

# Energieeffizienz in Druckluftsystemen

## Topeinsparmaßnahmen

Konstantin Kulterer  
Österreichische Energieagentur  
Wien, 29. September 2021

## Inhalt

- Überblick über Technologiebereich
- Beschreibung und Potential ausgewählter Maßnahmen
- Best Practice Beispiele
- Zusätzliche Materialien

# Überblick über Technologiebereich

## Überblick über Technologiebereich

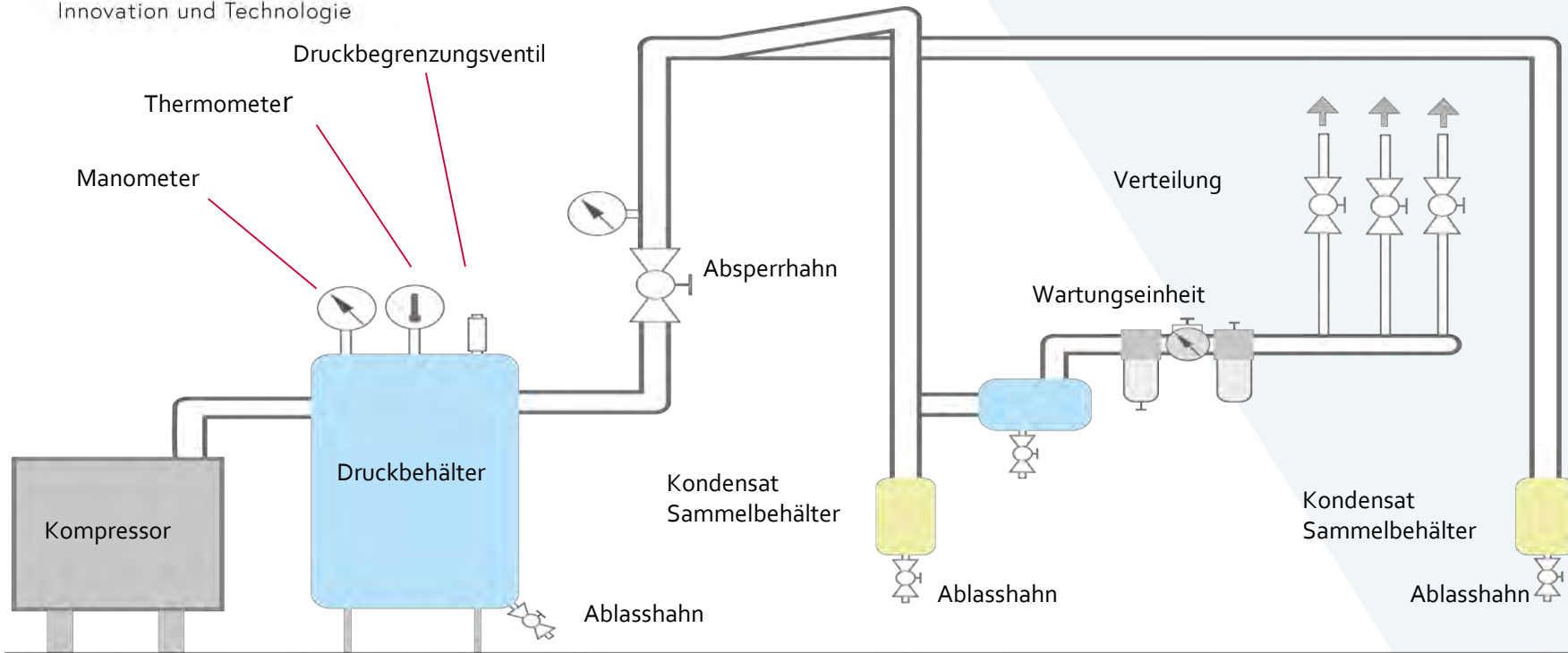
- Essentiell in der modernen Industrie
- Beinahe jede Produktion verwendet Druckluft an mindestens einem Punkt
- Durchschnittlich fallen 7 % bis 11 % der in der Industrie verbrauchten elektrischen Energie auf Druckluft
- Manche Sektoren: bis zu 20% (Glasindustrie sogar bis zu 40%) von deren Gesamtverbrauch an elektrischer Energie.
- Teuerste Form der Energie, aufgrund der schlechten Effizienz.

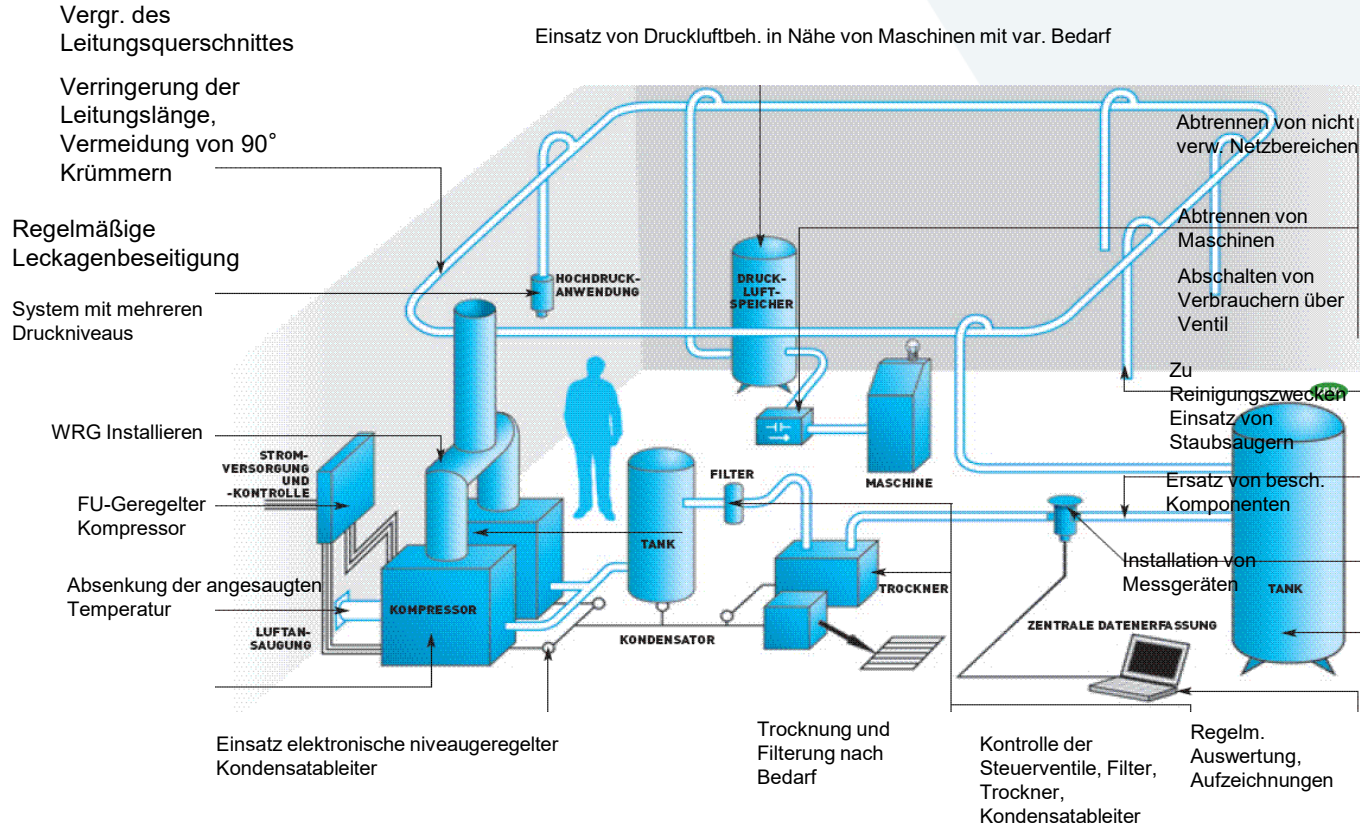
## Typische Anwendungsgebiete











- Automatisierung
- Transport
- Prozessluft
- Vakuum



Quelle: pxhere.com



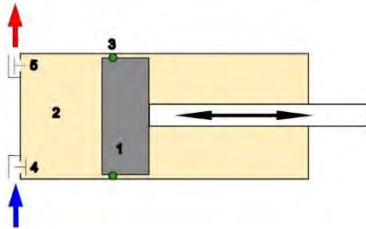


|   |      |   |
|---|------|---|
|  | 100% | Elektrische Leistung  |
|  | 10%  | Verluste im Antriebsmotor   |
|  | 90%  | Umwandlungsverluste im Kompressor (steht als Abwärme auf 80 °C zur Verfügung) |
|  | 90%  | Theoretische pneumatische Leistung (isothermische Verdichtung)                |
|  | 30%  | Verluste im Kompressor (Ansaugung, Lecks, Reibung ...)                        |
|  | 15%  | Anfahr- und Nachlaufverluste  |
|  | 5%   | Druckverluste in der Druckluftaufbereitung (Filter, Kältetrockner)            |
|  | 15%  | Druckverlust in Druckreduzierventilen und Leitungen                           |
|  | 10%  | Leckverluste an den Ventilen, Kupplungen und Schläuchen                       |
|  | 5%   | Umwandlungsverluste in den Druckluftanwendungen                               |
|  | 10%  | Nutzenergie in der Anwendung  |

Typischer Energiefluss einer 22 kW Druckluftanlage. (Quelle: 12 Analysen von Gloor, 2003)



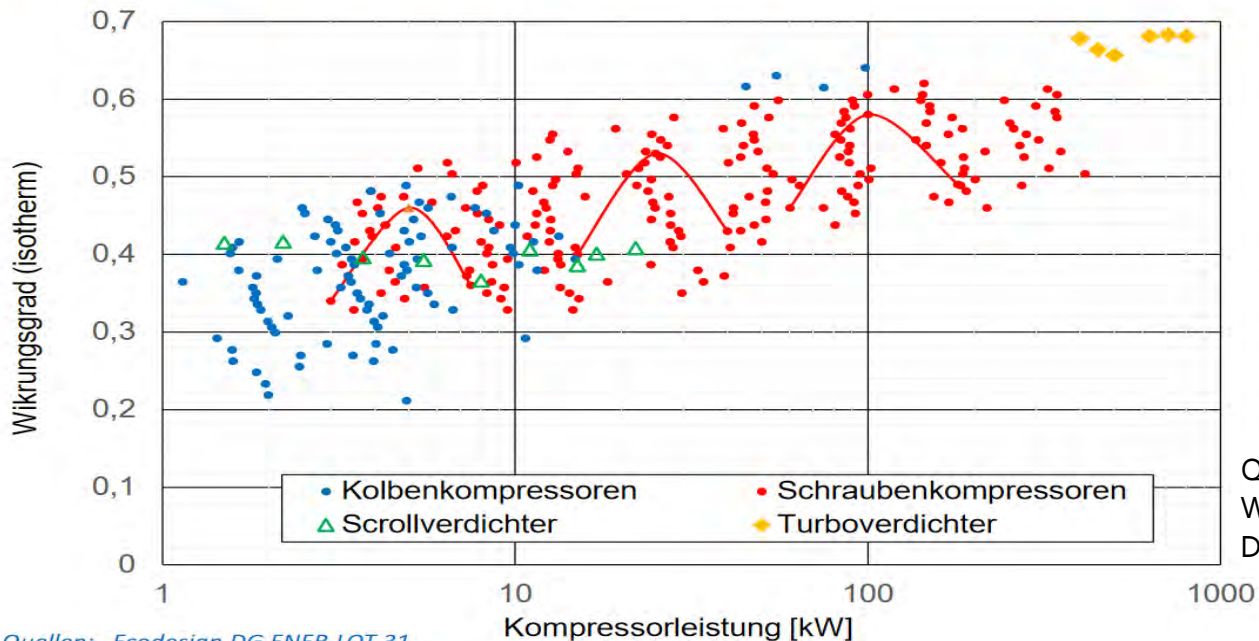
## Kompressorbauarten



- Schraubenverdichter
  - Rotierende Komponenten
  - Am häufigsten in Industrie
- Kolbenverdichter

Quelle: wikipedia.org (Users: Motorhead, Yyy) – Volumen verdrängt durch Kolben

## Wirkungsgrad Kompressoren



Quelle: Rolf Gloor, topmotors  
Webinar 14, Energieeffiziente  
Druckluftsysteme Sept 2020

Quellen: Ecodesign DG ENER LOT 31  
und Datenblätter Hersteller

## Regelung der Kompressoren

- Benötigt, um bereitgestellte Luftmenge an den Verbrauch anzupassen
- Start / Stop Regelung
- Volllast-, Leerlauf-, Aussetzregelung
- Drehzahlregelung
- Übergeordnete Regelung (Kaskadenregelung – Druckbandregelung)

## Luftqualität



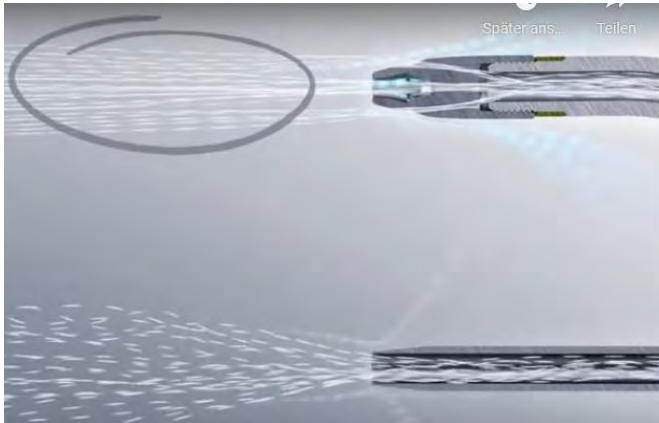
- Einige Anwendungen erfordern eine gewisse Luftqualität
- Partikel, Temperatur, Feuchtigkeit
- Spezielle Komponenten zur Druckluftaufbereitung
- Oft verschiedene Qualitäten in einem System benötigt

# Einsparmaßnahmen

## Optimierung von Druckluftverbrauchern

- Druckluftsubstituierung
  - Druckluftmotor benötigt 132 kW = 6,5 kW E-Motor
  - Elektrische Vakuumerzeugung
  - Druckluftlose Farbsprühanlagen
  - Moderne elektrische Schleifer

## Optimierung von Blasanwendungen



- Vermeidung offener Rohre für Blasanwendungen
- Einsparungen: 30-40 % kWh, -10 dB;

Quelle: <https://www.silvent.com/at/warum-gerade-silvent/die-silvent-technologie/>

## Geregelte Vakuum Ejektoren I

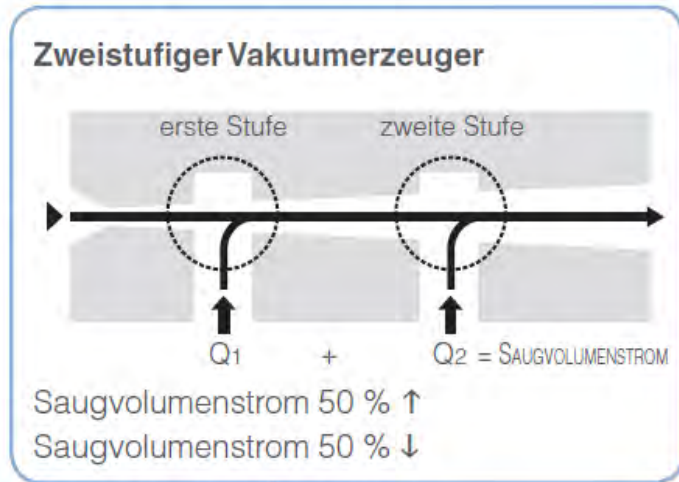


<https://www.smc.eu/de-de/produkte/promotion/vakuumeinheit-serie-zk2>

- Vakuumejektoren erzeugen nach Venturi-Prinzip mit Druckluft Unterdruck
- Für Palettieranlagen (Getränkeindustrie), Befüllen von Beuteln (Lebensmittelindustrie)
- Integration eines Vakuumschalters mit Energiesparfunktion: Bei Erreichung Einstelldruck bleibt Vakuum ohne Druckluftverbrauch bestehen;

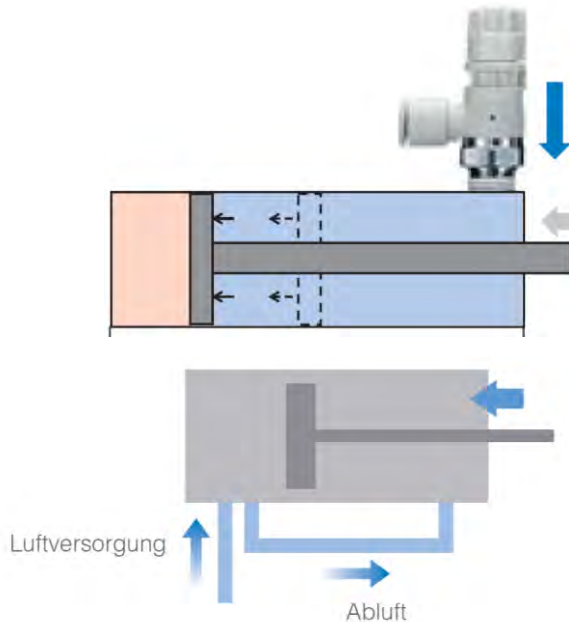


## Geregelte Vakuum Ejektoren II



- Möglichkeit zweistufiger Vakuumerzeugung:  
Saugleistung +50%,  
Druckluftverbrauch-30%
- Beispiel: Roboter Greifarm nimmt Kunststoffteil auf (alle 6 Sek), davon aber nur 0,6 Sek für Ansaugen notwendig
- Statt 153.000 m<sup>3</sup>/ 2.295 EUR; 10.440 m<sup>3</sup>/156 EUR; Einsparung um insgesamt 90% pro Jahr

## Zylinder mit Rückhub ohne Last



- In vielen Druckluftanwendungen nicht volle Zylinderkraft für nicht-produktivem Hub erforderlich.
- Energiesparende Drosselrückschlagventile reduzieren Druck für Rückhub im Zylinder auf 2 Bar, Einsparung von 30% Druckluft (bei 7 Bar Systemen)
- Oder: Einfahrhub wird direkt durch Abluft ausgelöst, Reduktion Luftverbrauch um 45%

## Abschalten der Anlage und Verbraucher – Beschreibung

- 95 % der Leckagen im Leitungs- und Verbraucherteil des Systems
- Keine Produktion -> komplett abschalten; Teilweises Abschalten möglich
  - Automatische Abkopplung des Netzwerks vom Kompressor
  - Standby Ventil reduziert Druck in Anlage bei kurzen Stopps automatisch, Abschalten bei langen Standzeiten
  - Manuelles Ab-/Anschalten des Systems

## Abschalten der Anlage und Verbraucher – Potential

- Hängt stark von Betriebszeiten ab
- Reduzierung der Laufzeiten um 20% bis 80% möglich (Beispiel 114 Betriebsfreie Tage, vorher: 1.136m<sup>3</sup>/Tag, nachher 144m<sup>3</sup>/Tag)
- Durchschnittliche Amortisationszeit < 3 Jahre
- Geringes Risiko



Quelle: pxhere.com

## Optimierung des Netzdruckes

- Netzdruckdifferenz sollte unter 1 bar liegen (Druckdifferenz zwischen Kompressorenddruck und Druck an Verbraucher)
- Versorgungsdruck über 7 bar hinterfragen
- Kompressorenddruck erheben
- Notwendigen und tatsächlichen Druck bei Maschinen und Werkzeugen erheben (Datenblätter bzw. Messung oder Manometerablese)
- **Bewertung: Senkung des Drucks um 1 bar, ca 7 % Energieeinsparung**

## Optimierung des Netzdruckes

- Viele Maßnahmen je nach Ursache für Druckabfall möglich
- ZUERST: Prüfung folgender Maßnahmen;
  - Luftaufbereitung optimieren: Regelmäßige Wartung der Filter und Trockner
  - Netzkomponenten optimieren (Filter, T-Stücke austauschen, Ersatz von flexiblen durch kurze gerade PU-Schläuche, nur auf letzten Metern Spiralschläuche, Schnellkupplungen hoher Qualität)
  - Hohes Druckniveau nur für einen Verbraucher oder Werkstatt notwendig?
    - Größere Ventile, Druckverstärker (Booster), getrenntes Netz
- DANN: Absenkung des Druckniveaus auf min. möglichen

## Reduktion von Leckagen – Beschreibung

- Simple, aber sehr effektive Maßnahme
- Systeme mit Leckagenanteil von 70% wurden schon beobachtet
- Hohe Kompressorlaufzeiten deuten auf hohen Leckagenanteil hin
- Mit einem Ultraschalldetektor lassen sich Leckagen sogar bei laufender Produktion aufspüren

## Häufige Leckagestellen

- Kupplungen: billige Schnellverschlusskupplungen aus Messing weisen hohen Leckageanteil auf
- Schläuche oder Dichtungen: PVC-Schläuche härten aus, Hanfdichtungen trocknen bei Installation neuer Trockner aus
- Pneumatischen Schaltkomponenten: Lose und undichte Stecknippel, beschädigte Ölabscheider, Undichte Verteiler
- Zylinder: Verschlissene Zylinderabdichtungen oder Anschlüsse, Undichtheiten innerhalb der Komponenten



## Reduktion der Leckagen durch folgende Maßnahmen

- Nachziehen von Schneidringverschraubungen
- Erneuern von Gewindeabdichtungen (Teflonband oder flüssige Gewindedichtmittel)
- Austausch von Zylindern, Ventilen, Kupplungen und Dichtungen
- Austausch von korrodierten oder beschädigten Leitungen

## Reduktion von Leckagen – Potential

- Einzelleckage mit 1mm Durchmesser kann bereits Mehrkosten verursachen von 150€/Jahr
- Vernünftiger Leckagenanteil: ~10% des Verbrauchs
- Durchschnittliche Amortisationszeit 3 – 6 Jahre
- Geringes Risiko
- Nicht-energiebezogene Vorteile
  - Geräuschreduktion



Quelle: pxhere.com

## Wärmerückgewinnung - Beschreibung

- 80% bis 93% der elektrischen Energie wird bei der Kompression in Wärme umgewandelt
- Die Abwärme kann mit Wärmetauschern rückgewonnen werden
- Einsatz für Gebäudeheizung, Prozesswärme, Trocknungsprozesse

## Wärmerückgewinnung – Potential

- Wasser kann um 50 K auf bis zu 85°C erhitzt werden/ oder Vorwärmung Luft
- Bis zu 80% der elektrischen Energie können über Abwärme zurückgewonnen werden
- Durchschnittliche Amortisationszeit 3 - 6 Jahre
- Geringes Risiko



Quelle: pxhere.com

## Weitere Maßnahmen

- Auslegung und Bauweisen der Kompressoren
- Übergeordnete Steuerung
- Netzwerkoptimierung

## Beispiele für Energiecheck Fragen I

- Kennen Sie den **Stromverbrauch und die Kosten** für Druckluft in Ihrem Betrieb?
- Werten Sie regelmäßig **Daten** dazu aus? (Ergänzung: Haben Sie Druckluftzähler?)
- Prüfen Sie regelmäßig das Druckluftnetz auf **Leckagen** und beheben Sie diese anschließend?
- Warten Sie regelmäßig die **Druckluftaufbereitung** (Ansaugfilter, Abscheider, Kältetrockner)?
- Kontrollieren Sie regelmäßig den **Netzdruck**?

## Beispiele für Energiecheck Fragen II

- **Schalten Sie Druckluftverbraucher ab**, wenn sie nicht benötigt werden und trennen Sie diese vom Druckluftnetz?
- Verwenden Sie beim Einsatz mehrere Kompressoren eine intelligente **übergeordnete Steuerung**?
- Ist der **Leerlaufanteil** der Kompressoren gering? (unter 30% bei Spitzenlastkompressoren)
- Haben Sie die Möglichkeit zur **Wärmerückgewinnung** genutzt?
- Prüfen Sie Druckluftanwendungen auf **Optimierung oder Ersatz**?

# Best practice Beispiele



## Gasteiner Mineralwasser



Quelle: Gasteiner Mineralwasser

- **Vorher:** Starrer Kompressor, Adsorptionstrockner
- **Nachher:** effizienter, drehzahlgeregelten Kompressor
- Kältetrockner mit Energiesparschaltung umgestellt.
- Hochrechnung von Messwerten von 6 Tagen: Einsparung 79.600 kWh/a

## Obersteirische Molkerei Knittelfeld



Quelle: Molkerei Knittelfeld

- 3 starre Kompressoren ohne übergeordnete Steuerung, Druckniveau (Erfahrungswerte), Leckagen
- Prüfung und Behebung Leckagen (196,5 MWh); geringerer Druckluftverbrauch: Erneuerung des Käsewerks (6,1 MWh); Neue FU-gesteuerte Kompressoren (126 MWh); Verbundsteuerung zur Reduktion Leerlaufzeit (16,2 MWh); Senkung Druckniveau

## Best practice – Rondo Ganahl AG



Quelle: Rondo Ganahl

- Kerngeschäft ist die Herstellung von Wellpappe Produkten und verschiedene andere Verpackungen
- Druckluft wird in jedem Abschnitt gebraucht
- 2 Kompressoren (90kW und 110kW)
- Selbst im Volllastbetrieb konnte Druckniveau gerade so auf benötigtem Level gehalten werden

## Best practice – Rondo Ganahl AG

- 55 Leckagen lokalisiert und kategorisiert und teilweise im Zuge eines Maschinenservices behoben
- Steuerungszyklen wurden danach optimiert, Druck im System wurde gesenkt
- Die Anschaffung eines zusätzlichen Kompressors konnte vermieden
- Einsparungen: 489.200 kWh (48.900 EUR)/a, 9%; Invest: 10.000 EUR
- Amortisationszeit: 0,2 Jahre

## Personalisierte Poster



### WAS KÖNNEN SIE TUN?

- ✓ Gibt es hörbare Leckagen?
- ✓ Werden Maschinen und Druckluftwerkzeuge außerhalb der Produktionszeit oder bei Nichtgebrauch mit Druckluft versorgt?
- ✓ Sind Spiralschläuche beschädigt?
- ✓ Wird mit Druckluft gereinigt?

#### Informieren Sie

Max Mustermann, DW 123

# Klimaaktiv Technologieschwerpunkt Druckluft

## Technologieschwerpunkt Druckluft

Halten Sie die Luft an – Der Anteil an den Gesamtergiekosten ist ein Indikator für den Stellenwert der Druckluft im Unternehmen. 70 bis 80 % der Lebenszykluskosten entfallen bei der Druckluft auf die Stromkosten.



### Die wichtigsten Maßnahmen

Als grobe Richtschnur für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit gilt, dass sich Abwärmenutzung für kontinuierlich betriebene Anlagen in zwei bis fünf Jahren rechnet. Die wichtigsten Einflussgrößen auf die Wirtschaftlichkeit sind unter anderem:

- Verbraucheroptimierung
- Abschalten von Anlagen und Verbrauchern außerhalb der Betriebszeiten
- Senkung der Leckagen
- Optimierung des Netzdruckes
- Verbesserung der Steuerung
- Reduktion des Leerlaufs
- Wärmerückgewinnung
- Handwörterzeuge kontrollieren

### Leckagen verursachen enorme Kosten – Tag für Tag, Jahr für Jahr

Sie kosten nicht nur während der Produktionszeiten bares Geld, sondern solange der Kompressor eingeschaltet ist und das Netz unter Druck steht! Werden Leckagen gezielt beseitigt, sind häufig Energiekosten-Einsparungen von bis zu 50 % möglich!

| Lochdurchmesser[mm]             | 1     | 3      | 5      |
|---------------------------------|-------|--------|--------|
| Luftverlust bei 6bar [l/s]      | 1,2   | 11,1   | 30,9   |
| Energieverlust kWh bei 6 bar    | 0,3   | 3,1    | 8,3    |
| Energieverlust pro Jahr [kWh]*  | 2.628 | 27.156 | 72.708 |
| Energieverlust pro Jahr [EUR]** | 315   | 3.259  | 8.725  |



Datenbasis: Dena, Berechnung: Annahme 8.760 Betriebsstunden pro Jahr, Strompreis Industrie: Annahme 0,12 EUR/kWh

### Effiziente Anlage als lohnende Investition

Wichtig ist es, schon bei der Anschaffung von Anlagen an die Energieeffizienz zu denken! Rund drei Viertel der Gesamtkosten einer Druckluftanlage machen die Energiekosten aus. Bereits nach einer halbjährigen Überstehen diese die Beschaffungskosten. Effiziente Anlagen amortisieren sich daher rasch und lohnen sich betriebswirtschaftlich.

02.2021

### DOWNLOADS

-  Fact Sheet - Druckluft (PDF 1,3 MB)
-  Audikleifaden zur Optimierung von Druckluftsystemen (PDF 482,9 kB)

### WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

-  Zu den Technologiepartnern im Bereich Druckluft
-  Interessante Beispiele im Bereich Druckluft

- [https://www.klimaaktiv.at/energiesparen/energieeffiziente\\_betriebe/technologieschwerpunkte/druckluft.html](https://www.klimaaktiv.at/energiesparen/energieeffiziente_betriebe/technologieschwerpunkte/druckluft.html)

# Auditleitfaden, Fact Sheet

## Auditleitfaden zur Optimierung von Druckluftsystemen

Wien, 2020

### Fact Sheet - Druckluft

Halten Sie die Luft an – Druckluft ist nicht nur vielseitig und flexibel einsetzbar, sondern auch ein wichtiger Kostenfaktor. Der Anteil an den Gesamtenergiekosten ist ein Indikator für den Stellenwert der Druckluft im Unternehmen. 70 bis 80 % der Lebenszykluskosten entfallen bei der Druckluft auf die Stromkosten.



SEK - stockphoto/andrei

#### Die wichtigsten Maßnahmen

Durch das Optimieren von Druckluftanlagen könne die Kosten um durchschnittlich ein Drittel gesenkt werden. Ein Großteil dieses Effizienzpotenzials kann mit Maßnahmen ohne große Investitionen genutzt werden.

- Verbraucheroptimierung
- Abschalten von Anlagen und Verbrauchern außerhalb der Betriebszeiten
- Senkung der Leckagen
- Optimierung des Netzdrucks
- Verbesserung der Steuerung
- Reduktion des Leerlaufs
- Wärmerückgewinnung
- Handwerkzeuge kontrollieren

- Leitfaden: Top-Einsparmaßnahmen mit Einsparbewertung
- Fact Sheet: 2 seiter zur Bewusstseinsbildung von Entscheidungsträgern

## Technologiepartner Druckluft





## Aktuelle Termine für Webinare

- 05. Oktober 2021 – Optimierung von Wärme- und Kälteverteilung
- 12. Oktober 2021 – Technische Isolierung
- 18. November 2021 – Technologie Fresh Up: Beleuchtung, Druckluft, Benchmarking
- 25. November 2021 – Technologie Fresh Up : Wärmepumpen, PV, KPC-UFİ Förderung

**[https://www.klimaaktiv.at/energiesparen/energieeffiziente\\_betriebe/schulungen.html](https://www.klimaaktiv.at/energiesparen/energieeffiziente_betriebe/schulungen.html)**

## Aktuelle Termine für Webinare

- 30. September 2021 – Webinar „Unternehmen umbauen: Erfahrungen auf dem Weg in Richtung Klimaneutralität“ Teil 2 - Jenbacher INNIO GmbH, Rattpack Flexibles GmbH
- 11. November 2021 – Teil 3 (Braucommune und weitere)

[https://www.klimaaktiv.at/energiesparen/energieeffiziente\\_betriebe/fachtagung.html](https://www.klimaaktiv.at/energiesparen/energieeffiziente_betriebe/fachtagung.html)

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Mag. DI Konstantin Kulterer  
Österreichische Energieagentur  
[konstantin.kulterer@energyagency.at](mailto:konstantin.kulterer@energyagency.at)