KARL DEUTSCH



Betriebsanleitung

Wanddickenmessgerät
ECHOMETER 1077

Doc No. 7412.077

Betriebsanleitung für das Wanddicken- und Schallgeschwindigkeitsmessgerät

ECHOMETER 1077

KARL DEUTSCH

EM1077BA3.11D.docx Ho/SL 2026-10-01

Diese Anleitung gehört zum Lieferumfang des ECHOMETER 1077 mit der Fertigungsnummer:

Rev. 3.11

© Copyright

KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG
Otto-Hausmann-Ring 101
42115 Wuppertal

Verfasser: Ho

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, vorbehalten.

Kein Teil der Dokumentation darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) ohne Genehmigung der KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Änderungen vorbehalten.

Inhalt **Seite**

1 Zu diesem Handbuch 8
2 Bestimmungsgemäßer Gebrauch, Anwendungsbereiche, Besonderheiten 10
3 Lieferumfang 14
4 Konformität 15
5 Kontakt zu KARL DEUTSCH 16
6 Wichtige Hinweise (vor Inbetriebnahme lesen!) 17
7 Anwendungshinweise 18
8 Prüfkopfanschluss und serielle Schnittstelle 21
9 Bedienung 22
9.1 Tastatur 22
9.2 Navigieren im Menü 25
9.3 Funktionstasten und Infobereich des Displays 26
9.3.1 Belegen der Funktionstasten 28
9.4 Eingabe von numerischen Werten 29
9.5 Eingabe von alphanumerischen Werten (z. B. Dateinamen) 31
9.6 Inbetriebnahme 33
9.6.1 Batterie einsetzen, Batteriewechsel 33
9.6.2 Einschalten, Ausschalten, Justieren 34
9.6.3 Anzeige- und Einstellmodi, Symbole im Messbetrieb 41
9.6.3.1 Anzeigemodus Nur Messwert 42

9.6.3.2 Anzeigemodus Einstellung Verstärkung 45
9.6.3.2.1 Modus AGC (Automatic Gain Control)..... 45
9.6.3.2.2 Modus man. TCG (manual Time Corrected Gain) 46
9.6.3.2.3 Modus Auto TCG (Automatic Time Corrected Gain) 60
9.6.3.2.4 TCG getriggert (bei manuellem Tiefenausgleich man. TCG) 62
9.6.3.2.5 Edit (bei manueller Verstärkungseinstellung) 62
9.6.3.2.6 Edit Auto Max (bei eingeschaltetem Automatikmodus) . 63
9.6.3.2.7 Wahl des passenden Verstärkungsmodus 64
9.6.3.2.8 Angezeigte Werte und Symbole 65
9.6.3.2.9 Hinweise zum Verstärkungsmodus Auto TCG..... 66
9.6.3.2.10 Hinweise zum Verstärkungsmodus AGC..... 67
9.6.3.2.11 Hinweise zum manuellen Verstärkungsmodus 68
9.6.3.3 Anzeigemodus Einstellung Bild- und Blendenbreite 69
9.6.3.4 Anzeigemodus Einstellung Bildbereich..... 71
9.6.3.5 Anzeigemodus Nur Messwert mit Statistikangaben..... 72
9.6.4 Zusätzliche Symbole abhängig vom Mess- und Betriebsmodus..... 75
9.6.5 Signaltöne..... 81
9.6.6 Datenschnittstelle / Datenausgabe 82
10 Menüstruktur 85
11 Einstellungen im Bedienmenü 95
11.1 Justierung 95
11.1.1 Prüfkopf ausmessen 95
11.1.2 Vorlauf auto 97
11.1.3 Vorlauf manuell..... 98

11.1.4 Materialjustierung 99
11.1.5 Mehrpunktjustierung 101
11.2 Messoptionen 107
11.2.1 Echo-Auswertung 107
11.2.2 Trigger-Polarität 109
11.2.3 Anzeige 114
11.2.4 Grenzwerte 121
11.2.5 Material 122
11.2.6 Einheit 123
11.2.7 Blendentyp 124
11.2.8 Messbereich 131
11.2.9 Prüfkopf 134
11.2.10 A-Bild 139
11.2.11 TCG Manuell 140
11.3 Konfigurationen 141
11.3.1 Preset laden 142
11.3.2 Laden 143
11.3.3 Speichern 144
11.3.4 Übertragen (nur wählbar im 19“-Rackmodul 1077.801) 145
11.4 Dateiverwaltung 146
11.4.1 Laden / Neu 147
11.4.1.1 Funktion „Löschen“ 148
11.4.1.2 Funktion „Umbenennen“ 148

11.4.1.3 Funktion „Datei anlegen“ *149*
11.4.1.4 Nach dem Öffnen einer Messwertdatei *150*
11.4.2 Schließen *152*
11.4.3 Drucken *153*
11.4.4 MATX Matrix (nur mit geöffneter Datei verfügbar) *154*
11.4.4.1 MATX Aus *160*
11.4.4.2 MATX Horizontal *160*
11.4.4.3 MATX Vertikal *160*
11.4.5 B-Bild (nur mit geöffneter Datei verfügbar) *161*
11.4.5.1 B-Bild Aus *163*
11.4.5.2 B-Bild Von rechts *163*
11.4.5.3 B-Bild Von links *163*
11.4.5.4 B-Bild Betriebsart *163*
11.4.5.5 B-Bild Messrate *164*
11.4.5.6 B-Bild Konfiguration *164*
11.4.6 Alles löschen *165*
11.4.6.1 Alles löschen ok? *165*
11.5 Geräte-Optionen **166**
11.5.1 Daten-Ausgabe *166*
11.5.2 Schrittweiten *167*
11.5.2.1 Verstärkung *167*
11.5.3 Helligkeit *168*
11.5.4 Hinterleuchtung AUS *169*

11.5.5 Sprache ... 170
11.5.6 Justieren bei Start ... 171
11.5.7 Tastenton ... 171
11.5.8 Auto-AUS ... 172
11.5.9 Freischaltcode ... 173
11.5.10 Werkseinst. laden ... 173
11.5.11 Info ... 174
11.6 AUTO Automatisierung ... 175
11.6.1 AUTO Ausgaberate ... 176
11.6.2 AUTO Ausgabeformat ... 176
11.6.3 AUTO Pulsfolgefrequenz ... 176
11.6.4 AUTO Baudrate ... 177
12 Anwendungstechnische Hinweise ... 178
12.1 Messmodus-Wahl: SI-RE oder RE1-RE2 ... 178
12.2 Einfluss der Kabellänge auf den Messbereich mit dem Kabeltyp RG174 (Standardprüfkabel) ... 180
13 Anmerkungen zu Fehlermeldungen und Warnhinweisen ... 181
14 Tipps und Tricks ... 184
15 Fehlermöglichkeiten und deren Vermeidung ... 184
16 Einflüsse auf Messeignung, Messgenauigkeit und Messbereiche ... 186
17 Anforderungen an die Messung und deren Durchführung ... 189
17.1 Kritische Bedienschritte bei der Ultraschall-Wanddickenmessung ... 191

17.1.1 Justierung der Schallgeschwindigkeit 191
17.1.2 Temperatureinfluss bei der Justierung 193
17.1.3 Justierblöcke 193
17.1.4 Prüfkopfauswahl 194
17.1.5 Koppelmittel 194
18 Reinigung des Geräts 195
19 Entsorgung 196
20 Technische Daten nach DIN EN ISO 16831 198
21 Tabelle akustischer Materialeigenschaften 205

1 Zu diesem Handbuch

Diese Betriebsanleitung ist gültig für die Geräteversion

ECHOMETER 1077 Data
mit 5 Messwertspeichern (für jeweils bis zu 999 Messwerte) und 50 Speicherplätzen für Konfigurationen.

Inhalte für spezielle Applikationen und Ausbaustufen sind durch entsprechende Symbole gekennzeichnet:

Ausbaustufe/Applikation	***Symbol***
Betrieb mit Zweischwinger[1]-Prüfköpfen	2
Echo-Auswertungen über mehrfache Rückwandechos (siehe Menüpunkt **Messoptionen » Echo-Auswertung**: automatisch im Modus **AUTO** oder fest gewählt über den Modus **RE1-RE2**)	RE-RE

[1] Zweischwinger-Prüfköpfe werden auch SE-Prüfköpfe genannt

Upgrade-Modul (Art.-Nr.: 1910.001) enthält:

Automatisierung 

Upgrade-Modul (Art.-Nr.: 1910.002) enthält:

Erweiterter Speicher (Erweiterung auf 25 Messwertspeicher) 

Matrix 

B-Scan 

- Hinweise, die mit dem Zeichen ⚠ markiert sind, müssen gelesen und beachtet werden, um die Qualität des Prüfprozesses nicht zu beeinträchtigen.
- Wissenswerte Zusatzhinweise sind mit dem Info-Symbol 𝒊 gekennzeichnet.

2 Bestimmungsgemäßer Gebrauch, Anwendungsbereiche, Besonderheiten

- **Bestimmungsgemäßer Gebrauch:** Das ECHOMETER 1077 ist ein Gerät zur Messung und Speicherung von Wanddicken und Schallgeschwindigkeiten schallleitender Materialien. Die korrekte Handhabung des Messgeräts für den bestimmungsgemäßen Gebrauch ist in diesem Handbuch beschrieben. Falls für den bestimmungsgemäßen Gebrauch Zubehör benötigt wird, darf nur gerätespezifisches KARL DEUTSCH - Zubehör oder ausdrücklich von KARL DEUTSCH freigegebenes Zubehör verwendet werden.
- **A-Bild:** Zur Beobachtung des Signalverlaufs und der Triggerpunkte für die Messungen kann ein A-Bild, wahlweise zusammen mit Messwerten und anderen Parametern, dargestellt werden. So sind hochgenaue Messungen auch in schwierigen Situationen mit z.B. stark dämpfenden Materialien oder Phasendrehungen im Signalverlauf möglich.
- **Prüfköpfe:** Das Gerät arbeitet mit Einschwinger- und Zweischwinger-Prüfköpfen.
- **Vorlaufstrecke:** Einschwinger-Prüfköpfe können mit und ohne Delay Line (Vorlaufstrecke) verwendet werden.

- **Fremde Prüfköpfe:** Neben den Prüfköpfen aus dem KARL DEUTSCH - Programm können oft auch bereits anwenderseitig vorhandene Prüfköpfe eingesetzt werden. Physikalische Voraussetzungen für die Verwendbarkeit eines Prüfkopfs ist ein breitbandiges Frequenzverhalten zur Erzeugung möglichst klar definierter kurzer Puls- und Echosignale. Mithilfe des Signalverlaufs in der A-Bild-Darstellung und den darin vom Gerät markierten Messpunkten kann - gegenüber den konventionellen Messgeräten ohne A-Bild - besonders gut beurteilt werden, ob der Prüfkopf für den jeweiligen Messzweck geeignet ist.
- **Betriebsarten:** Zusätzlich zum automatischen Betriebsmodus **AUTO** stehen mehrere manuell selektierbare Betriebsarten zur Verfügung, mit denen die für die Messung relevanten Signalbereiche ausgewählt werden können:
  - **SI-RE**[2] (Sendeimpuls – Rückwandecho)
  - **RE1-RE2** (Rückwandecho – Rückwandecho)
- RE-RE **Beschichtetes Material:** Im Modus **RE1-RE2** kann auch durch eine Beschichtung gemessen werden.

[2] SI = Sendeimpuls; RE = Rückwandecho

- **Triggerung im Nulldurchgang:** Für eine besonders hohe Messgenauigkeit erfolgt die Triggerung immer im Nulldurchgang des Schallsignals. Zusätzlich wählbar ist die Richtung des Signalverlaufs beim jeweils relevanten Nulldurchgang, um ggf. Phasendrehungen zu berücksichtigen (siehe Abschnitt 11.2.2, Trigger-Polarität).
- **Automatische Verstärkung:** Der (neben manueller und automatischer Verstärkungsregelung) wählbare automatische Tiefenausgleich (**Auto TCG**) kompensiert die Signaldämpfung der bis zu vier ersten Echos und verstärkt diese auf gleiche Bildschirmhöhe. Dadurch stehen gerade bei Materialien mit hoher Signaldämpfung im Regelfall gut auswertbare Mehrfachechos ohne Signal-Übersteuerung zur Verfügung.
- **Automatisches Ausschalten[3]:** Zur Verlängerung der Betriebszeit im Batteriebetrieb schaltet sich das Gerät nach etwa 5 Minuten ohne Tastenbetätigung und Messung selbsttätig aus. Einstellung und Justierung bleiben beim Ausschalten erhalten.

Eine externe Stromversorgung, z. B. über die USB-Schnittstelle, deaktiviert die automatische Ausschaltfunktion.

[3] Das automatische Ausschalten kann bei Bedarf deaktiviert werden

- Die Display-Anzeigen und Elemente sind farblich kodiert:

Symbole	grün:	Betrieb ok
	rot:	Fehler oder Probleme sind aufgetreten
Messwerte	weiß:	angekoppelter Prüfkopf
	grau:	Prüfkopf ist nicht angekoppelt
	grün:	Messwert liegt innerhalb der Grenzwerte[4]
	rot:	Grenzwertüberschreitung[4]
Parameter	gelb:	Parameter manuell veränderbar
	blau	Parameter, der gerade verändert wird
Umrandung A-Bild (bei der Justierung)	rot:	Prüfung auf ausreichende Anzahl geeigneter Signale
	grün:	Messvorgang
A-Bild	weiß:	Signalbereich, in dem Messpunkte möglich sind
	rot:	Bereich, in dem das Signal übersteuert ist
	gelb:	Totzeit (Messpunkte nicht zugelassen)
	grau:	Vorlaufstrecke

[4] falls Grenzwertüberwachung aktiv (siehe Abschnitt 11.2.4)

3 Lieferumfang



Bild 1: Lieferumfang im Tragekoffer (Beispiel)

- ECHOMETER im Schutzholster
- 2 Batterien, Größe AA
- Koppelmittel ECHOTRACE
- Tragekoffer

Zubehör (optional):

- Prüfkopf
- Prüfkopf-Griffhülse
- Prüfkopf-Schutzfolien
- Schnittstellenkabel 1657.314
- PC-Software „EasyExport“[5]

[5] KARL DEUTSCH - Artikelnummer: 2905.001

4 Konformität



EG-Konformitätserklärung
EC-Declaration of Conformity

KARL DEUTSCH

Angaben zum Gerät:
Details on the Device:

Gerät: *Instrument* E1077

Typ: *Type* 1077.020

Fertigungsnummer: *Serial Number* 10030

Wir bestätigen hiermit, dass das Gerät / System in Übereinstimmung mit der Niederspannungs-Richtlinie (2006/95/EG) und der EMV-Richtlinie (2004/108/EG), mit dem Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) vom 01.12.2011 und mit dem EMV-Gesetz (EMVG) vom 29.07.2009 entwickelt und gefertigt wurde.

We hereby confirm that the device / system complies with the EC directives "Low voltage equipment" (2006/95/EC), and the "Electromagnetic compatibility" (2004/108/EC), also with the corresponded German safety regulations (ProdSG), dated 01.12.2011, and the German EMC law (EMVG), dated 29.07.2009.

Zur Beurteilung wurden die folgenden harmonisierten Normen und Standards herangezogen:

The following harmonized technical standards and regulations have been used for judgement:

EN 61000-4-3 :2011
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren - Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder

Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test

EN 61000-4-2 :2009
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 4-2: Prüf- und Messverfahren - Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität

Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques. Electrostatic discharge immunity test

EN 61326-1:2012
Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte - EMV-Anforderungen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen

Electrical equipment for measurement, control and laboratory use - EMC requirements - Part 1: General requirements

EN 61010-1:2010
Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte; Teil 1: Allgemeine Anforderungen

Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use; Part 1: General requirements

KARL DEUTSCH
Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG
Otto-Hausmann-Ring 101
42115 Wuppertal
Germany

09.04.13
(Datum / date)

(Unterschrift / signature)
EMV-Beauftragter / *EMC Authorized Person*
Entwicklung Elektronische Betriebsgeräte / *Development of Portable Instruments*
(Angaben zum Unterzeichner / *position of signer*)

Seite / page 1 von / of 1

CE Wir bestätigen hiermit, dass das Gerät / System in Übereinstimmung mit der Niederspannungs-Richtlinie (2006/95/EG) und der EMV-Richtlinie (2004/108/EG), mit dem Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) vom 01.12.2011 und mit dem EMV-Gesetz (EMVG) vom 29.07.2009 entwickelt und gefertigt wurde. Zur Beurteilung wurden die folgenden harmonisierten Normen und Standards herangezogen:

EN 61000-4-3 :2011: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder

EN 61000-4-2 :2009: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Teil 4-2: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität

EN 61326-1:2012: Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – EMV-Anforderungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

EN 61010-1:2010: Sicherheitsbestimmungen für : Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte, Teil 1: Allgemeine Anforderungen

5 Kontakt zu KARL DEUTSCH

Sie erreichen uns wie folgt:

Montags bis donnerstags	08:00 Uhr – 12:00 Uhr / 13:00 Uhr – 16:00 Uhr
Freitags	08:00 Uhr – 14:00 Uhr
Telefon	(+49 -202) 7192-0
E-Mail	info@karldeutsch.de
Internet-Homepage	www.karldeutsch.de
Postsendungen schicken Sie an	KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG Postfach 132354 42050 Wuppertal Deutschland
Hausadresse	Otto-Hausmann-Ring 101 42115 Wuppertal Deutschland

6 Wichtige Hinweise (vor Inbetriebnahme lesen!)

⚠ ***Kein Betrieb in explosiver Umgebung:*** *Das Gerät darf nicht in explosionsgefährdeten Umgebungen betrieben werden. Beachten Sie die für Sie zutreffenden Schutzbestimmungen.*

⚠ ***Regelmäßige Kontrolle der Anzeigegenauigkeit:*** *Um anderweitig nicht erkennbaren Einflüssen auf das Messergebnis vorzubeugen, sollte vor Beginn und von Zeit zu Zeit während der Messungen die Anzeigegenauigkeit anhand von Referenzteilen überprüft werden, deren Dicken bekannt sind und den zu messenden Werkstücken entsprechen. Durch regelmäßige Kontrollmessungen an vergleichbaren Prüfteilen mit bekannter Wanddicke können Messfehler eliminiert und die ordnungsgemäße Funktion des Prüfsystems getestet werden.*

- **Prüfkopf-Schutzkappe abnehmen:** Prüfköpfe werden meist mit einer Schutzkappe zum mechanischen Schutz der Schallaustrittsfläche ausgeliefert.

  ⚠ *Die Prüfkopf-Schutzkappe muss vor dem Messen entfernt werden.*

7 Anwendungshinweise

- **Hohe Messpräzision mit Delay-Line-Prüfköpfen:** Die höchste Messpräzision wird mit Delay-Line-Prüfköpfen bei Auswertung von Rückwandechofolgen (Menü **Messoptionen » Echoauswertung » RE1 – RE2**) erzielt.
- **Ankopplung:** Zuverlässigkeit und Genauigkeit aller Messungen hängen auch davon ab, wie gut der Prüfkopf an das zu messende Werkstück angekoppelt wird. Im Regelfall ist ein (meist flüssiges) Koppelmittel notwendig, um die Schallenergie zwischen Prüfkopf und Werkstück zu übertragen. Je dünner der Koppelfilm ist, desto mehr Schallenergie wird übertragen und desto genauer sind die Ergebnisse der Messung. Vor dem Aufbringen des Koppelmittels sollten daher auch Schmutz oder sonstige Ablagerungen von der Kontaktfläche des Prüfkopfes und vom Werkstück entfernt werden. Falls der Anzeigemodus **Nur Messwert** aktiv ist, achten Sie bitte immer darauf, dass das Koppelsymbol einen vollständig aufgesetzten Prüfkopf zeigt (siehe Abschnitt 9.6.4). Wenn der Messwert schwankt oder das Koppelsymbol eine schlechte Signalqualität meldet, sollten Sie die Ankopplung verbessern und den Messwert durch Vergleichsmessungen bestätigen. Hilfreich ist auch die Umschaltung auf eine A-Bild-Darstellung zur optischen Bewertung des Signals.
- **Anpressdruck:** Für wiederholbare Messergebnisse ist es notwendig, den Anpressdruck des Prüfkopfs ungefähr konstant zu halten. Bei der RE1-RE2-Messmethode (Messung von Rückwandechofolgen) ist dieser Einfluss aber sehr gering.

- **2 Gekrümmte Oberflächen bei Messungen mit SE-Prüfköpfen:** SE-Prüfköpfe haben getrennte Sender- und Empfängerschwinger. Die Lage von Sender und Empfänger sowie die dazwischen liegende Trennschicht sind an der Kontaktfläche sichtbar. Die Ausrichtung von Sender und Empfänger bezüglich des Werkstücks kann bei gekrümmten oder nichtparallelen Oberflächen das Messergebnis beeinflussen. Insbesondere bei Rohren muss deshalb die Linie der akustischen Trennschicht senkrecht zur Rohrachse stehen.

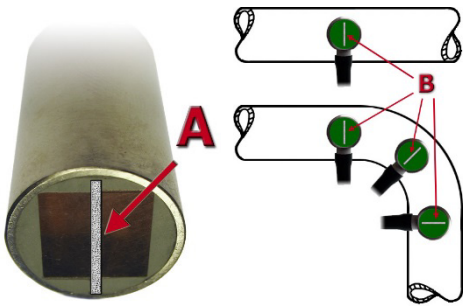


Bild 2: Prüfkopf so aufsetzen, dass die Linie der akustische Trennschicht (A, Blick von unten auf die Schallaustrittsfläche, Prüfkopfbeispiel) senkrecht zur Rohrachse ausgerichtet ist (rechts oben).
Auch bei der Messung auf Rohrkrümmungen muss die Linie der akustische Trennschicht (B, Ansichtsskizze mit Blick von oben und drei Beispielpositionen) senkrecht zur Rohrachse positioniert sein (rechts unten).

- **Externe Einflüsse auf die Messungen, Messbereiche und Messunsicherheiten:** Bei Ultraschall-Dickenmessungen können u.a. Temperatur, Werkstückgeometrie, Werkstückeigenschaften und Ankoppelbedingungen das Messergebnis beeinflussen. Die angegebenen Messbereiche und Messunsicherheiten gelten für feinkörnigen Stahl mit planparallelen, glatten Oberflächen und wenn die Prüfköpfe ohne Verschleißschutzfolie betrieben werden. Bei anderen Materialien, Geometrien und Oberflächen sowie bei Verwendung von Verschleißschutzfolien können sich die Messbereichsgrenzen einengen und Messunsicherheiten vergrößern.
- **Literatur und Normen:** Umfangreichere Hinweise zu Wirkungsweise, Einflussgrößen und Grenzen bei der Ultraschall-Dickenmessung finden sich u. a. im Buch „Dickenmessung mit Ultraschall“ (ISBN 3-87155-940-7) und der DIN EN ISO 16809 „Zerstörungsfreie Prüfung - Dickenmessung mit Ultraschall“.
- **Spannungsüberwachung:** Das ECHOMETER überwacht die Batteriekapazität und schaltet sich bei nicht ausreichender Versorgungsspannung automatisch ab. Einstellung und Justierung bleiben beim Ausschalten erhalten.

8 Prüfkopfanschluss und serielle Schnittstelle

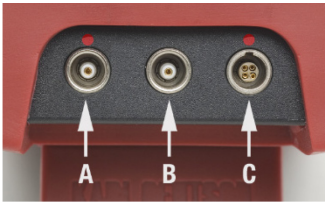


Bild 3: Anschlussbuchsen des ECHOMETER 1077

A = Prüfkopf-Anschlussbuchse für Einschwinger-Prüfkopf oder Empfänger eines SE-Prüfkopfs (markiert mit rotem Punkt; für das Kabel eines SE-Prüfkopfs mit **roter** Zugentlastungstülle)

B = Prüfkopf-Anschlussbuchse für Sender eines SE-Prüfkopfs

C = Serielle Schnittstelle (roter Punkt, Lemo-Buchse mit **vier** Kontakten)

Über das KARL DEUTSCH - Kabel 1657.314 kann die serielle Schnittstelle des Messgeräts (C) mit der USB-Schnittstelle eines PC verbunden werden.

9 Bedienung

Die Tasten des ECHOMETER haben abhängig vom Betriebsmodus des Geräts unterschiedliche Funktionen, die in den folgenden Abschnitten erläutert sind:

9.1 Tastatur



- EIN/AUS - Taste
- Bestätigung der Eingabe oder des angezeigten Wertes
- Menüaufruf
- Markierten Menüpunkt aktivieren
- Bei Eingaben über die Auswahlmatrix (Buchstaben und Zeichen): Auswahl- und Eingabemarkierung nach rechts bewegen
- Bei Ziffern-Eingaben: Bestätigung des aktuellen Werts

Im weiteren Verlauf des Texts wird diese Taste mit MENU OK *symbolisiert.*

Der Druckpunkt der Taste befindet sich unter dem Zeichen .



- Verlassen des aktuellen Menüpunkts » eine Menüebene höher
- Bei Eingaben über die Auswahlmatrix (Buchstaben und Zeichen): Auswahl- und Eingabemarkierung nach links bewegen
- In den Anzeigemodi **Nur Messwert** (siehe Abschnitt 9.6.3.1) und **Nur Messwert mit Statistikangaben** (siehe Abschnitt 9.6.3.5): Messwertausgabe über die Schnittstelle, wenn Menüpunkt **Daten-Ausgabe » Ein** (auch automatisch aktiviert, wenn auf dem angeschlossenen PC das Programm „EasyExport“ läuft)

Im weiteren Verlauf des Textes wird diese Taste mit ESC symbolisiert.

Der Druckpunkt der Taste befindet sich unter den Buchstaben ESC.



- Wechsel des Anzeigemodus
- Auswahlbalken des Menüs nach oben bewegen.
- Inkrementieren (d.h. Erhöhen eines angezeigten Wertes)



- Wechsel des Anzeigemodus
- Auswahlbalken des Menüs nach unten bewegen.
- Dekrementieren (d.h. Verkleinern eines angezeigten Wertes)



- Drei Funktionstasten, beschriftet mit **F1**, **F2** und **F3**

  Die Belegung der Tasten wechselt in Abhängigkeit vom jeweiligen Anzeigemodus.
  Mehr Informationen zu den Funktionstasten finden Sie in Abschnitt 9.3.

9.2 Navigieren im Menü

- MENU OK ruft das Bedienmenü auf.
- Mit den Pfeiltasten  wählen Sie den gewünschten Menüpunkt und aktivieren ihn über die Taste MENU OK. Gegebenenfalls verzweigen Sie auf die gleiche Art in weitere Untermenüs.
- Einstellungen werden mit MENU OK bestätigt. Mit ESC verlassen Sie den Menüpunkt ohne Aktivierung und kehren in die nächst höhere Menüebene zurück (siehe Menüstruktur in Abschnitt 10).

Das Menü ist kontextsensitiv und verändert die mögliche Auswahl von Menüpunkten auf Basis der aktuellen Modi oder Parameter. Grau dargestellte Menüpunkte können nicht angewählt werden.

9.3 Funktionstasten und Infobereich des Displays

Direkt unterhalb des Displays befinden sich die drei Tasten **F1**, **F2** und **F3** mit vom Betriebsmodus abhängiger Belegung.

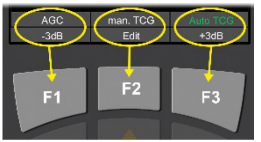


Bild 4: Beispiel für eine Belegung der drei Funktionstasten und Anzeige im Infobereich des Displays

Die jeweils aktuelle Belegung wird im **Infobereich** des Displays direkt oberhalb der zugehörigen Taste angezeigt (siehe Markierungen in Bild 4).

Jede Taste kann mit bis zu zwei Funktionen belegt sein, wobei dann zwei übereinander liegende Felder im Infobereich des Displays zu sehen sind.

- Aufruf der Funktion des **unteren** Felds:
  Zugehörige Taste **kurz** drücken.
- Aufruf der Funktion des **oberen** Felds (falls vorhanden):
  Zugehörige Taste **lang** drücken.

Beispiel für die Funktionen in Bild 4:
Oben (AGC, man. TCG, Auto TCG): **lang** drücken
Unten (-3dB, Edit, +3dB): **kurz** drücken

*Im Anzeigemodus **Nur Messwert** können die Funktionstasten variabel belegt werden und es gibt keine Doppelbelegung im Infobereich.*

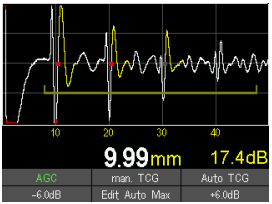


Bild 5: Infobereich angezeigt

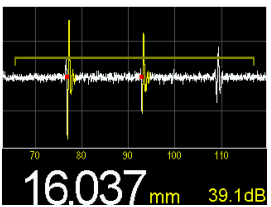


Bild 6: Infobereich verborgen

Wenn der Infobereich nicht zu sehen ist:

Infobereich anzeigen:
Druck auf eine Funktionstaste.

Infobereich verbergen:
ESC drücken

*Nicht möglich in den Modi **Nur Messwert** und **Nur Messwert mit Statistikangaben**, hier werden die Funktionstasten ständig angezeigt.*

9.3.1 Belegen der Funktionstasten

Schnellzugriff während der Messungen: Im Anzeigemodus **Nur Messwert** sind die drei Funktionstasten mit je einem frei wählbaren Menüpunkt belegbar.

Die Belegung in den anderen Anzeigemodi ist vorgegeben und nicht veränderbar.

Zur Belegung einer Funktionstaste gehen Sie wie folgt vor:

- Das Menü aufrufen und den gewünschten Menüpunkt anwählen.
- Die Funktionstaste, auf die dieser Menüpunkt gelegt werden soll, so lange drücken, bis das Gerät ein Tonsignal erzeugt und das Menü schließt.
- Im Infobereich des Displays ist im Anzeigemodus **Nur Messwert** der gewählte Menüpunkt jetzt oberhalb der entsprechenden Funktionstaste abzulesen.

9.4 Eingabe von numerischen Werten

Wo im Menü?

Justierung » Materialjustierung » Materialdicke eingeben
Messoptionen » Grenzwerte » Setzen
Messoptionen » Messbereich » Min/Max
Messoptionen » Material » Schallgeschwindigkeit
Messoptionen » Material » Wanddicke
Messoptionen » Anzeige » Differenz
Geräte-Optionen » Freischaltcode

Anzeige:

(Beispiel: Grenzwerte setzen, hier Minimum)

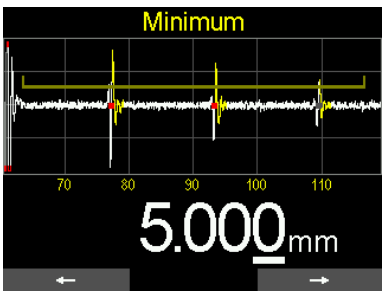


Bild 7: A-Bild (oben), Eingabewert (Mitte) und Funktionstastenbelegung (unten). Die veränderbare Ziffer ist unterstrichen.

Bedienung: Verschieben der Markierung nach rechts (**F3**) oder links (**F1**). Inhalt der aktuellen Eingabeposition mit den Pfeiltasten  verändern.

Zeichenauswahl und Reihenfolge:
[Leerzeichen] **0123456789**

Bestätigen: Funktionstaste MENU OK drücken.

Verlassen: Funktionstaste ESC drücken.

9.5 Eingabe von alphanumerischen Werten (z. B. Dateinamen)

Wo im Menü?

Dateiverwaltung » Laden / Neu » Umbenennen
Dateiverwaltung » Laden / Neu » Datei anlegen
Konfigurationen » Speichern » Umbenennen
Konfigurationen » Speichern » Neu
Konfigurationen » Laden » Umbenennen

Anzeige:

(Beispiel: Eingabe eines Dateinamens)



Bild 8: Eingabe mithilfe einer Zeichenmatrix

Bedienung: **Cursor bewegen**: Verschieben des Cursors nach oben oder unten mit den Pfeiltasten, nach rechts mit der Taste MENU OK und nach links über die Taste ESC. So kann auch zwischen Auswahlmatrix (obere drei Zeilen) und Eingabezeile (untere Zeile) gewechselt werden:

Zeichenangebot wechseln: Mit kurzem Druck auf die Taste F2 [ABC abc 123] wechselt jeweils der Zeichentyp in der Auswahlmatrix:
» Großbuchstaben » Kleinbuchstaben » Ziffern + Sonderzeichen » Großbuchstaben » Kleinbuchstaben » usw.

Zeichen einfügen: Die aktuelle Cursorposition in der Eingabezeile bestimmt den Ort, an dem das in der Auswahlmatrix markierte Zeichen mit kurzem Druck auf die Taste **F3** [Zeichen Einfg] eingefügt wird.

Zeichen löschen: (nur wenn der Cursor in der Eingabezeile ist):
Über die Taste **F1** [Zeichen Löschen] wird das Zeichen links von der aktuellen Cursorposition gelöscht.

Bestätigen: Über die Taste **F3**[6] [Ok]

Verlassen: Über die Taste **F1**[6] [Abbrechen]

[6] zugehörige Funktionstaste etwas länger drücken (etwas länger als Klick mit sofortiger Freigabe)

9.6 Inbetriebnahme

9.6.1 Batterie einsetzen, Batteriewechsel

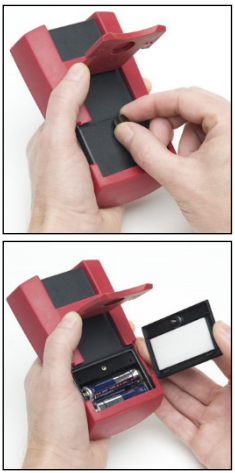


Bild 9: Öffnen des Batteriefachs

- Vor erstmaliger Inbetriebnahme und bei verbrauchten Batterien müssen neue Batterien eingesetzt bzw. die vorhandenen ausgewechselt werden. Für die erstmalige Inbetriebnahme befinden sich im Lieferumfang zwei 1,5-V-Lithium-Zellen der Baugröße AA/IEC R6 (Mignon).
- Nach dem Lösen der Rändelschraube auf der Geräterückseite (Bild 9, oben) kann der Deckel des Batteriefachs abgenommen werden (Bild 9, unten).
- Das Hinweisschild im Batteriefach informiert über die korrekte Polung beim Einsetzen der Batterien.

Batterien nur bei ausgeschaltetem Gerät wechseln!

Sowohl Lithium- wie auch AlMn-Batterien (Größe AA/IEC R6, 1,5 V) können verwendet werden. Aufgrund ihrer deutlich höheren Kapazität verfügen Lithium-Batterien aber über eine längere Nutzungsdauer.

9.6.2 Einschalten, Ausschalten, Justieren

- **Einschalten** mit Druck auf MENU OK. Nach einem Signalton wird kurz die Gerätekennung angezeigt.

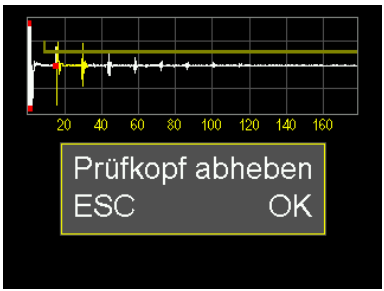
Mit dem anschließenden „Ausmessen“ des angeschlossenen Prüfkopfs ermitteln Sie prüfkopfspezifische Parameter und die davon beeinflussten, automatisch eingestellten Messparameter, wie Blendenbreite und -position, AGC (automatische Verstärkung) und Totzeit.

Mit ESC kann das Ausmessen des Prüfkopfs übersprungen werden. Das Gerät ruft dann die zuletzt aktiv gewesenen Einstellungen auf. Die vor dem Ausschalten ggf. durchgeführten Messungen können jetzt weitergeführt werden. Überprüfen Sie die Plausibilität der Messwerte anhand eines Referenz-Prüfteils.

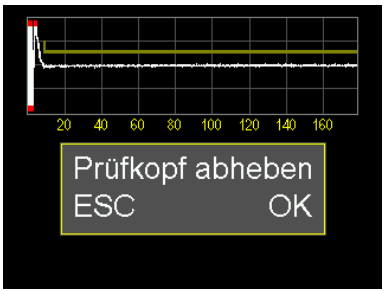
2 *Schmalbandige SE-Prüfköpfe können normalerweise nicht automatisch erkannt werden. Der Prüfkopftyp muss in diesem Fall manuell eingegeben werden (siehe Abschnitt 11.2.9).*

- **Automatisches Ausmessen des Prüfkopfs**: Falls der Prüfkopf auf ein Prüfstück aufgesetzt ist: Heben Sie den Prüfkopf ab, wie im Anzeigefenster gefordert. Anschließend drücken Sie MENU OK, um das Ausmessen zu starten.

Bei abgehobenem Prüfkopf ermittelt das Gerät nun zunächst die prüfkopfeigenen Parameter (z. B. Vorlaufstrecke etc.) und gibt anhand der Ergebnisse den Dickenbereich einer Schallstrecke vor, auf die der Prüfkopf zum Fortsetzen des Ausmessens nun aufgesetzt werden soll.



Prüfkopf mit Delay-Line



Direktkontakt-Prüfkopf (ohne Echo)

Bild 10: Bildschirm (Beispiele) nach dem Start des Ausmessens. Der Signalinhalt variiert je nach angeschlossenem Prüfkopftyp.

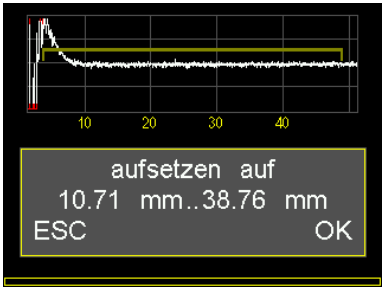
- **Messung mit aufgesetztem Prüfkopf**: Setzen Sie nun den Prüfkopf (mittig) auf eine Schallstrecke[7] der angegebenen Dicke (vorzugsweise aus Stahl oder einem anderen Werkstoff mit geringer Schalldämpfung).

Wenn aktuell eine Schallgeschwindigkeit eingestellt ist, die stark von 5920 m/s (Stahl) abweicht, wird zusätzlich ein zweiter Bereich basierend auf der aktuellen Schallgeschwindigkeit angezeigt. Der Schallpfad auf Stahl ist mit „(St)“ gekennzeichnet. Die Messung kann wahlweise auf einem der beiden vorgeschlagenen Schallpfade und Materialien durchgeführt werden.

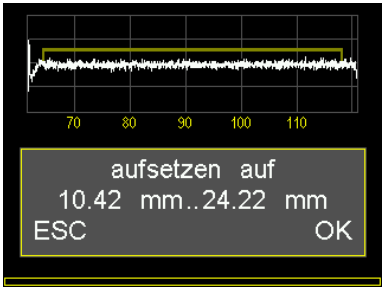
Das Material der Prüfteils sollte ausreichend breit sein, um die Bildung von störenden Nebenechos zu vermeiden.

Diese Messung erfordert eine stabile Ankopplung über mehrere Pulszyklen. Benutzen Sie deshalb ausreichend Koppelmittel und setzen Sie den Prüfkopf während des Messvorgangs ohne Positionsänderung mit gleichmäßigem Druck auf.

[7] als Schallstrecke ist hier der Bereich des Prüfteils gemeint, der vom Schallstrahl durchlaufen wird. Alle angegebenen und angezeigten Werte beziehen sich auf den einfachen Schallweg, also die Strecke, die der für die Messung relevanten Materialdicke entspricht.



Direktkontakt-Prüfkopf



Prüfkopf mit Delay-Line

Bild 11: Bildschirm (Beispiele) bei (noch) abgehobenem Prüfkopf mit der Aufforderung den Prüfkopf auf den vorgeschlagenen Schallpfad aufzusetzen

- Anschließend beginnt das Ausmessen mit einer kurzen Prüfung, ob geeignete Signale verfügbar sind, gefolgt von der eigentlichen Messprozedur (grüner Rahmen um das A-Bild). Die Dauer beider Vorgänge kann über einen Fortschrittsbalken beobachtet werden. Nach dem erfolgreichen Ausmessen zeigt das Display die ermittelten Prüfkopfparameter an:

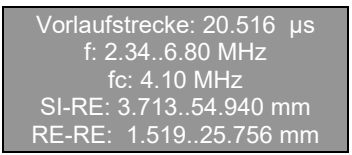


Bild 12: Prüfkopfparameter (Beispiel: Prüfkopf mit Vorlaufstrecke)

Überprüfen Sie die angezeigten Prüfkopf-Parameter auf Plausibilität, bevor die Messungen aufgenommen werden. Benutzen Sie dazu ggf. das Datenblatt des Prüfkopf-Herstellers. Bei unplausiblen Parametern muss das Ausmessen wiederholt werden.

*Nach dem Ausmessen wird der Verstärkungsmodus automatisch auf **AGC** gestellt (manuelle Änderung der Verstärkung: siehe Abschnitt 9.6.3.2).*
*Kontakt-Prüfköpfe werden auf die Echo-Auswertung **SI-RE** eingestellt, Prüfköpfe mit Vorlaufstrecke auf **Auto** (siehe Abschnitt 11.2.1).*

Nach dem Ausmessen von Kontakt-Prüfköpfen wird die Blendenbreite automatisch auf 50 mm eingestellt und der Blendenstart so weit wie möglich nach links, in Richtung des Sendepulses gesetzt (manuelle Änderung von Blendenstart und -breite: siehe Abschnitt 9.6.3.3).

Die aktuellen Werte des ausgemessenen Prüfkopfs werden zusammen mit den gewählten Parametern beim Ausschalten gespeichert und bleiben so lange erhalten, bis erneut justiert wird oder andere Parameter eingestellt werden.

Die automatische Prüfkopf-Erkennung funktioniert nur dann, wenn bei der Justierung eindeutige Echos erzeugt werden. Automatische Erkennung auf konvexen oder konkaven Oberflächen ist aufgrund der Mehrdeutigkeit der Echos nicht möglich.

Ein erneutes Ausmessen des Prüfkopfs ist immer dann notwendig, wenn

- *der Prüfkopf gewechselt wurde*
- *sich die Temperatur geändert hat oder*
- *ein Verschleiß am Prüfkopf aufgetreten ist.*

- Falls gewünscht, können die Parameter des ausgemessenen Prüfkopfs über den Menüpunkt **Konfigurationen » Speichern** für eine eventuelle spätere Verwendung abgespeichert werden.

- **Ausschalten** mit längerem Druck auf MENU OK. Nach dem Anzeigen der Gerätekennung schaltet sich das Messgerät aus.

⚠ *Es wird empfohlen, von Zeit zu Zeit während der Messungen die Anzeigegenauigkeit anhand von Referenzteilen bekannter Dicke zu überprüfen und bei Bedarf neu zu justieren.*

⚠ *Falls das Gerät längere Zeit ausgeschaltet bleibt oder die Stromversorgung alternativ über ein angeschlossenes USB-Kabel erfolgt: Batterien entnehmen, um eine potenzielle Geräteschädigung durch Auslaufen zu vermeiden.*

9.6.3 Anzeige- und Einstellmodi, Symbole im Messbetrieb

Im Messbetrieb kann über die Pfeiltasten  einer von **bis zu fünf** Anzeigemodi ausgewählt werden. Jeder Anzeigemodus bietet unterschiedliche Einstellmöglichkeiten.

Die folgenden **Anzeigemodi** stehen zur Verfügung:

1. **Nur Messwert**
2. **Einstellung Verstärkung**
3. **Einstellung Bild- und Blendenbreite**
4. **Einstellung Bildbereich**
5. **Nur Messwert mit Statistikangaben (nur bei geöffneter Datei)**

*Der letzte Modus kann durch die Anzeige von **Matrix** oder **B-Bild** (falls Ausbaustufe vorhanden) ersetzt sein, siehe Abschnitte 11.4.4 bzw. 11.4.5.*

Wählen Sie Modus 1 oder 5 um die Datenausgabe über ESC zu möglichen.

Beim Aus- und Wiedereinschalten wird der gewählte Anzeigemodus beibehalten.

9.6.3.1 Anzeigemodus **Nur Messwert**

Besonderheiten:

- Kein A-Bild
- Funktionstastenbelegung immer sichtbar
- Anzeigesymbol zur Art der aktuellen Echoauswertung
- Nur hier: Batteriestandsanzeige
- Nur hier: Prüfkopf-Ankopplungssymbol
- Nur hier: Symbol für den aktuellen Prüfkopftyp
- Nur hier: benutzerdefinierte Funktionstasten; Anzeige und Programmierung
- Nur hier: Mit Druck auf ESC wird der aktuelle Messwert über die Schnittstelle ausgegeben (Voraussetzung: **Geräte-Optionen » Daten-Ausgabe** ist auf **Ein** gestellt[8]; z.B. können Sie so über diese Taste Daten in jedes geeignete Windows®-Anwendungsprogramm schicken, was in der Lage ist, Daten über die Schnittstelle zu empfangen). Weitere Informationen zur Datenausgabe finden Sie im Abschnitt 9.6.6.

[8] Die KARL DEUTSCH – PC-Software EasyExport arbeitet unabhängig von der Einstellung dieses Menüpunkts: Sobald der PC angeschlossen und EasyExport gestartet ist, kann ESC gedrückt werden, um den aktuellen Messwert zu übertragen.

Angezeigte Werte und Symbole:



Bild 13: Anzeigemodus „Nur Messwert“ bei Wanddickenmessung mit einer Auflösung von 0,001 mm (Beispiel)



Messung erfolgt zwischen erstem und zweitem Rückwandecho (weitere mögliche Symbole: s. Abschnitt 11.2.1).



Messung erfolgt mit positiver Triggerpolarität (weitere mögliche Symbole: s. Abschnitt 11.2.2).



USB-Kabel angeschlossen (alternativ zur Batteriestandsanzeige, s.u.): Das Gerät wird über die USB-Schnittstelle versorgt (weiß = Spannung ausreichend zwischen 4,7 V und 5,2 V; sonst rot).



Batteriestandsanzeige (nur bei Stromversorgung über Batterien oder Akkus)
leer ▸ ▸ voll



Aktueller Messwert



Zugrunde liegende Schallgeschwindigkeit (oder Wanddicke bei Schallgeschwindigkeitsmessung)



Aktuelle Eingangs-Verstärkung



Angeschlossener Prüfkopftyp:
Ein-Schwinger



Angeschlossener Prüfkopftyp:
Zwei-Schwinger (SE)



Aktuelle Belegung der darunter angeordneten Funktionstaste (im Beispiel Belegung mit dem Menüpunkt „Justierung“)



Messoptionen » Anzeige » Mittelwert ist aktiviert.
Die bis zu 4-stellige Zahl gibt die Anzahl der zur Mittelwertbildung herangezogenen Messwerte an (Maximalwert 9999).

9.6.3.2 Anzeigemodus **Einstellung Verstärkung**

Besonderheiten:

- A-Bild-Anzeige
- Nur hier möglich: Verstärkungseinstellung (AGC, Auto TCG, man. TCG, manuell)

*Der jeweils aktive Verstärkungsmodus ist grün markiert (weiß = inaktiv). Sind alle Benennungen **AGC**, **man. TCG** und **Auto TCG** weiß, ist die **manuelle Verstärkungseinstellung** aktiv.*

9.6.3.2.1 Modus AGC (Automatic Gain Control)

Ein- und Ausschalten: **F1 lang** drücken.

Automatische Empfindlichkeitseinstellung, bei der das erste Echo innerhalb der Blende so verstärkt wird, dass dessen maximaler Amplitudenhub etwa 95 % der Displayhöhe beträgt. Die Amplituden der Folgeechos hängen dann von der Dämpfung des Materials ab. Ausschalten des **AGC**-Modus durch nochmalige Aktivierung der Funktion.

9.6.3.2.2 Modus man. TCG (manual Time Corrected Gain)

Ein- und Ausschalten: **F2 lang** drücken.

Der manuelle Tiefenausgleich ist ab Version 1.31 (siehe Abschnitt 11.5.11) der Betriebssoftware standardmäßig eingebaut.

Der manuelle, individuell einstellbare Tiefenausgleich wird dann verwendet, wenn mehrere unterschiedliche Verstärkungen im Signallaufweg benötigt werden, um die Signalamplituden auf ungefähr gleichbleibende Höhe zu bringen.

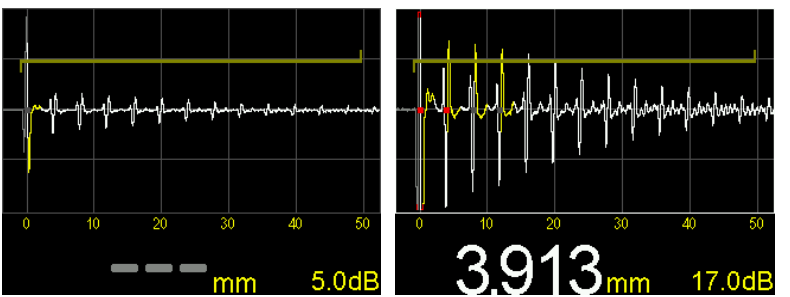


Bild 14: Beispiel: Das Eintrittsecho (Oberfläche) ist ca. 12 dB höher als das erste Rückwandecho. Der „man. TCG“ dämpft das Eintrittsecho und verstärkt die Folgeechos auf etwa gleiche Höhe (rechts).

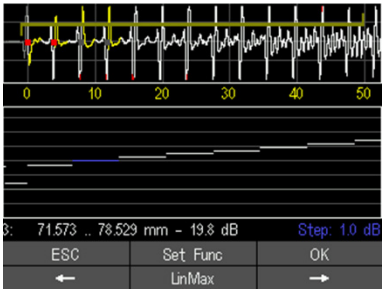


Bild 15: Die Oberfläche des Editors für „man. TCG“ (manueller Tiefenausgleich). Im Beispielbild wird das Eintrittsecho um etwa 12 dB weniger verstärkt als das erste Rückwandecho. Die Folgeechos werden alle mit linear ansteigender Verstärkung auf ein ähnliches Level gebracht.

Beim Wechsel von einer anderen Verstärkungsart nach „man. TCG“ gibt das Gerät eine leicht ansteigende Verstärkungskurve standardmäßig vor. Die im Regelfall mit der Laufzeit abfallenden Amplituden werden dadurch bereits in geringem Maße kompensiert.

Wenn nacheinander mehrfach „man. TCG“ (ohne zwischendurch in einen anderen Verstärkungsmodus zu wechseln) aufgerufen wird, ist immer die jeweils zuletzt eingestellte Verstärkungskurve wieder aktiv.

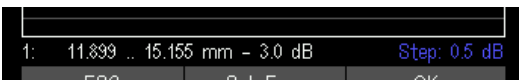
Der TCG ist analog realisiert und benötigt eine geringe Reaktionszeit. Dadurch kann es zu leichten zeitlichen Verschiebungen zwischen der Darstellung der Kurve und dem A-Bild kommen.

Als „Stützpunkt“ wird im Folgenden ein Bereich der Korrekturkurve bezeichnet, für den die Position, Breite und Geräteverstärkung individuell einstellbar sind.

Zum Editieren aktivierte Stützpunkte sind blau markiert.

Jeder Stützpunkt hat eine individuell einstellbare Dauer.

*In der Infozeile über der F-Tasten-Beschriftung werden die Parameter **Start**, **Ende** und **Verstärkung** zum aktuellen Stützpunkt angezeigt. Zusätzlich ist (rechts in Blau: „Step“) die aktuelle **Schrittweite** der Verstärkungsänderung angezeigt, die zugrunde liegt, wenn die Verstärkung über die Pfeiltasten oder geändert wird. Die Schrittweite der Verstärkungsänderung entspricht der Schrittweite im Anzeigemodus **Verstärkung** (siehe Abschnitt 9.6.3.2) und kann über gleichzeitiges Drücken von **F1** und **F3** geändert werden: jeweils aufeinanderfolgende Wechsel zwischen den Schrittweiten 0,5 dB » 1,0 dB » 3,0 dB » 6,0 dB » 12,0 dB » 0,5 dB usw.*



Infozeile: Nr. des Stützpunkts, Start .. Ende, Verstärkungsstufe und Schrittweite

Im TCG-Editor sind die Tasten wie folgt belegt:

- **F1 kurz**: Die Stützpunktauswahl springt 1 Segment nach links.
  Wenn das linke Segment ausgewählt ist, werden alle Segmente markiert und die nachfolgende Bearbeitung erfolgt gemeinsam für alle Segmente[9].
- **F1 lang**: Abbruch der TCG-Bearbeitung, alle Änderungen werden verworfen
- **F2 kurz**: **F2 grün** Einstellen der Verstärkung des Start- (nach **F1 kurz**) oder Endsegments (nach **F3 kurz**) der gesamten Verstärkungskurve, damit kann die „Neigung" der aktiven Kurve festgelegt werden.
  Um Segmente individuell zu modifizieren, muss **F2** erneut gedrückt werden: **F2 grün** wird dann wieder zu **F2 weiß**
  F2 weiß Wahl der Anzahl von Stützpunkten für die Korrekturkurve, bei jedem Druck nacheinander:
  Lin 4 = 4 Stützpunkte
  Lin 8 = 8 Stützpunkte
  LinMax = maximal mögliche Anzahl von Stützpunkten (15)
- **F2 lang**: Aktivierung der über **F2 kurz** eingestellten Verstärkungskurve (anschließende Anzeige **F2 grün**).
- **F3 kurz**: Die Stützpunktauswahl springt 1 Segment nach rechts[9].

[9] Wenn eine der linearen Funktionen aktiv ist (z. B. **Lin8** ist grün) dann lassen sich nur der erste und letzte Stützpunkt aktivieren und verändern.

- **F3 lang**: Bestätigung der TCG-Bearbeitung, alle Änderungen werden übernommen und die Eingabe deaktiviert
- ESC **F2 weiß**: aktuell gewählten Stützpunkt verschmälern
- MENU OK **F2 weiß**: aktuell gewählten Stützpunkte verbreitern
- : **F2 grün**: Erhöhung der Verstärkung des Start- bzw. Endsegments
  F2 weiß: Erhöhung der Verstärkung des ausgewählten Stützpunkts
- : **F2 grün**: Verringerung der Verstärkung des Start- bzw. Endsegments
  F2 weiß: Verringerung der Verstärkung des ausgewählten Stützpunkts

*Wenn eine der linearen Funktionen (**Lin 4**, **Lin 8**, **LinMax**) aktiviert ist, kann man nur die Höhe des ersten und letzten Stützpunkts verändern. Alle dazwischen liegenden Stützpunkte werden linear interpoliert.*

Bedienbeispiel: Übernahme der TCG-Kurve vom Verstärkungsmodus Auto TCG

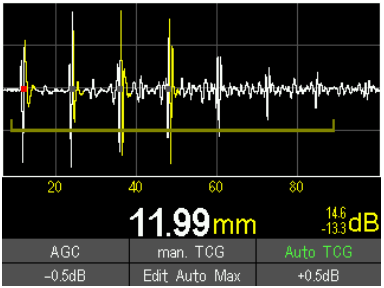


Bild 16: Mit Auto TCG werden die ersten 4 Echos auf etwa 90% BSH verstärkt

- **Auto TCG** einschalten.
  Die ersten vier Echos werden auf 90 % BSH verstärkt.

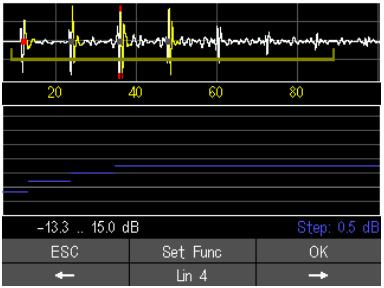


Bild 17: Korrekturkurve vom der Funktion ATCG

- **man. TCG** einschalten
- Die angezeigte Korrekturkurve ist die Kurve, die dem **Auto TCG** zugrunde lag. In diesem Beispiel gibt es je einen Stützpunkt für die vier ausgewerteten Echos.
- Jeder Stützpunkt kann nun einzeln bearbeitet werden.

Bedienbeispiel: Eine der vordefinierten Korrekturkurven anpassen

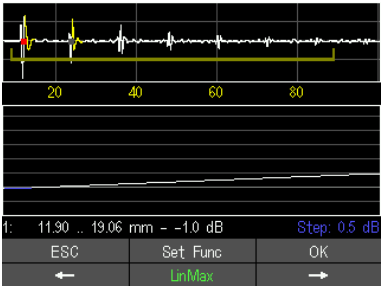


Bild 18: Korrekturkurve LinMax mit aktiviertem linken Stützpunkt (blau markiert)

Eine vordefinierte Korrekturkurve verbindet den linken mit dem rechten Stützpunkt und kann durch Verändern der Start- und Endpunkte in Höhe und Neigung verändert werden.

- **man. TCG** einschalten.
  Angezeigt wird jetzt die zuletzt aktiv gewesene Korrekturkurve.
- **F2** mehrmals kurz drücken, bis die gewünschte Funktion **Lin 4**, **Lin 8** oder **LinMax** über der Taste **F2** angezeigt wird. Im Beispiel wird **LinMax** gewählt.
- **F2 lang** drücken und damit über **Set Func** die Korrekturkurve **LinMax** aktivieren (leuchtet dann grün).
- Der linke Stützpunkt (im Beispiel: 11,90 .. 19,06 mm, -10 dB Verstärkung) der Korrekturkurve ist blau markiert und kann über und in der Verstärkung angepasst werden.
- Mit **F3 kurz** wird der rechte Stützpunkt aktiviert, um auch dort die Verstärkung über und anzupassen.

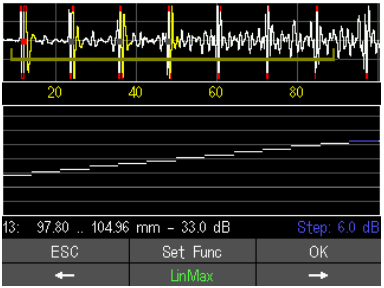


Bild 19: Das laufzeitkorrigierte A-Bild mit nahezu gleichen Amplituden wird zu Kontrollzwecken oberhalb der Korrekturkurve angezeigt

- Am A-Bild oberhalb der Korrekturkurve kann die Auswirkung der mit zunehmender Laufzeit steigenden Verstärkung beobachtet werden.
- **F3 lang** drücken, um den TCG-Editor zu verlassen und die aktuelle Korrekturkurve zu übernehmen.

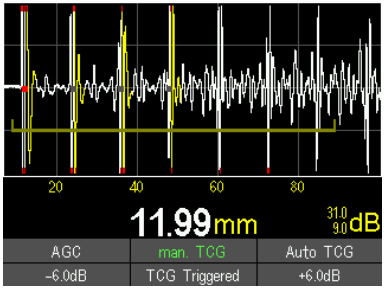


Bild 20: Laufzeitkorrigiertes A-Bild im Anzeigemodus „Einstellung Verstärkung“

- Rückkehr in den normalen Anzeigemodus **Einstellung Verstärkung** mit aktivierter Verstärkungskorrektur **man. TCG** (leuchtet grün).

Bedienbeispiel: Eine individuelle TCG-Korrekturkurve erstellen

Bei einer individuellen Korrekturkurve wird die Verstärkung der einzelnen Stützpunktbereiche an die dort existierende, spezifische Schallschwächung angepasst. Das kann z. B. bei der Dickenmessung in mehrlagigen Kunststoffen erforderlich sein, wenn nur Grenzechos (Übergangsechos zwischen verschiedenen Materialien) mit sehr niedriger Amplitude erzeugt werden.

In diesem Fall ist es erforderlich, den Bereich, in dem die Grenzechos auftreten, so weit zu verstärken, dass dort eine Auswertung der Signale möglich wird.



Bild 21: Kurvenverlauf ohne Verstärkungskorrektur

- Die Kurve in Bild 21 zeigt das Ultraschallsignal eines zweilagigen Kunststoffteils. Die beiden Kunststofflagen haben unterschiedliche akustische Eigenschaften und es soll die Dicke der vom Prüfkopf abgewandten Lage gemessen werden (Bereich unterhalb der Blende).
- Bei etwa 2,5 mm ist ein kleines Grenzecho zu sehen, das vom Übergang der beiden Lagen hervorgerufen wird. Bei etwa 4,3 mm liegt das Rückwandecho.

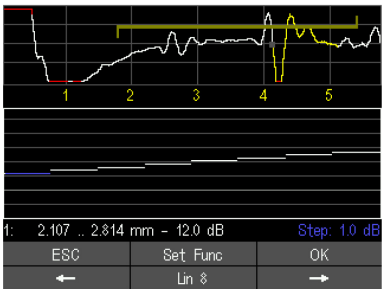


Bild 22: Korrekturkurve Lin 8 mit aktiviertem linken Stützpunkt

- Das Grenzecho ist zu klein, so dass es nicht als Messpunkt für eine RE1-RE2-Messung erkannt wird.
- Mit **man. TCG** soll der Bereich des Grenzechos so weit verstärkt werden, dass ein Messpunkt erkannt wird.
- **man. TCG** einschalten.
  Angezeigt wird jetzt die zuletzt aktiv gewesene Korrekturkurve
- Der Einfachheit halber soll zunächst eine der vordefinierten Korrekturkurven geladen werden. Dazu **F2** mehrmals **kurz** drücken, bis die gewünschte Funktion **Lin 4**, **Lin 8** oder **Lin-Max** über der Taste **F2** angezeigt wird. Im Beispiel wird **Lin 8** gewählt.
- **F2 lang** drücken und damit über **Set Func** die Korrekturkurve **Lin 8** aktivieren (Bezeichnung im Infofeld leuchtet grün).
- **F2 kurz** drücken, damit die geladene Korrekturkurve zum Editieren freigeschaltet wird (Bezeichnung im Infofeld ist wieder weiß).

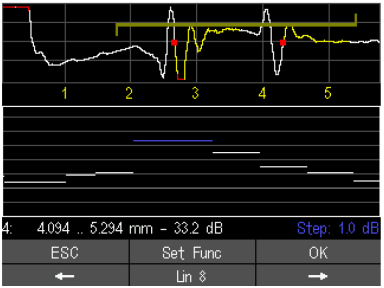


Bild 23: Korrekturkurve Lin 8 mit aktiviertem Stützpunkt unterhalb des Grenzechos

- Mit **F1 kurz** oder **F3 kurz** den Stützpunkt der Korrekturkurve wählen, der verändert werden soll. Im Beispiel (Bild 23) wird dazu der vierte Stützpunkt von links genommen, der unterhalb des Grenzechos liegt und nach oben verschoben wird, um die Amplitude des Grenzechos soweit zu erhöhen, dass stabil ein (roter) Messpunkt erscheint.
- Veränderung des aktiven Stützpunkt über:
  / » Verstärkung erhöhen/reduzieren
  ESC » Verschiebung des Startpunkts
  MENU OK » Veränderung der Breite
- Die restlichen Stützpunkte können so angepasst werden, dass die Messpunkte stabil und ortstreu erscheinen und die Kurve nicht übersteuert.
- Mit **F3 lang** (OK) wird die Korrekturkurve für den normalen Messbetrieb übernommen.

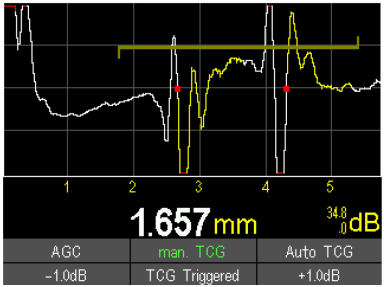


Bild 24: Messbetrieb mit aktiviertem manuellen Tiefenausgleich (man. TCG)

- Normaler Messbetrieb: Der manuelle Tiefenausgleich **man. TCG** ist aktiviert (Bezeichnung im Infofeld leuchtet grün) und die beiden Messpunkte (Grenzecho – Rückwandecho) liefern im Modus **RE1-RE2** die Dicke der zweiten Materialschicht.

9.6.3.2.3 Modus Auto TCG (Automatic Time Corrected Gain)

Ein- und Ausschalten: **F3 lang** drücken.

Automatischer Tiefenausgleich, bei dem die ersten vier Echos mit einer laufzeitabhängigen Verstärkung auf (etwa) die gleiche Anzeigenhöhe gebracht werden. Ausschalten des Modus **Auto TCG** durch nochmaliges, längeres Drücken von **F3**. Oder: Wechsel in den Modus **man. TCG** durch (längeren) Druck auf **F2**. Dabei wird der aktuelle Korrekturwert von **Auto TCG** dauerhaft übernommen und oberhalb von **F2** wechselt die Farbe des Labels **man. TCG** zu Grün (= aktiv).

i ***Tipp:*** *Die in vielen Messsituationen sinnvoll einsetzbare Automatikfunktion von* ***Auto TCG*** *kann bei extremen Messbedingungen an ihre Grenzen stoßen, z. B. wenn unerwünschte Zwischenechos zu hoch verstärkt werden. Das ist keine Fehlfunktion des Gerätes, sondern auf die besonderen Messbedingungen zurückzuführen.*
Die Automatikfunktion ***Auto TCG*** *basiert auf einem Regelkreis, der naturbedingt immer eine gewisse Zeit benötigt, um sich auf die Messbedingungen einzustellen. Sollte eine Reaktion auf (sich gegebenenfalls ändernde) Messbedingungen nicht nötig oder gewünscht sein, oder soll eine Einregelzeit bewusst vermieden werden, kann von* ***Auto TCG*** *zu* ***man. TCG*** *gewechselt werden (s. o.).*

*Ob tatsächlich alle vier infrage kommenden Echos mit **Auto TCG** auf gleiche Höhe gebracht werden können, hängt von der eingestellten Maximalverstärkung (änderbar über die Funktion "Edit Auto Max") und der Materialdämpfung ab. Bei zu geringer Verstärkung und/oder zu großer Materialdämpfung ist es möglich, dass die Amplituden später liegender Echos auch kleiner dargestellt werden, weil die aktuelle Maximalverstärkung zu gering ist.*

9.6.3.2.4 TCG getriggert (bei manuellem Tiefenausgleich man. TCG)

Bei aktiviertem manuellen Tiefenausgleich (siehe Abschnitt 9.6.3.2.2, **man. TCG** leuchtet grün) kann über **F2 kurz** der Start der Korrekturkurve festgelegt werden:

TCG getriggert weiß: Die Korrekturkurve startet mit dem Sendepuls.
TCG getriggert grün: Die Korrekturkurve startet mit dem ersten Echo nach dem Sendepuls. Wenn das erste Echo nach dem Sendepuls das Materialeintrittsecho ist, kann so bei einer sich ändernden Vorlaufstrecke sichergestellt werden, dass die eingestellte Korrekturkurve immer im vorgesehenen Materialbereich liegt.

9.6.3.2.5 Edit (bei manueller Verstärkungseinstellung)

Nach dem Aufruf dieser Funktion öffnet sich das Fenster **Verstärkung Manuell**, in dem der Wert für die aktuelle manuelle Verstärkung eingegeben werden kann (Eingabe siehe Abschnitt 9.4).

*Alternativ kann die manuelle Verstärkung über die Funktionen **+3dB / -3dB** verändert werden.*

9.6.3.2.6 Edit Auto Max (bei eingeschaltetem Automatikmodus)

Nach dem Aufruf dieser Funktion öffnet sich das Fenster **Verstärkung Auto** zur Eingabe der maximalen Verstärkung[10] für die beiden Automatikmodi **AGC** und **Auto TCG** (Eingabe siehe Abschnitt 9.4).

i ***Tipp:*** *Falls das Ultraschallsignal zu stark rauscht, reduzieren Sie die maximale Verstärkung, um die Nutzsignal-Erkennbarkeit zu erhöhen.*

+3dB / -3dB: Über diese Funktionen kann die Verstärkung im Bereich -10 dB bis +55 dB (Eingabe siehe Abschnitt 9.4) manuell verändert werden.

i *Vor der manuellen Verstärkungsänderung muss ein ggf. aktiver Automatikmodus **AGC** oder **Auto TCG** beendet werden (d. h. langes Drücken auf die zugehörige Funktionstaste bis deren (Feld-)Beschriftung im Infobereich wieder weiß ist).*

i ***Schrittweite der manuellen Verstärkung ändern:*** *Wenn die Funktionstasten **F1** und **F3** gleichzeitig gedrückt werden, verändert sich die Schrittweite für die manuelle Verstärkungsänderung und die zugehörigen Felder der Funktionstasten werden entsprechend beschriftet. Im Standard ist als Schrittweite **3 dB** eingestellt. Bei Betätigung werden nacheinander und wiederkehrend die Stufen **0,5 dB, 1 dB, 3 dB, 6 dB und 12 dB** durchfahren. Die eingestellte Schrittweite bleibt beim Aus- und Wiedereinschalten erhalten.*

[10] siehe Technische Daten

9.6.3.2.7 Wahl des passenden Verstärkungsmodus

*Für Standardmessungen ist der automatische Messmodus **AGC** optimal. Falls ungünstige Messbedingen die Verwendung dieses Messmodus verhindern, sollte zur **manuellen Verstärkungseinstellung** gewechselt werden.*
*Anstelle des automatischen Messmodus **AGC** kann auch der automatische Messmodus **Auto TCG** eingesetzt werden, wenn eine laufzeitabhängige Verstärkungsregelung gewünscht ist und die messtechnischen Rahmenbedingungen das zulassen (s. o.).*
*Der manuelle Tiefenausgleich **man. TCG** kommt zum Einsatz, wenn die Messung unterschiedliche Verstärkungen im Schalllaufweg benötigt, z. B. wenn ein relevantes Echo gegenüber den anderen Echos besonders klein ist und deshalb dessen Amplitude mit einer anderen Verstärkung vergrößert werden muss.*

9.6.3.2.8 Angezeigte Werte und Symbole

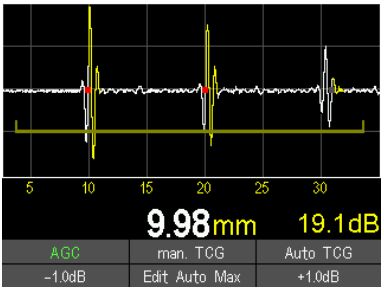


Bild 25: Anzeigemodus „Einstellung Verstärkung“ bei Wanddickenmessung (Beispiel) und aktiver Verstärkungsautomatik AGC. Gemessen wird zwischen den Nulldurchgängen im ersten und zweiten Echo (rote Messpunkte).



Messbereichsskala (ausgeblendet bei Schallgeschwindigkeitsmessungen)



Aktuelle Belegung der darunter angeordneten Funktionstaste



Aktuelle Verstärkung, in den Modi **Auto TCG** und **man. TCG** werden stattdessen der Minimal- und der Maximalwert der Tiefenausgleichskurve angezeigt.



Aktueller Messwert

Die vom Gerät akzeptierten Messpunkte im Nulldurchgang sind farbig gekennzeichnet:

Rote Markierung = für die Messwertermittlung verwendeter Nulldurchgang

Graue Markierung = vom Gerät gemessener Nulldurchgang ohne Verwendung als Messpunkt, z. B. zur Verifikation einer genügend großen Anzahl von Folgeechos

9.6.3.2.9 Hinweise zum Verstärkungsmodus Auto TCG

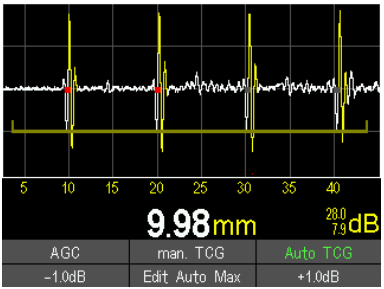


Bild 26: Modus Einstellung Verstärkung mit aktivem Tiefenausgleich Auto TCG (hier mit vier amplitudenkorrigierten Echos, wovon die beiden ersten zur Messung verwendet werden)

*Bei aktivem Tiefenausgleich **Auto TCG** wird die Verstärkung laufzeitabhängig so variiert, dass die ersten vier Echos auf nahezu gleiche Höhe (ca. 95 % des vertikalen Darstellungsbereichs für Signale) verstärkt werden.*

*Abhängig von der Schallschwächung im Material und von der aktuellen Verstärkung ist es möglich, dass Folgeechos nicht mehr das Amplitudenniveau der vorhergehenden Echos erreichen. Falls gewünscht, kann dann versucht werden, die maximale Verstärkung über **Edit Auto Max** (**F2**) zu erhöhen.*

9.6.3.2.10 Hinweise zum Verstärkungsmodus AGC

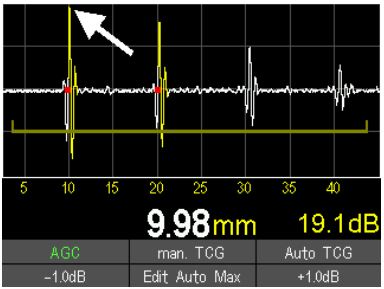


Bild 27: Im Modus AGC wird das Maximum des ersten Echos automatisch auf 95 % Skalenhöhe eingestellt (Pfeil).

In diesem Modus wird das Maximum des ersten (**SI-RE**) oder des zweiten (**RE1-RE2**) Echos automatisch auf 95 % der Skalenhöhe eingepegelt. Die Messung ist einwandfrei, solange eine ausreichende Anzahl von relevanten Folgeechos empfangen werden kann, die eine genügend hohe Amplitude besitzen.

Abhängig von der Dämpfung im Schallverlauf kann es sein, dass die relevanten Folgeechos mit deutlich geringerer Amplitude empfangen werden, so dass nur drei Folgeecho-Auswertungen möglich sind. Messungen mit Kontaktprüfköpfen (im Gegensatz zu Delay-Line-Prüfköpfen) sind prinzipiell durch evtl. schwierige Schallübergänge zwischen Prüfkopf und Material anfällig für eine zu hohe Signaldämpfung.

9.6.3.2.11 Hinweise zum manuellen Verstärkungsmodus



Bild 28: Im Beispielbild "übersteuern" die ersten beiden Echos (Signalspitzen werden rot). Die vom Gerät akzeptierten Messpunkte im Nulldurchgang sind farbig gekennzeichnet:
rot ■ = für die Messwertermittlung verwendet
grau ■ = für die Verifikation einer genügend großen Anzahl von Folgeechos verwendet

Die manuelle Verstärkungseinstellung ist für ungewöhnliche Signalverläufe gedacht und erfordert während einer Messreihe u. U. ein ständiges Nachregeln: Die zur Messung verwendeten Signale dürfen nicht zu klein sein. Moderate Übersteuerungen bis etwa 10 dB verfälschen in der Regel den Messwert nur sehr gering. Bei unproblematischen Signalverläufen sollten Sie deshalb aus ergonomischen Gründen zunächst probieren, ob die Automatik-Einstellungen **Auto TCG** oder **AGC** ausreichend sind.

*Wenn der Signalverlauf eine hohe manuelle Verstärkungseinstellung erfordert, kann es sein, dass die ersten Kurvenzüge des Signals übersteuern. Durch die vom Gerät durchgeführte Messung im **Nulldurchgang** ist die Messwertermittlung trotzdem im Regelfall problemlos möglich, solange die Übersteuerung nicht zu ausgeprägt ist.*

9.6.3.3 Anzeigemodus **Einstellung Bild- und Blendenbreite**

Besonderheiten:

- A-Bild-Anzeige
- Nur hier möglich: Einstellung von Bild- und Blendenbereich, Trigger und Echowahl

Angezeigte Werte und Symbole:

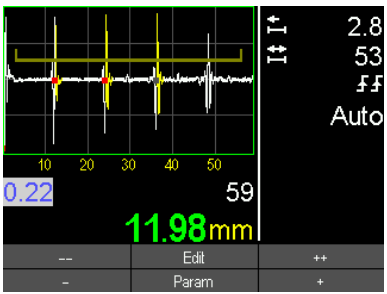


Bild 29: Anzeigemodus „Einstellung Bildbereich“ bei Wanddickenmessung (Beispiel) mit Werten für Bild und Blende, Triggermodus und Echoauswahl



Messbereichsskala
Blendenstart mit Wert
Blendenbreite mit Wert
Triggermodus (Symbole s. 11.2.2)
Echoauswahl (Symbole s. 11.2.1)
Wertverminderung (große Schritte)
Wertverminderung (kleine Schritte)
Werterhöhung (große Schritte)
Werterhöhung (kleine Schritte)
Aufruf der numerischen Eingabe
Parameterauswahl (bei jeder Betätigung springt die Editier-Auswahl zum nächsten Parameter)

Abhängig von der gewählten Anzeigeauflösung ist es möglich, dass Parameteränderungen über die Tasten -- - ++ + aufgrund der reduzierten Nachkommaanzeige im unterlegten Feld nicht bei jedem Tastendruck angezeigt werden.
Wenn keine Nachkommastellen angezeigt werden, kann es z. B. sein, dass bei Tastendruck auf F3 der aktuelle Wert von 3 auf 3,4 erhöht wird, aber aufgrund der Darstellungsrundung die Werteanzeige bei 3 bleibt. Erst der nächste Tastendruck würde den Wert auf 3,8 erhöhen und den Anzeigewert rundungsbedingt auf 4 steigen lassen.

Der minimal einstellbare Bildbereich beträgt 2,5 mm Stahl.

*Beim Verändern von Blendenwerten (Start, Breite) wird der Bildbereich automatisch so gesetzt, dass die Blende vollständig angezeigt wird (Bildbereich Start = Blendenanfang – 5 % der Blendenbreite; Bildbereich Ende = Blendenende + 5 % der Blendenbreite). Soll der angezeigte Bildbereich nicht der Blende entsprechen, müssen also **zunächst** die Blende und **anschließend** der Bildbereich eingestellt werden. Sobald der Eingabefokus die Parameter für die Blendeneinstellung verlässt, wird der vorherige Bildbereich wieder eingestellt.*

9.6.3.4 Anzeigemodus **Einstellung Bildbereich**

Besonderheiten:

- A-Bild-Anzeige
- Nur hier möglich: Zoomanzeige von Blenden- und Bildbereich.

Angezeigte Werte und Symbole:

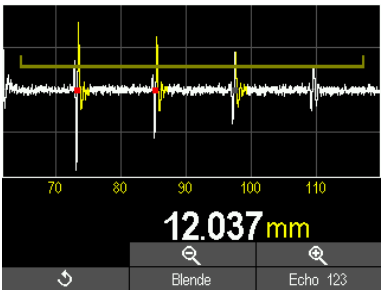


Bild 30: Anzeigemodus „Einstellung Bildbereich“ bei Wanddickenmessung (Beispiel) mit Anzeige der Funktionstastenbelegung



Messbereichsskala

Detaillierte Anzeige von Echo 1. Bei nochmaligem Druck (und falls vorhanden) werden nacheinander auch die Echos 2 und 3 detailliert angezeigt.



Signal wird im Bereich der Blende über das Display gespreizt dargestellt



Signal schmaler darstellen

Signaldarstellung vergrößern

Rückkehr zur Darstellung mit der ursprünglichen Messbereichsbreite

9.6.3.5 Anzeigemodus **Nur Messwert mit Statistikangaben**

Besonderheiten:

- wie im Anzeigemodus **Nur Messwert**

  aber:

- Nur sichtbar bei einer geöffneten Datei
- Funktionstastenbelegung immer sichtbar und fest belegt mit Funktionen zur Dateiverwaltung

*Mit Druck auf ESC wird der aktuelle Einzelmesswert über die Schnittstelle ausgegeben (dazu muss zuvor der Menüpunkt **Geräte-Optionen » Daten-Ausgabe** auf Ein gestellt werden). Weitere Informationen zur Datenausgabe finden Sie in Abschnitt 9.6.6.*
*Mit Druck auf **F3** wird der aktuelle Einzelmesswert in die geöffnete Datei geschrieben.*
*Für beide Vorgänge muss der Prüfkopf angekoppelt sein. Ein nicht angekoppelter Prüfkopf erzeugt eine Fehlermeldung (Popup-Fenster **Aufsetzen** und/oder Fehlerpiep).*

Angezeigte Werte und Symbole:



Bild 31: Anzeigemodus „Nur Messwert mit Statistikangaben“

Das kleine Symbol in der oberen Zeile zeigt an, dass der Anzeigemodus **Mittelwert** aktiv ist (siehe Abschnitt 11.2.3)

Zusätzlich zu den Angaben im Anzeigemodus **Nur Messwert** werden die folgenden Symbole unterhalb des Messwerts angezeigt:

Maximal gemessener Wert

Minimal gemessener Wert

Arithmetischer Mittelwert

Standardabweichung[11] gemäß

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)^2}{n-1}}$$

(hier Beispielzahl aus Bild 31): Anzahl der aktuell in der geöffneten Datei gespeicherten Messwerte.

[11] Die Standardabweichung wird immer mit der höchstmöglichen internen Auflösung berechnet und erst anschließend für die Anzeige gerundet. Sie basiert **nicht** auf den schon gerundeten Werten, die sich aus der jeweiligen Wahl der Anzeige- und Ausgabe-Messeinheit ergeben. Wird die Standardabweichung extern mithilfe von Daten ermittelt, die über die Schnittstelle geschickt werden, können sich deshalb Unterschiede ergeben.

Datei ABCD (hier Beispielwert aus Bild 31): Bezeichnung der geöffneten Datei

Werte löschen Alle Werte der geöffneten Datei löschen

Wert löschen Löscht den jeweils zuletzt eingefügten Wert. Bei mehrfacher Betätigung werden die Werte in umgekehrt chronologischer Reihenfolge gegenüber dem Einschreiben gelöscht.

Datei schließen Die aktuelle Datei wird geschlossen und der Modus **Nur Messwert mit Statistikangaben** wechselt zu **Nur Messwert**.

Wert speichern Speichern des aktuell angezeigten Messwerts in die geöffnete Datei

9.6.4 Zusätzliche Symbole abhängig vom Mess- und Betriebsmodus

Nach dem Einschalten und bei ungültigen Werten wird an Stelle des Messwerts dieses Symbol angezeigt



Messung erfolgt zwischen Sendeimpuls und 1. Rückwandecho (SI-RE)



Messung erfolgt zwischen zwei Rückwandechos



Der Prüfkopf ist aufgesetzt, das Gerät misst zwischen zwei Rückwandechos

Der Prüfkopf ist aufgesetzt, das Gerät misst zwischen dem Sendepuls und dem 1. Rückwandecho



Nur im RE1-RE2-Modus
Ein Messwert kann nicht ermittelt werden, weil innerhalb der Blende kein auswertbares zweites Rückwandecho vorhanden ist. Der dann grau angezeigte Messwert ist nicht aktuell: Es handelt sich dabei um den letzten ordnungsgemäß ermittelten Messwert.

⚠ *Beachten Sie, dass der angezeigte Messwert **nicht aktuell** ist!*



Nur im RE1-RE2-Modus
Ein Messwert konnte nicht ermittelt werden. Überprüfen Sie die Echofolge (A-Bild mit Messpunkten) auf Plausibilität und Auswertbarkeit.

⚠ *Beachten Sie, dass der angezeigte Messwert **nicht aktuell** ist!*

Signal-symbol in Gelb, z.B.:







Mit einem **gelben** Signalverlauf werden "unsichere Messwerte" gekennzeichnet: Der angezeigte Wert wurde vom Messgerät ermittelt, aber konnte **nicht verifiziert** werden. Ursachen sind z.B.:

- Schlechte Schallankopplung (Menge des Koppelmittels ausreichend? Koppelmittel über die gesamte Koppelfläche aufgebracht? Raue Materialoberfläche, z.B. Guss?)
- Zu große Schallschwächung im Material
- Bauteilgeometrie kompliziert, so dass der Prüfkopf nur mit schlechter Schallankopplung aufgesetzt wurde (z.B. bei Messung auf konkavem oder konvexem Material, an Kanten, auf unebener Oberfläche usw.)
- Im **RE1-RE2**-Modus: Für die Messwertermittlung konnten nur zwei Folgeechos ausgewertet werden. Ein auswertbares drittes Folgeecho zur Verifizierung stand nicht zur Verfügung.

⚠ *Wird dieses Symbol angezeigt, muss das Messergebnis auf Plausibilität geprüft werden (z. B. liegt der angezeigte Wert im Erwartungsbereich und/oder im Messbereich des Prüfkopfs?).*



SE-Prüfkopf



Einschwinger-Prüfkopf



Anzeigemodus **Min-Ma**x (siehe Abschnitt 11.2.3 - Anzeige – Min-Max)



Anzeigemodus **Differenz**, rechts daneben wird der Referenzwert angezeigt (siehe Abschnitt 11.2.3 - Anzeige – Differenz)



OFL = Overflow (Wert zu hoch)
UFL = Underflow (Wert zu niedrig)



Grenzwert-Alarm aktiv,
im Beispiel: Grenzwert oben = 16,000, Grenzwert unten = 15,500
(siehe Abschnitt 11.2.4)



Messwert in grün: innerhalb des erlaubten Grenzwertbereichs
(siehe Abschnitt 11.2.4)



Messwert in dunkelrot: kleiner als der erlaubte Grenzwertbereich
(siehe Abschnitt 11.2.4)



Messwert in hellrot: größer als der erlaubte Grenzwertbereich
(siehe Abschnitt 11.2.4)



Messwert in weiß: Grenzwertüberwachung inaktiv
(siehe Abschnitt 11.2.4)



Messwert in grau: Störung bei der Auswertung. Der angezeigte Messwert stammt aus der letzten erfolgreichen Messung und ist nicht aktuell.
(siehe Abschnitt 9.6.4)



Anzeige in mm (Dicke, siehe Abschnitt 11.2.6 - Einheit)



Anzeige in Inch (Dicke, siehe Abschnitt 11.2.6 - Einheit)



Anzeige in m/s (Schallgeschwindigkeit, siehe Abschnitt 11.2.6 - Einheit)



Anzeige in inch/µs (Schallgeschwindigkeit, siehe Abschnitt 11.2.6 - Einheit)



Anzeige in µs (Zeit, siehe Abschnitt 11.2.6 - Einheit)



Daten-Ausgabe über die Schnittstelle aktiviert (siehe Abschnitt 11.5.1)



Anzeige (animiert) während einer Datenübertragung (z. B. Zugriff vom PC)

9.6.5 Signaltöne

Signaltöne (Symbol ♩ für kurz und 𝅗𝅥 für lang) werden zur akustischen Kommunikation mit dem Bediener verwendet, um z.B. auf Fehler und erfolgreiches oder fehlerhaftes Beenden von Messungen etc. hinzuweisen.

Einschalten / Ausschalten:	𝅗𝅥 + ♩ / ♩ + 𝅗𝅥
Automatisches Ausschalten:	♩♩♩ + 𝅗𝅥
Justieren:	♩ zu Beginn, bei Erfolg und bei Abbruch ♩♩♩ bei Misserfolg
Tastaturbetätigung:	kurz ♩ (falls **Geräte-Optionen » Tastenton » Ein**)
Abschalten bei leerer Batterie	♩♩♩♩ + rotes Symbol  (blinkend), danach Abschalten
Dateifehler (allgemein)	♩♩
Messwert nicht speicherbar	♩♩♩, z. B. Speicher voll etc.

9.6.6 Datenschnittstelle / Datenausgabe

Über den Menüpunkt **Geräte-Optionen » Daten-Ausgabe** kann eine Datenausgabe für die Anzeigemodi **Nur Messwert** und **Nur Messwert mit Statistikangaben** aktiviert werden.

*Bei aktivierter Datenausgabe wird im Anzeigemodus **Nur Messwert** (siehe Abschnitt 9.6.3.1) das Symbol*  *angezeigt. Im Modus **Nur Statistik mit Statistikangaben** ist aus Platzgründen die Anzeige des Symbols nicht möglich.*

Beim Einschalten über **Geräte-Optionen » Daten-Ausgabe » Ein** wird eine Kopfzeile über die Schnittstelle gesendet, wie folgt:

```
===== Echometer 1077 Start ======
```

Dann, während die Datenausgabe aktiv ist, wird …

- im Anzeigemodus **Nur Messwert** beim Drücken der Taste ESC und
- im Anzeigemodus **Nur Messwert mit Statistikangaben** beim Drücken der Taste **F3**[12]

… eine 4-stellige laufende Nummer, eine Grenzwertmarkierung (bei aktiver Grenzwertüberwachung) und der aktuell angezeigte Messwert zusammen mit der aktuellen Einheit über die Schnittstelle geschickt.

[12] damit wird gleichzeitig der aktuelle Messwert in die geöffnete Datei geschrieben

Beispielwerte zur Datenausgabe:

```
0001:   15.477 mm
0002:  >15.525 mm
0003:  >15.976 mm
0004:  <14.007 mm (Hinweis: < Wert unterhalb des unteren Grenzwerts
…                           > Wert oberhalb des oberen Grenzwerts)
```

Das Trennzeichen hinter der laufenden Nummer ist kodiert und kann von nachgeschalteten Daten-Systemen wie folgt ausgewertet werden:

. (einfacher Punkt): Messmethode SI-RE
| (Pipe, senkrechter Strich): Prüfkopf abgehoben, Messwert = 0
: (Doppelpunkt): Messmethode RE1-RE2

Beim Ausschalten über **Geräte-Optionen » Daten-Ausgabe » Aus** wird die folgende Fußzeile gesendet:

```
===== Echometer 1077 End ======
```

Eine Messwertdatei speichert (auch) den Status des Datenausgangs, der beim Schließen der Messwertdatei aktuell ist. Ein erneutes Öffnen der Datendatei stellt auch den abgespeicherten Zustand der Datenausgabe (Aus oder Ein) wieder her.

Betrieb mit dem KARL DEUTSCH - Programm EasyExport:

Über die Taste ESC wird der aktuell dargestellte Messwert über die Schnittstelle zum Fokus des gerade aktuellen PC-Programms geschickt (z. B. in eine EXCEL®-Zelle):

```
5.22 mm
5.91 mm
5.01 mm
```

Bild 32: Datenausgabe an EasyExport (Beispiel)

EasyExport filtert die Datenausgabe: Es werden nur der Messwert und die zugehörige Einheit ausgegeben. Zusatzinformationen der Ausgabe (z. B. Kopf- und Fußzeilen, laufende Nummern) werden nicht an das Zielprogramm weitergeleitet.

Beim Starten von EasyExport wird auch die Geräteschnittstelle automatisch aktiviert.

Die Ausgabe des Messwerts über die Taste ESC erfolgt ausschließlich in den Anzeigemodi **Nur Messwert** (siehe Abschnitt 9.6.3.1) und **Nur Messwert mit Statistikangaben** (siehe Abschnitt 9.6.3.5).

*EasyExport aktiviert beim Start zwar automatisch die Schnittstelle, eine nachfolgende Änderung des Schnittstellenstatus über den Menüpunkt **Geräte-Optionen » Daten-Ausgabe** ist aber möglich.*

10 Menüstruktur

Das Zeichen ◉ in der nachfolgenden Tabelle kennzeichnet die Standardwerte nach dem Laden der Werkseinstellung des Geräts (siehe Abschnitt 11.5.10).

Ebene	Menüpunkt
1	Justierung
2	Prüfkopf ausmessen
3	▸ Wizard
2	Vorlauf auto
3	▸ Wizard
2	Vorlauf manuell
3	(Zifferneingabe)
2	Materialjustierung
3	(Zifferneingabe)
2	Mehrpunktjustierung
3	◉ Aus
3	○ Justierung
4	(Justiermessungen)

1	Messoptionen
2	Echo-Auswertung
3	◉ Auto
3	○ SI-RE
3	○ RE1-RE2
2	Trigger-Polarität
3	○ Positiv
3	◉ Negativ
3	○ Pos-Neg-Neg
3	○ Neg-Pos-Pos
2	Anzeige
3	◉ Standard
3	○ Mittelwert
3	○ Min-Max
3	○ Differenz (Zifferneingabe für Referenzwert)
3	○ Relativ (%) (Zifferneingabe für Referenzwert)
3	Nullpunkt
4	○ Sendeimpuls
4	◉ Material

2	Grenzwerte
3	◉ Aus
3	○ Ein
3	Setzen (Zifferneingabe Minimum ► Maximum)
2	Material
3	Schallgeschwindigkeit (Zifferneingabe)
3	Wanddicke (Zifferneingabe)
2	Einheit
3	◉ 0,001 mm
3	○ 0,01 mm
3	○ 0,1 mm
3	○ 0,001 inch
3	○ 0,1 m/s
3	○ 1 m/s
3	○ 0,0001 inch / µs
3	○ 0,001 µs
2	Blendentyp
3	◉ Manuell
3	AUTO ○ Trigger
3	○ AutoMax

2	Messbereich
3	Min (Zifferneingabe oder Listenwerte über F2)
4	Listenwerte in mm: 0,1 / 0,2 / 0,5 / 1,0 / 2,0 / 5,0
3	Max (Zifferneingabe oder Listenwerte über F2)
4	Listenwerte in mm: 10 / 20 / 50 / 100 / 200 / 450
2	Prüfkopf
3	Info (Anzeige Info)
3	Frequenz
4	○ < 2 MHz
4	○ 2..4 MHz
4	○ 4..8 MHz
4	○ 8..12 MHz
4	◉ > 12 MHz
3	Vorlaufstrecke (Zifferneingabe in µs)
3	Typ
4	◉ Vorlaufstrecke
4	○ Kontakt
4	○ SE-Prüfkopf

2	A-Bild
3	Gleichrichtung
4	◉ HF
4	○ Doppelweg
4	○ Positiv
4	○ Negativ
3	Gefüllt
4	○ Ja
4	◉ Nein
2	TCG Manuell
1	Konfigurationen
2	Preset laden (Dateiwahl aus Liste, Funktionstaste: Info)
2	Laden (Dateiwahl aus Liste, Funktionstasten: Löschen, Umbenennen)
2	Speichern (Dateiwahl aus Liste, Funktionstasten: Löschen, Umbenennen, Neu)
2	Übertragen (nur wählbar im Rackmodul 1077.801)

1	Dateiverwaltung
2	Laden / Neu (Dateiwahl aus Liste, Funktionen: Löschen, Umbenennen, Datei anlegen)
2	Schließen
2	Drucken
2	MATX Matrix (nur mit geöffneter Datei verfügbar)
3	MATX ◉ Aus
3	MATX ○ Horizontal
3	MATX ○ Vertikal
2	B-Bild (nur mit geöffneter Datei verfügbar)
3	B ◉ Aus
3	B ○ Von rechts
3	B ○ Von links
3	B Betriebsart
4	B ◉ Pause bei Abgehoben
4	B ○ Dauermessung
3	B Messrate
4	B Listenwerte: 60 s, 30 s, 15 s, 5 s, 2 s, 1 s, 2 Hz, 5 Hz, 12,5 Hz, 25 Hz

3	Konfiguration
4	◉ y-Skala Auto
4	○ y-Skala Setzen
2	Alles löschen
3	Alles löschen ok? *(Sicherheitsabfrage)*
1	Geräte-Optionen
2	Daten-Ausgabe
3	◉ Aus
3	○ Ein
2	Schrittweiten
3	Verstärkung
4	○ 0,5 dB
4	○ 1 dB
4	◉ 3 dB
4	○ 6 dB
4	○ 12 dB
2	Helligkeit
3	○ Min
3	○ Normal
3	◉ Hell

2	Hinterleuchtung AUS	
3	○ 15 Sek.	
3	○ 1 Min.	
3	○ Koppelkontrolle	
3	◉ Nie	
2	Sprache	
3	○ Deutsch	☞ Die Sprachauswahl bleibt auch nach dem
3	○ Englisch	Laden der Werkseinstellung erhalten.
3	○ Español	
3	○ Italiano	
3	○ Svenska	
3	○ Polski	
3	usw. (wird laufend erweitert)	
2	Justieren bei Start	
3	○ Aus	
3	◉ Ein	
2	Tastenton	
3	◉ Aus	
3	○ Ein	

2	Auto-AUS
3	○ Nie
3	◉ 5 Min.
2	Freischaltcode (numerische Eingabe)
2	Werkseinst. laden
3	Werkseinst. Ok? (Sicherheitsabfrage)
2	Info (Anzeigen der Geräteinfos: Gerät, Fert.-Nr., SW-Ver, Speicher, Batterie/USB, Baudrate)
1	AUTO Automatisierung
2	AUTO Ausgaberate
3	AUTO ◉ Manuell
3	AUTO ○ 1/min
3	AUTO ○ 1 Hz
3	AUTO ○ 25 Hz
2	AUTO Ausgabeformat
3	AUTO ◉ Standard
3	AUTO ○ Min/Max

2	AUTO Pulsfolgefrequenz
3	AUTO ○ PFF 10 Hz
3	AUTO ◉ PFF 100 Hz
2	AUTO Baudrate
3	AUTO ○ Auto
3	AUTO ○ 4800 Baud
3	AUTO ○ 9600 Baud
3	AUTO ○ 19200 Baud
3	AUTO ○ 38400 Baud
3	AUTO ◉ 57600 Baud

11 Einstellungen im Bedienmenü

Das Zeichen ◉ in den nachfolgenden Abschnitten kennzeichnet die Standardwerte nach dem Rücksetzen des Geräts auf Werkseinstellung (siehe 11.5.10).

11.1 Justierung

11.1.1 Prüfkopf ausmessen

Dieser Menüpunkt ermittelt prüfkopfspezifische Parameter und die davon beeinflussten Messparameter (siehe Abschnitt 9.6.2). Dabei werden die aktuellen messrelevanten Umgebungsbedingungen (z. B. die Temperatur) berücksichtigt.

Nach Aufruf des Menüpunkts folgen Sie bitte den Bildschirmanweisungen:

Schritt 1: Prüfkopf abheben (falls aufgesetzt) » MENU OK drücken (zuvor evtl. vorhandenes Koppelmittel von der Schallaustrittsfläche entfernen, siehe Abschnitt 13).

Schritt 2: Prüfkopf mit ausreichend Koppelmittel auf die angezeigte Schallstrecke aufsetzen » wenn die beiden ersten Echos eine ausreichende Höhe haben und erkannt werden[13], beginnt die Messung automatisch (ansonsten MENU OK drücken) » falls ein SE-Prüfkopf angeschlossen ist, wird jetzt die Mehrpunktjustierung aufgerufen (siehe Abschnitt 11.1.5), ansonsten…

[13] rote Messpunkte werden sichtbar

Schritt 3 Anzeige relevanter Prüfkopfdaten (siehe Bild 12).
Schritt 4: Mit Druck auf eine beliebige Taste Rückkehr in den zuletzt aktiv gewesenen Anzeigemodus.

Ändern sich messrelevante Umgebungsbedingungen, muss diese Justiermessung erneut ausgeführt werden.

Die Parameter des ausgemessenen Prüfkopfs können zusammen mit den aktuellen Einstellungen in den Konfigurationen (siehe Abschnitt 11.3) unter einem individuellen Dateinamen abgelegt und zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgerufen werden.

Die Schritte dieser Justiermessung werden automatisch auch nach dem Einschalten des Geräts aufgerufen (falls nicht über den Menüpunkt "Geräte-Optionen » Justieren bei Start" ausgeschaltet).

2 Schmalbandige SE-Prüfköpfe können nicht automatisch erkannt werden. Der Prüfkopftyp muss in diesem Fall manuell eingegeben werden (siehe Abschnitt 11.2.9).

11.1.2 Vorlauf auto

Über diesen Menüpunkt wird automatisch die Laufzeit der Vorlaufstrecke des angeschlossenen Prüfkopfs in µs bestimmt. Auch hier werden die aktuellen messrelevanten Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur) berücksichtigt.

Nach Aufruf des Menüpunkts folgen Sie bitte den Bildschirmanweisungen:

Schritt 1: Prüfkopf auf angezeigte Schallstrecke aufsetzen (im ersten Echo des angezeigten A-Bilds wird der rote Messpunkt sichtbar) » MENU OK drücken, um Messung zu starten » für etwa 5 s Anzeige der gemessenen Vorlaufstrecken-Laufzeit.

Schritt 2: automatische Rückkehr in den zuletzt aktiv gewesenen Anzeigemodus

⚠ ***Für Messungen im SI-RE-Modus**: Wenn sich messrelevante Umgebungsbedingungen ändern (z.B. die Temperatur), muss diese Vorlaufstreckenmessung erneut ausgeführt werden. Alternativ kann die Vorlaufstrecke auch über den Menüpunkt 11.1.1 ausgemessen werden.*

11.1.3 Vorlauf manuell

Dieser Menüpunkt kann nicht angewählt werden, wenn für die Messung eine Schallgeschwindigkeits-Einheit gewählt ist.

Mithilfe einer Referenzstrecke bekannter Dicke kann hier die Vorlaufstrecke gemessen werden. Als Einheit stehen mm, inch oder µs zur Verfügung (auswählbar über die Längeneinheiten im Menüpunkt **Messoptionen » Einheit** (siehe 11.2.6)).

Nach Aufruf des Menüpunkts folgen Sie bitte den Bildschirmanweisungen:

Schritt 1: Dicke der Referenzstrecke eingeben » MENU OK drücken » A-Bild-Anzeige wird geöffnet » Prüfkopf auf Referenzstrecke ankoppeln (rote Messpunkte werden sichtbar) » die Messung startet automatisch » für etwa 5 s wird die gemessene Vorlaufstrecken-Laufzeit angezeigt.

Schritt 2: automatische Rückkehr in den zuletzt aktiv gewesenen Anzeigemodus

11.1.4 Materialjustierung

Dieser Menüpunkt kann nicht angewählt werden, wenn für die Messung eine Schallgeschwindigkeits-Einheit gewählt ist.

Durch die Materialjustierung wird für die nachfolgenden Messungen die individuelle Schallgeschwindigkeit des auszumessenden Materials zugrunde gelegt. Sie benötigen deshalb eine Referenz-Schallstrecke aus dem für die späteren Messungen verwendeten Material mit bekannter Dicke.

Nach Aufruf des Menüpunkts folgen Sie bitte den Bildschirmanweisungen:

Schritt 1: Dicke der Referenzstrecke eingeben » MENU OK drücken » A-Bild-Anzeige wird geöffnet » Prüfkopf auf Referenzstrecke ankoppeln (rote Messpunkte werden sichtbar) » die Messung startet automatisch » für etwa 5 s wird die gemessene Schallgeschwindigkeit angezeigt.

Schritt 2: automatische Rückkehr in den zuletzt aktiv gewesenen Anzeigemodus, wobei die gemessene Schallgeschwindigkeit als Referenz übernommen wird.

*Die mit dieser Messung ermittelte individuelle Schallgeschwindigkeit der Referenzstrecke wird anschließend im Anzeigemodus **Nur Messwert** unterhalb des Messwerts angezeigt (ab Werk ist die Schallgeschwindigkeit von Stahl vorgegeben: 5920 m/s).*

Dieser Menüpunkt ist ausgegraut und kann nicht angewählt werden, sobald eine Datei mit mindestens einem Messwert geöffnet ist. Dadurch wird verhindert, dass eine Datei Messwerte enthält, die auf unterschiedlichen Schallgeschwindigkeiten basieren.

11.1.5 Mehrpunktjustierung

*Die Mehrpunktjustierung kann nicht im Modus **Auto** der Echo-Auswertung (siehe Abschnitt 11.2.1) durchgeführt werden. Der Menüpunkt ist dann ausgegraut. Wählen Sie stattdessen die Echo-Auswertung **SI-RE** oder **RE1-RE2**.*

Die Mehrpunktjustierung wird verwendet…

- beim Anschluss von SE-Prüfköpfen[14], weil für diese Prüfkopfart der prinzipbedingt entstehende „Umwegfehler“[15] kompensiert werden muss und
- wenn das auszumessende Objekt dickenabhängig unterschiedliche Materialparameter besitzt.

Für eine gleichbleibend hohe Messgenauigkeit über den gesamten Messbereich kann in diesen Fällen die Justierung mit mehreren unterschiedlichen Wanddicken durchgeführt werden, die den voraussichtlichen Messbereich abdecken.

[14] SE-Prüfköpfe für Senkrechteinschallung bieten eine besonders gute Messempfindlichkeit im oberflächennahen Bereich

[15] Normalprüfköpfe verfügen über einen einzigen Schwinger, der sowohl das Ultraschallsignal ins Material schickt wie auch die Reflexionen kurze Zeit später wieder empfängt. Hin- und Rückweg des Schalls sind bei diesem Prüfkopftyp identisch. Bei SE-Prüfköpfen hingegen sind Sender- und Empfängerschwinger getrennt und prinzipbedingt mit mechanischem Abstand im Prüfkopf eingebaut. Der Schall durchläuft so vom Sender über die Rückwand zum Empfänger einen v-förmigen Schallweg, der länger als die doppelte Wanddicke ist. Dieser „Umwegfehler“ muss für die Messwert-Anzeige der tatsächlichen Wanddicke (zur Materialoberfläche senkrechter Abstand vom Schalleintrittspunkt zur Material-Rückwand) kompensiert werden.

Da für SE-Prüfköpfe keine Umwegfehler-Tabellen hinterlegt sind, kann nach einer prüfkopfindividuellen Justierung jeder breitbandige Fremd-Prüfkopf verwendet werden.

◉ **Aus** — Die Mehrpunktjustierung ist ausgeschaltet.

○ **Justierung** — Sämtliche Justiervorgänge für SE-Prüfköpfe werden als Mehrpunktjustierung durchgeführt. Beim Aktivieren dieses Menüpunkts wird außerdem eine Mehrpunktjustierung aufgerufen.

Bei der Mehrpunktjustierung werden nacheinander mehrere unterschiedliche Wanddicken gemessen, deren tatsächliche Dickenwerte bekannt sind. Der gemessene Wert (Istwert) wird nach jeder Messung (automatische Mittelwertbildung über bis zu 9990 Einzelmesswerte) manuell mit dem zugehörigen, bekannten Sollwert des Justierkörpers korrigiert.

Messungen, die auf einer Mehrpunktkalibrierung basieren, können nur im Bereich zwischen dem kleinsten und dem größten Kalibrierwert durchgeführt werden. Für Messwerte, die außerhalb des Bereichs der Mehrpunktkalibrierwerte liegen, werden Fehleranzeigen ausgegeben:

<< *Messwert kleiner als der kleinste Mehrpunktkalibrierwert*

>> *Messwert größer als der größte Mehrpunktkalibrierwert*

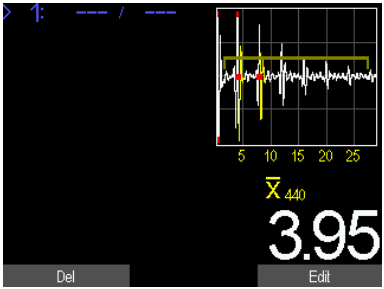


Bild 33: Anzeige nach Aufruf des Menüpunkts (Beispiel)

Das Symbol ⊠ zeigt an, dass der angezeigte Messwert (hier 3.95) gemittelt wird; rechts daneben die laufende Nummer der Einzelmessung.

Nach dem Aufruf des Menüpunkts erscheinen:

- ein leerer Listeneintrag --- / ---
  mit vorangestellter laufender Nummer für die aktuell bevorstehende Messung
- eine Miniaturansicht des A-Bilds
- der aktuelle Mittelwert

Funktionstastenbelegung:

Del (**F1**): Löschen des ausgewählten Listenwerts

Edit (**F3**): Wechsel zur Eingabe des tatsächlichen Wanddickenwerts (Sollwert)

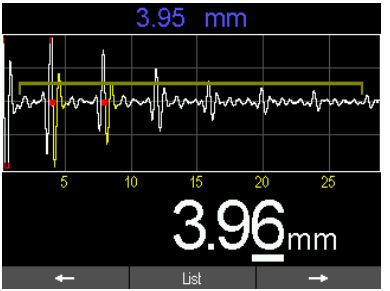


Bild 34: Eingabe des Sollwerts (Beispiel)

Im A-Bild sind die beiden Messpunkte zu sehen (rot).

Nach dem Wechsel in den Editiermodus über Edit sehen Sie:

- ganz oben den gemessenen Mittelwert
- das A-Bild mit Messpunkten und Blende
- den zur Änderung bereitstehenden Messwert

Die Änderung des angezeigten Wanddickenwerts auf den tatsächlichen Wert erfolgt wie in Abschnitt 9.4 beschrieben.

Alternativ zur Veränderung des Messwerts über die einzelnen Ziffern kann der Sollwert nach Aktivierung von List (F2) aus einer Liste mit vorgegebenen Werte gewählt werden.

Bestätigen Sie die Wertänderung über die Taste MENU OK. Anschließend Rückkehr in den Messmodus.

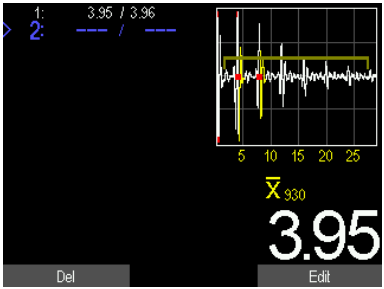


Bild 35: Messfenster mit erstem Listeneintrag (Beispiel)

Nach der Rückkehr in den Messmodus ist ein erster Listeneintrag erfolgt (1: Istwert / Sollwert) und die zweite Listenposition steht zur Eingabe bereit.

Wählen Sie jetzt einen weiteren Dickenwert zur Justierung und verfahren Sie wie zuvor beschrieben.

Das Symbol ist rot, solange kein gültiger Messwert vorliegt.

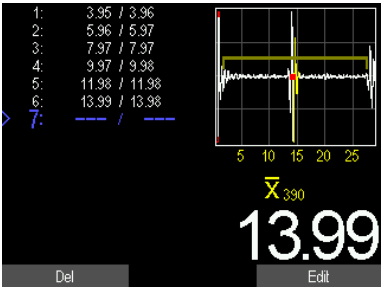


Bild 36: Messfenster mit Listeneinträgen (Beispiel)

Die Werte der Justierung werden in der Liste automatisch nach Größe sortiert.

Nachdem Sie eine ausreichende Anzahl von verschiedenen Dickenwerten gemessen haben (max. 18, vorzugsweise gleichmäßig verteilt über den gesamten vorgesehenen Messbereich), kehren Sie mit Druck auf die Taste MENU OK in den Messmodus zurück.

Den Folgemessungen liegen dann die gerade ermittelten Justierwerte zugrunde.

*Über **Konfigurationen » Speichern » Neu** können Sie die Mehrpunktjustierung zur späteren Verwendung in einer Konfigurations-Datei abspeichern.*

Messwerte für die Liste müssen unterschiedlich sein (min. Abstand 0,03). Gleiche Werte werden beim Aufruf von Edit *mit einem Dreifachton ♩♩♩ zurückgewiesen.*

11.2 Messoptionen

11.2.1 Echo-Auswertung

*Die Echo-Auswertung kann auch im Anzeigemodus **Einstellung Bild- und Blendenbreite** (siehe Abschnitt 9.6.3.3) eingestellt werden.*

*Die Echo-Auswertung ist nicht änderbar, wenn die **Mehrpunktjustierung** (siehe Abschnitt 11.1.5) aktiv ist.*

◉ **Auto**

Das Gerät wählt selbstständig zwischen den Auswertungen RE1-RE2 und SI-RE (SI = Sendeimpuls, RE = Rückwandecho). Wenn möglich, wird die Auswertung RE1-RE2 gewählt. Falls nicht, wird automatisch auf SI-RE umgeschaltet.

○ **SI-RE**

Ermittlung der Laufzeit zwischen Sendeimpuls und erstem Rückwandecho (RE). Reduziert um den Vorlauf des Prüfkopfs (bei der Justierung ermittelt) ergibt sich daraus das Messergebnis.

Symbol im Modus **Nur Messwert** 

○ **RE1-RE2**

Das Gerät ermittelt die Laufzeit zwischen den beiden Rückwandechos RE1 und RE2.

Symbol im Modus **Nur Messwert** 

*Zur Kontrolle der Echoauswahl einen Anzeigemodus mit A-Bild wählen: Die Messpunkte werden rot dargestellt. Alternativ gibt im Modus **Nur Messwert** ein Symbol Auskunft über die dem Messwert tatsächlich zugrunde liegende Echoauswahl (siehe oben), die ggf. abweichend zum eingestellten Messmodus ist.*

*Besondere **Vorteile** der Betriebsarten **RE1-RE2** (Messung von Rückwandechofolgen):*

a) Wanddickenmessung durch Beschichtungen hindurch
b) Eliminierung von Koppelfilm-Einflüssen
c) keine Auswirkung einer eventuellen Temperatur-Abhängigkeit der Vorlaufstrecke

11.2.2 Trigger-Polarität

*Die Trigger-Polarität kann auch im Anzeigemodus **Einstellung Bild- und Blendenbreite** (siehe Abschnitt 9.6.3.3) eingestellt werden.*

Für die Messungen kann **ein spezieller Nulldurchgang** innerhalb eines Echosignals gewählt werden. Dazu muss festgelegt werden, ob das Gerät eine negative (Einstellung: **Negativ**) oder positive (Einstellung: **Positiv**) Steigung im Nulldurchgang als möglichen Messpunkt erkennen soll.

Die Auswahl der Trigger-Polarität von Echofolgen ist besonders für solche **RE1-RE2**-Messmodi und Materialien sinnvoll, bei denen aufeinander folgende Echos um 180° phasenverschoben sind und ohne Änderung der messrelevanten Signalpolarität ein Laufzeitfehler von einer halben Wellenlänge entstehen würde:

Pos-Neg-Neg: erster Messpunkt bei positiver Steigung, die beiden darauf folgenden bei negativer Steigung

Neg-Pos-Pos: erster Messpunkt bei negativer Steigung, die beiden darauf folgenden bei positiver Steigung

Im Messmodus SI – RE (s. Abschnitt 11.2.1): *Nach dem Ändern der Trigger-Polarität muss die Vorlaufstrecke neu justiert werden. Menüpunkte zum Neujustieren:* ***Vorlauf auto****,* ***Vorlauf manuell****. Alternativ: Gerät aus-/ einschalten und die Initialisierung durchlaufen (siehe Abschnitt 9.6.2).*

Welche Trigger-Polarität aktiv ist, wird in den Anzeigemodi **Nur Messwert** und **Einstellung Bild- und Blendenbreite** wie folgt angezeigt:

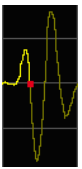
Symbol	**Trigger-Polarität**
	Negativ
	Positiv
	Pos-Neg-Neg
	Neg-Pos-Pos

In den Anzeigemodi mit A-Bild ist die aktuell eingestellte Trigger-Polarität an der Richtung der beiden Blendensymbol-Enden erkennbar:

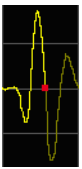
Blendensymbol	**Trigger-Polarität**
	Negativ
	Positiv
	Pos-Neg-Neg
	Neg-Pos-Pos

Nachfolgend vier repräsentative Signalverläufe mit unterschiedlichen Einstellungen für die Trigger-Polarität und den daraus resultierenden Messpunkten (rot):

Einstellung **Negativ**

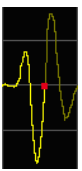


Erkannt wird der erste Nulldurchgang mit **negativer** Signalsteigung nach dem ersten relativen Signalmaximum[16]

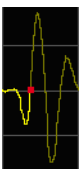


wie links, aber bei inversem Signalverlauf

Einstellung **Positiv**



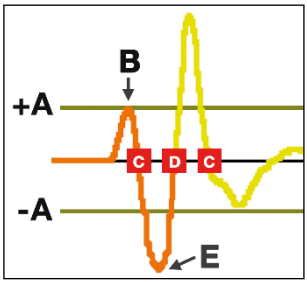
Erkannt wird der erste Nulldurchgang mit **positiver** Signalsteigung nach dem ersten relativen Signalmaximum



wie links, aber bei inversem Signalverlauf

[16] Das Signal muss eine intern eingestellte Schwelle überschreiten, um als Maximum identifiziert zu werden. Wenn kein Messpunkt erzeugt wird, ist es deshalb oft hilfreich, zunächst die Verstärkung zu erhöhen.

Bei instabilen, um eine Periodenlänge springenden Messpunkten kann es hilfreich sein, die Trigger-Polaritäten umzukehren.



Hintergrund (am Beispiel von Triggerpunkten in fallenden, „negativen“ Nulldurchgängen):
Das Gerät gibt die intern festgelegten Amplituden-Schwellen **+A** und **-A** vor, die jeweils überschritten werden müssen, bevor ein absolutes Signalmaximum erkannt wird. Falls das erste Signalmaximum **B** etwa die gleiche Höhe hat wie die interne Schwelle **+A**, wird der Messpunkt wegen der sporadischen Über- und Unterschreitung der Schwelle **+A** instabil zwischen den nachfolgenden negativen Nulldurchgängen **C** hin und her springen. Sinnvoll ist es in diesem Fall, die Steigung des für den Messpunkt zu erkennenden Nulldurchgangs entgegengesetzt (in diesem Fall Trigger-Polarität „Positiv“ statt „Negativ“) zu wählen, weil das absolute Maximum **E** dann sicher größer ist als die Schwelle und damit der Messpunkt **D** stabil bleibt.
Genereller Anwendungstipp: Um stabile Messwerte zu erhalten, kann die Trigger-Polarität im Regelfall nach der Orientierung des Nulldurchgangs zwischen den beiden höchsten[17] Echoamplituden gewählt werden (im Beispielbild wäre das der Nulldurchgang **D**).

[17] absolut gesehen, d. h. unter Berücksichtigung sowohl positiver wie auch negativer Amplituden

11.2.3 Anzeige

◉ **Standard**

Normalanzeige: Der Anzeigewert ist der aktuelle Messwert (Wanddicke oder Schallgeschwindigkeit).

○ **Mittelwert**

Der Anzeigewert ist ein Mittelwert aus bis zu 9990 Einzelmesswerten. Wenn der Anzeigemodus **Mittelwert** aktiv ist, erscheint in der Anzeige das Symbol X. Rechts daneben wird während der Messung die Anzahl der zur Mittelwertbildung herangezogenen Messwerte angegeben.

Sobald eine Messung neu gestartet wird, z. B. nach dem Abheben und Wiederaufsetzen des Prüfkopfs, wird der Mittelwert neu berechnet und der Zähler auf 0 zurückgesetzt.

Der Anzeigemodus **Mittelwert** kann verwendet werden, wenn z. B. bei Messungen mit vielen Nachkommastellen der Messwert schwankt.

○ Min-Max ( )

Dieser Modus zeigt Minimal- und Maximalwerte innerhalb einer Messsequenz an, und zwar in den Anzeigemodi:

- Nur Messwert:

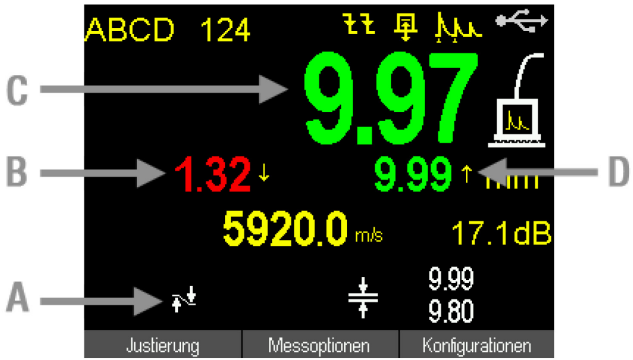


Bild 37: Beispielanzeige „Nur Messwert“ mit Modussymbol Min-Max (A), minimalem Wert innerhalb der Messsequenz (B), aktuellem Messwert (C) und maximalem Messwert innerhalb der Messsequenz (D)

- Nur Messwert mit Statistikangaben (bei geöffneter Datei):

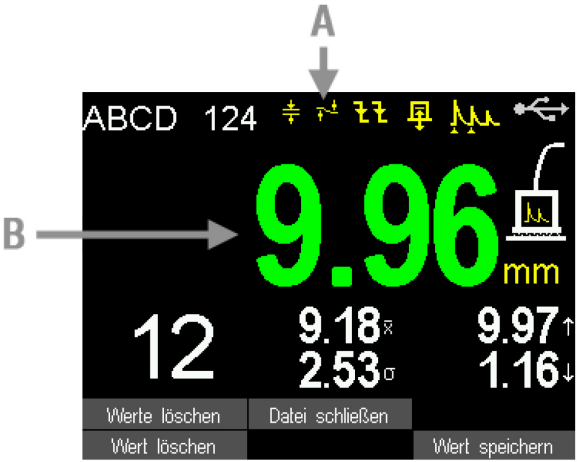


Bild 38: Beispielanzeige „Nur Messwert mit Statistikangaben“ mit Modussymbol Min-Max (A), und Anzeige des Minimalwerts innerhalb der Messsequenz (B)

Eine neue Messsequenz wird eröffnet durch

a) Justiermessungen nach dem Einschalten
b) Anlegen einer neuen Messwertdatei
c) Wertelöschen in einer Messwertdatei
c) Drücken der Taste ESC (Zurücksetzen der Min-Max-Werte)

*Der Modus **Min-Max** eignet sich besonders zur dynamischen Abtastung von Restwanddicken, z. B. bei Korrosionsbefall.*

*Im Modus **Nur Messwert mit Statistikangaben**: Beim Drücken von **F3** wird der (groß) angezeigte Minimalwert (Bild 38, Position B) in der aktuell geöffneten Datei gespeichert.*

*Der Modus **Min-Max** registriert jeden Minimal- und Maximalwert. Vor und nach dem eigentlichen Messen ist es möglich, dass Situationen mit Fehlechos entstehen, z. B. beim langsamen / unsteten Aufsetzen oder Abheben des Prüfkopfs (besonders bei flüssigen Koppelmitteln und automatischer Verstärkungsregelung AGC) oder wenn der Koppelmittelfilm außergewöhnlich dick ist.*

*In den Anzeigemodi **Nur Messwert** und **Nur Messwert mit Statistikangaben** können dann falsche Schlüsse aus den angezeigten und für den Modus **Min-Max** gespeicherten Werten gezogen werden. Das sind zum Beispiel Messwerte, die während der Abhebephase (fälschlich) erzeugt wurden und auch nach Abheben des Prüfkopfs weiterhin angezeigt werden („letzte Messwerte“).*

Abhilfe:
*- AGC, falls aktiviert, soweit wie möglich reduzieren (über die Funktion **Edit Auto Max**, siehe Abschnitt 9.6.3.2)*
- Koppelmittelfilm möglichst dünn halten
- Messwert auf Plausibilität überprüfen

○ **Differenz** (△)

Nach Aktivierung dieses Menüpunkts, geben Sie zunächst einen Bezugswert ein (siehe Abschnitt 9.4). Der Anzeigewert ergibt sich dann als Differenz aus Messwert und Bezugswert. Der Bezugswert wird im Anzeigemodus **Nur Messwert** neben dem Symbol △ anzeigt.

Bei negativen Anzeigewerten ist der Messwert kleiner als der Bezugswert.

*Gegebenenfalls eingegebene Grenzwerte beziehen sich immer auf den **Anzeigewert**, d.h. in diesem Anzeigemodus auf den **Differenzwert**.*

Die Differenzwertanzeige mit Grenzwertüberwachung kann z.B. dann genutzt werden, wenn ein Sollwert festliegt und die Abweichung von diesem Sollwert angezeigt bzw. überwacht werden soll.

○ **Relativ** (%)

Diese Anzeigemethode ähnelt dem Modus **Differenz**, mit dem Unterschied, dass der Messwert nicht als Differenz zu einem Referenzwert angezeigt wird, sondern als Verhältnis in Prozent.

Nullpunkt

○ **Sendeimpuls**: Der Nullpunkt der Skalenteilung des dargestellten Bereichs auf der horizontalen Achse (x-Achse) des A-Bilds ist identisch mit dem Sendeimpuls.

◉ **Material**: Der Nullpunkt der Skalenteilung des dargestellten Bereichs auf der horizontalen Achse (x-Achse) des A-Bilds liegt beim Schalleintritt ins Material (Oberflächenecho), d. h. am Ende der Vorlaufstrecke.

11.2.4 Grenzwerte

Mit Grenzwerten kann überwacht werden, ob sich der Anzeigewert (Standard-, Minimum oder Differenzwert, s.o.) innerhalb eines einstellbaren Bereichs befindet. Bei eingeschalteter Grenzwertüberwachung wird die Überschreitung von Grenzwerten durch einen Farbwechsel gemeldet:

Messwertfarbe:

Hellrot bei Überschreitung des oberen Grenzwerts
Dunkelrot bei Unterschreitung des unteren Grenzwerts
Grün, wenn Messwert innerhalb der Grenzen liegt

Bei Druckausgabe wird das Über- oder Unterschreiten mit spitzen Klammern markiert: > oberhalb des Grenzwerts, < unterhalb des Grenzwerts, siehe auch Abschnitt 9.6.4

◉ **Aus** — Die Grenzwertüberwachung ist ausgeschaltet.

○ **Ein** — Die Grenzwertüberwachung ist eingeschaltet.

Setzen — Hier geben Sie die jeweiligen Grenzwerte ein (Eingabe: siehe Abschnitt 9.4). Mit dem Setzen von Grenzwerten wird die Grenzwertüberwachung automatisch eingeschaltet.

11.2.5 Material

Wählen Sie hier den Wert des jeweiligen Referenzparameters für den Anzeigewert:

Schallgeschwindigkeit Eingabe der Referenz-Schallgeschwindigkeit für die Anzeige des Dickenmesswerts.
Über die Funktionstaste **F2** öffnet sich eine Liste zur Schnellauswahl von Schallgeschwindigkeiten gebräuchlicher Materialien:

[7 zuletzt manuell eingegebene Werte]
2450,00 Kunststoff
4700,00 Kupfer
5920,00 Stahl
6400,00 Aluminium

Wanddicke Eingabe der Referenz-Wanddicke für die Anzeige der Schallgeschwindigkeit des Materials.
Über die Funktionstaste **F2** öffnet sich eine Liste zur Schnellauswahl von Wanddicken:

Die sieben zuletzt eingegebenen Werte plus fest vorgegeben:
1,0 / 2,0 / 5,0 / 10,0 / 20,0 [mm]

11.2.6 Einheit

Wählen Sie hier, in welcher Einheit und Auflösung die Messwerte auf dem Display angezeigt und über die Schnittstelle ausgegeben werden.

○ **0,001 mm**	Einheit mm mit der Anzeigeauflösung 1/1000
◉ **0,01 mm**	Einheit mm mit der Anzeigeauflösung 1/100
○ **0,1 mm**	Einheit mm mit der Anzeigeauflösung 1/10
○ **0,001 inch**	Einheit Inch mit der Anzeigeauflösung 1/1000
○ **0,1 m/s**	Einheit m/s mit der Anzeigeauflösung 1/10
○ **1 m/s**	Einheit m/s mit der Anzeigeauflösung 1
○ **0,0001 inch / µs**	Einheit inch/µs mit der Anzeigeauflösung 1/10000
○ **0,001 µs**	Einheit µs mit der Anzeigeauflösung 1/1000

Die Einheit kann auch nachträglich geändert werden. Alle bereits gespeicherten Werte werden dann in der neuen Einheit angezeigt.

*Umschalten zwischen den Einheitengruppen Schallgeschwindigkeit, Wanddicke und µs setzt die Anzeigemodi **Differenz** und **Relativ** auf **Standard** zurück.*

11.2.7 Blendentyp

◉ **Manuell**	Standard-Blendentyp
AUTO ○ **Trigger**	setzt die Position der Messblende abhängig von einem Nulldurchgang in einem vorlaufenden Signal. Im Regelfall werden mit diesem Blendentyp Messungen mit einer sich während der Messung ändernden Vorlaufstrecke durchgeführt, z. B. Messungen an rotierenden Teilen, die über einer Wasservorlaufstrecke angekoppelt sind. Als positionsbestimmendes Echo für die Messblende wird dann das Oberflächenecho genommen.
○ **AutoMax**	teilt den ursprünglichen Blendenbereich in zwei durch Maximalamplituden bestimmte Teilbereiche auf, so dass keine Beeinflussung der Messung außerhalb dieser Echobereiche möglich ist.

Hinweise zum Blendentyp Trigger:

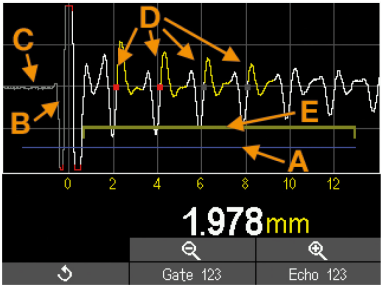


Bild 39: Beispiel-Signalverlauf bei Ankopplung über eine Vorlaufstrecke C.

*Die Messblende wird nur dann generiert, wenn der Betrag der Maximal-Amplitude des Oberflächenechos **B** größer ist als der Abstand der virtuellen Blende **A** von der Nulllinie des Signals (Linienfarbe wechselt dann von Rot zu Blau).*

Bei diesem Blendentyp wird zunächst im Anzeigemodus **Einstellung Bild- und Blendenbreite** (siehe Abschnitt 9.6.3.3) die sogenannte virtuelle Blende (blauer Strich) eingestellt (s. Bild 39, **A**):

- Blendenstart
- Blendenbreite

Der Blendentyp **Trigger** wird normalerweise mit dem Messmodus **RE-RE** verwendet.
Die virtuelle Blende soll dabei kurz vor dem Oberflächenecho **B** beginnen und deren Breite mehrere aufeinanderfolgende Rückwandechos **D** umfassen. Die eigentliche Messblende **E** orientiert sich am ersten Nulldurchgang des Oberflächenechos und wird automatisch nach dem Abklingen des Oberflächenechos gestartet. Sie endet, ebenfalls automatisch, am Ende der virtuellen Blende. Es wird keine Messblende gesetzt, wenn nach dem Oberflächenecho keine separierbaren Echos erkennbar sind.

Hinweise zum Blendentyp AutoMax:

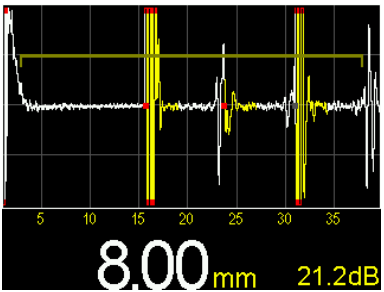


Bild 40: Signalverlauf mit Störecho (bei ca. 24 mm)

Bei manchen Applikationen stören Zwischen- und Störechos die korrekte Auswertung des Ultraschallsignals (siehe Bild 40).

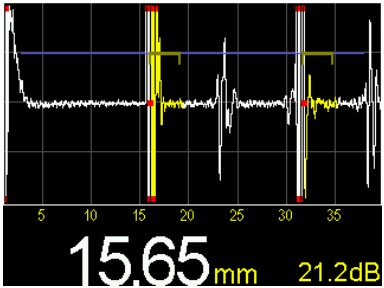


Bild 41: Störunterdrückung mit Blendentyp AutoMax

Mit dem Blendentyp **AutoMax** werden die Vorteile der Triggerung im Nulldurchgang mit der Filterwirkung der Spitzenwert-Triggerung vereint.

Bei Auswahl dieses Blendentyps wechselt die vorhandene Blende ihre Farbe (Bild 41, blau) und wird passiv. Stattdessen werden zwei automatisch gesteuerte Blenden aktiv (Bild 41, braun, bei ca. 16 mm und 32 mm), die über den beiden Echos mit den höchsten Amplituden (im blauen Blendenbereich) positioniert sind. Die im „ehemaligen“ Blendenbereich vorhandenen Echos mit geringeren Amplituden sind außerhalb der „neuen“ Blendenbereiche und können so nicht mehr stören.

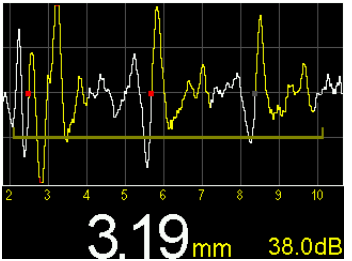


Bild 42: Klassische Blende

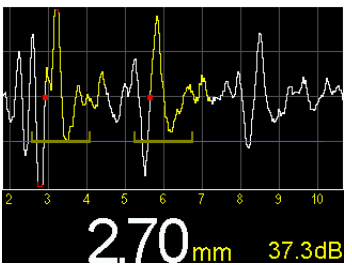


Bild 43: AutoMax

Ein weiteres Beispiel zur Unterdrückung von Störimpulsen mit AutoMax:

Der Signalverlauf im Bereich des linken Echos (Bild 42) ist durch Vorschwinger gestört. Im Verlauf einer Messreihe bleiben diese Vorschwinger mal unterhalb der internen Schwelle nach der der Nulldurchgang als Messpunkt genommen wird, mal wird diese Schwelle überschritten und der Messpunkt in den Bereich der Vorschwinger gelegt. Dadurch wechseln die für die Messung relevanten Nulldurchgänge und der Messwert ist instabil.

Wenn **AutoMax** gewählt ist, werden die aufgeteilten Einzelblenden automatisch so gesetzt, dass jeweils der Nulldurchgang nach dem Amplitudenmaximum als Messpunkt gewählt ist (Bild 43, linkes Echo). Da es hierbei irrelevant ist, ob eventuelle Vorschwinger die interne Schwelle überschreiten, bleibt der Messwert stabil.

Die mit **AutoMax** aktiv gewordenen, paarweise auftretenden Einzelblenden verschieben sich automatisch mit den beiden höchsten Echoamplituden (siehe Bild 44). Dabei richtet sich die Blendenbreite nach dem minimalen Messbereich. Eine Blendenüberlappung ist nicht zulässig. Zur Rauschunterdrückung werden zudem nur Echoamplituden größer als 25% BSH berücksichtigt.

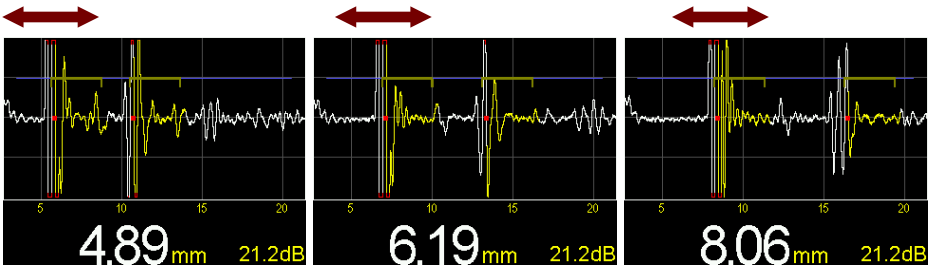


Bild 44: Die Einzelblenden folgen automatisch den höchsten Echoamplituden

*Nach dem Auto-Justieren eines Prüfkopfs wird der Blendentyp auf **Manuell** gesetzt.*

Der aktive Auswertungsbereich kann wie gewohnt mit der Blende eingestellt werden und ist mit einer blauen Linie gekennzeichnet.

Wenn das Echosignal in der passiven (blauen) Blende 1 nicht größer als ±25% BSH ist, werden die beiden Einzelblenden nicht aktiviert und auch nicht angezeigt.

11.2.8 Messbereich

Hier wird eingestellt, in welchem Materialbereich das Gerät auf Ultraschallsignale ausreichender Höhe reagieren darf. Sinnvoll ist es z. B., die Messung in einer bestimmten Zeit nach dem messauslösendem Puls zu unterbinden, also eine sogenannte **Totzeit** einzustellen: Das ist die Zeitdauer hinter einem Triggerpunkt, in der keine neue Triggerung erkannt wird. Damit wird eine (ungewollte) Neutriggerung im Bereich des abklingenden Ultraschallimpulses verhindert. Wenn ein Ultraschallpuls nur sehr langsam ausklingt (oder andere Störpulse mit hoher Amplitude kurz nach dem Pulsmaximum erscheinen) ist die Totzeit entsprechend lang zu wählen. Die Totzeit ist im A-Bild gelb (während des Einstellens blau) markiert und gegenüber der normalen weißen Signaldarstellung deutlich erkennbar.

Min Die Schallpfadlänge nach dem Messstart, **ab dem** ein weiteres Signal frühestens als Messpunkt identifiziert werden kann.

*Signale zwischen dem messauslösenden Triggerpunkt und dem Wert für Min werden nicht berücksichtigt: Sie liegen in der sogenannten **Totzeit**.*

Beim automatischen Justieren wird die Totzeit automatisch in Abhängigkeit von der Prüfkopffrequenz (und damit abhängig von der Pulsbreite) eingestellt.



A kennzeichnet das Ende der Totzeit (= Wert „Min“)

Max Die Schallpfadlänge nach dem Messstart, **bis zu der** ein Signal als Messpunkt identifiziert werden kann.

Der Wert Max muss so eingestellt werden, dass gewünschte Folgeechos sicher erfasst werden.

*Bei Prüfköpfen mit Vorlaufstrecke (Typ **Vorlaufstrecke** im Menüpunkt **Messoptionen » Prüfkopf » Typ**) ist Max nicht manuell einstellbar; der Menüpunkt ist **ausgegraut**. Hier ist der Messbereich automatisch durch das zweite Folgeecho aus der Vorlaufstrecke begrenzt.*

Der Bereich zwischen den Schallpfadlängen **Min** und **Max** ist also der Messbereich, in dem Messpunkte erkannt werden können.

Die Einstellung der Werte für Min und Max erfolgt gemäß der Beschreibung in Abschnitt 9.4. Zusätzlich stehen für über die Funktionstaste **F2** (Liste) ausgewählte Werte für die Schnellauswahl wie folgt zur Verfügung[18]:

für **Min**:
- 0.1 mm, 0.2 mm, 0.5 mm, 1.0 mm, 2.0 mm, 5.0 mm
- 0.010 in, 0.020 in, 0,040 in, 0,100 in, 0.200 in, 0.400 in
- 10.000 µs, 20,000 µs, 50.000 µs, 100.000 µs, 200.000 µs, 500.000 µs

für **Max**:
- 10.0 mm, 20.0 mm, 50.0 mm, 100.0 mm, 200.0 mm, 450.0 mm
- 1.000 in, 2.000 in, 4.000 in, 10.000 in, 20.000 in, 40.000 in
- 0.100 µs, 0.200 µs, 0.500 µs, 1.000 µs, 2.000 µs, 5.000 µs

[18] Längenangaben beziehen sich auf die eingestellte Schallgeschwindigkeit

11.2.9 Prüfkopf

Info

Information zum aktuell aktiven Prüfkopf. Diese Information wird auch als Ergebnis des Menüpunkts **Prüfkopf ausmessen** angezeigt.

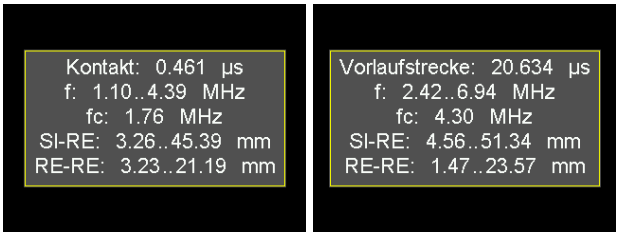


Bild 45: Typische Werte für einen Kontaktprüfkopf (links) und einen Delay-Line-Prüfkopf (rechts)

In der **oberen Zeile** wird der identifizierte Prüfkopftyp **Kontakt** (Kontaktprüfkopf), **Vorlaufstrecke** (Prüfkopf mit signifikanter Vorlaufstrecke, Delay Line) oder **SE-Prüfkopf** (Prüfkopf mit getrenntem Sender- und Empfängerschwinger) und die gemessene Vorlaufstreckenzeit angezeigt.

f beschreibt den gemessenen Frequenzbereich des Prüfkopfs zwischen den oberen und unteren Grenzfrequenzen mit 6-dB-Amplitudenabfall.

fc ist die ermittelte Mittenfrequenz des Prüfkopfs und entspricht dem Amplitudenmaximum des Signalverlaufs über die Frequenz.

SI-RE: Möglicher Messbereich in der Betriebsart Sendepuls – 1. Rückwandecho
RE1-RE2: Möglicher Messbereich in der Betriebsart Rückwandecho – Rückwandecho

Frequenz

Durch das Ausmessen des Prüfkopfes über den Menüpunkt **Justieren** oder über die vorgeschlagenen **Messschritte nach dem Einschalten** wird die Mittenfrequenz des angeschlossenen Prüfkopfs ermittelt und die Einstellung des Ultraschallsenders **automatisch** angepasst. Alternativ zu dieser automatischen Einstellung kann über die Frequenzwahl **manuell** die Sendepulsbreite an die Mittenfrequenz des angeschlossenen Prüfkopfs zur Optimierung angepasst werden.

Im Idealfall ist der Sendepuls so breit wie ein halber Schwingungszug der Prüfkopffrequenz. Breitere Sendepulse würden die Signalform so beeinflussen, dass es zu Schwingungsüberlagerung kommt und Teile des Ultraschallsignals sich gegenseitig auslöschen oder in der Amplitude reduzieren.

Die manuelle Einstellung kann aus den Mittenfrequenz-Werten < 2 MHz, 2..4 MHz, 4..8 MHz, 8..12 MHz und > 12 MHz gewählt werden.

Vorlaufstrecke

Über diesen Menüpunkt kann die Vorlaufstrecke des Prüfkopfs in µs eingegeben werden (s. Abschnitt 9.4). Die in der Vorlaufstrecke liegenden Signalteile werden blau dargestellt und nicht zur Auswertung herangezogen.

Die
*- bei der Justierung des Prüfkopfs (**Justierung » Prüfkopf ausmessen**)*
*- bei der automatischen Prüfung (**Justierung » Vorlauf Auto**)*
*- bei der manuellen Messung (**Justierung » Vorlauf manuell**)*
- nach der Einschalt-Justierung
ermittelte Vorlaufstrecke wird hier automatisch eingetragen.

Typ

◉ **Vorlaufstrecke**
Dieser Prüfkopftyp besitzt eine signifikante Vorlaufstrecke (meist ein aufgeschraubter Kunststoffzylinder) und ist für geringe Materialdicken und präzise Messwerte aufgrund des Messprinzips besonders gut geeignet.

○ **Kontakt**
Der Kontakt-Prüfkopf wird ohne explizite Vorlaufstrecke aufgesetzt. Wenn hier von „Vorlauf“ die Rede ist, bezeichnet man damit im Regelfall den mechanischen Schutzbereich zwischen Schwinger und Schallaustrittsfläche, in dem die Schalllaufzeit im Bereich von ca. 0,3 µs liegt. Der Prüfkopf ist mit 1 Ultraschallschwinger ausgerüstet, der gleichzeitig als Sender und Empfänger dient; Einschwinger-Prüfköpfe werden über ein einzelnes Koaxialkabel mit dem Messgerät verbunden.

○ **SE-Prüfkopf**
Der Prüfkopf verfügt über 2 Ultraschallschwinger, wobei jeweils einer der Schwinger als Sender arbeitet und der andere als Empfänger. SE-Prüfköpfe werden über ein doppeltes Koaxialkabel mit dem Messgerät verbunden. Das an den Empfänger-Schwinger angeschlossene Kabel ist mit einer **roten Kabeltülle** markiert und wird in die Prüfkopf-Anschlussbuchse des Geräts gesteckt, die mit einem **roten Punkt** versehen ist.

2 Schmalbandige SE-Prüfköpfe können nicht automatisch erkannt werden. Der Prüfkopftyp muss in diesem Fall manuell eingegeben werden (siehe Abschnitt 11.2.9).

*2 Um den prinzipbedingten Umwegfehler zu minimieren müssen die Justiermessungen beim Prüfkopftyp **SE-Prüfkopf** auf einem Referenzstück durchgeführt werden, dessen Material und Dicke dem später auszumessenden Werkstück möglichst genau entspricht.*

11.2.10 A-Bild

Gleichrichtung

◉ **HF**
Die Nulllinie des Signals wird in die vertikale Mitte des A-Bild-Bereichs gelegt. Positive und negative Signalanteile sind oberhalb und unterhalb der Nulllinie zu sehen. Beste Darstellung für messrelevante Nulldurchgänge.

○ **Doppelweg**
Die untere horizontale Begrenzung des A-Bild-Bereichs ist die Nulllinie des doppelweggleichgerichteten Signals (d. h. auch die negativen Signalanteile werden um 180° an der Nulllinie gespiegelt, sozusagen „nach oben umgeklappt“ und oberhalb der Nulllinie dargestellt).

○ **Positiv**
Wie „Doppelweg“, aber nur die positiven Signalanteile werden dargestellt.

○ **Negativ**
Wie „Doppelweg“, aber nur negative Signalanteile werden (an der horizontalen Nulllinie nach oben gespiegelt) dargestellt.

Der Messwert ist unabhängig von der gewählten Gleichrichtung.

Gefüllt

○ **Ja**

Der Bereich zwischen dem Verlauf der Echoamplitude und der Nulllinie wird mit der aktuellen Farbe der Signalkurve gefüllt.

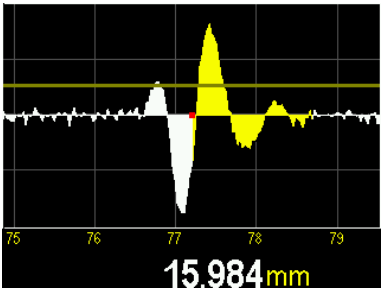


Bild 46: Beispiel der Darstellungsart „Gefüllt“

◉ **Nein**

Es wir nur der Verlauf der Echoamplitude dargestellt.

11.2.11 TCG Manuell

siehe Abschnitt 9.6.3.2.2

11.3 Konfigurationen

Aus dem Bereich Konfigurationen sind Parameter für verschiedene Messsituationen abrufbar, so dass viele Messungen ohne vorheriges individuelles Ausmessen und Einstellen begonnen werden können.

Werksseitige, vom Gerät vorgegebene Parametersätze finden Sie im Bereich **Preset laden**.

Spezifische Parameterkonfigurationen, die bei der Nutzung des Geräts individuell durch Messungen und Anwendungen entstanden sind, können im Bereich **Laden** und **Speichern** verwaltet werden. So ist es z. B. möglich, mit dem Laden einer zugehörigen Datei eine begonnene Messreihe ohne erneutes Justieren fortzuführen, falls derselbe Prüfkopf verwendet wird und gleichzeitig die Bedingungen bezüglich Ankopplung und Umwelt identisch sind. Aber auch Parameter, die sich bei schwierigen Messaufgaben bewährt haben, können so für eine wiederkehrende Verwendung einfach in Dateien abgelegt werden.

*Abgespeichert werden alle zum Zeitpunkt der Speicherung aktuellen Parameter aus dem Menübereich **Messoptionen**, wie z. B. die Art der Echoauswertung, Trigger-Polarität, Anzeige, Grenzwerte, Material, Einheit, Messbereich etc.*

11.3.1 Preset laden

Laden Sie hier eine Datei mit Voreinstellungen. Herstellerseitig werden bei Auslieferung des Gerätes die folgenden Dateien hinterlegt:

- eine Auswahl von Parameterdateien für gängige Prüfköpfe
- **_Reset** (Werkseinstellungen)
- **_Switchon** (Einstellungen beim letzten Ausschalten)
- **_Undo** (jeweils letzter Parametersatz)

*Je nach Anzahl der Parameterdateien für Prüfköpfe werden die Dateien **_Reset**, **_Switchon** und **_Undo** ggf. erst nach dem Herunterscrollen angezeigt.*

Druck auf die Funktion Info (**F3**) öffnet ein Informationsfenster, in dem (falls vorhanden) Informationen zur markierten Datei angezeigt werden.

*Die Datei **_Reset** und die Prüfkopfdateien können vom Anwender nicht geändert werden. Der Inhalt der Datei **_SWITCHON** wird bei jedem Ausschalten automatisch vom Gerät neu beschrieben.*
*Kurz vor dem Öffnen einer Messwert-Datei und dem Laden der Werkseinstellung (Menüpunkt Werkseinst. laden) speichert das Gerät in der Datei **_Undo** den jeweils letzten Parametersatz, der so bei Bedarf wieder aufgerufen werden kann.*

KARL DEUTSCH kann hier auch spezielle Konfigurationen für kundenspezifische Prüf-Lösungen speichern.

11.3.2 Laden

Unter diesem Menüpunkt können Sie eine der über den Menüpunkt „Speichern“ (siehe Abschnitt 11.3.3) abgelegten Einstellungsdateien öffnen.

Löschen und umbenennen

Mit den Pfeiltasten markieren Sie die gewünschte Datei in der Dateiliste. Drücken Sie **F1**, um die markierte Datei zu löschen oder **F2**, um sie umzubenennen.

*Die Funktion **F3** ist nicht anwählbar, weil in diesem Bereich der „Konfigurationen“ keine dateispezifischen Informationen vorhanden sind.*

11.3.3 Speichern

Unter diesem Menüpunkt können Sie die aktuelle Einstellung abspeichern. Dabei ist es möglich, eine bestehende Datei zu überscheiben oder eine neue Datei anzulegen.

F1 und **F2** … haben die gleichen Funktionen (löschen und umbenennen) wie unter **Laden**.

F3 (länger drücken) Zum Anlegen einer neuen Konfigurationsdatei

*Die Funktion **F3 kurz** (Info) ist nicht anwählbar, weil in diesem Bereich der **Konfigurationen** keine dateispezifischen Informationen vorhanden sind.*

*Beim Anlegen einer neuen Datei resultiert der vorgeschlagene Dateiname aus dem der selektierten Datei, so wird aus **Datei → Datei _00**, aus **Datei 123 → Datei 124**.*

11.3.4 Übertragen (nur wählbar im 19“-Rackmodul 1077.801)



Bild 47: 19“-Rack mit sechs ECHOMETER 1077 - Rackmodulen

Das 19“-Rackmodul des ECHOMETER 1077 (Art.-Nr. 1077.801) ist für den Einbau in 19“-Racks (Art.-Nr. 1077.850) vorgesehen. Bis zu sechs Module können in ein Rack eingebaut werden. Die eingebauten Module verfügen über eine gemeinsame Stromversorgung, sind an jeweils einen eigenen Prüfkopf angeschlossen und über eine Datenleitung miteinander verbunden.

Mit dem Menüpunkt **Konfigurationen » Übertragen** kann die Parametereinstellung eines Moduls auf Knopfdruck zur Übernahme an die anderen Module des Racks geschickt werden. Während des Transfers (Dauer ca. 1-2 s) wird ein gelb-grün blinkendes Symbol eingeblendet:

 usw.

11.4 Dateiverwaltung

Die Geräteversion „Data“ verwaltet bis zu 5 Messwertdateien (für jeweils bis zu 999 Messwerte) und 50 Konfigurationsdateien (MEM+ bis zu 25 Messwertdateien).

Nach dem Aufruf des Menüpunkts **Laden** können die Funktionstasten für verschiedene Aktionen genutzt werden:

- Inhalte vorhandener Dateien löschen (Funktion Werte löschen)
- komplette Dateien löschen (Funktion Löschen)
- vorhandene Dateinamen ändern (Funktion Umbenennen)
- neue Datei anlegen (Funktion Datei anlegen)

11.4.1 Laden / Neu



Bild 48: Anzeige (Beispiel) nach Aufruf des Menüpunkts, wenn bereits fünf Dateien abgespeichert wurden

Dieser Menüpunkt ruft eine Auswahlliste gespeicherter Dateien auf. Mit den Pfeiltasten wählen Sie die gewünschte Datei aus.

Über MENU OK öffnen Sie die markierte Datei mit den enthaltenen Messwerten und aktivieren die in der Datei abgespeicherten Einstellungen.

Erstmaliges Öffnen: *Beim erstmaligen Öffnen (oder vorhergehenden Löschen aller Dateien) ist die Datei-Auswahlliste leer. Mit der Funktion* Datei anlegen *kann eine neue Datei angelegt werden.*

11.4.1.1 Funktion „Löschen“

Die Funktion **Löschen** entfernt die markierte Datei vollständig aus dem Datenspeicher des Geräts.

Das ist z. B. dann erforderlich, wenn eine neue Datei angelegt werden soll, aber die maximale Anzahl von möglichen Dateien bereits vorhanden sind[19].

11.4.1.2 Funktion „Umbenennen“

Mit der Funktion **Umbenennen** kann die markierte Datei umbenannt werden (Eingabe: siehe Abschnitt 9.5).

[19] Wenn der Speicherplatz nicht ausreicht: Unter der Bestellnummer 1910.002 ist das Erweiterungsmodul "Matrix + B-Scan + erweiterter Speicher" erhältlich, bei dem 25 Dateien mit jeweils bis zu 999 Messwerten gespeichert werden können.

11.4.1.3 Funktion „Datei anlegen“



Bild 49: Maske zum Eingeben eines Dateinamens

Die Funktion Datei anlegen öffnet eine Maske zum Eingeben des Dateinamens (siehe Abschnitt 9.5). Im Eingabebereich wird der Dateiname **Datei nn** vorgeschlagen, wobei - je nach Anzahl von evtl. schon vorhandenen Dateien - ein numerischer, automatisch inkrementierter Namensteil ***nn*** ergänzt wird.

Der vorgeschlagene Dateiname kann ganz oder teilweise überschrieben werden.

*Die Fehlermeldung **Datei vorhanden** erscheint, wenn der gewählte Dateiname schon vorhanden ist.*

*Die Fehlermeldung **Maximum** weist darauf hin, dass die höchstmögliche Anzahl von Dateien angelegt worden ist. In diesem Fall müssen Sie eine vorhandene Datei löschen, bevor eine neue Datei angelegt werden kann.*

11.4.1.4 Nach dem Öffnen einer Messwertdatei

Sobald in einer Messwertdatei Werte gespeichert sind, können aus Gründen der Daten-Integrität keine messrelevanten Parameter mehr verändert werden (z. B. Materialjustierung, Material). Die entsprechenden Menüpunkte sind dann ausgegraut und können nicht gewählt werden.

Wenn Messungen mit anderen Parametern durchgeführt werden sollen, muss das in einer neuen Datei geschehen.

*Mess-Einheiten (solange sie im Ursprungsbereich der Messgrößen **Dicke** oder **Schallgeschwindigkeit** bleiben) können auch bei einer geöffneten Datei geändert werden, weil die interne Speicherung davon unabhängig immer mit größtmöglicher Genauigkeit erfolgt.*



Bild 50: Erweiterte Messwertanzeige bei geöffneter Messwertdatei. Der Name der geöffneten Datei wird oben links angezeigt (hier „Datei 03“).

Sobald eine Messwertdatei geöffnet ist, steht ein weiteres Messwert-Anzeigefenster zur Verfügung, das um statistikrelevante Angaben (Symbolerklärung: siehe Abschnitt 9.6.4) und die folgenden Funktionen erweitert ist:

- **Werte löschen**: Alle Messwerte in der geöffneten Datei werden gelöscht.
- **Wert löschen**: Der aktuell angezeigte Messwert wird gelöscht.
- **Datei schließen**: Die aktuell geöffnete Datei wird geschlossen, Werte und Einstellungen werden gespeichert.
- **Wert speichern**: Der aktuell angezeigte Messwert wird in die geöffnete Datei geschrieben. Dazu muss der Prüfkopf aufgesetzt sein, ansonsten erscheint die Fehlermeldung **Aufsetzen**.

*Die aktuellen Einstellungen gehen verloren, wenn bei geöffneter Messwertdatei die Stromversorgung unterbrochen wird, ohne dass die Datei zuvor regulär geschlossen wurde (über **Datei speichern** oder Ausschalten mit der Taste ⏻).*
Das wäre bei geöffneter Datei zum Beispiel dann möglich, wenn die Batterien / Akkumulatoren entnommen werden, oder - falls keine Batterien / Akkumulatoren eingesetzt sind - durch Unterbrechen der USB-Verbindung zum PC.

11.4.2 Schließen

Zu diesem Menüpunkt gelangen Sie bei geöffneter Datei, indem Sie MENU OK ***» Dateiverwaltung** drücken.*

Dieser Menüpunkt schließt die aktuell geöffnete Datei, speichert deren Einstellungen und beendet die Dateiverwaltung und ist identisch mit der Funktion Datei schließen im Datei-Messwert-Anzeigefenster.

11.4.3 Drucken

Zu diesem Menüpunkt gelangen Sie bei geöffneter Datei, indem Sie MENU OK ***» Dateiverwaltung*** *drücken.*

Der Menüpunkt ist ausgegraut (ist nicht anwählbar), wenn in der aktuell geöffneten Datei keine Messwerte gespeichert sind.

Mit diesem Menüpunkt werden die Messwerte der geöffneten Datei über die Schnittstelle ausgegeben (z. B. in eine Übernahmedatei auf dem PC).

```
====== Echometer 1077 ===========          Kopfzeile bei Druckstart
#FileStart
#Filename: File ABCD

0001:  >16.051 mm     „>" kennzeichnet einen Wert oberhalb des oberen Grenzwerts
0002:   16.047 mm
0003:   16.047 mm
0004:  <16.044 mm     „<" kennzeichnet einen Wert unterhalb des unteren Grenzwerts
…
Values :  9
Average : 16.044 mm
s(n-1) :       0.008 mm
Min :        16.035 mm
Max :       16.050 mm
#FileEnd
```

11.4.4 MATX Matrix (nur mit geöffneter Datei verfügbar)

*Der Menüpunkt „Matrix“ ist in der Ausbaustufe **Erweiterter Speicher** (Art.-Nr.: 1910.002) verfügbar.*

*Die Matrixanzeige ersetzt den Standard-Anzeigemodus **Nur Messwert mit Statistikangaben**, siehe Abschnitt 9.6.3.5.*

Mithilfe eines in Matrixform organisierten Speichers ist es möglich, Messwerte auf definierte Zellen einer Matrix zu verteilen. Wenn die Matrix auf die Oberfläche des auszumessenden Objekts projiziert wird, können so geometrische Messpunktvorgaben im Messwertspeicher abgebildet werden.

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59

Bild 51: Gleichmäßige Aufteilung einer Platte mithilfe eines Messpunktrasters für 50 Messpunkte

Beispiel:
Für eine Metallplatte (10 cm breit, 5 cm hoch) wird ein Messraster zu jeweils 10 Messpunkten in 5 Messwertreihen festgelegt.
In jedem der 50 Bereiche soll ein Messwert aufgenommen werden.
Um das Messgitter im Speicher abzubilden, bietet es sich hier an, eine Matrix mit 10 Spalten (x) und 5 Zeilen (y) anzulegen.

Anlegen eines Matrixspeichers

- Neue Datei anlegen über die Menüpunkte **Dateiverwaltung » Laden/Neu » Datei anlegen** (Taste **F3**).
- Über die Eingabemaske einen Dateinamen vergeben und mit Ok (**Taste F3** länger drücken) bestätigen. Die neu angelegte Datei ist jetzt geöffnet.
- Den Menüpunkt **Dateiverwaltung » Matrix** öffnen.

Der Menüpunkt ist nur anwählbar, wenn eine Datei geöffnet ist.

- Das Untermenü zeigt die Auswahlmöglichkeiten
  - ◉ **Aus** ausgegraut; nur anwählbar, wenn Matrixspeicher aktiv
  - ○ **Horizontal** bedeutet: nach der Messwertübernahme automatische Bewegung des Eingabefokus in der Matrix: links nach rechts » am Ende der Zeile in die nächste Zeile springen
  - ○ **Vertikal** bedeutet: nach der Messwertübernahme automatische Bewegung des Eingabefokus in der Matrix: oben nach unten » am Ende der Spalte in die nächste Spalte springen

Nach der Auswahl **Horizontal** oder **Vertikal** werden zunächst die Anzahl der Matrixspalten („Spalten“), anschließend die Anzahl der Matrixzeilen („Zeilen“) mit den Pfeiltasten eingestellt. Mit MENU OK werden die eingegebenen Werte bestätigt, mit ESC wird die Eingabe ohne Änderung verlassen.

Das Produkt aus Zeilenanzahl und Spaltenanzahl ist auf 225 begrenzt, d.h. es können maximal 225 Matrixzellen in einer Datei angelegt werden. Als untere Grenze sind minimal 2 Spalten und 2 Zeilen möglich.

Nach dem Festlegen der Matrixdimension und der Bestätigung mit MENU OK wird die leere Matrix angezeigt, zusammen mit dem aktuellen Messwert und den zugehörigen Tastenfunktionen:

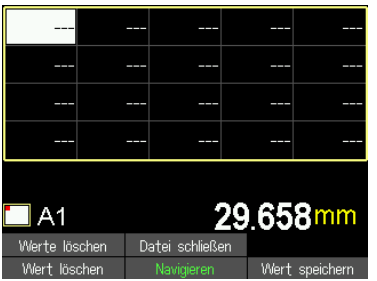


Bild 52: Ansicht eines leeren Matrixspeichers mit dem aktuellen Messwert



Orientierungsfenster (links unten)

Das Orientierungsfenster zeigt:
gelb umrandet: gesamte Matrix
weiß: sichtbarer Bereich der Matrix
roter Punkt: Position der aktuellen Matrixzelle.

Die aktuelle Position mit dem Eingabefokus ist zusätzlich als Zeichenpaar (wie in einem Tabellenkalkulationsprogramm) in Klammern dargestellt (Beispiele):
(A1): 1. Spalte, 1. Reihe
(B4): 2. Spalte, 4. Reihe



Bild 53: Ansicht eines 5-mal-4-Matrixspeichers mit dem aktuellen Messwert 9,959 mm; die aktive Zelle ist B3. Mit F3 = „Wert speichern“ würde der aktuelle Messwert den dort vorhandenen Messwert 9,963 überschreiben.

Sobald die Matrix angezeigt wird, stehen die folgenden Tastenfunktionen zur Verfügung:

- **Werte löschen**: Alle Messwerte der geöffneten Datei werden gelöscht.
- **Wert löschen**: Der Messwert in der Zelle mit dem Eingabefokus wird gelöscht.
- **Datei schließen**: Die aktuell geöffnete Datei wird geschlossen, Werte und Einstellungen werden gespeichert.
- **Wert speichern**

  *Der aktuell angezeigte Messwert wird in die aktuelle Matrixzelle geschrieben. Dazu muss der Prüfkopf aufgesetzt sein, ansonsten erscheint die Fehlermeldung **Aufsetzen**.*

- **Navigieren**: Druck auf F2 aktiviert (die Buchstaben werden grün angezeigt) bzw. deaktiviert (die Buchstaben werden weiß angezeigt) die Navigation in der Matrix:

-  (nach oben)
-  (nach unten)
- ESC (links)
- MENU OK (rechts).

Wenn die Navigation deaktiviert (Buchstaben sind weiß) ist, öffnet MENU OK das Menü (um z. B. den Menüpunkt **Dateimanager » Matrix** zu öffnen, wenn die existierende Matrix-Dimensionen geändert werden sollen).

Ändern der Dimension einer bestehenden Matrix

Um die Dimensionen einer bestehenden Matrix zu ändern, muss einer der Menüpunkte **Dateiverwaltung » Matrix » Horizontal** oder **Dateiverwaltung » Matrix » Vertikal** erneut aktiviert werden.

In der anschließenden Eingabe wird dann die Dimension der Matrix neu eingegeben.

Dabei gelten folgende Regeln:

- Felder, die in der neuen Matrix durch Verkleinern wegfallen, werden gelöscht.
- Felder, die hinzukommen, werden mit Leerwerten (---) vorbesetzt.
- Felder die erhalten bleiben, behalten auch Ihren Messwert.

11.4.4.1 MATX Aus

Die Funktion Matrixspeicher wird deaktiviert. Wenn zuvor die Funktion Matrix aktiviert war, werden alle Messwerte bis zur ersten Leerzelle übernommen.

11.4.4.2 MATX Horizontal

Die Funktion Matrixspeicher wird aktiviert. Alle Messwerte werden zeilenweise geschrieben. Am Zeilenende springt der Cursor auf die erste Zelle der folgenden Zeile.

11.4.4.3 MATX Vertikal

Die Funktion Matrixspeicher wird aktiviert. Alle Messwerte werden spaltenweise geschrieben. Am unteren Ende einer Spalte springt der Cursor auf die erste Zelle der rechts folgenden Spalte.

11.4.5 B-Bild (nur mit geöffneter Datei verfügbar)

*Der Menüpunkt **B-Bild** ist in der Ausbaustufe **Erweiterter Speicher** (Art.-Nr.: 1910.002) verfügbar.*

*Das B-Bild ersetzt den Standard-Anzeigemodus **Nur Messwert mit Statistikangaben**, siehe Abschnitt 9.6.3.5.*

*Um eine kontinuierliche, lückenlose Messung zu erzielen, empfiehlt es sich mit einer fest eingestellten manuellen Verstärkung zu arbeiten und die automatischen Verstärkungsmodi (**AGC**, **Auto TCG**) auszuschalten (siehe Abschnitt 9.6.3.2). Dadurch werden Messaussetzer vermieden, die während der Verstärkungsnachführung auftreten können. Die manuelle Verstärkung sollte ca. 6 bis 10 dB höher eingestellt sein, als die für 90% BSH notwendige Verstärkung. Mit dieser Einstellung werden auch Signale mit mittelmäßiger Ankopplung erfasst, aber Signale ausgeblendet, die so schlecht angekoppelt sind, dass sie typischerweise zu Messfehlern führen.*

Bei einem B-Bild werden auf einer Zeichenfläche nacheinander vertikale Linien geschrieben, deren Länge jeweils proportional zur gemessenen Wanddicke ist.

Wenn während des Linienschreibens der Prüfkopf auf der Materialoberfläche gleichmäßig verschoben wird, entsteht so eine Art Querschnitt durch das Material unterhalb des Prüfkopfs.

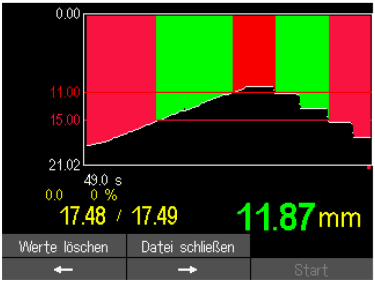


Bild 54: Beispiel für ein B-Bild

Bei unterbrochener oder pausierter Aufzeichnung: Mit den Pfeiltasten **F1 kurz** (links) und **F2 kurz** (rechts) wird der Positionscursor (kleiner roter Punkt unterhalb der x-Achse) verschoben. Links neben dem aktuellen Messwert wird der Messwertbereich (Minimalwert / Maximalwert) angezeigt, der der Linie oberhalb des Cursors zugeordnet ist.

Im nebenstehenden Beispiel wurden die dem Messwert proportionalen Linien (Nullpunkt ist oben!) in zeitlich gleichen Abständen nacheinander von links nach rechts aufgetragen. Kurze Linien repräsentieren kleine Wanddicken und lange Linien große Wanddicken. Die y-Skala hat ihren Maximalwert bei 21,02 mm. Deutlich ist zu sehen, wie die Wanddicke etwa zur Hälfte des gescannten Wegs auf ca. 10 mm zurückgeht, um danach in Stufen von ca. 2 mm wieder anzusteigen. Rote Bereiche kennzeichnen Messwerte außerhalb der eingegebenen Grenzwerte.

Werte löschen: Löscht (nach einer Sicherheitsabfrage ja/nein) alle geschriebenen Werte und aktiviert **F3 kurz** (**Start)** wieder.
Datei schließen: Schließt die aktuelle B-Bild-Datei und kehrt in den normalen Messmodus zurück.
Start/Stop: Startet / beendet die B-Bild-Aufzeichnung

11.4.5.1 B-Bild Aus

Die B-Bild-Funktion ist ausgeschaltet.

11.4.5.2 B-Bild Von rechts

Das B-Bild wird von rechts nach links geschrieben.

11.4.5.3 B-Bild Von links

Das B-Bild wird von links nach rechts geschrieben.

11.4.5.4 B-Bild Betriebsart

Die Aufzeichnung wird beendet, wenn der Bildspeicher voll ist.

◉ Pause bei abgehoben	Die Aufzeichnung pausiert, wenn der Prüfkopf abgehoben ist.
○ Dauermessung	Die Aufzeichnung bleibt ohne Unterbrechung, auch bei abgehobenem Prüfkopf.

11.4.5.5 B-Bild Messrate

Dieser Menüpunkt legt fest, wie schnell das B-Bild geschrieben wird.

Auswahl: 60 s, 30 s, 15 s, 5 s, 2 s, 1 s, 2 Hz, 5 Hz, 12,5 Hz, 25 Hz

Einheit „s“: Alle n Sekunden wird eine Linie geschrieben. Einheit „Hz“: Es wird n-mal pro Sekunde eine Linie geschrieben. n: zugehöriger Zahlenwert

11.4.5.6 B-Bild Konfiguration

◉ y-Skala auto	Die Größe der y-Skala (vertikale Skala) passt sich automatisch dem größten gemessenen Wert an.
○ y-Skala setzen	Die Größe der y-Skala wird manuell eingegeben (zur Eingabe numerischer Werte: siehe Abschnitt 9.4)

11.4.6 Alles löschen

Über diesen Menüpunkt können alle Messwertdateien gemeinsam gelöscht werden.

Der Menüpunkt ist nur anwählbar, wenn alle Dateien geschlossen sind.

11.4.6.1 Alles löschen ok?

Vor dem endgültigen Löschen aller Dateien muss die Sicherheitsabfrage „Alles löschen ok?“ mit der Taste MENU OK bestätigt werden.

Mit Druck auf ESC wird der Löschvorgang abgebrochen.

Während des Löschvorgangs erscheint ein sich drehendes Aktivitätssymbol. Die Dauer des Löschvorgangs ist abhängig von der Anzahl gespeicherter Dateien.

11.5 Geräte-Optionen

11.5.1 Daten-Ausgabe

○ Aus	Keine Messwertausgabe
◉ Ein	Bei Druck auf ESC wird der aktuelle Messwert samt Einheit über die Schnittstelle ausgegeben (z.B. zur Übernahme in ein Terminalprogramm eines angeschlossenen PC). Unten links auf dem Bildschirm wird das Symbol  angezeigt.

Beispielausgabe:

```
===== Echometer 1077 Start ======<CR>[20]    Kopfzeile bei Aktivierung (Ein)
0010:   16.001 mm<CR>             Druck auf ESC
0011:   15.996 mm<CR>             Druck auf ESC
0012:   15.989 mm<CR>             Druck auf ESC
usw.
===== Echometer 1077 End ========<CR>     Fußzeile bei Deaktivierung (Aus)
```

Das PC-Programm EasyExport setzt diesen Menüpunkt automatisch auf „Ein“ und unterdrückt beim Empfang der Messwerte die Kopfzeile, die Fußzeile und die laufende Nummer am Zeilenanfang.

[20] <CR> steht für das Steuerzeichen Carriage Return

11.5.2 Schrittweiten

11.5.2.1 Verstärkung

Im Anzeigemodus **Einstellung Verstärkung** (siehe Abschnitt 9.6.3.2) kann im Direktzugriff über die Funktionstasten **F1** und **F3** die Verstärkung schrittweise erhöht oder erniedrigt werden. Hier, in diesem Menüpunkt, wird die Schrittweite dafür gewählt.

○ 0,5 dB

○ 1 dB

◉ 3 dB

○ 6 dB

○ 12 dB

*Die Schrittweite kann im Anzeigemodus **Einstellung Verstärkung** auch direkt durch gleichzeitiges Drücken der Funktionstasten **F1** und **F3** geändert werden (siehe Abschnitt 9.6.3.2).*

11.5.3 Helligkeit

○ Min	Anzeige des Displayinhalts mit reduzierter Helligkeit
○ Normal	Anzeige des Displayinhalts mit normaler Helligkeit
◉ Hell	Anzeige des Displayinhalts mit erhöhter Helligkeit

Der Stromverbrauch erhöht sich mit der Intensität der Helligkeit (Min » Normal » Hell).

Bei externer Stromversorgung über die USB-Schnittstelle wird der Displayinhalt immer mit erhöhter Helligkeit angezeigt.

11.5.4 Hinterleuchtung AUS

◉ 15 Sek.	Die Hinterleuchtung des Displays wird nach 15 Sekunden ohne Tastenbetätigung oder Messung ausgeschaltet.
○ 1 Min.	Die Hinterleuchtung des Displays wird nach 1 Minute ohne Tastenbetätigung oder Messung ausgeschaltet.
○ Koppelkontrolle	Die Hinterleuchtung wird für die Dauer der Prüfkopfankopplung eingeschaltet. Die Hinterleuchtung kann so auch zur Koppelkontrolle genutzt werden.
○ Nie	Die Hinterleuchtung bleibt ständig eingeschaltet.

Durch die erhöhte Stromaufnahme bei eingeschalteter Hinterleuchtung reduziert sich die Batterielebensdauer.

11.5.5 Sprache

Wählen Sie hier die Bediensprache aus den angebotenen Möglichkeiten.

Die Auswahl an angebotenen Landessprachen kann geräte- und kundenspezifisch variieren.

- Die eingestellte Sprache bleibt nach dem Rücksetzen auf die Werkseinstellung (wie in Abschnitt 11.5.10 beschrieben) erhalten.
- Wenn während des Einschaltens (im Batteriebetrieb) die Taste ESC gedrückt gehalten wird, wechselt das Gerät direkt in den Menüpunkt zur Sprachauswahl.

11.5.6 Justieren bei Start

Im Normalfall wird nach dem Einschalten eine Justierroutine durchlaufen, um z. B. Messparameter anhand des angeschlossenen Prüfkopfs automatisch vorzugeben.

○ Aus	Keine Abfrage zur Justierung nach dem Einschalten. Das Gerät fährt im selben Betriebszustand fort, mit dem es ausgeschaltet wurde.
◉ Ein	Nach dem Einschalten wird die normale Justierroutine durchlaufen.

11.5.7 Tastenton

Zur akustischen Kontrolle können Sie wählen, ob bei einer Tastenbetätigung ein Signalton ♩ ausgegeben wird.

◉ Aus	Tastenbetätigung ohne Signalton.
○ Ein	Beim Betätigen einer Taste ertönt ein Signalton ♩.

11.5.8 Auto-AUS

Wählen Sie hier, ob das Gerät sich selbstständig ausschalten soll, wenn keine Tastenbetätigung oder Messung für eine bestimmte Zeit stattfindet.

○ Nie	Das Gerät schaltet sich nicht selbsttätig aus.
◉ 5 Min.	Automatisches Ausschalten nach 5 Minuten ohne Tastenbetätigung oder Messung. Das Ausschalten wird akustisch mit drei kurzen und einem langen Signalton begleitet: 𝅘𝅥𝅯𝅘𝅥𝅯𝅘𝅥𝅯 + 𝅗𝅥.

Abbruch des automatischen Ausschaltens: Taste während der drei kurzen Signaltöne drücken.

Einstellungen und Parameter bleiben beim Ausschalten gespeichert.

11.5.9 Freischaltcode

Über die Eingabe eines sechsstelligen numerischen Codes können Geräteeigenschaften freigeschaltet werden. Die Eingabe erfolgt wie in Abschnitt 9.4 beschrieben.

11.5.10 Werkseinst. laden

Das Gerät kann in die Werkseinstellung zurückgesetzt werden, die bei der Auslieferung aktiv ist.

Werkseinst. Ok: Bestätigen Sie den Menüpunkt mit der Taste MENU OK, um die Werkseinstellung zu aktivieren.
Das Gerät führt die Messungen anschließend unter Verwendung der Standardwerte der Werkseinstellung weiter (siehe Abschnitt 10).

Das Rücksetzen in die Werkseinstellung ist dann oft hilfreich, wenn nicht nachvollziehbare Ergebnisse oder Betriebszustände auftreten, um so z. B. mögliche unpassende Parameter in den erlaubten Bereich zurückzuführen oder auszuschalten.

Die eingestellte Sprache bleibt erhalten.

11.5.11 Info

Aufruf individueller Geräte-Infos zu Ihrem ECHOMETER.

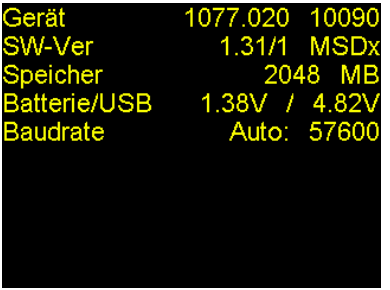


Bild 55: Informationsanzeige

Gerät:
Artikelnummer des Geräts mit eindeutiger Fertigungsnummer

SW-Ver:
Versionsnummer der Betriebssoftware / Nr. des FPGA [Leerzeichen] Softwarevariante

Speicher:
Größe des internen Speichers

Batterie/USB:
Aktuelle Werte der Versorgungsspannung der eingebauten Batterie und der USB-Schnittstelle (falls eingesetzt / angeschlossen)

Baudrate:
Aktuelle Baudrate
Auto: automatisch ermittelt,
Fix: fest vorgegeben

11.6 AUTO Automatisierung

Dieser Menüpunkt steht nur beim Erweiterungsmodul **Automatisierung** (Art.-Nr. 1910.001) zur Verfügung, dessen Eigenschaften auch kundenspezifisch variieren können. Nachfolgend aufgeführt sind die im Regelfall immer vorhandenen Menüpunkte.

*Um eine kontinuierliche, lückenlose Messung zu erzielen, empfiehlt es sich mit einer fest eingestellten manuellen Verstärkung zu arbeiten und die automatischen Verstärkungsmodi (**AGC**, **Auto TCG**) auszuschalten (siehe Abschnitt 9.6.3.2). Dadurch werden Messaussetzer vermieden, die während der Verstärkungsnachführung auftreten können. Die manuelle Verstärkung sollte ca. 6 bis 10 dB höher eingestellt sein, als die für 90% BSH notwendige Verstärkung. Mit dieser Einstellung werden auch Signale mit mittelmäßiger Ankopplung erfasst, aber Signale ausgeblendet, die so schlecht angekoppelt sind, dass sie typischerweise zu Messfehlern führen.*

11.6.1 AUTO Ausgaberate

AUTO ◉ Manuell	Manuelle Messwertausgabe
AUTO ○ 1/Min	Automatische Ausgabe einmal pro Minute
AUTO ○ 1 Hz	Automatische Ausgabe einmal pro Sekunde
AUTO ○ 25 Hz	Automatische Ausgabe 25 Mal pro Sekunde

11.6.2 AUTO Ausgabeformat

AUTO ◉ Standard	Datenausgabe bei jedem Messwert
AUTO ○ Min/Max	Datenausgabe nur für Minimal- und Maximalwerte

11.6.3 AUTO Pulsfolgefrequenz

AUTO ○ 10 Hz	Der Sendepuls wird zehnmal pro Sekunde erzeugt
AUTO ◉ 100 Hz	Der Sendepuls wird einhundertmal pro Sekunde erzeugt

11.6.4 AUTO Baudrate

AUTO ○ Auto	Das Gerät stellt für die Datenübertragung automatisch die höchstmögliche Baudrate ein
AUTO ○ 4800 Baud	Die Datenübertragung ist auf 4800 Baud eingestellt
AUTO ○ 9600 Baud	Die Datenübertragung ist auf 9600 Baud eingestellt
AUTO ○ 19200 Baud	Die Datenübertragung ist auf 19200 Baud eingestellt
AUTO ○ 38400 Baud	Die Datenübertragung ist auf 38400 Baud eingestellt
AUTO ◉ 57600 Baud	Die Datenübertragung ist auf 57600 Baud eingestellt

12 Anwendungstechnische Hinweise

12.1 Messmodus-Wahl: SI-RE oder RE1-RE2

Beim ECHOMETER 1077 haben Sie die Wahl zwischen zwei Messmodi (Menüauswahl: siehe Abschnitt 11.2.1):

Standard-Messmodus (SI-RE), bei dem auf Basis von Zeitdifferenzen zwischen dem Sendepuls SI (abzüglich Vorlaufstrecke bis zum Schalleintritt ins Material) und dem ersten Rückwandecho (RE) gemessen wird. Beim **Standard-Messmodus** wird der Prüfkopf auf das **unbeschichtete Material** aufgesetzt.	**Messmodus RE1-RE2**, bei dem auf Basis von Zeitdifferenzen zwischen mehreren Rückwandechos gemessen wird. Da bei dieser Messmethode die Vorlaufstrecke keine Rolle spielt, ist deren mögliche Beeinflussung (z.B. Temperaturabhängigkeit) irrelevant. Im **RE1-RE2-Modus** kann auch bei **beschichtetem Material** gemessen werden, wenn das Schichtmaterial über einen hohen akustischen Unterschied zum Grundmaterial verfügt, die akustische Grenzfläche zum Messobjekt somit deutliche Grenzflächenechos erzeugt, z.B. bei einer Lackschicht auf Stahl.

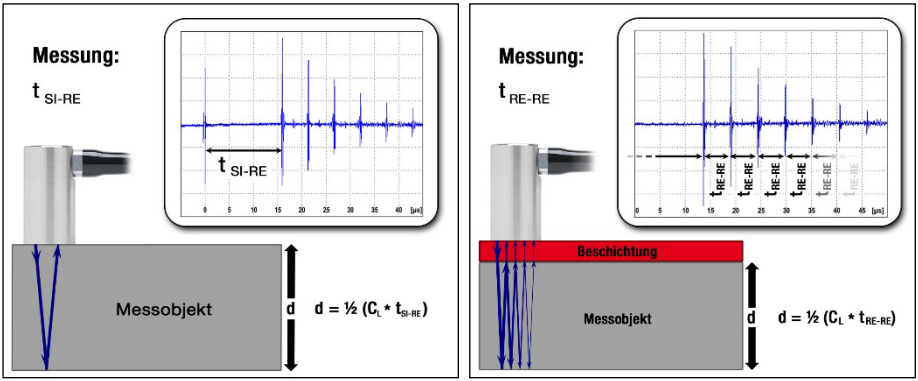


Bild 56: Messung auf unbeschichtetem Material im Messmodus SI-RE (links) und auf beschichtetem Material im Messmodus RE1-RE2 (rechts)

Im Messmodus **RE1-RE2** ist eine eventuelle Beschichtung für die Berechnung von Wanddicke oder Schallgeschwindigkeit unerheblich: Für die Berechnung wird ausschließlich die Zeitdifferenz ($t_{RE\text{-}RE}$) zwischen den Rückwandechos herangezogen (Bild 56, rechts).

12.2 Einfluss der Kabellänge auf den Messbereich mit dem Kabeltyp RG174 (Standardprüfkabel)

Bis 2 m Kabellänge RG174:	kein messbarer Einfluss
Bis 20 m Kabellänge RG174:	Messungen sind ab ca. 1,3 mm Wanddicke möglich

Hinweis: Der Einfluss der Kabellänge kann durch Verwendung verlustarmer Kabel weiter reduziert werden.

13 Anmerkungen zu Fehlermeldungen und Warnhinweisen

Tipp: *Falls Sie sich beim Eingeben von Parametern und/oder anderen Geräteeinstellungen „verrannt“ haben und auch dann, wenn Fehlermeldungen nicht unmittelbar nachvollziehbar sind, so dass deren Ursache schnell beseitigt werden kann, hilft in den meisten Fällen das* ***Rücksetzen des Geräts auf die Werkseinstellungen****, die bei Auslieferung aktiv waren. Benutzen Sie dazu den Menüpunkt* ***Werkseinst. laden*** *(siehe Abschnitt 11.5.10).*

Fehlermeldungen und Warnhinweise (Auswahl):

!Justierfehler!

Grund: Die Justierung ist fehlgeschlagen.
Abhilfe: a) Justierung wiederholen, dabei ausreichende Schallkopplung durch z.B. eine passende Menge von Koppelmittel und geeigneten Aufsetzdruck sicherstellen.
Prüfkopf beim Justieren so halten, dass die gesamte Schallaustrittsfläche auf dem Justiermaterial aufliegt.
b) Bei der Gerätejustierung einen Justierkörper verwenden (d. i. meist ein Stufenkontrollkörper, oder – falls passend – der Kalibrierkörper K1 oder K2).

„PC-Zugriff" (die Bedienung des Geräts über die Tastatur ist nicht möglich)

Grund: Ein externes PC-Programm greift auf das Messgerät zu.
Abhilfe: PC-Programm (z. B. das KARL DEUTSCH – Programm „iCom") schließen.

„OFL" (overflow), „UFL" (underflow)

Grund: Messwert liegt außerhalb der zulässigen Eingabe- und/oder Berechnungsgrenzen.
Abhilfe: Ändern Sie die Eingabegrößen und/oder die mechanischen Eigenschaften des zu messenden Werk- oder Referenzstücks, so dass die Parameter den Vorgaben in den Technischen Daten entsprechen (hilfreich ist dabei auch oft der Menüpunkt „Werkseinst. laden", siehe Abschnitt 11.5.10).

Blinkendes Symbol direkt nach dem Einschalten, Gerät schaltet dann ab.

Grund: Die Batteriekapazität ist erschöpft, so dass ein Messbetrieb mit verlässlichen Messwerten (gem. den Technischen Daten) nicht mehr gewährleistet ist.
Abhilfe: Frische Batterien / Akkumulatoren einsetzen.

Fehler Verstärkung (bei Delay-Line-Prüfköpfen)

Grund: Prüfkopf ungeeignet, weil z. B. die Delay Line so stark dämpft, so dass die Verstärkungsregelung der Justierautomatik nicht erfolgreich ist.
Abhilfe: Blende manuell einstellen.

Grund: Auf der Kontaktfläche der Delay Line befindet sich eine so große Menge Koppelmittel, dass kein Grenzflächenecho entsteht und die Verstärkungsregelung der Justierautomatik nicht erfolgreich ist.
Abhilfe: Für die „Leermessung“ (d. h. Prüfkopf ist nicht aufgesetzt) Koppelmittel abwischen.

Grund: Der (verstärkte) Druck mit z. B einem Finger oder dem Daumen auf die Kontaktfläche verhindert die Ausbildung eines erforderlichen Grenzflächen-Echos.
Abhilfe: Kontaktfläche nicht berühren.

14 Tipps und Tricks

- **Manuelle Blendenoptimierung:** Nach dem automatischen Ausmessen eines Prüfkopfs kann in der Regel die Blende noch feinjustiert und somit manuell optimiert werden, wenn die Anwendung das zulässt. Dazu wechseln Sie in den Anzeigemodus **Einstellung Bild- und Blendenbreite**. Insbesondere bei kräftigen Echos ist es oft möglich, die maximale automatische Verstärkung zu reduzieren, um so z. B. den Blendenanfang näher zum Sendepuls zu verschieben.

15 Fehlermöglichkeiten und deren Vermeidung

- Der Messwert kann verfälscht werden, wenn Blendenstart oder -ende in das Echo fallen. Dann erkennt das Gerät evtl. nicht den richtigen Nulldurchgang.
  Abhilfe: Blende passend einstellen.
- Ein Prüfkopf lässt sich nicht automatisch ausmessen. Die Signale sind zu schwach.
  Abhilfe: Wert für die automatische Verstärkung erhöhen.
- Die automatische Verstärkung funktioniert nicht mehr. Der Sendeimpuls reicht bis in die Blende und steuert das Signal schon vollständig aus.
  Abhilfe: Blendenstart vergrößern, d.h. Blende weiter vom Sendepuls entfernt beginnen lassen.

- Der Messwert springt zwischen zwei Werten hin und her.
  Abhilfe: Die Signale um die Messpunkte vergrößert darstellen (Anzeigemodus **Einstellung Bildbereich**, siehe Abschnitt 9.6.3.4). Überprüfen Sie so, ob die Trigger-Polarität korrekt eingestellt ist: Das Gerät darf nicht wechselnd bei unterschiedlichen Nulldurchgängen messen (mehr Informationen dazu in Abschnitt 11.2.2).
- Der Messwert im **SI-RE**-Modus zeigt grundsätzlich zu viel oder zu wenig an - typischerweise zwischen 0,5 und 1,2 mm (Stahl).
  Abhilfe: Die Triggerpolarität von positiv zu negativ wechseln oder umgekehrt. Danach muss im SI-RE-Betrieb die Vorlaufstrecke neu ausgemessen werden. Der RE1-RE2-Betrieb ist davon unberührt.
- Der Prüfkopf ist abgehoben und trotzdem wird der PK als aufgesetzt erkannt oder flackert und es wird ein Messwert angezeigt. Dieses Phänomen kann zwei Ursachen haben:
  Die Verstärkung (manuell oder automatisch) ist entweder sehr hoch eingestellt, so dass Signalrauschen den Messwert triggert oder die Blende steht sehr dicht am Sendeimpuls (Kontakt-PK) oder am Eintrittsecho (Delayline-PK).
  In den meisten Fällen ist die Ursache eine Kombination aus beidem. Insbesondere dann, wenn dünne Wanddicken gemessen werden sollen.
  Abhilfe: In der Regel hilft es, die maximale Verstärkung soweit zu reduzieren, dass die Messung noch funktioniert, aber der Overhead an Verstärkung nicht zu hoch ist.

- **Unregelmäßige Geometrien, gekrümmte Oberflächen, Rohre[21]:** Bei Messungen an unregelmäßigen Geometrien kann sich die Messgenauigkeit reduzieren. Insbesondere bei gekrümmten Oberflächen können der Schalllaufweg und dessen eindeutige und auswertbare Zuordnung von der Positionierung und der Art des Prüfkopfes abhängen. Eine zu große Koppelmittelschicht kann außerdem dazu führen, dass Mehrfachechos zusätzliche Signaltriggerungen erzeugen und damit zu falschen Anzeigen führen. Im Zweifel empfiehlt es sich, Probemessungen auf Referenzteilen durchzuführen und die A-Bild-Anzeige zur Optimierung der Ankopplung zu nutzen.

Hinweis: Bei kleineren Durchmessern und Wanddicken ist mit Abweichungen größer 0,1 mm zu rechnen.

Beachten Sie auch die Hinweise in Abschnitt 7 zum Aufsetzen des Prüfkopfs auf gekrümmte Oberflächen.

- **Verformte Echos:** Wirklich präzise Messergebnisse lassen sich nur mit einer Echofolge erzielen, bei der die einzelnen Echos nicht verformt werden. Frequenzabhängige Laufzeiten oder Dämpfung führen zu Kurvenverformung und damit zu Messwertverfälschungen. Echodopplungen in Schutzschichten von Kontakt-Prüfköpfen führen ebenfalls zu Echodeformierungen. Beste Ergebnisse werden mit Delay-Line-Prüfköpfen in Kombination mit der Mehrfach-Echo-Methode (RE1-RE2) erzielt. Verwendet man die Messmethode Sendeimpuls-Rückwandecho (SI-RE), dann ist eine hohe

[21] besonders bei dämpfungsarmem Stahl

Messgenauigkeit durch die unterschiedlichen Kurvenformen der Echos nur mit sorgfältiger Justierung möglich.

- **Frequenzverhalten der Prüfköpfe:** Prüfköpfe mit höheren Frequenzen führen in der Regel zu genaueren Messergebnissen. Ein für die Wanddickenmessung geeigneter Prüfkopf sollte breitbandig sein, d. h. er sollte schnell ausschwingen, damit auch dünne Wanddicken gemessen werden können. Ein eindeutiges, schnelles Einschwingverhalten ist zwingend erforderlich.
- **Signalrauschen:** Verrauschte Signale verschlechtern das Messergebnis. Signalrauschen kann unter anderem durch Materialien mit Schallstreuung (z. B. Mehrlagenkunststoff, Guss, poröses Material) hervorgerufen werden.
- **Materialoberfläche:** Die besten Messergebnisse werden bei glatten Materialoberflächen erzielt. Raue Kontaktoberflächen können die untere Messbereichsgrenze aufgrund der größeren Koppelschicht erhöhen. Ist die reflektierende Materialoberfläche rau, können Störungen wegen der dann unterschiedlichen Richtungen von Schallreflexionspfaden auftreten. Im schlechtesten Fall können z. B. stark korrodierte Rückwände den Schall in zahllose Richtungen reflektieren, so dass kein sinnvoll auswertbares Echo zustande kommt.

Messung auf korrodiertem Material (Restwanddicken):
Wahl der Echo-Auswertung*: Lochfraß geht im Regelfall einher mit unregelmäßigen Materialoberflächen und dadurch bedingt nicht eindeutigen Reflexionen. RE1-RE2-Messungen bei nicht eindeutigen Reflexionen liefern keine verlässlichen Messwerte. Stattdessen wird die SI-RE-Methode angewandt.*
Auflösung im Nahbereich*: Da Restwanddicken sehr gering sein können, ist eine hohe Nahauflösung erforderlich. Prinzipiell dafür geeignete breitbandige Normal-Prüfköpfe mit Vorlaufstrecke haben aufgrund der hohen Bedämpfung eine reduzierte Empfindlichkeit gegenüber schmalbandigen Prüfköpfen. SE-Prüfköpfe hingegen können schmalbandig sein und sind dadurch besonders geeignet für kleine Reflektorflächen (z. B. bei Lochfraß-Pittings). Der v-förmige Schallweg ermöglicht zudem einen Fokusbereich mit hoher Empfindlichkeit dicht unter der Materialoberfläche.*

Obligatorisch für hohe Messgenauigkeit bei SE-Prüfköpfen*: Mehrpunktjustierung zur Kompensation des durch den v-förmigen Schallpfad hervorgerufenen Umwegfehlers.*

- **Phasendrehungen:** Abhängig von den akustischen Impedanzen der aufeinanderfolgenden Materialien im Schallpfad kann sich die Phase des Ultraschallsignals drehen, so dass ggf. - je nach Einstellung - der falsche Nulldurchgang zur Messung verwendet wird. Beobachten Sie deshalb das A-Bild des Signalverlaufs und wechseln Sie erforderlichenfalls die zur Messung herangezogene Phase (s. Abschnitt 11.2.2).

17 Anforderungen an die Messung und deren Durchführung

- **Messwerte nur im durchschallten Bereich:** Eine Ultraschall-Messung wird nur in den Material-Bereichen durchgeführt, die vom Schallbündel des Prüfkopfs erfasst werden. Reflektierte Schallsignale müssen in Amplitude und Richtung so beschaffen sein, dass sie vom Empfangsprüfkopf aufgenommen und physikalisch sinnvoll im Gerät ausgewertet werden können. Nicht durchschallte Bereiche des Prüfobjekts müssen auch als „nicht vermessen“ gelten. Indirekte Schlussfolgerungen für nicht durchschallte Materialbereiche, z. B. auf Basis von statistischen Hochrechnungen, dürfen nur unter großer Vorsicht und von Fachleuten gezogen werden.
- **Ausreichende Schulung des Bedieners:** Der Bediener muss vor Messbeginn sorgfältig und ausführlich zur Messung, zum Messort und zu den Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Durchführung instruiert werden. Falls Mess- oder Rahmenbedingungen nicht eingehalten werden, müssen dem Bediener Maßnahmen bekannt sein, die negative Auswirkung auf das Messziel verhindern. Kritisch sind z. B. Messungen auf korrodiertem oder sonst oberflächenbeschädigtem Material, die ganz besonders einer Beurteilung durch ausgebildete Fachleute bedürfen.

- **A-Bild nutzen:** Schallstrahlen werden von jedem Hindernis im Schallweg reflektiert und können, je nach Größe des Hindernisses und der reflektierten Schallenergie zu Fehlmessungen führen, so dass nicht die relevanten Rückwandechos zur Messung herangezogen werden, sondern andere im Schallweg liegende Fehlstellen. Wegen der Möglichkeit zur Beurteilung von Schallsignalen mithilfe des A-Bilds, ist das ECHOMETER 1077 ganz besonders geeignet, Fehlmessungen solcher Art zu vermeiden.

17.1 Kritische Bedienschritte bei der Ultraschall-Wanddickenmessung

Beachten Sie die nachfolgenden Hinweise zur Optimierung der Messergebnisse.

17.1.1 Justierung der Schallgeschwindigkeit

- **Justierblock zur Schallgeschwindigkeitsbestimmung:** Das Prinzip der Wanddickenmessung beruht auf dem einfachen Zusammenhang s = v * t, wobei s = Schallweg, v = Schallgeschwindigkeit und t = benötigte Zeit. Das Messgerät soll so genau wie möglich die Zeitabstände von äquivalenten Bereichen in Schallpulsen (z.B. von einer Rückwandechofolge) bestimmen. Der Schallweg, die Materialdicke, wird aber noch von einer zweiten wichtigen Größe bestimmt, der Schallgeschwindigkeit des Materials im Schallweg. Die Messgenauigkeit ist umso höher, je genauer die der Berechnung zugrunde liegende Schallgeschwindigkeit ist.
  Schallgeschwindigkeitstabellen geben nur durchschnittliche Werte für bestimmte Materialien wieder. Deshalb ist eine möglichst realitätsnahe Justierung des Messgeräts auf die tatsächlich vorhandene Schallgeschwindigkeit bei der Messung erforderlich. Für die Justierung muss ein Referenzblock zur Verfügung stehen, der aus dem später tatsächlich zu messenden Material hergestellt ist und dessen Dicke (mindestens) der größten zu erwartenden Dicke bei den Messungen entspricht: Je dicker der Block ist, umso genauer ist die Messung. Zusätzlich, um optimale Ankoppel- und Reflexionsbedingungen zu erzielen, sollte die Oberfläche des Referenzblocks im Bereich des Schallwegs und der Prüfkopfankopplung glatt und eben sein.

- **Keine gleichbleibende Schallgeschwindigkeit im Material:** Bei der Beurteilung von Messwerten und deren Genauigkeit muss außerdem berücksichtigt werden, dass die Schallgeschwindigkeit innerhalb des Materials von Messort zu Messort variieren kann, z. B. durch Hitzeeinwirkungen bei der Herstellung.
- **Justierung zur Messfehlerminimierung:** Zur Minimierung von Messfehlern sollte das Gerät vor Beginn der Messungen immer justiert werden und die Justierung z. B. anhand von Messungen auf Referenzteilen während und nach einer Messreihe überprüft werden.

17.1.2 Temperatureinfluss bei der Justierung

- Die Schallgeschwindigkeit von Materialien ändert sich mit der Temperatur. Das gilt sowohl für das Prüfmaterial, aber auch für den Prüfkopf mit seiner Schutzschicht und/oder Vorlaufstrecke aus Kunststoff. Insbesondere bei der Messmethode SI-RE sollte großer Wert auf die sorgfältige Justierung gelegt werden.

  Temperaturabweichungen (d.h. Schallgeschwindigkeitsabweichungen) zwischen Justierung und tatsächlicher Messung reduzieren die Messgenauigkeit. Zur Reduzierung von Messfehlern sollten die Justierungen deshalb immer unter Messbedingungen durchgeführt werden, z.B. am Ort der nachfolgenden Messungen, wo auch die Temperatur des Justierblocks der des Prüfteils entspricht.

17.1.3 Justierblöcke

- Die verwendeten Justierblöcke sollten immer sauber und ohne Beschädigung oder Abnutzung sein. Davon abweichende Eigenschaften können die Messgenauigkeit erheblich reduzieren.

17.1.4 Prüfkopfauswahl

- Der Messbereich des eingesetzten Prüfkopfs sollte passend für den zu messenden Dickenbereich ausgewählt werden und unbeschädigt sein, ganz besonders im Bereich des Schallaustritts. Bei beschädigten oder abgenutzten Prüfköpfen kann der für sie spezifizierte Messbereich reduziert sein. Zudem sollte die Temperatur des Prüfteils innerhalb des für den Prüfkopf zugelassenen Temperaturbereichs liegen.

17.1.5 Koppelmittel

- Die Verwendung von Koppelmitteln sollte dem Benutzer des Messgeräts vertraut sein, ganz besonders deren Einfluss auf die Mess- und Wiederholgenauigkeit. Um die Ergebnisse von Serienmessungen oder wiederholten Messungen nicht vom Koppelmittel abhängig zu machen, muss dessen (wiederholtes) Auftragen möglichst gleichmäßig und ohne Änderungen in Dicke und relevanter Fläche erfolgen. Justierungen und tatsächliche Messungen müssen bei gleichem Anpressdruck des Prüfkopfs und unter gleichen Koppelbedingungen erfolgen, wobei möglichst wenig Koppelmittel verwendet wird, ohne die Schallkopplung negativ zu beeinflussen.

18 Reinigung des Geräts

Die Folientastatur ist weitgehend unempfindlich gegen Verschmutzung und, wie das übrige Gehäuse, einfach zu reinigen.

- Verschmutzungen sollten sofort nach dem Auftreten mit einem Tuch beseitigt werden.
- Normalerweise genügt ein mit einem sanften Reinigungsmittel getränkter Lappen.

⚠ *Verwenden Sie auf keinen Fall kunststoffanlösende Reiniger oder Mittel, die die Oberfläche des Sichtfensters angreifen können.*

- Grundsätzlich ist bei der Reinigung mechanischer Abrieb, Kratzen oder Schaben zu vermeiden.
- Achten Sie auch darauf, dass beim Reinigen keine Feuchtigkeit ins Gehäuseinnere dringt.

19 Entsorgung

Elektro- und Elektronik-Altgeräte enthalten wertvolle, wieder verwendbare Materialien, die zur Wiederaufbereitung gesammelt werden. Gegebenenfalls enthaltene umweltschädigende Bestandteile müssen besonders berücksichtigt werden. Nach dem Ende der Nutzungsdauer muss das Gerät deshalb fachgerecht entsorgt werden, z.B. bei der örtlichen Annahmestelle für Elektro- und Elektronik-Altgeräte. Keinesfalls darf das Gerät im normalen Hausmüll entsorgt werden.

Zur fachgerechten Entsorgung gehört auch, dass die eingesetzten Batterien / Akkumulatoren zuvor ausgebaut und einer separaten umweltschonenden Entsorgung zugeführt werden, z.B. über private oder öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger innerhalb des Gemeinsamen Rücknahmesystems (Sammelboxen, Recyclingstationen).



Im Europäischen Wirtschaftraum ist der Endnutzer zur Rückgabe von Altbatterien / Altakkumulatoren gesetzlich verpflichtet. Keinesfalls dürfen die verwendeten Batterien / Akkumulatoren im normalen Hausmüll (im sogenannten unsortierten Siedlungsabfall) entsorgt werden. Darauf weist das nebenstehende Symbol der durchgestrichenen Mülltonne hin, mit dem die Batterien / Akkumulatoren gekennzeichnet sind.

KARL DEUTSCH ist Mitglied im Gemeinsamen Rücknahmesystem GRS. Deswegen können alle bei KARL DEUTSCH erworbenen Batterien / Akkumulatoren nach Gebrauch unentgeltlich zurückgegeben oder über andere Sammelstellen des GRS (Handel, öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger) entsorgt werden. Mit der Rückgabe von Altbatterien / Altakkumulatoren leisten Sie einen erheblichen Beitrag zum Schutz unserer Umwelt.

Bei allen offenen Fragen bezüglich der Entsorgung wenden Sie sich bitte an KARL DEUTSCH.

20 Technische Daten nach DIN EN ISO 16831[22]

Zur Übereinstimmung mit der DIN EN ISO 16831 muss Ultraschall-Prüfausrüstung zur Dickenmessung einmal jährlich zur Verifizierung der Leistungsfähigkeit überprüft werden. Wenden Sie sich hierzu bitte an ***sales@karldeutsch.de.***

ANZEIGE

Anzeigenart	TFT, farbig
Anzeigenform	Grafikanzeige 320 x 240 Pixel (QVGA)
Sichtfenster	49 x 36,5 mm²
Schrifthöhe max.	12 mm

EINSTELLGRENZEN

Wanddicke

Einheit mm	0,05 mm bis 450,0 mm
Einheit Inch	0,002 in bis 18 in

Schallgeschwindigkeit

Einheit mm	100 m/s bis 19999 m/s
Einheit Inch	0,0039 in/µs bis 0,7874 in/µs

[22] Alle Angaben zur Messunsicherheit gelten für eine eingestellte Schallgeschwindigkeit von 5920 m/s, feinkörnigen Stahl, parallele Geometrie und konstante Temperaturbedingungen für das Messsystem.

GERÄTEMESSUNSICHERHEIT für Wanddickenmessung

Auflösung	0,1 mm, 0,01 mm, 0,001 mm und 0,001 in 0,001 µs

TOLERANZ für Wanddickenmessung

SI-RE-Messung oder Kontaktprüfkopf	± 0,1 mm, oberhalb 50 mm ± 0,2 % vom Messwert
RE1-RE2-Messung mit Delay-Line-Prüfkopf	± 0,02 mm, oberhalb 10 mm ± 0,03 mm

GERÄTEMESSUNSICHERHEIT für Schallgeschwindigkeitsmessung

Auflösung	0,1 m/s, 1 m/s und 1 in/µs

MESSBEREICH für Wanddickenmessung	0,25 bis 450 mm (0,01 bis 18 in), abhängig vom angeschlossenen Prüfkopf (Bei Vorlaufstrecken > 25 mm steigt die Untergrenze des Messbereichs im RE1-RE2-Modus auf 0,6 mm St)
MESSBEREICH für Schallgeschwindigkeitsmessung	100 bis 19999,9 m/s 0,0039 bis 0,7874 in/µs

SENDER

Form der Sendepulse	Unipolarer negativer Rechteckimpuls
Sendereigenschaften:	(angepasst an die ECHOMETER 1077-Prüfköpfe)
Sendeimpulsspannung V_{50}	-70 V +/ -10 % an 50 Ω
Impulsanstiegszeit t_r	2 bis 5 ns
Impulsabfallzeit t_f	2 bis 5 ns
Impulslänge t_d	20 bis 400 ns in 20-ns-Schritten
Frequenzspektrum	s. u.: Ergänzende Angaben nach DIN EN ISO 16831
Effektive Ausgangsimpedanz	8 Ohm +/- 20 %
Mess- oder Impulsfolgefrequenz	100 Hz
Anzeigefrequenz	5..25 Messungen pro Sekunde je nach Betriebsart; dargestellt wird je nach Wahl des Anzeigemodus der Mittelwert oder das Minimum aller Messungen im Anzeige-Intervall

VERSTÄRKER und ABSCHWÄCHER	
Nomineller Frequenzbereich	1,0 – 30 MHz (- 3 dB)
Äquivalente Eingangsimpedanz	50 Ω +/- 18 % (500 Ω bei Gerätevariante 1077.998)
Verstärkung	-20 bis 55 dB
Übersprechdämpfung	> 80 dB
EIN- UND AUSGÄNGE	
Bidirektionale RS232C-Schnittstelle	57600 Baud, 8 Bit, 1 Stopbit, kein Parity-Bit
USB-PC-Schnittstelle	über Kabel 1657.314
DATENSPEICHER (Gerätetyp 1077 „Data“)	Werte in Klammern gelten für die Option 1910.002 „Advanced Storage“
Speicherkapazität	5 Messwertdateien (MEM+ 25) mit jeweils 999 Messwerten 50 Speicherplätze für Konfigurationen
Matrix-Speicher MATX	x- und y-Werte in Matrix [3..19][3..19] insgesamt maximal 225 Werte
B-Bild B	200 Werte in B-Bild-Darstellung

SONSTIGES

Prüfkopfkalibrierung	Prüfkopf kann automatisch vermessen werden (Mittenfrequenz und -6-dB-Werte)
Schallgeber	Quittiert Tastendruck (einstellbar) und Fehler mit einem spezifischen Tonsignal
Parameterspeicher	Die Parameter Schallgeschwindigkeit sowie oberer und unterer Grenzwert bleiben nach dem Ausschalten und Batteriewechsel erhalten

SPANNUNGSVERSORGUNG

Batteriebetrieb	2 Lithium-Batterien (Primärzellen) oder 2 AlMn-Batterien, jeweils Typ AA/IEC R6, 1,5 V
alternativ bei stationärem Betrieb	Stromversorgung über angeschlossenes USB-Kabel
Betriebszeit	16 h im normalen Messbetrieb mit Lithium-Batterien 7 h im normalen Messbetrieb mit Alkali-Mangan-Batterien
Batteriekapazitätsanzeige	Vierstufiges Batteriesymbol in der Anzeige. Vor Erreichen eines Unterspannungszustandes wird ein akustisches Warnsignal erzeugt und das Batteriesymbol blinkt.
Automatische Abschaltung	Bei Unterspannung der Batterien (< 2,0 V)

Stabilität bei Spannungsänderung	Im Bereich der zulässigen Batterie-Spannung von 2 V bis 3,5 V ist die Amplitudenänderung am Verstärkerausgang kleiner 0,1 %

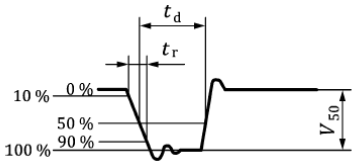
ZULÄSSIGE UMGEBUNGSBEDINGUNGEN

Betriebstemperatur	-10 bis +50 °C
Lagertemperatur (ohne Batterien)	-20 bis +60 °C
Staub und Feuchtigkeit	Schutzart IP54 (spritzwassergeschützt)

ÄUSSERES

Abmessungen (HxBxT)	120 x 65 x 25 mm³
… mit Gehäuseschutz	131 x 81 x 32 mm³
Frontfolie (HxB)	55 x 80 mm²
Gewicht	Gehäuseschutz: ca. 77 g, Gerät: ca. 114 g, Batterien: ca. 46 g
Gehäuse-Material	ABS (UL-94 HB)
Gehäuseschutz-Material	TPE
Tastatur-Material	Polyester
Prüfkopf-Anschlussbuchse	Lemo 00
Daten-Anschlussbuchse	4-polig Lemo 00

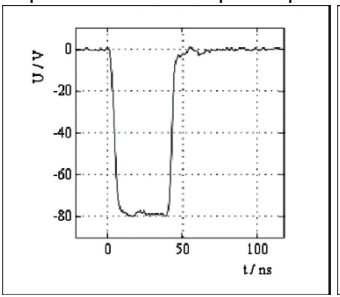
Ergänzende Angaben gemäß DIN EN ISO 16831

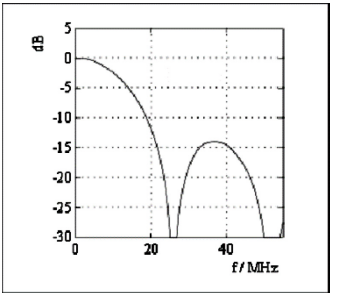


Definitionen

t_r [ns]: typ. 3
t_d [ns]: 20 bis 400, Auflösung: 20
V_{50} [V]: -70
V_r [V]: <2

Impulsform und Frequenzspektrum des Senders bei Pulsbreite 40 ns





21 Tabelle akustischer Materialeigenschaften

Die in den nachfolgenden Tabellen gelisteten akustischen Materialeigenschaften gelten für Raumtemperatur (20-23 °C). Die tatsächlichen Werte können infolge von Materialzusammensetzungen, Kristall-Orientierungen, Porositäten und Temperaturen davon abweichen. Quelle: „Ultraschallprüfung“ (Deutsch, Platte, Vogt), Springer Verlag 1997.

Metalle	**Longitudinalwellengeschwindigkeit c_l [m/s]**	**Dichte [10^3 kg/m^3]**	**Akustische Impedanz [10^6 kg/m^{2}s]**
Aluminium	6200 – 6360	2,7	16,7 – 17,2
Beryllium	12720 – 12890	1,82 – 1,87	23,2 – 24,1
Blei	2050 – 2400	11,3 – 11,7	23,2 – 28,1
Eisen	5950	7,9	47,0
Gold	3240	19,7	63,8
Grauguss	3500 – 5600	7,2	25,2 – 40,3
Gusseisen	3500 – 5800	6,9 –7,3	24,2 – 42,3
Hartmetall	6800 – 7300	11,0 – 15,0	74,8 – 109,5
Kadmium	2665 – 3300	8,6 – 8,7	22,9 – 28,5

Konstantan	5240	8,8	46,1
Kupfer	3666 – 4760	8,9	32,6 – 42,4
Magnesium	4602 – 5900	1,70 – 1,75	7,8 – 10,3
Messing (Ms58)	3830 – 4250	8,1	31,0 – 34,4
Molybdän	6250 – 6650	10,1 – 10,2	63,1 – 67,8
Nickel	4973 – 6040	8,8 – 8,9	43,8 – 53,8
Platin	3960 – 4080	21,4	84,7 – 87,3
Silber	3600 – 3790	10,4	37,4 – 39,4
Titan	5823 – 6260	4,5	26,2 – 28,2
Zink	3890 – 4210	7,1	27,6 – 29,9
Zinn	3210 – 3320	7,3	23,4 – 24,2

Nichtmetalle	Longitudinalwellengeschwindigkeit c_l [m/s]	Dichte [10^3 kg/m^3]	Akustische Impedanz [10^6 kg/m^{2}s]
Aluminiumoxid	9000 – 11000	3,6 - 3,95	32,4 – 43,5
Eis (H_2O bei -4 °C)	3232 – 3980	0,9	2,9 – 3,6
Epoxydharz	2400 – 2900	1,1 – 1,25	2,64 – 3,63
Glas (Fensterglas)	5770	2,51	14,5
Glas (Quarzglas)	5570 – 5930	2,6	14,5 – 15,4
Graphit, gepresst	1600 – 2500	1,7 – 2,3	2,72 – 5,8
Gummi, hart	1570 – 2300	1,2	1,88 – 2,76
Gummi, weich	1480 – 1550	0,90 – 0,95	1,33 – 1,47
PA (Polyamid)	1800 – 2600	1,1 – 1,2	1,98 – 3,12
PE (Polyethylen)	1950 – 2000	0,9	1,76 – 1,80
PMMA (Plexiglas®)	2670 – 2760	1,18	3,2 – 3,3
Porzellan	5600 – 6200	2,4 – 2,5	13,4 – 15,5
Polystyrol	2337 - 2350	1,05 - 1,06	2,45 - 2,49
PVDF (Polyvinylidenfluorid)	2200	1,78	3,9

PTFE (Teflon®)	1350	2,2	2,97
PVC (Polyvinylchlorid)	2180 – 2260	1,38 – 1,40	3,0 – 3,2
Quarzkristall	5760	2,65	15,2

Stahl	Longitudinalwellen-geschwindigkeit c_l [m/s]	Dichte [10^3 kg/m^3]	Akustische Impedanz [10^6 kg/m^{2}s]
Baustahl, unlegiert bis 0,2 % C,			
z. B. St 52-3 n. DIN 54120 geglüht	5890 – 5950	7,85	46,2 - 46,7
bis 0,5% C geglüht	5940 – 5960	7,8 - 7,85	46,3 - 46,8
Baustahl, legiert (0,35% C, 0,6% Mn, 1% Cr, 0,2% Mo)			
geglüht	5950	7,84	46,6
vergütet	5930	7,84	46,5
gehärtet	5900	7,84	46,3
Baustahl, legiert (0,3% C, 0,4% Mn, 2% Cr, 2% Ni, 0,2% Mo)			
geglüht			
vergütet	5930	7,85	46,6
gehärtet	5870 - 5880	7,85	46,1 - 46,2
	5890	7,85	46,2

Kugellagerstahl (1% C, 1,5% Cr)	5990	7,8	46,7
Rostfreier Stahl, austenitisch			
X 10 Cr Ni 18 8) geglüht	5530	7,9	43,7
(X 10 Cr Ni Nb 18 9)	5790	7,8 - 7,9	45,2 - 45,7
(X 12 Cr Ni 18 8)	5660	7,8	44,1
Rostfreier Stahl, ferritisch (0,15% C, 17% Cr) geglüht	6010	7,7 - 7,9	46,3 - 47,5
Schnellstahl			
(0,9% C, 4% Cr, 2,5% Mo, 2,5% V, 3% W)			
geglüht	6060	-	-
gehärtet	5880	-	-

Werkzeugstahl (1% C)			
geglüht	5940 – 5960	7,8 - 7,84	46,3 - 46,7
gehärtet	5854	7,84	45,9
Werkzeugstahl (2% C, 12% Cr, 0,6% W)			
geglüht	6140	7,75 - 7,8	47,6 - 47,9
gehärtet	6010	7,75	46,6