

Grundlage zur Leckage Messung in Druckluftanlagen

Leckage-Suchgerät LD 500/LD 510

Druckluft-Leckagen finden, quantifizieren und beheben

Das LD 500
entspricht den
Anforderungen
der Klasse I
Instrumente der Norm
„Standard Test Method for
Leaks using Ultrasonic“
(ASTM Int. - E1002-05)



„Jede Fabrik braucht sie, doch kaum jemand weiß, dass Druckluft eine der teuersten Energieformen ist. Die rationelle Nutzung von Druckluft birgt daher große Einsparpotentiale. Häufig konzentrieren sich die Einsparbemühungen nur auf die Druckluft-Erzeugung, das heißt auf die Kompressoren und die Wärmerückgewinnung.“

Anwendungen von Druckluft:

- Prozessluft
- Förderluft
- PET-Flaschen-Produktion
- Webstühle
- Lackierungen
- usw.

Druckluft wird erzeugt, indem ein Kompressor Umgebungsluft verdichtet. Falls Verunreinigungen in der Druckluft mit dem Endprodukt in Berührung kommen, kann dies zu höherem Ausschuss führen. Oft wird so aus einer auf den ersten Blick kostengünstigen Lösung, eine insgesamt sehr teure Art der Druckluftherzeugung.“

Es ist daher für den Nutzer unabdingbar, die komprimierte Luft nach der Erzeugung aufzubereiten, da diese Luft Wasser, Öl, Staubpartikel und andere Verunreinigungen enthält. Je nach benötigter Druckluft-Qualität können diese Inhaltsstoffe Probleme bei der Produktion verursachen und die Betriebskosten erhöhen.

Für die Aufbereitung müssen also zusätzlich zum Kompressor, Tank und Leitungssystem weitere Komponenten bereitgestellt werden.

Es erfolgt eine Trocknung der Luft mit Hilfe eines Trockners, der je nach Trocknertyp, mehr oder weniger Feuchtigkeit ausscheidet und einen niedrigen Taupunkt, je nach Anwendung, gewährleistet.

Zusätzlich sollte die komprimierte Luft mit Filtern von Öl und Partikeln gereinigt werden. Der Aufbau einer beispielhaften Druckluft-Anlage wird in Abb. 1 gezeigt.

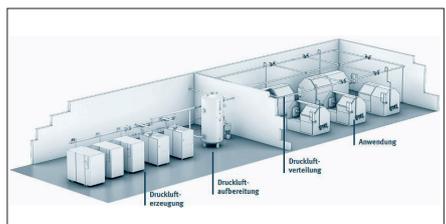


Abb. 1 Komponenten eines Druckluftsystems

Die Druckluft-Qualitätsklassen werden durch die Norm ISO 8573-1 spezifiziert.

Durch die Einhaltung der Qualitätsstandards, wird die Chance eines Maschinenausfalls verringert, die Wartungskosten gesenkt und die Lebensdauer der Druckluft-Komponenten erhöht. In Abb. 1 werden die unterschiedlichen Qualitätsklassen spezifiziert.

CS Instruments bietet zur Druckluftqualitätsmessung nach ISO 8573-1 mobile und stationäre Messgeräte zur:

- Restölmessung das Oil Check 400 Restölmessgerät
- Feststoffpartikel das PC 400 Partikelmessgerät
- und zur Taupunktmessung das FA 510 Taupunktmessgerät

passend an die mobilen und stationären Bildschirmschreiber DS 500 an

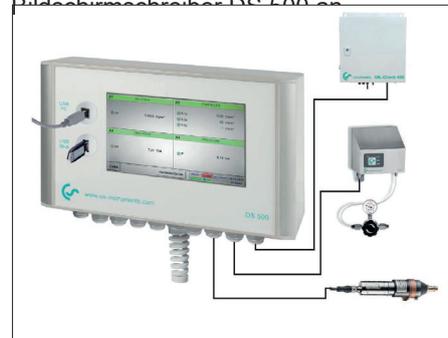


Abb. 2: DS 500 Bildschirmschreiber mit PC 400, Oilcheck 400, FA 510 Taupunktmessgerät

Klasse	ISO 8573-1 (2010)				
	Schmutz (Feststoffpartikel) Max. Partikelanzahl je m ³		Restwasser	Restöl	
	0,1 < d ≤ 0,5 µm	0,5 < d ≤ 1,0 µm	1,0 < d ≤ 5,0 µm	DIP	mg/m ³
0	spezifiziert gemäß Anwendung und besser als Klasse 1				
1	≤ 20 000	≤ 400	≤ 10	-20 °C	0,01
2	≤ 40 000	≤ 6 000	≤ 100	-20 °C	0,1
3	nicht spezifiziert	≤ 90 000	≤ 1 000	-20 °C	1,0
4	nicht spezifiziert	nicht spezifiziert	≤ 10 000	+3 °C	5,0
5	nicht spezifiziert	nicht spezifiziert	≤ 100 000	+7 °C	25

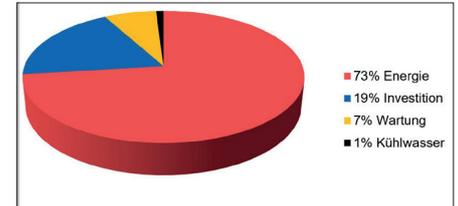
Beispiel: Druckluft der Qualitätsklasse 2.2.2. nach ISO 8573-1			
Partikel	max. 400 000 Partikel	0,01 < d ≤ 0,5 µm	
	max. 6 000 Partikel	0,5 < d ≤ 1,0 µm	
	max. 100 Partikel	1,0 < d ≤ 5,0 µm	
Restwasser	min. Drucktemp. +40 °C		
Restölgehalt	max. 0,1 mg/m ³		

Abb. 3: Druckluft-Qualitätsklassen

Wenn nun also komprimierte und gereinigte Luft über Leckagen entweicht, entstehen Mehrkosten, da diese Luft zusätzlich erzeugt werden muss.

In Abb. 4 wird die generelle Kostenverteilung eines Druckluft-Systems gezeigt. Die Energiekosten entsprechen mit 73% dem höchsten Anteil der Gesamtkosten.

Die Druckluftanlage ist daher so zu konzipieren, dass die erzeugte Menge und Qualität der Druckluft der Spezifikation entspricht, und die Anlage den maximalen erreichbaren Wirkungsgrad erreicht.



In Abb. 5 werden die verschiedenen Einsparpotentiale vom Fraunhofer-Institut für die Druckluft-Branche aufgelistet. Das höchste Einsparpotential birgt dabei die Reduzierung der Leckage-Rate.

Durch die Ortung und Behebung der Leckagen können 42 % der Gesamteinsparpotentiale des Druckluftsystems genutzt werden.



Abb. 5: Einsparpotentiale einer Druckluft-Anlage

Nach Untersuchungen der Energieagentur NRW sei eine Leckage-Rate von 30 % keine Seltenheit und führe zu einem Druckverlust von bis zu 2 bar und 50 % ungenutzter Energie.

Bestätigt wird dies durch eine Studie des Fraunhofer-Instituts, die im Auftrag der Energie-Schweiz durchgeführt wurde, welche besagt, dass die Leckage-Rate produzierender Unternehmen zwischen 15 % und 70 % liege.

Wenn Wasser aus einer Leitung austritt, ist dies gut sichtbar. Bei Druckluft ist dies nicht so leicht zu erkennen, da das typische „Zischen“ nur bei sehr großen Leckagen in einer leisen Umgebung hörbar ist.

Bei einem meist hohen Geräuschpegel in Fertigungshallen kann dieses jedoch leicht überhört werden und die austretende Luft bleibt unbemerkt. Oftmals herrscht auch Unwissenheit darüber, wieviel Kosten tatsächlich durch Druckluft-Leckagen verursacht werden.

Es wird daher empfohlen, regelmäßig eine Leckage-Ortung durchzuführen, um die großen Leckagen zu finden und diese zu beheben.

Die Energiemanagement Norm ISO 50001 definiert einen PDCA-Zyklus, um die Energiekosten von Unternehmen zu reduzieren. Dieser Zyklus kann auch beim Druckluftsystem angewendet werden.

Der PDCA-Zyklus führt zu einer kontinuierlichen Verbesserung einer betrachteten Größe.

Der Zyklus startet mit einer Analyse der Ausgangssituation und Planung (Plan) von Lösungswegen, zum Umsetzen konkreter Maßnahmen (Do).

Das Überprüfen (Check) geschieht über eine Bewertung des Zielerreichungsgrades des zu verbessernden Zustands. Zusätzlich geschieht eine Bewertung der einzelnen durchgeführten Maßnahmen.

Diese Erkenntnisse werden verwendet, um weitere neue Verbesserungsmaßnahmen zu definieren (Act), wenn das Ziel nicht erreicht wurde.

Die Leckage-Ortung fungiert als Werkzeug der Überprüfung (Phase Check) des betrachteten Druckluftsystems, um sicherzustellen, dass es effektiv arbeitet.

Werden Mängel (gefundene Leckagen) aufgedeckt, sollen diese anschließend behoben werden (Phase Act).



Abb. 6: Energieeinsparungszyklus ISO 50001

Um die exakte Gesamt-Leckage-Rate bei der Analyse der Ausgangssituation (P) zu ermitteln, kann z. B. ein mobiles Durchflussmessgerät PI 500 mit Volumenssensor VA 500 verwendet werden.

Während eines Produktionsstillstands wird die Leckage bzw. der Druckluftverlust gemessen und aufgezeichnet.

Mit der Auswertesoftware CS Basic können die Leckage bzw. Druckluftverbrauchsdaten exakt analysiert werden.



Abb. 7: Mobiles Durchflussmessgerät PI 500 mit Volumenssensor VA 500

Eine andere Messmöglichkeit besteht darin, den Druckabfall bei Produktionsstillstand über eine definierte Zeit zu messen. Dazu muss aber sehr aufwendig auch das Volumen der Druckluft-Anlage bestimmt werden, was nahezu unmöglich ist. Daher scheidet diese Methode oft aus.

Diese Art der Messung ist veraltet und beinhaltet große Messunsicherheiten, da der Druckabfall und auch die Temperatur sehr genau gemessen werden muss.

Eine Druckabsenkung hat immer auch eine Temperaturabsenkung zur Folge. Um auf das Normvolumen zurückrechnen zu können, muss also neben der exakten Zeitmessung der Absolutdruck auch die Temperatur (Temperatur beim Entspannen) am Drucksensor genau gemessen werden.

Ist die Gesamt-Leckage-Rate bekannt, kann diese verwendet werden, um das jährliche Einsparpotential an Energiekosten zu berechnen. Hierfür werden zusätzlich zur Energiekostenberechnung die Druckluftkosten und die Betriebsdauer des Kompressor-Systems benötigt.

Jährliche Fixkosten einer Druckluft-Anlage:

- Zinszahlungen
- Abschreibung
- Raumnutzkosten

Variable Kosten einer Druckluftanlage:

- Energiekosten über die Vollast- und Leerlaufzeiten,
- Hilfsmittelkosten wie Öl, Kühlwasser, etc. p. a.,
- Wartungs- und Reparaturkosten der Kompressoren

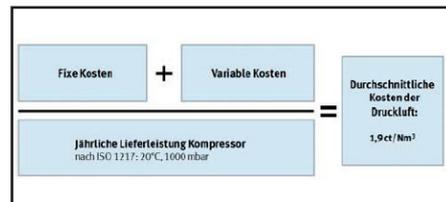


Abb. 8: Durchschnittliche Kosten der Druckluft

Wird nun die jährliche Lieferleistung [m³] des Kompressor-Systems durch die Gesamtkosten [€] geteilt, erhält man die Kosten pro erzeugtem Kubikmeter Luft.

Die Erzeugung eines Norm-Kubikmeters Druckluft kostet je nach Anlage ungefähr 1,5 € Cent/Nm³ bis 2,7 € Cent/Nm³.

Einsparpotential an Energiekosten [€ / Jahr] =

$$\text{Gesamt-Leckage-Rate [Nm}^3/\text{Stunde]} * \text{Druckluft-Kosten [€/1 Nm}^3] * \text{Betriebsstunden [Stunden/1 Jahr]}$$

Da die austretende Druckluft für das menschliche Auge nicht sichtbar ist, ist die Lokalisierung der Leckagen in Produktionsanlagen ohne entsprechendes Equipment kaum möglich.

Eine Lösung hierfür besteht in der Leckage-Ortung mittels Ultraschall, da durch Leckagen austretende Gase einer Ultraschall-Quelle entsprechen. Ultraschall-Wandler können somit verwendet werden, um Leckagen zu orten.

Die für den Menschen nicht hörbaren Frequenzen des Ultraschalls müssen dabei in ein akustisches Signal umgewandelt werden, das für das menschliche Ohr hörbar ist.

Dies geschieht über eine Frequenzmischung, die die Frequenzen in einen Bereich verschiebt, der für das menschliche Ohr hörbar ist.

CS Instruments hat hierfür als Nachfolger des Leckage Suchgeräts LD 400 das LD 500 neu entwickelt.

Mit dem Leckage-Suchgerät LD 500 ist es nicht nur möglich die Druckluft Leckagen zu finden, sondern auch die Menge der austretenden Druckluftkosten in l/min zu berechnen, die Druckluftkosten in € zu berechnen und zu dokumentieren.

Zusätzlich wurden externe Sensoren (Schwanenhals und Parabolspiegel) entwickelt, die dem Nutzer die Leckage-Suche bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen erleichtern.

Für den Anwender ist es wichtig zu wissen, wie viel Druckluft je Leckage austritt, um entscheiden zu können, welche Druckluftleckagen beseitigt werden sollen, damit die Reparaturkosten die Leckage-Kosten nicht überschreiten.

Tabelle 1: Werden die verschiedenen Leckage-Raten in Norm-Liter pro Minute in Abhängigkeit des Leckage-Durchmessers in mm und des Drucks in bar abgebildet.

p (rel.)	0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm
3 bar	9 l/min	36 l/min	81 l/min	145 l/min	226 l/min	325 l/min
4 bar	11 l/min	45 l/min	102 l/min	181 l/min	282 l/min	407 l/min
5 bar	14 l/min	54 l/min	122 l/min	217 l/min	339 l/min	488 l/min
6 bar	16 l/min	63 l/min	142 l/min	253 l/min	395 l/min	569 l/min
7 bar	18 l/min	72 l/min	163 l/min	289 l/min	452 l/min	651 l/min
8 bar	20 l/min	81 l/min	183 l/min	325 l/min	508 l/min	732 l/min

Tabelle 1: Leckage-Raten in Abhängigkeit des Durchmessers und Drucks

In **Tabelle 2** werden die Kosten, die durch Leckagen verursacht werden, über ein Betriebsjahr (365 Tage und 24 h) mit einem Preis von 1.9 € Cent/Nm³ berechnet.

p (rel.)	0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm
3 bar	90 €	361 €	812 €	1.444 €	2.256 €	3.248 €
4 bar	113 €	451 €	1.015 €	1.805 €	2.820 €	4.061 €
5 bar	135 €	541 €	1.218 €	2.166 €	3.384 €	4.873 €
6 bar	158 €	632 €	1.421 €	2.527 €	3.948 €	5.685 €
7 bar	180 €	722 €	1.624 €	2.888 €	4.512 €	6.497 €
8 bar	203 €	812 €	1.827 €	3.248 €	5.076 €	7.309 €

Tabelle 2: Verursachte Kosten durch Leckagen

Durch die hohen Kosten amortisiert sich das Leckage-Suchgerät LD 500 im Preisbereich von 2000 – 3000 € sehr schnell. Voraussetzung ist natürlich, dass die gefundenen Leckagen behoben werden.

1.1 Was ist Ultraschall? Und wie kann die Ultraschallmessung zur Leckage Messung genutzt werden?

„Mit dem Wort, Ultraschall‘ kennzeichnet man in Anlehnung an die Definition des ultravioletten Lichts denjenigen Bereich akustischer Erscheinungen, der auf Grund seiner hohen Frequenzen der menschlichen Wahrnehmung nicht mehr zugänglich ist.“

In Abb. 9 werden die unterschiedlichen Frequenz-Bereiche des Schalls dargestellt. Ultraschall beinhaltet dabei nicht nur die Ausbreitung der Schallwellen in Gasen oder Flüssigkeiten, sondern auch in Festkörpern.

Da die obere Grenze der hörbaren Frequenzen von Mensch zu Mensch unterschiedlich ist, gibt es keine fixe Grenze zwischen Horschall und Ultraschall. Ab Schallfrequenzen von 20 kHz spricht man im Allgemeinen von Ultraschall.

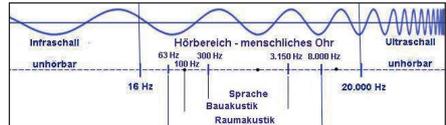


Abb. 9: Ultraschall als Teilgebiet der Akustik

Physikalisch besteht kein Unterschied zwischen Horschall und Ultraschall, da die Gesetze der Schallentstehung und Ausbreitung frequenzunabhängig sind. Der Grund der Unterscheidung der beiden Schallformen liegt in dem unterschiedlichen Aufbau des Wandlers, der den Schall erzeugt oder empfangt.

1.2 Ausbreitung des Ultraschalls

Unter Schallwellen werden mechanische Schwingungen der Teilchen in einem bestimmten Medium verstanden. Dies bedeutet, dass die Teilchen, aus denen sich das Medium zusammensetzt, um ihre Ruhelage schwingen.

In **Abb. 10** wird schematisch die Ausbreitung einer gedämpften Welle auf benachbarte Teilchen dargestellt.

Zum Zeitpunkt t₀ befindet sich das erste Teilchen in Ruhelage, anschließend wird es angeregt. Zwischen den Teilchen liegt der konstante Abstand Δx. Die Dauer, bis die Erregung das benachbarte Teilchen erreicht, entspricht Δt.

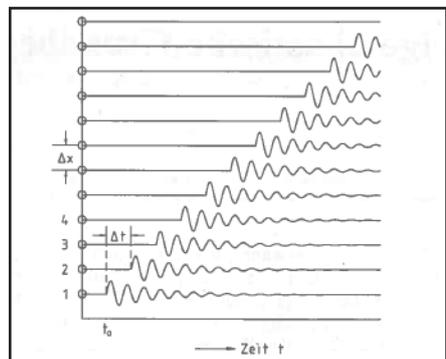


Abb. 10: Weg-Zeitdiagramm der Ausbreitung einer Welle

Das Verhältnis aus Δx / Δt entspricht der Ausbreitungsgeschwindigkeit. Diese ist abhängig vom Medium, in dem sich die verlustfreie Welle ausbreitet.

Ultraschall breitet sich, je nach Anregung, in Form von (a) Longitudinal- oder (b) Transversalwellen in Flüssigkeiten und Gasen aus.

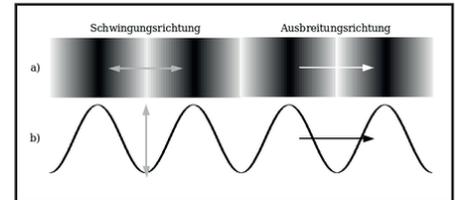


Abb. 11: Wellenarten in Flüssigkeiten und Gasen

1.3 Schallfeldgrößen

Einen Raum in dem sich Schallwellen ausbreiten, bezeichnet man als Schallfeld.

Der Schalldruck bzw. Schallwechsel-druck bezieht den über- und Unterdruck der entsteht, wenn z.B. Luftmoleküle aus ihrer Ruhelage bewegt werden. Diese räumliche Verschiebung führt zu einer temporären Dichte (kg/m³) und Druckänderung (N/m²).

Die **Schallschnelle** (m/s) beschreibt die Wechselgeschwindigkeit, mit der die Moleküle um ihre Ruhelage schwingen. Sie ist definiert als Schallausschlag pro Zeiteinheit.

Die **Ausbreitungsgeschwindigkeit** des Schalls im Medium Luft beträgt 343 m/s bei 20 °C. In Flüssigkeiten und Festkörpern breitet sich der Schall schneller aus.

Abb. 12 zeigt schematisch den erzeugten Schalldruckverlauf im Schallfeld eines ebenen Ultraschall-Senders.

Linien verbinden Punkte gleichen Schalldrucks, gelbe/helle Grautöne zeigen einen hohen Schalldruck an, blaue/dunkle Grautöne einen niedrigen Schalldruck.

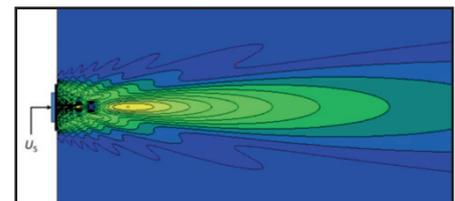


Abb. 12: Ultraschall-Feld einer Kugelquelle

1.4 Reflexion und Brechung

Trifft eine ebene Schallwelle auf eine ebene Grenzfläche in einem gasförmigen oder flüssigen Medium, wird diese je nach Material der Grenzfläche gebrochen und reflektiert.

Dieser Sachverhalt wird in Abb. 13 dargestellt. Die einlaufende Welle in Medium 1 trifft auf die Grenzfläche, und wird mit demselben Winkel (Eintrittswinkel = Austrittswinkel) wieder in Medium 1 zurückgeworfen.

Je nach Beschaffenheit der Grenzfläche wird die Welle zusätzlich gebrochen und ein Teil der Energie wird in Medium 2 abgegeben.

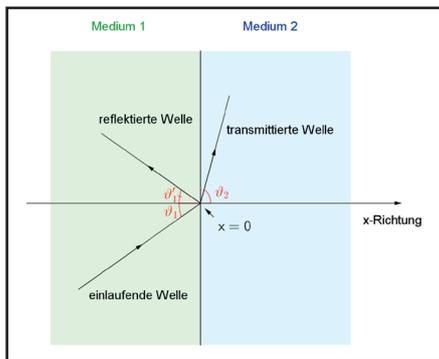


Abb. 13: Reflexion und Brechung von Ultraschall

2. Messverfahren der Leckage-Ortung

Leckagen sind undichte Stellen im Druckluftnetz, über welche Druckluft ungenutzt austritt und auf Umgebungsdruck expandiert. Für die Druckluft-Verbrauchsanalyse werden sie als ein zusätzlicher Verbraucher angesehen, der vom Kompressor versorgt werden muss, um den benötigten Systemdruck bereitzustellen.

Leckagen treten meistens dort auf, wo Verbindungen zwischen verschiedenen Elementen bestehen. Die Leckagen entstehen in der Regel durch eine unsachgemäße Installation oder die Verwendung von beschädigten bzw. verschlissenen Komponenten.

Mögliche Ursachen für Leckagen:

- Undichte Kupplungen und Schlauchschellen
- Undichte Schraub- und Flanschdichtungen
- Poröse/defekte Schläuche
- Poröse/defekte Dichtungen der Werkzeuge und Maschinen
- Fehlerhafte Kondensatableiter
- Undichte oder falsch installierte Trockner-, Filter-, Wartungseinheiten
- usw.

Im folgenden Kapitel werden zwei Verfahren zur Ortung von Leckagen mit deren Vor- und Nachteilen erläutert.

2.1 Leck-Such-Spray

Bei der Leckage-Ortung mit einem Leck-Such-Spray wird die unter Druck stehende Flüssigkeit auf die zu überprüfende Stelle gesprüht.

Bilden sich Luftbläschen innerhalb der Flüssigkeit, tritt Luft aus und es wurde eine Leckage gefunden. Dieser Sachverhalt wird in Abb. 5 dargestellt.

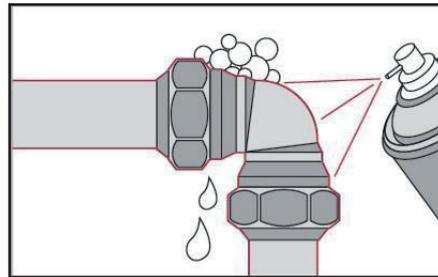


Abb. 14: Funktionsweise des Leck-Such-Sprays

In Abb. 14 wird beispielhaft ein Leck-Such-Spray gezeigt.

Vorteile des Leck-Such-Sprays:

- Mit dem Leck-Such-Spray ist es möglich, selbst kleinste Leckagen zu detektieren
- Die Ortung ist sehr präzise, da über die Luftbläschen genau gesehen wird, an welcher Stelle Luft austritt.
- Das Leck-Such-Spray ist sehr günstig. Eine Dose kostet ca. 5 €

Nachteile des Leck-Such-Sprays:

Bei Unternehmen, die hohe hygienische Auflagen erfüllen müssen, kann es unzulässig sein, ein Leck-Such-Spray zu verwenden, da es das erzeugte Produkt verunreinigen könnte.

- Mit dem Leck-Such-Spray kann punktuell geprüft werden, ob eine Leckage vorhanden ist oder nicht. Eine Quantifizierung der Leckagen ist nicht möglich. Bei einer Leckage mit einem hohen Verlustvolumenstrom wird das Leck-Such-Spray eher weggeblasen, als dass es Bläschen bilden könnte. Diese großen Leckagen würde man also auch finden, wenn man die Leitungen mit der Handfläche abfährt
- Mit dem Leck-Such-Spray alle Leitungen zu prüfen wäre sehr zeitaufwändig und manchmal mit einem

sehr hohen Aufwand verbunden, da die Druckluft-Leitungen oft an Wänden oder Decken befestigt sind

2.2 Leckagesuchgerät LD 500 / LD 510 Ultraschall

Fließt Druckluft durch ein Rohr, entsteht Reibung an der Innenseite der Druckluftleitung.

Diese Reibung hängt von der Rauigkeit der Oberfläche der Rohrleitung ab. Reibung entsteht auch, wenn die unter Druck stehende Luft über eine Leckage-Öffnung austritt.

Diese Reibung erzeugt, bei austretender Druckluft mit einem Druck ab ca. 0.3 bar relativ zum atmosphärischen Druck, einen Ultraschall, der von einem Ultraschall-Wandler empfangen werden kann.

Es wurde hierfür eine Leckage aufgebaut und auf die enthaltenen Frequenzanteile des Schalls untersucht. Das Ergebnis der Spektralanalyse ergibt, dass der verwendete Wandler bei 40 kHz die höchste Empfindlichkeit aufweist.

Um den Leckage-Ultraschall zu messen, wird daher ein 40 kHz Wandler verwendet, dessen Ausgangsspannung sich proportional zum Schalldruck ändert.

Vorteile der Leckage-Ortung mittels LD 500 Ultraschall:

- Der für den Mensch nicht hörbare Ultraschall wird durch das LD 500 Leckage Suchgerät ausgewertet
- Die Leckage entspricht einer Ultraschallquelle der austretende Schall breitet sich im Raum aus. Das heißt, es können auch räumlich relativ weit entfernte Leitungen geortet werden.
- Über den Vergleich von Schalldruckpegeln kann auf die Sendeleistung der Quelle geschlossen werden. Leckagen, durch die viel Luft austritt, erzeugen dabei einen höheren Schalldruckpegel als Leckagen, bei denen verhältnismäßig wenig Luft austritt. Dies ermöglicht den Vergleich von Leckagen in Form ihres gemessenen Dezibelwertes. Dieser Wert wird über das logarithmische Verhältnis zwischen dem momentanen Effektivwert des Schalldrucks und dem Effektivwert des Bezugsdrucks gebildet. Fehlerhafte Kondensatableiter
- Leckagen können über den Abstand zur Leckage, System-Druck und den Ultraschall-Pegel quantifiziert werden

Nachteile der Leckage-Ortung mittels Ultraschall:

- Ultraschall wird nicht nur durch Leckagen erzeugt. Es können somit Ultraschall-Störgeräusche auftreten. Elektrische Motoren senden zum Beispiel einen Ultraschall in einem ähnlichen Frequenzbereich aus wie Leckagen. Das erzeugte Geräusch unterscheidet sich allerdings von dem Leckagegeräusch. Dies kann aber zu Verwirrung beim Anwender führen.

Mögliche Abhilfe: Verwendung des Parabolspiegels

Durch die Nutzung eines Parabolspiegels können selbst kleinste Leckagen <0,8 l/min (ca. 8 € p.a.) in einer Entfernung bis 10..15 m punktgenau (+-15 cm) lokalisiert werden. Dadurch wird gewährleistet, dass nur Ultraschallwellen der angepeilten Druckluftleckage ausgewertet werden. Der Anwender kann so selbst kleinste Leckagen finden.

- Bei Pneumatik-Zylindern wird regelmäßig Druckluft abgelassen. Dies erzeugt natürlich auch einen Ultraschall und kann den Anwender irritieren.

Mögliche Abhilfe: Leckagesuche bei Produktionsstillstand

Wenn Pneumatik-Zylinder, Ventile etc. selbst regelmäßig Druck ablassen wird ebenfalls Ultraschall erzeugt, das die Lecksuche erschwert. Hier besteht eine mögliche Abhilfe darin, das Druckluftsystem unter Druck stehen zu lassen, aber alle Funktionen abzuschalten die zu einen Abblasen führen.

- Die Reflexion von Ultraschall an Wänden kann den Anwender verunsichern. Der Anwender hört das akustische Geräusch einer Leckage, obwohl an diesem Ort keine Leitungen verlaufen und somit keine Luft austreten kann.

Mögliche Abhilfe: Isolierung der Leckage

Hier kann der Anwender mit Hilfe einer Platte oder Folie die austretende Luft abschirmen.



Druckluftleckagen erzeugen ein starkes Ultraschallfeld, welches unter Umständen einen Ultraschallsignal im ganzen Raum erzeugen kann.

Hier empfiehlt es sich wieder, die Sensitivität zu verringern (springen in manuelle Stufe). Reicht die Abschwächung nicht aus, können die Leckagen trotzdem über den Lautstärken-Unterschied erkannt werden.

2.3 Druckluftleckagen finden, Leckage-Rate messen mit dem Leckage-Suchgerät LD 500 / LD 510

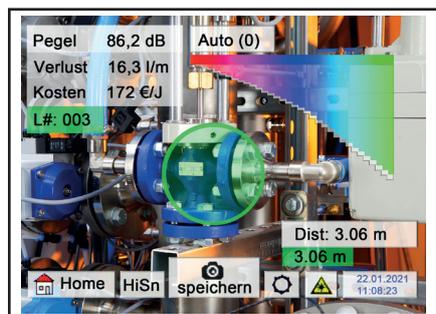
Für die regelmäßige Überprüfung des Druckluft-Systems auf Leckagen werden die Ultraschall-Geräte LD 500 dringend empfohlen, da sie überall einsetzbar sind und der zeitliche Aufwand der Ortung gering ist.

Bis dato wurden Leckage-Suchgeräte ausschließlich zum Auffinden von Leckagen benutzt. Eine Quantifizierung der Leckage Rate in Liter/min war nur schwer möglich.

Mit dem neuen Leckage-Suchgerät LD 500 kann der Anwender die Leckage Rate in Liter/min (bzw. cfm bei US-Einheiten) direkt auf dem Display sehen.

Darüber hinaus errechnet das Gerät die daraus resultierenden Leckage-Kosten in Euro pro Jahr (Währung frei einstellbar) und zeigt dies ebenfalls im Display an. Dies ermöglicht dem Anwender schon vor Ort zu entscheiden, welche Leckagen aufgrund der hohen Verluste schnellstmöglichst und welche eher mittelfristig zu beheben sind.

Die integrierte Kamera zeigt das Foto der gefundenen Leckage direkt am Bildschirm des LD 500 an. Zur Dokumentation wird das Foto, die Leckage Rate in Liter / min, die Kosten in Euro, Name des Unternehmens, Abteilung, Messort mit Datum und Uhrzeit im LD 500 abgespeichert.



Die gespeicherten Daten können auf jeden handelsüblichen USB Stick exportiert werden und mit der optional erhältlichen PC Auswerte-Software „CS Leak Reporter“ ausgewertet werden.

Die Software erstellt automatisch einen übersichtlichen Report über alle im Unternehmen gefundenen Leckagen mit Foto, Liter / min, Kosten, und allen weiteren Details. Der Report kann für die Gesamtfirma oder pro Abteilung erstellt und als pdf-Datei abgespeichert werden.

Durch die Summenbildung am Ende des Reports ist ein einfacher Überblick über die gesamte Leckagemenge in Liter/min sowie die Leckagekosten pro Jahr gegeben.

Das LD 500 Leckage Suchgerät wird als Komplett-Set im robusten Service-Koffer angeboten. Sinnvolle Zubehörteile wie das Richtrohr mit Richtspitze zur punktgenauen Ortung der Leckagen auf engstem Raum sowie der Schalltrichter zum Auffinden kleinster Leckagen auch in Entfernung bis 6 m sind im Set enthalten.

Für spezielle Anforderungen wie die Lecksuche in Entfernung bis 20 Meter steht ein Parabolspiegel als optionales Zubehör zur Verfügung, für extrem schwer zugängliche Stellen ein biegebarer Schwanenhals.

Die besten Ergebnisse werden bei der Leckage-Ortung mit LD 500 erzielt, wenn die Produktion steht und das Druckluftnetz unter Druck gehalten wird. Sollte dies nicht möglich sein, kann trotzdem mittels einer Abschwächung der Sensitivität und Auswahl des richtigen Aufsatzes die Leckage-Suche erheblich erleichtert werden.

Für diese Bedingungen eignet sich der Schwanenhals ideal, da er Leckagen auf kurze Abstände ortet und daher weniger von Umgebungsgeräuschen beeinträchtigt wird.

Für die Nutzung des Geräts während der Produktion werden beim LD 500/LD 510 besonders geräuschkämpfende Kopfhörer verwendet.

Weitere Anwendungen des Leckage-suchgerätes LD 500/LD510

- Lagerverschleiß und Schmiermittel-Mangel erkennen
- Dichtigkeitsprüfung von Kondensat-abscheidern und Ventilen
- Detektion von Teilentladungen
- Dichtigkeitsprüfung
- Vakuum-Leckagen
- Dampf-Leckagen

2.4 Vorteile in der Praxis beim Einsatz des Leckagesuchgerätes LD 500 / LD510

Automatische und manuelle Empfindlichkeitseinstellung

Mit einer sehr hohen Empfindlichkeit, die automatisch oder manuell einstellbar ist, können sowohl sehr große als auch sehr kleine Leckagen geortet und deren Schalldrücke gemessen werden.

Die Anpassung der Empfindlichkeit ist von Vorteil, falls eine bzw. mehrere große Ultraschallquellen räumlich nah beieinander sind oder es Ultraschall-Störgeräusche gibt.

Die automatische Empfindlichkeitsregulierung ermöglicht es dem Anwender sehr kleine Leckagen $< 0,1$ l/min auf größte Entfernung bis zu 20 m und auch sehr große Leckagen ca. 100 l/min zu finden und zu messen.

Die automatische Empfindlichkeitsregulierung schaltet automatisch in den für jede Leckagengröße optimalen Empfindlichkeitsbereich.

Ortung der Leckage Berechnung der Leckagerate in l/min und Berechnung der Kosten in € mit LD 500

Mit den bisherigen Leckage-Such-Geräten ist es nur möglich Leckagen zu orten. Eine Angabe über die Leckrate in l/min oder die Berechnung der Leckagkosten war bisher nicht möglich.

Mit dem LD 500 ist nun beides möglich, das Orten selbst kleinster Druckluftleckagen $< 0,1$ l/min in mehr 20 m Entfernung und die Berechnung der Kosten der Druckluftleckage in €.

An Hand der berechneten Kosten der Leckage wird entschieden, welche Leckagen behoben werden sollen und welche nicht. Da die Reparatur von Leckagen mit Kosten verbunden ist, muss die Berechnung der Leckage-Kosten so präzise sein wie möglich. Sollten die tatsächlichen verursachten Leckage-Kosten unter den Reparaturkosten liegen, macht der Anwender einen wirtschaftlichen Verlust.

Ein weiterer Vorteil des LD 500 gegenüber anderen handelsüblichen Leckage-Suchgeräten ist die Leckagemessung mit unterschiedlichen Aufsätzen von 5 cm bis ca. 20 m.

Sinnvolles Zubehör zur Leckagemessung für LD 500/LD510

Ein weiterer wichtiger Punkt für die Ortung und Berechnung der Leckage ist das Zubehör für das Lecksuchgerät LD 500, welches dem Anwender die Arbeit erleichtert.

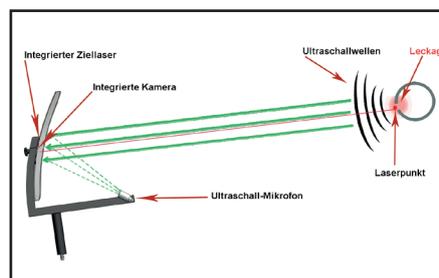
2.4.1 Schalltrichter



Der Schalltrichter bündelt die Schallwellen kleinster Druckluftleckagen und verstärkt dadurch das hörbare Signal. Gleichzeitig verhindert er, dass seitliche Schallwellen den Ultraschall-Wandler treffen, was dem Anwender die Ortung der Leckage vereinfacht.

Die Verwendung des Schalltrichters ist ideal für mittel große Abstände zu den Leckagen (20 cm bis 5 m), wird eine Leckage „gehört“, sollte sich der Anwender dieser nähern und sie so punktgenau orten. Sollte dies nicht möglich sein, empfiehlt sich die Verwendung des Schwanenhalses, welcher auf Grund seiner reduzierten Sensitivität Leckagen punktgenau findet.

2.4.2 Parabolspiegel



LD 500 mit Parabolspiegel

Da Ultraschall an Grenzflächen reflektiert wird, ist es möglich, diese Eigenschaft zu nutzen, um über eine größere parabol-förmige Fläche den Ultraschall im Brennpunkt zu bündeln. Dies führt zu einer größeren Verstärkung und damit zu einer höheren Reichweite des LD500.

Durch die Bündelung der Ultraschallwellen im Parabolspiegel können selbst kleinste Leckagen $< 0,8$ l/min (ca. 8 € p.a.) in einer Entfernung bis 10..15 m punktgenau (+15 cm) lokalisiert werden.

Die Form des Parabolspiegels gewährleistet, dass nur Ultraschallwellen der angepeilten Druckluftleckage ausgewertet werden.

Dadurch kann der Anwender selbst kleinste Leckagen z.B. an Druckluftleitungen in Fertigungshallen unter der Decke in großer Höhe messen und punktgenau orten.

Die Punktgenaue Ortung und Messung der Leckage mit Laser Pointer und Kamera im Parabolspiegel ist mit dem LD 500 derzeit einmalig am Markt.

2.4.3 Schwanenhals

LD 500 mit Schwanenhals

Der Schwanenhals ermöglicht eine punktgenaue Ortung der Druckluftleckage an schwer zugänglichen Stellen z. B. in Maschinen, Anlagen.



Da Druckluftleitungen teilweise räumlich schwer zugänglich sind, kann ein flexibler Schwanenhals verwendet werden. Dieser dient als Verlängerung des Arms für weitentfernte und schwer zugängliche Leckagen.

Die Sensitivität des Schwanenhalses ist niedriger als die des Trichters und des Parabolspiegels, da räumlich näher an den Leckagen gemessen wird.

Durch diese reduzierte Sensitivität werden weniger Umgebungsgeräusche verstärkt und somit wahrgenommen, was ein riesen Vorteil des Schwanenhalses ist. Dieser ist somit der richtige Aufsatz für Heavy Duty Anwendungen.

Die Länge des Schwanenhalses beträgt 0,6 m bzw. 1,5 m.

2.4.3 Richtrohr mit Richtspitze



Das Richtrohr ermöglicht eine punktgenaue Ortung der Druckluftleckage von mehreren sehr kleinen Leckagen auf engstem Raum z.B. in Druckluftverteilerschrank mit Ventilinseln und einer Vielzahl von Druckluftschläuchen.

2.5 Dokumentation, Auswertung, Berichterstellung aus einer Hand mit dem LD 500

Im LD 500 können alle relevanten Daten für jede Leckage eingegeben und gespeichert werden. Für die Auswertung, Dokumentation und Berichterstellung der Leckage steht die Software CS Leak Reporter zur Verfügung. Die relevanten Leckage-Daten werden im LD 500 gespeichert:

- Bild der Leckage
- Datum und Uhrzeit
- Firmenname/Abteilung/Maschine etc.
- Größe der Leckage im Liter / Minute
- Kosten der Leckage pro Jahr in €
- Leak Tag Nr.

Zusätzlich zu den im LD 500 gespeicherten Daten können die Leak-Tags mit allen Leckage-Daten in Papierform vor Ort zur Dokumentation verbleiben.

Damit kann der Instandhalter die Druckluftleckage einfach finden und vor Ort entscheiden, welche Leckagen sofort beseitigt werden müssen.

CS Leak Reporter



Im LD 500/510 gespeicherte Leckage-Daten werden auf einen USB Stick zur Reporterstellung per Software exportiert.

Wird die Leckage gefunden und gespeichert, werden folgende Daten im LD 500/510 mit abgespeichert und stehen nach Export in der Software CS Leak Reporter für die Report-Erstellung wieder zur Verfügung.



- Bild der Leckagestelle
- Datum und Uhrzeit
- Firmenname/Abteilung/Maschine
- Größe der Leckage in Liter/min (Einheit einstellbar)
- Kosten der Leckage pro Jar in € (Währung einstellbar)

Per PC Software CS Leak Reporter können ausführliche Reports erstellt werden, die dem Druckluftanlagenbetreiber bzw. Abteilungsverantwortlichen zur Verfügung gestellt werden können.

Der Report kann für die Gesamtfirma oder pro Abteilung erstellt werden und dokumentiert einfach und übersichtlich alle gefundenen Leckagen.

Durch die Summenbildung am Ende des Reports ist ein einfacher Überblick über die Gesamtleckagemenge in Liter/min sowie die Gesamtleckagekosten pro Jahr gegeben.

LEAK TAG
DO NOT REMOVE!

Leak Tag number:

Date / Datum:

Inspector / Prüfer:

Defective element / Defektes Element:

Priority / Priorität: high low

Loss / Verlust:

Costs per year / Kosten p.a.:

Date repaired / Repariert am:

Repaired by / Repariert durch:

www.cs-instruments.com

Leak Tag number:

Date / Datum:

Inspector / Prüfer:

Defective element / Defektes Element:

Location / Ort:

Gas Type / Medium:

Priority / Priorität: high low

Loss / Verlust:

Costs per year / Kosten p.a.:

www.cs-instruments.com

Abb. 15: Leak Tag zur Dokumentation einer Leckage

2.6 Messungen in der Praxis mit dem LD 500 im Druckluft-Schaltschrank

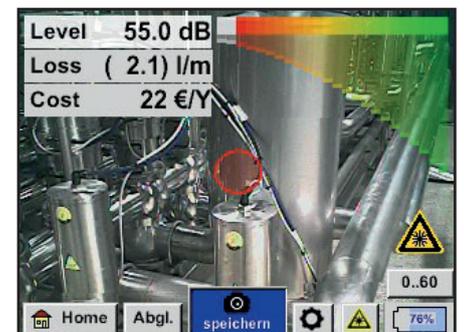
Problematisch bei diesen ist, dass die Schläuche räumlich sehr eng beieinander verlaufen und der Ultraschall von der Schrankwand reflektiert wird.

Hier muss das Richtrohr mit der Richtspitze verwendet werden oder der Schwanenhals, um die Leckage genau zu orten, da die Druckluftleckage sehr klein ist.



Undichte Steckverbindung

Typische Leckage bei Steckverbindern, können sehr schnell und einfach mittels Trichter oder Parabolspiegel auf größere Abstände (3-10 m) gefunden werden, auch wenn der Verlustwert sehr gering ist.



Undichte Steckverbindung