

# Lecksuche und Dichtheitsprüfung mit Ultraschall - Neue Ansätze -

Christian SCHREIBER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH, Halle (Saale)

Nauendorfer Strasse 2

06112 Halle (Saale)

E-Mail: [sonotec@sonotec.de](mailto:sonotec@sonotec.de)

Tel.: 0345 / 133 17-0

## Kurzfassung

Druckluft ist nach Strom, Gas und Wasser der viertteuerste Energieträger weltweit. Allerdings geht ungefähr ein Drittel der für die Erzeugung aufgewendeten Energie aufgrund von Leckagen in Druckluftsystemen verloren[1].

Zur Steigerung der Energieeffizienz in Unternehmen werden mit Ultraschallprüfgeräten Leckagen an Druckluft- und Gasanlagen gesucht. Auch an Unterdruck- und Vakuumsystemen kommt dieses Verfahren zur Anwendung. Darüber hinaus lässt sich Ultraschall auch zur Dichtheitsprüfung druckloser Systeme einsetzen. Mithilfe einer Ultraschallquelle im Inneren von Prüfobjekten lassen sich von außen Leckagen einfach lokalisieren. Die Dichtheitsprüfung mit Ultraschall ist im Vergleich zu anderen Verfahren für das Auffinden größerer Undichtigkeiten bis zu einer Leckrate von 10-2 mbar l/s geeignet – was für eine Vielzahl industrieller Anwendungen ausreichend ist. Sie besticht dabei durch ihre schnelle und einfache Anwendbarkeit, sowie durch vergleichsweise geringe Anschaffungskosten.

Mit aktuellen Prüfgeräten werden bisher nur Ultraschallsignale aus einem sehr schmalen Frequenzbereich um 40 kHz erfasst, analog weitergeleitet und hörbar gemacht. Dieses Verfahren verzichtet auf wertvolle Informationen aus anderen Frequenzbereichen, welche hingegen für die Bewertung von Leckagen sehr wichtig sind. SONOTEC hat daran anknüpfend einen breitbandigen Luftschallsensor entwickelt, der den Frequenzbereich von 20 bis 100 kHz simultan erfasst. Die so gewonnenen Informationen werden erstmals unmittelbar im Sensor vorverarbeitet und digital an die neue Geräteplattform weitergegeben. Konnten mit herkömmlichen Ultraschallprüfgeräten Leckagen lediglich gefunden werden, ist mit dem neuen breitbandigen Verfahren erstmals eine zuverlässige Aussage über deren Größe möglich. Ergebnis der zum Patent angemeldeten Methode sind plausible Werte für die Klassifizierung der Leckgröße.

Im Beitrag wird der digitale Ansatz sowie ein neues messtechnisches Konzept vorgestellt, welches auf der Integration neuer Sensorik, innovativer Messtechnik und fortgeschrittener Datenverarbeitung beruht.

[1] P. RATGEN, E. BLAUSTEIN: Compressed Air Systems in the European Union – Energy, Emissions, Savings Potential and Policy Actions, 2001, <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/e/publikationen/compressed-air.php>



# Lecksuche und Dichtheitsprüfung mit Ultraschall

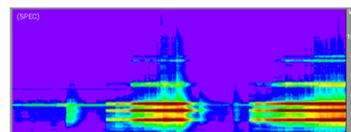
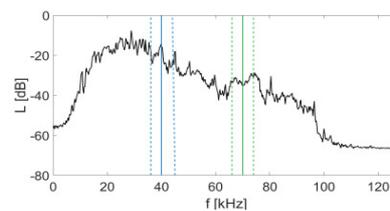
Christian Schreiber

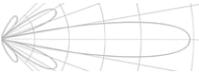
SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH  
Dortmund, 20./21. September 2016



## Agenda

1. Lecksuche mit Ultraschall
2. Neue Ansätze zur Lecksuche
3. Lecksuche bei Unterdruck
4. Dichtheitsprüfung mit Ultraschall





## Lecksuche mit Ultraschall – Motivation

### Energieeffizienz von Druckluftsystemen

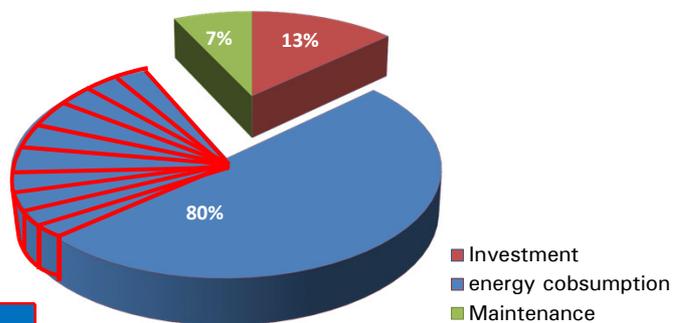
- ▶ Druckluft = ein sehr weit verbreiteter Energieträger
- ▶ Ca. **10%** des industriellen Energieverbrauchs wird für die Erzeugung von Druckluft verwendet
- ▶ Kein System ist komplett dicht – der durchschnittliche Verlust liegt bei etwa 30%
- ▶ Der Jährliche Energieverlust von Druckluft kann durch die Reparatur von Leckagen deutlich reduziert werden (20 – 40%)

Source: Fraunhofer ISI: Compressed Air Systems in the European Union -Energy, Emissions, Savings Potential and Policy Actions.



## Lecksuche mit Ultraschall – Motivation

### Lebenszykluskosten eines Druckluftsystems



**in average  
33% is lost \***

\* Radgen, Blaustein (2001), Compressed Air Systems in the European Union.



## Lecksuche mit Ultraschall – Möglichkeiten

### ► Klassische Methoden:

- Horchen mit Stethoskop oder Stange
- Absprühen mit Seifenlösung
- Flammenbewegung, Nebelerzeugung

Die klassischen Methoden eignen sich zur Grobsuche von Leckagen.

### ► Weitere Verfahren:

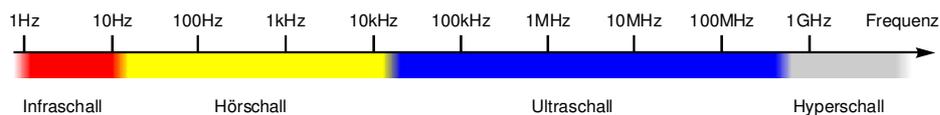
- Prüfgasverfahren (Wasserstoff, Helium, etc.)  $<10^{-4}$  [mbar l/s]
- Druckprüfverfahren  $10^{-4}$  -  $10^{-2}$  [mbar l/s]
- Leckspray  $10^{-3}$  [mbar l/s]
- **Ultraschallverfahren  $> 10^{-2}$  [mbar l/s]**

Die Methoden eignen sich - je nach Verfahren - zur Dichtheitsprüfung oder zur Lecksuche.



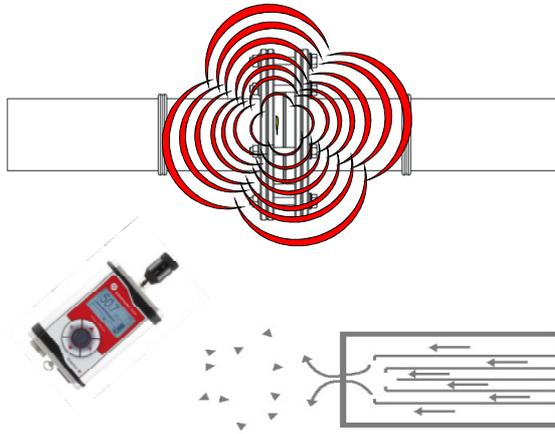
## Lecksuche mit Ultraschall – Funktionsprinzip

- Schall ist die Ausbreitung mechanischer Schwingungen im Raum (Wellen)
- Die Schwingungen können sich nur mit Hilfe von Teilchen ausbreiten, das heißt, nicht im Vakuum
- Ultraschall ist der Bereich **oberhalb** der menschlichen Hörgrenze (Hörbereich zwischen 20 Hz und 20 kHz)





## Lecksuche mit Ultraschall – Funktionsprinzip



- Die ausströmende Druckluft verursacht Turbulenzen
- Die Ultraschallwellen entstehen direkt am Leck
- Die Ultraschallwellen breiten sich in alle Richtungen aus
- Ultraschallwellen haben eine Richtcharakteristik
- Ultraschallwellen werden von Prüfgeräten erkannt



## Lecksuche mit Ultraschall – Funktionsprinzip

### Einflussfaktoren

- Druckdifferenz – je größer umso besser (Intensität der Strömungsturbulenzen)
- Abstand von der Leckage
- Winkel zur Leckage
- Form, Größe und Oberfläche der Leckage
- Material der Leitung
- Art und Eigenschaften des Gases
- Empfindlichkeit des Ultraschalldetektors

## Lecksuche mit Ultraschall – Funktionsprinzip



## Lecksuche mit Ultraschall – etablierte Gerätetechnik

Sehr gute Eignung für die Leckageortung

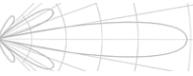
- Einsatz von **schmalbandigen** Luftschallsonden bei 40 kHz (+/-2kHz)
- **Analoge** Signalverarbeitung
- Ausgabe eines **gefilterten** Signals



SONAPHONE Pocket  
mit Luftschallsonde



SONAPHONE E  
mit Luftschallsonde



## Lecksuche mit Ultraschall – Methode

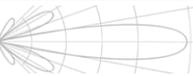
### Leckageortung: Grob

- ▶ Luftschallsonde in Kombination mit einem akustischen Horn
- ▶ Parabolsonde SONOSPOT



### Leckageortung: Fein

- ▶ Biegsame Sonde
- ▶ Luftschallsonde in Kombination mit Richtrohr mit Spitze



## Lecksuche mit Ultraschall – Methode

### Dokumentation der Leckagen

**LEAK TAG** 

Datum / Date ..... 

Prüfer / Inspector .....

---

**SONOTEC** 

Datum / Date ..... 

Prüfer / Inspector .....

Ort / Location .....

Beschreibung / Description .....

Priorität / Priority  hoch / high  niedrig / low

Prüfwert / Value .....

Repariert am / Date Repaired .....

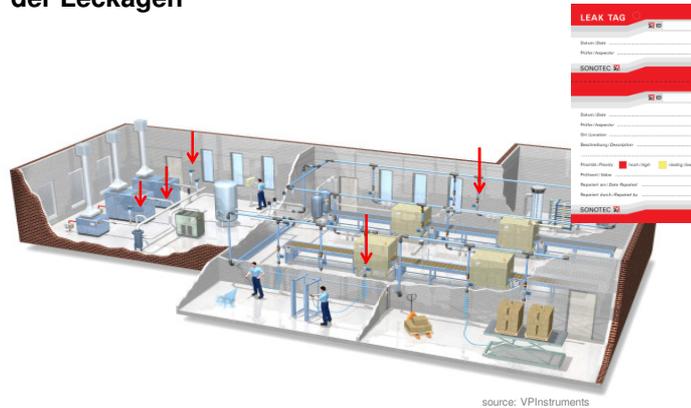
Repariert durch / Repaired By .....

**SONOTEC** 



## Lecksuche mit Ultraschall – Reparatur

### Reparatur der Leckagen

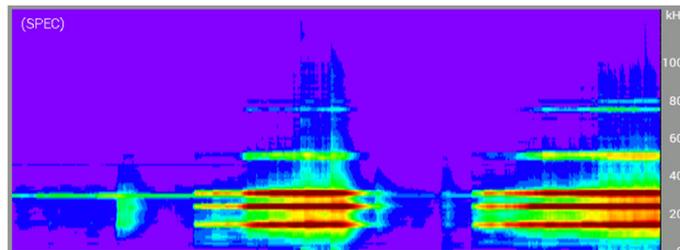


## Lecksuche mit Ultraschall – Funktionsprinzip

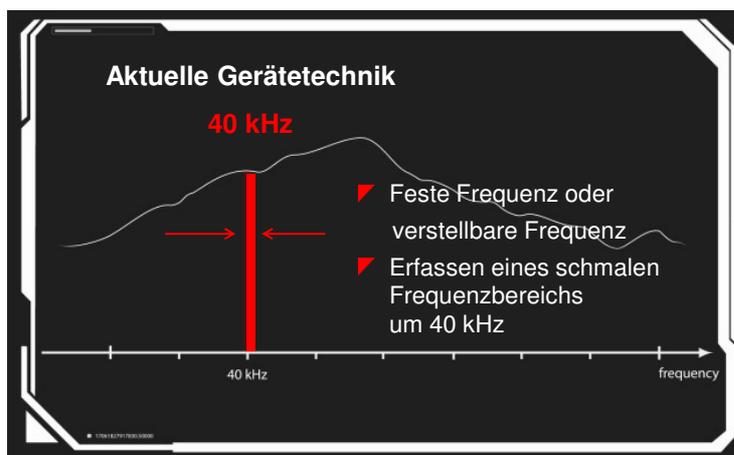
### Vorteile

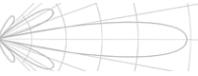
- Keine Betriebsunterbrechung – flexible Suche
- Keine Vorrichtungen/Anbauten notwendig
- Keine zusätzlichen Geräte notwendig
- Einfache Handhabung & schnell erlernbar
- Kostengünstig, schnelle Amortisation & keine Folgekosten

## Neue Ansätze zur Lecksuche



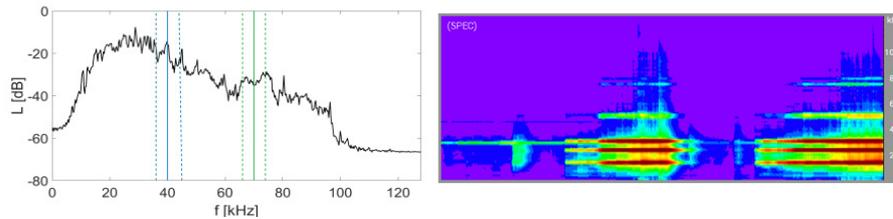
## Neue Ansätze zur Lecksuche – Bandbreite



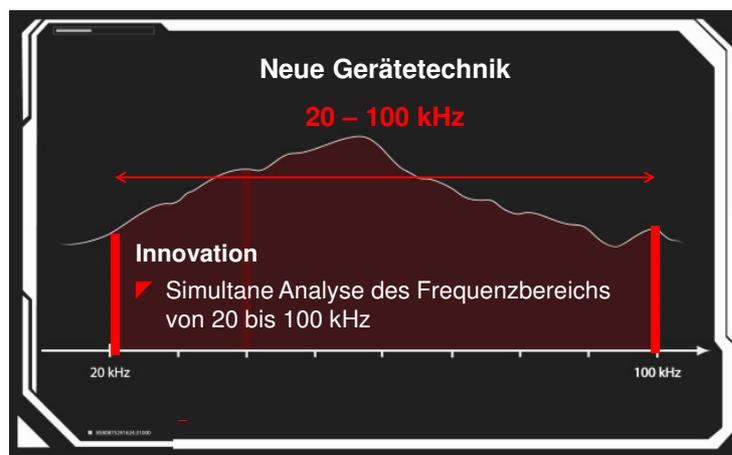


## Neue Ansätze zur Lecksuche – Bandbreite

### Breitbandige Betrachtung von Leckagen



## Neue Ansätze zur Lecksuche – Bandbreite





## Neue Ansätze zur Lecksuche – Gerätetechnik

### Neue Geräte- und Sensorkonzepte

- **Breitbandige** Luftschallsensoren 20 - 100 kHz
- **Vorverarbeitung** der Ultraschallsignale im Sensor (ADC)
- **Digitale** Signalverarbeitung
- Ausgabe **verschiedener** Pegel (dB)
- Graphische Darstellung des **Pegelverlaufes** oder **Spektrogramms**
- verschiedene Verfahren zur **Hörbarmachung** der Ultraschallsignale



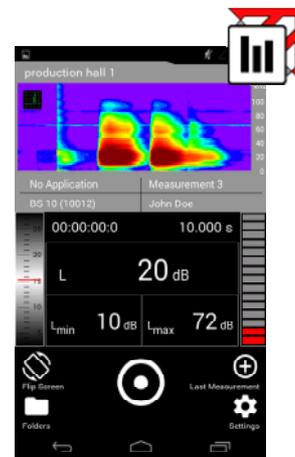
SONAPHONE mit Luftschallsensor

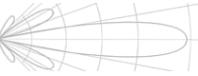


## Neue Ansätze zur Lecksuche – Gerätetechnik

### Applikationsspezifische Software

- Der Handlungsablauf der Lecksuche und -dokumentation wird in einer App abgebildet
- Leckagen werden zusammen mit Bildern, dem Ort und weiteren Informationen gespeichert

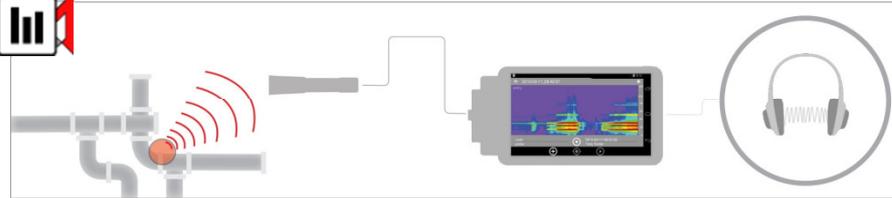
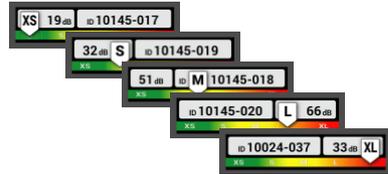




## Neue Ansätze zur Lecksuche – Leckbewertung

Einsatz von breitbandigen Luftschallsensoren (20 - 100 kHz)

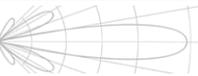
- **Digitale** Verarbeitung der **breitbandigen** Signalinformationen ...
- Ermöglicht die **Bewertung von Leckagen**
- Zum **Patent** angemeldetes Verfahren



Lecksuche und Dichtheitsprüfung mit Ultraschall

20./21. September 2016

Seite 21



## Neue Ansätze zur Lecksuche – Methode

Einsatz von breitbandigen Luftschallsensoren (20 - 100 kHz)



Von grob nach fein



Lecksuche und Dichtheitsprüfung mit Ultraschall

20./21. September 2016

Seite 22

## Neue Ansätze zur Lecksuche – Dokumentation

Lecksuche – Bewertung – Dokumentation – Auswertung



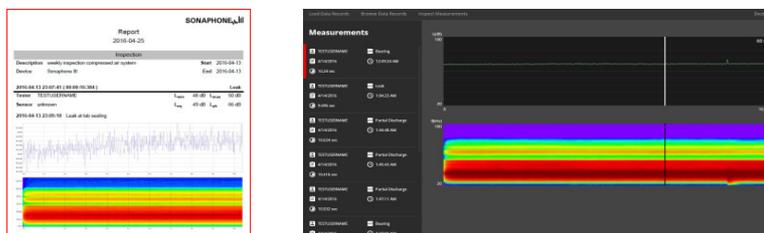
Lecksuche und Dichtheitsprüfung mit Ultraschall

20./21. September 2016

Seite 23

## Neue Ansätze zur Lecksuche – Dokumentation

Beispiele Data Viewer und Report



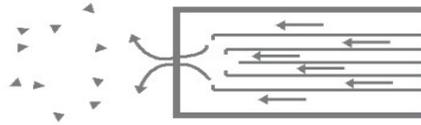
Lecksuche und Dichtheitsprüfung mit Ultraschall

20./21. September 2016

Seite 24

## Lecksuche bei Unterdruck

▀ Druck



▀ Vakuum

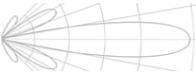


## Lecksuche bei Unterdruck



Dichtheitsprüfung an Windkraftträdern





## Dichtheitsprüfung mit Ultraschall



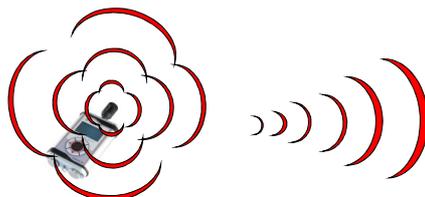
Dichtheitsprüfung am KFZ

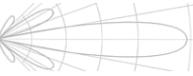


## Dichtheitsprüfung mit Ultraschall

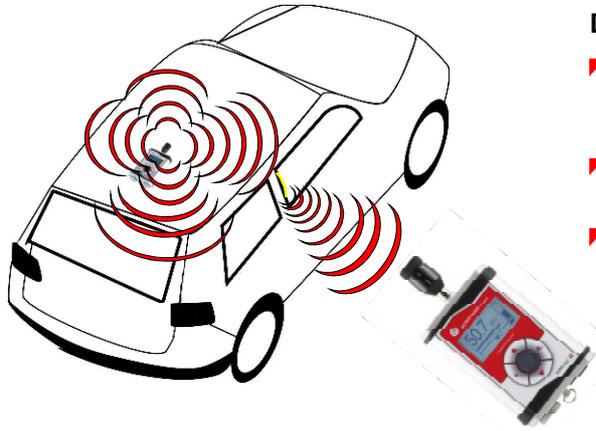
### Dichtheitsprüfung an drucklosen Systemen

- ▶ Aktives Aussenden mit einer Ultraschallquelle (Transmitter)
- ▶ An Leckagen tritt Ultraschall aus
- ▶ Detektion der Ultraschallsignale anhand des beschriebenen Verfahren



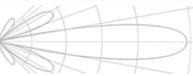


## Dichtheitsprüfung mit Ultraschall



### Dichtheitskontrolle

- ▶ Der Sender im Innenraum sendet Ultraschallwellen aus (Transmitter)
- ▶ Die Ultraschallwellen treten am Leck aus
- ▶ Die Ultraschallwellen werden mit dem Prüfgerät nachgewiesen (Receiver)

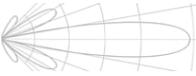


## Dichtheitsprüfung mit Ultraschall – Leckraten

Allgemeine Definition	Quantifizierbare Luftleckraten	
	[ml/min]	[mbar l/s]
Wasserdicht	$6 \cdot 10^{-1}$	$10^{-2}$
Dampfdicht	$6 \cdot 10^{-2}$	$10^{-3}$
Bakteriendicht	$6 \cdot 10^{-3}$	$10^{-4}$
Benzin- und Öldicht	$6 \cdot 10^{-4}$	$10^{-5}$
Virendicht	$6 \cdot 10^{-5}$	$10^{-6}$
Gasdicht	$6 \cdot 10^{-6}$	$10^{-7}$
Technische Dichtheit	$6 \cdot 10^{-9}$	$10^{-10}$

Umrechnung in SI Einheiten1 mbar l/s = 0,1 Pa m<sup>3</sup>/s

Quelle: Fraunhofer Gesellschaft TEG, VDI Kurs 00/30301/01 Dichtheitsprüfung in der Serienproduktion, Stuttgart 05.04.2000



## Dichtheitsprüfung mit Ultraschall – Leckageraten

### Zusammenhang von Durchmesser und Leckgerate

Leckgerate $q_L$ [mbar l/s]	Größe (Durchmesser) der Leckage	Leckage durch dieses Leck bei $\Delta p = 1$ bar
$10^{+2}$	1,0 mm	Wasser läuft aus (nasse Füße)
$10^0 = 1$	0,1 mm	Wasserhahn tropft
$10^{-2}$	35 $\mu\text{m}$ (~ Durchmesser eines Haares)	Mindestanforderung für „wasserdicht“ (tropft nicht)
$10^{-3}$	20 $\mu\text{m}$	1 Luftbläschen (= 1 $\text{mm}^3$ ) pro Sekunde „wasserdicht“ (aber nicht für andere Flüssigkeiten!)
$10^{-6}$	~ 0,1 $\mu\text{m}$	ca. 1 $\text{cm}^3$ Gasverlust* in 12 Tagen „flüssigkeitsdicht“ (für die meisten Flüssigkeiten)
$10^{-8}$	Kapillardurchmesser von ca. 0,4 $\mu\text{m}$ (bei etwa 2 mm Wandstärke, d. h. $d/l = 1/5000$ )	ca. 3 $\text{cm}^3$ Gasverlust* in einem Jahr

\*) Bezogen auf Helium  
Quelle: www.dgzfp.de - FAQ Sammlung zur Lecksuche (22), Stand: 23.02.2015



## Dichtheitsprüfung mit Ultraschall – Anwendungen



### Erkennung von Undichtheiten

- ▶ Fenstern
- ▶ Türen
- ▶ Kabinen
- ▶ Behältern

mit Abdichtflächen oder Profilmummidichtungen



## Dichtheitsprüfung mit Ultraschall – Anwendungen



Dichtheitsprüfung am KFZ

## Dichtheitsprüfung mit Ultraschall – Anwendungen



## Dichtheitsprüfung mit Ultraschall – Anwendungen



Dichtheitsprüfung an Containern

## Dichtheitsprüfung mit Ultraschall – Anwendungen



Dichtheitsprüfung an Containern

## Dichtheitsprüfung mit Ultraschall – Anwendungen



Dichtheitsprüfung beim Schiffsbau

## Dichtheitsprüfung mit Ultraschall – Anwendungen





## Referenzen

### Ultraschall-Lecksuchgeräte zur

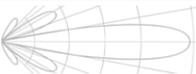
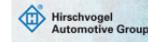
- Überprüfung von Armaturen, Ventilen und Kondensatableitern in Kraftwerken, Chemie- und Energieanlagen



### Ultraschall-Lecksuchgeräte zur

- Überprüfung der Dichtheit von Druckluftbremsen, Abdichtungen, Armaturen, Ventilen und Karosseriepressen

DAIMLERCHRYSLER



## Weitere Anwendungen

### Kondensatableiterprüfung



### Lagerkontrolle



Ventilprüfung



Detektion von Teilentladungen

## **SONOTEC – Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

**Anschrift** **SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH**  
Nauendorfer Straße 2  
06112 Halle/Saale

**Telefon** + 49 (0)345 133 17 - 0

**Telefax** + 49 (0)345 133 17 - 99

**E-Mail** [sonotec@sonotec.de](mailto:sonotec@sonotec.de)

**Internet** [www.sonotec.de](http://www.sonotec.de)

**Geschäftsführung** Dr. Santer zur Horst-Meyer  
Hans-Joachim Münch

