

# Handbuch SONO-SILO

**SONO-SILO** für Schüttgüter allgemein



**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](mailto:info@imko.de)  
http: [//www.imko.de](http://www.imko.de)

## Bedienungsanleitung für SONO-SILO

Danke für Ihre Entscheidung für eine IMKO Feuchtemesssonde.

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

### Inhaltsverzeichnis:

<b>1. Beschreibung SONO-SILO</b> .....	<b>4</b>
1.1.1. Das patentierte TRIME® TDR-Messverfahren .....	4
1.1.2. TRIME® im Vergleich zu anderen Messverfahren.....	4
1.1.3. Einsatzmöglichkeiten der SONO-SILO .....	4
1.2. Funktionsweise .....	5
1.2.1. Messwernerfassung mit physikal. Vorüberprüfung, Mittelwertbildung und Filterung.....	5
1.2.2. Auto-Korrektur bei Abrasion .....	5
1.2.3. Bestimmung der Mineralienkonzentration .....	5
1.2.4. 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.....	7
1.4. Die serielle Schnittstelle der SONO-Sonde.....	8
1.5. Fehlerausgabe und Fehlermeldungen .....	8
<b>2. Messmodus-Konfiguration</b> .....	<b>9</b>
2.1. Betriebsart CA, CF, CH, CC und CK der SONO-Sonde .....	9
2.1.1. Mittelwertbildung im Messmodus CA und CF .....	11
2.1.2. Filterung bei Materiallücken im Messmodus CA und CF .....	11
2.1.3. Betriebsart CC – Automatische Aufsummierung einer Feuchte-Mengenmessung in einem längeren Batchvorgang.....	12
2.1.4. Betriebsart CH – Automatische Feuchtemessung in einem Batchvorgang .....	13
2.2. Überblick der einzelnen Betriebsarten in unterschiedlichen Anwendungen .....	14
2.3. SONO-Sonden zur Feuchtemessung von Sand und Zuschlagstoffen.....	15
2.3.1. SONO-Sonden im Einsatz bei unterschiedlichen Sieblinien .....	16
<b>3. Die Kalibrierkurven Cal1 bis Cal15</b> .....	<b>18</b>
3.1.1. Das Erstellen einer linearen Kalibrierkurve für ein spezielles Material .....	21
3.1.2. Kalibrierkurven Kalkulation für eine 2-Punkt Kalibrierung.....	21
3.1.3. Kalibrierkurven Kalkulation für eine Nichtlineare Kalibrierkurve .....	23
3.1.4. Kalibrierkurven Kalkulation für eine 1-Punkt Kalibrierung.....	23
3.2. Einkalibrierung der SONO-SILO bzw. SONO-MIX zur Wassergehaltsbestimmung in drei einfachen Schritten.....	24

<b>4. Anschlussmöglichkeiten an SONO-Sonden</b> .....	<b>26</b>
4.1. Anschlussstecker Sonde .....	27
4.1.1. Analogausgang 0..10V mit Shunt-Widerstand.....	28
4.1.2. Anschlussplan SONO-Sonden an SONO-VIEW und SPS .....	28
<b>5. Einbau der Sonde</b> .....	<b>29</b>
5.1. Einbaumaße SONO-SILOStandard und SONO-SILOXtrem .....	31
5.2. Montageflansch für SONO-SILO.....	32
5.3. Befestigung der SONO-SILO .....	32
5.4. Einbau in ein Silo oder einen Wägetbehälter .....	33
5.5. Druckdichter Sondereinbau in Behälter oder Förderrohre .....	34
5.6. Schutz der MIL-Sondensteckers gegen Abrieb .....	34
<b>6. Serieller Anschluss am SM-USB Modul von IMKO</b> .....	<b>35</b>
<b>7. Kurzanleitung für die Inbetriebnahme-Software SONO-CONFIG</b> .....	<b>37</b>
7.1.1. Scan von angeschlossenen SONO-Sonden an der seriellen Schnittstelle .....	37
7.1.2. Einstellen der Sonden-Betriebsart und der seriellen SONO-Schnittstelle .....	38
7.1.3. Analogausgänge der SONO-Sonde.....	38
7.1.4. Einstellen der Sonden-Betriebsart .....	39
7.1.5. Einstellen der Präzision einer Einzelwertmessung .....	40
7.1.6. Auswahl der einzelnen Kalibrierungen in der SONO-Sonde .....	41
7.1.7. Testmessung in der jeweiligen Betriebsart .....	42
7.1.8. Messung im Datenloggerbetrieb .....	42
7.1.9. Basisabgleich in Luft und Wasser .....	43
7.1.10. Abgleich der Electronic-Temperatur.....	44
<b>8. Technische Daten SONO-SILO</b> .....	<b>45</b>
<b>9. Sicherheitshinweise</b> .....	<b>47</b>

# 1. Beschreibung SONO-SILO

## 1.1.1. Das patentierte TRIME<sup>®</sup> 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 Wassergehalts bestimmt werden.

Die Sonde SONO-SILO besteht aus einem Edelstahlgehäuse mit Keramikfenster. In das Gehäuse ist ein integrierter TRIME TDR Messumformer eingebaut. Der im TRIME<sup>®</sup> 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 ( $1 \times 10^{-12}$ ) zu messen um somit Feuchte und Leitfähigkeit zu bestimmen.

Der ermittelte Feuchtegehalt sowie die Leitfähigkeit 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<sup>®</sup> im Vergleich zu anderen Messverfahren

Im Gegensatz zu kapazitiven oder Mikrowellen Messverfahren kann mit der TRIME<sup>®</sup>-Technologie (Time-Domain-Reflectometry with Intelligent Micromodule Elements) nicht nur die Feuchte gemessen werden, sondern auch eine Aussage über die Mineralienkonzentration gemacht werden. Dies bedeutet erhöhte Sicherheit bei der Kontrolle unterschiedlicher Materialien bzw. Rezepturen.

**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 modulare TRIME-Technologie ermöglicht viele Spezialanwendungen ohne großen Aufwand und kann variabel im Sondendesign an viele Anwendungen angepasst werden.

## 1.1.3. Einsatzmöglichkeiten der SONO-SILO

SONO-SILO eignet sich für den Einbau in Behälter, Schächte, Silos, Mischer oder Trockner.

- **SONO-SILOstandard** eignet sich für die Feuchtemessung von abrasiven Materialien. Der Sondenkopf besteht aus Edelstahl mit einem rechteckigen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Keramikfenster.
- **SONO-SILOxtrem** eignet sich für die Feuchtemessung von Frischbeton in Intensivmischern. Der Sondenkopf ist mit einer hochverschleissfesten Keramik ausgestattet.

## 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 in der Sonde, 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 den SONO-Sonden.

### 1.2.3. Bestimmung der Mineralienkonzentration

Mit der TRIME-Messmethode auf Radarbasis ist es erstmals möglich nicht nur die Feuchte zu messen, sondern auch eine Aussage über den Leitwert bzw. die Mineralienkonzentration zu machen. Hierbei wird die Dämpfung des Radarpulses in dem gemessenen Volumenanteil eines Materials bestimmt. Diese neuartige und innovative Messmethode liefert als Kennwert einen Radar-basierten Leitwert (RbC – **R**adar-**b**ased-**C**onductivity) in dS/m der in Abhängigkeit von der Mineralienkonzentration bestimmt und als nichtnormierter Wert ausgegeben wird. Der Leitfähigkeits-Messbereich der SONO-Sonde beträgt hierbei 0..12dS/m.

### 1.2.4. Temperaturmessung

In der Sonde SONO-SILO ist ein Temperaturfühler eingebaut der die Gehäusetemperatur am Kopf des Elektronikaufnahme ermittelt (siehe Skizze unter Punkt „Einbaumaße“). 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 Messung der Materialtemperatur ist somit nur begrenzt möglich und nur dann, wenn die Elektronikaufnahme komplett vom zu vermessenden Material umgeben ist. Die Materialtemperatur kann nach einer externen Kalibrierung und Kompensation der Sensor-Eigenerwärmung bestimmt 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.

#### 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 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!

### 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.

<b>1. Moist, Temp</b>	Analogausgang 1 für Feuchte, Ausgang 2 für die Materialtemperatur.
<b>2. Moist, Conduct</b>	Analogausgang 1 für Feuchte, Ausgang 2 für die Leitfähigkeit von 0..20dS/m bzw. 50dS/m
<b>3. Moist, Temp/Conductivity</b>	Analogausgang 1 für Feuchte, Ausgang 2 für die Materialtemperatur und die EC-TRIME Leitfähigkeit mit automatischem Stromfenster-Wechsel.
<b>4. Moist / MoistSTdDev</b>	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 verdrilltes 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 Stichleitungen in unterschiedlichsten Netz-Topologien stellen kaum ein Problem dar.

## 1.5. 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

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.

<b>Parameter in Messmodus CA, CC, CF, CH und CK</b>	<b>Funktion</b>
<p><b>Average-Time (Mittelwertbildung)</b>            Standardeinstellung: 2s            Einstellbereich: 1...20s  <b>Einheit: Sekunden</b></p>	<p><b>CA/CF:</b> Die Zeit für die Bildung des Mittelwertes kann mit diesem Parameter eingestellt werden.  <b>CC/CH/CK:</b> Die Zeit für die Bildung des Trendwertes/ Erwartungswertes für die Gewichtungsfunktion (<b>Boost &amp; Offset</b>) kann eingestellt werden.</p>
<p><b>Filter-Upper-Limit Offset</b>            Standardeinstellung: 25%            Einstellbereich: 1...100%  <b>Einheit: % Absolut</b></p>	<p><b>CA/CC/CF/CH/CK:</b> 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><b>Filter-Lower-Limit Offset</b>            Standardeinstellung: 25%            Einstellbereich: 0...100%  <b>Einheit: % Absolut</b></p>	<p><b>CA/CC/CF/CH/CK:</b> 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><b>Upper-Limit-Keep-Time</b>            Standardeinstellung: 10s            Einstellbereich: 1...100s  <b>Einheit: Sekunden</b></p>	<p><b>CA/CC/CF/CH/CK:</b> 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><b>Lower-Limit-Keep-Time</b>            Standardeinstellung: 10s            Einstellbereich: 1...100s  <b>Einheit: Sekunden</b></p>	<p><b>CA/CC/CF/CH/CK:</b> 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><b>Moisture Threshold (Startschwelle) in %-Feuchte</b>            Standardeinstellung: 0.1%            Einstellbereich: 0...100%  <b>Einheit: % Absolut</b></p>	<p><b>CA/CF/CK:</b> Inaktiv  <b>CC/CH:</b> Wird die eingestellte Schwelle überschritten startet die Sonde den Messvorgang. Fällt der Sondenwert wieder unter diese Schwelle zurück „friert“ der Messwert ein und die <b>No-Material-Delay</b> Zeit beginnt zu laufen. Dies dient dazu, dass Unterbrechungen im Materialfluss als Störgröße eliminiert werden.</p>
<p><b>No-Material-Delay (Ablaufzeit)</b>            Standardeinstellung: 10s            Einstellbereich: 1...100s  <b>Einheit: Sekunden</b></p>	<p><b>CA/CF/CK:</b> Inaktiv  <b>CC/CH:</b> Der Sensor erkennt über den als <b>Moisture Threshold</b> 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 <b>No-Material-Delay</b> Zeit am Analogausgang ausgegeben. Wird nach Ablauf der <b>No-Material-Delay</b> 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><b>Boost</b>            Standardeinstellung: 35nn            Einstellbereich: 0...100nn  <b>Einheit: Keine!</b></p>	<p><b>CA/CF:</b> Inaktiv  <b>CC/CH/CK:</b> 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 <math>100\% - (1\% * 35) = 65\%</math> für den neuen Mittelwert berücksichtigt.</p>
<p><b>Offset</b>            Standardeinstellung: 0.5%            Einstellbereich: 0...5%  <b>Einheit: % Absolut</b></p>	<p><b>CA/CF:</b> Inaktiv  <b>CC/CH/CK:</b> Prozess-Nichtlinearitäten (z.B. Dichteschwankungen) können ausgeglichen werden indem der Erwartungswert angepasst wird (sprich der Wert der über die <b>Average-Time</b> 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><b>Weight</b>          Standardeinstellung: 5 Werte          Einstellbereich: 0...50  <b>Einheit: Messwerte</b>          bei Abfragezyklen einer SONO-Sonde von ca. 3 Messwerten je Sekunde, wobei jeder Einzelmesswert bereits vorgemittelt ist.</p>	<p><b>CA/CC/CF:</b> Inaktiv  <b>CH:</b> Mittelwertbildung für die Analoge Messwert-Ausgabe. Dieser Parameter beeinflusst die Reaktionszeit (Ansprechdauer) des Sensors, bei Mode <b>CH</b> kann hier die Reaktionszeit in Echtzeit angenommen werden (z.B. 15 Werte wären 15/3=5 Sekunden).  <b>CK:</b> Hier kann grob angenommen werden, dass <b>Anzahl Werte = Ansprechdauer in Sekunden</b> ist, da der Mittelwert statistisch verrechnet wird, allerdings gilt, je homogener das vermessene Material, desto schneller die Reaktionszeit des Algorithmus!</p>
<p><b>Invalid Measure Count</b>          Standardeinstellung: 2 Werte          Einstellbereich: 0...10  <b>Einheit: Messwerte</b> (bei ca. 3 Einzelwerten je Sekunde)</p>	<p><b>CA/CF/CK:</b> Inaktiv  <b>CC/CH:</b> Anzahl der ersten verworfenen Messwerte nach einem Batch-Neustart, wenn „<b>No-Material-Delay</b>“ ausgelöst hat. Die ersten fehlerhaften Messwerte, z.B. durch trägen Materialfluss zu Beginn oder freies Wasser werden vollständig verworfen!</p>
<p><b>Moisture Std. Deviation Count</b>          Standardeinstellung: 5 Werte          Einstellbereich: 0...20  <b>Einheit: Messwerte</b> (bei ca. 3 Einzelwerten je Sekunde)</p>	<p><b>CA/CC/CF/CH/CK:</b> Werden die Parameter Temperatur und RbC bzw. EC-TRIME nicht benötigt kann der Sensor in den Analog-Modus <b>Moist/Moist Std. Deviation</b> geschaltet werden, dann wird auf dem 2. Analogkanal die ermittelte <b>Standard-Abweichung</b> aller Feuchte-Einzelwerte ausgegeben. Achtung: die Dauer dieses Parameters kann nicht länger als die <b>Average-Time</b> 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><b>Quick und Quick-Precision mit Meas Time (no. values)</b>  <b>Einheit: Keine!</b></p>	<p><b>CA/CC/CF/CH/CK/CS:</b> Empfohlen wird hier standardmäßig <b>Quick Precision</b> und <b>Meas Time = 2</b> 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. Mittelwertbildung im Messmodus CA und CF

Die SONO- Feuchtesonde ermittelt alle 200 Millisekunden einen neuen Messwert aus mehreren Einzelmesswerten der in die Mittelwertbildung eingeht und gibt in diesem Zeittakt den jeweiligen Mittelwert am Analogausgang aus. Die Mittelungszeit entspricht also dem „Gedächtnis“ der SONO-Sonde. Je länger diese Zeit gewählt wird, desto träger ist die Reaktionszeit wenn unterschiedlich feuchtes Material über der Sonde vorbeifließt. Eine längere Mittelungszeit bewirkt einen stabileren Messwert. Dies ist vor allem beim Betrieb der SONO-Sonde in unterschiedlichen Anlagen zu berücksichtigen um Messwertschwankungen durch unterschiedlich feuchtes Material auszugleichen. Die Mittelungszeit **Average-Time** wird bei Auslieferung auf 5 Sekunden eingestellt. In vielen Anlagen hat sich dieser Wert bewährt. Bei Anwendungen die eine schnellere Reaktionszeit erfordern, kann ein kleinerer Wert eingestellt werden. Bei zu „unruhiger“ Anzeige sollte ein größerer Wert gewählt werden. Es ist zu berücksichtigen, dass **Average-Time** und **R-Parameter** sich ähnlich auf das Messverhalten auswirken.

### 2.1.2. Filterung bei Materiallücken im Messmodus CA und CF

Mit einem ausgeklügelten Algorithmus können SONO-Sonden fehlerhafte Einzelmesswerte ausfiltern. Es wird erkannt wenn sich kein oder weniger Material am Sondenkopf befindet. Besonderer Beachtung bedürfen diejenigen Zeitperioden, in denen das Messvolumen der Sonde längere Zeit nur zum Teil mit Messgut gefüllt ist, d.h. wenn das Material (z.B. Sand) nicht mehr den Sondenkopf komplett bedeckt. Während dieser Zeiten würde die Sonde einen zu geringen Messwert ermitteln. Weiterhin kann in Zeitperioden beim Überstreichen des Sondenkopfes mit metallischen Schaufeln oder Abstreifern, ein zu hoher Messwert ermittelt werden der ausgefiltert werden muss. Um diese Materiallücken überbrücken zu können empfiehlt sich die Betriebsart CA mit Upper- und Lower-Limit wobei das Lower-Limit bei 2% eingestellt werden kann bei einer Lower-Limit-Keep-Time von z.B. 5 Sekunden. Ermittelt die SONO-Sonde jetzt während einer Lücke einen Feuchtwert der 2% unterhalb des Mittelwertes von z.B. 8% liegt (d.h.<6%), dann wird der Mittelwert für 5 Sekunden „eingefroren“ und die Materiallücke kann somit überbrückt werden. Diese leistungsfähige Funktion in

der SONO-Sonde fungiert hier als eine Art Hochpassfilter wo die höheren Feuchtwerte zur Mittelwertbildung verwendet werden und kleinere bzw. fehlerhafte Messwerte herausgefiltert werden. Nachfolgend ist diese Funktion mit Parametern dargestellt.

genügend Material für eine korrekte Feuchtemessung

Materiallücke über z.B. 3 Sekunden die für eine korrekte Messung überbrückt werden soll mit einer Lower-Limit Keep-Time von 5s.



Nachfolgende Parameter-Einstellung in der Betriebsart CA oder CF eignet sich für diese Filterfunktion um Materiallücken überbrücken zu können.

Average Mode under Mode C

CA-Cyclic Average

Average Parameters:

Average Time(s)	1
Filter Upper Limit Offset	20
Filter Lower Limit Offset	2
Upper Limit Keep Time	10
Lower Limit Keep Time	5

Das Filter Upper-Limit wird hier mit einem Wert von 20 deaktiviert, das Filter Lower-Limit mit 2% eingestellt. Bei einer Lower-Limit Keep-Time von 5 Sekunden wird der Mittelwert bei Unterschreitung von 2% für 5 Sekunden eingefroren, nach diesen 5 Sekunden wird der Mittelwert gelöscht und eine neue Mittelwertbildung gestartet. Bei Messwerten innerhalb des Limits wird die Filterfunktion zurückgesetzt.

### 2.1.3. Betriebsart CC – Automatische Aufsummierung einer Feuchte-Mengenmessung in einem längeren Batchvorgang

Einfachere Steuerungen sind oft nicht in der Lage, automatisch die Feuchtwerte eines kompletten längeren Batchvorganges aufzuzeichnen, einen Mittelwert zu bilden und abzuspeichern. Weiterhin gibt es Anwendungen ohne Steuerung, wo die aufsummierte Feuchte eines kompletten längeren Batchvorganges für das Bedienpersonal an einer Display-Anzeige über eine längere Zeit ausgegeben werden soll. Bisher am Markt etablierte Mikrowellen-Feuchtesonden haben diesbezüglich zwei Nachteile:

1. Diese Mikrowellen-Sonden benötigen ein Schaltsignal von der Steuerung das an die Sonde gelegt werden muss, damit diese einen Mittelwert berechnet. Dies erhöht den Verkabelungsaufwand.
2. Wenn während eines Batchvorganges eine kurzzeitige Materiallücke entsteht, dann gehen diese Null-Messwerte mit in die Aufsummierung ein und verfälschen das aufsummierte Messsignal erheblich, was sich dann in Rezepturfehlern auswirkt.

Anders als bei bisherigen Mikrowellen-Feuchtesonden werden bei SONO-Sonden in der Betriebsart CC automatisch nur die Zeiten aufsummiert, an denen wirklich Material an der Sonde anliegt. Dies erhöht die Zuverlässigkeit bei der Feuchteermittlung eines Batchvorganges.

Durch die präzise Feuchtemessung auch im unteren Feuchtebereich können SONO-Sonden ohne Auslösesignal bzw. Triggersignal die Feuchtwerte eines kompletten Batchvorgang aufnehmen, aufsummieren und als Analogsignal so lange ausgeben, bis ein neuer Batchvorgang startet. Die Steuerung hat dann genügend Zeit, den aufsummierten und „eingefrorenen“ Feuchtwert des kompletten Batch abzuholen. Eine Displayanzeige kann damit den aufsummierten Feuchtwert so lange am Display stehen lassen, bis ein neuer Batchvorgang beginnt.

Mit dem Parameter **Moisture Threshold** kann die Startschwelle, ab wo die Aufsummierung starten soll, eingestellt werden. Dadurch dass SONO-Sonden sich automatisch nachkalibrieren, wird dafür gesorgt, dass der Nullpunkt bei SONO-Sonden präzise eingehalten wird. Die Startschwelle sollte abhängig von der Anlage ermittelt werden, empfohlen wird z.B. 0,5%..1%.

Mit dem Parameter **No-Material-Delay** kann ein Zeitbereich vorgegeben werden, ab welchem die

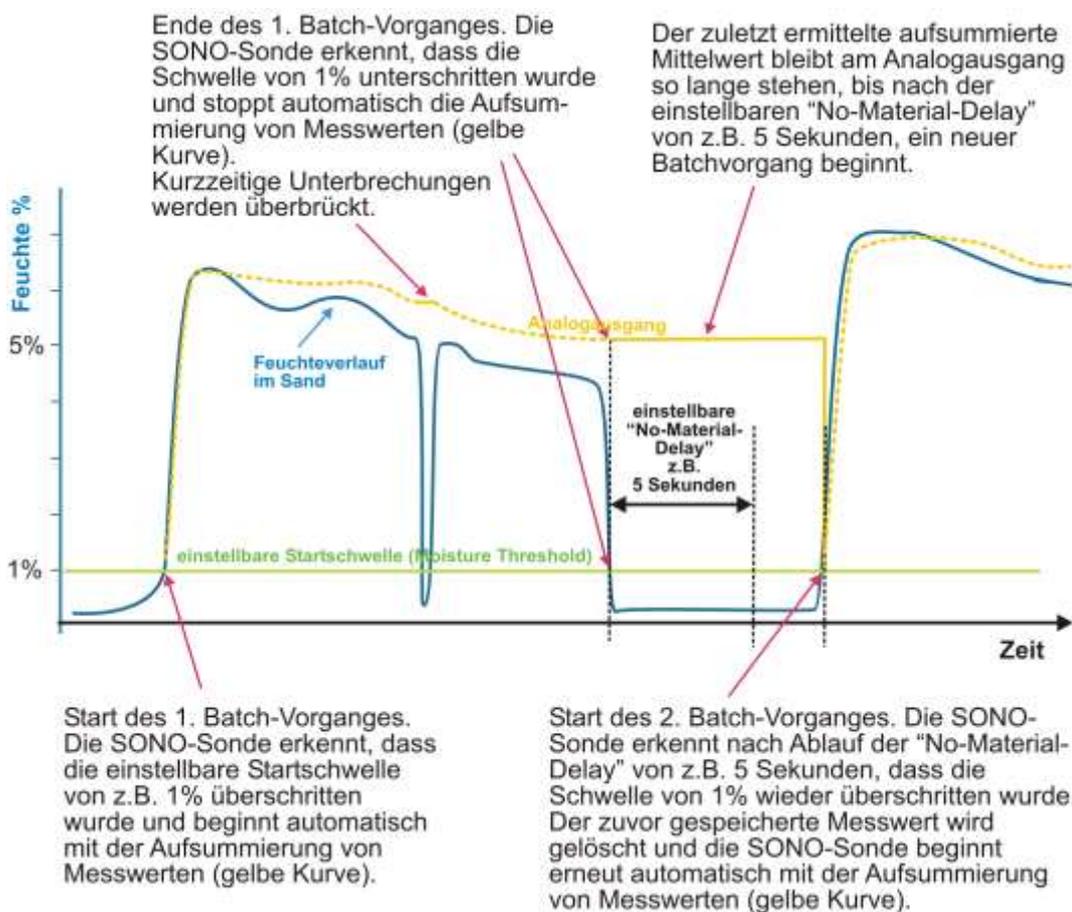
SONO-Sonde wieder bereit ist, einen neuen Batchvorgang zu starten. Treten während eines laufenden Batchvorganges kurzzeitige Materiallücken auf die kürzer als die „No-Material\_Delay“ sind, d.h. der Feuchtwert unterschreitet die Startschwelle und es liegt kein Material an der Sonde an, dann erfolgt nur eine kurze Pause bei der Aufsummierung. Ist die Pause länger als die „No-Material-Delay“ dann ist die Sonde bereit, einen neuen Batch-Vorgang zu starten.

**Wie kann die Betriebsart CC genutzt werden, wenn über der Sonde keine Material-Entleerung erfolgen kann, d.h. wenn vor der Materialbeschickung immer oder über längere Zeit, Material an der Sonde anliegt:**

In diesem Falle kann die Sonde den Start des Materialtransportes nicht selbständig erkennen. Hier kann mit einer kurzen Unterbrechung der Betriebsspannung der SONO-Sonde (z.B. 0,5 Sekunden mit Hilfe eines Relaiskontaktes der SPS) die SONO-Sonde zurückgesetzt werden. Nach Anliegen der Betriebsspannung beginnt die Sonde dann sofort mit der Aufsummierung und Mittelwertbildung.

**Bitte beachten:** Es sollte darauf geachtet werden, dass kein Material an der Sonde festbackt. Ansonsten würde sich der Feuchte-Nullpunkt zwischen den Batches nach oben verschieben und die Sonde könnte das Unterschreiten der Feuchteschwelle nicht mehr erkennen. Falls die SPS bereits eine automatische Aufsummierung durchführt, würde die Betriebsart CC zu Fehlern führen. In diesem Falle wäre die Betriebsart bzw. Mode CH in der Sonde einzustellen.

**Zeitdiagramm für Mode CC:**



**2.1.4. 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

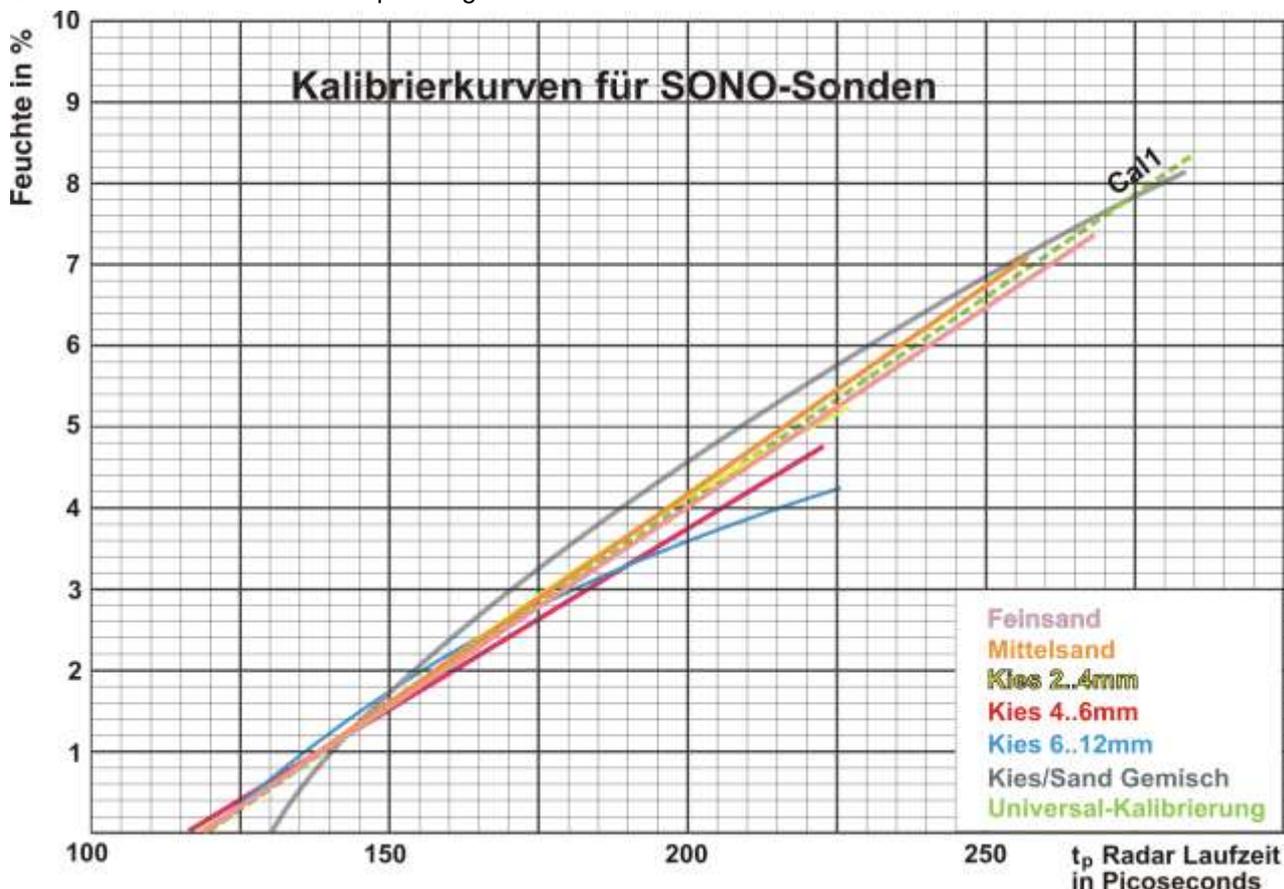
Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Parameter-Einstellungsmöglichkeiten in unterschiedlichen Betriebsarten.

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

Die TRIME-TDR Technologie bietet mit dem Radarverfahren hohe Zuverlässigkeiten bei der Feuchtemessung von Sand, Kies und Splitt, da unterschiedliche Korngrößen anders als bei anderen Messverfahren wie z.B. bei Mikrowellensonden, nur geringe Abweichungen des Messergebnisses hervorrufen. Die Kalibrierkurve Cal1 „Universal Sand“ eignet sich zur Messung der Feuchte in Sand 0-2mm, sowie Kies und Splitt. Die Abweichungen der unten aufgeführten sechs Sand- und Kiessorten zur Kalibrierkurve Cal1 sind so gering, dass (in Deutschland!) nur eine einzige Kalibrierkurve, die Cal1 für Sand 0-2mm sowie Kies und Splitt eingesetzt werden kann.



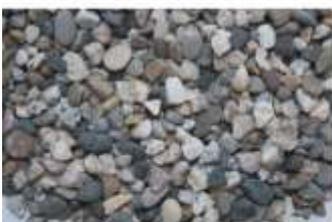
Feinsand



Mittelsand



Kies 2..4mm



Kies 4..6mm



Kies 6..12mm



Kies/Sand Gemisch

**2.3.1. 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	<b>Cal1: Universal Sand, Kies und Splitt</b>
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.  $\pm 2$  Liter/m<sup>3</sup> 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.**

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

**Achtung: Beim Einkalibrieren der SONO-SILO 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-SILO = Darrwert - Kernwasser**

**Bitte beachten:** Die nachfolgenden Richtwerte gelten nur für Sande. Soll nur Kies und Split 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 <sup>3</sup>	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 <sup>3</sup>	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

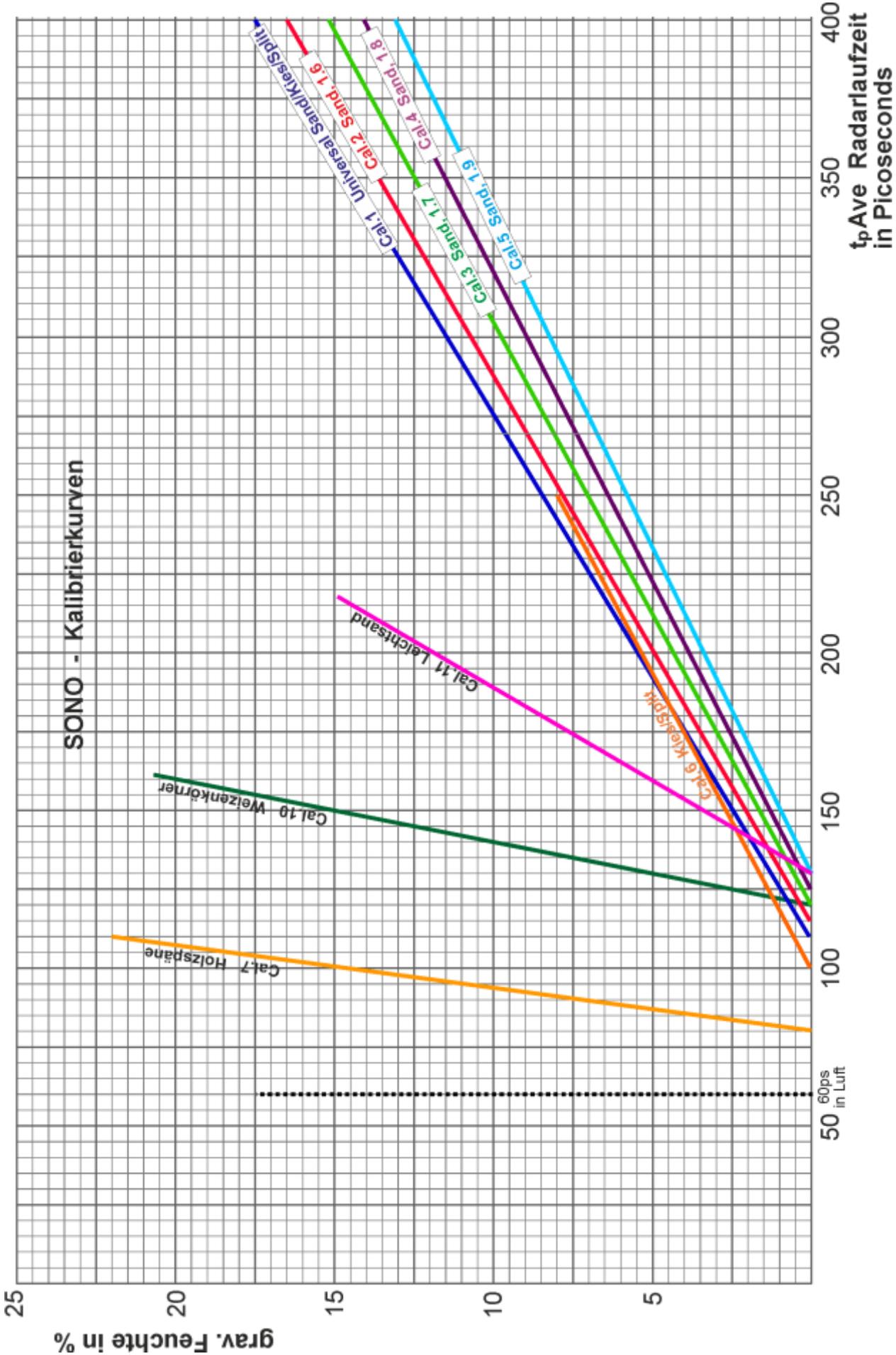
SONO-SILO wird mit einer Universalkalibrierung für Sand (Cal.1 Universal Sand) ausgeliefert. Maximal sind 15 verschiedene Kalibrierungen (Cal1...Cal15) in der SONO-Sonde speicherbar und können mit dem Service-Programm **SONO-CONFIG** oder mit dem Anzeigemodul **SONO-VIEW** aktiviert werden (siehe Kapitel „Kurzanleitung für die Software SONO-CONFIG“).

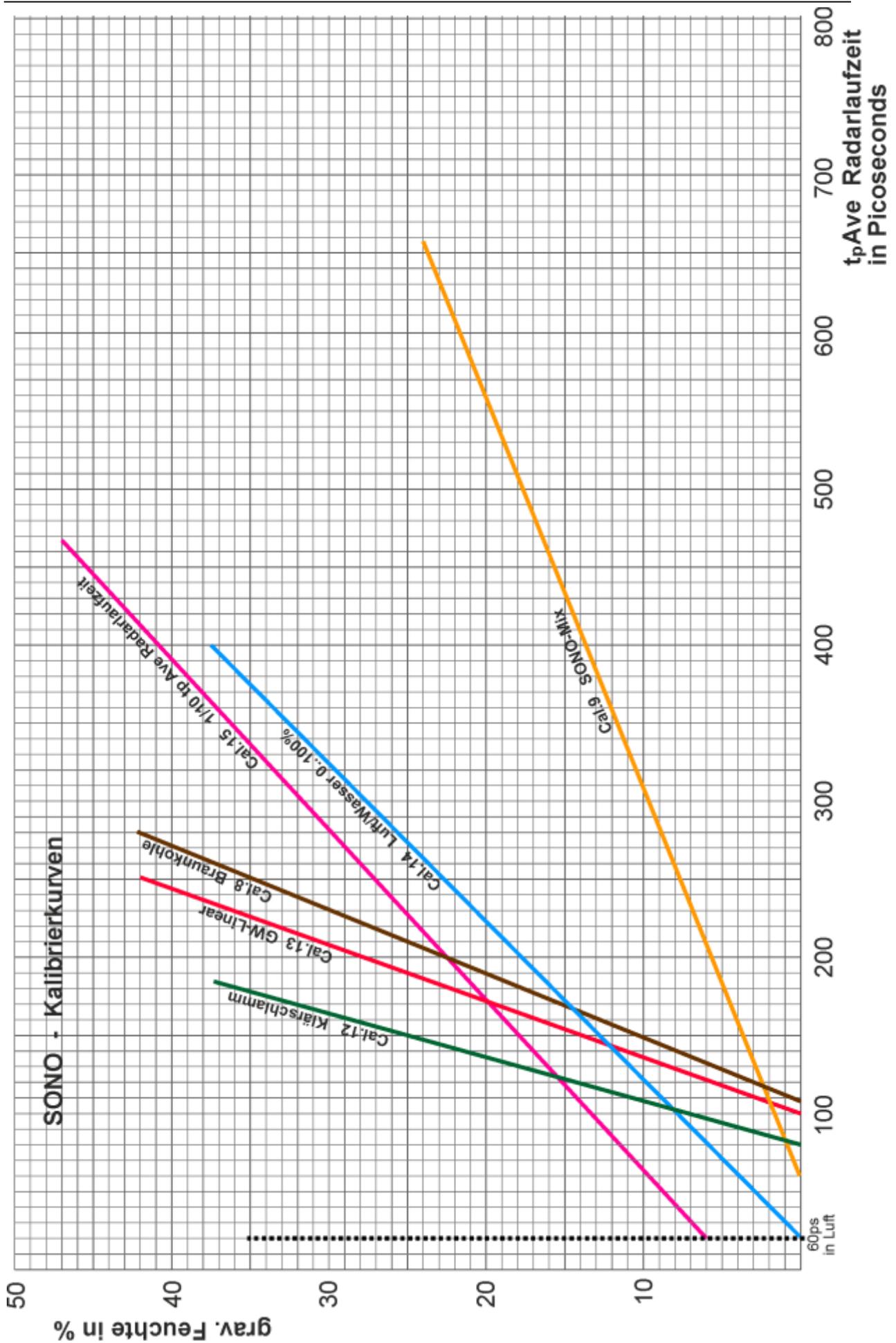
Für einen Vorab-Test einer passenden Kalibrierkurve können mit SONO-CONFIG im Menüpunkt „**Calibration**“ und im Fenster „**Material Property Calibration**“ einzelne Kalibrierkurven (Cal 1 ...15) ausgewählt (per Maus) und mit dem Button „**Set Active Calib**“ aktiviert und mit dem zu vermessenden Material 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 weitere Kalibrierkoeffizienten für unterschiedlichste Materialien. Diese Kalibrierkoeffizienten können mit Hilfe von SONO-CONFIG in die Sonde eingegeben und gespeichert werden.

Die auf der nächsten Seite folgenden Grafiken (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“). In Luft messen SONO-Sonden i.d.R. 60 Picosekunden Radarlaufzeit.





### 3.1.1. 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 m0 und m1 für das untersuchte Material berechnet werden (siehe nachfolgende Seite).

**Schritt 4:** Die Koeffizienten  $m1 = 0,0581$  und  $m0 = -4,05$  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 m0 bis m5 ein Punkt verwendet werden, kein Komma!

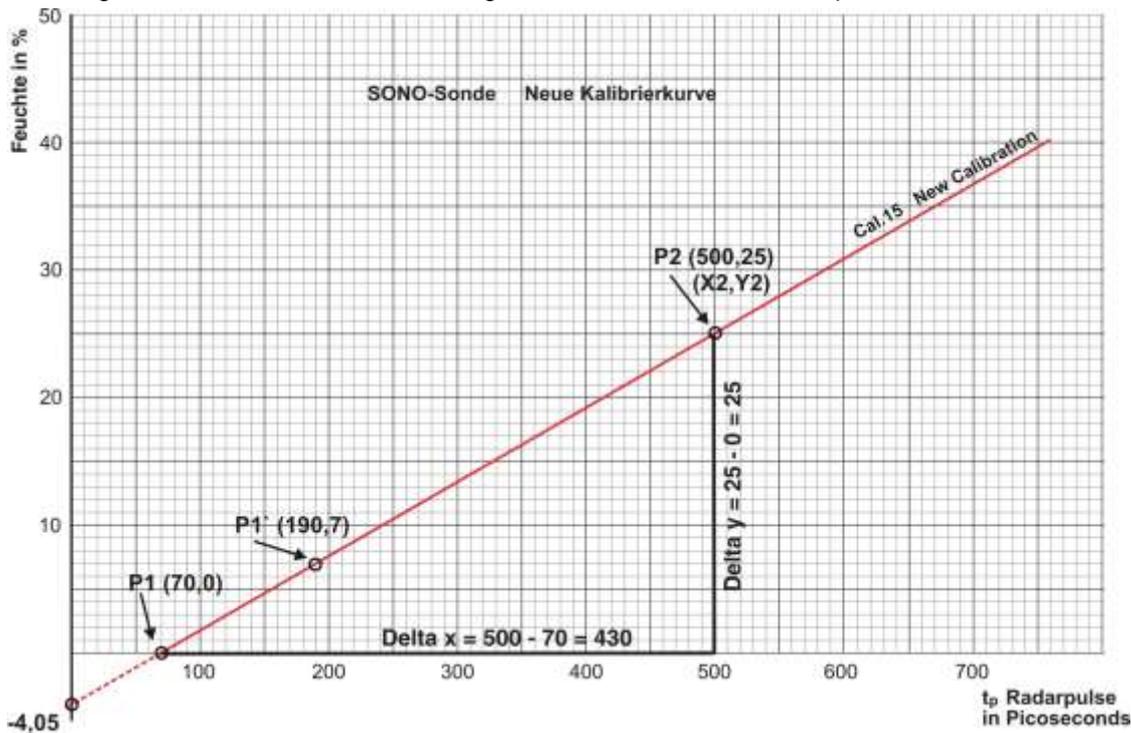
### 3.1.2. Kalibrierkurven Calculation für eine 2-Punkt Kalibrierung

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 m0 bis m5 berechnet und mit SONO-CONFIG in die Sonde eingegeben werden. Nachfolgendes Diagramm zeigt eine Beispielberechnung für ein spezielles Material für die Koeffizienten m0 und m1 für eine lineare Kalibrierkurve.

**Ermittlung der beiden Parameter m0 und m1 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 m0 und m1 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 m0 und m1 mit „Set and Save“ ein.

Nachfolgend eine klassische Berechnung der Parameter m0 und m1 „per Hand“:



Der Koeffizient m<sub>1</sub> 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<sub>0</sub> ist der Offset auf der y-Achse bei x=0 und errechnet sich aus:

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

### 3.1.3. Kalibrierkurven Kalkulation für eine Nichtlineare Kalibrierkurve

Für eine nichtlineare Materialkalibrierung können die Parameter  $m_0$  bis  $m_5$  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  $m_0$  bis  $m_5$  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  $m_0$  bis  $m_5$  mit „Set and Save“ ein.

### 3.1.4. Kalibrierkurven Kalkulation 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.

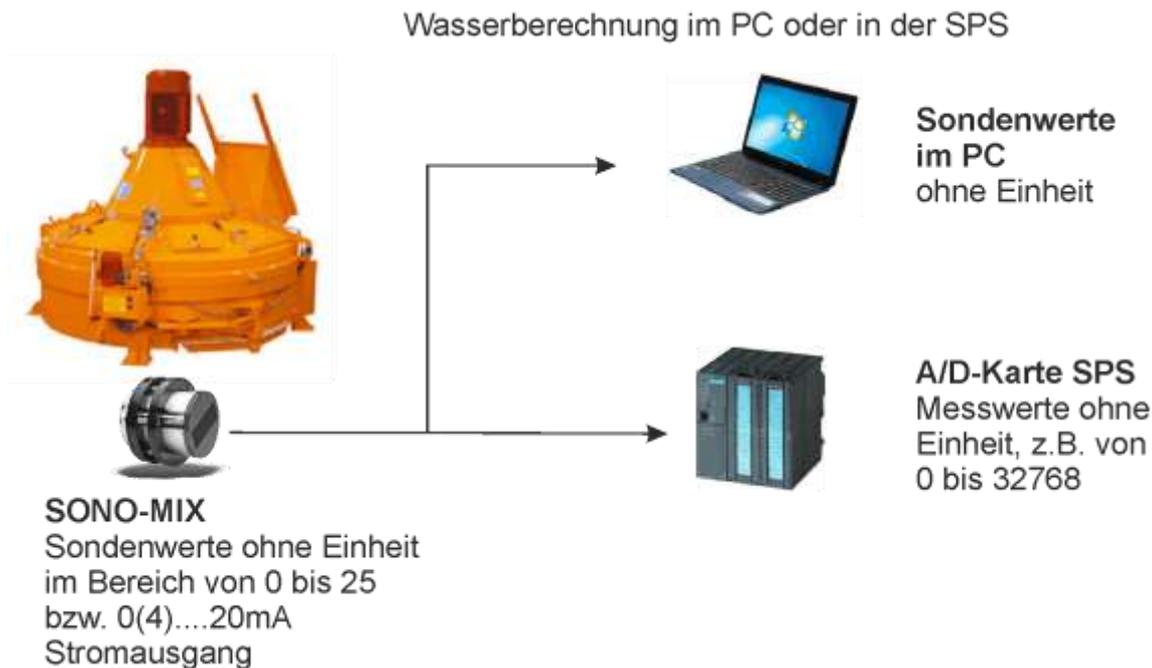
Die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise zur Ermittlung einer linearen Kalibrierkurve ist nicht so präzise wie eine 2-Punkt Kalibrierung, kann jedoch ein Kompromiss sein um überhaupt zu einer passenden Kalibrierkurve zu kommen.

Nachfolgend aufgezählte Schritte beschreiben die Vorgehensweise:

1. Messung der Radarlaufzeit **Tp** 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 Trocknungsofen bestimmt werden.
3. Ermittlung der Schüttdichte **D** (bulk density) des Materials (in  $\text{kg pro dm}^3$ ) 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 **Tp** (Radarlaufzeit), **M** (Moisture) und **D** (Dichte) in das Excel-Sheet ein. Als Ergebnis erhalten Sie die beiden berechneten Koeffizienten bzw. Kalibrierparameter  $m_0$  und  $m_1$ .
5. Speichern Sie mit Hilfe der Software „SONO-CONFIG“ im Menüpunkt „**Calibration**“ und im Fenster „**Material Property Calibration**“ in der ausgewählten Kalibrierkurve die Parameter  $m_0$  bis  $m_5$  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. Einkalibrierung der SONO-SILO bzw. SONO-MIX zur Wassergehaltsbestimmung in drei einfachen Schritten

Mit der Mischersonde SONO-SILO ist es möglich, die Feuchte auch in Nassmischungen präzise zu bestimmen. Dadurch ergeben sich neue und einfachere Ansätze für die Einkalibrierung der SONO-SILO in einer Mischieranlage und für die Erstellung und Verwaltung einzelner Rezepturen. In diesem Beispiel wird eine Methode vorgestellt, bei der eine Einkalibrierung ohne Darr-Trocknungen von Betonproben durchgeführt werden kann. Die Bestimmung der Wassermenge kann in einem PC oder in 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).



**Vorgehensweise:**

SONO-SILO soll z.B. für eine Betonrezeptur mit einem Soll w/z-Wert von 0.385 mit einer SPS einkalibriert werden. Bei einem Bindemittelgehalt von 180kg ergeben sich somit **62.1 Liter Sollwasser** für den Beton.

1. Mit der SONO-SILO werden mit einer Trockenmischung, 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 (ohne Einheit von 4...20mA Stromausgang)	Sondenwerte im PC (ohne Einheit)	<b>A/D-Karte SPS</b> (ohne Einheit von 0 bis max. 32768)	Wassermenge
Werte Trockenmischung	7.968 mA	6.2	8126 Dies ist der <b>Trockenwert-A/D</b>	? (noch nicht bekannt)
Werte Nassmischung				

2. In den Mischer werden dann manuell z.B. **38 Liter Zugabewasser** zugegeben, d.h. soviel Wasser bis die Betonrezeptur die gewünschte Konsistenz hat. Die zugegebene und gemessene Wassermenge dient zur Berechnung der Kalibrierkurve bzw. der Sensitivität. Mit der SONO-SILO werden mit der optimalen Nassmischung, d.h. die Mischung hat exakt die richtige Konsistenz, einzelne Messwerte mit der SPS aufgenommen. Es empfiehlt sich, die Messwerte über die letzten 5 Sekunden der Nassmischzeit zu mitteln. Im nachfolgenden Beispiel wurde in der Nassmischzeit ein Messwert von 14811 aufgenommen.

	SONO-SILO Sondenwerte (ohne Einheit von 4...20mA)	Sondenwerte im PC (ohne Einheit)	<b>A/D-Karte SPS</b> (ohne Einheit von 0 bis max. 32768)	Wassermenge in Liter
Werte Trockenmischung	7.968 mA	6.2	8126 Dies ist der <b>Trockenwert-A/D</b>	Nach Durchführung von Punkt 2. berechnet sich dieser Wert nachfolgend: 62.1 l – 38 l = <b>24.1 l</b>
Werte Nassmischung	11.232mA	11.3	14811 Dies ist der <b>Zielwert-A/D</b> für eine optimale Konsistenz dieser Rezeptur.	<b>62.1</b> (dieser Wert entspricht dem im Punkt 1 berechneten Sollwasser für diese Rezeptur)

Anmerkung: für Fertigteilebeton mit Konsistenz F3 oder höher empfiehlt sich die Einkalibrierung der Nassmischung 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-SILO einfach berechnet werden:

$$\mathbf{c1-Sensitivität} = (62.1 - 24.1) / (14811 - 8126) = \mathbf{0.005685}$$

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

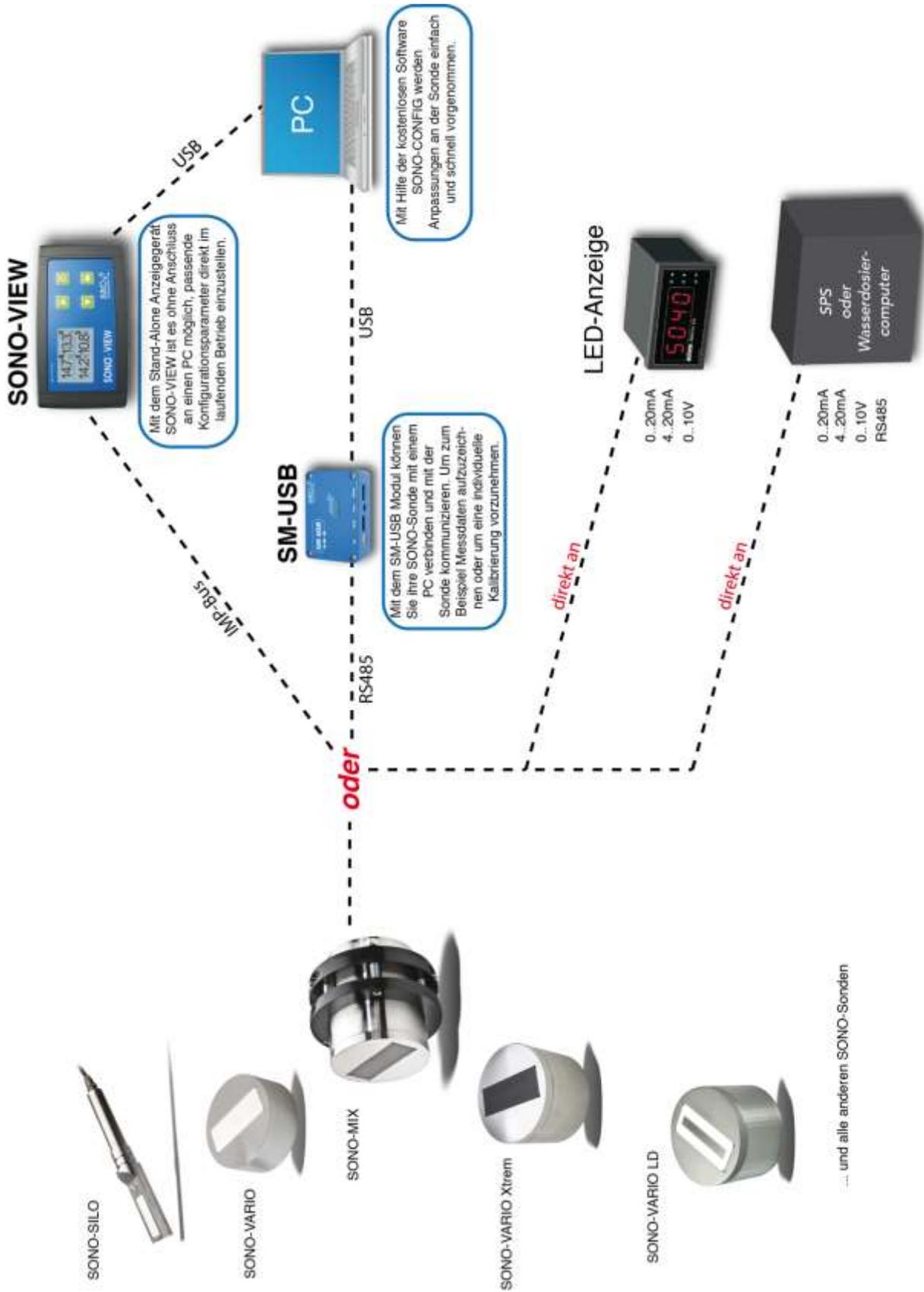
$$\mathbf{Zugabewasser} = (\text{Zielwert-A/D} - \text{Trockenwert-A/D}) * c1 = (14811 - 8126) * 0.005685 = 38 \text{ Liter}$$

Dadurch dass die SONO-SILO 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, empfiehlt es sich, die c1-Sensitivität zu überprüfen und gegebenenfalls eine neue c1-Sensitivität zu ermitteln.

Für Teilmengen müsste man lediglich für z.B. eine 80%-Teilmengemischung das Zugabewasser mit 0.8 multiplizieren (vorbehaltlich Teilmengenkorrektur). Z.B. 38 Liter \* 0.8 = 30.4 Liter Zugabewasser.

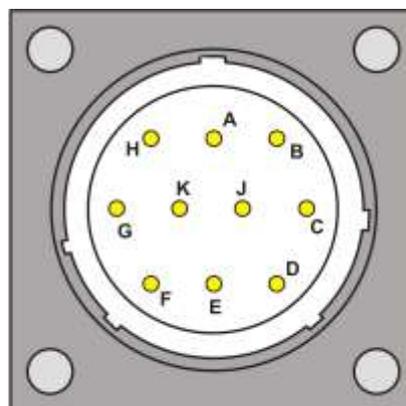
**Der Aufwand zur Erstellung und Verwaltung einzelner Rezeptur-Parameter in der SPS sollte mit dieser Methode eigentlich überschaubar sein.**

## 4. Anschlussmöglichkeiten an SONO-Sonden



## 4.1. Anschlussstecker Sonde

SONO-SILO wird mit einem 10-poligen MIL-Flanschstecker ausgeliefert.

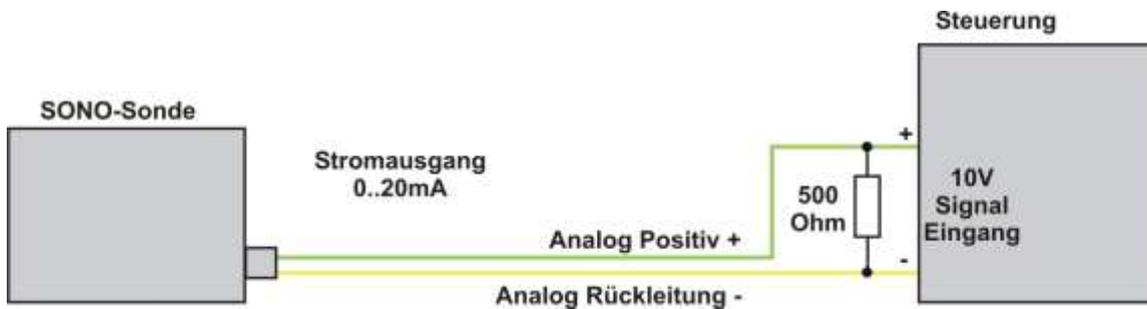


Belegung des 10-poligen MIL-Steckers und Kabelanschluss:

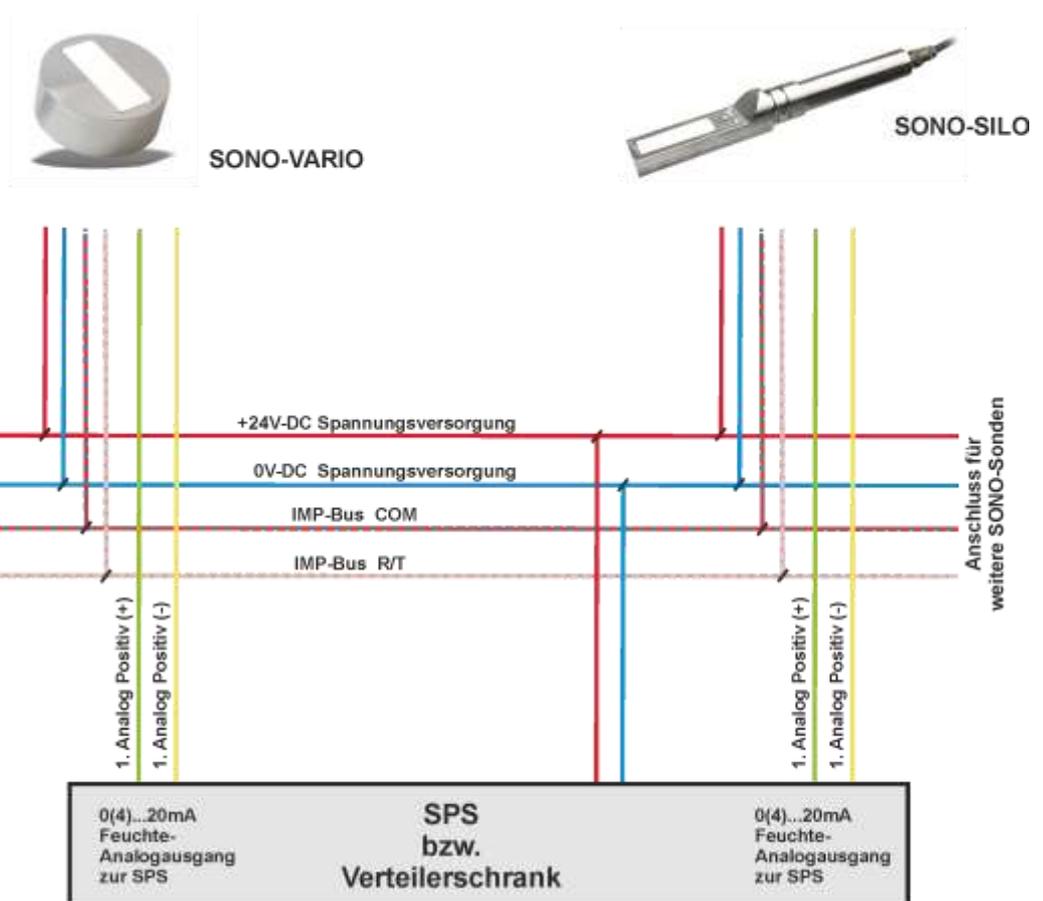
Stecker-PIN	Sensoranschlüsse	Leiterfarbe	Leiterfarbe
A	+12V....24VDC Spannungsversorgung	Rot	Rot
B	0V Spannungsversorgung	Blau	Blau
D	1. Analog Positiv (+) Feuchte	Grün	Grün
E	1. Analog Rückleitung (-) Feuchte	Gelb	Gelb
F	RS485 A (muss aktiviert werden)	Weiß	Weiß
G	RS485 B (muss aktiviert werden)	Braun	Braun
C	IMP-Bus RT	Grau/Rosa	Grau/Rosa
J	IMP-Bus COM	Blau/Rot	Blau/Rot
K	2. Analog Positiv (+)	Rosa	Rosa
E	2. Analog Rückleitung (-)	Grau	Grau
H	Schirmung (wird am Sensor geerdet. Die Anlage muss richtig geerdet sein!)	Transparent	Transparent

#### 4.1.1. 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.



#### 4.1.2. Anschlussplan SONO-Sonden an SONO-VIEW und SPS



## 5. Einbau der Sonde

SONO-SILO wurde so konzipiert, dass eine größtmögliche Flexibilität bei der Montage gewährleistet ist. Die Einbaubedingungen sind stark von den Gegebenheiten des jeweiligen Silos bzw. Behälters abhängig. Der optimale Einbauort muss individuell ermittelt werden.

Die Sonde kann mit einer Rohrverlängerung mit 55mm Außendurchmesser in Silos, Mischer oder Trockner eingebaut werden. Die Länge des Verlängerungsrohres ist abhängig von der jeweiligen Anlage und muss vom Kunden angepasst werden. Zur einfachen Halterung eignet sich ein Klemmring mit 55mm Innendurchmesser. Für einen gas- und wasserdichten Einbau bis 10 bar Druck und einem Temperaturbereich von -40°C bis +100°C ist eine spezielle Verschraubung für einen Durchmesser von 55mm lieferbar (auf Anfrage). Die Möglichkeit die Sensorfläche zu neigen ermöglicht die Einstellung auf minimale Dichteschwankungen.

Wichtig ist, dass die Sonde in einem optimalen Materialfluss positioniert ist der je nach Anlage gefunden werden muss. Bei größeren Partikelgrößen ist gegebenenfalls der Einsatz eines Ablenkleches erforderlich.

An dieser Stelle soll betont werden, dass durch die innovativen Sondenmerkmale mit dem äußerst robusten Aufbau von SONO-Sonden, der Einbau von Feuchtesonden direkt unter Öffnungsklappen von Silo's problemlos möglich ist, auch für Kies mit 32er Körnung.

**Zu empfehlen ist deshalb der Einbau der SONO-SILO idealerweise unter der Öffnungsklappe eines Silo's, da dies viele Vorteile mit sich bringt:**

1. Der Materialfluss ist konstant und damit die Materialdichte bei der Messung.
2. Durch den Andruck des Materials wird die Sondenoberfläche kontinuierlich gereinigt, wodurch Anbackungen und möglichen Fehlmessungen vorgebeugt wird. Eine Materialanbackung kann visuell kontrolliert werden, was innerhalb des Silo's nicht möglich wäre.
3. Die SONO-Sonde kann Start und Ende eines Batches eindeutig detektieren. Damit kann die SONO-SILO in der Betriebsart CH oder CC (ohne Schaltsignal), eine automatische Aufsummierung einer Feuchte-Mengenmessung in einem Batchvorgang durchführen. Damit sind präzise und repräsentative Feuchtemessungen auch bei geringeren Teilmengen möglich. Die SPS-Programmierung kann ohne Schaltsignal einfacher gestaltet werden.

**Äußerst ungünstige Verhältnisse für Feuchtesonden können bei einem Einbau direkt im Silo oder in der Siloklappe entstehen:**

### Einbauhinweise

**Es ist darauf zu achten, dass bei einem Einbau direkt im Silo oder in der Siloklappe ein Anhaften von Sand ausgeschlossen wird.**



Im Bild ist zu sehen, wie „klebrig“ Sand sein kann, der an fast senkrechten Wandungen noch haften kann. Bei solch „klebrigem“ Sand ist ein Einbau im Silo nicht zu empfehlen, sondern unter der Siloklappe!

Beim Einbau der Sonde sind weitere Hinweise zu beachten:

- Bereiche in denen starke Turbulenzen herrschen sind für den Einbau nicht optimal. Ein kontinuierlicher Materialfluss sollte über dem Sondenkopf gegeben sein.
- Der Sondenkopf mit der Keramikfläche muss während der Messung vom zu vermessenden Material bedeckt sein.

- **Zur Messung der Feuchte von Kies und Split:**  
Kies und Split können bei Sättigung so viel freies Wasser haben, dass dieses Wasser über den SONO-Sondenkopf fließen kann. Die maximale Feuchte von 2/8-Kies beträgt z.B. 3,5%, von 8/32-Kies liegt diese bei max. 2,5%. In Feuchtebereichen von 0 bis 3,5% kann die SONO-SILO präzise messen. Bei Sättigung, wenn also freies Wasser über die Sonde fließt, wird dieses freie Wasser von der Sonde übergewichtet und der gemessene Feuchtwert kann dann bis zu 7% betragen. Deshalb ist es erforderlich, dass eine angeschlossene SPS den Feuchtwert in Kies oder Split auf z.B. 3,5% (oder 2,5% je nach Körnung) begrenzt, unabhängig was von der Sonde gemessen wird. Die meisten SPS-Steuerungen haben deshalb eine Limit-Grenze für den Feuchtwert eingebaut.
- Die Sonde sollte nicht in unmittelbarer Nähe von elektrischen Störquellen wie Motoren installiert 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 unstabilierteter Netzteile unbedingt abraten müssen!

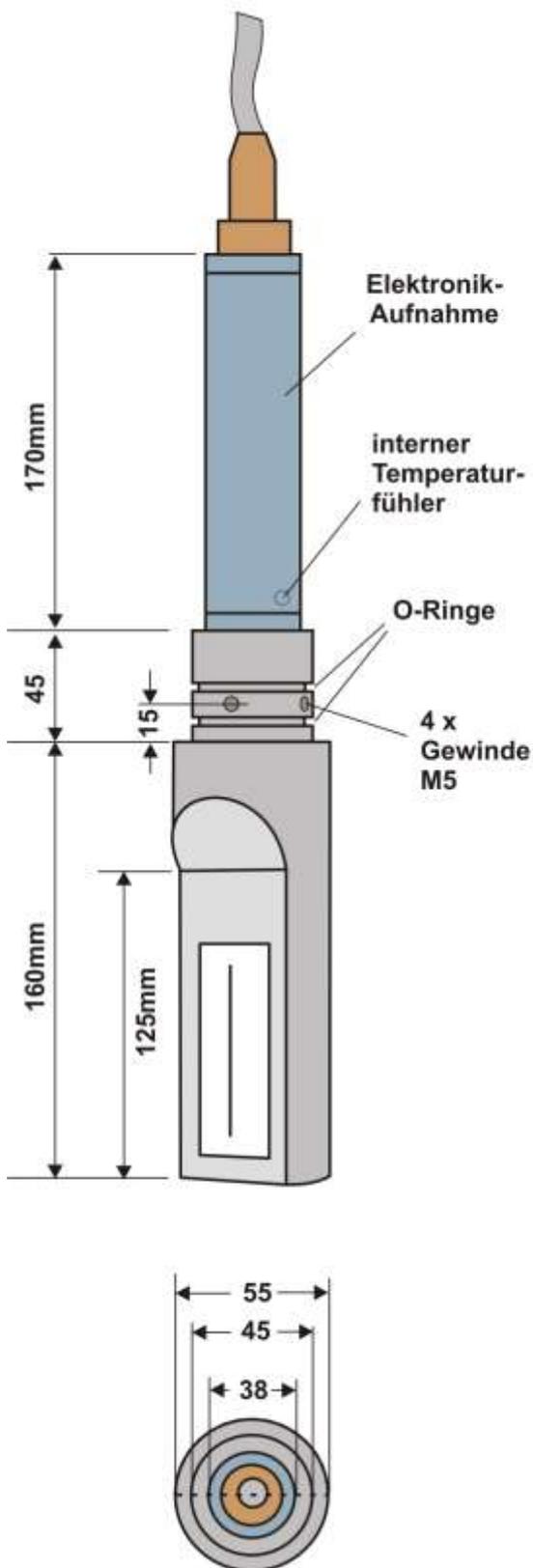
### **Achtung Gefahr von Fehlfunktionen!**

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.

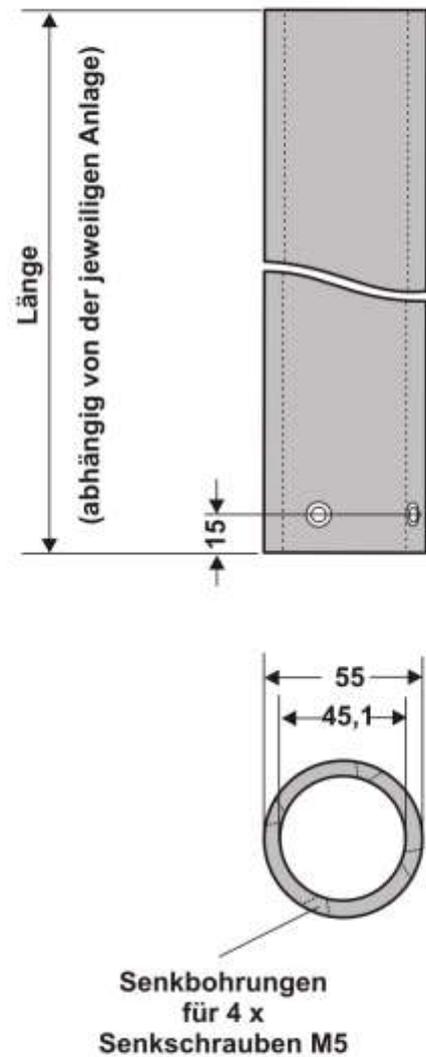
**Schäden welche durch fehlerhaften Einbau verursacht wurden, fallen nicht unter die Garantie!**

**Verschleiß an Sondenteilen fällt nicht unter die Garantie!**

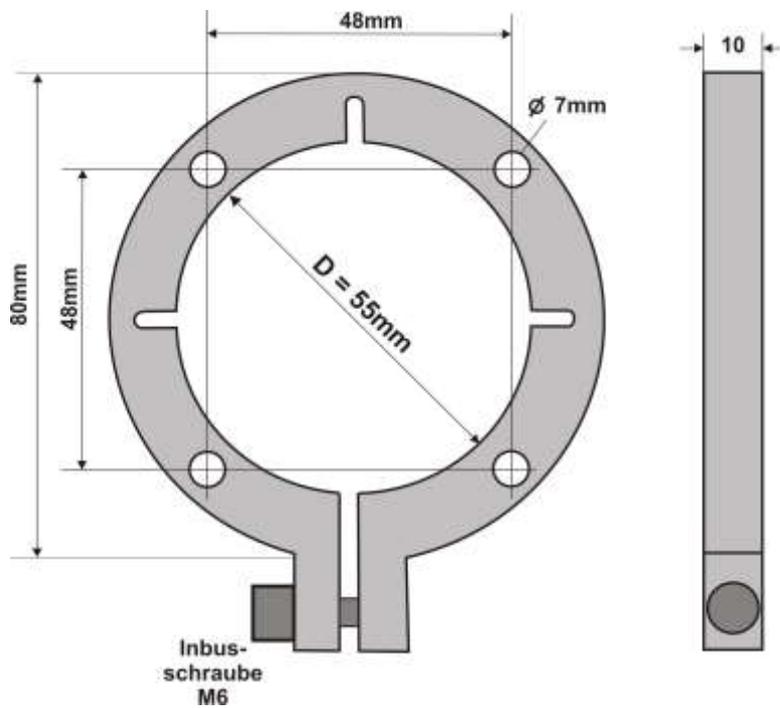
### 5.1. Einbaumaße SONO-SILO<sub>Standard</sub> und SONO-SILO<sub>Xtrem</sub>



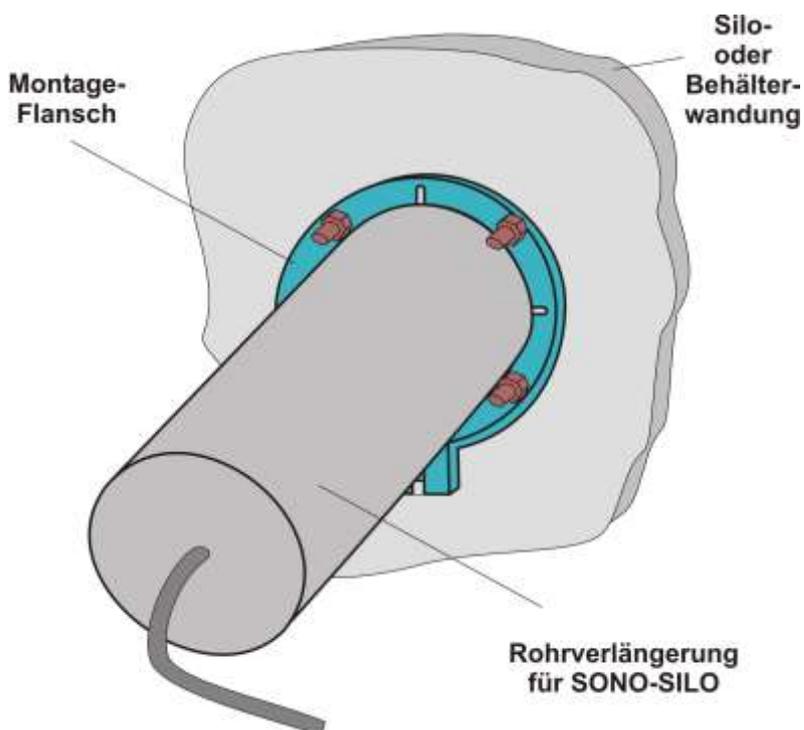
### Halte- bzw. Verlängerungsrohr aus Stahl für SONO-SILO



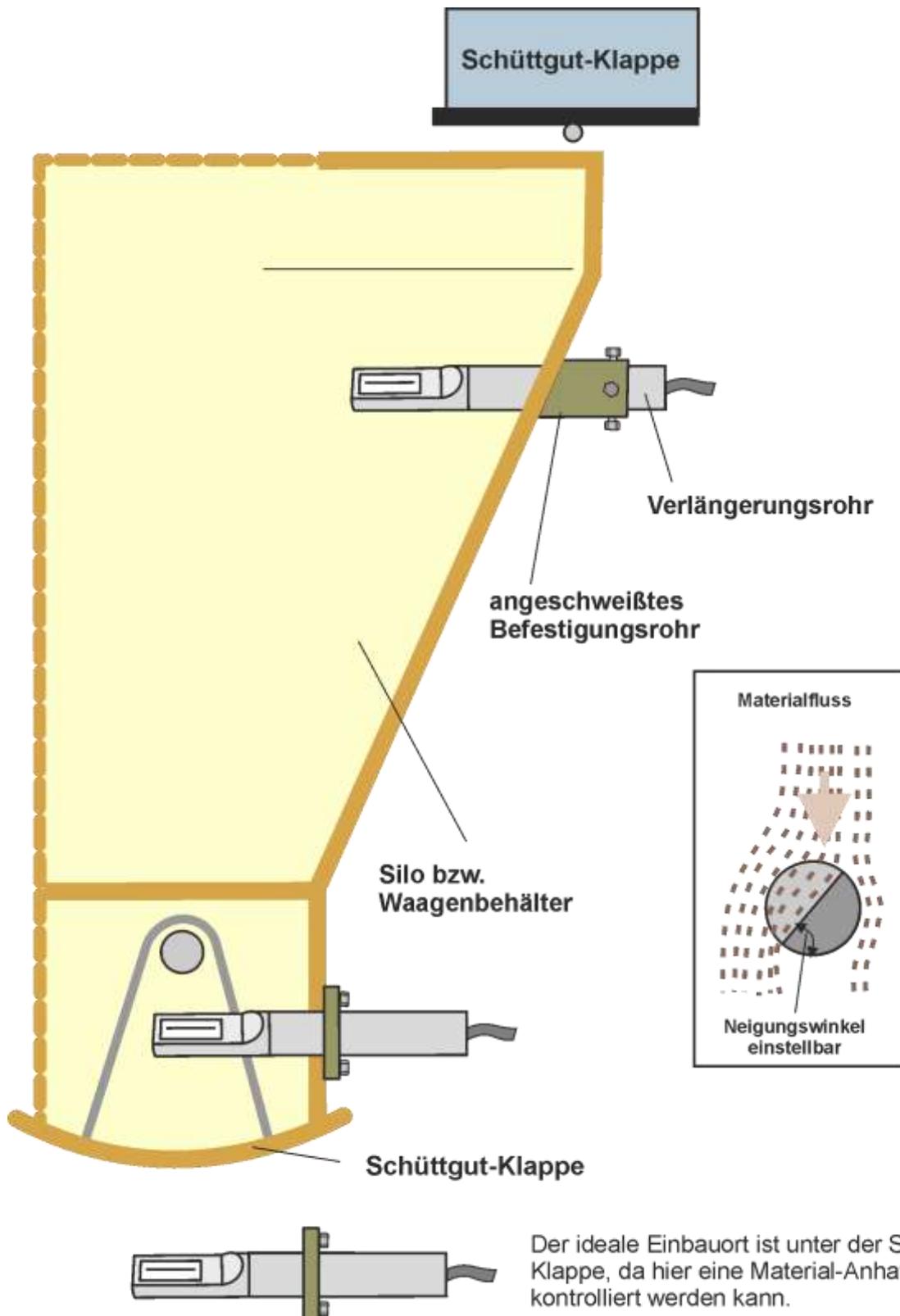
## 5.2. Montageflansch für SONO-SILO



## 5.3. Befestigung der SONO-SILO



## 5.4. Einbau in ein Silo oder einen Wägebehälter



## 5.5. Druckdichter Sondeneinbau in Behälter oder Förderrohre

Für einen druckdichten Einbau einer SONO-Sonde, empfehlen wir den Einsatz der Feuchtesonde **SONO-FLANGE**, welche druckdicht sowohl in Behälter als auch Rohre eingebaut werden kann.

**Auf Anfrage!**

## 5.6. Schutz der MIL-Sondensteckers gegen Abrieb

Falls Sand und Kies beim Fließen über die Prallplatte den Sondenstecker der SONO-Sonde berühren könnten, wird empfohlen, einen zusätzlichen Schutz über dem Sondenstecker anzubringen. Machbar ist dies z.B. mit einem handelsüblichen biegsamen (Garten)Schlauch mit einem Innendurchmesser von 27mm. Der Schlauch kann längs aufgeschlitzt werden und um Sondenstecker und Kabel mit Hilfe von Kabelbindern befestigt werden. Nachfolgendes Foto zeigt diese Lösung auf.

Alternativ kann der mit dem Kabel mitgelieferte Schrumpfschlauch als Schutz verwendet werden. Nach dem Einbau der Sonde und Anschluss des MIL-Steckers kann der Schrumpfschlauch mit einem Heißluftfön über Stecker und Kabel geschrumpft werden.



## 6. 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.

### RS485 Stecker

Pin B: 0V Spannungsversorgung

Pin A: +12VDC Spannungsversorgung

Pin G: RS485B Leiterfarbe "Braun"

Pin F: RS485A Leiterfarbe "Weiß"

+12VDC

### IMP-Bus Stecker

mit der Option, einen Download der Sonden-Firmware durchzuführen

Pin B: 0V Spannungsversorgung

Pin A: +12VDC Spannungsversorgung

Pin C: (rt) Leiterfarbe "grau/rosa"

Pin J: (com) Leiterfarbe "blau/rot"



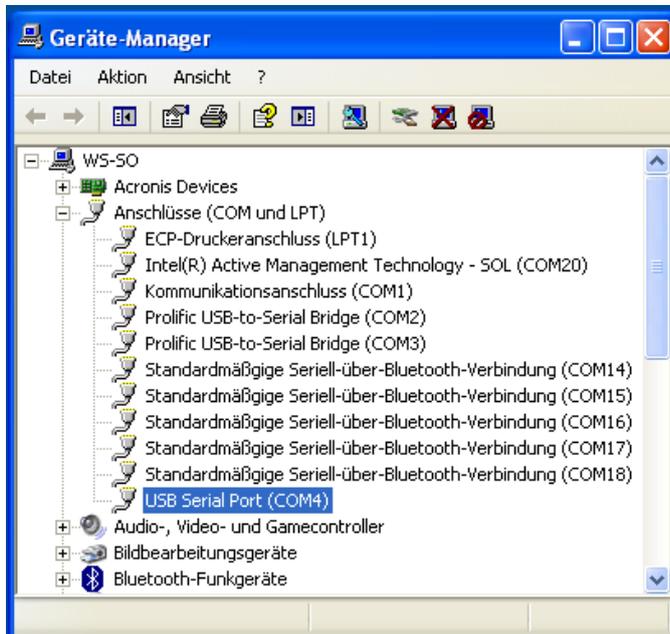
### Installation des SM-USB Moduls von IMKO

- Installieren des USB-Divers 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**

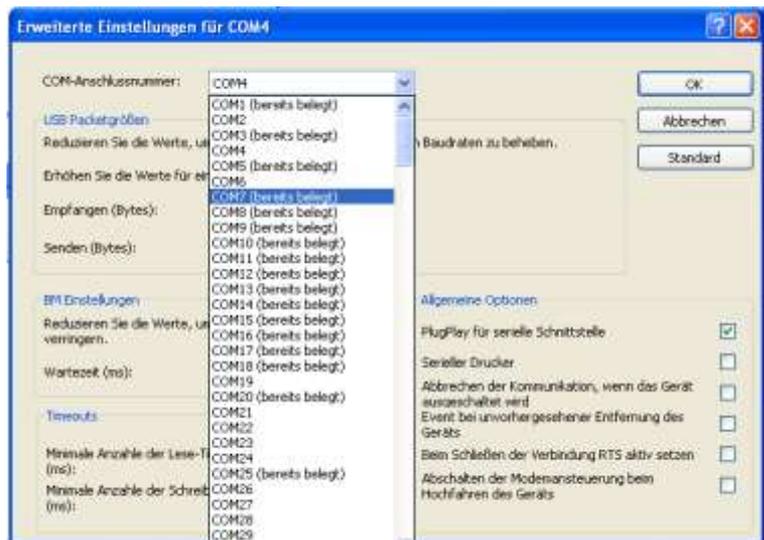


Unter dem Eintrag „Anschlüsse (COM und LPT)“ ist nun der Unterpunkt „USB Serial Port (COMx)“ zu finden.

**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.

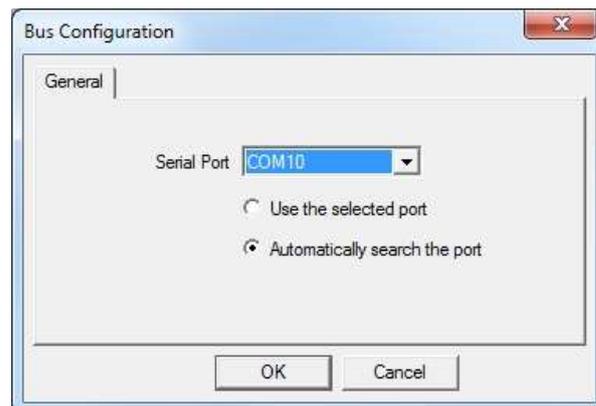
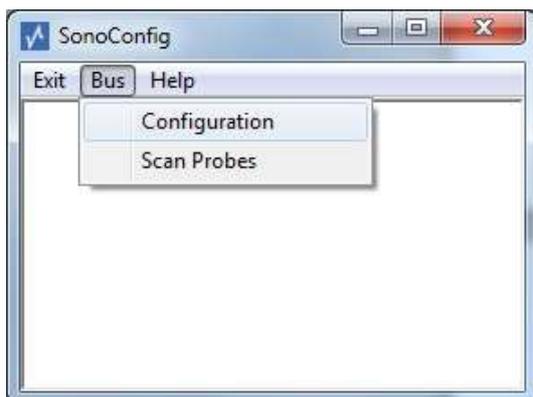


Nach Änderungen dieser Einstellungen muss SONO-CONFIG neu gestartet werden.

## 7. 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.

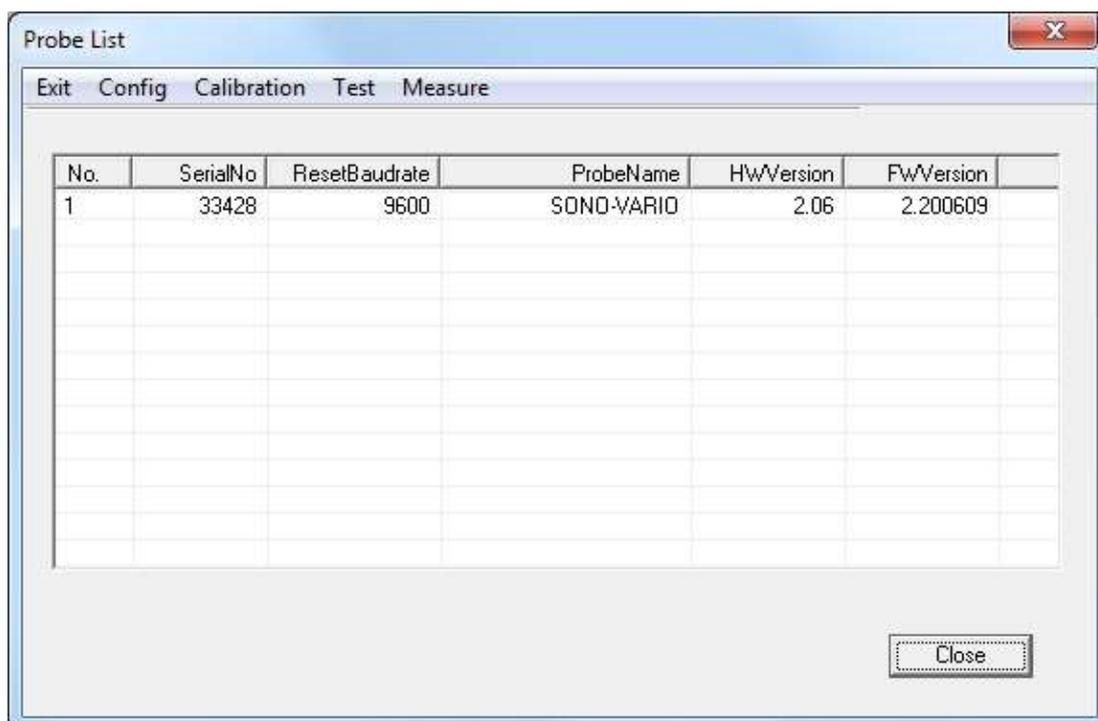
Unter dem Menüpunkt „**Bus**“ kann im Fenster „**Configuration**“ der PC mit „Use the selected port“ auf einen verfügbaren **COMx-Port** (den Sie evtl. zuvor ermittelt oder eingestellt haben) und die Baudrate **9600 Baud** der SONO-Sonde eingestellt werden. Mit „Automatically search the port“ stellt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



### 7.1.1. 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.

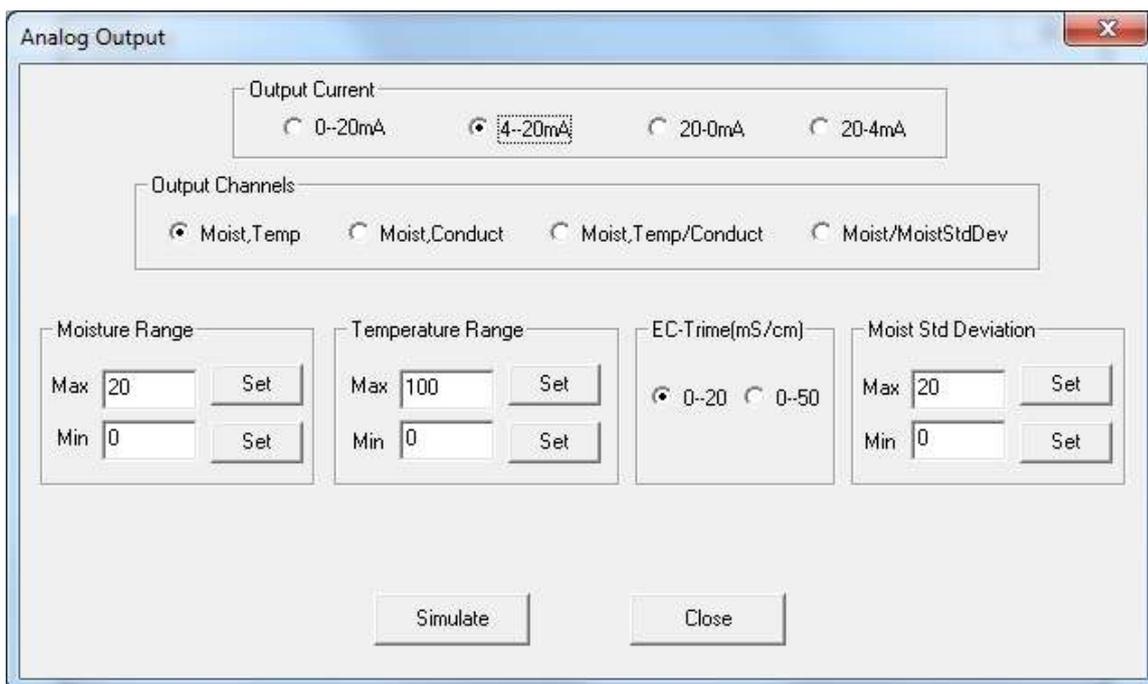


### 7.1.2. Einstellen der Sonden-Betriebsart und der seriellen SONO-Schnittstelle



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.

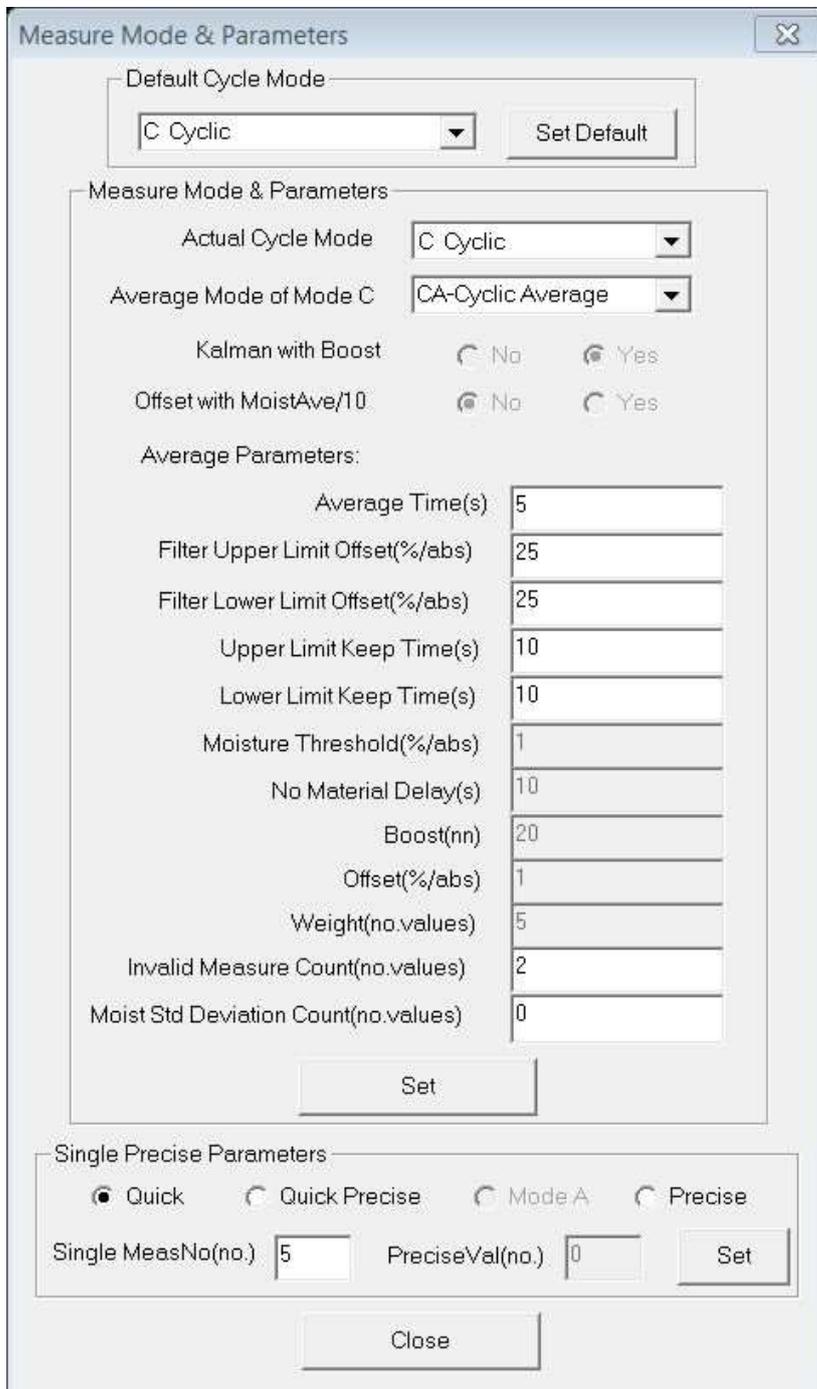
### 7.1.3. Analogausgänge der SONO-Sonde



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.

#### 7.1.4. 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.

### 7.1.5. 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.

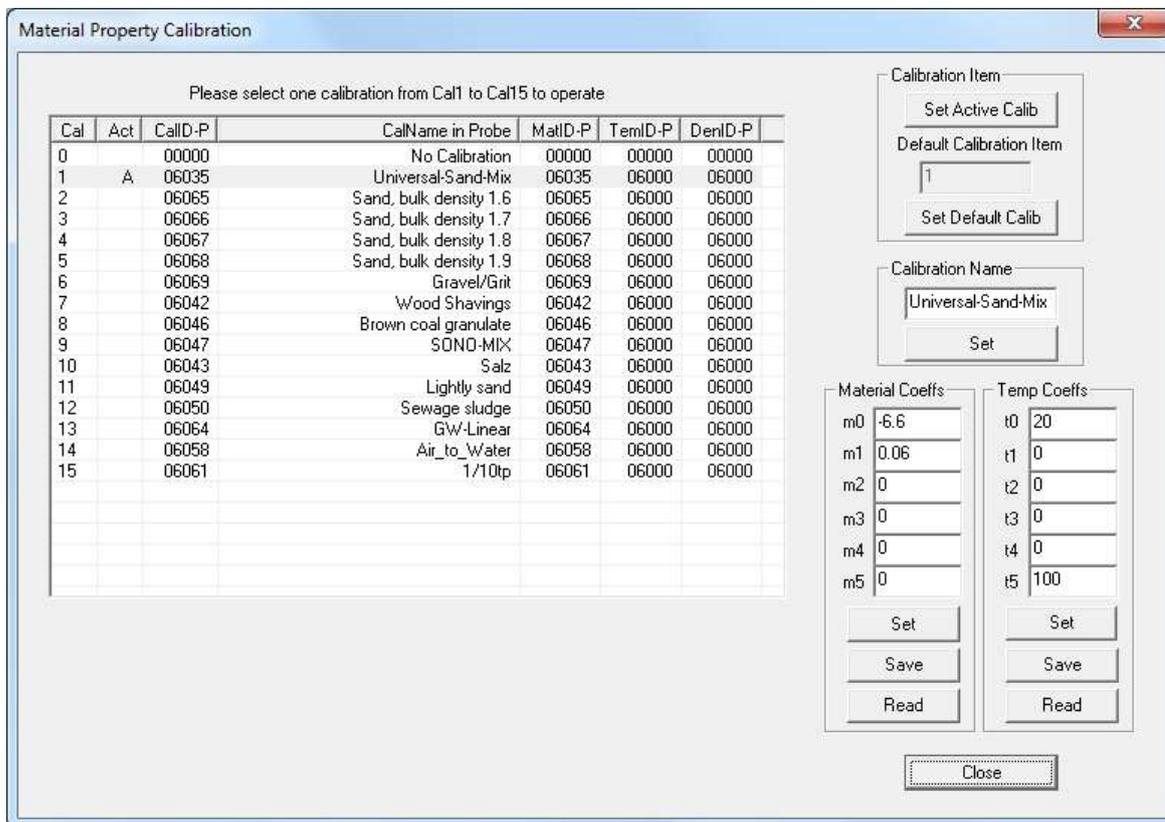
Es gibt jedoch Anwendungen wo es bei sehr stabilem und konstantem Materialfluss erforderlich ist, Messgenauigkeiten bis zu  $\pm 0,05\%$  Feuchte zu erreichen, z.B. bei der Vermessung von Flüssigkeiten mit Anteilen von Wasser in Öl, aber auch bei der Vermessung von Emulsionen.

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
<b>Quick:</b>	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.
<b>Quick Precise:</b>	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.
<b>Mode A:</b>	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.
<b>Precise:</b>  <b>PreciseVal:</b> 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.
<b>Single MeasNo</b> 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.

### 7.1.6. 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).



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

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 Kalibriernamen 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.

### 7.1.7. 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-Pfad\MD\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.

### 7.1.8. 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.

### 7.1.9. 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.

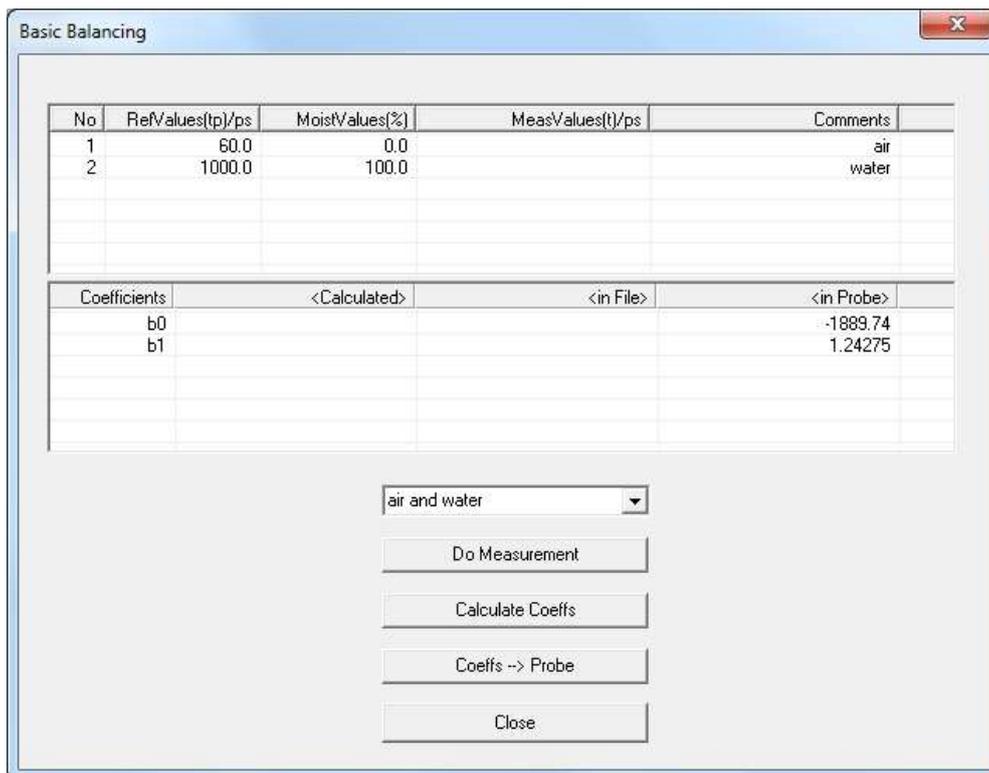
Beim Basis-Abgleich werden zwei Referenzmessungen in Medien mit jeweils bekanntem Sollwert ("RefValues") durchgeführt und eine eventuelle Abweichung der Sonde von diesen Referenz-Sollwerten korrigiert. Als Referenzmedien kommen je nach Sondentyp unterschiedliche Medien zum Einsatz. Für Standard SONO-Sonden 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

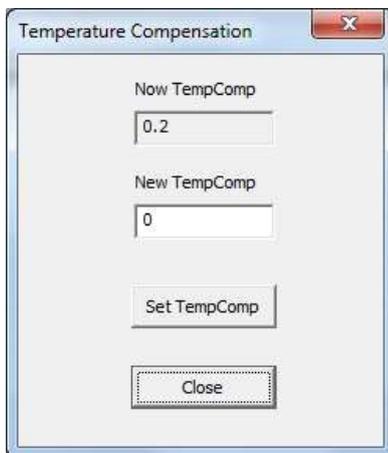
Do Measurement

Calculate Coeffs

Coeffs -> Probe

Close

### 7.1.10. 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!

## 8. Technische Daten SONO-SILO

### SONDENAUSFÜHRUNG

**SONO-SILO**Standard: Sondenkopf aus Edelstahl V2A 1.4301 mit 5mm verschleißfestem Aluminiumoxid-Keramikfenster.

**SONO-SILO**Xtrem: Sondenkopf mit hochverschleißfestem Keramikfenster.

Elektronikgehäuse: Edelstahl V2A 1.4301

Hochtemperaturvarianten auf Anfrage!

### MONTAGE

Sondenabmessungen: 55 x 380mm (Durchmesser x Länge)

Je nach Ausführung kann die Sonde mit Rohrverlängerungen aus Stahl oder Teflon in Silos, Mischer oder Trockner eingebaut werden. Die Länge der Rohrverlängerung ist variabel anpassbar.

### STROMVERSORGUNG

12V...24V DC, 3W

**Achtung:** keine unstabilierten Netzteile verwenden!

### UMGEBUNGSBEDINGUNGEN

0 - 70°C

Hochtemperaturvarianten auf Anfrage!

### MESSBEREICH FEUCHTE

Der Sensor misst von 0% bis zur Materialsättigung. Mit Spezialkalibrierungen sind Feuchtemessbereiche bis zu 90% möglich.

### MESSBEREICH LEITFÄHIGKEIT

Die Sonde liefert als Kennwert einen Radar-basierten Leitwert (RbC – **R**adar-**b**ased-**C**onductivity) der in Abhängigkeit von der Mineralienkonzentration im vermessenen Material bestimmt wird.

**SONO-SILO**Standard: 0..12dS/m

**SONO-SILO**Xtrem: 0...40dS/m zur Messung von Frischbeton

In Feuchtemessbereichen >50% reduziert sich der Leitfähigkeitsbereich.

### MESSBEREICH TEMPERATUR

Messbereich: 0°C ...70°C

In der Sonde SONO-SILO ist ein Temperaturfühler eingebaut der die Gehäusetemperatur am Kopf der Elektronikaufnahme ermittelt. Da die Sondenelektronik mit ca. 1,5W Leistung arbeitet, erwärmt sich das Sondengehäuse in geringfügigem Maße. Eine sehr präzise Messung der Materialtemperatur ist somit nur begrenzt möglich und nur dann, wenn die Elektronikaufnahme komplett vom zu vermessenden Material umgeben ist! Die Materialtemperatur kann nach einer externen Kalibrierung und Kompensation der Sensor-Eigenerwärmung bestimmt werden.

Hochtemperaturvarianten auf Anfrage!

## MESSDATEN-VORVERARBEITUNG

**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

## SIGNALAUSGANG

2 x Analogausgang 0(4)...20mA

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

Ausgang 2: Leitfähigkeit (RbC) oder wahlweise Temperatur bzw. Standardabweichung. 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).

## MESSFELDAUSDEHNUNG

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

## ANSCHLUSSSTECKER

Die Sonde ist mit einem robusten 10-poligen MIL-Stecker ausgestattet. Lieferbar sind vorgefertigte Anschlusskabel mit 4m, 10m oder 25m Länge.

## 9. 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<sup>®</sup>-Radartechnologie