

Verbesserung der Prüfbarkeit von dickwandigen und stark bewehrten Betonobjekten mit niederfrequenten Ultraschall-Arraysystemen

Andrey Bulavinov, Roman Pinchuk, Andrey Samokrutov
ACS-Solutions GmbH, Saarbrücken
Kontakt E-Mail: andrey.bulavinov@acs-international.com

Kurzfassung

Die in den modernen Ultraschall-Betonprüfgeräten eingesetzten Punktkontaktsensoren (Dry-Point-Contact / DPC) weisen einzigartige Eigenschaften für die Prüfung von inhomogenen und Starkstreuenden Werkstoffen auf. Jedoch kommen auch solche Prüfsysteme auf Ihre Grenzen, wenn es um die Prüfung von sehr massiven und / oder stark bewehrten Konstruktionen geht. Dabei besteht der Bedarf an zerstörungsfreien Materialprüfungen an solchen Objekten, da die anderen zFP-methoden wie etwa GPR oder Impact-Echo-Verfahren kein ausreichendes Fehlernachweisvermögen bieten und daher nicht eingesetzt werden.

Der aktuelle Beitrag befasst sich mit den neuen Ansätzen zur Erweiterung des Prüfbereiches und Verbesserung des Nachweisvermögens der Ultraschallprüfung an dickwandigen und stark bewehrten Betonobjekten bei der Anwendung von niederfrequenten Wandler-Arrays.



Verbesserung der Prüfbarkeit von dickwandigen und stark bewehrten Betonobjekten mit niederfrequenten Ultraschall-Arraysystemen

Andrey Bulavinov, Roman Pinchuk, Andrey Samokrutov

Acoustic Control Systems – ACS Group
Science Park 2, Saarbrücken, Deutschland

1



Inhaltsverzeichnis

- **Einführung: Ultraschallprüfung von Beton im Laufe der Jahre**
- **Anwendungsgebiete und Prüfausrüstung für die Ultraschall-Betonprüfung**
- **Ultraschalltomografie-Systeme und ihre Einschränkungen**
- **Neue Ansätze in der tomografischen Visualisierung und Auswertung von Ultraschallmessprüfdaten bei der Betonprüfung**
 - ⇒ Anregung von kodierten Signalen zur Verbesserung des Signal / Rausch-Abstandes
 - ⇒ Nutzung von Beugungssignalen zur quantitativen Fehlerbewertung
 - ⇒ Neue Trockenkontakt-Sensoren zur Erweiterung des Prüfbereiches
- **Zusammenfassung und Ausblick**

2

Ultraschallprüfung von Beton im Laufe der Jahre

3

Ultraschallprüfung von Beton im Laufe der Jahre



1989



4

Ultraschallprüfung von Beton im Laufe der Jahre



1995



© Acoustic Control Systems - ACS Group 2023

5

5

Ultraschallprüfung von Beton im Laufe der Jahre



2007



© Acoustic Control Systems - ACS Group 2023

6

6

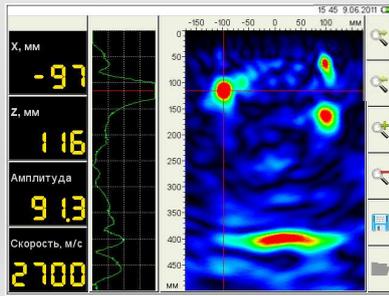
Ultraschallprüfung von Beton im Laufe der Jahre



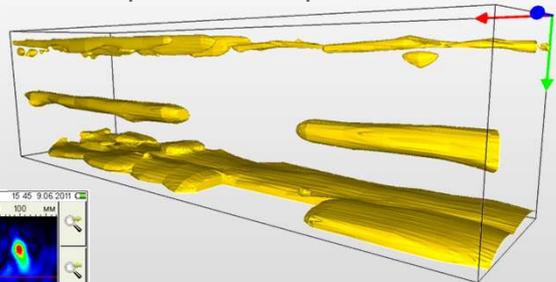
2012



Real-time imaging



Off-line 3D representation of inspection results



© Acoustic Control Systems – ACS Group 2023

7

7

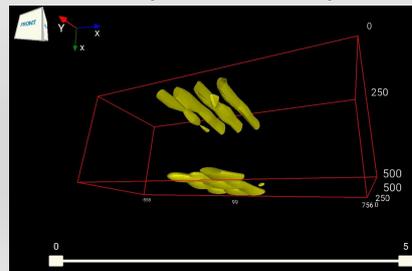
Ultraschallprüfung von Beton im Laufe der Jahre



2021



Real-time 3D representation of inspection results



© Acoustic Control Systems – ACS Group 2023

8

8

Anwendungsgebiete und Prüfausrüstung für die Ultraschall-Betonprüfung

Anwendungsgebiete und Prüfausrüstung für die Ultraschall-Betonprüfung

Prüfaufgaben



- ✓ Sammlung der Informationen über die innere Struktur von Prüfobjekten
- ✓ Zustandsbewertung von Prüfobjekten in Vergleich zur Dokumentation
- ✓ Evaluierung des Schadensstatus durch die Belastung im Betrieb
- ✓ Nachweis und Auswertung von beim Bau oder im Betrieb entstandenen Materialfehlern

Anwendungsgebiete und Prüfausrüstung für die Ultraschall-Betonprüfung



Herausforderungen der Ultraschallprüfungen am Beton

- Heterogenes Material mit hohem "Gefügerauschen"
- Strukturelle Komplexität der Prüfobjekte (Bewehrung, Spanglieder, Kabelkanäle usw.)
- Große Abmessungen
- Eingeschränkte Zugänglichkeit
- **Magere bis nicht vorhandene methodische Einleitungen / Richtlinien zur Prüfungsdurchführung**
- **"Originalität" bzw. "Spezifik" jedes Prüfobjektes**
- **Starke Abhängigkeit der Qualität der Prüfergebnisse von der Qualifikation und Erfahrung des Prüfers**

Anwendungsgebiete und Prüfausrüstung für die Ultraschall-Betonprüfung

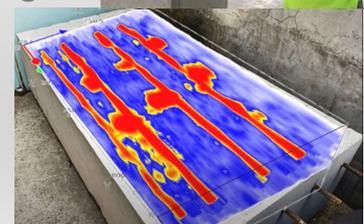
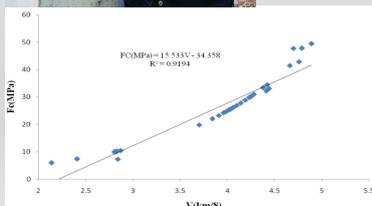


Ultraschallprüfung am Beton



Material-
charakterisierung

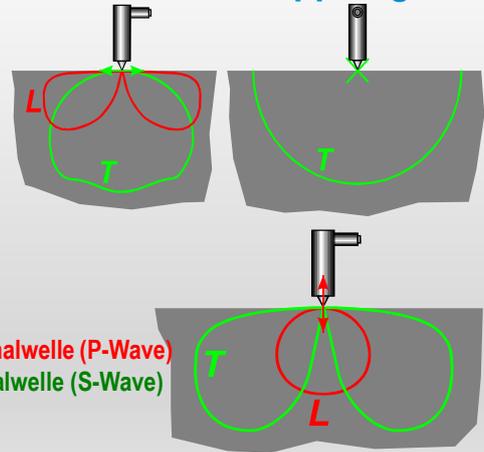
Bildgebende
Fehlerprüfung



Anwendungsgebiete und Prüfausrüstung für die Ultraschall-Betonprüfung



„Dry Point Contact“ – Punktkontaktsensoren mit Trockenankopplung



L – Longitudinalwelle (P-Wave)
T – Transversalwelle (S-Wave)

© Acoustic Control Systems – ACS Group 2023

13

13

DACH-Jahrestagung 2023
15. – 17. Mai 2023 Friedrichshafen



Ultraschalltomografie-Systeme und ihre Einschränkungen

© Acoustic Control Systems – ACS Group 2023

14

14



15

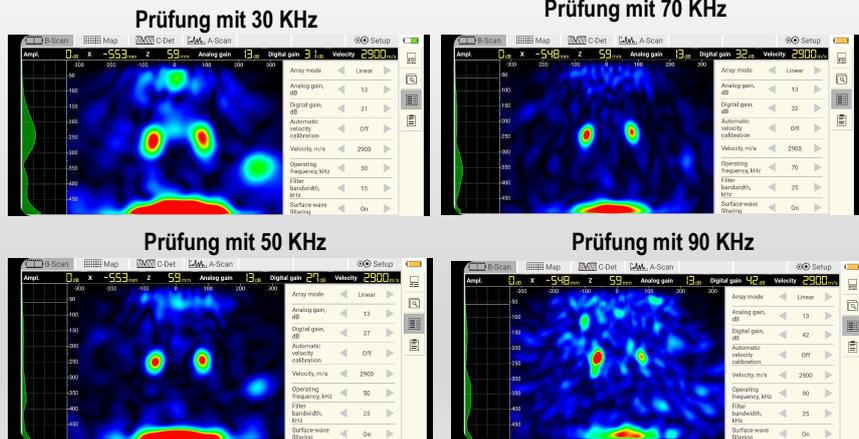


16

Ultraschalltomografie-Systeme und ihre Einschränkungen



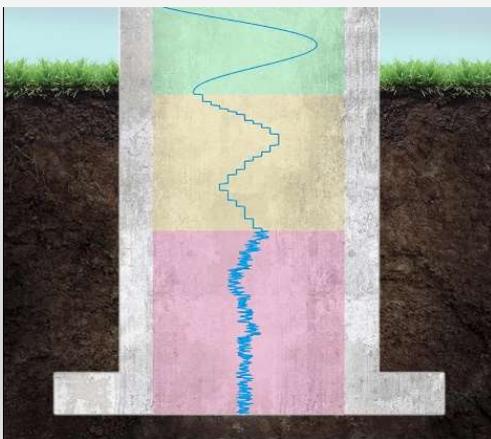
Auflösungsvermögen vs. Reichweite



Ultraschalltomografie-Systeme und ihre Einschränkungen



Arten des Signalrauschens



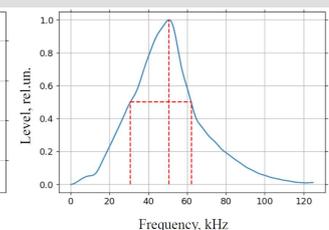
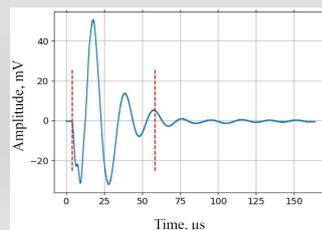
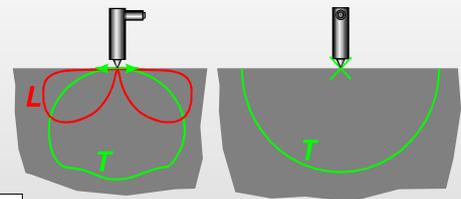
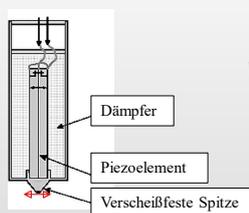
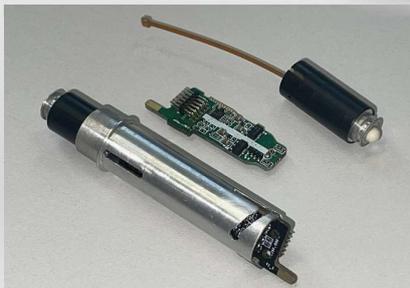
- ⇒ Kohärentes Rauschen inolge des Materialgefüges
- ⇒ Quantisierungsrauschen inolge der eingeschränkten ADC-Auflösung
- ⇒ Thermisches rauschen (Verstärkerrauschen)

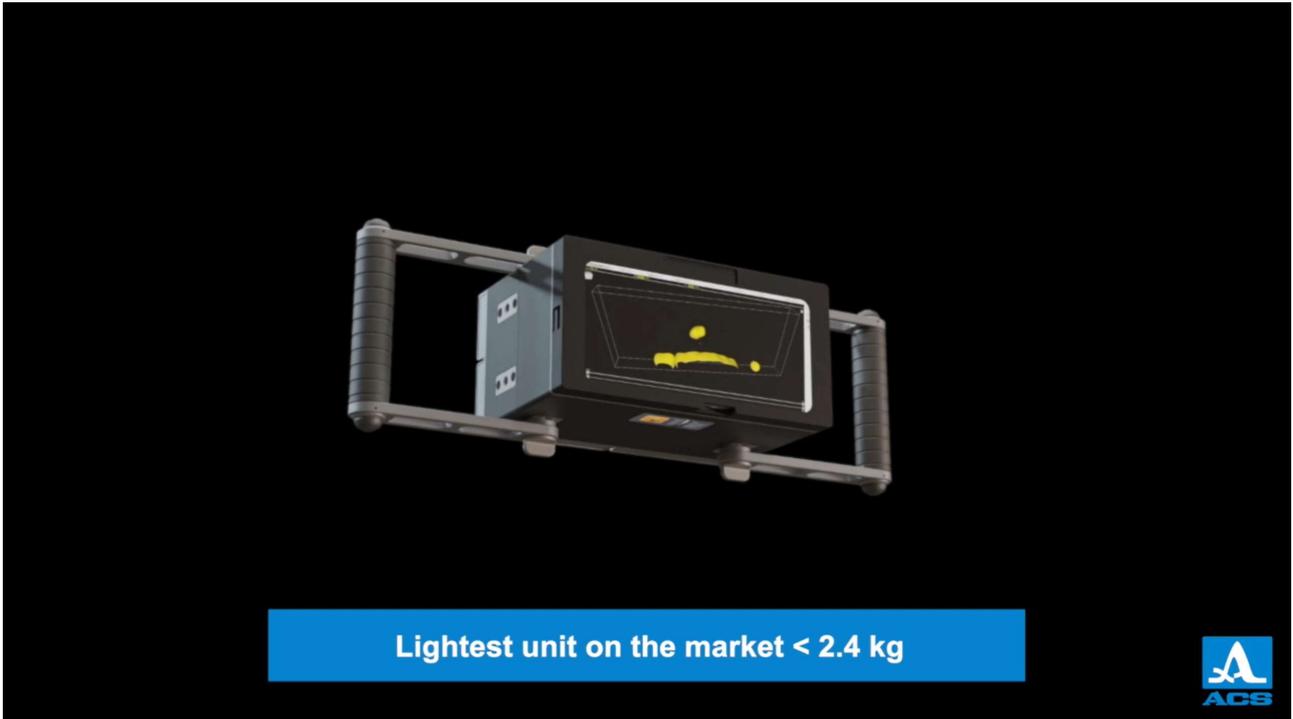
Neue Ansätze in der tomografischen Visualisierung und Auswertung von Ultraschallmessprüfdaten bei der Betonprüfung

Neue Ansätze in der tomografischen Visualisierung und Auswertung von Ultraschallmessprüfdaten bei der Betonprüfung



Active Dry Point Contact – A-DPC® Wandler für Betonprüfung





21

Neue Ansätze in der tomografischen Visualisierung und Auswertung von Ultraschallmessprüfdaten bei der Betonprüfung 

Mögliche Kombinationen der Matrix-Apertur

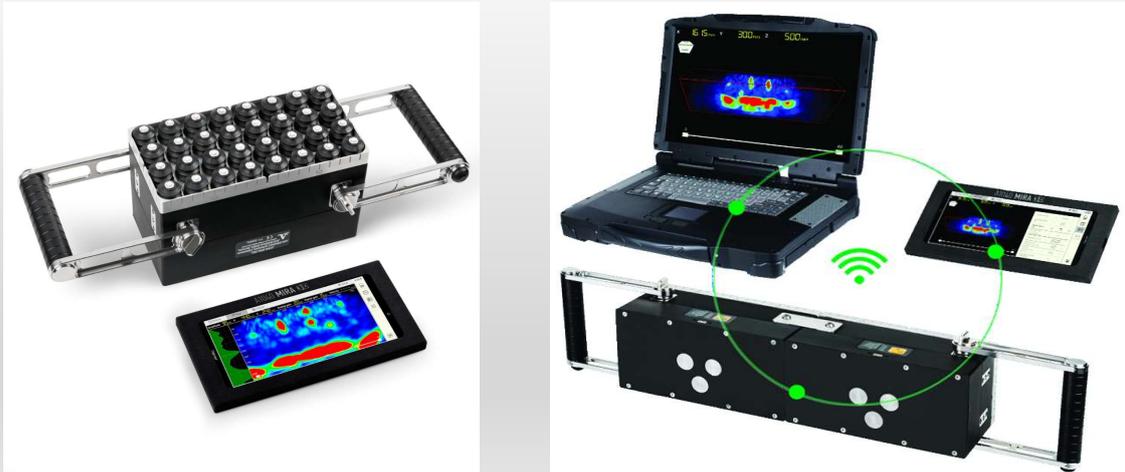
© Acoustic Control Systems – ACS Group 2023 22

22

Neue Ansätze in der tomografischen Visualisierung und Auswertung von Ultraschallmessprüfdaten bei der Betonprüfung



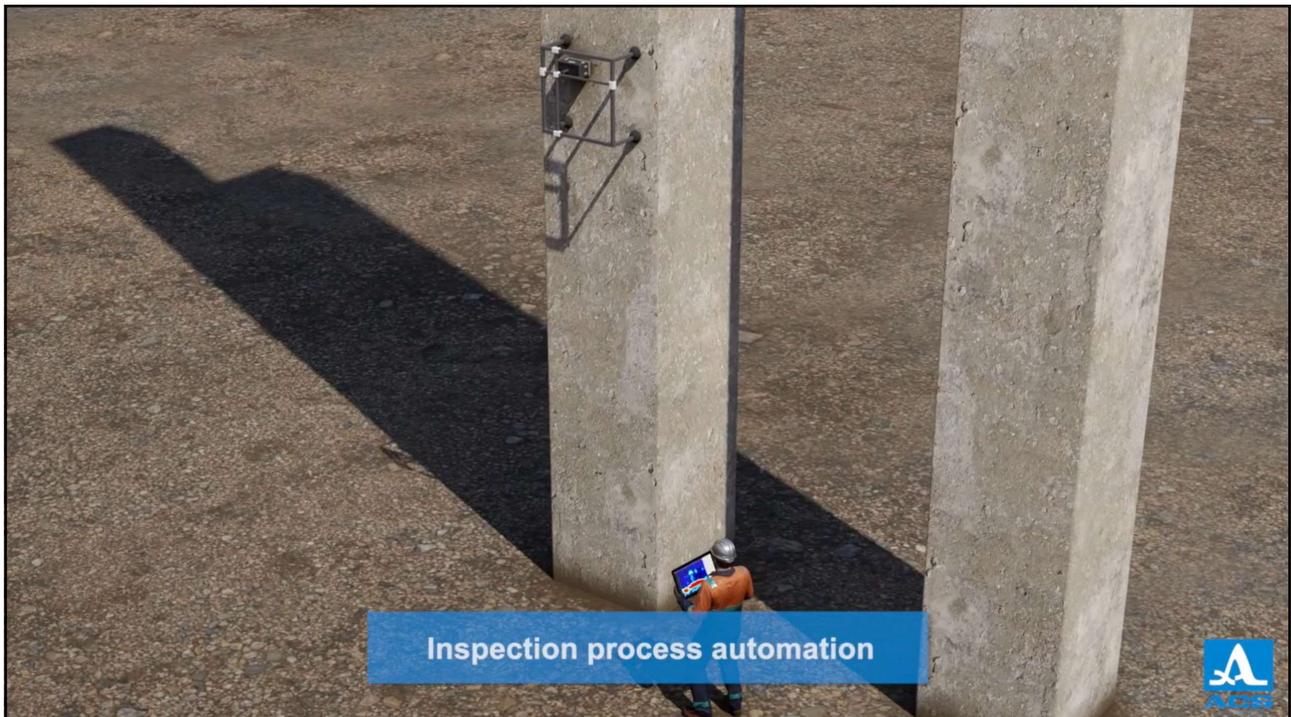
WiFi Datenschnittstelle zwischen der Datenaufnahme- und Datenauswertungseinheiten



© Acoustic Control Systems - ACS Group 2023

23

23



24

Anregung von kodierten Signalen zur Verbesserung des Signal / Rausch-Abstandes

25

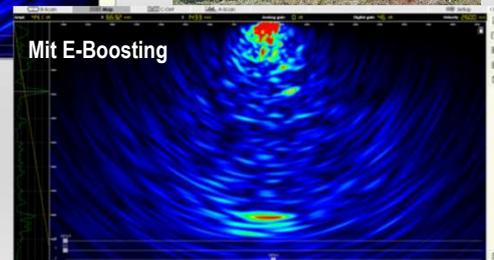
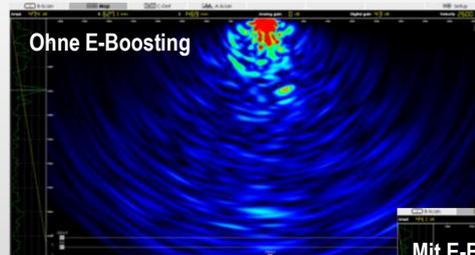
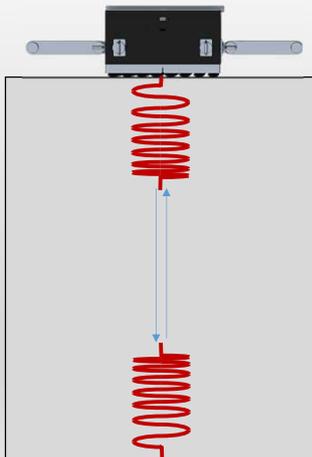


26

Anregung von kodierten Signalen zur Verbesserung des Signal / Rausch-Abstandes

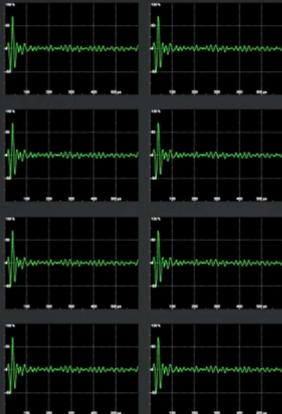


Erweiterung der Reichweite der Ultraschallprüfung durch kodierte Signale



* Die Ergebnisse wurden erzielt am Testblock BAM-TTS in Horstwalde/Brandenburg in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Materialprüfung BAM







PHASE STATISTICS

SPECTRAL ANALYSIS

SUB-WAVELENGTH RESOLUTION

NON-LINEAR ACOUSTICS

Advanced data processing development

Nutzung von Beugungssignalen zur quantitativen Fehlerbewertung

29

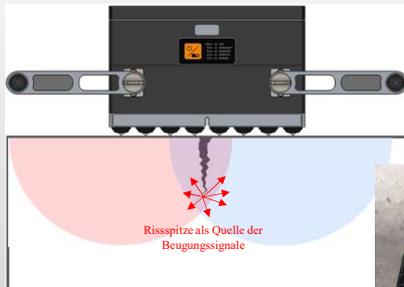


30

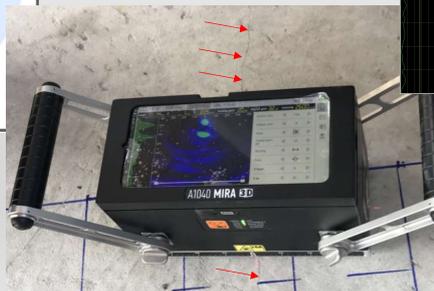
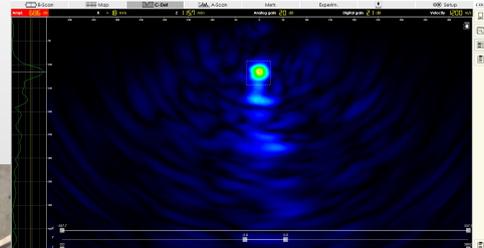
Nutzung von Beugungssignalen zur quantitativen Fehlerbewertung



Anordnung des Gerätes in Bezug auf den Fehler



Darstellung der Risspitze im Ultraschall-B-Bild



DACH-Jahrestagung 2023
15. – 17. Mai 2023 Friedrichshafen

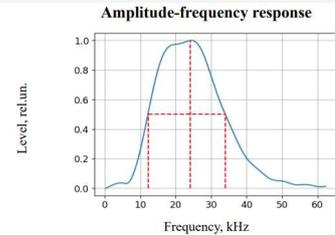
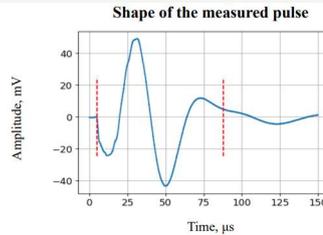


Neue Trockenkontakt-Sensoren
zur Erweiterung des Prüfbereiches

Neue Trockenkontakt-Sensoren zur Erweiterung des Prüfbereiches



Neue Generation von Ultraschallwandler mit einer Bandbreite von über 100%



Echo pulse duration τ :	87.8 μ s	Operating frequency f_c :	23.1 kHz
AFC frequency maximum f_{β} :	24.0 kHz	Double conversion ratio AFC maximum S_{rel} :	-90.8 dB
Lower AFC frequency f_L :	12.2 kHz	Transducer delay t_d :	5.1 μ s
Upper AFC frequency f_H :	34.0 kHz	Relative frequency bandwidth (at -6 dB) B_{-6} :	94.2 %

© Acoustic Control Systems – ACS Group 2023

33

33

ACOUSTIC CONTROL SYSTEMS – ACS Group



Danke für Ihre Aufmerksamkeit !

www.acs-international.com

© Acoustic Control Systems – ACS Group 2023

34

34