzanleitung für die Software SONO-CONFIG“). Möchte man mit der SONO-MIX MINI ohne Mischerbetrieb nur die Feuchte von Zuschlagstoffen messen, so ist die Kalibrierkurve Cal. 1 (Universal Sand-Mix) einzustellen.

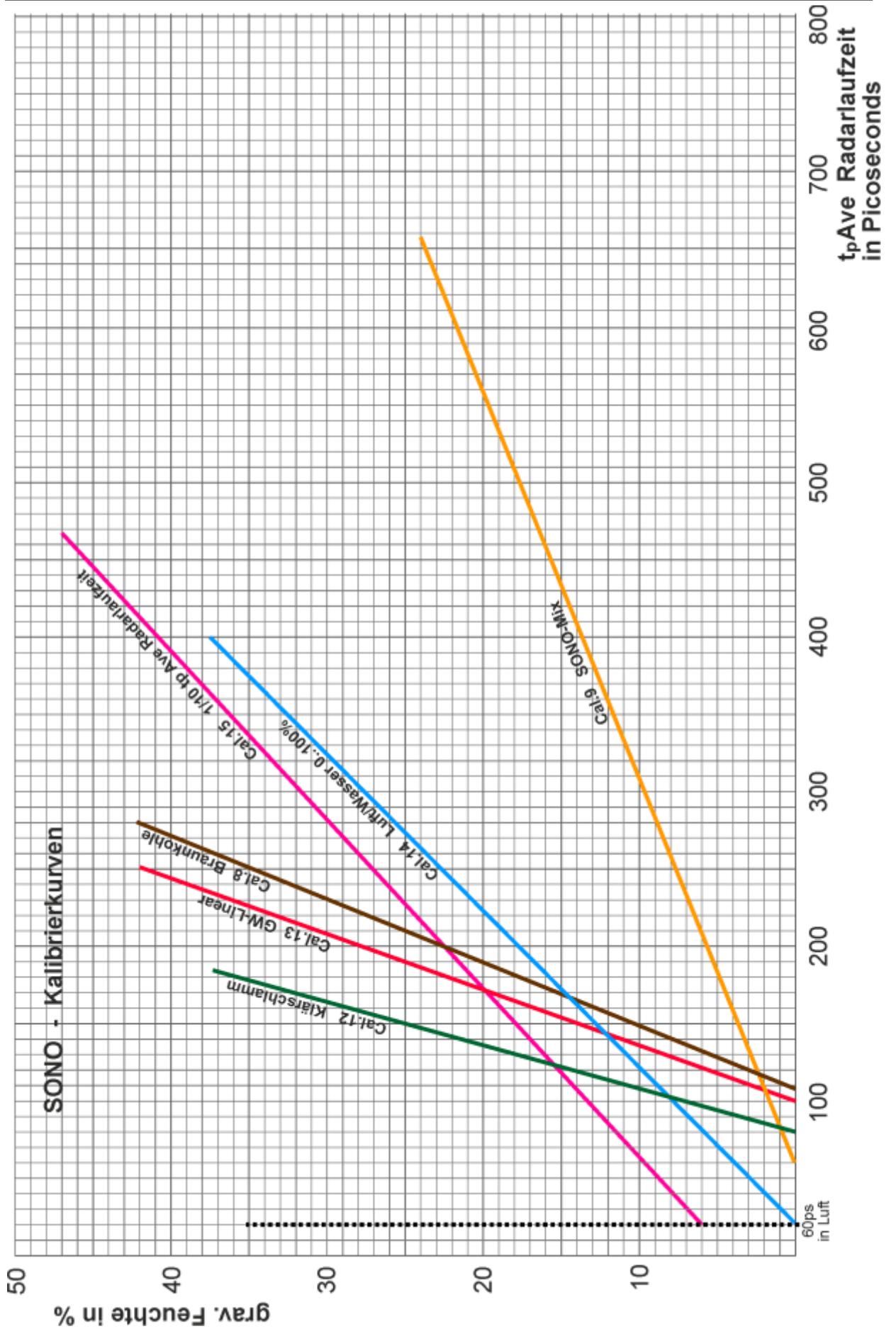
Für einen Vorab-Test einer passenden Kalibrierkurve können mit SONO-CONFIG im Menüpunkt „**Calibration**“ und im Fenster „**Material Property Calibration**“ einzelne Kalibrierkurven (Cal 1 ... 15) ausgewählt und mit dem Button „**Set Active Calib**“ aktiviert und mit dem zu vermessenden Material getestet werden. Die gewünschte und evtl. veränderte Kalibrierkurve die nach dem Einschalten der Sonden-Betriebsspannung zur Messung aktiviert wird, kann durch Anklicken des Buttons „**Set Default Calib**“ eingestellt werden.

Nichtlineare Kalibrierungen sind mit Polynomen bis 5ten Grades möglich (Koeffizienten m0-m5).

IMKO veröffentlicht auf seiner Homepage weitere Kalibrierkoeffizienten für unterschiedlichste Materialien. Diese Kalibrierkoeffizienten können mit Hilfe von SONO-CONFIG in die Sonde eingegeben und gespeichert werden.

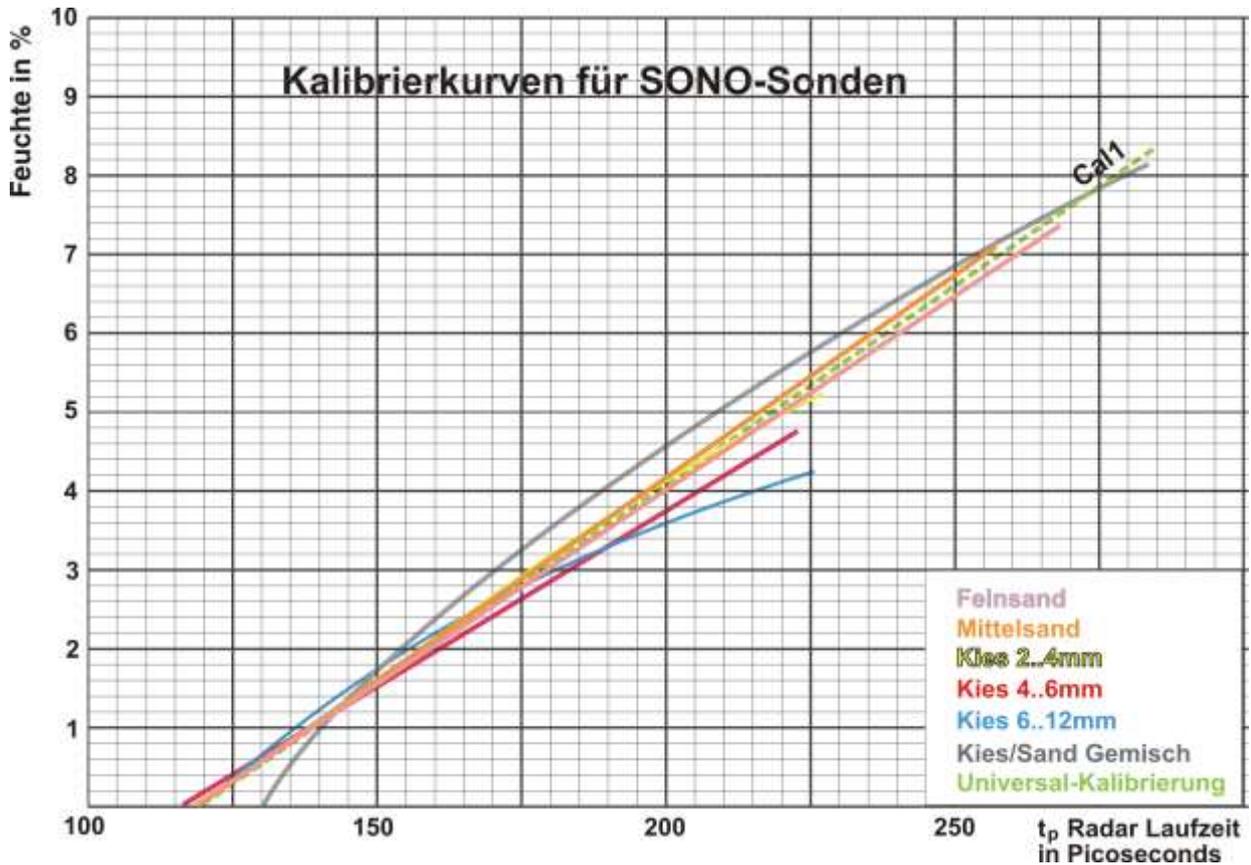
Die Grafiken auf den nachfolgenden zwei Seiten (Cal.1..15) zeigen die in der Sonde abgespeicherten und auswählbaren linearen Kalibrierkurven für unterschiedliche Materialien. Auf der y-Achse wird die gravimetrische Feuchte (**MoistAve**) dargestellt, auf der x-Achse die je nach Kalibrierkurve zugehörige Radarlaufzeit **tpAve** in Picosekunden. Die Radarlaufzeit **tpAve** wird bei der Feuchtemessung parallel zum Feuchtwert (**MoistAve**) mit der Software SONO-CONFIG am Bildschirm ausgegeben (siehe Kapitel „Kurzanleitung für die Software SONO-CONFIG“).





3.1. SONO-MIX MINI zur Feuchtemessung von Sand und Zuschlagstoffen

Die TRIME-TDR Technologie bietet mit dem Radarverfahren hohe Zuverlässigkeiten bei der Feuchtemessung von Sand und Kies, da unterschiedliche Korngrößen anders als bei anderen Messverfahren wie z.B. bei der Mikrowelle, keine Verfälschungen des Messergebnisses hervorrufen. Die Kalibrierkurve **Cal1 „Universal Sand Mix“** eignet sich zur Messung der Feuchte in aufgeschüttetem Sand, Kies und Kies/Sand Gemischen. Die Abweichungen der unten aufgeführten Kies/Sandarten zur Kalibrierkurve Cal1 sind so gering, dass nur eine einzige Kalibrierkurve eingesetzt werden muss.



Feinsand



Mittelsand



Kies 2..4mm



Kies 4..6mm



Kies 6..12mm



Kies/Sand Gemisch

3.2. Das Erstellen einer linearen Kalibrierkurve für ein spezielles Material

Die Kalibrierkurven Cal1 bis Cal15 können für spezielle Materialien mit Hilfe von **SONO-CONFIG** einfach erstellt bzw. angepasst werden. Hierzu müssen zwei Referenz-Messpunkte ermittelt werden, **Punkt P1 bei trockenem Material** und **Punkt P2 bei feuchtem Material**, wobei die Punkte P1 und P2 weit genug auseinander liegen sollten um eine bestmögliche Kalibrierkurve zu erhalten. Die Feuchtwerte des zu vermessenden Materials bei den Punkten P1 und P2 können mit einem Labormessverfahren (Trockenschrank, etc.) ermittelt werden, wobei zu berücksichtigen wäre, dass genügend Material vermessen wird um einen repräsentativen Wert zu bekommen.

Unter dem Menüpunkt „**Calibration**“ werden im Fenster „**Material Property Calibration**“ die in der SONO-Sonde gespeicherten Kalibrierkurven Cal1 bis Cal15 aus der Sonde geladen und am Bildschirm dargestellt (dauert max. 1 Minute). Mit dem Mauszeiger können einzelne Kalibrierkurven ausgewählt und mit dem Button „**Set Active Calib**“ aktiviert werden. Die Messung des Sensor-Feuchtwertes **MoistAve** mit der zugehörigen Radarlaufzeit **tpAve** in Punkt P1 und P2 wird mit Hilfe des Programms **SONO-CONFIG** im Untermenü „**Test**“ und „**Test in Mode CA**“ gestartet (siehe Kapitel „Kurzanleitung für die Software SONO-CONFIG“).

Schritt 1: Die Radarlaufzeit **tpAve** der Sonde wird mit trockenem Material gemessen. Idealerweise erfolgt dies im laufenden Betrieb eines Mischers/Trockners um mögliche Dichteschwankungen des Materials zu berücksichtigen. Es empfiehlt sich mehrere Messungen von **tpAve** zu machen damit sich daraus ein optimaler Mittelwert für **tpAve** bilden kann. Als Ergebnis erhält man den ersten Kalibrierpunkt P1 (z.B. 70,0). D.h. eine Radarlaufzeit **tpAve** von 70ps entspricht 0% Materialfeuchte. Möglich wäre aber auch ein darüber liegender Punkt P1` (z.B. 190,7) wobei dann 190ps einer Feuchte von 7% entsprechen würde. Der gravimetrische Feuchte-Istwert des Materials von z.B. 7% muss mit einem Labormessverfahren (Trocknungsöfen) ermittelt werden.

Schritt 2: Die Radarlaufzeit **tpAve** der Sonde wird mit feuchtem Material gemessen. Idealerweise erfolgt dies ebenfalls im laufenden Betrieb eines Mischers/Trockners. Auch hier empfiehlt es sich, mehrere Messungen durchzuführen um daraus einen Mittelwert für **tpAve** bilden zu können. Als Ergebnis erhält man den zweiten Kalibrierpunkt P2 mit X2/Y2 (z.B. 500,25). D.h. eine Radarlaufzeit **tpAve** von 500ps entspricht 25% Materialfeuchte. Der gravimetrische Feuchte-Istwert des Materials von z.B. 25% muss mit einem Labormessverfahren (Trocknungsöfen) ermittelt werden.

Schritt 3: Mit den beiden Kalibrierpunkten P1 und P2 können die Kalibrierkoeffizienten m_0 und m_1 für das untersuchte Material berechnet werden (siehe nachfolgende Seite).

Schritt 4: Die Koeffizienten $m_1 = 0,0581$ und $m_0 = -4,05$ für die Kalibrierkurve (z.B. Cal15) werden einzeln mit Hilfe von **SONO-CONFIG** direkt per Hand eingegeben und in der Sonde gespeichert. Der Name der Kalibrierung kann ebenfalls per Hand eingegeben werden. Die selektierte Kalibrierkurve (z.B. Cal15) die nach dem Einschalten der Sonden-Betriebsspannung automatisch aktiviert wird, wird mit dem Button „**Set Default Calib**“ eingestellt.



Achtung: Bei der Eingabe mit Hilfe der Software SONO-CONFIG muss als Trennzeichen für die Koeffizienten m_0 bis m_5 ein Punkt verwendet werden, kein Komma!

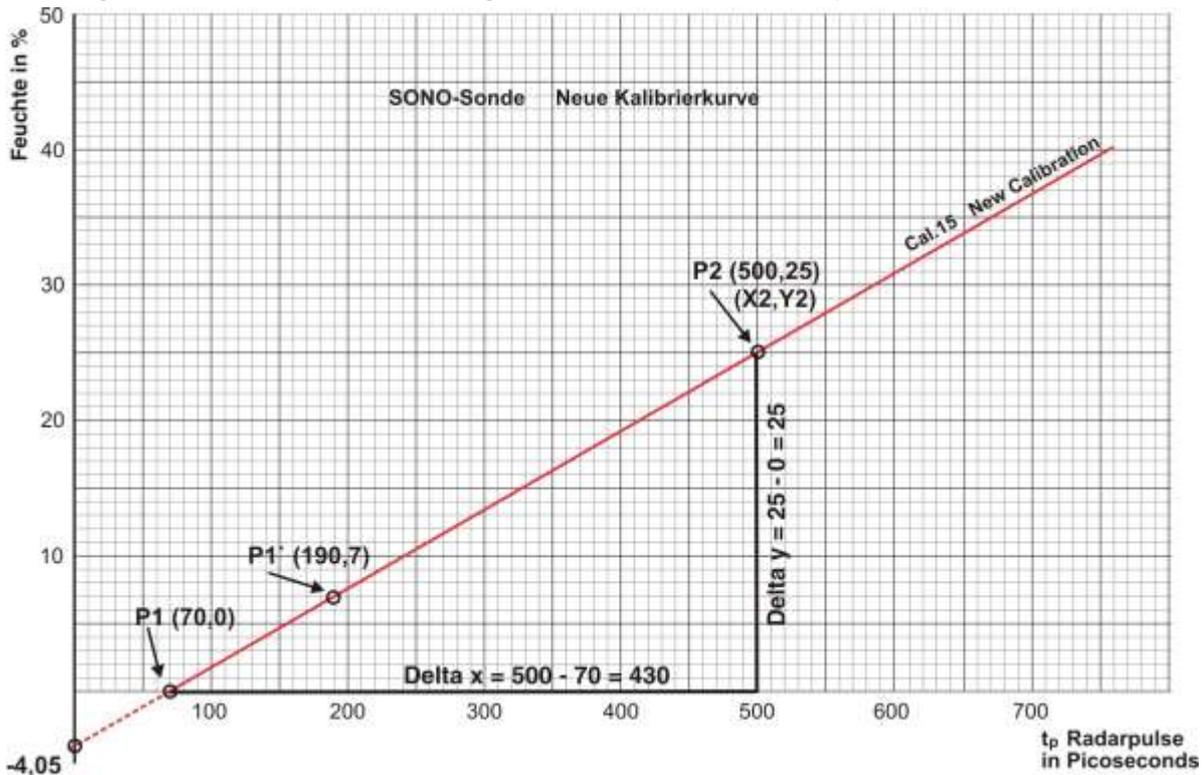
3.2.1. Kalibrierkurven Calculation für eine 2-Punkt Kalibrierung

SONO-Sonden können mit linearen und nichtlinearen Kalibrierpolynomen bis 5ten Grades arbeiten. Zur Berechnung der Koeffizienten für nichtlineare Polynome bis 5ten Grades kann ein EXCEL-Tool von IMKO eingesetzt werden. Aber auch mit mathematischen Programmen wie MATLAB können passende nichtlineare Kalibrierkurven und die zugehörigen Koeffizienten m_0 bis m_5 berechnet und mit SONO-CONFIG in die Sonde eingegeben werden. Nachfolgendes Diagramm zeigt eine Beispielberechnung für ein spezielles Material für die Koeffizienten m_0 und m_1 für eine lineare Kalibrierkurve.

Ermittlung der beiden Parameter m_0 und m_1 mit dem Excel-Sheet „SONO 2-Point LinearCalibration_Calculation“ von IMKO:

1. Downloaden Sie das Excel-Sheet „**SONO 2-Point LinearCalibration_Calculation**“ von der Homepage von IMKO unter „Support Software“.
2. Tragen Sie die beiden TP-Werte mit den jeweiligen Feuchte-Referenzen in das Excel-Sheet ein.
3. Lesen Sie die beiden Parameter m_0 und m_1 aus dem Excel-Sheet aus.
4. Speichern Sie mit Hilfe des Programmes „SONO-CONFIG“ im Menüpunkt „**Calibration**“ und im Fenster „**Material Property Calibration**“ in der ausgewählten Kalibrierkurve die beiden Koeffizienten bzw. Parameter m_0 und m_1 mit „Set and Save“ ein.

Nachfolgend eine klassische Berechnung der Parameter m_0 und m_1 „per Hand“:



Der Koeffizient m_1 wird aus der Steigung der Kurve Cal.15 berechnet:

$$\text{Koeffizient } m_1 = \frac{\text{Delta } y}{\text{Delta } x} = \frac{25 - 0}{500 - 70} = 0,0581$$

Der Koeffizient m_0 ist der Offset auf der y-Achse bei $x=0$ und errechnet sich aus:

$$\text{Koeffizient } m_0 = Y_2 - (m_1 \cdot X_2) = 25 - (0,0581 \cdot 500) = -4,05$$

3.2.2. Kalibrierkurven Calculation für eine 1-Punkt Kalibrierung

In der Praxis kann es häufig vorkommen, dass bei der Inbetriebnahme einer SONO-Sonde im Prozess, das zu vermessende Material nur mit einem einzigen relativ konstanten Feuchtwert zur Verfügung steht. Eine lineare 2-Punkt Kalibrierung ist dann natürlich nicht möglich.

Die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise zur Ermittlung einer linearen Kalibrierkurve ist nicht so präzise wie eine 2-Punkt Kalibrierung, kann jedoch ein Kompromiss sein um überhaupt zu einer passenden Kalibrierkurve zu kommen.

Nachfolgend aufgezählte Schritte beschreiben die Vorgehensweise:

1. Messung der Radarlaufzeit **T_p** im laufenden Prozess der Anlage während sich das Material über der Sonde befindet. T_p kann entweder mit Hilfe des Moduls SM-USB und der Software SONO-CONFIG oder mit dem Anzeigemodul SONO-VIEW ermittelt werden.
2. Ermittlung der Referenzfeuchte **M** (Moisture) des vermessenen Materials welches während der T_p-Messung über der Sonde liegt bzw. lag. Die Referenzfeuchte M des Materials (falls sie nicht bereits vorliegt) kann z.B. mit einem Infrarot- oder Mikrowellen Trocknungssofen bestimmt werden.
3. Ermittlung der Schüttdichte **D** (bulk density) des Materials (in kg pro dm³) welches über der Sonde liegt bzw. lag. Die Schüttdichte kann z.B. durch das Wiegen von exakt einem Liter bzw. einem Kubikdezimeter Materialvolumen bestimmt werden.
4. Downloaden Sie das Excel-Sheet „**SONO 1-Point LinearCalibration_Calculation**“ von der Homepage von IMKO unter „Support Software“. Geben Sie die drei ermittelten Referenzwerte **T_p** (Radarlaufzeit), **M** (Moisture) und **D** (Dichte) in das Excel-Sheet ein. Als Ergebnis erhalten Sie die beiden berechneten Koeffizienten bzw. Kalibrierparameter m₀ und m₁.
5. Speichern Sie mit Hilfe der Software „SONO-CONFIG“ im Menüpunkt „**Calibration**“ und im Fenster „**Material Property Calibration**“ in der ausgewählten Kalibrierkurve die Parameter m₀ bis m₅ mit „Set and Save“ in die Sonde ein. Die Eingabe der drei Parameter T_p, M und D kann auch ohne PC mit dem Anzeigemodul SONO-VIEW erfolgen (siehe Handbuch SONO-VIEW).

3.2.3. Kalibrierkurven Calculation für eine Nichtlineare Kalibrierkurve

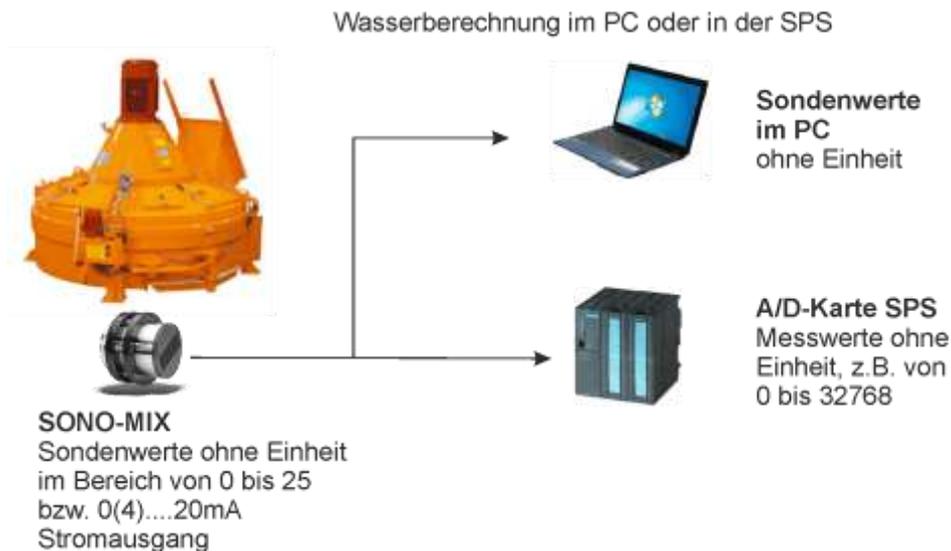
Für eine nichtlineare Materialkalibrierung können die Parameter m₀ bis m₅ mit dem Excel-Sheet „**SONO_NonlinearCalibration_Calculation**“ von IMKO ermittelt werden:

1. Downloaden Sie das Excel-Sheet „**SONO_NonlinearCalibration_Calculation**“ von der Homepage von IMKO unter „Support Software“.
2. Tragen Sie die jeweiligen TP-Werte mit den jeweilig zugehörigen Feuchte-Referenzwerten in das Excel-Sheet ein.
3. Lesen Sie die Parameter m₀ bis m₅ aus dem Excel-Sheet aus.
4. Speichern Sie mit Hilfe des Programmes „SONO-CONFIG“ im Menüpunkt „**Calibration**“ und im Fenster „**Material Property Calibration**“ in der ausgewählten Kalibrierkurve die Koeffizienten bzw. Parameter m₀ bis m₅ mit „Set and Save“ ein.

4. Einkalibrierung der SONO-MIX MINI zur Wassergehaltsbestimmung in 3 einfachen Schritten

Die Mischersonde SONO-MIX wird mit einer Rohwert-Kalibrierung ausgeliefert die wesentlich höher liegt als die Realwerte (Darrwerte) einer Sand/Kies-Mischung oder eines Frischbetons. Der Grund liegt darin, dass SONO-MIX einen sehr leistungsfähigen modifizierten Kalman-Filter Algorithmus verwendet der bei Feuchtwerten welche in Richtung 0% gehen würden aber nicht korrekt arbeitet (beim Teilen durch Null erhält man Unendlich). Deshalb muss für die SONO-MIX (wie mit allen Mischer-Sonden) eine Rezept-spezifische Kalibrierfunktion in der SPS hinterlegt werden um die Sonden-Rohwerte in SPS-Sollwerte zu transferieren. Ein weiterer Grund für eine Einkalibrierung mit Hilfe der SPS liegt daran, dass jeder Mischertyp sich etwas anders verhält betreffend der Rohdichte des gemischten Materials.

In der Praxis wird deshalb jede Feuchtesonde in einem Mischer mit Hilfe der SPS mit zwei Punkten einkalibriert. Der erste Punkt sollte relativ trocken bei z.B. 2% bis 3% Darrfeuchte, der zweite Punkt sollte um 20-30 Liter/m³ feuchter sein. Je enger beieinander die beiden Feuchtwerte 1 und 2 liegen, desto negativer wirkt sich der durch die Referenzmessung bedingte Fehler auf die Qualität der Sondenmessung aus, besonders bei Feuchtwerten die weit außerhalb dieser beiden Punkte liegen!



Die Bestimmung der Wassermenge kann mit einem PC oder einer SPS erfolgen. Nachfolgend werden deshalb beide Möglichkeiten skizziert, jedoch werden in diesem Beispiel die Messwerte und Parameter nur für die SPS-Steuerung berechnet (A/D-Karte SPS).

1. Mit der SONO-MIX werden mit z.B. einer Trockenmischung von exakt einem Kubikmeter, d.h. die Mischung ist nur gering feucht, einzelne Messwerte mit der SPS aufgenommen. Es empfiehlt sich, die Messwerte der SPS über die letzten 5 Sekunden der Trockenmischzeit zu mitteln. Im nachfolgenden Beispiel wurde nach der Trockenmischzeit ein Messwert von 8126 mit der SPS aufgenommen:

	SONO-MIX Sondenwerte (Stromsignal von 4...20mA)	Sondenwerte im PC (Feuchte in %)	A/D-Karte SPS ohne Einheit von 0 bis max. 32768 Digits	Wassermenge
Werte für Trockenmischung	5.968 mA	3.2	8126 Digit Dies ist der Trockenwert-A/D	? (nicht bekannt)

2. In den Mischer werden dann manuell z.B. **20 Liter Zugabewasser** zugegeben. Die zugegebene und gemessene Wassermenge dient zur Berechnung der Sensitivität der SONO-MIX. Es empfiehlt sich, die Messwerte über die letzten 5 Sekunden der Mischzeit zu mitteln. Im nachfolgenden Beispiel wurde dann ein Messwert von 10811 aufgenommen.

	SONO-MIX Sondenwerte (Stromsignal von 4...20mA)	Sondenwerte im PC (Feuchte in %)	A/D-Karte SPS ohne Einheit von 0 bis max. 32768 Digit	Wassermenge in Liter
Werte für Trocken- mischung	5.968 mA	3.2%	8126 Digit Dies ist der Trockenwert-A/D	
Werte für feuchtere Mischung	7.232mA	4.3%	10811 Digit Dies ist der feuchtere A/D- Wert.	Dieser Wert wurde nach der Zugabe von exakt 20,0 Liter Wasser ermittelt.

Anmerkung: Es empfiehlt sich generell die Einkalibrierung der Trockenmischung vor der Zugabe des Betonverflüssigers, d.h. die Messung mit der SPS muss ohne Betonverflüssiger durchgeführt werden. Grund ist die sich stark verändernde Dichte des Betons durch BV, was zu abweichenden Messwerten führt.

3. Für die Kalibrierung und für die weitere Berechnung des Zugabewassers für zukünftige Mischungen dieser Rezeptur kann der Koeffizient c1-Sensitivität für die SONO-MIX einfach berechnet werden:

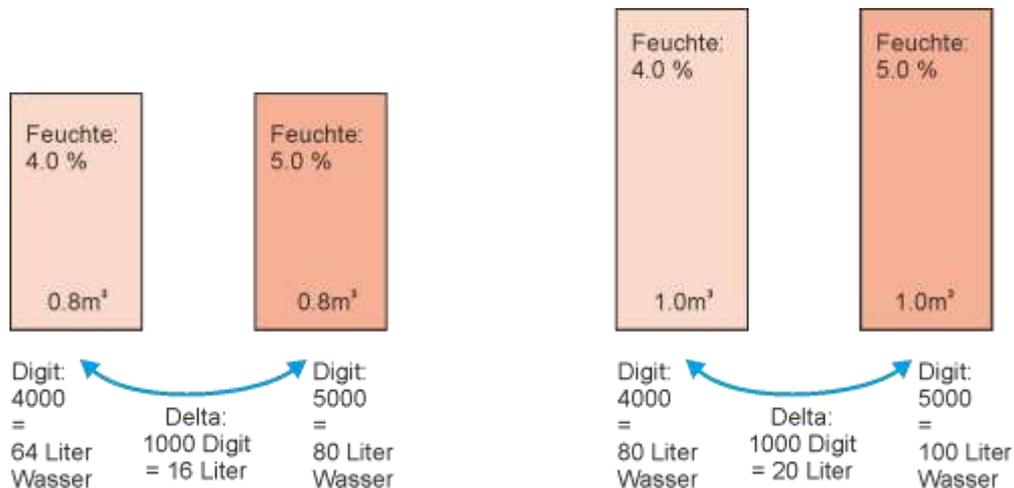
$$\mathbf{c1-Sensitivität} = (10811 - 8126) / 20,0 \text{ Liter} = \mathbf{134.25} \text{ Digit SPS pro Liter Wasser/m}^3$$

Mit Hilfe des Koeffizienten „c1-Sensitivität“ kann bei zukünftigen Trockenmischungen das Zugabewasser mit der SPS nachfolgend berechnet werden.

Achtung: Bei der Berechnung ist natürlich die Chargengröße zu berücksichtigen. Um auf den Normwert Liter Wasser pro Kubikmeter zu kommen, wären bei einer Chargengröße von z.B. 1,5 m³ alle Berechnungen durch 1,5 zu teilen. um eine Angabe in Liter pro 1 Kubikmeter zu erhalten.

Dadurch dass die SONO-MIX relativ unempfindlich auf Korngrößenverteilung reagiert, kann für ähnliche Rezepturen mit einer ermittelten Standard c1-Sensitivität das Zugabewasser berechnet werden. Für stark abweichende Rezepturen wie z.B. beim Einsatz von Farbstoffen oder anderen Zusatzmitteln, empfiehlt es sich, die c1-Sensitivität zu überprüfen und gegebenenfalls eine neue c1-Sensitivität zu ermitteln.

Nachfolgende Grafik zeigt nochmals die einzelnen Parameter bei unterschiedlichen Mischervolumen mit 0,8 Kubikmeter sowie 1,0 Kubikmeter:



Um auf das Standardmaß **Liter pro Kubikmeter** zu kommen, wird der Literwert des aktuellen Volumens auf einen Kubikmeter berechnet. D.h. $64 \text{ Liter} / 0,8 = 80 \text{ Liter/m}^3$.
 War das Volumen z.B. 1,5 Kubikmeter ergibt sich mit diesem Volumen nachfolgende Rechnung um auf den Standardwert Liter/m^3 zu kommen: $120 \text{ Liter} / 1,5 = 80 \text{ Liter/m}^3$.

Um auf die exakten Wassergehaltswerte pro Kubikmeter der einzelnen Kalibrierpunkte zu kommen, kann jeweils eine (repräsentative) Darrprobe aus dem Mischer entnommen und gedarrt werden.

Die Feuchte errechnet sich dann aus:
$$\text{Feuchte in \%} = \frac{\text{Gewicht Wasser}}{\text{Gewicht Gesamt}} * 100\%$$

Wobei sich das Gewicht Wasser aus dem Differenz-Gewichtswert vor und nach dem Darren ergibt.

Der Wassergehalt in Liter pro Kubikmeter der Mischung berechnet sich dann bei einer Feuchte von z.B. 3,0% und einer Rohdichte von z.B. 1700 kg/m^3 aus:

$$\text{Wassergehalt in Liter/m}^3 = (\text{Feuchte in \%}) * (\text{Rohdichte}) / 100 = 3,0 * 1700 / 100 = 51 \text{ Liter/m}^3$$

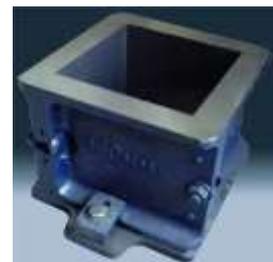
Typische Rohdichten für Sand-, Kies- und Betongemische:

Reiner Sand: ca. 1500 kg/m^3

Sand/Kies Gemisch: ca. 1700 kg/m^3

Sand/Kies/Zement Gemisch: je nach Wassergehalt zwischen 2000 kg/m^3 und 2400 kg/m^3

Eine präzise Messung der Rohdichte erfolgt z.B. mit dem Standard Probewürfel im Labor.



4.1.1. Zu erreichende Mischzeiten und Dichteeinfluss bei Teilmengen

Trockenmischzeiten

Die Sonde kann auf die jeweilige Anwendung mit einzelnen Parametern eingestellt werden. Nach dem Befüllen des Mixers mit Sand, Kies und Zement wird eine Mindestdauer der Trockenmischzeit von 15-20 Sekunden empfohlen. Die minimale Trockenmischzeit ist jedoch abhängig vom jeweiligen Mischertyp und von der Abfolge der Zugabe der einzelnen Aggregate und als wichtigstem Punkt, von der Feuchte der Zuschläge. Je feuchter Sand und Kies, desto länger kann es dauern bis die Mischung inklusive Zement so konstant angemischt ist, dass die SONO-MIX einen konstant stehenden Messwert ermitteln kann.

Nassmischzeit

Die Sonde reagiert unmittelbar nach Zugabe des Wassers. Es wird eine Nassmischzeit von mindestens 45 Sekunden empfohlen. Die minimale Nassmischzeit ist abhängig vom jeweiligen Mischertyp und der Betonrezeptur.

Welchen Einfluss auf die Genauigkeit hat die Dichte bei einer Teilbeschickung des Mixers?

Mischer können mit Teilmengen von 20% bis 100% beschickt werden. Bei der 20% Teilmenge kann es passieren, dass die Sonde kein bzw. zu wenig Material für eine korrekte Messung detektieren kann. Das ist jeweils abhängig vom Mischertyp und vom Mischgut.

Unterschiedliche Dichten haben einen Einfluss auf jeden Feuchtesensor. Der Einfluss der Dichte bei Teilmengen auf die SONO-MIX ist jedoch wesentlich geringer als bei Mikrowellensonden die sehr empfindlich reagieren wenn weniger Material über der Sonde liegt.

Es wird empfohlen, die Sonde in der Nähe der Mischerwandung zu installieren, da hier am meisten Material bewegt wird.

4.1.2. SONO-MIX zur Kontrolle des w/z-Wertes einer Feuchtmischung

SONO-MIX kann auch zur Kontrolle des w/z-Wertes eingesetzt werden, indem am Ende des Mischvorganges die Feuchte bzw. der Wassergehalt kontrolliert wird. Ähnlich wie im vorangegangenen Punkt „Einkalibrierung...“ beschrieben, kann auch eine Kalibrierfunktion der fertigen Betonmischung in einer SPS hinterlegt werden. Je nach Betonrezeptur müssen dann ebenfalls zwei Feuchtepunkte ermittelt werden die dann jedoch in einem engeren und höheren Feuchtebereich nahe des Zielwertes liegen müssen. Mit dem dann ermittelten Wassergehalt und dem in der SPS bekannten Zementgehalt kann der w/z-Wert berechnet werden. Zu beachten ist, dass die SPS am Ende der Mischung, kurz vor dem Austrag, einen SONO-MIX Mittelwert aus mehreren Messwerten ermitteln sollte, z.B. über die letzten 3 bis 5 Sekunden der Mischung, je nach Betonrezeptur.

4.2. Ein Konzept zur Messung des Wasseranspruchs trotz stark schwankender Feinanteile im Sand

Vorab soll erwähnt werden, dass eine Herstellung von z.B. erdfeuchtem Beton für Betonwaren wie Betonsteine oder Betonrohre problematisch und deshalb nicht zu empfehlen ist, wenn die Feinanteile der Sande während des Anlagenbetriebs sehr stark schwanken. Zur Herstellung hochwertiger Betonwaren sollten die Sieblinien von Mischung zu Mischung exakt eingehalten werden. Sande mit hohen Feinstanteilen sollten gewaschen sein um Betonrezepturen präzise einzuhalten!

An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass eine exakte Wasserdosierung mit Feuchtesonden bei stark schwankenden Feinanteilen eigentlich nicht möglich ist, auch wenn SONO-Feuchtesonden präzise einen Feuchtwert ermitteln können.

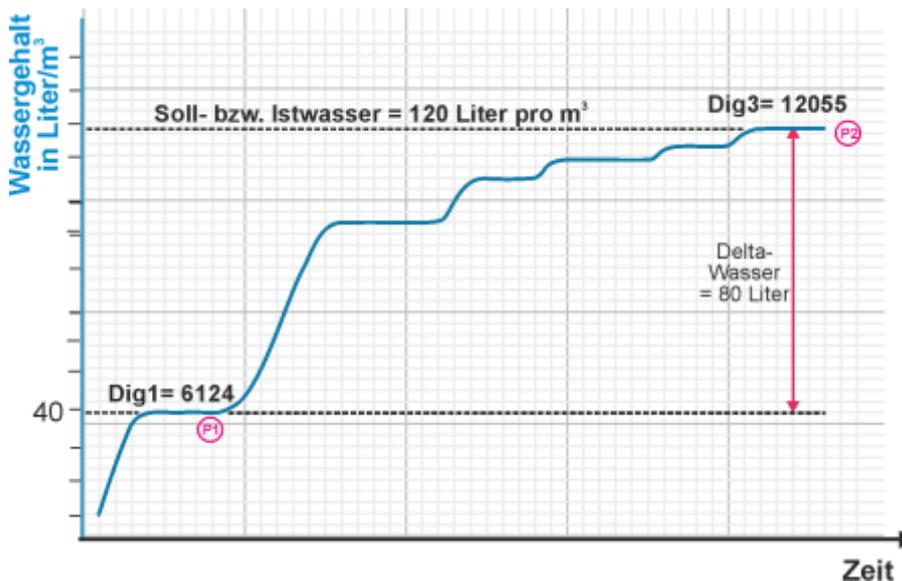
Warum gibt es hier diese Probleme? Weil mit höheren Feinanteilen der Wasseranspruch einer Betonmischung zunimmt. Bei einem schwankenden Feinanteil um z.B. 3% (von 1% bis 4%) kann der Wasseranspruch um 10 bis 20 Liter/m³ differieren, obwohl eine SONO-MIX in beiden Fällen die Sandfeuchte mit z.B. 5,2% exakt und präzise ermittelt. Nachfolgende Tabelle zeigt nochmals auf warum eine exakte Wasserdosierung mit Feuchtesonden dann nicht möglich ist.

Erdfeuchter Beton zur Betonstein-Herstellung mit einem Sollwassergehalt von 120 Liter pro m ³	Gravimetrische Sandfeuchte in %, <u>präzise gemessen</u> mit SONO-MIX oder SONO-VARIO	Wasseranspruch in Liter pro Kubikmeter
Sand mit 1% Feinanteil <0,125mm	5,2%	z.B. 120 Liter/m ³ um die entsprechende Konsistenz zu erreichen
Sand mit 4% Feinanteil <0,125mm	5,2%	130 bis 140 Liter/m ³ um die entsprechende Konsistenz zu erreichen

Erkenntnis: Wenn während des Anlagenbetriebs ein Gleichlauf der Feinanteile im Sand nicht garantiert werden kann, dann ist eine klassische Wasserdosierung auch mit den präzisesten SONO-Feuchtesonden generell nicht möglich und es bedarf dann eines anderen Konzeptes!

In der Praxis wie z.B. in ariden Gebieten, gibt es jedoch immer wieder Anwendungen wo ungewaschene Sande mit stark schwankenden Feinanteilen während des laufenden Betriebs verwendet werden (müssen). Deshalb soll nachfolgend ein Konzept vorgestellt werden, wo eine SONO-MIX Mischersonde nicht den Wassergehalt eines erdfeuchten Betons in der Trockenmischung misst um danach das Zugabewasser zu ermitteln, sondern die SONO-MIX ermittelt hier **den Wasseranspruch und kontrolliert den Ziel-Wasserwert für die Nassmischung**. Durch Einsatz der innovativen 1GHz TRIME-Radartechnologie ist es erstmals möglich, auch im Sollwassergehalt eine erdfeuchte Betonmischung inklusive Zement-Sollmenge präzise zu vermessen.

Nachfolgendes Diagramm beschreibt die Vorgehensweise der **einmaligen Einkalibrierung** einer Betonanlage sowie die **Wasserdosierung des Wasseranspruchs** im laufenden Mischerbetrieb.



Einmalige Einkalibrierung der Mischanlage:

Ein Betonmischer wird mit den entsprechenden Zuschlägen wie Sand, Kies sowie der Sollmenge Zement gefüllt. Nach einer definierten Trockenmischzeit zeigt die SPS einen Digitwert am Punkt P1 von z.B. 6124 an. Danach wird nach und nach soviel Wasser hinzugegeben, bis der Beton die gewünschte End-Konsistenz besitzt. In diesem Beispiel waren dies per Wasseruhr gemessen, exakt 80 Liter pro Kubikmeter. Bei der gewünschten End-Konsistenz zeigt die SPS einen stabilen (!) Digitwert von 12055. Der SPS-Digitwert von 12055, gemessen mit der SONO-MIX, ist dann für den laufenden Betrieb der eigentliche **Zielwert für den Wasseranspruch**. D.h. bei einem Digitwert von 12055 passt die Konsistenz des Betons (für diese Rezeptur). In der späteren Anwendung sollte der Zielwert von 12055 nicht weit überschritten werden! Abhängig von unterschiedlichen Rezepturen sind aber auch andere Zielwerte möglich.

Berechnung der Sensitivität der SONO-MIX:

$12055 - 6124 = 5931$ Digit, d.h. dies entspricht der Wasserzugabe von exakt 80 Liter pro m^3

Die Sensitivität ergibt sich aus: $5931 : 80 = 74,14$ **Digit pro 1 Liter Wasser/ m^3**

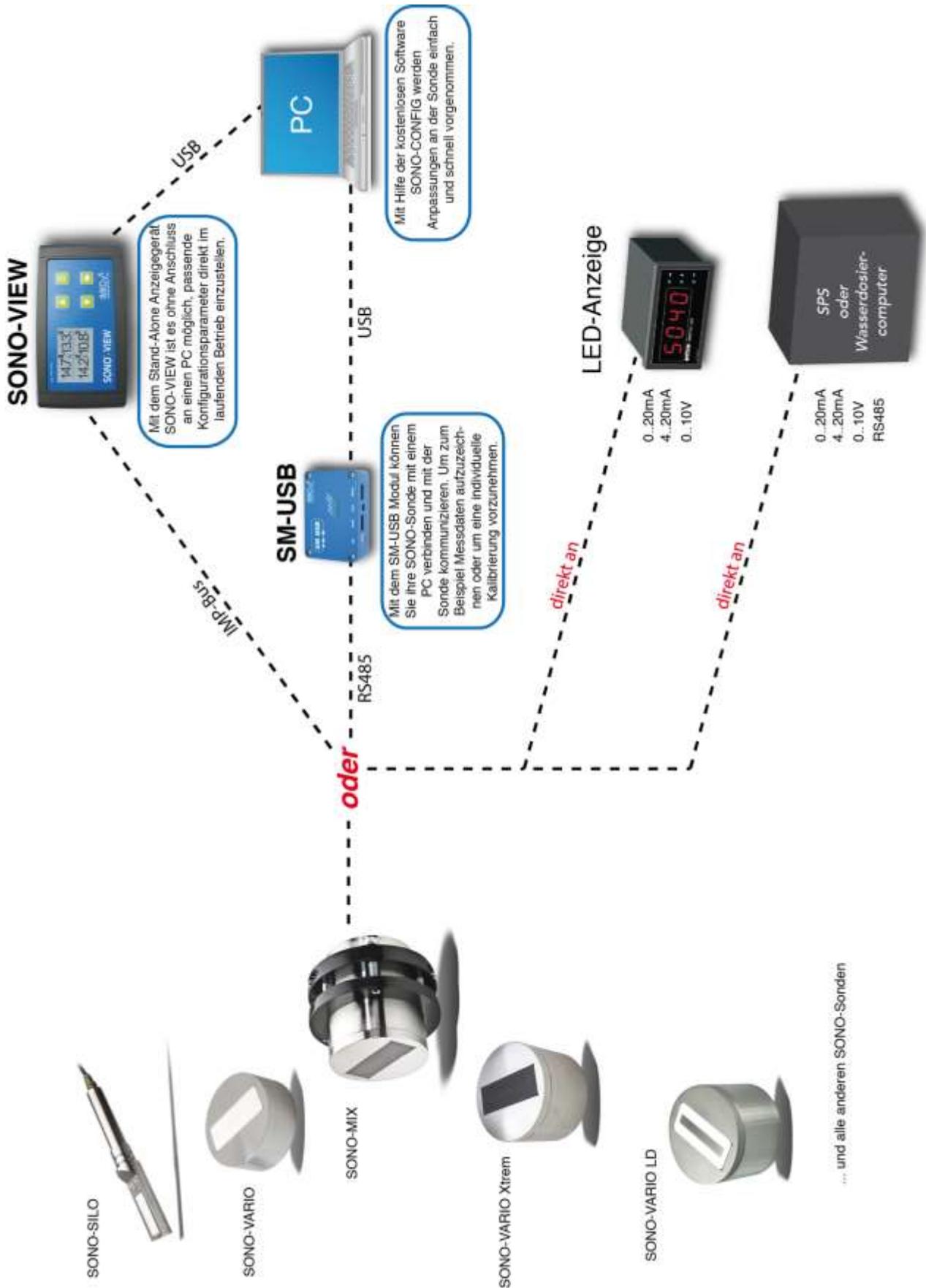
Achtung: bei 1,5 Kubikmeter wären dies dann $80 \cdot 1,5 = 120$ Liter Wasser!

Wasserdosierung des Wasseranspruchs im laufenden Betrieb:

Im laufenden Betrieb wird bei einer Trockenmischung z.B. ein SPS-Wert von 6020 gemessen. Die Differenz von 6020 zum Zielwert 12055 beträgt jetzt: $12055 - 6020 = 6035$ SPS-Digits. Daraus ergeben sich: $6035 / 74,14 = 81,4$ Liter Wasserzugabe/ m^3 bis zum Sollwert. Da der Feinanteil im Sand bzw. der Wasseranspruch aber von Mischung zu Mischung extrem schwanken kann, dürfen jetzt nicht sofort die kompletten 81,4 Liter hinzugegeben werden, sondern es müssen erst einmal entsprechend der Wasseranspruchsschwankung, hervorgerufen durch die schwankenden Feinanteile, ca. 20 Liter weniger, d.h. nur 60 Liter hinzugegeben werden, damit sichergestellt, dass der Beton nicht doch zu feucht wird. Nach dieser ersten Wasserzugabe und einer entsprechenden Mischzeit wird über die SONO-MIX der SPS-Digitwert abgefragt und mit dem Zielwert von 12055 verglichen. Danach muss in einzelnen Schritten sukzessive jeweils +5 Liter/ m^3 Wasser hinzugegeben werden, wieder gemischt werden und immer wieder mit dem Zielwert von 12055 verglichen werden, bis dieser Zielwert von 12055 erreicht ist. Zu berücksichtigen ist, dass der Zielwert von 12055 nicht weit überschritten werden sollte. Denkbar wäre hier noch der Einsatz optimierender Algorithmen, um schneller an den Zielwert zu kommen. Dies ist aber abhängig von der Leistungsfähigkeit der SPS.

Mit dieser Methode für erdfeuchten Beton kann man aufgrund der stark schwankenden Feinanteile keine Wunder an Genauigkeit betreffend des W/Z-Wertes und des Wassergehaltes erwarten, welche mit präzisen Sieblinien der Zuschläge auf bis zu ± 2 Liter/ m^3 möglich wären. Jedoch ist damit eine Wasserdosierung auf eine relativ konstante Betonkonsistenz möglich.

5. Anschlussmöglichkeiten an SONO-Sonden



5.1. Steckerbelegung der Sonde

SONO-MIX MINI wird mit einem 5 Meter langem 6-poligen Kabel ausgeliefert.

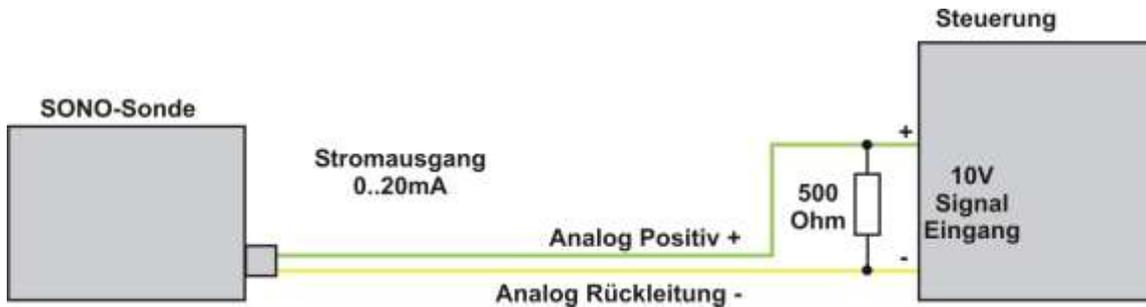


Belegung des 8-poligen Kabels:

Sensoranschlüsse	Leiterfarbe	Leiterfarbe
+12V....24VDC Spannungsversorgung	Weiß	Weiß
0V Spannungsversorgung	Braun	Braun
1. Analog Positiv (+) Feuchte	Grün	Grün
1. Analog Rückleitung (-) Feuchte	Gelb	Gelb
RS485 A (am Kabel nicht belegt)	n.c.	n.c.
RS485 B (am Kabel nicht belegt)	n.c.	n.c.
IMP-Bus RT	Rosa	Rosa
IMP-Bus COM	Grau	Grau
2. Analog Positiv (+) (nicht belegt)	Blau	n.c. (ab April 2017)
2. Analog Rückleitung (-) (nicht belegt)	Violett	n.c. (ab April 2017)
Schirmung (wird am Sensor geerdet. Die Anlage muss richtig geerdet sein!)	n.c.	n.c.

5.2. Analogausgang 0..10V mit Shunt-Widerstand

Es gibt Steuerungen welche keinen Stromeingang 0..20mA sondern einen Spannungseingang 0..10V haben. Mit Einsatz eines 500 Ohm Shunt-Widerstandes (im Lieferumfang enthalten) kann aus einem 0..20mA Stromsignal ein Spannungssignal 0..10V erzeugt werden. Der 500 Ohm Shunt-Widerstand sollte am Leitungsende bzw. am Steuerungseingang angebracht werden. Nachfolgende Skizze zeigt das Schaltungsprinzip.



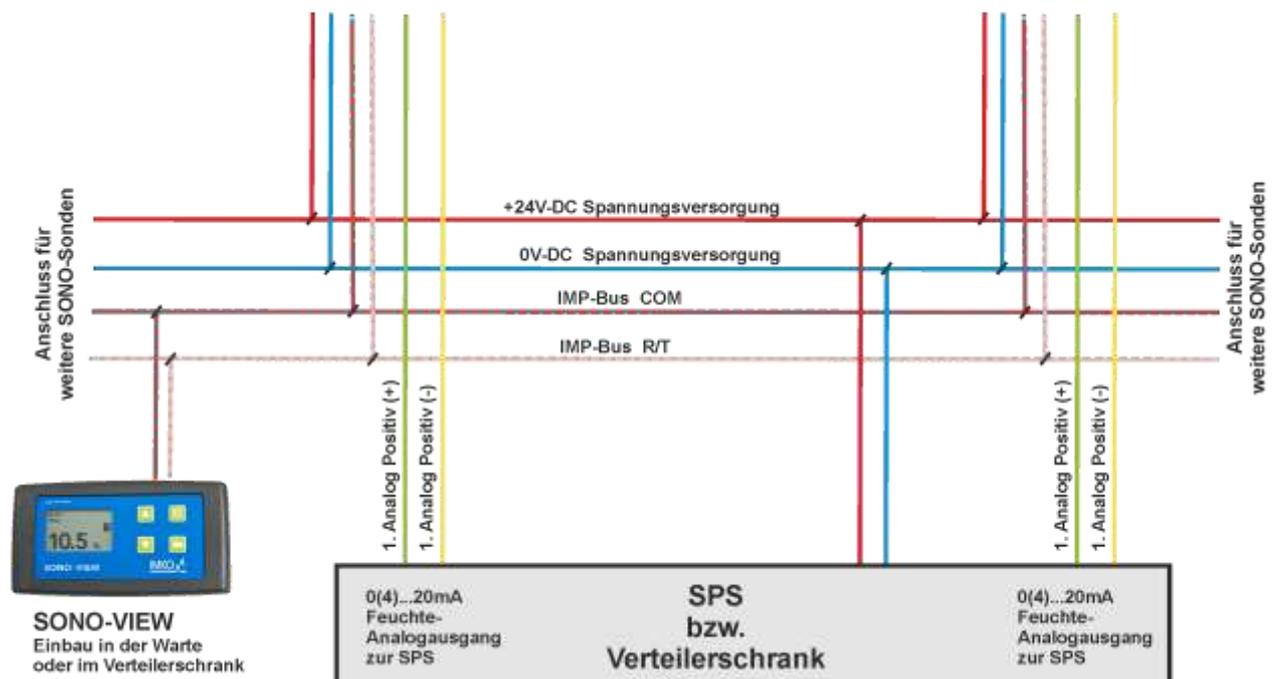
5.3. Anschlussplan SONO-Sonden an SONO-VIEW und SPS



SONO-VARIO



SONO-SILO



6. Einbau der Sonde

Die Einbaubedingungen sind stark von den Gegebenheiten der jeweiligen Mischertypen abhängig. Der optimale Einbauort muss individuell ermittelt werden. Nachfolgende Richtlinien sollen dabei beachtet werden.

6.1. Einbauhinweise

- Die Einbaustelle der Sonde darf nicht unter den Einfüllstellen für Zuschlagstoffe, Wasser und Zement liegen.
- Bei unebenem Boden muss die Sonde an der höchsten Stelle im Boden montiert werden. Es darf sich kein Wasser am Sondenkopf ansammeln, da sonst die Messung verfälscht werden könnte.
- Bereiche in denen starke Turbulenzen herrschen sind für den Einbau nicht optimal. Über dem Sondenkopf sollte ein kontinuierlicher Materialfluss sein.
- Die Rührbewegung von Mischerschaukeln soll spaltfrei über dem Sondenkopf erfolgen.
- Die Sonde sollte nicht in unmittelbarer Nähe von elektrischen Störquellen wie Motoren installiert werden.
- Die Sonde darf nicht in den Mischer hineinragen. Die Einbauhöhe der Sonde muss aufgrund des Verschleißes von Mischerschaukeln, Armen und Mischerboden gegebenenfalls neu einjustiert werden. Es darf sich kein Material auf dem Sondenkopf ablagern da sonst die Messung verfälscht werden könnte.
- Bei gekrümmten Einbauflächen im Mischer sollte die Mitte des Sondenkopfes mit dem Radius der Mischerwand bündig abschließen ohne den radialen Materialfluss im Mischer zu stören. Die Sonde darf nicht herausragen und von Schaukeln oder Wischern erfasst werden.

Achtung Bruchgefahr !

Der Sondenkopf besteht aus Spezialstahl und einer verschleißfesten Keramik um eine lange Laufzeit der Sonde zu garantieren. Trotz dem stabilen und verschleißfesten Aufbau darf auf die Keramikplatte nicht geschlagen werden, da Keramik eine begrenzte Bruchstabilität besitzt.

Achtung Gefahr von Überspannungen!

Bei Schweißarbeiten an der Anlage müssen alle Sonden komplett elektrisch abgeklemmt werden.

SONO-Sonden benötigen eine stabilisierte Versorgungsspannung von 12V-DC bis max. 24 V-DC. Bei unstabilierten Netzteilen besteht die Gefahr von Überspannungen, weshalb wir vom Einsatz unstabilierten Netzteile unbedingt abraten müssen!

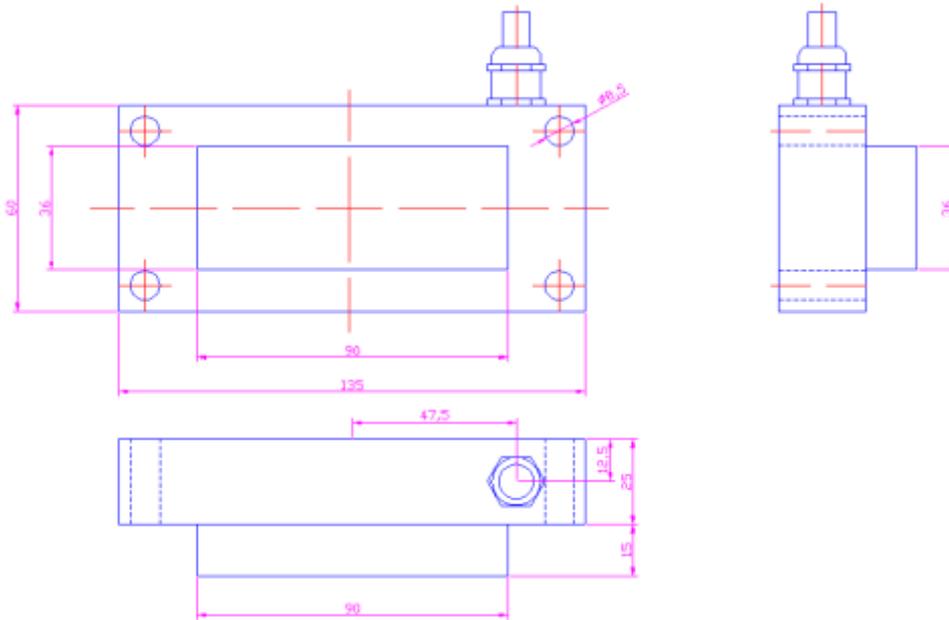
Achtung Gefahr von Fehlfunktionen!

1. Es gibt Anlagen in denen die Netzspannungen unterschiedliche Masse-Potentiale haben können, was dazu führen kann, dass das Analogsignal 0(4)..20mA in einer SPS nicht korrekt gemessen werden kann. Hier empfehlen wir den Einsatz einer galvanisch getrennten Spannungsversorgung bzw. eines Trennungs-Kopplers für die Spannungsversorgung der SONO-Sonden. Auf Anfrage lieferbar von IMKO.
2. Achten Sie darauf, dass sich keine anderen elektromagnetischen Felder in unmittelbarer Nähe des Sondenkopfes befinden. Z.B. sollten keine anderen Feuchtesonden, insbesondere Mikrowellensonden direkt neben oder gegenüber SONO-Sonden installiert werden.

**Schäden welche durch fehlerhaften Einbau verursacht wurden, fallen nicht unter die Garantie!
Verschleiß an Sondenteilen fällt nicht unter die Garantie!**

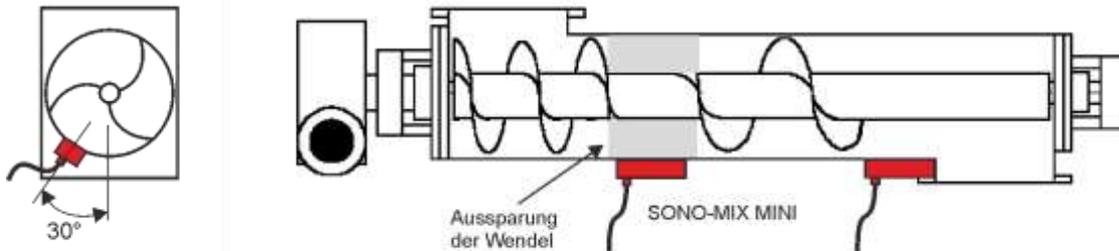
6.2. Einbaumaße

Die Sonde SONO-MIX MINI kann mit vier M8er-Schrauben am Boden oder an der Seitenwand eines Mixers installiert werden. Zu berücksichtigen ist, dass beim Einbau im Boden auch kleinere Materialmengen zur Messung verwendet werden können.



6.3. Einbau der SONO-MIX MINI in einen Schneckenförderer

Der Einbau der SONO-MIX MINI in einer Förderschnecke sorgt für optimale Verhältnisse betreffend Materialfluss und Materialdichte, da das zu vermessende Material nicht lose vermessen wird, sondern mit der Schnecke verdichtet wird.



Die Sonde SONO-MIX MINI kann entlang der Förderschnecke eingebaut werden. Es empfiehlt sich einen Einbauwinkel von 30° einzuhalten, wie in der Skizze dargestellt. Die Sonde sollte auf der Seite eingebaut werden, an der sich das Material staut um sicherzustellen, dass genügend Material an der Sonde liegt.

Optional kann die Wendel ausgespart werden, damit ein Pfropfen gebildet wird um das Material noch etwas zu verdichten. Die SONO-MIX MINI kann aber auch am Ende der Schnecke eingebaut werden, wo sich ein Rückstau bildet, in einem Bereich mit ausgesparter Schneckenwendel. Wird die SONO-MIX MINI ohne Wendelaussparung eingebaut, dann muss die Sonde mit entsprechenden Filteralgorithmen eingestellt werden, da das Metall der Wendel den Messwert verfälscht. Die Parameter der Betriebsart C müssen von Fall zu Fall, abhängig von der Schneckengeschwindigkeit mit einer entsprechenden Betriebsart mit Filterung gefunden werden.

Zu empfehlen sind die zwei unterschiedliche Betriebsarten CK für den Einbau mit Störung durch die Wendel, oder Betriebsart CF für den Einbau mit ausgesparter Wendel, siehe Kapitel: „Überblick der einzelnen Betriebsarten in unterschiedlichen Anwendungen“.

6.3.1. Einbau der SONO-MIX MINI in einer mobilen Mischanlage für Beton und Estrich

Bei einem Einbau der SONO-MIX MINI in einer Förderschnecke einer mobilen Mischanlage für Estrich und Beton, kann die Sonde zur Messung der Sandfeuchte, direkt vor der Zugabe des Mischwassers eingesetzt werden. Somit ist eine präzise Einhaltung der Mischrezepturen garantiert.



6.3.2. Vergleichsmessungen im nicht-eingebauten Zustand

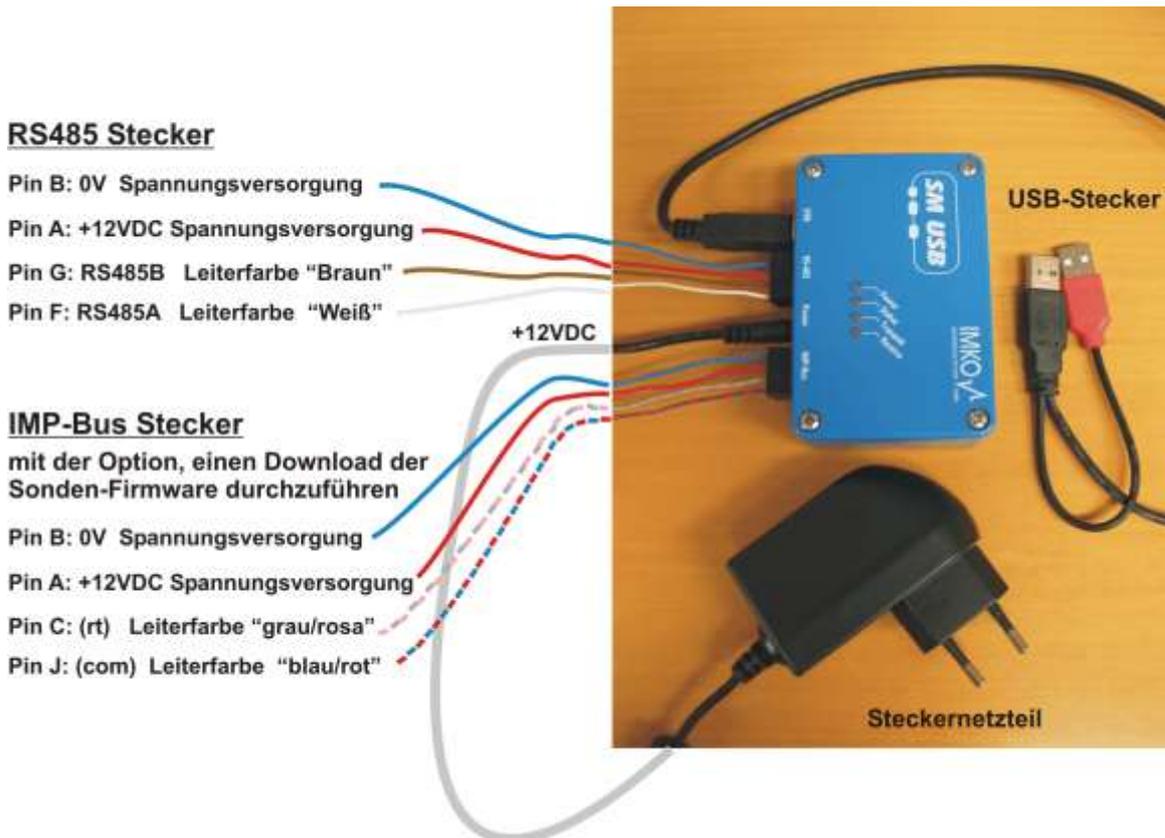


Achtung:

Achten Sie darauf, dass bei Material- Feuchtemessungen im Labor, d.h. im nicht eingebauten Zustand immer ein Flansch bzw. metallischer Rahmen am Sondenkopf angeschraubt ist. Der metallische Rahmen am Sondenkopf ist mit 2mm Stärke so schmal, dass es ohne zusätzlichen Fensterrahmen zu Messwertabweichungen kommen würde.

7. Serieller Anschluss am SM-USB Modul von IMKO

Beim SM-USB Modul von IMKO werden die Versorgungsspannung sowie die Übertragungssignale beim Datentransfer mit LED's angezeigt. Das SM-USB bietet die Möglichkeit die SONO-Sonde entweder an der Standard RS485-Schnittstelle oder am IMKO IMP-Bus zu betreiben. **Aufgrund der Robustheit und der Möglichkeit einen Download einer neuen Firmware auf der SONO-Sonde durchzuführen, werden SONO-Sonden bei Auslieferung auf die IMP-Bus-Übertragung voreingestellt. Es ist also empfohlen eine Anbindung über den IMP-Bus vorzunehmen.** Beide Anschlüsse sind im nachfolgenden Foto dargestellt und es besteht die Möglichkeit die Übertragung in der Sonde per SONO-CONFIG auf RS485 umzustellen. Bei Verwendung eines Doppel-USB-Steckers am PC besteht die Möglichkeit, die Stromversorgung der SONO-Sonde direkt vom USB-Port des PC's abzugreifen, ohne Verwendung des externen Steckernetzteils.



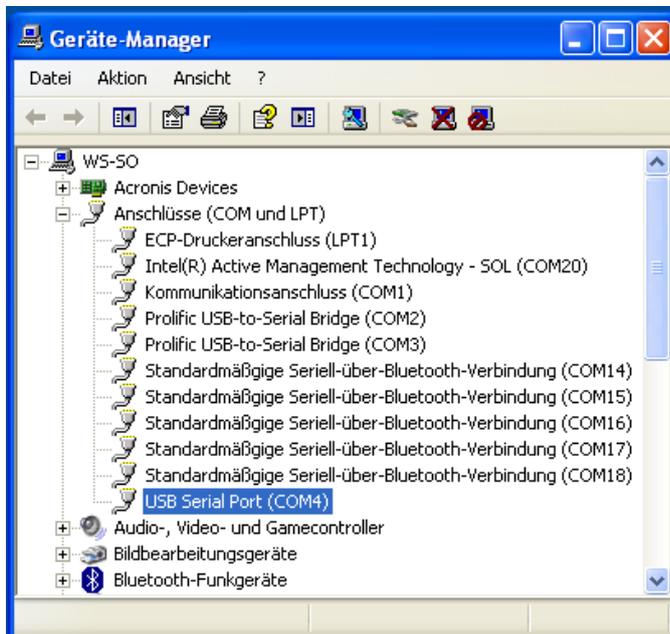
Installation des SM-USB Moduls von IMKO

- Installieren des USB-Drivers vom USB-Stick.
- Mit dem Anschluss des SM-USB am USB-Port des PC's wird die Installation automatisch durchgeführt.
- Installieren der Software **SONOConfig-Setup.msi** vom USB-Stick.
- Anschluss der SONO-Sonde am SM-USB an die Betriebsspannung sowie den IMP-Bus (oder RS485).
- Check des COM-Ports im Windows Geräte-Manager. (siehe **Hinweis 1** auf der nächsten Seite)
- Setup des COM-Ports in SONOConfig. Unter dem Menüpunkt „**Bus**“ kann im Fenster „**Configuration**“ der PC auf einen verfügbaren **COMx-Port** und die Baudrate **9600 Baud** der SONO-Sonde eingestellt werden. (COM1-COM15 sind möglich).
- Start „**Scan Probes**“ in SONOConfig.
- Die SONO-Sonde meldet sich nach max. 30 Sekunden mit ihrer Seriennummer im Fenster „**Probe List**“.

Hinweis 1:

In den Geräte-Manager gelangt man wie folgt:

Systemsteuerung → System → Hardware → Geräte-Manager

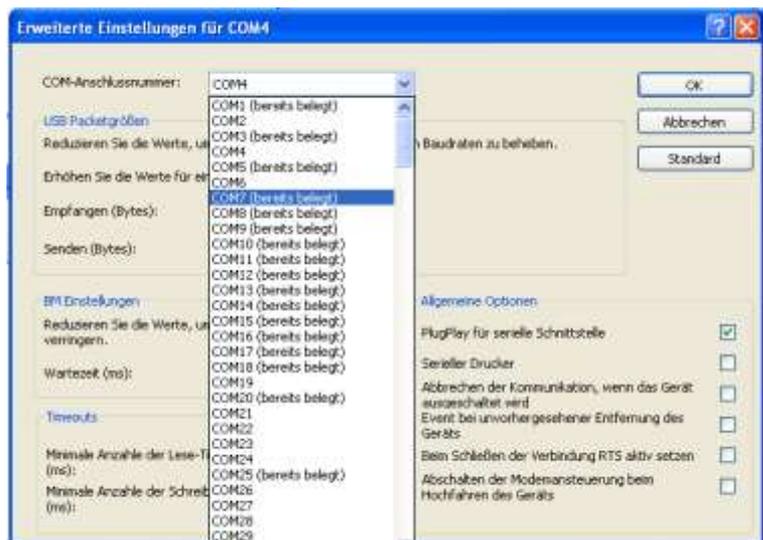


Unter dem Eintrag „Anschlüsse (COM und LPT)“ ist nun der Unterpunkt „USB Serial Port (COMx)“ zu finden.

COMx muss im Bereich von COM1..COM15 eingestellt sein und es darf keine Doppelbelegung der Anschlüsse vorliegen.

Falls es zu Konflikten unter den seriellen Anschlüssen kommen sollte oder das SM-USB unter einem höheren COM-Port gefunden wurde, kann die COM-Anschlussnummer auch manuell angepasst werden:

Durch einen Doppelklick auf „USB Serial Port“ gelangt man in das Eigenschaftsmenü, in dem man unter „Anschlusseinstellungen“ – Schaltfläche „Erweitert“ die COM-Anschlussnummer auf eine freie Nummer legen kann.

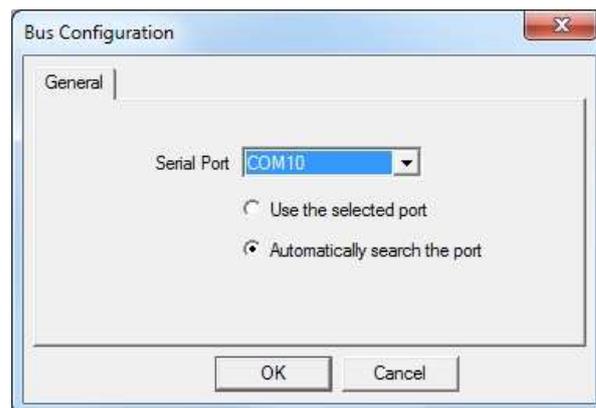


Nach Änderungen dieser Einstellungen muss SONO-CONFIG neu gestartet werden.

8. Kurzanleitung für die Inbetriebnahme-Software SONO-CONFIG

Mit SONO-CONFIG ist es möglich, prozessbedingte Einstellungen und Optimierungen einzelner Sondenparameter vorzunehmen. Weiterhin können mit SONO-CONFIG die Messwerte der SONO-Sonde seriell ausgelesen, am PC ausgegeben und abgespeichert werden. Hierzu kann die SONO-Sonde über das von IMKO lieferbare USB-Modul direkt am USB-Port eines PC's angeschlossen werden.

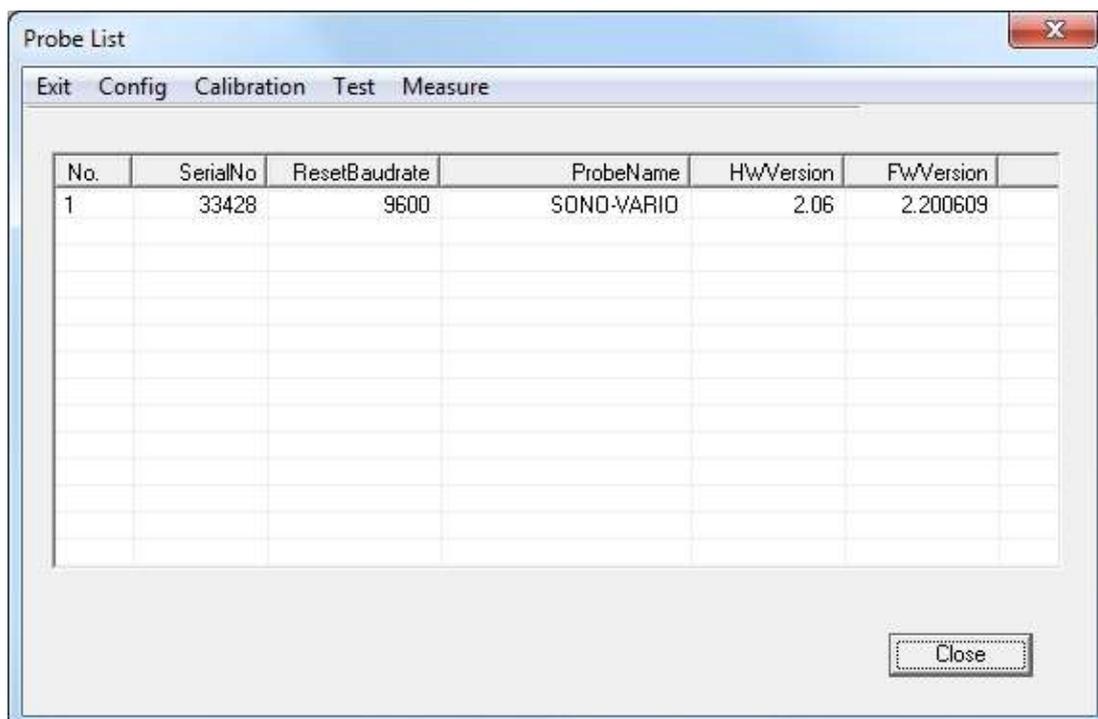
Unter dem Menüpunkt „**Bus**“ kann im Fenster „**Configuration**“ der PC mit „Use the selected port“ auf einen verfügbaren **COMx-Port** (den Sie evtl. zuvor ermittelt oder eingestellt haben) und die Baudrate **9600 Baud** der SONO-Sonde eingestellt werden. Mit „Automatically search the port“ stellt sich der PC selbst auf einen COMx-Port mit 9600 Baud ein.



8.1.1. Scan von angeschlossenen SONO-Sonden an der seriellen Schnittstelle

Unter dem Menüpunkt „**Bus**“ kann im Fenster „**Scan Probes**“ der serielle Bus nach mehreren angeschlossenen SONO-Sonden abgescannt werden (dauert max. 30 Sekunden).

SONO-CONFIG meldet bei gefundenen SONO-Sonden die Seriennummer von einer oder mehreren Sonden im Fenster „**Probe List**“. Eine SONO-Sonde kann durch Anklicken selektiert werden.

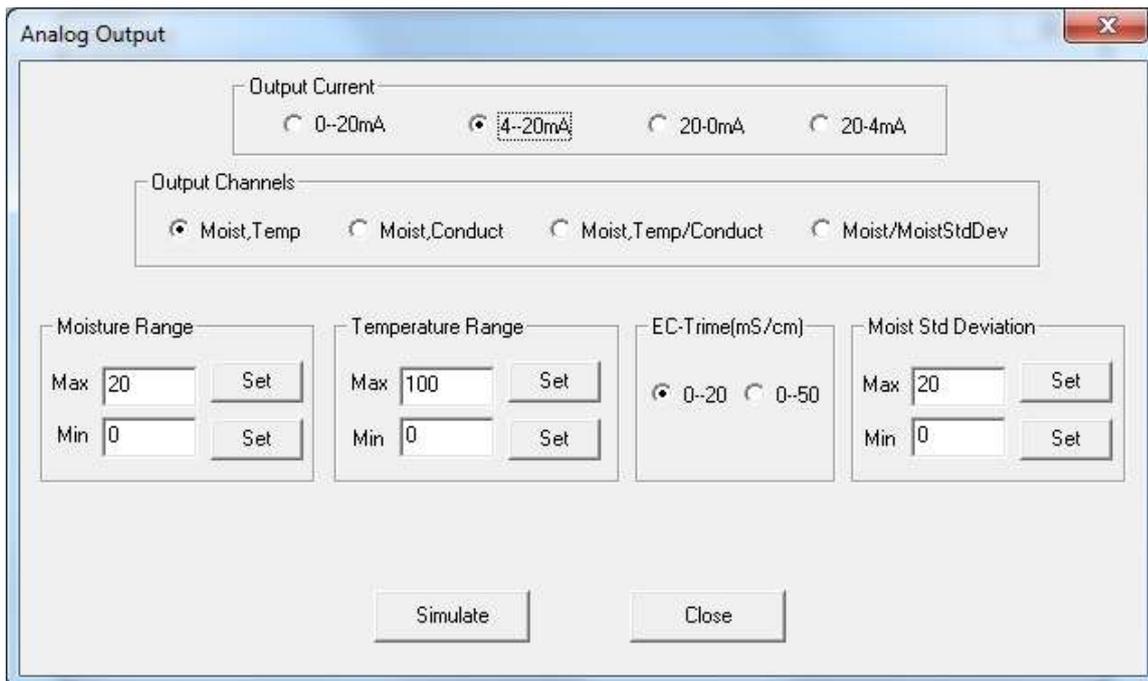


8.1.2. Einstellen der Sonden-Betriebsart und der seriellen SONO-Schnittstelle



Im Fenster „**Probe List**“ kann unter dem Menüpunkt „**Config**“ im Fenster „**Measure Mode & Parameters**“ die SONO-Sonde auf die gewünschte Betriebsart CA bis CH (siehe Kapitel „Messmodus Konfiguration“) eingestellt werden. Weiterhin kann die serielle Schnittstelle in der SONO-Sonde auf IMP-Bus, RS485 oder auf beide Schnittstellen eingestellt werden. Empfohlen wird die Einstellung auf den robusten IMP-Bus.

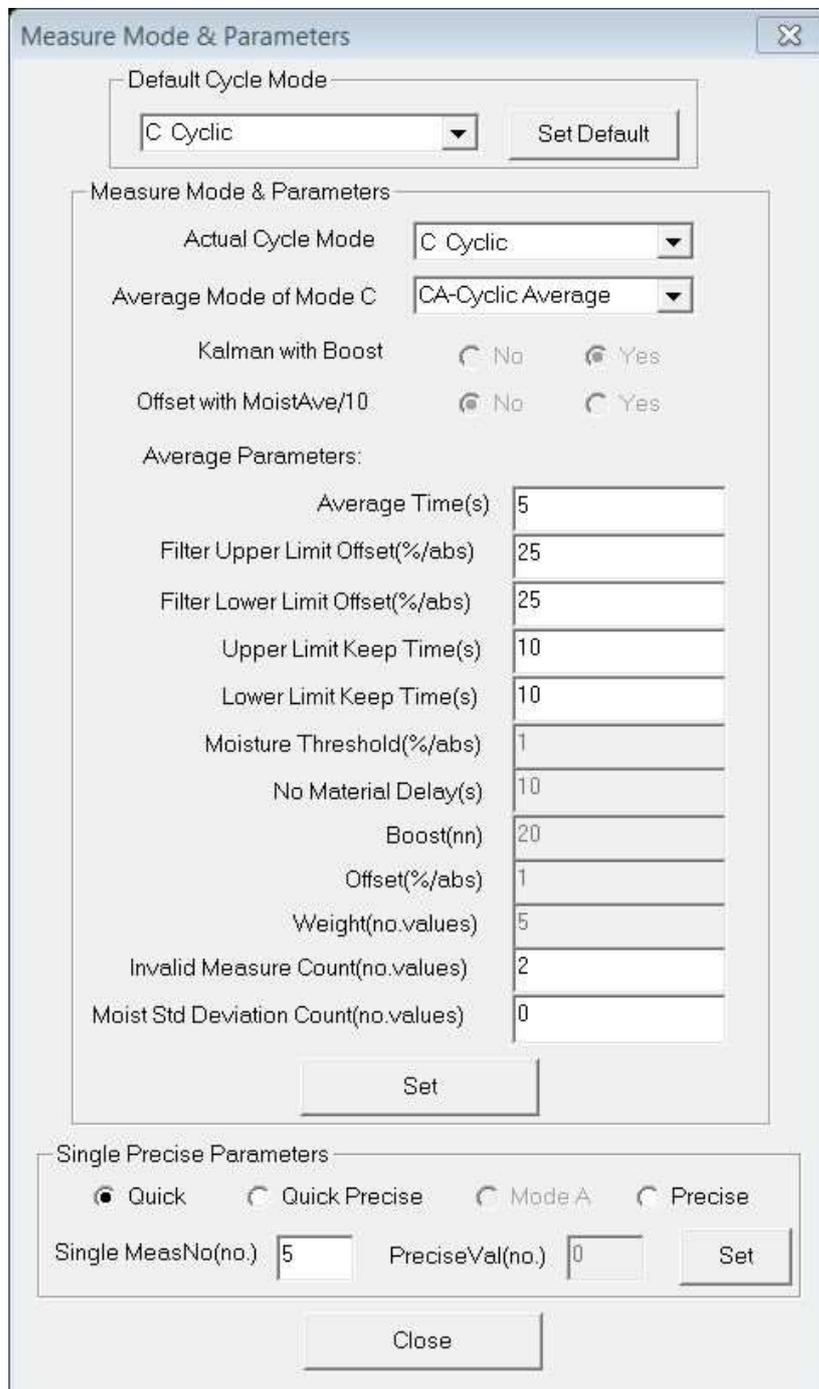
8.1.3. Analogausgänge der SONO-Sonde



Unter dem Menüpunkt „**Config**“ können im Fenster „**Analog Output**“ die Analog-ausgänge der SONO-Sonde (siehe Kapitel „Die Analog-ausgänge zur Messwert-ausgabe“) konfiguriert werden.

8.1.4. Einstellen der Sonden-Betriebsart

In "Probe List" unter "Config" und "Measure Mode & Parameters" kann die SONO-Sonde auf den in der Anwendung jeweilig erforderlichen Messmodus CA, CF, CS, CK, CC oder CH eingestellt werden (siehe Kapitel "Messmodus-Konfiguration").



Measure Mode & Parameters

Default Cycle Mode: C Cyclic [Set Default]

Measure Mode & Parameters

Actual Cycle Mode: C Cyclic

Average Mode of Mode C: CA-Cyclic Average

Kalman with Boost: No Yes

Offset with MoistAve/10: No Yes

Average Parameters:

Average Time(s)	5
Filter Upper Limit Offset(%/abs)	25
Filter Lower Limit Offset(%/abs)	25
Upper Limit Keep Time(s)	10
Lower Limit Keep Time(s)	10
Moisture Threshold(%/abs)	1
No Material Delay(s)	10
Boost(nn)	20
Offset(%/abs)	1
Weight(no.values)	5
Invalid Measure Count(no.values)	2
Moist Std Deviation Count(no.values)	0

[Set]

Single Precise Parameters

Quick Quick Precise Mode A Precise

Single MeasNo(no.) 5 PreciseVal(no.) 0 [Set]

[Close]

Mit Auswahl der Betriebsart wird eingestellt, wie die SONO-Sonde aus mehreren Einzelmesswerten einen Mittelwert bildet, eine Filterung vornimmt und andere Funktionen ausführt. (siehe Kapitel „Messmodus-Konfiguration“ in diesem Handbuch).

Weiterhin kann eine SONO-Sonde auf die in der jeweiligen Anwendung erforderliche Präzision einer Einzel-Feuchtwertmessung „Single Precise Parameters“ eingestellt werden. Es geht hier um darum, wie der TDR-Radarimpuls für die Messung eingestellt und ausgewertet wird. Im folgenden Kapitel wird beschrieben wie dies erfolgen kann.

8.1.5. Einstellen der Präzision einer Einzelwertmessung

Vorab ist zu erwähnen, dass SONO-Sonden mit voreingestellten Parametern ausgeliefert werden die für die jeweilig geplanten Anwendungen passen sollten.

Die SONO-Sonde kann über „**Single Precise Parameters**“ wahlweise betreffend der Präzision einer Einzelwertmessung eingestellt werden. Vorab ist zu erwähnen, dass die erforderliche Zeit für eine Einzelwertmessung umso länger dauert, je präziser die SONO-Sonde die Feuchte messen soll. Es gibt Anwendungen, wo die SONO-Sonde unter eine Siloklappe nur 2 bis 4 Sekunden Zeit hat, um mehrere Messungen mit Mittelwertbildung durchzuführen. Hier würde eine präzise Einzelwertmessung zu lange dauern, weshalb hier die Einstellung „Quick“ mit einer Einzelwertmesszeit von 280ms zu empfehlen ist, wobei hier zu erwähnen ist, dass in diesen 280ms bereits interne Mittelwertbildungen stattfinden. Bei stark schwankendem Materialfluss unter einer Siloklappe kann es sowieso zu keinen konstanten Bedingungen kommen um eine hochgenaue Einzelwertmessung durchführen zu können.

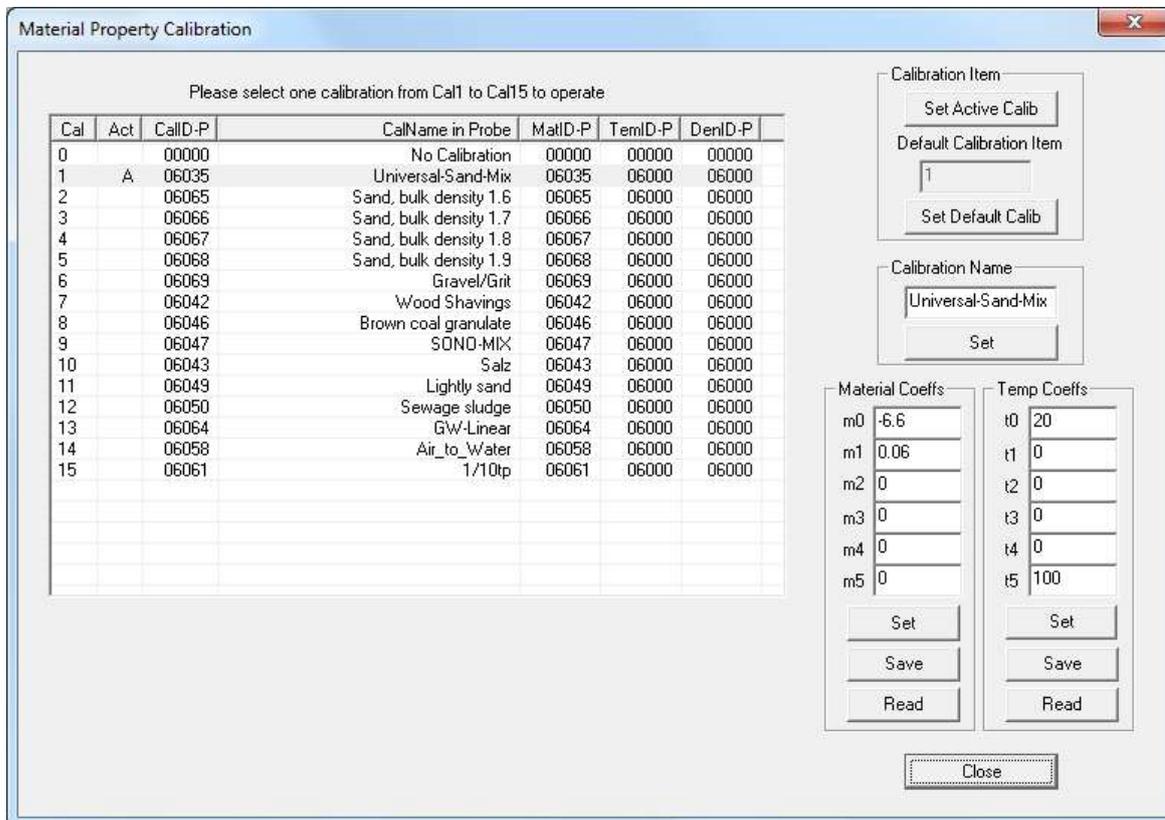
Es gibt jedoch Anwendungen wo es bei sehr stabilem und konstantem Materialfluss erforderlich ist, Messgenauigkeiten bis zu $\pm 0,05\%$ Feuchte zu erreichen, z.B. bei der Vermessung von Flüssigkeiten mit Anteilen von Wasser in Öl, aber auch bei der Vermessung von Emulsionen.

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Einstellmöglichkeiten in der SONO-Sonde für eine Einzelwertfeuchtemessung:

Sonden-Einstellung für Einzelwertmessung	Sonden-Betriebsart	Funktion des Parameters	Anwendung
Quick:	Mode C d.h. CS, CF, etc.	sehr schnelle TDR-Impulsauswertung und sehr schnelle Einzelwertmesszeit von ca. 280ms	z.B. unter einer Siloklappe mit nur 2-4 Sekunden Messzeit.
Quick Precise:	Mode C d.h. CS, CF, etc.	Schnelle und genauere TDR-Impulsauswertung mit einer Einzelwertmesszeit von ca. 350ms.	Ähnlich wie „Quick“ jedoch nur wenn etwas längere Reaktionszeiten im Prozess möglich sind, z.B. 10 Sekunden.
Mode A:	Mode A	D.h. nur bei rein serieller Abfrage der Messwerte vom SONO-Sensor wie z.B. für Kalibrierungen.	Mode A für mobile Feuchtesonden mit Handbedienung beim Einsatz mit Handmessgerät HD2 oder SONO-DIS.
Precise: PreciseVal: Eingabewert 1....4	Mode C <u>und</u> Mode A	Sehr präzise Einzelwertmessungen, d.h. eine sehr präzise TDR-Impulsauslösung und Impulsauswertung. Je höher der Eingabewert desto präziser die Pulsauswertung aber desto länger die Einzelwert-Messzeit.	Nur für Prozessumgebungen wo ein kontinuierlicher Materialfluss gewährleistet ist, wo die Messzeit nicht sehr kritisch ist und allerhöchste Präzision gefordert ist.
Single MeasNo Defaultwert: 4 Eingabe bis max. 10	Mode C <u>und</u> Mode A	Zusätzliche Mittelung der Einzelwertmessung. Bei Eingabe von 10 kann eine Einzelwertmessung bis zu einer Sekunde dauern.	Nur für Prozessumgebungen wo ein kontinuierlicher Materialstrom gewährleistet ist, die Messzeit nicht sehr kritisch ist und allerhöchste Präzision gefordert ist.

8.1.6. Auswahl der einzelnen Kalibrierungen in der SONO-Sonde

SONO-Feuchtesonden werden mit 15 unterschiedlichen Kalibrierungen (Cal.1..15) ausgeliefert. Unter dem Menüpunkt „**Calibration**“ werden im Fenster „**Material Property Calibration**“ die in der SONO-Sonde gespeicherten Kalibrierkurven Cal1 bis Cal15 aus der Sonde geladen und am Bildschirm dargestellt (dauert max. 1 Minute).



Please select one calibration from Cal1 to Cal15 to operate

Cal	Act	CalID-P	CalName in Probe	MatID-P	TemID-P	DenID-P
0		00000	No Calibration	00000	00000	00000
1	A	06035	Universal-Sand-Mix	06035	06000	06000
2		06065	Sand, bulk density 1.6	06065	06000	06000
3		06066	Sand, bulk density 1.7	06066	06000	06000
4		06067	Sand, bulk density 1.8	06067	06000	06000
5		06068	Sand, bulk density 1.9	06068	06000	06000
6		06069	Gravel/Grit	06069	06000	06000
7		06042	Wood Shavings	06042	06000	06000
8		06046	Brown coal granulate	06046	06000	06000
9		06047	SONO-MIX	06047	06000	06000
10		06043	Salz	06043	06000	06000
11		06049	Lightly sand	06049	06000	06000
12		06050	Sewage sludge	06050	06000	06000
13		06064	GW-Linear	06064	06000	06000
14		06058	Air_to_Water	06058	06000	06000
15		06061	1/10tp	06061	06000	06000

Calibration Item

Set Active Calib

Default Calibration Item

1

Set Default Calib

Calibration Name

Universal-Sand-Mix

Set

Material Coeffs

m0 -6.6

m1 0.06

m2 0

m3 0

m4 0

m5 0

Temp Coeffs

t0 20

t1 0

t2 0

t3 0

t4 0

t5 100

Set

Save

Read

Close

Für einen Vorab-Test einer passenden Kalibrierkurve kann mit dem Mauszeiger eine der 15 Kalibrierkurven (Cal 1 ...15) ausgewählt werden, mit dem Button „**Set Active Calib**“ aktiviert und mit dem zu vermessenden Material getestet werden. Die gewünschte und evtl. veränderte Kalibrierkurve Cal1 bis Cal15, die automatisch nach dem Einschalten der Sonden-Betriebsspannung zur Messung aktiviert wird, kann mit dem Button „**Set Default Calib**“ eingestellt werden. Der Kalibriername kann im Fenster „Calibration-Name“ verändert werden. Weiterhin können mit den Buttons „**Set**“ und „**Save**“ für die einzelnen Kalibrierkurven Cal1...15 die Kalibrier-Koeffizienten m0 bis m1 (für lineare Kurven) und m0 bis m5 (für nichtlineare Kurven) angepasst bzw. verändert werden (siehe Kapitel „Das Erstellen einer linearen Kalibrierkurve“).

Nichtlineare Kalibrierungen sind mit Polynomen bis 5ten Grades möglich (Koeffizienten m0-m5).



Achtung: Als Trennzeichen für die Koeffizienten m0 bis m5 muss ein Punkt verwendet werden, kein Komma!

Für eine lineare Materialkalibrierung können die beiden Parameter m0 und m1 mit dem Excel-Sheet „SONO_LinearCalibration_Calculation“ von IMKO ermittelt werden (siehe auch Kapitel „Kalibrierkurven Calculation“):

1. Laden Sie das Excel-Sheet „SONO_LinearCalibration_Calculation“ von der Homepage von IMKO unter „Support Software“.
2. Tragen Sie die beiden TP-Werte mit den jeweiligen Feuchte-Referenzen in das Excel-Sheet ein.
3. Lesen Sie die beiden Parameter m0 und m1 aus dem Excel-Sheet aus.
4. Speichern Sie mit Hilfe des Programmes „SONO-CONFIG“ in der ausgewählten Kalibrierkurve die beiden Parameter m0 und m1 ein.

8.1.7. Testmessung in der jeweiligen Betriebsart

Unter dem Menüpunkt „Test“ werden im Fenster „Test in Mode CA oder CS“ die von der Sonde ermittelten Feuchtemesswerte mit kurzen Abtastraten abgerufen und am Bildschirm ausgegeben.



Achtung: bei einem Testlauf in Mode C (CA,CH, etc.) muss gewährleistet sein, dass die SONO-Sonde auch auf diese Betriebsart (Measure Mode C...) eingestellt wurde. Ist dies nicht gewährleistet dann liefert die Sonde Null-Werte!

No.	Time	Date	MoistAve	MatTemp	EC-Trime	TDRave	DeltaCnt	tpAve	Moist1	Moist2	Moist3	Moist4	TDR1	TDR2	TDR3	TDR4
1	10:34:41	25-06-2015	5.00	23.70	0.18	84.52	2	193.46	4.94	4.99	-1.00	-1.00	84.5	84.5	-1.0	84.5
2	10:34:40	25-06-2015	4.99	23.70	0.18	84.52	3	193.30	5.09	5.09	4.89	-1.00	84.5	84.5	84.6	84.5
3	10:34:39	25-06-2015	4.98	23.70	0.17	84.56	3	193.20	4.95	4.94	4.94	-1.00	84.6	84.5	84.5	84.5
4	10:34:38	25-06-2015	5.01	23.70	0.15	84.60	2	193.63	4.98	5.11	-1.00	-1.00	84.6	84.6	-1.0	84.5
5	10:34:37	25-06-2015	5.00	23.70	0.16	84.58	3	193.49	5.14	4.96	4.87	-1.00	84.6	84.6	84.6	84.5
6	10:34:36	25-06-2015	4.97	23.70	0.16	84.58	3	192.95	4.89	4.96	5.09	-1.00	84.6	84.6	84.5	84.5
7	10:34:35	25-06-2015	4.92	23.70	0.17	84.54	2	192.17	4.89	5.02	-1.00	-1.00	84.6	84.6	-1.0	84.5
8	10:34:34	25-06-2015	4.94	23.70	0.18	84.52	3	192.47	4.94	4.96	4.81	-1.00	84.5	84.5	84.5	84.5
9	10:34:33	25-06-2015	4.97	23.70	0.17	84.56	3	193.00	4.97	4.95	5.05	-1.00	84.6	84.6	84.5	84.5
10	10:34:32	25-06-2015	4.97	23.70	0.17	84.54	2	192.93	4.95	4.96	-1.00	-1.00	84.5	84.6	-1.0	84.5
11	10:34:31	25-06-2015	4.96	23.70	0.18	84.52	3	192.66	5.07	4.80	5.08	-1.00	84.5	84.6	84.5	84.5
12	10:34:30	25-06-2015	4.89	23.70	0.17	84.56	3	191.60	4.87	4.84	4.99	-1.00	84.6	84.5	84.5	84.5
13	10:34:29	25-06-2015	4.91	23.70	0.17	84.56	2	191.99	4.87	4.89	-1.00	-1.00	84.6	84.6	-1.0	84.5
14	10:34:28	25-06-2015	4.93	23.70	0.18	84.52	3	192.20	4.92	4.85	5.04	-1.00	84.5	84.5	84.6	84.5
15	10:34:27	25-06-2015	4.90	23.70	0.17	84.54	3	191.84	4.96	4.99	4.84	-1.00	84.6	84.5	84.5	84.5
16	10:34:26	25-06-2015	4.91	23.70	0.17	84.54	2	192.05	4.85	4.89	-1.00	-1.00	84.5	84.6	-1.0	84.5
17	10:34:25	25-06-2015	4.93	23.70	0.17	84.54	3	192.30	4.93	4.94	4.98	-1.00	84.5	84.5	84.6	84.5
18	10:34:24	25-06-2015	4.88	23.70	0.17	84.56	3	191.39	4.98	4.96	4.85	-1.00	84.5	84.6	84.5	84.5
19	10:34:23	25-06-2015	4.84	23.70	0.16	84.58	2	190.86	4.73	4.87	-1.00	-1.00	84.6	84.6	-1.0	84.5
20	10:34:22	25-06-2015	4.88	23.70	0.17	84.54	9	191.46	4.87	4.83	4.82	4.95	84.6	84.5	84.6	84.5

In den einzelnen Spalten werden die von der SONO-Sonde ermittelten Messwerte angezeigt:

- MoistAve** Feuchte als Mittelwert (Average)
- MatTemp** Temperatur in °C
- EC-TRIME** Radar-basierte-Leitfähigkeit in dS/m oder mS/cm.
- TDRave** TDR-Signalpegel (für Spezialanwendungen)
- DeltaCount** Anzahl Einzelmessungen welche für eine Mittelwertbildung verwendet wurden
- tpAve** die zum Feuchtwert zugehörige Radarlaufzeit tp Average (als Mittelwert)

Durch Anklicken von „Save“ werden die aufgenommenen Messdaten in einer Textdatei im nachfolgenden Pfad gespeichert: **SONO-CONFIG.exe-PfadMD\Dateiname**

Der Name der Textdatei **Statis+SN+yyyymmddHHMMSS.sts** wird dabei automatisch mit Seriennummer und Datum/Uhrzeit vergeben, wobei SN die Seriennummer der SONO-Sonde ist. Mit Windows-EXCEL können die Messdaten anschließend ausgewertet werden.

8.1.8. Messung im Datenloggerbetrieb

Unter dem Menüpunkt „Datalogging“ können Messdaten von mehreren SONO-Sonden mit variablen und längeren Zyklusraten im Datenlogger-Betrieb aufgenommen und abgespeichert werden, z.B. um Messdaten der Sonde während eines längeren Trocknungsvorganges aufzuzeichnen.

8.1.9. Basisabgleich in Luft und Wasser

Obwohl SONO-Sondenköpfe präzise und identisch aufgebaut sind, empfiehlt es sich nach einem Tausch eines Sondenkopfes die Kalibrierung zu überprüfen und mit einem Basisabgleich zu korrigieren.

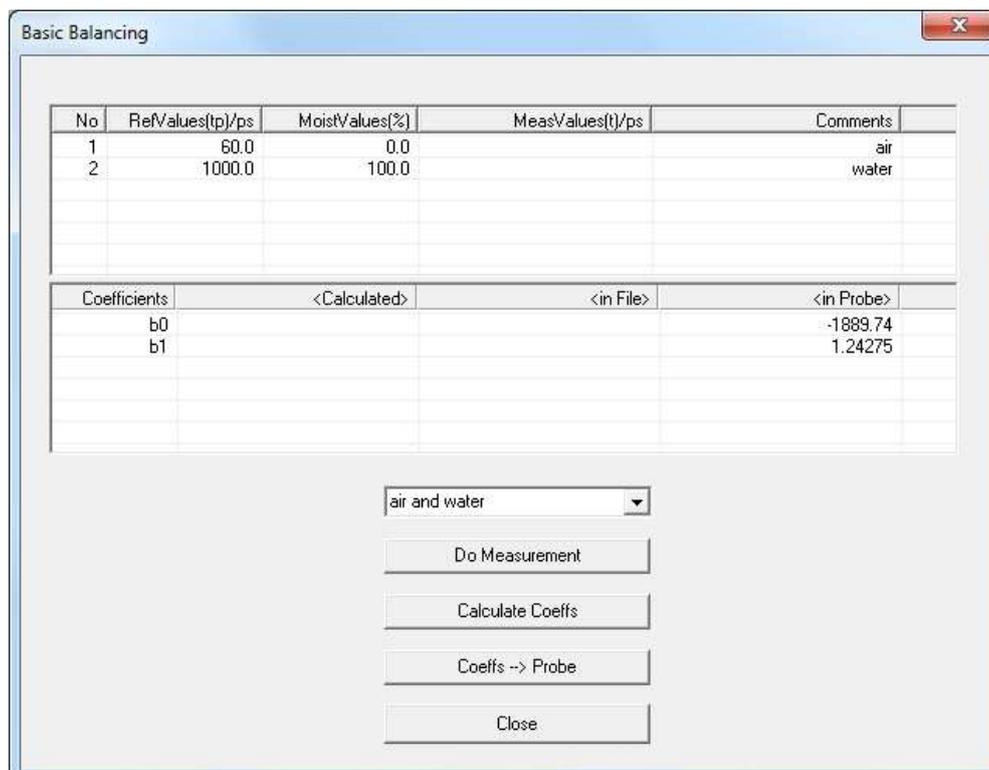
Beim Basis-Abgleich werden zwei Referenzmessungen in Medien mit jeweils bekanntem Sollwert ("RefValues") durchgeführt und eine eventuelle Abweichung der Sonde von diesen Referenz-Sollwerten korrigiert. Als Referenzmedien kommen je nach Sondentyp unterschiedliche Medien zum Einsatz. Für Standard SONO-Sonden mit Keramikmessfeld sind dies Luft und Wasser (Leitungswasser). Für spezielle SONO-Sonden wie z.B. die SONO-GS1 werden Glasperlen mit anderen Messpunkten zur Kalibrierung eingesetzt (auf Anfrage).



Achtung: Bei einem Basisabgleich muss gewährleistet sein, dass die SONO-Sonde auf die Betriebsart A eingestellt wurde. Ist dies nicht gewährleistet dann liefert die Sonde Null-Werte! Nach dem Basisabgleich muss die SONO-Sonde für den Online-Betrieb wieder auf die Betriebsart C eingestellt werden, da sie sonst keine Dauermessungen durchführen würde.

Unter dem Menüpunkt „**Calibration**“ werden im Fenster „**Basic Balancing**“ die zwei Referenzwerte der Radarlaufzeit **tp** mit 60ps und 1000ps angezeigt:

1. Referenz-Sollwert A: $tp=60ps$ in Luft (die Oberfläche der Sonde muss dabei trocken sein) Nach Anklicken des Referenzwertes 60 wird mit dem Button „**Do Measurement**“ die SONO-Sonde auf den ersten Basis-Referenzwert eingestellt. In der Spalte „MeasValues“ erscheint der hierbei gemessene Rohwert der Radarlaufzeit **t** in ps (z.B. 1532.05 Picosekunden).
2. Referenz-Sollwert B: $tp=1000ps$ in Wasser. Die SONO-Sonde muss dabei in Leitungswasser getaucht werden und der Sondenkopf sollte mindestens 5cm mit Wasser bedeckt sein. Nach Anklicken des Referenzwertes 1000 wird mit dem Button „**Do Measurement**“ die SONO-Sonde auf den zweiten Basis-Referenzwert eingestellt. Auch hier erscheint in der Spalte „MeasValues“ die hierbei gemessene Radarlaufzeit **t** als Rohwert in ps.
3. Mit Anklicken des Buttons „**Calculate Coeffs**“ und „**Coeffs → Probe**“ werden die Abgleichdaten automatisch berechnet und in der Sonde nichtflüchtig gespeichert. Die Radarlaufzeiten **tp** der SONO-Sonde sollten jetzt bei einer Testmessung (in Betriebsart A) in Luft 60ps und in Wasser 1000ps betragen. Unter dem Menüpunkt „**Calibration**“ werden im Fenster „**Basic Balancing**“ die zwei Referenzwerte der Radarlaufzeit **tp** mit 60ps und 1000ps angezeigt:



No	RefValues(tp)/ps	MoistValues(%)	MeasValues(t)/ps	Comments
1	60.0	0.0		air
2	1000.0	100.0		water

Coefficients	<Calculated>	<in File>	<in Probe>
b0			-1889.74
b1			1.24275

air and water

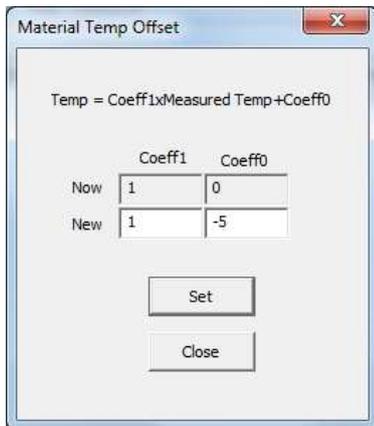
Do Measurement

Calculate Coeffs

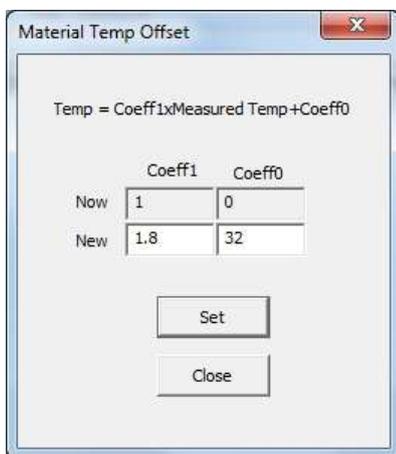
Coeffs -> Probe

Close

8.1.10. Abgleich des Materialtemperatur-Fühlers

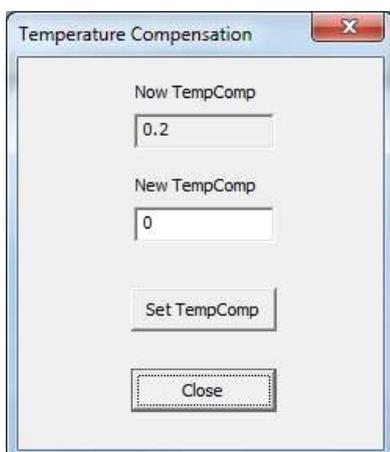


Im Menu „**Calibration**“ kann im Untermenu „**Material Temp Offset**“ ein Nullpunkt-Abgleich für den Material-Temperaturfühler der in der SONO-Sonde eingebaut ist, durchgeführt werden. In diesem Beispiel soll eine Temperaturabweichung von +5°C durch Eigenerwärmung des Sensors korrigiert werden, indem -5 im Coeff0 Feld eingetragen wird.



Nachfolgendes Beispiel zeigt die Parameter für eine Anzeige der Temperatur in ° Fahrenheit.

8.1.11. Abgleich der Electronic-Temperatur



Bei dieser Temperaturkompensation kann ein möglicher Temperaturgang der SONO-Elektronik kompensiert werden. Da die SONO-Elektronik eine generell geringe Temperaturabhängigkeit aufweist, wird hier für „normale“ Umgebungstemperaturbereiche der Standardparameter **TempComp=0.2** in jeder SONO-Sonde voreingestellt. Dieser Parameter TempComp kann für den Einsatz bei hohen Temperaturen, je nach SONO-Sondentyp bis zu 80°C, auf Werte bis zu **TempComp=0.75** eingestellt werden. Nach einer Veränderung des Parameters TempComp>0.2 empfiehlt es sich allerdings, mit der SONO-Sonde eine Basiskalibrierung in Luft und Wasser durchzuführen. Die Einstellung des Parameters TempComp ist mit Hilfe des Softwaretools SONO-CONFIG, im Punkt „Calibrations“, im Menu „Electronic-Temperature-Compensation“ möglich.



Achtung: Bei Veränderung des Parameters TempComp verändert sich die Basiskalibrierung der Sonde, weshalb dann eine neue Basiskalibrierung der SONO-Sonde erforderlich wäre!

9. Technische Daten SONO-MIX MINI

SONDENAUSFÜHRUNG

Gehäuse: Edelstahl V2A und hochverschleißfestem Keramikfenster.

MONTAGE

Sondenabmessungen: 135 x 60 x 40 (Länge x Breite x Höhe)

MESSBEREICH FEUCHTE:

Der Sensor misst von 0% bis zur Materialsättigung. Mit Spezialkalibrierungen sind Feuchtemessbereiche bis zu 100% möglich.

MESSBEREICH LEITFÄHIGKEIT

Die Sonde liefert über die serielle Schnittstelle als Kennwert einen Radar-basierten Leitwert (EC-TRIME – Radar-based-Conductivity) je nach Sondenausführung von 0...10dS/m, bei der Mischerausführung von 0...50dS/m, der in Abhängigkeit von der Zementkonzentration oder dem Ausbreitungsmaß bestimmt wird. Beim Messparameter Leitwert werden Frischbetone mit unterschiedlichen W/Z-Werten berücksichtigt. In Feuchtemessbereichen >50% reduziert sich der Leitfähigkeitsbereich.

MESSBEREICH TEMPERATUR

Messbereich: 0°C...70°C

Die Temperatur wird am Sondengehäuse unterhalb des Verschleißkopfes gemessen und kann wahlweise am Analogausgang 2 ausgegeben werden. Da die Sonderelektronik mit ca. 1.5W Leistung arbeitet erwärmt sich das Sondengehäuse etwas. Eine präzise Messung der Materialtemperatur ist somit nur begrenzt möglich. Die Materialtemperatur kann nach einer externen Kalibrierung und Kompensation der Sensor-Eigenerwärmung gemessen werden.

MESSFELDAUSDEHNUNG

ca. 50 - 80 mm, je nach Sondentyp, Material und Feuchte.

STROMVERSORGUNG

+12V bis +24V DC 3W

Achtung: es dürfen keine unstabilierten Netzteile verwendet werden, Gefahr von Überspannung!

UMGEBUNGSBEDINGUNGEN

0 - 70°C

MESSDATEN-VORVERARBEITUNG

SONO-MIX MINI kann auf verschiedenen Betriebsarten (Measurement Mode) eingestellt werden.

Mode CS: (Cyclic-Successive) Ohne Mittelwertbildung für sehr kurze Messvorgänge im Sekundenbereich (z.B. 5...20 Sekunden) mit intern bis zu 100 Messungen pro Sekunde und einer Zykluszeit von 250 Millisekunden am Analogausgang. Die Betriebsart CS dient auch zur Aufnahme von Rohwerten ohne Mittelwertbildung und Filterung.

Mode CA: (Cyclic Average Filter) Standard Mittelwertbildung für relativ schnelle aber kontinuierliche Messvorgänge, mit Filterung und einer Genauigkeit bis zu 0,1%.

Mode CF: (Cyclic Floating Average mit Filter) Floating Mittelwertbildung für sehr langsame und kontinuierliche Messvorgänge, mit Filterung und einer Genauigkeit bis zu 0,1%. Geeignet für Anwendungen z.B. in Wirbelschichttrockner, auf dem Fließband, etc.

Mode CK: (Cyclic mit Kalman-Filter) für komplexe Anwendungen.

Mode CC: (Cyclic Cumulated) mit automatischer Aufsummierung der Feuchte-Mengenmessung in einem Batchvorgang.

Mode CH: (Cyclic Hold) ähnlich wie Mode CC jedoch ohne Aufsummierung

SIGNALAUSGÄNGE

1 x Analogausgang 0(4) - 20mA

Ausgang 1: Feuchte (Messbereich 0..20%, variabel einstellbar)

Ausgang 2: am Kabel nicht belegt! (Sonderversion auf Anfrage)

Weiterhin besteht die Möglichkeit den Analogausgang 2 in zwei Bereiche aufzuteilen, in 4..11mA für die Temperatur und 12..20mA für die Leitfähigkeit. Der Analogausgang 2 wechselt dabei im 5-Sekundenzyklus zwischen diesen beiden Stromfenstern.

Die beiden Analogausgänge können variabel mit der Software SONO-CONFIG angepasst werden. Für einen 0-10Vdc Spannungsausgang kann ein 500R Widerstand eingesetzt werden.

KALIBRIERUNG

Die Sonde wird mit einer Universalkalibrierung für Kies/Sand ausgeliefert. In der Sonde sind 15 verschiedene Kalibrierungen gespeichert. Für spezielle Materialien sind variable Kalibrierungen mit Polynomen bis 5.Grades möglich und können mit der Software SONO-CONFIG in die Sonde eingegeben werden. Eine Anpassung des Nullpunktes ist mit der Software SONO-CONFIG möglich.

KOMMUNIKATION

Eine serielle RS485-Schnittstelle oder der IMP-Bus ermöglicht den vernetzten Betrieb der Sonde, wobei ein Datenbusprotokoll für den Anschluss mehrerer SONO-Sonden an der seriellen Schnittstelle standardmäßig implementiert ist. Über optionelle externe Module ist der Anschluss der Sonde an Industriebusse wie Profibus, Ethernet, etc. möglich (auf Anfrage).

SONDENANSCHLUSS

Der Sondenanschluss erfolgt über ein 6-poliges Kabel welches über eine PG-Verschraubung aus der Sonde herausgeführt wird. Die Kabellänge beträgt 5 Meter.

10. Sicherheitshinweise

In dieser Dokumentation sind Textstellen, die besondere Aufmerksamkeit erfordern, entsprechend hervorgehoben.



ACHTUNG:
Das Warndreieck mit dem Ausrufungszeichen warnt Sie vor Personen- oder Sachschaden.

Bestimmungsgemäßer Gebrauch

Sensoren und Messsysteme der IMKO GmbH dürfen nur zu dem beschriebenen Zweck unter Berücksichtigung der technischen Daten eingesetzt werden. Zweckentfremdeter Einsatz ist nicht zulässig. Die Funktion und Betriebssicherheit eines Sensors oder Messsystems kann nur dann gewährleistet werden, wenn bei der Benutzung die allgemein üblichen Sicherheitsvorkehrungen, nationalen Vorschriften sowie die speziellen Sicherheitshinweise in dieser Bedienungsanleitung beachtet werden.

Die Feuchtesensoren und Messsysteme der IMKO GmbH dienen zum Messen von Feuchtigkeit gemäß dem in den Technischen Daten definierten und festgelegten Messzweck und Messbereich.

Nur die Einhaltung der im Handbuch beschriebenen Anleitung gilt als bestimmungsgemäßer Gebrauch.

Das Handbuch beschreibt Anschluss, Gebrauch und Pflege der IMKO-Sensoren und IMKO-Messsysteme.

Lesen Sie das Handbuch, bevor Sie einen Sensor oder Messsystem anschließen und betreiben.

Das Handbuch ist Teil des Produkts und muss griffbereit in der Nähe des Sensors oder Messsystems aufbewahrt werden.



Beeinträchtigung der Sicherheit

Der Sensor oder das Messsystem ist gemäß EN 61010 Sicherheitsbestimmungen für elektronische Messgeräte gebaut, geprüft und hat das Werk in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen. Wenn der Sensor oder das Messsystem nicht mehr gefahrlos betrieben werden kann, so ist es außer Betrieb zu setzen und durch Kennzeichnung vor einer weiteren Inbetriebnahme zu sichern. In Zweifelsfällen muss der Sensor oder das Messsystem an den Hersteller oder dessen Vertragspartner zur Reparatur bzw. Wartung eingeschickt werden.

Veränderungen

Es ist aus Sicherheitsgründen nicht gestattet, ohne Zustimmung des Herstellers Umbauten oder Veränderungen am Sensor oder am Messsystem vorzunehmen.

Das Öffnen des Sensors oder Handmessgerät, Abgleich- und Reparaturarbeiten sowie alle Wartungsarbeiten außer den im Handbuch beschriebenen Arbeiten dürfen nur von einer von uns autorisierten Fachkraft ausgeführt werden. Vor Installations- oder Wartungsarbeiten muss der Sensor oder das Messsystem von der Spannungsversorgung getrennt werden.

Das Handmessgerät und das Netzteil dürfen nicht geöffnet oder repariert werden!



Gefahrenhinweise

Gefahr durch unsachgemäße Bedienung

Der Sensor oder das Messsystem darf ausschließlich von eingewiesenem Personal bedient werden. Das Bedienpersonal muss die Gebrauchsanleitung gelesen und verstanden haben.



Gefahr durch Elektrizität

Das Handmessgerät darf nicht in Wasser oder andere Flüssigkeiten getaucht werden. Der Sensor ist unempfindlich gegenüber Feuchtigkeit, die in den typischerweise gemessenen Produkten enthalten ist.

Schließen Sie das Handmessgerät nur mit dem mitgelieferten Spannungsversorgungs- kabel an eine ordnungsgemäß installierte Steckdose an, deren Spannung den Technischen Daten entspricht.

Achten Sie darauf, dass die Steckdose gut zugänglich ist, damit Sie im Bedarfsfall schnell das Stecker-Netzteil ziehen können.

Verwenden Sie ausschließlich den für Ihre Steckdose passenden Adapter.

Betreiben Sie das Messgerät ausschließlich mit dem zum Lieferumfang gehörenden Original-Zubehör. Wenden Sie sich an den Hersteller, wenn Sie weiteres Zubehör oder Ersatz benötigen.

Benutzen Sie das Messgerät nicht:

- wenn Messgerät, Sensor, Stecker-Netzteil oder Zubehörteile beschädigt sind,
- der Sensor oder das Messsystem nicht wie vorgesehen arbeitet,
- das Stromkabel oder der Stecker beschädigt sind,
- der Sensor oder das Messsystem heruntergefallen ist.

Ziehen Sie das Stecker-Netzteil aus der Steckdose:

- wenn Sie der Sensor oder das Messsystem längere Zeit nicht benutzen,
- bevor Sie den Sensor oder das Messsystem reinigen, wegpacken oder umstellen,
- wenn Sie eine Arbeit am Sensor oder Messgerät durchführen, z.B. Geräte anschließen,
- wenn während des Betriebs offensichtlich eine Störung auftritt,
- bei Gewitter.



Achtung - Sachschäden

Achten Sie auf einen ausreichend großen Abstand zu starken Wärmequellen wie Heizplatten, Heizungsrohren.

Trennen Sie die Verbindung des Sensors oder Handmessgerätes zu anderen Geräten, bevor Sie es umstellen oder transportieren. Ziehen Sie die Stecker am Gerät heraus.

Verwenden Sie zum Reinigen keine aggressiven chemischen Reinigungsmittel, Scheuermittel, harte Schwämme o. ä.

PRÄZISE FEUCHTEMESSUNG

SONO-Feuchtesonden für die Industrie

Ihr Geheimnis: der Einsatz modernster TRIME[®]-Radartechnologie