

SONOTEC

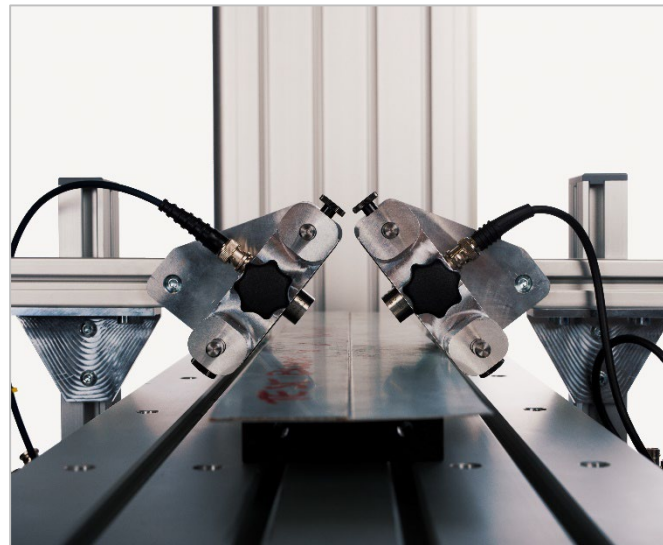
Ultrasonic Solutions – Made in Germany

Linear-Array-Prüfkopf für koppelmittelfreie Prüfung

Phased-Array-Prüfung mit Luftultraschall

Andreas Bodi, Andreas Mück, **Tobias Gautzsch**, Manuel Lucas, Werner Krause and Mario Kiel

Seminar des FA Ultraschallprüfung, 04.11.2019, Berlin



Gliederung

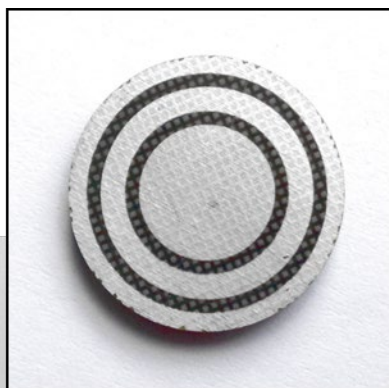
1. Phased-Array-Technologie in der luftgekoppelten Ultraschallprüfung
2. Prüfmechanismus in der Luftultraschallprüfung
3. 16-Kanal-Luftultraschallsender
 1. Prüfkopfdaten
 2. Simulation
 3. Vermessung
4. 16-Kanal-Empfänger mit integrierten Vorverstärkern
 1. Prüfkopfdaten
 2. Labortest
5. Zusammenfassung und Ausblick



Phased-Array-Technologie in der luftgekoppelten Ultraschallprüfung

3-Kanal Annular Array Wandler

- ▶ Piezocomposit
Prüfkopf

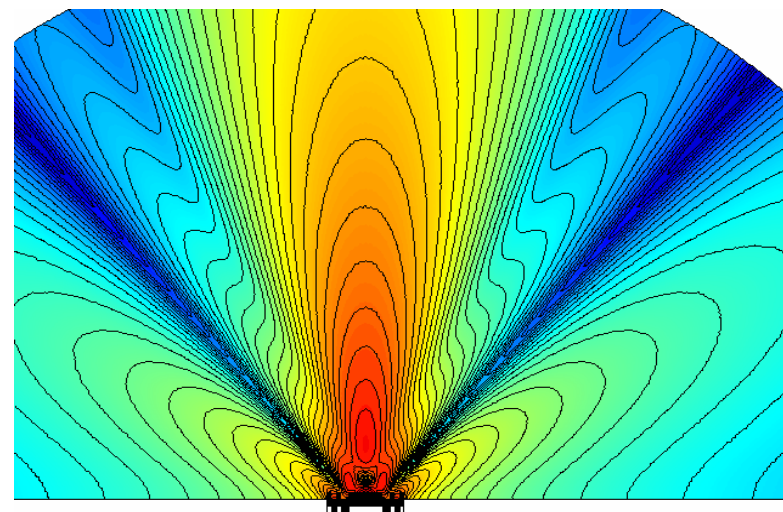


- ▶ 3 Elemente
- ▶ Konstante
Flächenverteilung



SONOSCAN CF400 3E

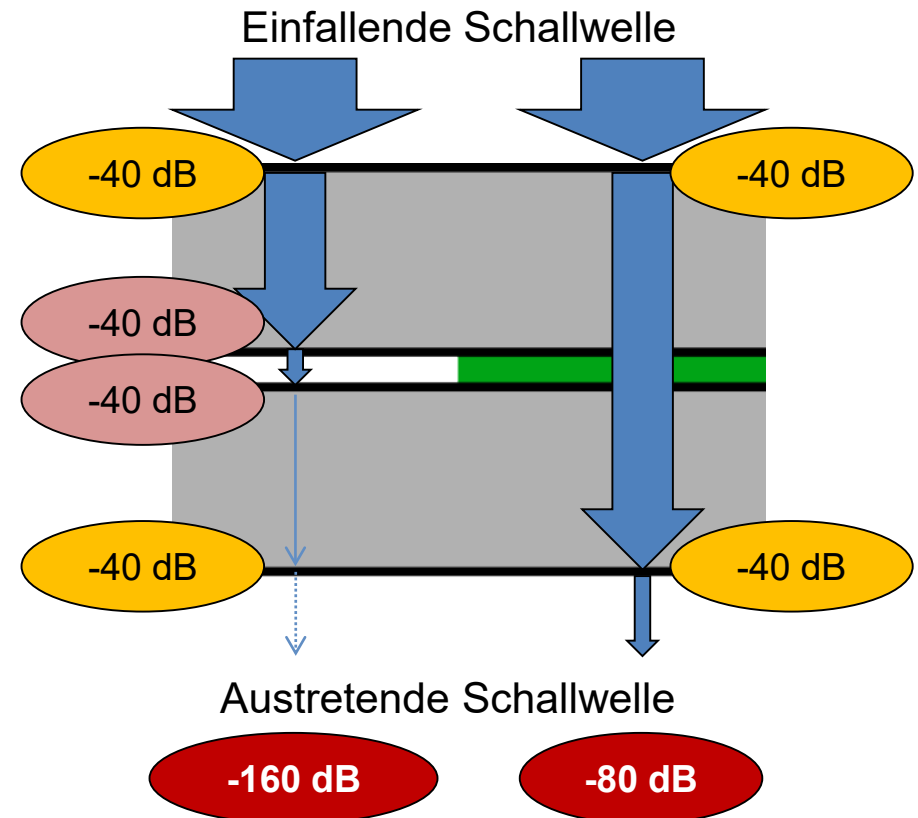
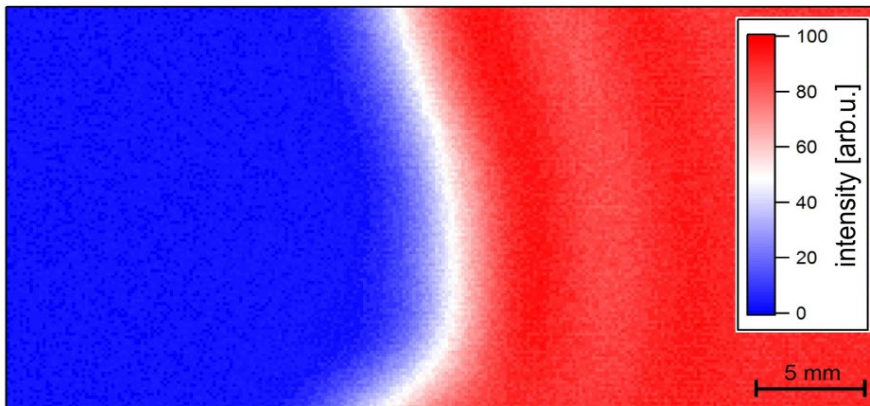
- ▶ Strukturierte
Elektrode
- ▶ Annular Array



Prüfmechanismus in der Luftultraschallprüfung

Prüfen in Durchschallung am Beispiel einer Verklebung

- Lufteinschlüsse oder fehlender Klebstoff führen zu zusätzlichen Grenzflächen
- Amplitudenabfall an diesen Stellen



16-Kanal-Luftultraschallsender

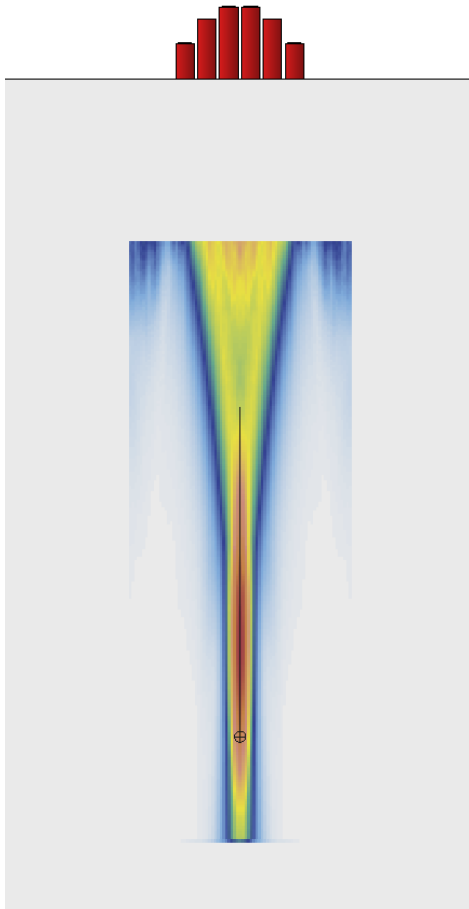
GENERAL DATA	
Transducer material	Piezocomposite
Array type	Linear
Number of elements	16
Element pitch	2 mm
Elevation	16 mm
Focus type	Linear focus
Cable	Multicoax
Connector	Hypertronix
Housing material	Stainless steel
Material protective layer	Epoxy, filled hollow glass spheres
Operating temperature	-20°C ... +60°C
Storage temperature	-20°C ... +60°C
Weight	500 g



TECHNICAL DATA	Nominal value	Tolerance	Unit
Mean frequency	400	±20	kHz
Mean relative sensitivity	142	±3	dB
Sensitivity variation	< 4	-	dB
Focal distance	Approx. 35 mm	-	mm



Schallfeldsimulation mit **ZETEC Ultravision 3**



Fokusabstand: 60 mm

Simulationsparameter:

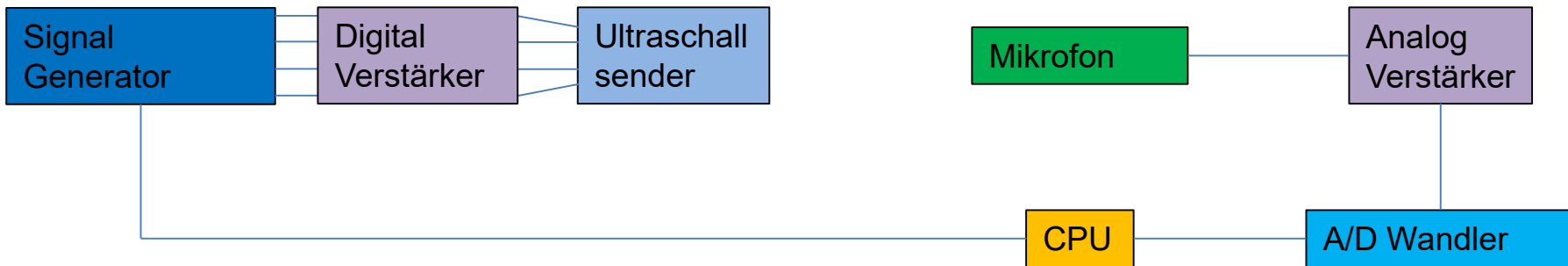
- ▶ 500 kHz
- ▶ 2 mm Pitch
- ▶ Kontaktprüfung zum Prüfobjekt
- ▶ Longitudinalschallgeschwindigkeit im Prüfobjekt: 343 m/s
- ▶ Scan über die Tiefenfokussierung

Ergebnis

- ▶ Phased-Array Prüfköpfe können auch für Luft mit kommerziell erhältlichen Programmen simuliert werden
- ▶ Es können unterschiedliche Fokustiefen mit 8 Kanälen erzeugt werden



Vermessung - Test Setup

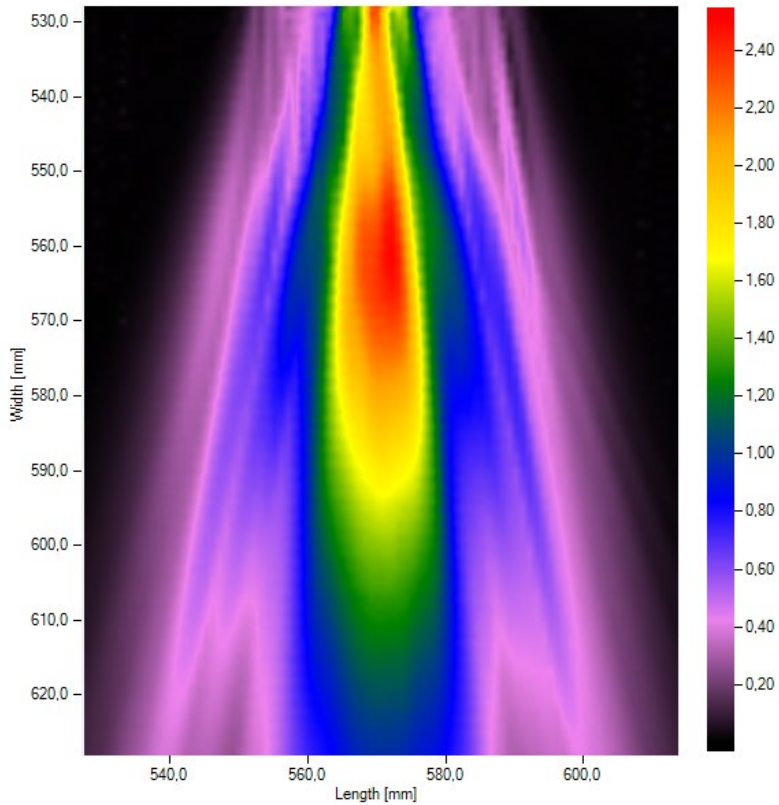


- SONOTEC SONOAIR Mehrkanalluftultraschallprüfsystem
- XARION Eta 250 Laser-Mikrofon
- ISEL Motorkontroller
- Analog-Digitalwandler
- Auswertesoftware



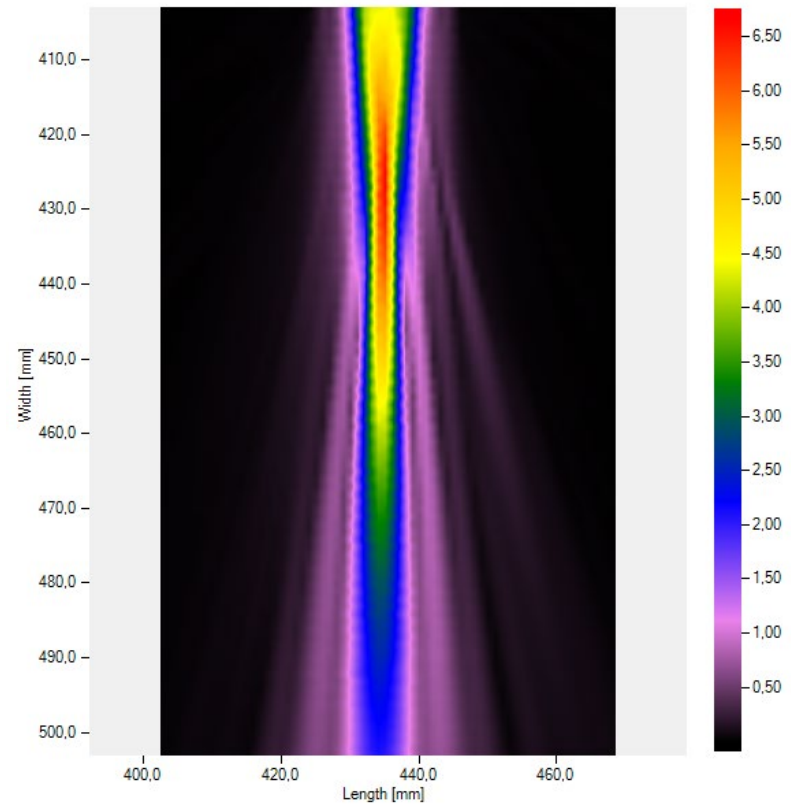
Vermessung – Schallfeldmessung

Primärachse



Schallfeld Element 8

Sekundärachse

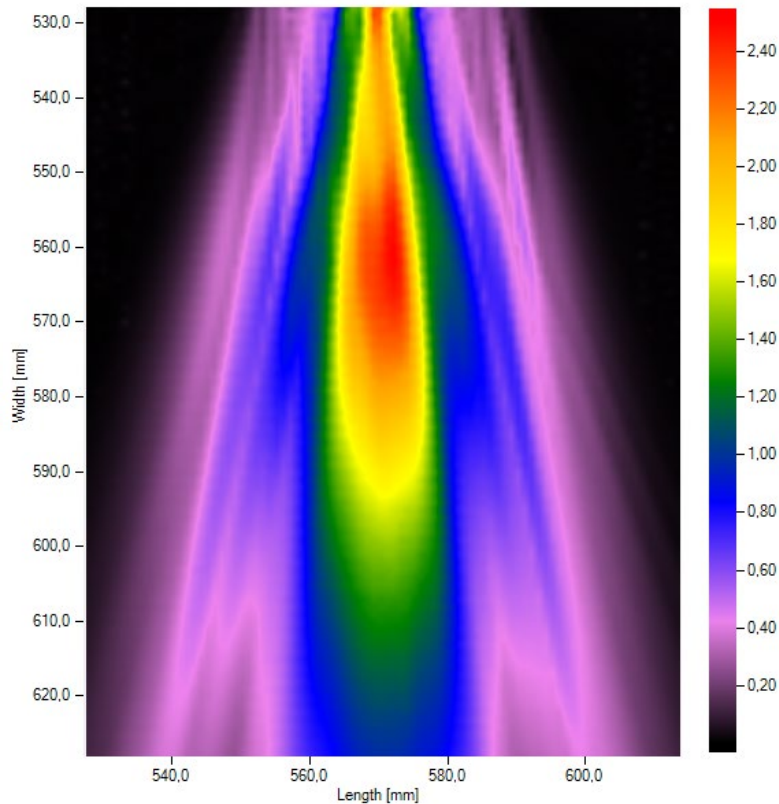


Schallfeld Element 6 to 13

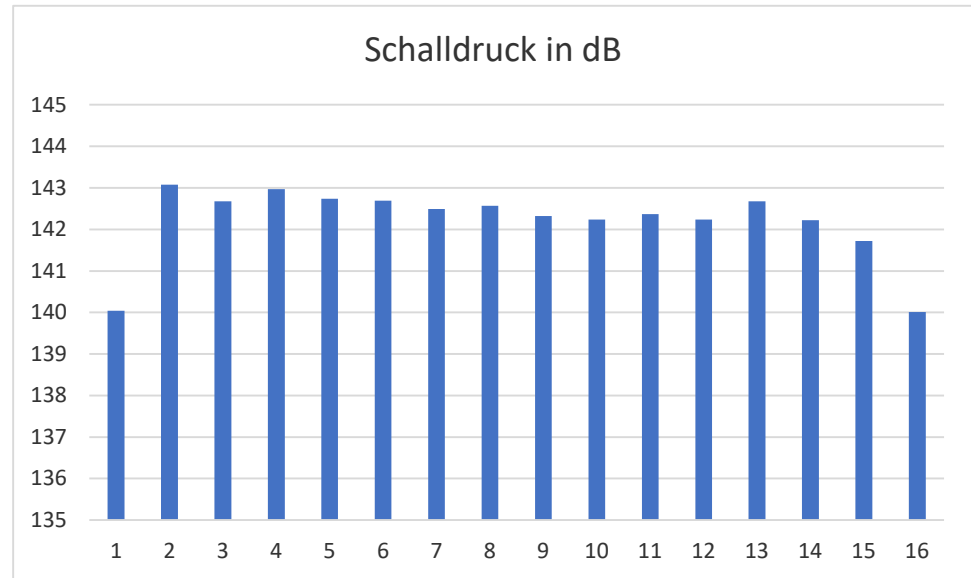


Vermessung – Elementevergleich

Primärachse



Sound Beam Element 8

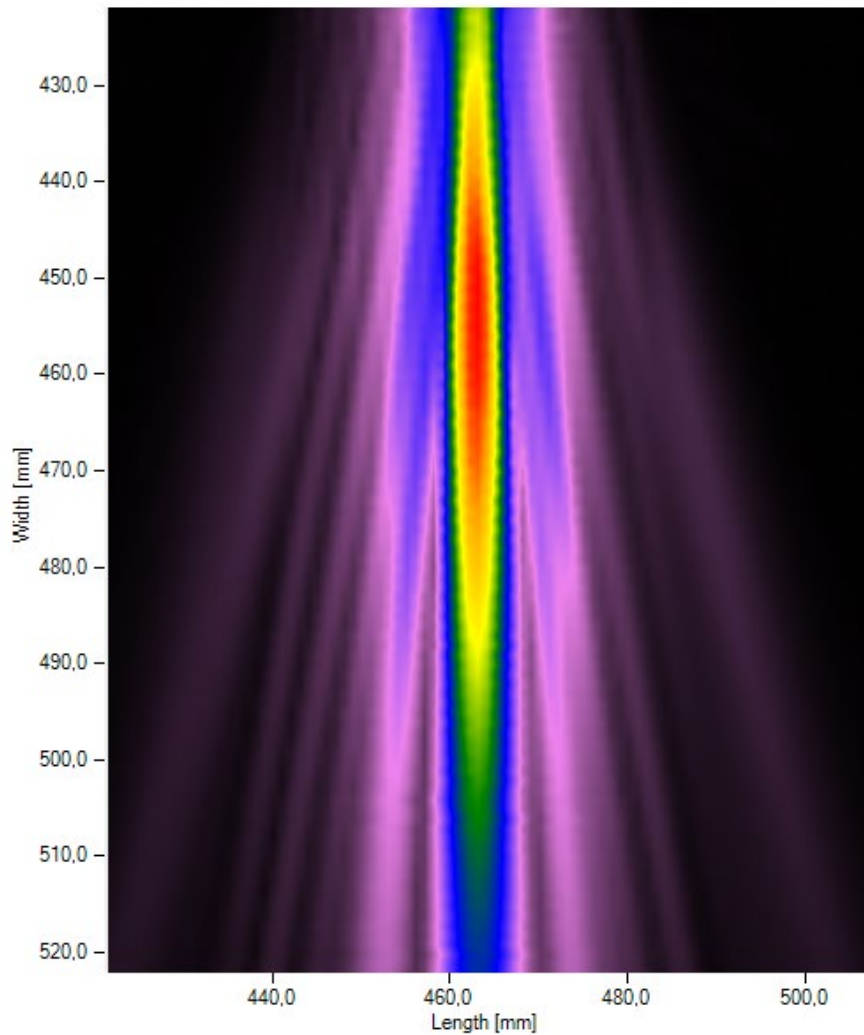


- Messung bei 40 mm Abstand zur Wandleroberfläche
- $142.5 \text{ dB} \pm 0.7 \text{ dB}$ Element 2 bis Element 15
- 140 dB an den äußeren Elementen

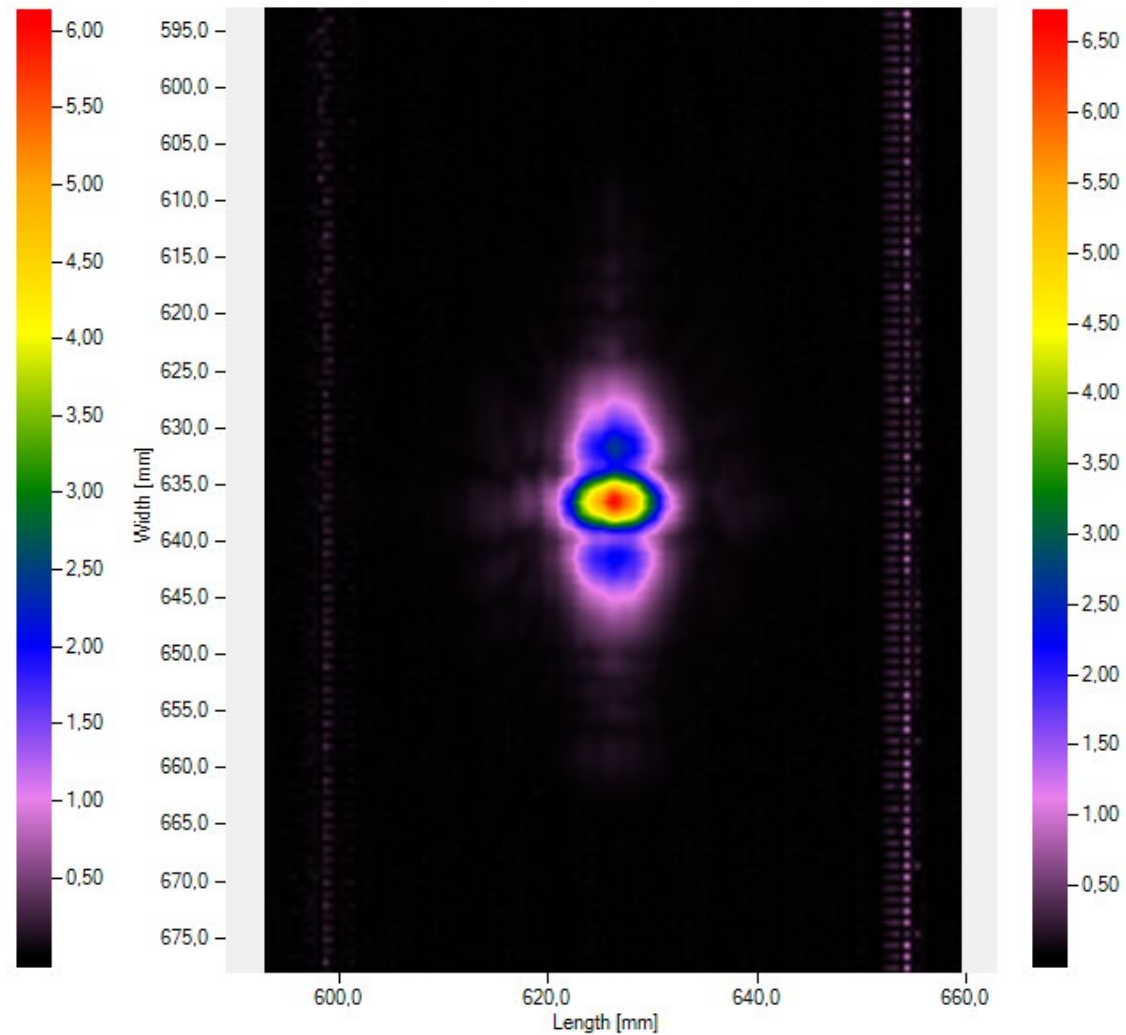
- Wenig ausgeprägte Fokussierung in der Primärachse
- 35 mm Linearfokus in der Sekundärachse



Vermessung – Focal Laws



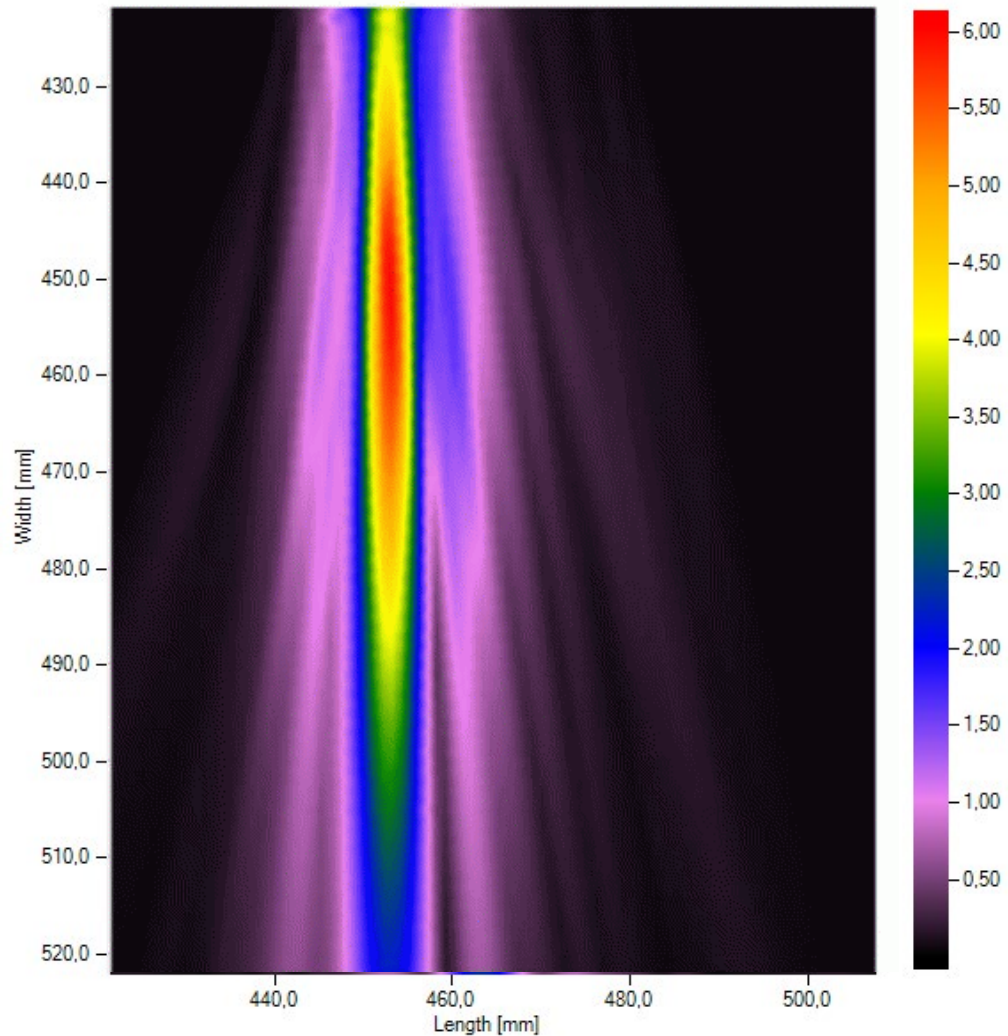
Schallfeld E6 bis E13



Querschnitt bei 455 mm
→ 35 mm Wandlerabstand



Vermessung - Linearscan

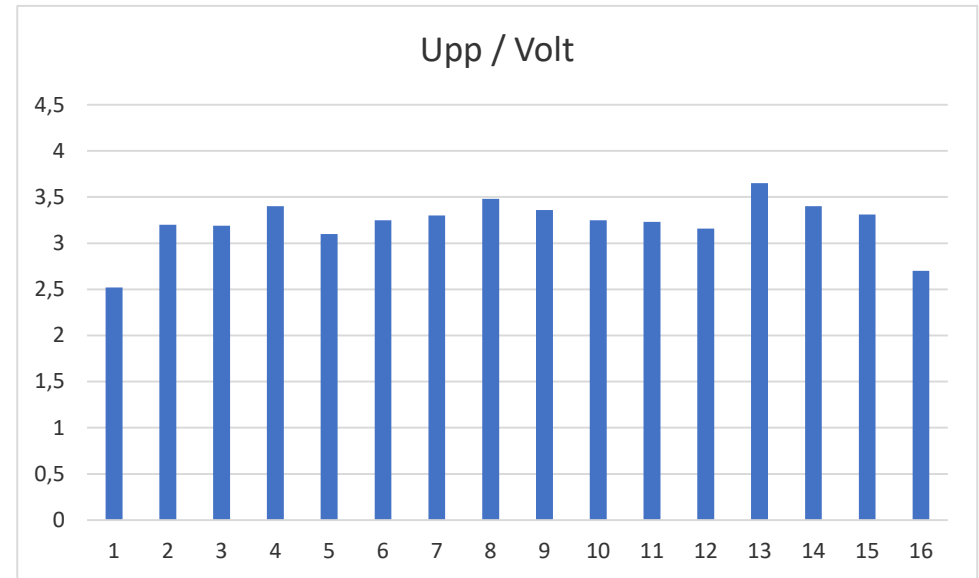
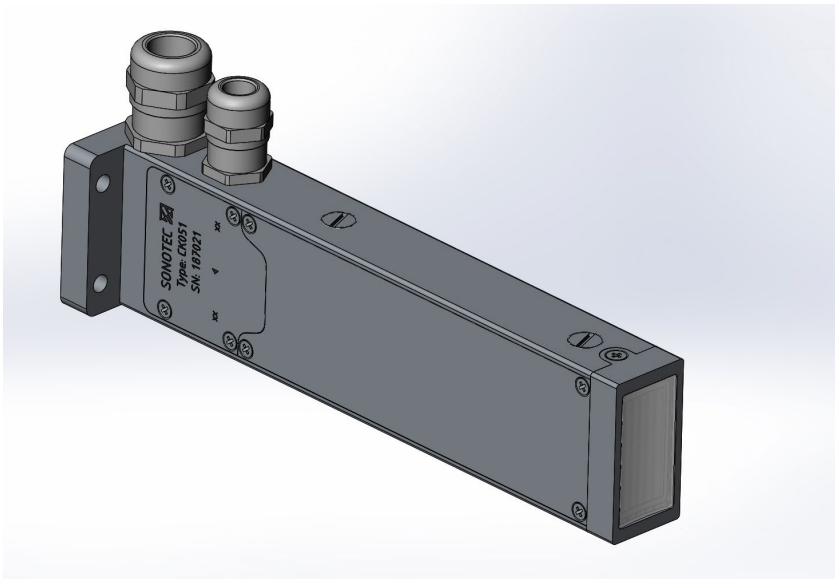


- 4 aktive Kanäle in im SONOAIR Prüfsystem
- Symmetrisches Multiplexing auf 8 Kanäle
- Messung mit XARION ETA 250
- Lineare Amplitudendarstellung

Element	Delay
1	0 ns
2	300 ns
3	600 ns
4	900 ns
5	900 ns
6	600 ns
7	300 ns
8	0 ns



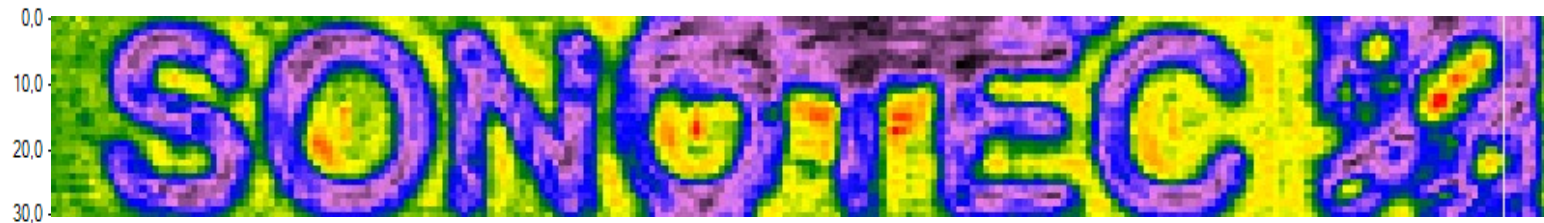
16-Kanal-Empfänger mit integrierten Vorverstärkern



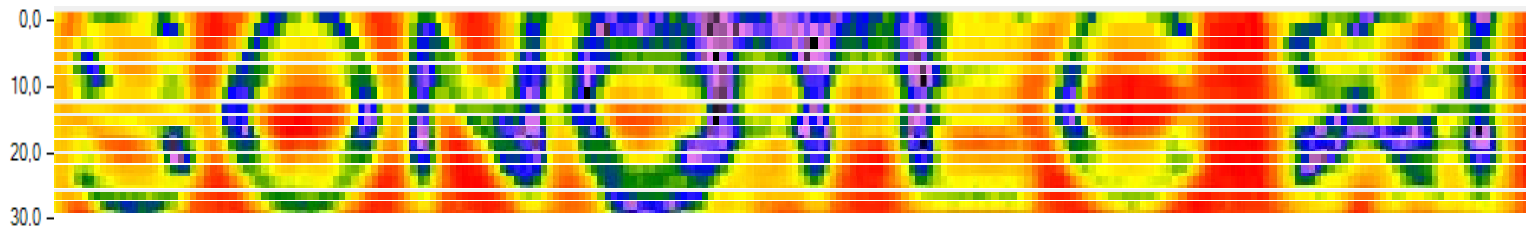
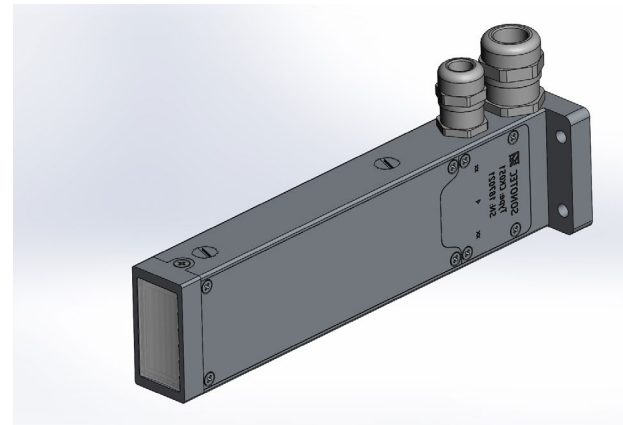
- Integrierter 16-Kanal-Verstärker
- Vier analoge Verstärkerstufen
 - 20, 40, 60, 80 dB
- Hypertronix Stecker

- Messung im Fernfeld mit 220 mm Abstand
- $3,3 \text{ V} \pm 0,3 \text{ V}$ Element 2 bis Element 15
- $2,6 \text{ V} \pm 0,1 \text{ V}$ an den äußeren Elementen

Laborortest – Linear Scan



Herkömmlicher Luftultraschallscan mit 400 kHz und 1 x 1 mm Auflösung



Elektronischer Luftultraschallscan mit 16 x 400 kHz and 1 mm x 2 mm Pitch Resolution



Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

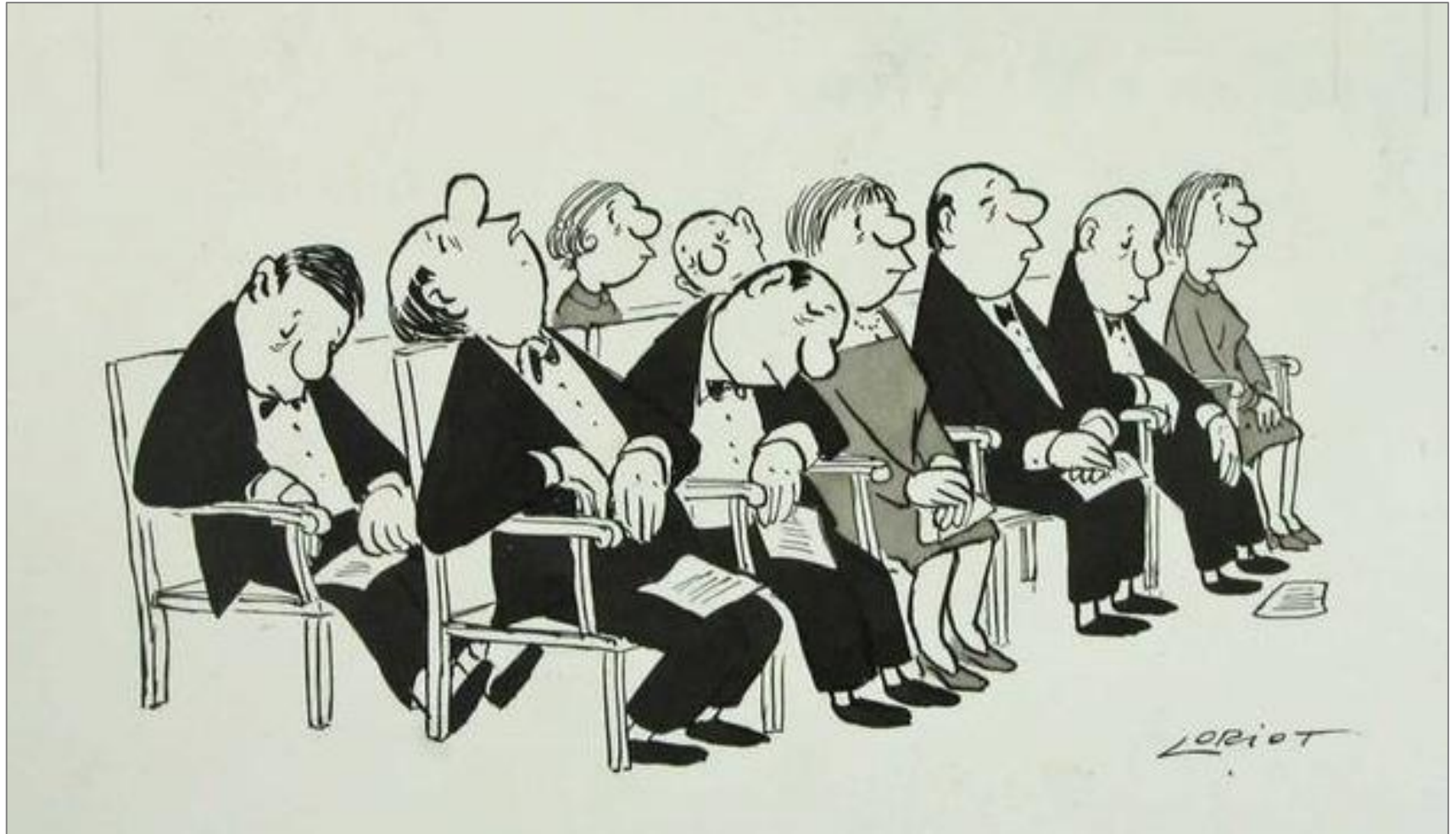
- Phased-Array Sender funktionieren auch mit Luftultraschall
 - Variable Tiefenfokussierung
 - Lineares Scannen
- Elektronisches Scannen mit Lineararrays ist mit speziellen Empfängern möglich
 - 2 mm Pitch reicht aus um ein auswertbares Empfangssignal zu erzielen
 - 2 mm Pitch Linearscan ist vergleichbar mit einer Scanauflösung von 2 x 2 mm

Ausblick

- Weiterentwicklung der SONOAIR mind. zu einem 16/16 Luftultraschall Phased-Array-System
 - Gleichzeitiges messen von allen Empfangskanälen
 - Anwenden und ändern von Focal Laws während Messungen
- Berechnung und Ermittlung von funktionierenden Empfangs-Focal-Laws
- Kontinuierliche Verbesserung der Multi-Element-Wandler
 - 32 Elemente
 - Verbesserung der Sensitivität der Randelemente
 - Optimierung der Sekundärfokussierung
 - Arrays für niedrigere Frequenzen um hoch dämpfende Materialien prüfen zu können



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Ultraschall ist unsere Stärke.

Adresse

SONOTEC GmbH
Nauendorfer Str. 2
06112 Halle (Saale)

Geschäftsführer

Hans-Joachim Münch
Manuela Münch
Michael Münch

Telefon

+49 (0)345 133 17 - 0

Fax

+49 (0)345 133 17 - 99

E-Mail

sonotec@sonotec.de

Internet

www.sonotec.de

