



APPLIKATIONSBECHREIBUNG

LECKAGEMANAGEMENT

VON DRUCKLUFTSYSTEMEN MITTELS ULTRASCHALL

STEFFEN MOECK

SONOTEC 

INHALT

Vorwort	3
Smartes Leckagemanagement	3
Leckagen in Druckluftsystemen	4
Effizienzsteigerung mit Ultraschallprüftechnik	4
Von der Suche bis zum Bericht	5
Detektion	6
Leckageortung in lauten Industrieumgebungen	6
Störsignale ausblenden	7
Hören im Schmalband zwischen 20 und 100 kHz	8
Bewertung	9
Festgelegte Prüfabläufe für die Bewertung	9
Klassifizierung von Leckagen	10
Dokumentation	11
Berichte nach ISO 50001	12

SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH

Nauendorfer Straße 2

06112 Halle (Saale)

Deutschland

+49 (0)345 / 133 17-0

+49 (0)345 / 133 17-99

sonotec@sonotec.de

www.sonotec.de

Änderungen vorbehalten (Rev. 2 / 2019-03-11)

Vorwort



Steffen Moeck

Applikationsingenieur
SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH

Smartes Leckagemanagement

Um aktuelle Energie- und Klimaziele zu erreichen, liegt in der Reduzierung des Energieverbrauchs ein großes gesellschaftliches und politisches Interesse. Spätestens mit der Umsetzung der EU-Energieeffizienzrichtlinie in 2015 sind Unternehmen ab einer bestimmten Größe dazu verpflichtet, Energieaudits durchzuführen oder sich nach Normen wie DIN EN ISO 50001 und EMAS zertifizieren zu lassen.

Die Druckluftherzeugung ist durch einen geringen Wirkungsgrad teuer, Druckluftverluste über Leckagen bieten viel Potential zur Steigerung der Energieeffizienz. Moderne, breitbandig arbeitende Ultraschall-Prüftechnik unterstützt Unternehmen beim Erreichen ihrer Ziele. Die Geräte im Smartphone-Format begleiten den Instandhalter während des gesamten Instandhaltungsprozesses: von der regelmäßigen Leckagesuche über die automatische Bewertung der Leckage in l/min bis zur Dokumentation.

Steffen Moeck

Kapitel 1

Leckagen in Druckluftsystemen

Druckluft wird als Energiequelle in vielen Bereichen der Industrie eingesetzt. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass Druckluft relativ einfach erzeugt und weitergeleitet werden kann. Die Bereitstellung von Druckluft ist jedoch oft mit erheblichen Verlusten behaftet.

Effizienzsteigerung mit Ultraschallprüftechnik

Warum Leckagen orten?

Ein großer Teil der eingesetzten Energie geht in Druckluftanlagen durch undichte Stellen (Leckagen) verloren. Die Leckagen entstehen typischerweise an Kupplungen, Ventilen, Schraub- und Flanschverbindungen sowie an defekten Schläuchen oder korrodierten Rohrleitungen. Die Kompressoren müssen für die Druckluftbereitstellung den permanenten Druckverlust ausgleichen. Dies erhöht wiederum die Betriebskosten, da die Kompressoren mehr Energie benötigen und Maschinenteile schneller verschleißern.

Energieeinsparung & Effizienzsteigerung

Bei Kompressoren machen die Energiekosten mit ca. 80% den größten Teil der Lebenszykluskosten aus. Maßnahmen zur Verminderung der Druckluftverluste leisten daher einen großen Beitrag zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung.

In der Praxis wird Ultraschallprüftechnik eingesetzt, um Leckagen zu orten. Die an undichten Stellen ausströmende Luft erzeugt Turbulenzen und somit Ultraschall. Die maximale Abstrahlung des Ultraschalls erfolgt in unmittelbarer Nähe der Leckage. Darüber hinaus breitet sich Ultraschall mit einer hohen Richtwirkung aus. Zur Klassifizierung und Abschätzung des Gesamtleckageverlustes werden breitbandige Analyseverfahren, basierend auf Methoden der Strömungsakustik, eingesetzt.

30 % Verlust

- Weltweit wird ca. 10% des industriellen Energieverbrauchs für die Erzeugung von Druckluft verwendet
- Kein System ist komplett dicht – der durchschnittliche Verlust liegt bei etwa 30%

Von der Suche bis zum Bericht

1

Detektion

- Breitbandiges Ultraschallprüfgerät starten und Zubehör auswählen
- Visuelle Anzeige der Umgebung durch Breitbandpegel und Spektrogramm im Frequenzbereich von 20 bis 100 kHz
- Zuverlässige Detektion auch in lauten Industrieumgebungen

2

Bewertung

- Festgelegte Prüfabläufe beachten!
- Schallpegelmaximum suchen und Leckbewertung per Knopfdruck auslösen
- Priorisieren von Instandhaltungsmaßnahmen durch Leckklassifizierung (Klassen 1-5) und -bewertung (in l/min)

3

Dokumentation

- Hinzufügen von Ortsangaben
- Fotos, Sprachmemos und Notizen ergänzen
- Reparaturstatus verfolgen
- Dokumentation als CSV, PDF oder ZIP nach DIN EN ISO 50001 mit wenigen Klicks



LOKALISIERUNG VON LECKAGEN

www.sonotec.de

Kapitel 2

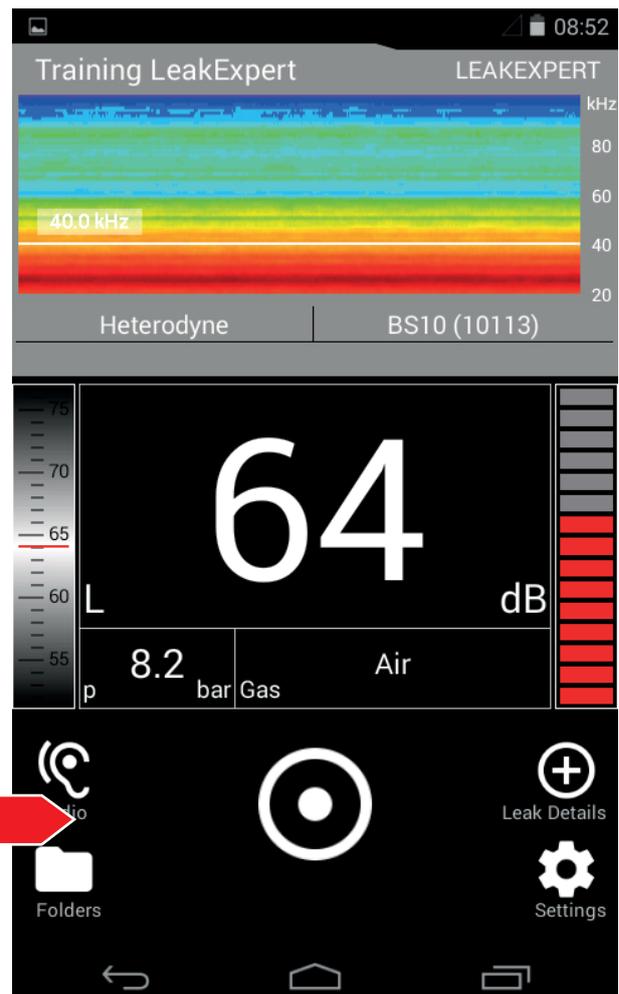
Detektion

Neue Breitbandsensoren mit empfindlichen Ultraschallmikrofonen vereinfachen die Lecksuche in anspruchsvollen lauten Umgebungen. Das Spektrogramm auf dem Display zeigt dem Benutzer sofort, ob störender Ultraschall vorliegt und in welchen Frequenzbereichen er vorhanden ist. Auf dem Touchscreen kann der Benutzer die Trägerfrequenz, die er hörbar machen möchte, aus dem Bereich der störenden Ultraschallsignale verschieben.

Leckageortung in lauten Industrieumgebungen

Eine große Herausforderung bei der Ortung von Leckagen ist der oftmals hohe Geräuschpegel in industriellen Umgebungen, verursacht durch Maschinen und Anlagen. Der Geräuschpegel ist nicht nur im Hörbereich (Hörfrequenzen bis 16 kHz), sondern auch im unteren Spektrum des Ultraschalls als Störsignal vorhanden (Frequenzbereich zwischen 20 und 40 kHz, siehe Beispiel-Spektrogramm 1). Die etablierte Prüftechnik arbeitet im Schmalband um 40 kHz, wodurch eine zuverlässige Suche von Leckagen erschwert werden kann.

SPEKTROGRAMM 1
Typische Ultraschallumgebung in einer Stahlfabrik mit Ultraschallemission der Maschinen im Frequenzbereich bis etwa 40 kHz.

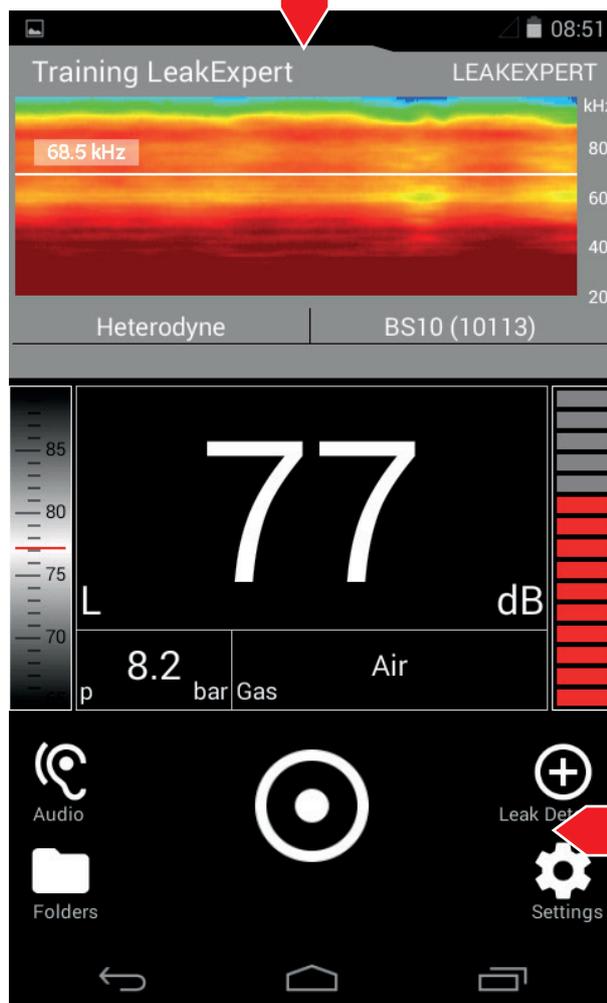


Breibandpegel und Spektrogramm

Die Darstellung der Intensität des Ultraschallsignals einer Leckage erfolgt zum einen über die Pegelanzeigen. Für die breitbandig detektierten Ultraschallsignale im Frequenzbereich zwischen **20 und 100 kHz** werden verschiedene **Breitbandpegel** berechnet, z.B. Momentpegel $L(t)$ oder Mittelungspegel L_{eq} . Auf Grundlage des Mittelungspegels L_{eq} , des Systemdrucks und der Gasart werden die Verluste in l/min berechnet.

Zum anderen werden die spektralen Informationen über die Zeit im Spektrogramm dargestellt. Die Farbcodierung des Spektrogramms gibt ebenfalls die Intensität des Ultraschallsignals. Die Farbverteilung kann an individuelle Bedürfnisse angepasst werden.

Störsignale ausblenden



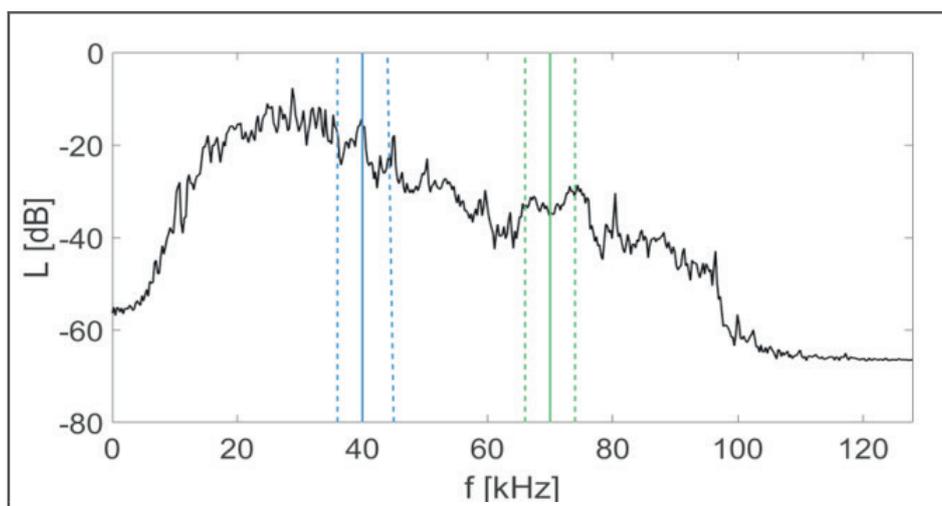
Um Störsignale bei der Leckagesuche auszuschließen, nutzt das SONAPHONE einen Vorteil von Druckluftleckagen – der erzeugte Ultraschall breitet sich über ein großes Frequenzband aus. Das breitbandig arbeitende Prüfgerät SONAPHONE erfasst die Ultraschall-Signale bis 100 kHz, also deutlich oberhalb des Störpegels (siehe Beispiel-Spektrogramm 2). Durch die Darstellung der Informationen auf dem Gerätedisplay in Form eines Spektrogramms können Leckagen klar von störenden Quellen unterschieden werden.

SPEKTROGRAMM 2
Leckage an Druckluftleitung in der gleichen Stahlfabrik. Die Leckage wurde oberhalb der Hintergrundgeräusche detektiert, die von den Maschinen in der Produktion stammten.

Hören im Schmalband zwischen 20 und 100 kHz

Neben der visuellen Anzeige können die Leckagen über Kopfhörer mit Hilfe des transformierten hörbaren Signals lokalisiert werden. Beim „schmalbandigen Hören“ des 40 kHz-Signals kann es dazu kommen, dass einige Leckagen beim Abscannen der Druckluftsysteme aufgrund eines geringen Abstands zwischen Störpegel und Leckagesignal nicht registriert werden.

Durch die Verwendung des heterodynem Hörverfahrens im breitbandigen Spektrum wird mit dem SONAPHONE eine Leckage auch akustisch zuverlässig detektiert. Zur akustischen Ortung wird das gewünschte Schmalband auf eine Trägerfrequenz von z.B. 70 kHz eingestellt. Im Fall der Ortung einer Leckage wird ein Signal nur für dieses Schmalband im hörbaren Bereich ausgegeben (siehe Beispiel). Leckagen sind somit einfach über Kopfhörer auffindbar.



Verschieben der Trägerfrequenz von 40 auf 70 kHz, um Störgeräusche im hörbaren Signal auszublenden.

„Kann man mit marktüblichen Ultraschallprüfgeräten nur einen Ton hören, hört man mit breitbandiger Ultraschallprüftechnik die Musik von Strömungen und Luftschall.“

— Prof. Dr. Peter Holstein (Strategische Entwicklung SONOTEC GmbH)

Kapitel 3

Bewertung

Nach dem die Leckage lokalisiert wurde, initiiert der Instandhalter die Messung. Der Verlust an der Leckage wird basierend auf dem Breitbandpegel und dem Systemdruck automatisch berechnet und bewertet.

Festgelegte Prüfabläufe für die Bewertung

Eine wichtige Grundlage zur zuverlässigen Bewertung der Leckagen ist die Einhaltung eines festen Prüfablaufs. Mit einem großen akustischen Horn erfolgt zunächst aus größerer Entfernung die grobe Suche nach undichten Stellen im Druckluftsystem. Wurde eine Ultraschallquelle identifiziert und eingegrenzt, wird mit einem Feinsucher das Schallpegelmaximum der Leckage im Abstand von 5 cm gesucht und erfasst. Über die Spezial-App LeakExpert wird die Leckage dann bewertet (l/min) und klassifiziert (1-5).

Die akustische Abstrahlung einer Leckage hängt in starkem Maße von der Leckgröße, Leckform, Oberflächenbeschaffenheit des Materials, Druckdifferenz, Ausströmgeschwindigkeit und -profil sowie der Temperatur ab. Eine wichtige Rolle spielen ebenfalls die Messentfernung und der Messwinkel. Eine reproduzierbare Quantifizierung von Verlustmengen ist daher nur im Rahmen von festen Prüfabläufen möglich.

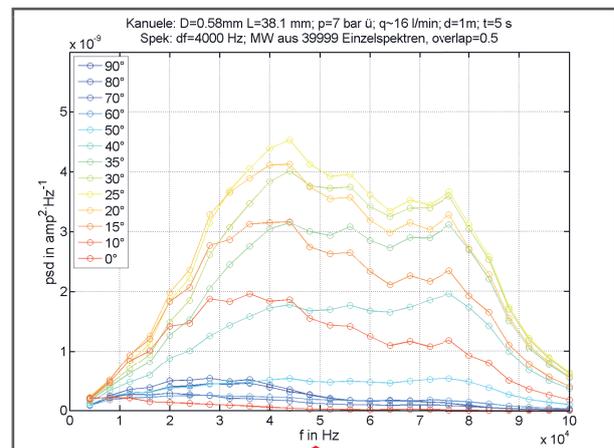
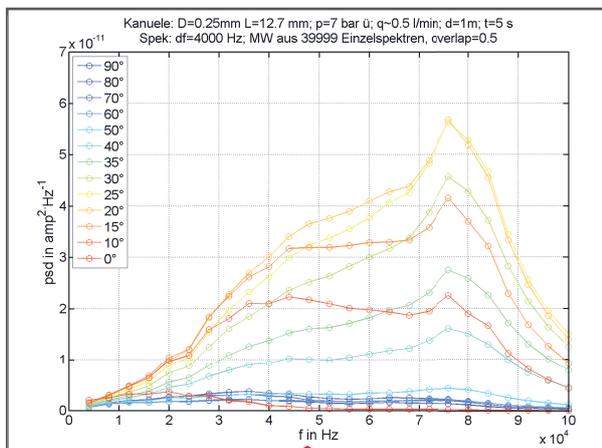


LOKALISIERUNG VON LECKAGEN

www.sonotec.de

Klassifizierung von Leckagen

Leckagen weisen vielfältige spektrale Signaturen auf. Sie verteilen sich je nach Ausprägung stochastisch über den Ultraschallbereich von 20 bis 100 kHz. Bei einer schmalbandigen Bewertung, z.B. bei 40 kHz, besteht durch lokal hohe Pegelwerte (Amplituden) oder Signaleinbrüche das Risiko einer Fehleinschätzung (siehe Abbildung). Quantitative Bewertungen auf Grundlage einer schmalbandigen Frequenz können zu falschen Ergebnissen führen. Daher wird die Analyse und Bewertung einer Leckage über den Breitbandpegel empfohlen. Das SONAPHONE stellt verschiedene Breitbandpegel, z.B. Momentpegel $L(t)$ und Mittelungspegel L_{eq} für den Frequenzbereich zwischen 20 und 100 kHz zur Verfügung.



Spektrale Daten von 2 beispielhaften kreisrunden Leckagen und ihre Variation bei verschiedenen Messwinkeln und Durchmessern
(links: D=0,25 mm, L=12,7 mm, q~0,5 NI/min; rechts: D=0,58 mm, L=38,1 mm, q~16 NI/min)

Das digital arbeitende SONAPHONE bietet nicht nur Vorteile aufgrund der breitbandigen Analyse. Auf dem Gerät wird auch eine speziell entwickelte App für die Leckagebewertung zur Verfügung gestellt. Die LeakExpert App leitet den Nutzer durch die Prüfung. Auf Grundlage des Mittelungspegels L_{eq} , des Systemdrucks und der Gasart werden die Einzelleckage-Verluste in l/min ermittelt. Ziel ist die Klassifizierung der Leckagegrößen (Klasse 1-5), um Instandhaltungsmaßnahmen abzuleiten und zu priorisieren. Durch die Beseitigung von großen Leckagen ergeben sich die größten Einsparpotentiale, die Reparatur kleiner Leckagen ist unter Umständen wirtschaftlich nicht sinnvoll.

LOKALISIERUNG VON LECKAGEN

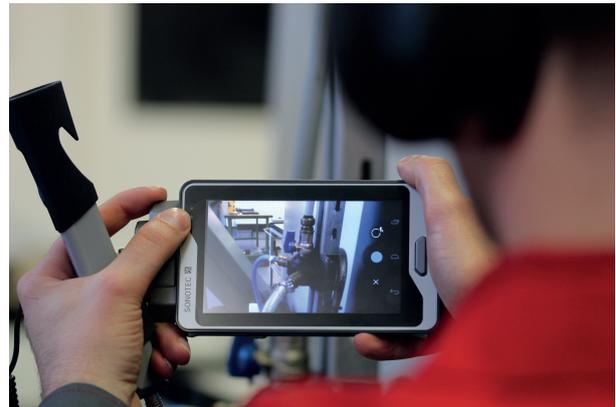
Kapitel 4

Dokumentation

Die Erstellung eines Berichts als Entscheidungsgrundlage für Folgemaßnahmen und als Nachweis für ein erfolgreiches Energiemanagement kann mit dem digitalen Prüfgerät einfach und schnell erfolgen. Mit nur einem Klick steht die Ergebnisdokumentation für das Management mit sämtlichen Informationen zur genauen Verortung der Leckage, des Energieverlustes, einer fotografischen Dokumentation und der Dringlichkeitsstufe der Reparatur zur Verfügung. Zudem trägt das Gerät durch die Systematisierung der Leckage-suche und -bewertung zu einer deutlichen Zeit- und Kostenersparnis in der Instandhaltung bei.

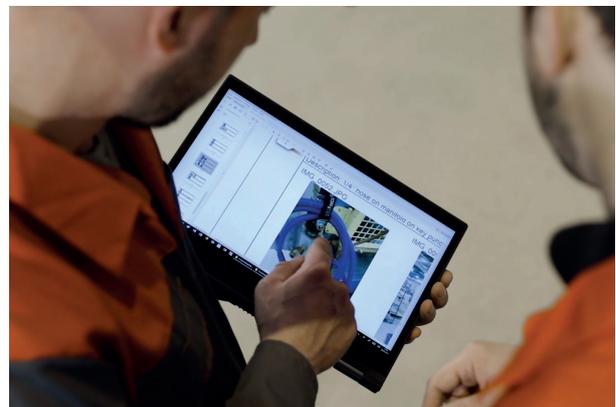
Leckagedetails ergänzen

- Hinzufügen von Ortsangaben
- Fotos und Sprachmemos
- Priorität und Reparaturstatus



Berichte erstellen

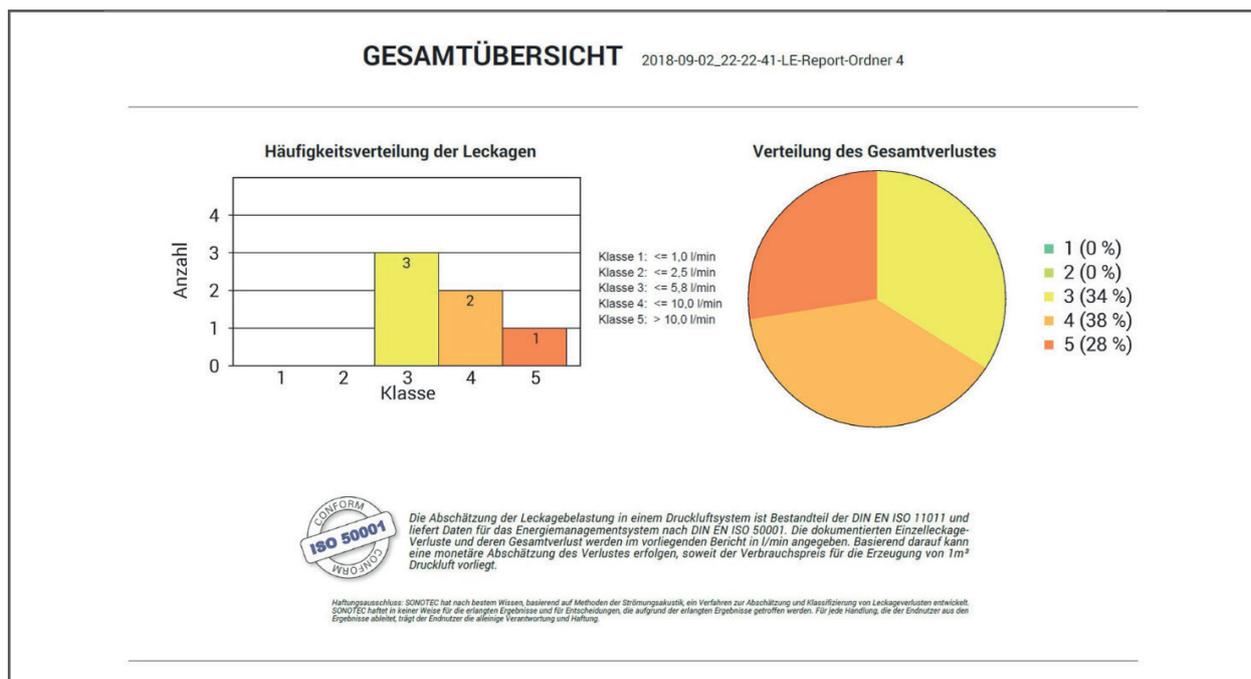
- Daten als PDF, ZIP oder CSV
- ISO 50001 konform
- Zeitsparend und vergleichbar



Berichte für ISO 50001

Unternehmen mit Energiemanagementsystem nach DIN EN ISO 50001 müssen energiebezogene Daten ermitteln und darauf basierend Ziele des Energiemanagements ableiten. Druckluftsysteme gehören in der Regel zu den Anlagen mit wesentlichem Energieverbrauch und bieten großes Potential zur systematischen und langfristigen Verbesserung der energiebezogenen Leistung.

Druckluftleckagen sind prinzipiell nicht vermeidbar. Das Ziel sollte jedoch sein, einen optimalen Anlagenzustand herzustellen und diesen durch regelmäßige Instandhaltungsmaßnahmen zu erhalten. Als wirtschaftlich sinnvoll werden Restleckage-Verluste von 10 Prozent angesehen.



Der Bericht in der LeakExpert App entspricht den Dokumentations-Anforderungen der DIN EN ISO 50001 und liefert belastbare Informationen, welcher Einzel- und Gesamtleckageverlust im Druckluftsystem abgestellt wurde. Neben der Ultraschallanalyse können mit dem SONAPHONE weitere relevante Informationen wie z.B. Fotos und Reparaturhinweise abgelegt werden. Neben der Planung von Instandhaltungsmaßnahmen dient der Bericht auch als Nachweis für ein erfolgreiches Energiemanagement im Rahmen von internen und externen Audits.

LOKALISIERUNG VON LECKAGEN