

Leitfaden: Energieeffizienz bei Druckluftanlagen

Drucklufteffizienz für das Unternehmen.
Einsparpotenziale erkennen und Verbesserungen umsetzen.



Inhaltsverzeichnis

1	Legende Messgeräte für Unternehmen	Seite 4
2	Vorwort	Seite 5
3	Aufbau und Bedienung des Messkoffers	Seite 6
3.1	Aufbau und Funktionsweise des Messkoffers	Seite 7
3.2	Bedienung des Messkoffers	Seite 8
3.2.1	Konfiguration	
3.2.2	Parametrierung	
3.2.3	Rohdaten	Seite 10
3.2.4	Visualisierung Diagramm	
3.2.5	Visualisierung Messwerte	Seite 11
3.2.6	Ablauf der Messung	Seite 12
3.3	Aufbau und Funktionsweise der Wartungseinheit	Seite 13
3.3.1	Einschaltventil mit Schalldämpfer	
3.3.2	Filter-Regelventil	
3.3.3	Abzweigmodul mit Drucksensor	Seite 14
3.3.4	Durchflusssensor	
3.4	Bedienung der Wartungseinheit	Seite 15
3.4.1	Einschaltventil mit Schalldämpfer	
3.4.2	Filter-Regelventil	
3.4.3	Abzweigmodul mit Drucksensor	Seite 16
3.4.4	Durchflusssensor	Seite 17
3.5	Aufbau und Funktionsweise eines Ultraschallmessgeräts	Seite 18
3.6	Bedienung des Ultraschallmessgeräts	
3.6.1	Vorgehensweise zur Dokumentierung der Leckageart und des Leckageorts	Seite 19
3.7	Abschätzung des Leckagevolumens	Seite 20
4	Ansätze zur Optimierung	Seite 21
4.1	Druckluftverluste	
4.2	Optimierungspotenziale bei Druckluftsystemen	Seite 22
4.3	Erzeugung	
4.3.1	Wichtige Kompressorbauarten	Seite 23
4.3.2	Wärmerückgewinnung	Seite 24
4.4.3	Systemdruck	
4.4	Aufbereitung	Seite 25
4.4.1	Trockner	
4.4.2	Filter	Seite 26
4.5	Verteilung	Seite 27
4.5.1	Leckagen	
4.5.2	Druckluftverluste in Leitungen	Seite 28
4.5.3	Verluste durch Druckluftwerkzeuge	Seite 29
4.6	Nutzung	Seite 30
5	Anhang	Seite 31
5.1	Quickcheck	
5.2	Quellenverzeichnis	Seite 33

Messgeräte für Unternehmen

Energieflüsse messen, Verschwendungen aufzeigen, Kosten senken. Die Allianz für die Region GmbH bietet in Kooperation mit der Niedersächsischen Lernfabrik für Ressourceneffizienz e. V. (NiFaR) aus Wolfenbüttel Unternehmen und Energieberatern den Energiemesskoffer und weitere Handmessmittel zur Energieerfassung an. Diese stehen zur Miete, für den Einsatz im Betrieb oder für eine Teilnahme an einer Schulung für betriebliche Messtechnik zur Verfügung.

Der Energiemesskoffer dient zur Darstellung von innerbetrieblichen Energieflüssen. Mit ihm lassen sich elektrische Leistungsmessungen sowie Druckluftmessungen an einzelnen Maschinen oder Gebäudeteilen durchführen. Der Messkoffer ist mit Messadaptern und Leistungsmessklemmen versehen, die es ermöglichen Ströme bis 300 A und Druckluftverbräuche bis 5000 l/min zu erfassen.

Für die Lokalisierung und Bewertung von Abwärmequellen, egal ob offensichtliche Quellen wie Verbrennungs- und Trocknungsprozesse, oder unbekannte Quellen wie unzureichende Isolierung von Heizungsleitungen eignet sich der Einsatz der **Wärmebildkamera**.

Zur Suche von Druckluftleckagen kann das **Ultraschallmessgerät** verwendet werden. Vorteile sind unter anderem, dass keine Vorrichtungen/Anbauten notwendig sind und keine Betriebsunterbrechung für die Leckagesuche erforderlich ist.

Mit Hilfe des **Beleuchtungsstärkenmessers** kann die Beleuchtungssituation in Betrieben untersucht werden. Das Gerät ermöglicht die Messung der Beleuchtungsstärke in LUX. Es kann für die Bewertung der betrieblichen Beleuchtungssituation sowie für den Vorher/- Nachhervergleich bei Beleuchtungsumrüstungen verwendet werden.

Des Weiteren steht ein **Infrarotthermometer** zur Verfügung, mit dem Oberflächentemperaturen berührungslos ermittelt werden können.

Die Messgeräte stehen den Mitgliedsunternehmen des Energiemanagement-Clubs, der KIM-Gruppe (Kooperationsinitiative Maschinenbau e. V.) und den Mitgliedern der Regionalen EnergieAgentur e. V. zwei Wochen pro Jahr kostenlos zur Verfügung. Die Unternehmen und Energieberater der Region sind herzlich eingeladen, die Messmittel zu nutzen. Der Energiemesskoffer und die Handmessmittel können gegen eine Gebühr von jeweils 100 € pro Woche angemietet werden.

Ergänzend zu den Messgeräten werden Leitfäden zu den Themen Beleuchtung, Druckluftanlagen, Abwärmenutzung bereitgestellt, welche die Bedienung der Messgeräte erläutern sowie Tipps und Hinweis für die betriebliche Energieeffizienz geben.

Bei Interesse oder Nachfragen, sprechen Sie uns an!



Hier wird an einem Praxisbeispiel die Berechnung einer Energieeffizienz-Maßnahme dargestellt.



Hier ist eine besonders erfolgsversprechende Maßnahme oder eine konkrete Handlungsempfehlung dargestellt.



Achtung/Vorsicht!



Hier gilt es, regelmäßig Wartung und Instandhaltung umzusetzen.



Hier sind wichtige Hinweise angegeben.

1 Legende

Für den Leitfaden wurde ein Navigationssystem entwickelt, welches durch die dargestellte Symbolik das Auffinden wichtiger Informationen erleichtert.

2 Vorwort

Druckluft ist, neben dem elektrischen Strom, der in der Industrie am häufigsten verwendete Energieträger.

Es handelt sich um gewöhnliche Luft aus der Atmosphäre, welche mit einem Kompressor auf einen höheren Druck als den Atmosphärendruck komprimiert wird. Trockene Luft besteht hauptsächlich aus Sauerstoff und Stickstoff. In der Atmosphäre vermischt sich das vorhandene Wasser mit der trockenen Luft zu einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt, welcher von der Temperatur abhängig ist. [SIL13] Druckluft bietet ein konkurrenzloses, breit gefächertes Anwendungsspektrum und ist aufgrund folgender Vorteile weit verbreitet:

- › Leicht transportabel/verteilbar
- › Unbegrenzt verfügbar
- › Kompressibel (zusammenpressbar)
- › Einfach und verlustfrei speicherbar
- › Sauber und betriebssicher (natürlicher Explosionsschutz)
- › Schnelles Medium (Zylinder bis 4 m/s)
- › Einfache Steuerung von Kraft und Geschwindigkeit
- › Werkzeuge und Antriebe sind relativ leicht, einfach aufgebaut und gelten als überlast- und explosionsicher [D012]

Durch eine einfache Handhabung der Druckluft findet diese im Niederdruckbereich bis 10 bar eine vielfältige Anwendung und ist mittlerweile für zahlreiche Produktionsabläufe unabdingbar. Hierzu zählen Bereiche wie Industrie/Automatisierung und Handwerk/Werkzeuge.

Im Bereich der Industrie/Automatisierung wird die Druckluft beispielsweise für Handhabungstechniken, Robotergreifer, pneumatische Pressen und Vakuumtechniken, im Bereich Handwerk/Werkzeuge unter anderem für Bohrmaschinen, Presslufthammer, Farbspritzpistolen und Sandstrahlgeräte verwendet.

Ein großer Teil der Druckluft wird auch für Reinigungszwecke genutzt. Dabei fallen zum einen hohe Reinigungskosten an und zum anderen wird der Schmutz nicht wegbe- fördert, sondern nur verlagert. Beim Zerstäuben findet sie ebenfalls Anwendung, wobei das Zerstäuben von Wasser in Befeuchtungsanlagen einen hohen Verbrauch zur Folge hat. Außerdem kann sie auch zu Kühlzwecken, als Steuermedium, für den Bewegungsablauf bei Linearbewegungen mit pneumatischen Zylindern in der Automation von Abläufen und für Drehbewegungen dieser verwendet werden. [RUP98]

Der Energieträger Druckluft ist eine sehr teure Energieform. Mit einfach realisierbaren und meist äußerst wirtschaftlichen Maßnahmen lässt sich der Energieverbrauch deutlich reduzieren. In vielen Betrieben sind jedoch die Druckluftverbräuche nicht ausreichend bekannt. Auch die Größenordnung von Leckagen wird zumeist unterschätzt. Ziel des Leitfadens ist es, Möglichkeiten aufzuzeigen um entsprechende Druckluftverluste zu minimieren und die Energieeffizienz zu steigern. Zudem werden das zur Leckageuntersuchung notwendige Ultraschallmessgerät sowie der zur Störungsanalyse verwendete Messkoffer beschrieben.

Der Leitfaden „Energieeffizienz bei Druckluftanlagen“ wurde von der Allianz für die Region GmbH beauftragt und entstand in Zusammenarbeit mit der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften und der Niedersächsischen Lernfabrik für Ressourceneffizienz. Im Rahmen von Forschungstätigkeiten zum Thema Energieeffizienz wurde mit Hilfe eines eigens entwickelten Messkoffers der Allianz für die Region GmbH ein Fertigungs- und Montageprozess energetisch untersucht und Energieeinsparpotenziale evaluiert.

3 Aufbau und Bedienung des Messkoffers

3.1 Aufbau und Funktionsweise des Messkoffers

Durch die stetig steigenden Anforderungen im Bereich des Energiemanagements gewinnt der Messkoffer an Bedeutung, da dieser im Falle eines sporadischen Fehlers eine detaillierte Störungsanalyse aufzeigen kann. Neben der elektrischen Messeinheit verfügt der Messkoffer über eine externe Druckluftmesseinheit und erlaubt damit eine Störungsanalyse von Pneumatiknetzen.

Der Energiemesskoffer dient zur Analyse der Spannungsqualität und Speicherung von Spannungsmesswerten und Leistungsmesswerten in Nieder- und Mittelspannungsanlagen, sowie für die Erfassung analoger Messsignale im Bereich von 0-10 V. Ausgelegt ist das Messgerät für 1-Phasen- und 3-Phasensysteme. [NIF15a] Mit der externen Drucklufteinheit können der Durchfluss, das Druckniveau sowie der Druckluftverbrauch gemessen und gespeichert werden.

Im Koffer sind eine Beckhoff SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung) und unterschiedliche Messkarten eingebaut. An der Kofferseite befinden sich Messeingänge für Strom und Spannung, Spannungsversorgung und eine Ethercat-Schnittstelle. (Abb. 3.1)

Es besteht die Möglichkeit der Messung aller wichtigen elektrischen Daten des Versorgungsnetzes, einer umfangreichen Netzanalyse und des Energiemanagements.

Auf der programmierbaren Anzeige können die Messwerte dargestellt sowie in der Software mit Datum, Uhrzeit und Messdauer gespeichert werden. [NIF15a]

Über die direkten Anschlüsse U1, U2, U3 und N kann die Spannung gemessen werden. Der Strom wird über den Stromwandler oder Zangenstromwandler eingespeist. (Anschlüsse: L1, L2, L3, IL1, IL2, IL3). (Abb. 3.1) Signale im Intervall von 0 - 10 V oder 4 - 20 mA können verarbeitet werden.

Effektivwerte der Spannung, des Stroms, der Wirkleistung, Scheinleistung, Blindleistung, Frequenz und des Phasenverschiebungswinkels werden von der Software jederzeit zur Verfügung gestellt. [NIF15a]

Zur Aufnahme von Dokumentationen, der Messleitungen und der Zangenstromwandler sind Boxen im Koffer verbaut. (Abb. 3.2)



Abbildung 3.1: Anschlüsse des Messkoffers/Quelle: [IPT16]



Abbildung 3.2: Messkoffer Innenraum/Quelle: [IPT16]

In einem weiteren Koffer befindet sich die externe Drucklufteinheit (Abb. 3.3). Diese wird über den Ein- und Ausgang zwischen Leitungsnetz und den zu messenden Verbraucher geschaltet. M12-Sensorstecker werden an Kanal 1 und Kanal 2 des Energiemesskoffers sowie an die Sensoren des Verbrauchers angeschlossen und liefern entsprechende

Messwerte, die jederzeit von der Software zur Verfügung gestellt werden.

Effektivwerte des Netzdrucks sowie des Durchflusses werden von der Software jederzeit zur Verfügung gestellt.

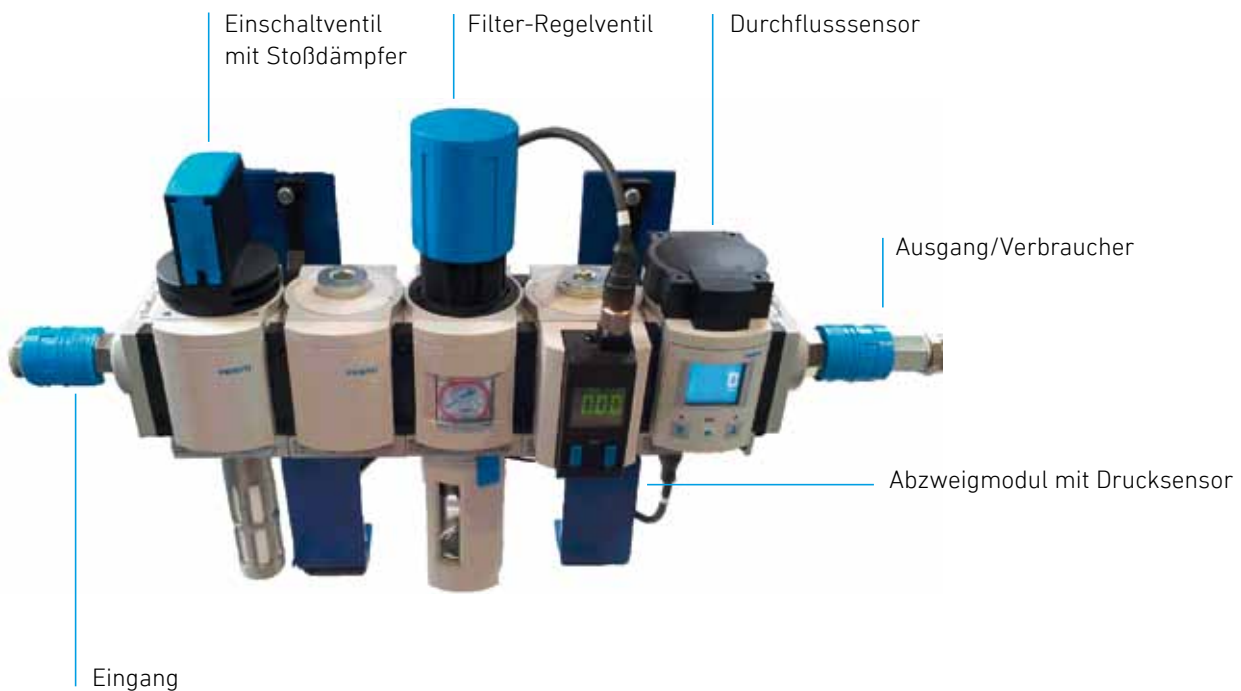



Abbildung 3.3: Drucklufteinheit /Quelle: [IPT16]

3.2 Bedienung des Messkoffers

Die Bedienung des Messkoffers erfolgt mit der installierten Software, welche zur Datenaufnahme und -verarbeitung aus der SPS dient. Die Navigation sowie das Starten und Stoppen von Messungen erfolgt durch das in der Software vorhandene Menüband, welches aus den Abschnitten Konfiguration, Parametrierung, Rohdaten, Visualisierung Diagramm und Visualisierung Messwerte besteht. (Abb. 3.4) [NIF15a]



Start der Messung ist nur möglich, wenn die Parameter erfolgreich übernommen wurden.



Abbildung 3.4: Menüband/Quelle: [IPT16]

3.2.1 Konfiguration

Der Endverbraucher hat keinen Zugriff auf diesen Programmabschnitt. Er dient lediglich der Konfiguration der Kommunikationsschnittstelle zur SPS und Einstellung der Messkanäle durch den Hersteller. [NIF15a]

3.2.2 Parametrierung

Die Parametrierung ist der für den Anwender zugängliche Programmabschnitt und findet zur Auslegung der Messung Verwendung. Hierfür müssen folgende unterschiedliche Parameter eingestellt werden:

- A
Bezeichnung der Messung
 Angabe von Werk/Standort, Halle, Name der Messung, Speicherort sowie Name des Durchführenden.
- B
Zeiteinstellungen
 Die Einstellung der Messzykluszeit sowie der Aktualisierungszeit für das Diagramm kann in diesem Programmabschnitt vorgenommen werden.
- C
Wandlerverhältnisse elektrisch
 Bei einer Leistungsmessung von 400 V kann das Verhältnis dem Stromzangenwandler entnommen werden. Ist jedoch eine Leistungsmessung von 230 V vorgesehen, ergibt sich das Verhältnis aus dem eingebauten Stromwandler.

Abbildung 3.5: Menü Parametrierung/Quelle: [IPT16]

A

B

C

D

E

F

D

Messwertkanalauswahl

- > Möglichkeit der Wahl des Messeingangs
- > Abhängig von dem Messeingang ist die Messgröße (Kanal 2 für den Durchfluss und Verbrauch, Kanal 1 für den Druck). Für die gewählten Kanäle wird je ein Diagramm mit den jeweiligen Graphen der gewählten Messgrößen erzeugt. (Abb. 3.8 und Abb. 3.9)
- > Der Sensormessbereich wird bei elektrischen Messgrößen durch das Wandlerverhältnis angegeben und variiert bei Wahl der Messgröße „Durchfluss“ je nach gewähltem Durchflusssensor.
- > Die Anzeige des aktuellen Messwerts erfolgt bei Übernahme der Parameter
- > Die Einheit ergibt sich aus der gewählten Messgröße
- > Vergabe eines individuellen Namen für jeden Messkanal möglich
- > Möglichkeit der Diagramm- und Achsenwahl für den entsprechenden Messwert

E


Kanäle und Diagramm

In diesem Bereich wird das Hinzufügen und Löschen von Messkanälen ermöglicht.

F

Parameter und Rohdaten

Übernahme, Export und Import von Parametern sowie Import von Rohdaten können eingestellt werden. [NIF15a]



Für verwertbare Messungen muss die Software korrekt parametrieret werden.

Die Parameter für Durchfluss und Verbrauch müssen einen identischen Messbereich aufweisen.

Die Standardparametrierungen für das mitgelieferte Equipment sind in Abbildung 3.6 aufgelistet

Parameter	Messbereich
1x Drucklufteinheit	1 – 11 bar
1x Durchflusseinheit	2 – 200 l/min bzw. 50 – 5000 l/min
3x Induktionssensor	5 – 300 A
3x Induktionssensor	1 – 100 A
Messintervall	1 s

Abbildung 3.6: Standardparametrierung des Druckluftkoffers/Quelle: [IPT16]

3.2.3 Rohdaten

In den Rohdaten können die während der Messung aufgenommenen Werte gespeichert und für die weitere Verwendung in ein Excel-Dokument übertragen werden. Die Funktion „Springe zur Zeile“ ermöglicht eine direkte Suche nach einer Messreihe. [NIF15a]

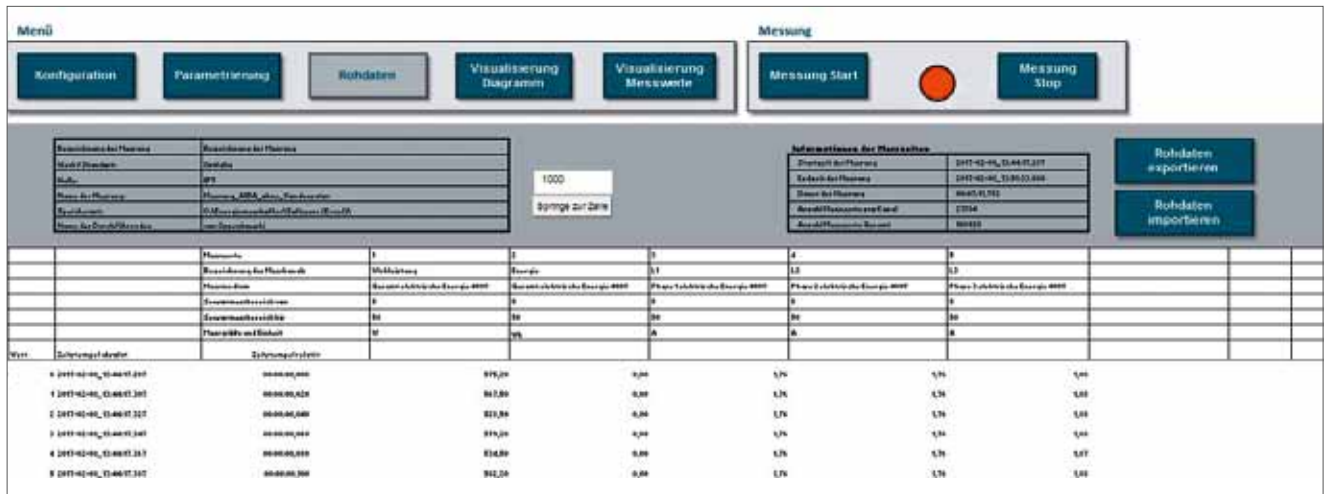


Abbildung 3.7: Menü Rohdaten/Quelle: [IPT16]

3.2.4 Visualisierung Diagramm

In diesem Abschnitt erfolgt die Visualisierung der Messwerte in Diagrammen. Es besteht eine variable Anpassungsmöglichkeit der Achsen und eine Anzeige von bis zu vier Messwerten. Zudem stehen bis zu drei Diagramme zur Verfügung. [NIF15a] Es ist lediglich die Anzeige der Einheit des ersten Messwertes möglich.

Abbildung 3.8 stellt den Durchfluss in l/min sowie den Verbrauch und Abbildung 3.9 den Druck in bar dar.

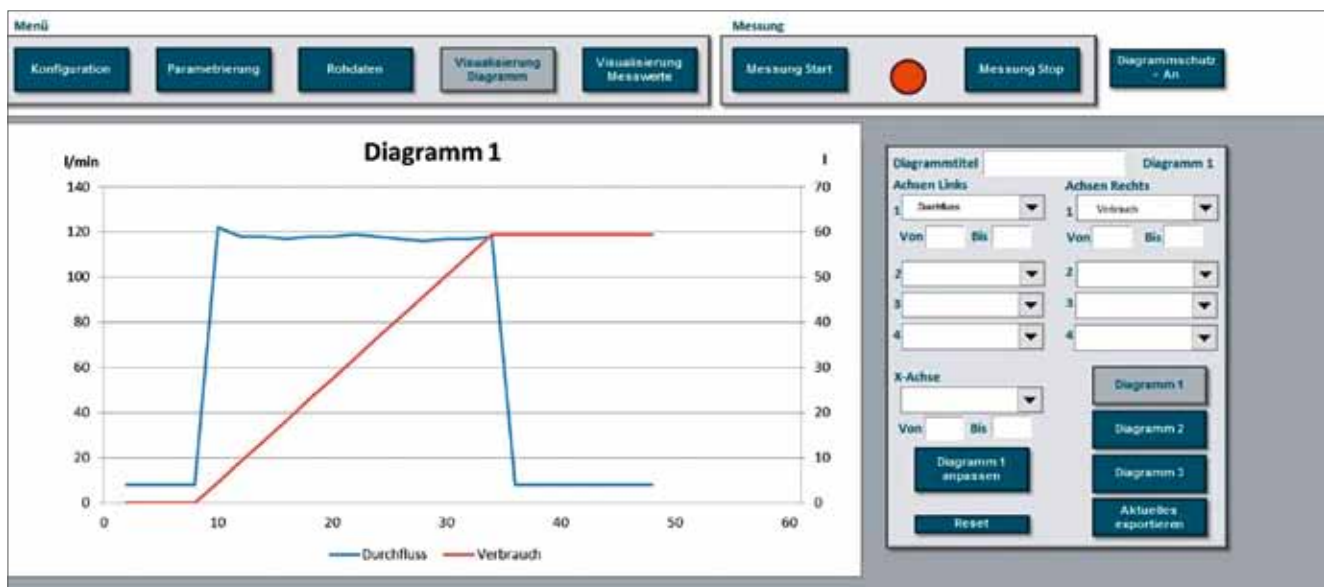


Abbildung 3.8: Menü Visualisierung Diagramm (Durchfluss und Verbrauch)/Quelle: [IPT16]



Abbildung 3.9: Menü Visualisierung Diagramm (Druck)/Quelle: [IPT16]

3.2.5 Visualisierung Messwerte

Dieser Abschnitt ist zur Anzeige der aktuellen, Minimal-, Maximal- und Durchschnittswerte aus der durchgeführten Messung erforderlich. [NIF15a]

Flusslinie	Flussrichtung	Mittelwert	Min	Max	R
Flusslinie 1	Wahlkreis	878,2	14,8	4727,1	1048,4
Flusslinie 2	Strom	323,2	4,8	323,2	152,2
Flusslinie 3	Strom	0,1	0,1	34,1	5,1
Flusslinie 4	Strom	0,1	0,1	34,1	5,1
Flusslinie 5	Strom	0,1	0,1	24,1	5,1
-	-	-	-	-	-

Informationen der Messreihe	
Startzeit der Messung	2017-02-05_08:15:210
Endzeit der Messung	2017-02-05_09:05:000
Ort der Messung	10-17-1570
Abteilungsname der Messung	2179
Abteilungsname der Messung	0000

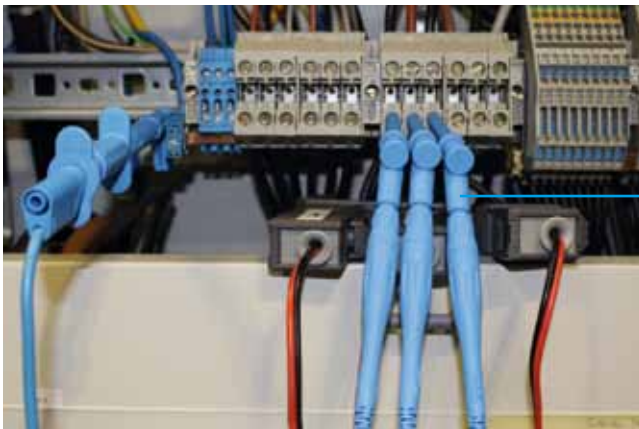
Abbildung 3.10: Menü Visualisierung Messwerte/Quelle: [IPT16]

3.2.6 Ablauf der Messung

Zunächst müssen alle Kabel gemäß Anschlussplan (Abbildung 3.11) angeschlossen werden.



Strommessung über Zangen



Spannungsabgriff über Magnetkontakte

Abbildung 3.11: Exemplarischer Anschlussplan eines Strom-/Spannungsabgriff in einem Schaltschrank/Quelle: [IPT16]

Alle Anschlüsse sind in Abbildung 3.11 zu sehen. Die benötigte Stromversorgung wird durch anschließen des Kaltgerätekabels gewährleistet (ggf. muss der Schalter am Stecker betätigt werden). Über das RJ45-Netzwerk-Anschlusskabel erfolgt die Verbindung mit dem Laptop (ggf. Adapter anschließen). Nach Einschalten des Computers und Starten der Software kann die Parametrierung für die Messung, welche bereits im vorherigen Kapitel behandelt wurde, durchgeführt werden. (Abb. 3.5)

Durch Betätigung der „Messung Start“- und „Messung Stopp“-Taste kann die Messung gestartet und gestoppt werden. Die Auswertung der Messdaten erfolgt durch das Exportieren der Rohdaten.



Das Messgerät darf nur betrieben werden, wenn die Hilfsspannung aus einer Schutzkontaktsteckdose bezogen wird.

3.3 Aufbau und Funktionsweise der Wartungseinheit

Moderne und hochentwickelte Maschinen in der Industrie erfordern eine sehr hohe Druckluftqualität. Dadurch erhalten Wartungseinheiten in den Betrieben einen immer höheren Stellenwert. Eine Wartungseinheit oder selbst nur ein einzelner Baustein einer Wartungseinheit, kommt immer dann zum Einsatz, wenn komprimierte Luft vorliegt, welche zur industriellen Nutzung dienen soll. Sie haben als Baugruppe in pneumatischen Anlagen die Aufgabe, den Energieträger Druckluft, aufzubereiten. [FES16a] Abbildung 3.12 stellt den Aufbau der gesamten Wartungseinheit dar.

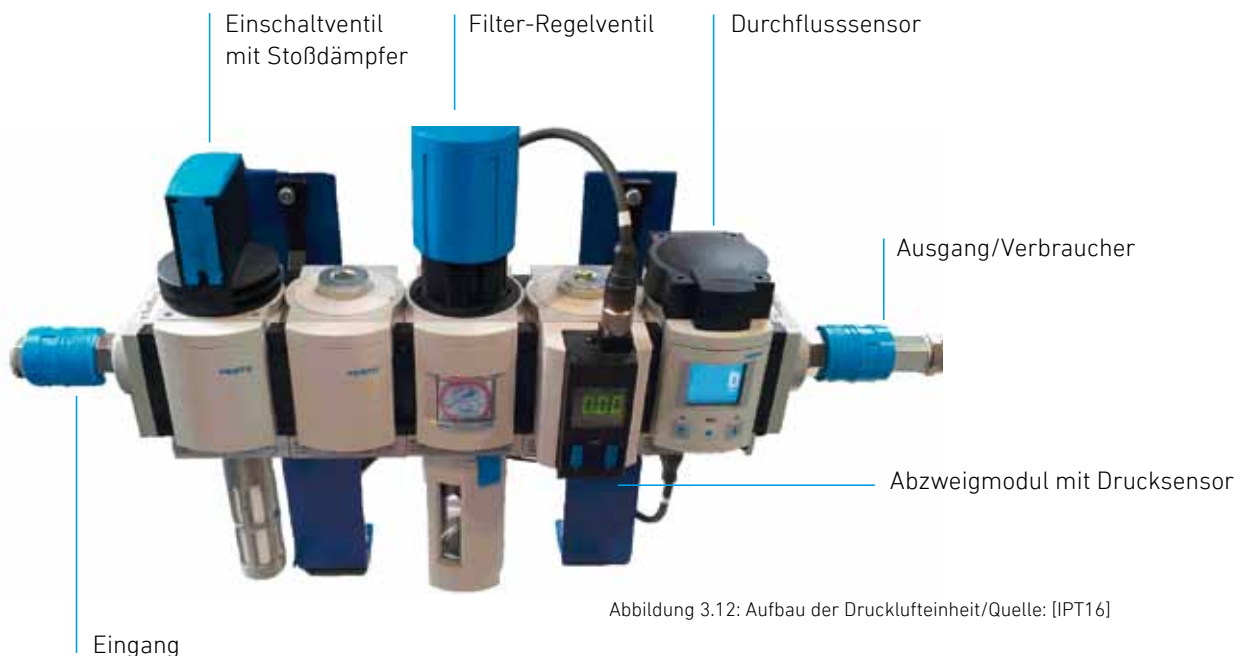


Abbildung 3.12: Aufbau der Drucklufteinheit/Quelle: [IPT16]

3.3.1 Einschaltventil mit Schalldämpfer

Einschaltventile dienen hauptsächlich dem Öffnen und Schließen der Luft-Hauptzuleitung einer Anlage. Der integrierte Schalldämpfer ist zur Geräuschminderung an Entlüftungsanschlüssen von Pneumatikelementen gut geeignet. [FES16a].

3.3.2 Filter-Regelventil

Aufgabe der Druck-Regelventile ist es, den eingestellten Betriebsdruck einer Anlage nach oben hin zu begrenzen und Druckschwankungen auszugleichen. Es werden zwei Funktionsprinzipien unterschieden, das direktgesteuerte Membran-Regelventil und das vorgesteuerte Kolben-Regelventil.

Filter stellen einen Durchflusswiderstand dar. Deshalb sollte die Druckluft aus wirtschaftlichen Gründen immer so sauber wie möglich sein. Sie reinigen die Luft von Partikeln und Feuchtigkeitstropfen. Verschmutzte Filter können zu



Eine Kombination beider Ventile ist das Filter-Regelventil. Im oberen Teil des Ventils liegt der eigentliche Regler und im unteren Teil der Filter mit der Filterschale und dem integrierten Kondensatablass. Das Filter-Regelventil ist in Abbildung 3.12 dargestellt.

hohen Druckverlusten und Beeinträchtigungen der Filtrierung führen. Ein Filterwechsel alle 12 Monate ist deshalb von hoher Relevanz.

Der Kondensatablass kommt nicht als eigenes Bauteil in einer Wartungseinheit vor, sondern nur als Ergänzung zu einem Filter. Das Kondensat, welches sich in der Filtertasche ansammelt, muss von Zeit zu Zeit entleert werden, da es sonst durch die Luft mitgerissen wird. [FES16a]

Vorteile des Filter-Regelventils

- › Qualitätssteigerung der Druckluft durch Filtrierung von Partikeln
- › Steigerung der Produktion durch hohen Durchfluss (850 ... 7200 l/min)
- › Betätigungssicherung zum Schutz der Einstellwerte
- › Rückstromoption zum Entlüften [FES15a]

3.3.3 Abzweigmodul mit Drucksensor

Das Abzweigmodul ist ein Luftverteiler mit vier Anschlüssen und ist als Zwischenabgang für unterschiedliche Luftqualitäten einsetzbar. [FES15b] Zusatzmodule wie Drucksensoren sind mit einem Abzweigmodul kombinierbar.

Durch ein im Abzweigmodul integriertes Rückschlagventil kann der Rückfluss verhindert werden. Rückschlagventile dienen der Richtungsbestimmung der Strömung eines Fluides innerhalb einer Rohrleitung und sind in der Fluidtechnik Wegeventile, die den Durchgang des Mediums (Hydraulikflüssigkeit, Druckluft) in eine Strömungsrichtung selbstständig sperren. [FRA13]

Vorteile eines Rückschlagventils

- › zuverlässiges und schnelles Schließen bei bzw. vor Strömungsumkehr
- › geringer Druckverlust
- › hohe Lebensdauer auch in pulsierender Strömung
- › geringer Wartungsaufwand
- › geringe Geräuschentwicklung [HOE12]



Verschmutzungen fördern den Verschleiß an Gleitflächen und Dichtelementen, wodurch Beeinträchtigungen in der Funktion und eine Verringerung der Lebensdauer von Pneumatikelementen entstehen. [FES16a] Zudem können dadurch Störungen verursacht oder Beschädigungen hervorgerufen werden.

Durchflussrichtung beachten, sonst Berechnung fehlerhafter Messwerte

3.3.4 Durchflusssensor

Der Durchflusssensor ist ein Oberbegriff für alle Sensoren, die den Durchfluss einer Flüssigkeit oder eines Gases durch ein Rohr messen. Mit der Überwachung des Durchflusses lassen sich einfachere Diagnosen treffen. Indikator für kommende Probleme ist oft ein veränderter Durchflusswert. Auf Abbildung 3.12 ist der Durchflusssensor zu sehen.

Vorteile eines Durchflusssensors

- › Sicher und komfortabel: absolute Durchflussinformationen mit Schwellwerten
- › Leuchtstarkes Display erleichtert die Einstellung des Schaltpunktes
- › Mehrere Durchflussbereiche für unterschiedlichste Anwendungen
- › Große Messbereiche für geringe Produktkomplexität [FES16b]



Der integrierte Drucksensor mit der LCD-Anzeige für den Ausgangsdruck gehört zur Gruppe der Druckmessgeräte und wird zum Messen einer Druckdifferenz, des stationären Drucks oder von Druckschwankungen bis zum Schalldruck verwendet. Der Drucksensor ist in Abbildung 3.12 zu sehen.

Einsatzgebiete von Durchflusssensoren

- › Durchfluss- und Luftverbrauchsmessung für Energieeffizienzerfassung
- › Produktionskostencontrolling
- › Energiekostenermittlung
- › Prozessüberwachung der Anlage
- › Leckageüberwachung [FES15c]

3.4 Bedienung der Wartungseinheit

Im Folgenden wird die Bedienung der Wartungseinheit beschrieben. Sie besteht aus vier Komponenten, welche unterschiedliche Bedienungen und Wichtigkeiten aufweisen.

3.4.1 Einschaltventil mit Schalldämpfer

Beim Einschaltventil, welches zum Be- und Entlüften von pneumatischen Anlagen eingesetzt wird, handelt es sich um ein manuell betätigtes Ventil. Durch Drehen des Drehknopfes im Uhrzeigersinn wird das Ventil geschaltet, wobei die Knopfrichtung die Durchflussrichtung widerspiegelt.

Das Einschaltventil bietet zudem die Möglichkeit einen Schalldämpfer anzubringen bzw. die Abluft zu fassen. Im geschlossenen Zustand kann der Drehknopf mit einem Vorhängeschloss gesichert werden. [FES16c]

3.4.2 Filter-Regelventil

Für die Bedienung des vorgesehenen Filter-Regelventils sollten folgende Einstellungen ausgeführt werden:

Der Druck-Einstellknopf muss vom Gehäuse weg nach oben gezogen werden. (Abb. 3.13) (Gff. nach Entfernung des Bügelschlusses die Entriegelungssperre [2] einschieben). Nach Zudrehen des Einstellknopfes in Richtung "-", kann die langsame Belüftung der Anlage folgen.

Zum Einstellen und Anzeigen des gewünschten Druckes muss der Druck-Einstellknopf in Richtung "+" gedreht werden, wobei der zulässige Arbeitsdruck nicht überschritten werden sollte. [FES16c]

Richtig eingestellt, ist der Eingangsdruck mindestens 0,5 bar höher als der Ausgangsdruck. Durch Drücken des Einstellknopfes, nach unten zum Gehäuse, kann ungewolltes Verdrehen verhindert werden. [FES14]



Voraussetzungen für den Einsatz des Filter-Regelventils

- › Einhalten der angegebenen Grenzwerte (Kräfte, Drücke, Momente, Geschwindigkeiten, Massen, Temperaturen, elektrische Spannungen)
- › Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen
- › Langsame Belüftung der gesamten Anlage, um unkontrollierte Bewegungen zu vermeiden
- › Verwendung des Produkts ohne eigenmächtige Veränderung [FES97]



Abbildung 3.13: Filter-Regelventil/
Quelle: [FES16c]



Wartung und Pflege

- › Bei Erreichen des maximalen Kondensat-Gehalts die Ablassschraube gegen den Uhrzeigersinn drehen und das Kondensat ablassen
- › Wechseln der Filterpatrone mindestens alle 12 Monate
- › Alle sechs Monate Wechseln des Reglers
- › Kontrolle der Membran und der Dichtungen
- › Kontrolle der Ventileinheit, Reinigung und Schmierung
- › Zur Reinigung der Filterschale Wasser oder Seifenlauge nutzen [FES97]

3.4.3 Abzweigmodul mit Drucksensor

Der auf dem Abzweigmodul integrierte Drucksensor weist unterschiedliche Modi auf, welche wie folgt beschrieben und bedient werden:

RUN-Modus

Der Sensor befindet sich nach Einschalten im Grundzustand (Run-Modus). Hier werden Messwerte für den Durchfluss, den Luftverbrauch und den Signalzuständen der Schaltausgänge angezeigt. Der Run-Modus kann auch aus anderen Modi erreicht werden, in dem die Edit-Taste drei Sekunden gedrückt wird oder nach Ablauf einer Überwachungszeit. [FES15d]

SHOW-Modus

Im Show-Modus können durch Drücken der A- oder B-Taste die aktuellen Einstellungen für die Schaltausgänge [Out A] bzw. [Out B] angezeigt werden. Am Ende des Show-Modus werden der Mindest- und Maximal-Wert angezeigt, durch einen weiteren Tastendruck kann die Anzeige beendet und durch Drücken der Edit Taste zurückgesetzt werden. [FES15d]

EDIT-Modus

Im Edit-Modus können Einstellungen für den Schaltausgang [Out A] und [Out B] und das Spezialmenü konfiguriert werden.



Änderungen des Schaltverhaltens der Ausgänge werden sofort wirksam.

Durch Drücken des Edit-Knopfes wird der Edit-Modus aktiviert und der Schaltausgang [Out A] blinkt. Wird die Sicherheitssperre aktiviert, blinkt [Lock]. Für weitere Befehle ist die vorherige Betätigung des Edit-Knopfes notwendig. Mit der A- oder B-Taste kann der Sicherheitscode eingestellt, die Schaltfunktion gewählt, der Parameter eingestellt und zum Run-Modus gelangt werden. [FES11]

TEACH-Modus

Das Einlernen der Schaltpunkte für die Durchflussüberwachung wird im Teach-Modus ermöglicht. Vor dem Teachen findet im Edit-Modus die Auswahl der Schaltfunktion statt. Zum Teachen der Schaltgrößen kann ein Durchfluss erzeugt werden. Nach Betätigung der A-Taste und zusätzliches Betätigen des Edit-Knopfes blinkt [Out A] und die Balkenanzeige, welches ein Hinweis dafür ist, dass der Messwert als erster Teach-Punkt übernommen wurde. Wird die Sicherheitssperre aktiviert, blinkt [Lock].

Zum Anlegen eines zweiten Druckwertes muss erneut die A-Taste für den Schaltausgang [Out A] und zusätzlich der Edit-Knopf gedrückt werden. [FES15d]

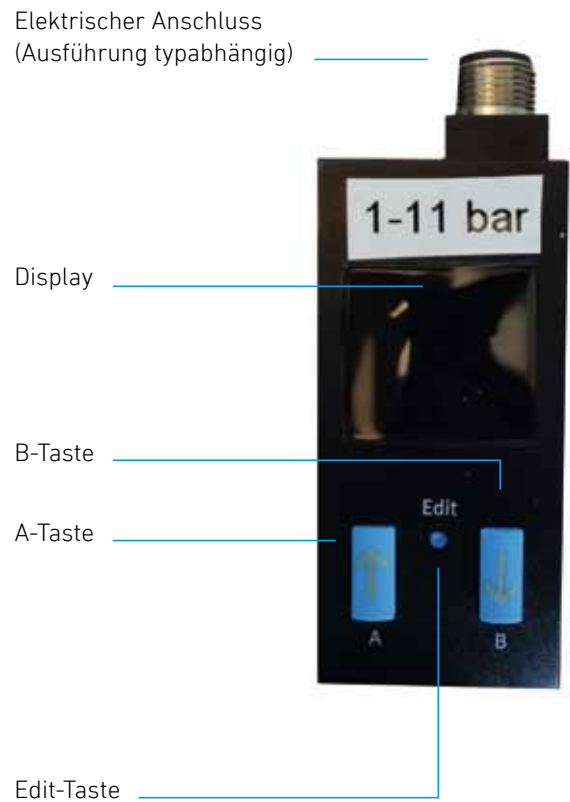


Abbildung 3.14: Funktionen des Drucksensors/Quelle: [IPT16]



Der Ablauf zum Teachen der Schaltausgänge [Out A] und [Out B] ist identisch.



Voraussetzungen für den Einsatz des Drucksensors

- › Nur im Originalzustand ohne eigenmächtige Veränderung verwenden
- › Einsatz unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen
- › Beachten der Angaben auf dem Typenschild [FES15d]



Wartung und Pflege

- › Eine äußere Reinigung kann nur nach Abschalten der Betriebsspannung und der Druckluft erfolgen
- › Die hierfür vorgesehenen Reinigungsmittel sind Seifenlauge, Waschbenzin und alle werkstoffschonenden Medien [FES15d]



Voraussetzungen für den Einsatz des Durchflusssensors

- > Durch Aktivieren des Passwortschutzes kann ein versehentliches Ändern oder ein unbefugter Zugriff verhindert werden.
- > Lediglich zum Messen des Durchflusses von Medien nutzen, Verwendung des Sensors in Verbindung mit Gasen oder Sauerstoff sollte vermieden werden.
- > Verunreinigungen wie Kondenswasser oder Fremdkörper können zu einer Beschädigung des Sensors und somit zu Messfehlern und Funktionsstörungen führen. [FES11]



- > Liegen Fehler vor, können die zugehörigen Fehlernummern durch Drücken der A- oder B-Taste angezeigt werden. [FES11]
- > Bei Verlassen des Recorder-Modus bei laufender Messung, wird die Messung im Hintergrund weiter durchgeführt. [FES11]



Wartung und Pflege

- > Eine äußere Reinigung kann nur nach Abschalten der Betriebsspannung und der Druckluft erfolgen
- > Die hierfür vorgesehenen Reinigungsmittel sind Seifenlauge, Waschbenzin und alle werkstoffschonenden Medien. [FES11]

Abbildung 3.15: Modi des Durchflusssensors/Quelle: [FES11]

3.4.4 Durchflusssensor

Der Durchflusssensor kann, wie auch im Kapitel zuvor, in verschiedenen Modi betrieben werden. Die Run-, Show-, Edit- und Teach-Modi weisen identische Funktionen wie die des Drucksensors auf. Der Durchflusssensor besitzt zwei weitere Modi, welche wie folgt beschrieben und bedient werden:

INFO-Modus

Der Info-Modus ermöglicht bei aktivierter Luftverbrauchsmessung durch Drücken der A- oder B-Taste ein schnelles Umschalten der Eingangsgrößen Durchfluss und Luftverbrauch im Display.

RECORDER-Modus

Im Recorder-Modus kann eine manuelle Luftverbrauchsmessung durchgeführt werden. Durch gleichzeitiges Drücken der A- und B-Taste gelangt man in den Recorder-Modus, wo der Status der Messung angezeigt wird. Mit der A-Taste kann die Messung gestartet und gestoppt und mit der B-Taste auf null zurückgesetzt werden.

Durch erneutes, gleichzeitiges Drücken der A- und B-Taste gelangt man wieder in den Run-Modus.

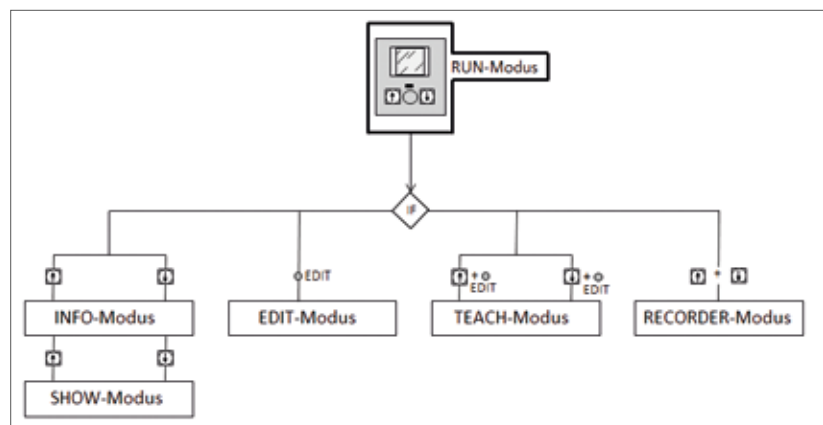


Abbildung 3.16: Funktionen des Durchflusssensors//Quelle: [IPT16]



3.5 Funktionsweise eines Ultraschallmessgeräts

Zur Beseitigung von Leckagen und Einsparung von Energie können Ultraschallmessgeräte verwendet werden. Ultraschallmessgeräte dienen zur schnellen Suche und exakten Ortung von Leckagen kleiner bis mittlerer Größenordnung. Der zur Suche von Leckagen notwendige Ultraschallton (20 kHz bis 100 kHz) wird durch Turbulenzen erzeugt, welche entstehen, wenn Luft oder Gas durch eine kleine Öffnung gepresst wird. Die Töne werden vom Ultraschallgerät in Frequenzen umgewandelt, welche dann für das menschliche Ohr zu hören sind [ULD08]. Das Aufspüren der Leckagen kann ohne Einfluss auf die Anlage und unabhängig vom Produktionsprozess durchgeführt werden.

3.6 Bedienung des Ultraschallmessgeräts

Auf der linken Seite des ULD-300 Ultraschallgeräts befindet sich ein Kopfhöreranschluss. Der beigegefügte Kopfhörer (HP-1) wird angesteckt und dadurch das Hören der Leckagen ermöglicht.

Durch Drehen des Rändelrads im Uhrzeigersinn kann der ULD-300 eingeschaltet werden (ON).

Grundsätzlich leuchtet die Batterie-LED des Ultraschallgeräts grün. Sobald die LED rot leuchtet, sollte sie ersetzt werden.



Vorteile

- > keine Vorrichtungen/Anbauten nötig
- > keine Betriebsunterbrechung notwendig
- > kein Kontakt mit dem Medium
- > flexible Suche
- > keine Folgekosten
- > intuitive Bedienung, erfordert kein Anlernen [SAN09]

Typische Prüfobjekte

- > Rohrleitungen
- > Druckluftnetze
- > Schutzgasanlagen
- > Vakuumanlagen
- > Einspritzanlagen
- > Armaturen
- > Fenstern, Türen, Luken und Kabinen [SAN09]



Abbildung 3.18: Aufbau des AMPROBE Ultraschallmessgeräts ULD-300/Quelle: [ULD08]

Der Bereichsschalter muss auf X100 eingestellt und das Rändelrad im Uhrzeigersinn auf 10 gedreht werden. Zur Ortung der Leckage wird der ULD-Sensorrichter in die Richtung gehalten, wo das Leck vermutet wird. [ULD08]

Bei Umgebungen mit einem hohen Pegel von Hintergrundrauschen wird der beigefügte Parabolspiegel (PB-1) verwendet. Für Installationen, bei denen der ULD-300 direkt auf die Leckage gerichtet werden kann, kommen die Artikel TE-2 und TEA-1 zum Einsatz. In Abbildung 3.19 ist das gesamte Zubehör (Parabolspiegel, Adapter und Erweiterung) zu sehen. [ULD08]

Bei Annäherung an die Leckagenquelle leuchten die LEDs der vertikalen Leiste auf. Sobald 10 Lämpchen der LED-Anzeige leuchten, ist die Maximalanzeige der Bereichseinstellung erreicht. Durch Drehen des Rändelrads im Uhrzeigersinn oder Auswählen eines weniger empfindlichen Bereichs kann die Empfindlichkeit herabgesetzt werden.

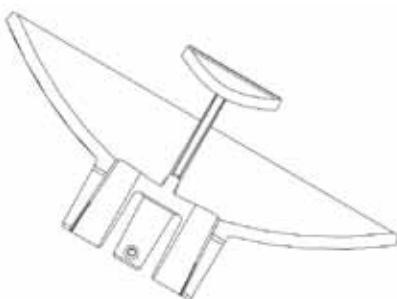
Zur Ermittlung der Leckagenquelle sollte dieses Verfahren wiederholt werden, bis die Leckagenquelle lokalisiert ist. [ULD08]

3.6.1 Vorgehensweise zur Dokumentierung der Leckageart und des Leckageorts

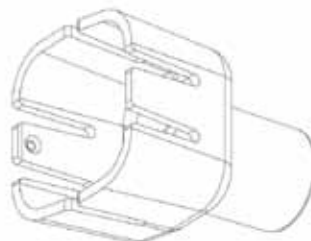
Zur Dokumentation der Leckage sollte eine tabellarische Auflistung ausgearbeitet werden, worin die Leckageart, die Leckagegröße, der Leckageort und das Ortungsdatum der Leckage aufgelistet sind. Diese aufgelisteten Details erleichtern die Beseitigung der Leckage und bieten zudem einen Überblick der noch zu beseitigenden Leckagen.

Ebenfalls ist die Erstellung eines Hallenplans von hoher Relevanz, worin alle Leckagen eingezeichnet werden können. Der Hallenplan sollte alle Bereiche umfassen, wo Druckluftleitungen langlaufen, sodass eine komplette und genaue Übersicht der Leckagen aufgezeigt werden kann.

Eine weitere Methode zur Kennzeichnung von Leckagen, ist das Kennzeichnen der Leckage vor Ort. Die Leckage kann durch einen Aufkleber markiert werden, dies erleichtert das spätere Auffinden.



PARABOLA (PB-1)



ADAPTER (TEA-1)



**TUBULAR
EXTENSION (TE-1)**

Abbildung 3.19: Parabolspiegel (PB-1), Adapter (TEA-1), Erweiterung des Ultraschallmessgerätes ULD-300 (TE-1)/Quelle: [ULD08]



Wartung und Pflege Ultraschallmessgerät ULD-300

Zur Problembeseitigung bei vermutetem Fehlverhalten des ULD-300 sollten folgende Schritte durchgeführt werden:

- > Zur Beseitigung des Fehlers die Bedienungsanleitung studieren
- > Prüfung der Batterie, Austausch der Batterie bei rotleuchtender LED

Beim Austausch der Batterie sind folgende Schritte zu beachten:

- > Messgerät ausschalten und Batterieabdeckung aufklinken
- > Batterie ersetzen durch eine 9 V-Alkalibatterie und die Abdeckung wieder anbringen

Wenn das Messgerät über einen längeren Zeitraum nicht verwendet wird, sollten die Batterien entfernt werden. [ULD08]

3.7 Abschätzung des Leckagevolumens

Nach der Ortung einer Leckage sollte das Leckagevolumen ermittelt werden. Dies ist notwendig, um die Größe der Verschwendung beziffern und damit eine Kostenabschätzung durchführen zu können. Zur Abschätzung des Leckagevolumens kann ein Kunststoffbeutel mit bekanntem Volumen (z. B. Müllbeutel 200 l) verwendet werden. Mit der Hand wird eine kleine Öffnung am Müllbeutel erzeugt, über die Leckage gestülpt und die Zeit gestoppt, bis dieser vollständig gefüllt ist. Dann wird das Volumen des Kunststoffbeutels durch die gestoppte Zeit dividiert. Mit Hilfe der einfachen Methode kann grob ermittelt werden, wie viel Liter Druckluft pro Minute entweichen. Abbildung 3.20 zeigt exemplarisch die Vorgehensweise.

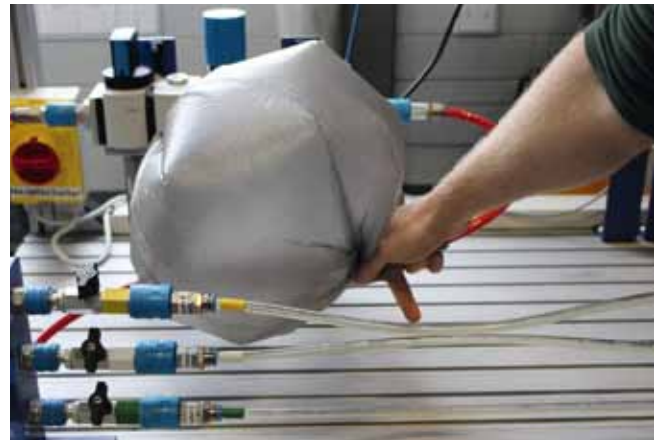


Abbildung 3.20: Auffangen der Leckage zur Abschätzung des Leckagevolumens/Quelle: [IPT16]

4 Ansätze zur Optimierung

4.1 Druckluftverluste

Druckluft ist ein sauberer, sicherer und zugleich umweltfreundlicher Energieträger. Diese gilt als eine sehr zuverlässige Energieform und ist ein wichtiger Bestandteil für nahezu jede Produktionsstätte. In einer Druckluftanlage sind die Erzeugung und Aufbereitung der Druckluft wichtige Aspekte. Die sachgemäße Verteilung und Nutzung ist ebenfalls von hoher Relevanz für Kleinbetriebe und Unternehmen.

Druckverluste lassen sich prinzipiell nicht vermeiden, wohl aber in der Menge beeinflussen. Eine Verringerung der Druckluftverluste und die daraus resultierende Steigerung der Energieeffizienz kann durch eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen erreicht werden.

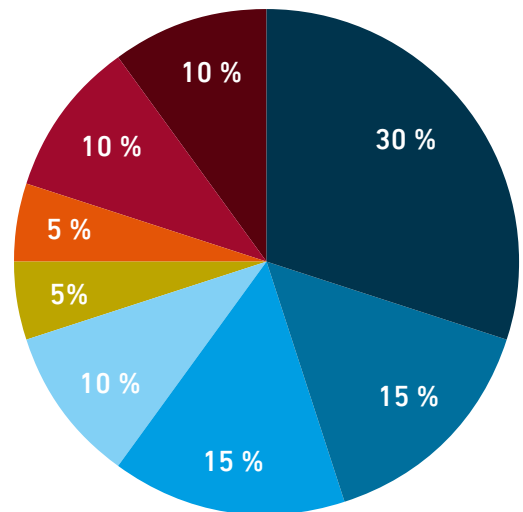
Druckluft gilt als eine sehr teure Energieform, da nur 10 % der eingesetzten Energie als Druckluftenergie genutzt werden kann und 90 % der verwendeten Druckluft bei Erzeugung, Aufbereitung und Verteilung verloren gehen. [GL003]



Druckluftverluste werden durch folgende Punkte verursacht:

- > Leckagen
- > zu geringe Leitungsquerschnitte
- > Strömungswiderstände in Fittings und Leitungszubehör
- > Rauigkeit der Rohrinneisen
- > lange Versorgungsleitungen [HRH16]

Verluste bei der Druckluftnutzung



- Kompressorverlust
- Druckverlust, Reduzierventile
- An- und Nachlaufverluste
- Motorverlust
- Aufbereitung
- Umwandlungsverlust
- Leckageverlust
- Nutzenenergie in der Anwendung

Abbildung 4.2: Verluste bei der Druckluftnutzung/
Quelle: [GL003]

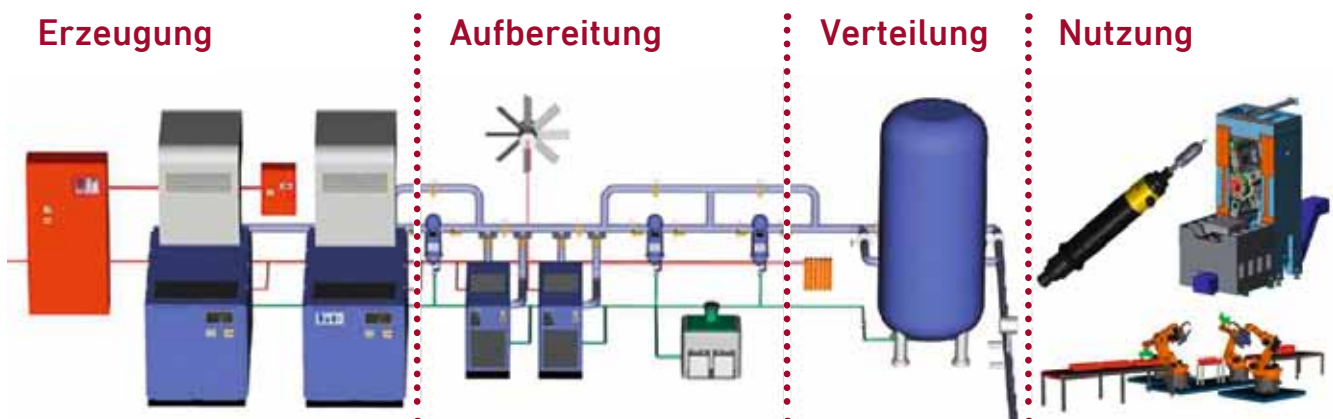


Abbildung 4.1: Schema Druckluftsystem/Quelle: [IPT16]

4.2 Optimierungspotenziale bei Druckluftsystemen

Besteht keine Möglichkeit Druckluft als Energieträger zu ersetzen, sollte eine Optimierung des Systems in Betracht gezogen werden, um eine Minimierung der Druckluftverluste und Steigerung der Energieeffizienz gewährleisten zu können.



Folgende Energieeffizienzmaßnahmen sind möglich

Erzeugung	Aufbereitung	Verteilung	Nutzung
Optimale Kompressorauswahl und -größe	Regelmäßiger Filteraustausch	Dimensionierung und Verteilungsführung	Substitution von Druckluftgeräten
Wärmerückgewinnung	Anpassung/Auslegung nach Bedarf	Reduzierung der Druckverluste	Optimierter Druck (Nachverdichter)
	Dimensionierung und Bauarten	Verminderung der Leckagen	Gewissenhafter Umgang

4.3 Erzeugung

Die für den Betrieb von Pneumatik-Systemen erforderliche Druckluft wird von Verdichtern beziehungsweise Kompressoren erzeugt.

Kompressoren sind in unterschiedlichen Bauarten und Größen erhältlich. Durch eine optimale Kompressorauswahl und -größe können die vom Erzeugungsprozess resultierenden Verluste minimiert werden. Die Abbildung 4.3 stellt die Kompressorarten dar:

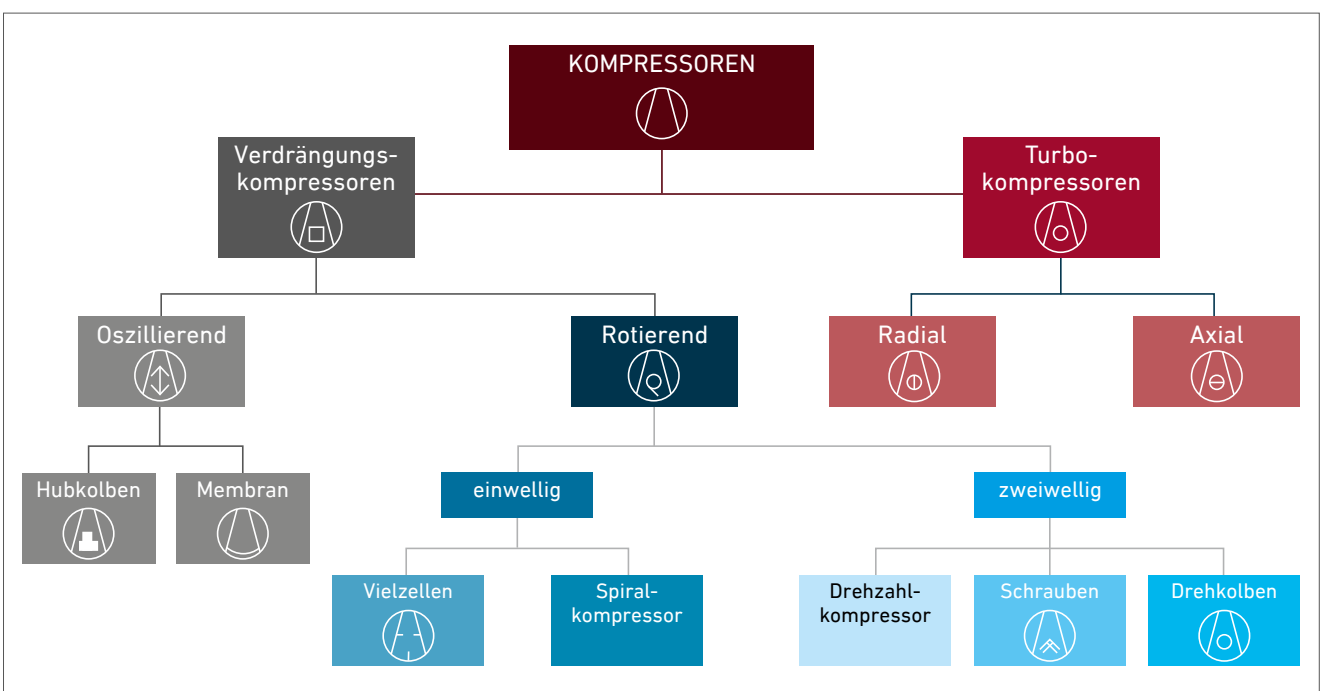


Abbildung 4.3: Kompressorarten/Quelle: [DEN03]

Die Auswahl des Verdichters erfolgt nach Bedarf der benötigten Liefermenge, des Drucks sowie der Art der Anforderung (Regelmäßigkeit/Unregelmäßigkeit des Bedarfs). [DEN10]

Anhand der Abbildung 4.4 kann das Leistungspotenzial verschiedener Kompressoren aufgezeigt werden.

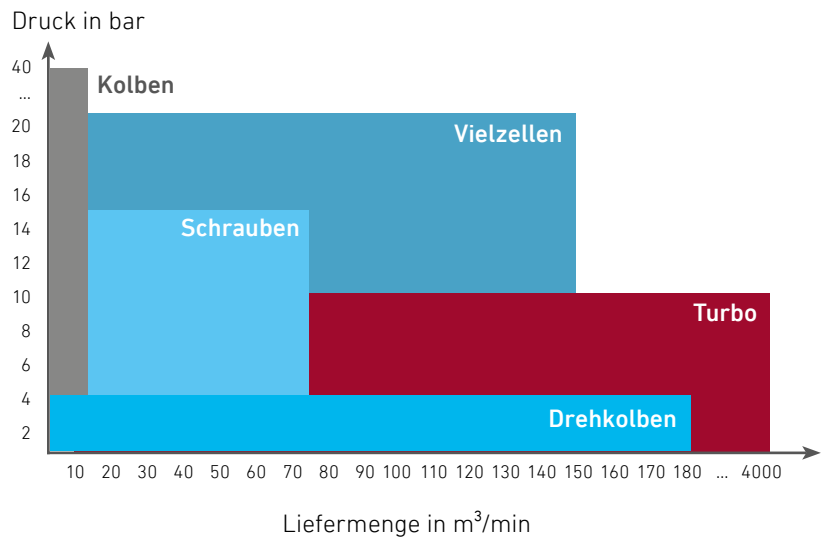


Abbildung 4.4: Leistungspotenziale der Kompressorarten/Quelle: [DEN03]

4.3.1 Wichtige Kompressorbauarten

Zu den wichtigsten Kompressorbauarten gehören der Kolben-, Membran- und Turbokompressor:

Kolbenkompressor

Der Kolbenkompressor arbeitet nach dem Verdrängerprinzip. Während des Abwärtshubes wird Luft über das Saugventil [1] angesaugt. Dieser schließt zu Beginn des Aufwärtshubes und die Luft wird über das Druckventil [2] ausgestoßen. [DEN10]

Merkmale des Kolbenkompressors

- > Verdichtung auf hohe Enddrücke möglich
- > Eignung für geringste Einschalthäufigkeiten
- > Hohe Verdichtungstemperatur [DEN10]

Membrankompressor

Der Membrankompressor gehört zu den Verdrängerkompressoren. Die Verdichtung wird von einer elastischen Feder erzeugt. Die Membrane, welche in nicht lineare Schwingungen versetzt wird, kommt anstelle des Kolbens zum Einsatz. [DRU16]

Merkmale des Membrankompressors

- > Großer Zylinderdurchmesser
- > Kleiner Hub
- > Bei niedrigen Drücken wirtschaftlich

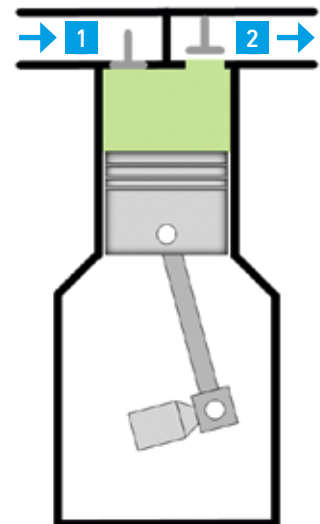


Abbildung 4.5: Funktionsprinzip des Kolbenkompressors/Quelle: [DEN03]

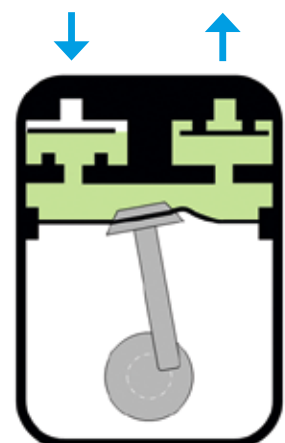


Abbildung 4.6: Funktionsprinzip des Membrankompressors/Quelle: [DEN03]

Turbokompressor

Der Turbokompressor ist ein dynamischer Verdichter, bei dem das zu verdichtende Gas an einem Laufrad beschleunigt wird. Die Geschwindigkeitsenergie wird, durch feststehende Leitapparate an den Schaufeln, in Druckenergie umgewandelt. [DEN10]

Merkmale des Turbokompressors

- › Hohe Wirtschaftlichkeit für große Druckluftmengen
- › Für hohe Drücke nicht gut geeignet
- › Empfindlich gegen verschmutzte Ansaugluft
- › Ruhiger Lauf [DEN10]

4.3.2 Wärmerückgewinnung

Die gesamte Antriebsenergie, welche zur Erzeugung der Druckluft benutzt wird, wird in Wärme umgewandelt. 90 % der resultierenden Wärme kann theoretisch wiederverwendet werden. [DEN10] Zur wirtschaftlichen Nutzung der Abwärme muss zunächst ermittelt werden, wo sie auftritt. Das Nachrüsten einer Wärmerückgewinnungsanlage für die Abwärme eines kleinen Kompressors ist zu aufwändig und nicht wirtschaftlich. Deshalb ist ein Nachrüsten nur bei größeren Kompressoren wie Schrauben- oder Kolbenkompressoren zu empfehlen.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Einschaltdauer des Kompressors. Je höher die Einschaltdauer, desto sinnvoller wird das Nutzen der Abwärme, da sie kontinuierlich genutzt werden kann. [DRU16]

Hauptanwendung der Wärmerückgewinnung

Voraussetzung zur Nutzung der Raumheizung ist ein luftgekühlter Kompressor, über den die Kühlluft gezielt hinweg geführt wird. Sie gilt als die wirtschaftlichste Art der Wärmerückgewinnung, da die gesamte Wärme, inklusive der abgestrahlten Wärme im Verdichter, genutzt wird. Die erwärmte Kühlluft kann über ein Kanalsystem oder im Idealfall über benachbarte Räume weitergeführt werden.

Vor Installation einer Raumheizung sollten die Installationskosten abgewogen werden, da diese im Verhältnis zu den gesparten Energiekosten sehr hoch sein können. Zudem sollte geprüft werden, ob genügend Abwärme zur Verfügung steht und damit das Nachrüsten einer Wärmerückgewinnungsanlage wirtschaftlich sein könnte. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Raumheizung im Sommer zu meist ungenutzt bleiben wird. [DRU16]

Wärmeenergie ist wesentlich günstiger als elektrische Energie, deshalb sind die Leckageüberwachung und der Einsatz effizienter Druckluftverbraucher wichtiger einzustufen. [DEN10]

4.4.3 Systemdruck

Druckluftwerkzeuge und komplette Druckluftanlagen sind meist mit höheren Drücken beaufschlagt als notwendig. Durch eine Absenkung des Druckes bereits um 1 bar, können Energiekosten von etwa 6-10 % gespart werden.

Eine Möglichkeit zur Steigerung der Druckluffeffizienz ist das Abschalten der Anlage in produktionsfreien Zeiten. Falls das Abschalten des Kompressors jedoch nicht möglich sein sollte, kann eine Druckabsenkung außerhalb der Betriebszeit in Betracht gezogen werden, um eine Verringerung des Energiebedarfs gewährleisten zu können.

Benötigt die Druckluftanwendung einen höheren Druck als der Kompressor liefern kann, können Druckverstärker bzw. Druckbooster eingesetzt werden. Durch den Einsatz eines Druckboosters, kann eine Beaufschlagung der gesamten Anlage vermieden werden, da eine lokale Erhöhung möglich ist. So kann der Druck einer Anlage gesenkt und bestimmte Abschnitte oder Anwendungen weiterhin mit notwendigen, höheren Drücken betrieben werden.

4.4 Aufbereitung

Die richtige Druckluftaufbereitung ist für die Auswahl der Aufbereitungssysteme und zur Gewährleistung der Funktionssicherheit notwendig. Ohne Aufbereitung ist die Qualität der Druckluft für heutige Produktionsabläufe zu gering und wirkt sich entsprechend qualitätsmindernd auf die mit der Druckluft in Verbindung kommenden Produkte aus. Die Druckluftaufbereitung hat das Ziel, Qualität und Quantität der Druckluft zu steigern.

4.4.1 Trockner

Trockner dienen zur Entfernung des in der Luft vorhandenen Wassers beziehungsweise Öls. Man unterscheidet zwischen der Kälte-, Adsorptions- sowie Membrantrocknung, wobei der Membrantrockner nur eine untergeordnete Rolle spielt und deshalb nicht weiter behandelt wird.

Kältetrockner

Zur Verringerung des Feuchtegehalts der Druckluft findet der Kältetrockner Anwendung. Die Druckluft wird durch ein Kältemittel gekühlt und der enthaltene Wasserdampf scheidet in Form von Kondensat aus. [DRU16]

Merkmale der Kältetrockner

- › Hohe Wirtschaftlichkeit (die Kältetrocknung ist für ca. 90 % der Anwendungsfälle die wirtschaftlichste Methode)
- › Abscheidung von Fremdstoffen (fast 100 % aller Feststoffpartikel und Wassertropfen, welche größer sind als 3 µm, werden abgeschieden.)
- › Druckverlust im Trockner gering [DRU16]

Adsorptionstrockner

Der Unterschied zwischen dem Adsorptions- und Kältetrockner besteht darin, dass bei Verwendung des Adsorptionstrockners ein Trockenmittel verwendet wird. Die Feuchtigkeit wird vom Trockenmittel adsorbiert und muss regelmäßig unter Energieaufwand regeneriert werden. Der Energieverbrauch ist deshalb deutlich höher als bei Kältetrocknern. [DRU16]

Merkmale der Adsorptionstrockner

- > Einsatz bei kleineren Anlagen mit geringem Volumenstrom wirtschaftlich
- > Hohe Betriebskosten (die vom Druckluftsystem entnommene Regenerationsluft kann nicht weitergenutzt werden)
- > Einfacher Aufbau des Trockners
- > Einsetzbar bei hohen Umgebungstemperaturen [DRU16]

Fazit

Bei Verwendung von trockenlaufenden Kompressoren ist der Einsatz von Adsorptionstrocknern mit Wärmerückgewinnung und in allen anderen Fällen der Einsatz von Kältetrocknern zu empfehlen.

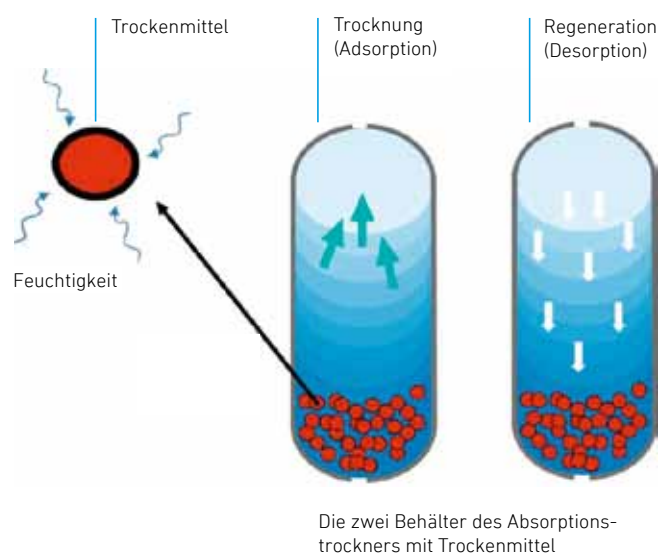


Abbildung 4.7: Funktionsweise des Adsorptionstrockners/Quelle: [DEN03]



Vorteile der Druckluftaufbereitung

- > Verbesserte, konstante Qualität der Produkte
- > Erhöhte Lebensdauer der Druckluft-Verbraucher
- > Druckluftleitungen kondensat- und rostfrei
- > Geringer Wartungsaufwand
- > Verringerung der Betriebsstörungen
- > Geringe Druckluftverluste durch Leckage und Strömungswiderstände

Nachteile der Druckluft ohne Aufbereitung

- > Verunreinigungen in der Druckluft in Form von Partikeln, Wasser und Öl beeinträchtigen Funktionen des Druckluftnetzes
- > Schneller Verschleiß von Dichtungen
- > Störungen der Produktionsanlagen
- > Höherer Wartungsaufwand
- > Beschädigungen der Produkte [DRU16]

4.4.2 Filter

Die Regel für die Aufbereitung lautet: Soviel wie nötig, so wenig wie möglich. Zusätzlich verbaute Filter müssen gewartet werden und führen zudem zu einem höheren Druckabfall.

Je höher der Filtrationsgrad, desto höher ist der resultierende Differenzdruck. Dies führt zu einem hohen Energieaufwand des Kompressors. [DEN10]

In Abb. 4.8 sind die Einsparpotenziale und der Energiekostenanteil des Kompressors dargestellt, um den vom Filter verursachten Druckabfall auszugleichen. Durch die Wahl eines geeigneten Filters, können relativ hohe Einsparungen erzielt werden. Ebenso von hoher Wichtigkeit ist der jährliche Filteraustausch, spätestens bei einem Differenzdruck von 350 mbar. [DEN10]

Jährliche Energiekosten in Euro

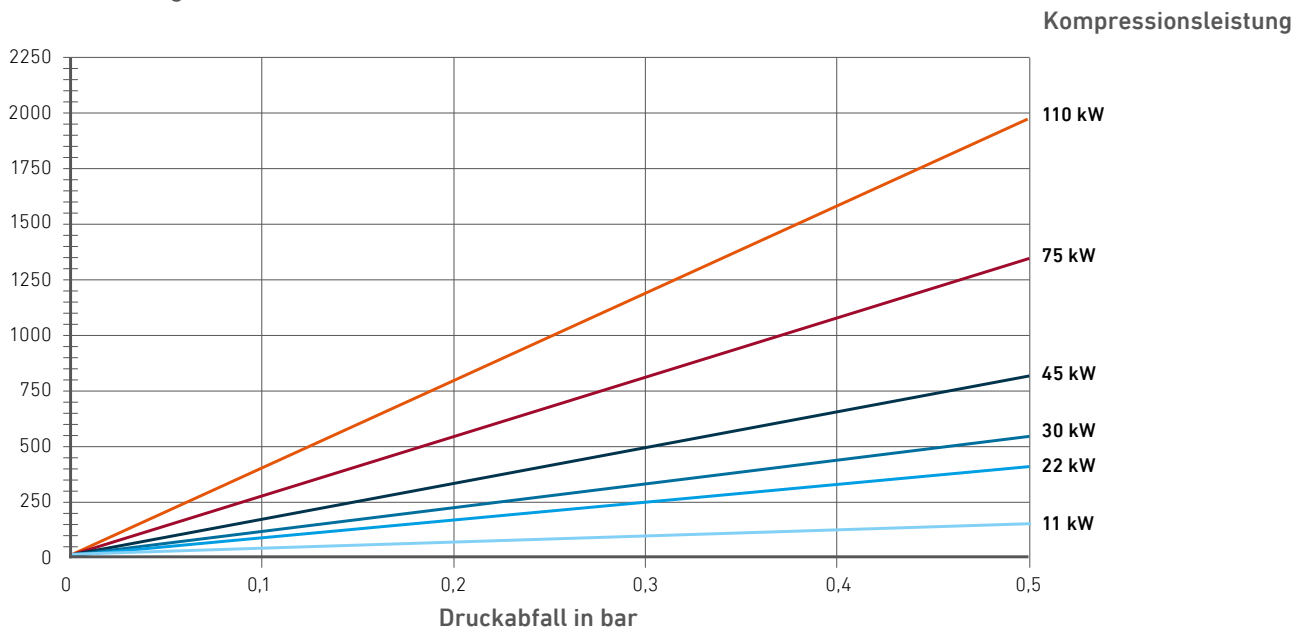


Abbildung 4.8: Energiekosten durch Druckabfall/Quelle: [DEN03]

4.5 Verteilung

Die sachgemäße Verteilung der Druckluft in einem Druckluftsystem wird von Produktionsstätten weniger wertgeschätzt als die Erzeugung und Aufbereitung jener, obwohl sie die schnell umsetzbaren Einsparpotenziale bietet. Eine schlechte Druckluftverteilung, welche des Öfteren durch Leckagen verursacht werden, führt aufgrund der Unauffälligkeit und des mangelnden Wissens zu enormen Kosten. [DEN10]

4.5.1 Leckagen

Der durch Leckagen verursachte Verlustanteil wird als „Verlustrate“ bezeichnet. Die Zielsetzung, eine Leckagerate von 0 % durch die „Null-Fehler-Produktion“ zu erreichen, ist die Qualitätsphilosophie vieler Unternehmen, auch wenn diese nahezu unerreichbar ist. Die folgende Abbildung 4.9 zeigt Leckageraten der Druckluftnetze von Teilnehmern des IHK Unternehmenszirkels „Kosten- und energieeffiziente Druckluftsystem“. [DEN10]

Leckagen treten des Öfteren im ersten Abschnitt auf (Steckkupplungen, Schläuche, Armaturen, defekte oder schlechte Werkzeuge etc.). Abbildung 4.10 veranschaulicht die jährlichen Energiekosten durch Leckagen bei einem Strompreis von 0,055 Euro die Stunde.

Wegen des kontinuierlichen Verbrauchs der Druckluft (365 Tage im Jahr und 24 Stunden pro Tag) erreichen Leckagen oft ungeahnte Größenordnungen. [NIF15b]

Durch die Reduzierung des Systemdrucks können Leckageverluste verringert werden.

Die absolute Leckagemenge ist direkt proportional abhängig zum absoluten Netzdruck. Durch Verringerung des mittleren Druckes von 8 bar auf 7 bar geht die Leckagemenge um 1/8 zurück. [DEN10]

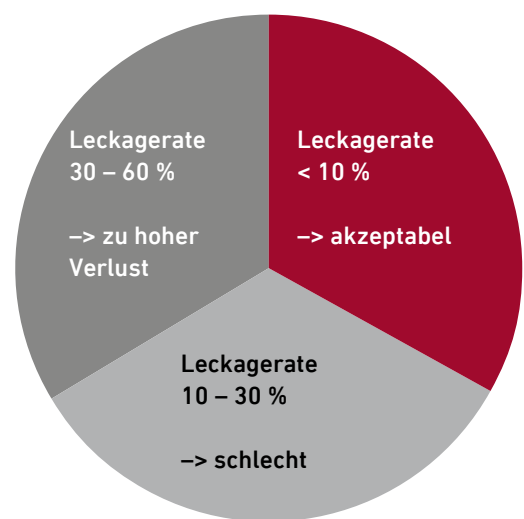


Abbildung 4.9: Leckageraten der untersuchten Unternehmen/Quelle: [DEN03]

Abbildung 4.10: Jährliche Energiekosten durch Leckage/Quelle: [DEN03]

Lochdurchmesser (mm)	Luftverlust bei 6 bar (l/s)	Luftverlust bei 12 bar (l/s)	Energieverlust kWh bei 6 bar	Energieverlust kWh bei 12 bar	Kosten bei 6 bar	Kosten bei 12 bar
1	1,2	1,8	0,3	1,0	144 €	480 €
3	11,1	20,8	3,1	12,7	1.488 €	6.096 €
5	30,9	58,5	8,3	33,7	3.984 €	16.176 €
10	123,8	235,2	33,0	132,0	15.840 €	63.360 €



Folgende Maßnahmen können zur Verringerung des Systemdrucks und Steigerung der Energieeffizienz durchgeführt werden

- > Verringerung der Druckluftverluste in Leitungen und Leitungszubehör
- > Das für die Anlage benötigte Druckniveau nicht überschreiten
- > Regelmäßige Kontrolle von Lötstellen, Verschraubungen, Kupplungen, Dichtungen, Löchern und Leitungen
- > Bei schwankendem Bedarf einen größeren Druckluftbehälter als Puffer einbauen [DEN10]

Außerhalb der Produktion können folgende Maßnahmen zur Vermeidung von Leckagen genutzt werden

- > Ausschalten des Kompressors in produktionsfreier Zeit (über Nacht beziehungsweise am Wochenende)
- > Falls die Abschaltung der Verdichter nicht realisierbar ist, sollte eine Druckabsenkung außerhalb der Betriebszeit in Betracht gezogen werden. Dies hat eine Verringerung der Leckagemenge und des Energiebedarfs zur Folge
(Druckabsenkung von 1 bar spart Energiekosten von 6 -10 %)
- > Absperrreinrichtungen für Hallenabschnitte, welche nicht genutzt werden [DEN10]

Zur Lokalisierung der Leckagen hilft in den meisten Fällen das Ohr. Durch Hören können zumeist alle Leckagen aufgespürt werden. Kleine Leckagen, die mit dem Ohr nicht zu hören sind, sind durch Fühlen festzustellen.

Zudem können auch Hilfsmittel wie Spray oder das in den vorherigen Kapiteln angesprochene Ultraschallmessgerät verwendet werden. Der Einsatz dieses Geräts ist für kleine bis mittlere Leckagen sinnvoll.

4.5.2 Druckluftverluste in Leitungen

Die Wichtigkeitsstufe von Leitungen für Unternehmen ist im Verhältnis zur Erzeugung und Aufbereitung der Druckluft relativ gering, obwohl eine Außerachtlassung der Leitungen zu enormen Druckluftverlusten führen kann.

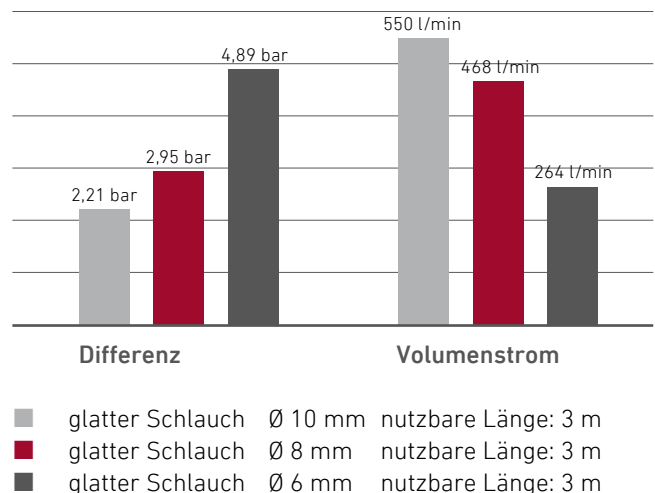
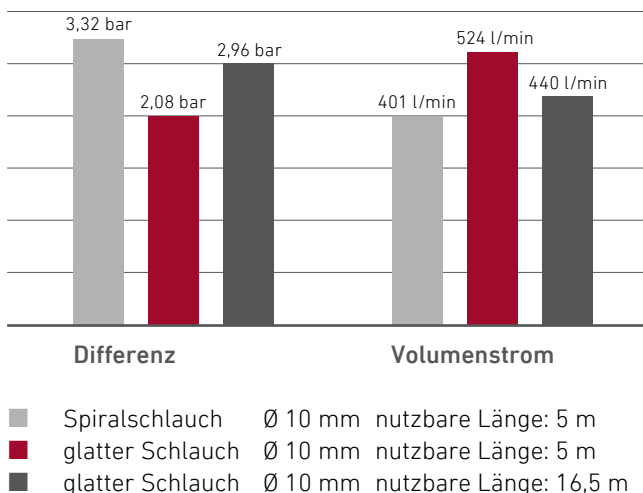
Je nach Form, Länge und Durchmesser fällt der Verlust unterschiedlich aus. Abbildung 4.11 und 4.12 zeigen Druckdifferenzen und Volumenströme bei Anwendung von Spiralschläuchen und glatten Schläuchen unterschiedlicher Länge und Durchmesser.

Rohrleitungen können ebenfalls zu hohen Druckverlusten führen. Abbildung 4.13 zeigt die jeweiligen Formen und den daraus resultierenden Druckabfall.

Die Verluste entstehen durch folgende Eigenschaften

- > Lange Leitungen
- > Kleine Innendurchmesser
- > Unnötige Verzweigungen
- > Verengungen
- > Armaturen und Anschlüsse [NIF15b]

Auswertung Druckdifferenzen und Volumenströme



Abbildungen 4.11 und 4.12: Auswertung der Druckdifferenzen und Volumenströme/Quelle: [IPT16]

4.5.3 Verluste durch Druckluftwerkzeuge

Fließdruck

Zur Steigerung der Effizienz ist die korrekte Auslegung der Druckluftanlage, vom Verdichter bis zum Werkzeug, von hoher Relevanz.

Druckluftwerkzeuge sind auf einen Arbeitsdruck von etwa 6,3 bar ausgelegt. Mit einer zu geringen Beaufschlagung des Fließdruckes zwischen 3 und 5 bar, sind die Werkzeuge des Öfteren um 1-3 bar falsch dimensioniert. Je kleiner der dynamische Druck (Fließdruck), desto geringer ist der Materialabtrag. [DEN10] Als Beispiel ist der Materialabtrag einer Winkelschleifmaschine in Abbildung 4.14 dargestellt. Je höher die Anzahl der Werkzeuge, desto höher fallen die Verluste aus. Daher ist die Anzahl der druckluftbetriebenen Werkzeuge von hoher Relevanz. Zudem können durch regelmäßige Kontrollen die Funktionstüchtigkeit der Druckluftwerkzeuge überprüft und damit Druckverluste minimiert werden. Je länger die Druckluftwerkzeuge im Einsatz sind, desto höher fallen die Druckluftverluste aus und desto höher ist die Wahrscheinlichkeit des Ausfallens von Anlagen.

Druckluftpistolen

Häufig ist der Einsatz von Druckluftpistolen in Produktionsstätten vonnöten, welcher zugleich einen hohen Druckluftverlust mit sich bringt. Durch den sensiblen Umgang der Anwender kann der Druckluftverbrauch ebenfalls minimiert werden. Abbildung 4.15 stellt die Verluste von Druckluftpistolen mit einer Standarddüse, Dämpferdüse, Standarddüse und Drossel sowie einer Verlängerungsdüse dar.

Elektrische Werkzeuge

Als Alternative für Druckluftwerkzeuge ist die Verwendung von elektrischen Werkzeugen möglich. Durch den Einsatz jener können 95 % der eingesetzten Energie gespart und eine bessere Steuerung und Überwachung gewährleistet werden. Nachteilig sind jedoch die zu hohen Investitionskosten für elektrische Werkzeuge. [NIF15b]

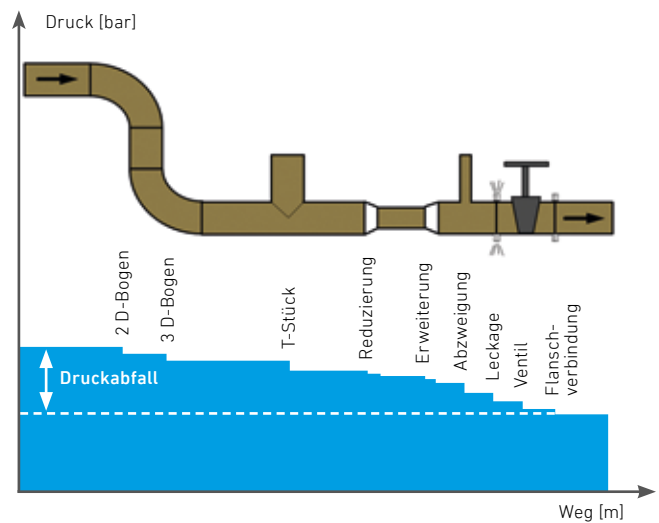


Abbildung 4.13: Druckabfall im Rohrleitungsnetz/Quelle: [DEN03]

Arbeitsdruck in bar	Materialabtrag in kg/h
6,3	5,5
5,8	4,5
5,3	4,0

Abbildung 4.14: Materialabtrag einer Winkelschleifmaschine/Quelle: [DEN03]



Folgende Maßnahmen zur Verringerung des Druckluftverbrauchs beim Einsatz von Druckluftpistolen sind möglich

- > Anpassung an die Aufgabe
- > Einbau von Drosselventilen
- > Reduzierung des Druckniveaus
- > Kleinere Düsendurchmesser [NIF15b]

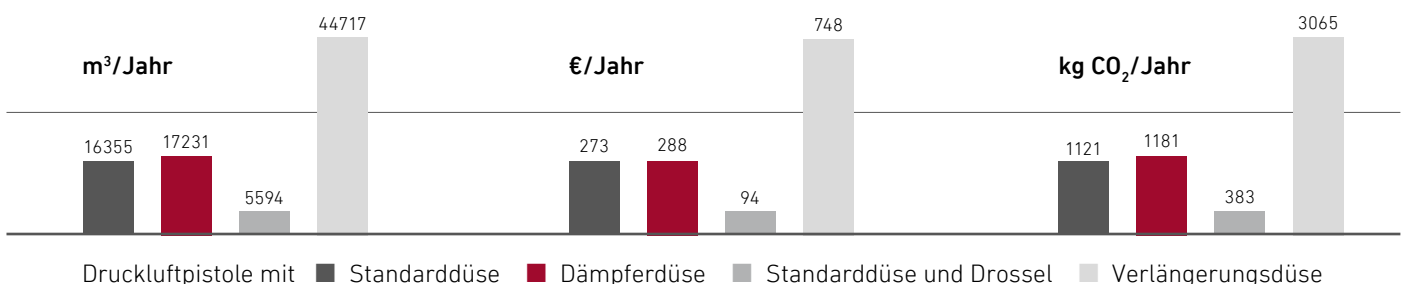


Abbildung 4.15: Druckluftverluste beim Einsatz einer Druckluftpistole/Quelle: [IPT16]

4.6 Nutzung

Die Nutzung spiegelt die Einflussmöglichkeiten zu Verringerung der Druckluftverluste in der Produktion wieder.

Bei der Beschaffung von Werkzeugmaschinen sind Eigenschaften, wie niedriges Druckniveau, Anschluss für einen Nachverdichter, Verwendung verlustarmer Bauteile und das Berücksichtigen von Anforderungen an eine gute Druckluftqualität, von hoher Relevanz. [NIF15b]



Folgende Maßnahmen zur Verringerung der Druckluftverluste während der Nutzung können getroffen werden

- > Substitution von Druckluft
- > Dimensionierung der Druckluftanlagen
- > Begrenzung des Druckverbrauchs durch Zusatzkomponenten
- > Beschaffung von Werkzeugmaschinen [NIF15b]

5 Anhang

5.1 Quickcheck

Werkzeuge und Arbeitsmittel	JA	NEIN
Sind viele Druckluftwerkzeuge im Einsatz? (>5)		
Werden die Werkzeuge regelmäßig kontrolliert? Sind sie lange im Einsatz?		
Werden Druckluftpistolen ohne Drossel verwendet?		
Werden Druckluftpistolen mit kleinem Düsendurchmesser verwendet?		
Sind Werkzeuge oder Maschinen wegen Druckluftproblemen schon einmal ausgefallen?		
Ist der Netzdruck wesentlich höher als der benötigte Druck an der Werkzeugmaschine?		
Liegt der Druck bei Verwendung von Druckluftwerkzeugen im optimalen Bereich? (ca. 6 - 6,5 bar)		

Leckagen und Druckverluste	JA	NEIN
Werden Spiralschläuche verwendet?		
Gibt es sehr dünne Schläuche?		
Sind unnötig lange Schläuche im Einsatz?		
Gibt es viele Verteilstücke oder Abzweigungen im Druckluftsystem?		
Wurde das Druckluftsystem nachträglich erweitert?		
Ist die Druckluft die ganze Zeit am Netz angeschlossen (d.h. niemals abgesperrt)?		
Hören Sie Leckagen (z.B. in produktionsfreier Zeit)?		
Fühlen Sie Leckagen?		
Wurde der Druckluftbereich in den letzten 2 Jahren auf Leckagen geprüft? (Ultraschall)		
Werden Teilnetze auch in produktionsfreier Zeit mit Druckluft versorgt?		
Wird die Druckluft nur bis zur tatsächlich benötigten Qualität aufbereitet?		
Wird der für die Anlage wirtschaftliche Trockner eingesetzt?		
Wurde entsprechend den Anforderungen die richtige Kompressorbauart gewählt?		
Wird bei der Auswahl der Filter auf einen geringen Druckabfall und eine gute Durchflusskapazität geachtet?		
Sind die eingesetzten Filter verschmutzt?		

6.3 Quellenverzeichnis

- [DEN03] DENA - Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2003
- [DEN10] DENA – Deutsche Energie-Agentur GmbH: Druckluffteffizient, August 2010
- [DO12] <http://www.1-2-do.com/wissen/Pneumatik>
- [DRU16] <http://www.drucklufttechnik.de>
- [FES97] Festo Bedienungsanleitung Version 9709 A - <https://www.festo.com>
- [FES11] Festo Bedienungsanleitung Version 1103 a - <https://www.festo.com>
- [FES14] Festo Bedienungsanleitung Version 1409 c - <https://www.festo.com>
- [FES15a] Festo, Filterregelventile MS-LFR, Baureihe MS, NPT, Auflage 03/2015
- [FES15b] Festo, Abzweigmodule/Verteilerblöcke MS-FRM, Baureihe MS, Auflage 11/2015
- [FES15c] Festo, Sensoren Handbuch, Auflage 06/2015 - <https://www.festo.com>
- [FES15d] Festo Bedienungsanleitung Version 1511 h - <https://www.festo.com>
- [FES16a] <https://www.festo.com/wiki/>
- [FES16b] https://www.festo.com/cms/de_de/15275.htm
- [FES16c] Festo, Einschalt-/Druckaufbauventile MS-EM/EE/DL/DE, Baureihe MS - Auflage 01/2016
<https://www.festo.com>
- [FRA13] <http://fragenantworten.info.de>, 2013
- [GL003] Gloor, Rolf: 12 Analysen von Gloor, 2003 - <http://energie.ch/druckluft>
- [HOE12] Hoerbiger, Ausgabe 05/2012 - <http://www.hoerbiger.com>
- [HRH16] Hinsenkamp, Gert/Reinhardt, J./Hager, Michael: EnergieAgentur.NRW
<http://www.energie-im-unternehmen.de>
- [IPT16] Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Institut für Produktionstechnik
- [NIF15a] NiFaR Handbuch Messkoffer
- [NIF15b] NiFaR Handbuch – Schulungsmodul Druckluffteffizienz in Theorie und Praxis
- [RUP98] Ruppelt, Erwin: Druckluft-Handbuch, Vulkan-Verlag, Essen, 1998
- [SAN09] Dr. Santer zur Horst-Meyer, SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH, 2009
- [SIL13] Silvent AB - <http://www.silvent.com>, 2013
- [ULD08] ULD300_Rev002 Bedienungsanleitung, Amprobe Test Tools, 2008

Bildmotive

Titelmotiv: © Institut für Produktionstechnik

Wie steht es um Ihren Energieverbrauch?

Die Allianz für die Region GmbH bietet in Kooperation mit der Niedersächsischen Lernfabrik für Ressourceneffizienz e.V. (NiFaR), Unternehmen und Energieberatern aus der Region die Möglichkeit Messgeräte zur Erfassung von Energieflüssen zu leihen.

Folgende Messgeräte stehen zur Auswahl:

- > Energiemesskoffer
 - Erfassung von elektrischer Leistungsaufnahme
 - Erfassung von Druckluftverbräuchen
- > Wärmebildkamera
- > Ultraschallmikrofon zur Leckageüberprüfung des Druckluftnetzes
- > Beleuchtungsstärkemesser
- > Infrarotthermometer für berührungslose Temperaturmessungen
- > Leitfäden für die Ermittlung von Einsparpotenzialen

Die Messgeräte unterstützen die energetische Bestandsaufnahme eines Unternehmens in folgenden Bereichen:

- > Elektrische Leistungsmessung
- > Druckluftverbrauch und -leckage
- > Erfassung der Beleuchtungssituation
- > Analyse von Wärme-/ Kältebrücken.

Nach einer Sicherheits- und Bedienungseinweisung können die Geräte selbstständig verwendet werden.

Zur Unterstützung der energetischen Bestandsaufnahme und Optimierung, werden Leitfäden für folgende Bereiche kostenlos mit ausgegeben:

- > Energieeffiziente Beleuchtung
- > Energieeffizienz bei Druckluftanlagen
- > Energieeffiziente Abwärmenutzung

Die Messgeräte stehen den Mitgliedsunternehmen des Energiemanagement-Clubs, der KIM-Gruppe (Kooperationsinitiative Maschinenbau e. V.) und den Mitgliedern der Regionalen EnergieAgentur e. V. zwei Wochen pro Jahr kostenlos zur Verfügung. Die Unternehmen und Energieberater der Region sind herzlich eingeladen, die Messmittel zu nutzen. Der Energiemesskoffer und die Handmessmittel können gegen eine Gebühr von jeweils 100 € pro Woche angemietet werden.

Kontakt: Sven Pape

sven.pape@allianz-fuer-die-region.de
Telefon 0531 1218-205

Weitere Informationen erhalten Sie unter:

www.allianz-fuer-die-region.de → Handlungsfeld „Energie, Umwelt und Ressourcen“ → Energieeinsparpotenziale ermitteln oder unter **www.regionale-energieagentur.de** → Unternehmen.



Messkoffer (oben) und Wärmebildkamera (unten).



Allianz für die Region GmbH

Frankfurter Straße 284 · 38122 Braunschweig

Sven Pape

Energie, Umwelt und Ressourcen

Telefon +49 (0)531 1218-205

Mobil +49 (0)174 1812786

Fax +49 (0)531 1218-123

www.allianz-fuer-die-region.de

sven.pape@allianz-fuer-die-region.de