

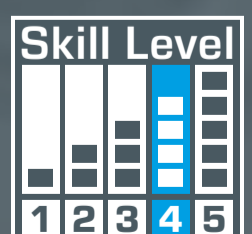
Technische Ausbildung neu gedacht

# GUNT DigiSkills 4



## Energieeffizienz bei Druckluftanlagen

Industrie 4.0 | Ausbildung 4.0



Inhaltsverzeichnis

<b>1   Grundlagen</b> Grundlagen Verdichter – Kennenlernen der Bauteile	<b>04</b>
1.1   Kennenlernen der Bauteile in der Druckluftanlage MT175	<b>06</b>
1.2   Funktionsgruppen der Druckluftanlage MT 175	<b>08</b>
<b>2   Funktion</b> Funktionsprüfung von Verdichtern und Druckluftanlagen	<b>10</b>
<b>3   Energie und Effizienz</b> Energetische Betrachtung	<b>12</b>
3.1   Umsetzung der energetischen Optimierung	<b>12</b>
3.2   Energieeffizienz und Wirkungsgrade	<b>14</b>

Vorwort

Wie kaum eine andere Berufsgruppe stehen die industriellen Metall- und Elektroberufe im Fokus, wenn es um **Digitalisierung** und **Industrie 4.0** geht. Die neue – für alle verbindliche – Berufsbildposition, Digitalisierung der Arbeit, verlangt die konkrete Umsetzung der Industrie 4.0 relevanten Kompetenzfelder und Ausbildungsinhalte. Konventionelle und innovative Techniken existieren nebeneinander und müssen beide gemeistert werden. Als **vertikale Integration von Lerninhalten** wird die neue Berufsbildposition: Digitalisierung der Arbeit, über die gesamte Ausbildungszeit im Ausbildungsbetrieb und in der Berufsschule vermittelt.

Das Lernprojekt DigiSkills 4 unterstützt bei der Ausbildung dieser Berufsgruppen. Gleichzeitig ist das Lernprojekt DigiSkills 4 auch für Universitäten und Hochschulen für die Fachbereiche Umwelttechnik, Energietechnik, Maschinenbau und Mechatronik sehr gut geeignet. Vorlesungen und Praktika zu den Themen Energiemanagement, Energietechnik und Drucklufttechnik werden durch das Lernprojekt DigiSkills 4 unterstützt.

GUNT kann Ihnen bei diesen komplexen berufspädagogischen Aufgaben helfen. Unsere praxisnahen, arbeitsprozessorientierten Lernprojekte, die perfekt geeignet sind, um digitale Kompetenzen zu entwickeln, stehen Ihnen **als Produktlinie GUNT DigiSkills** zur Verfügung.

Mit dem Lernprojekt **GUNT DigiSkills 4** Kompetenzen für die Arbeitswelt 4.0 entwickeln  
**interdisziplinär – digital**



Zur DigiSkills Website

Das Lernprojekt GUNT DigiSkills 4

Druckluft ist heute, neben der elektrischen Energie, der in Industrie und Handwerk am weitesten verbreitete Energieträger. Druckluft ist einfach zu produzieren, zu speichern und zu verteilen. Allerdings muss Druckluft mit erheblichen Kosten bereitgestellt werden und ist daher ein wertvoller und teurer Energieträger.

Es gibt viele Initiativen (auch staatliche), um Druckluftanwendungen in Betrieben energieeffizient zu gestalten. Die Einsparpotenziale sind vielfältig und hoch. Neben Senkung von betrieblichen Kosten spielt die Verbesserung der Klimasituation eine zentrale Rolle.

Das Thema „Energieeffizienz bei Druckluftanlagen“ des Lernprojekts DigiSkills 4 behandelt diese Einsparpotenziale. Das didaktische Konzept beinhaltet das Kennenlernen der Komponenten sowie deren Funktionsweise und Zusammenspiel. Einsparpotenziale werden festgestellt und analysiert, um im Weiteren einen energiesparenden Betrieb und die passende Auslegung von Druckluftanlagen erreichen zu können.

Das Erarbeiten von praktischen Aufgaben wird mittels Anleitungen und Informationen unterstützt.

Das **GUNT Media Center** stellt für alle Schritte des didaktischen Konzepts ein digitales Lernumfeld zur Verfügung. Im Verlauf dieser Broschüre sind Beispiele der digitalen Medien aus dem GUNT Media Center abgebildet. Sie finden Anregungen für eigene Aufgaben und konkrete vorgefertigte Aufgaben inklusive Lösungswegen und Beispiellösungen.

GUNT DigiSkills Lernprojekte



- 1** Technisches Zeichnen – Technische Kommunikation
- 2** Längenprüftechnik
- 3** Vorbeugende Instandhaltung
- 4** Energieeffizienz bei Druckluftanlagen
- 5** Robotik und Automatisierung

# 1 | Grundlagen

# 2 | Funktion

# 3 | Energie und Effizienz



MT141 Montageübung Kolbenverdichter



MT142 Energieeffizienz bei Kolbenverdichtern



ET500 Zweistufiger Kolbenverdichter



MT175 Energieeffizienz bei Druckluftanlagen

# 1 | Grundlagen Verdichter – Kennenlernen der Bauteile

Der Verdichter ist der zentrale Bestandteil einer Druckluftanlage. In ihm wird die zugeführte mechanische Energie in eine Druckerhöhung der Luft umgesetzt. Grundsätzlich gibt es zwei verschiedene Methoden der Drucklufterzeugung: das Verdrängerprinzip und die Energieübertragung über Strömungskräfte.

Beim Verdrängerprinzip wird die Luft in einen Verdichtungsraum angesaugt und dort eingeschlossen. Unter Krafteinwirkung wird dieses Volumen verkleinert und so die Luft verdichtet. Zwei typische Bauarten sind der Kolbenverdichter und der Schraubenverdichter.

## Kolbenverdichter MT141

### Kleinverdichter

- Bauteile untersuchen und deren Zusammenspiel kennenlernen
- Montage/Demontage eines Kleinverdichters
- Funktionen erkennen
- Messübungen
- Werkstoffe kennenlernen
- Technisches Zeichnen und Technische Kommunikation

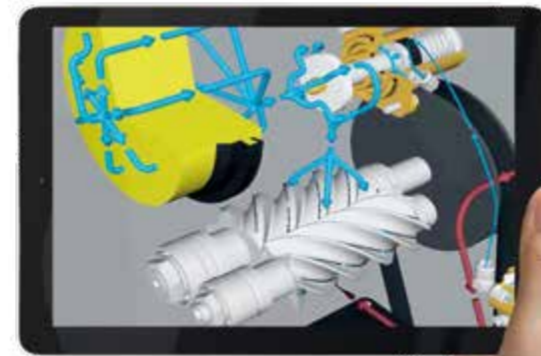


Erleben Sie unser Beispiel mit Ihrem Smartphone: Scannen Sie einfach den QR-Code und tauchen Sie ein.

## Schraubenverdichter aus MT175

### Industrielle Verdichtereinheit

- Einsatzbereiche kennenlernen
- Beispiele für typische Anwendungen
- Funktionsweise kennenlernen



Augmented Reality macht die Funktion erlebbar.

Verdeckte Komponenten werden sichtbar, komplexe Funktionsprinzipien sind ansprechend und nachvollziehbar dargestellt.

### Anregung für Aufgaben:

Mit Hilfe der Augmented Reality können die Arbeitsweisen der beiden Verdichter untersucht werden.

- Vergleiche die beiden Bauarten: Kolbenverdichter – Schraubenverdichter.
- Nenne die Merkmale der beiden unterschiedlichen Bauarten und typische Anwendungen.



Bedarfs- und kontextgerechter Inhalt wie z. B. technische Daten, komplette Zeichnungssätze als DXF-, STP- und PDF-Dateien sowie Stücklisten stehen digital für das MT141 zur Verfügung.

Zugang zu allen digitalen Inhalten Ihres Projektes finden Sie auf der GUNT eigenen webbasierten Plattform, dem GUNT Media Center.



Ob Montage- oder Erklärfilme, die Videos können immer wieder abgespielt werden und der Lernerfolg wird durch Wiederholungen gesichert.

**Lernprojekte mit Praxisbezug für Montage, Fertigung, Produktion, digital unterstützt mit:**

- Zeichnungen und Videos
- Montageanleitungen
- Aufgaben für praxisbezogene Übungen

Die dazugehörigen Lösungen stehen im GUNT Media Center zur Verfügung. Der Zugang zu den Lösungen ist passwortgeschützt und steht damit nur Lehrenden zur Verfügung.

**Anregung für Aufgaben:**

- 1 Erstelle mit Hilfe der Explosionszeichnung einen Arbeitsplan für die Demontage des Verdichters. Schreibe die Handlungsschritte und die benötigten Werkzeuge in die Arbeitsplanungsformulare.
- 2 Im Kolbenverdichter sind verschiedene Dichtungsarten verbaut.

Schreibe mit Hilfe der Stückliste und der Explosionszeichnung alle im Kolbenverdichter vorhandenen Dichtungen heraus.

Welche Vorkehrungen müssen vor der Demontage von Gehäusehälften getroffen werden, die bei Betrieb Öl führen?

Das Media Center von GUNT macht aus unseren grundlegenden Technologieprojekten digitale Projekte. Hardware auf industriellem Niveau wird kombiniert mit digitalen Datenpaketen.

- alle Dateien direkt über den Internetbrowser: Smartphone, Tablet oder PC
- keine weitere Software notwendig
- keine Lizenzen, volle Nutzungsrechte für Ihre Schule
- ständige Aktualisierung und Erweiterung der Daten, für Sie als Kunde verfügbar und absolut kostenlos

**Lernprojekte mit Praxisbezug und digitaler Unterstützung**

Das Media Center bildet die Plattform, die digitale Daten über das Internet für Tablet, PC oder Smartphone bereitstellt. Kunden haben die Möglichkeit, auf Dateien und Produktinformationen ausgewählter Produkte jederzeit und von jedem Ort zuzugreifen. Die Daten beinhalten:

- Augmented Reality Oberfläche
- Zeichnungen als CAD-, STP- oder DXF-Dateien
- Videos mit Funktionsprinzipien oder Montage
- detaillierte Montageanleitungen
- Übungen, die sich auf die Praxis beziehen

GUNT Media Center

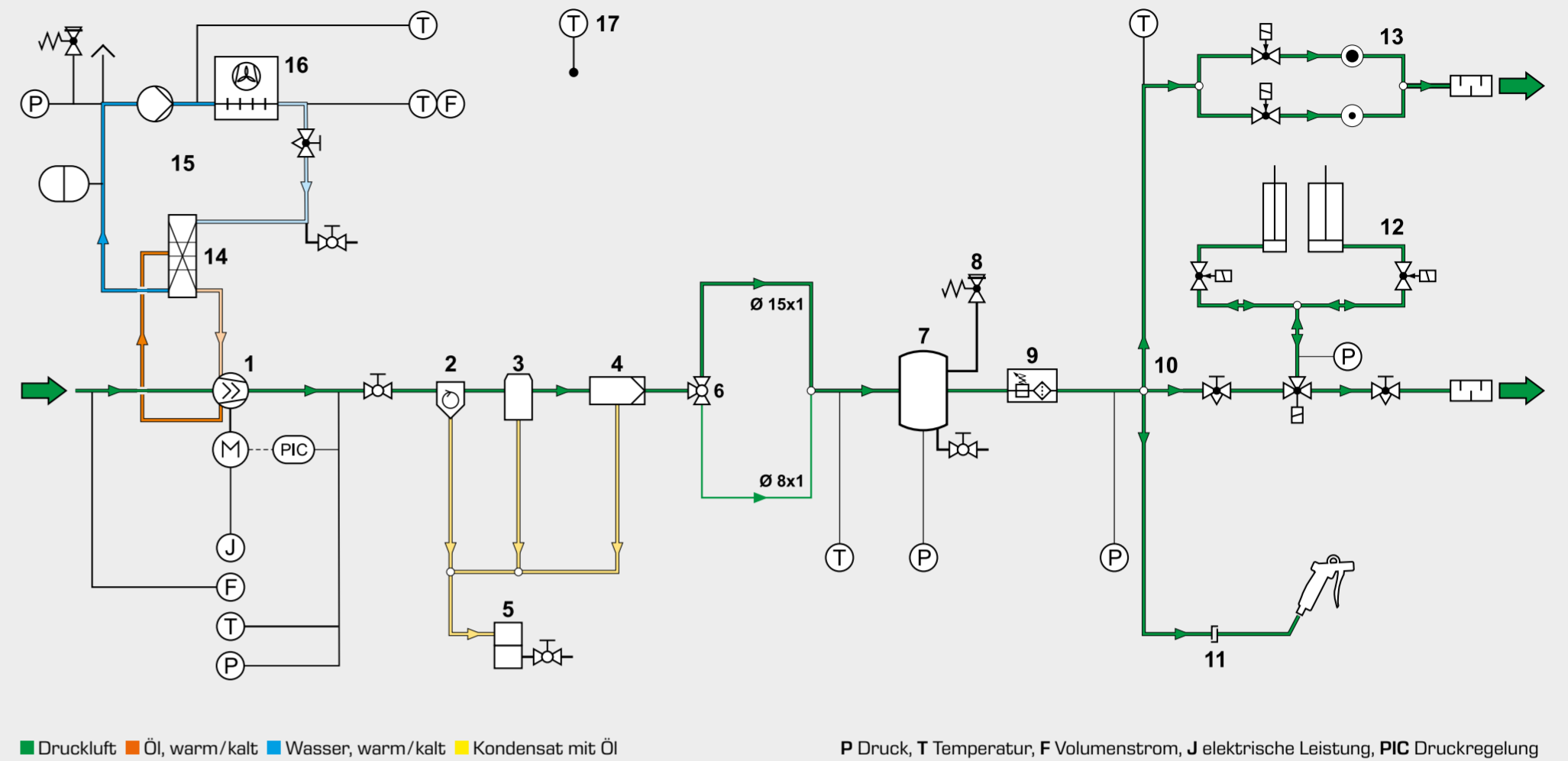
Augmented Reality im Unterricht

# 1 | Grundlagen Verdichter – Kennenlernen der Bauteile

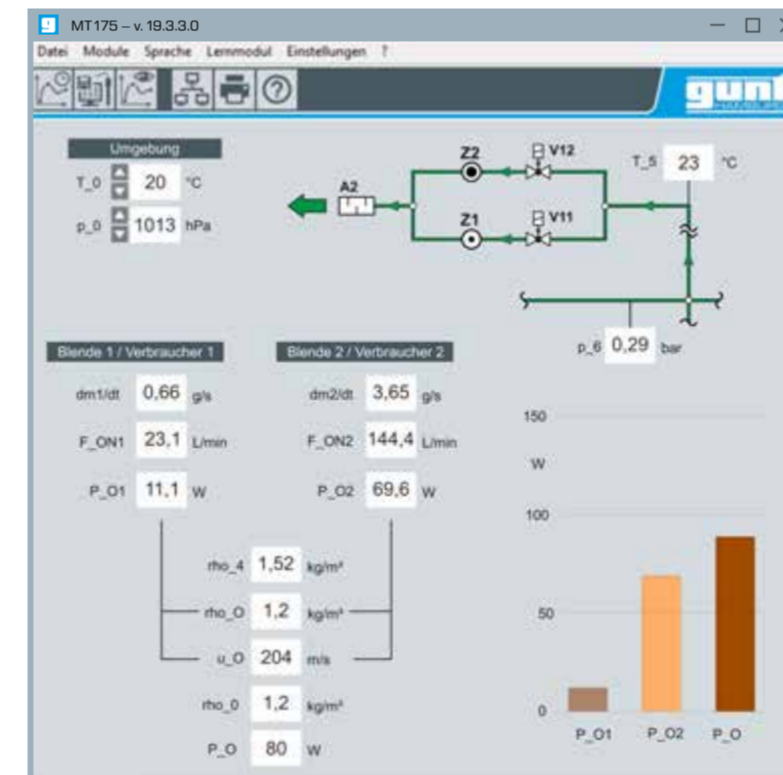
## 1.1 | Kennenlernen der Bauteile in der Druckluftanlage MT175



- 1 Verdichtereinheit
- 2 Fliehkraftabscheider
- 3 Kältetrockner
- 4 Filter
- 5 Kondensatbehälter
- 6 Auswahl: große/kleine Rohrleitung
- 7 Druckluftbehälter
- 8 Sicherheitsgruppe
- 9 Wartungseinheit
- 10 Druckluftverteilung auf die Verbraucher
- 11 Anschluss für kurzzeitigen Verbraucher, z.B. Ausblaspistole
- 12 Lastheber: zwei Pneumatikzylinder als kontinuierliche Verbraucher
- 13 Leckage über Blenden
- 14 Wärmeübertrager Öl/Wasser
- 15 Wasserkreislauf zur Wärmerückgewinnung
- 16 Wärmeübertrager Wasser/Luft
- 17 Umgebungstemperatur



### Anregung für Aufgaben



#### Leckagen in der Druckluftverteilung

Über 2 unterschiedliche Blenden können Leckagen simuliert werden.

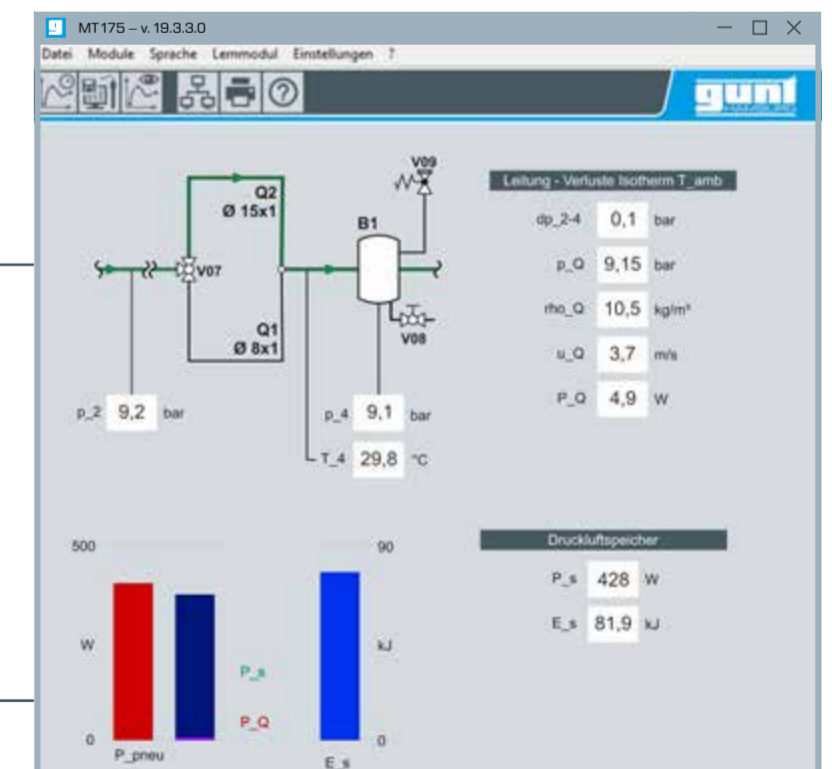
Ermittle den Druckeinbruch an den Verbrauchern. Untersuche die Leistungsverluste. Wie wirken sich das Steuerverhalten und die Einschaltdauer des Verdichters auf die Leistung aus? Messe die Zeit bis zum Erreichen des Enddrucks.

#### Einfluss des Rohrdurchmessers in der Druckluftverteilung

Der Druckluftbehälter soll befüllt werden. Für die Druckluftverteilung stehen Rohrleitungen mit unterschiedlichen Durchmessern zur Verfügung.

Nutze die Rohrleitung mit dem kleinen Durchmesser und messe die Zeit, bis der Druckluftbehälter gefüllt ist. Führe die gleiche Aufgabe durch und nutze diesmal die Rohrleitung mit großem Durchmesser. Vergleiche die beiden Rohrleitungen.

Wie wirkt sich eine zu gering dimensionierte Rohrleitung auf den Betrieb der Druckluftanlage aus?



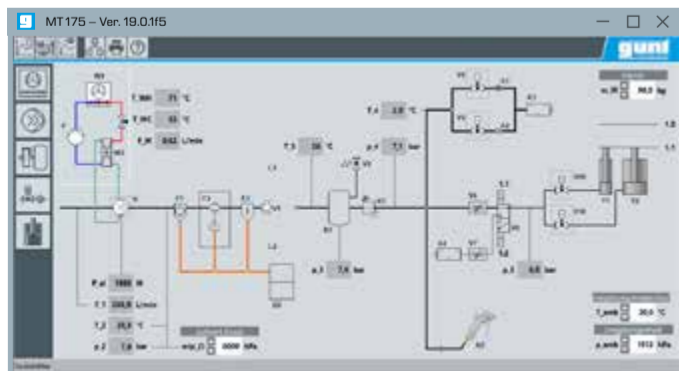
# 1 | Grundlagen Verdichter – Kennenlernen der Bauteile

## 1.2 | Funktionsgruppen der Druckluftanlage MT175



Mit der Anlage MT175 lernen Schüler und Studierende alle Funktionen einer industriellen Druckluftanlage kennen: Verdichtung, Aufbereitung, Speicherung und Verbrauch. Bei der Verdichtung erzeugte Wärme wird zur Raumheizung effizient genutzt. Der Gesamtprozess wird energetisch bilanziert und Einsparpotenziale herausgearbeitet.

An relevanten Messstellen werden Druck, Temperatur, Volumenstrom und elektrische Leistung gemessen. In der GUNT-Software werden hieraus Kenngrößen berechnet, um die Energieeffizienz der Anlage zu betrachten.



### Druckluftverteilung

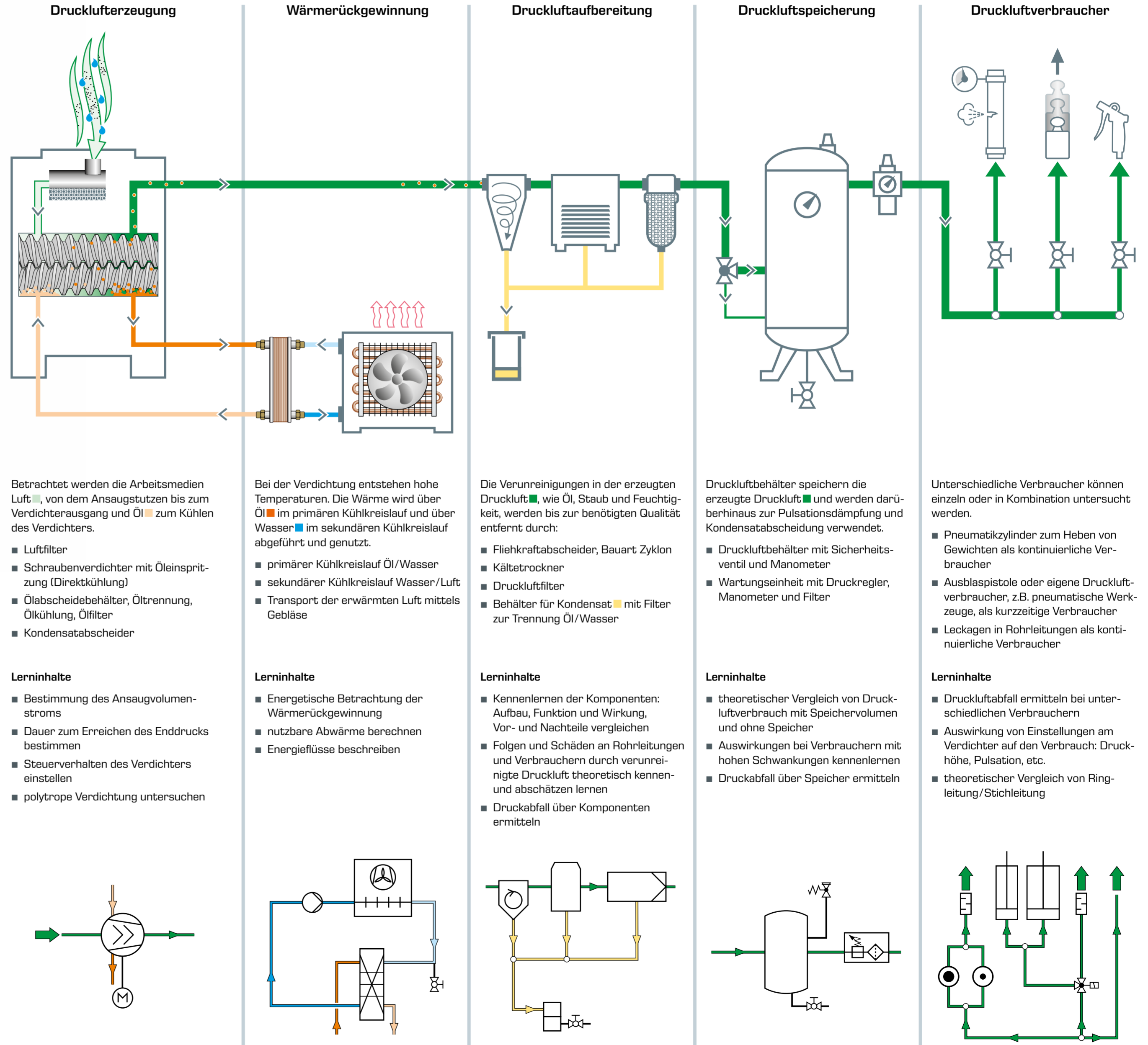
Die gesamte Strecke bzw. der Bereich ab Verdichter bis Verbraucher:

- Rohrleitungen
- Verbindungselemente
- Armaturen etc.

Der Druckverlust zwischen Verdichter und Verbraucher sollte so gering wie möglich sein.

### Lerninhalte

- Einfluss unterschiedlicher Rohrdurchmesser untersuchen
- Druckabfälle feststellen und messen
- Maßnahmen zum Minimieren des Druckabfalls kennenlernen
- Einsparpotential finden, kennenlernen und umsetzen



## 2 | Funktionsprüfung von Verdichtern und Druckluftanlagen

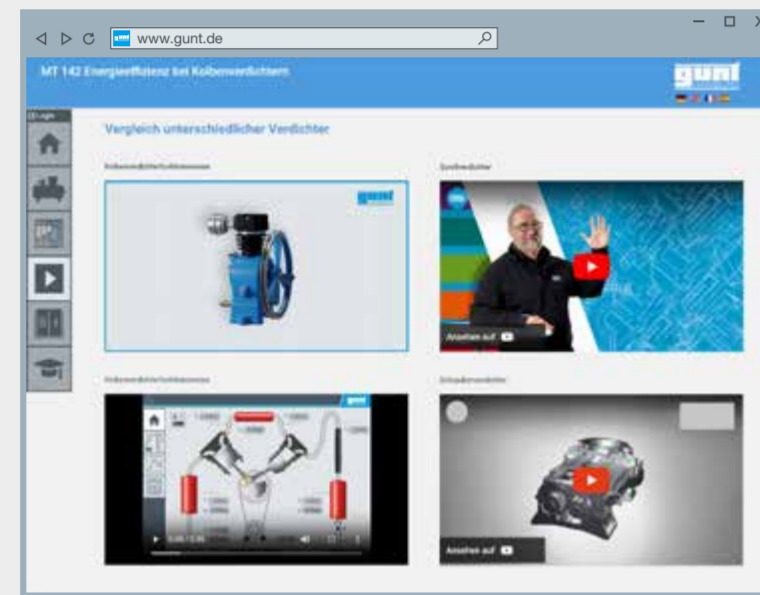
Die Funktionsprüfung gibt erste Hinweise auf Einsparpotenziale und Wechselwirkungen im System. Zum Umfang der Funktionsprüfung gehören Arbeiten wie:

- Druckverluste feststellen
- Dichtigkeitsprüfung, um Leckagen festzustellen
- Messung von Volumenstrom, Drücken, Temperaturen
- Rohrleitungen prüfen
- Prüfung der Druckschalter, Druckminderer und Sicherheitsventile
- korrekten Einbau prüfen und Ausrichtung optimal einstellen

### Funktionsprüfung eines einstufigen Kolbenverdichters mit MT142

#### Lerninhalte

- Funktionsweise und Prüfvorgang kennenlernen
- fachgerechter Einbau des Kolbenverdichters inkl. Einstell- und Ausrichtvorgängen
- Funktion und Arbeitsweise von Sicherheitselementen: Druckschalter, Rückschlagventil, Sicherheitsventil
- Riemenanspannung prüfen und einstellen



Videos mit Funktionsprinzipien und ansprechende Animationen auf der GUNT eigenen webbasierten Plattform, dem GUNT Media Center



Der Prüfstand MT142 wird zusammen mit dem Kolbenverdichter MT141 betrieben



Riemenanspannung prüfen

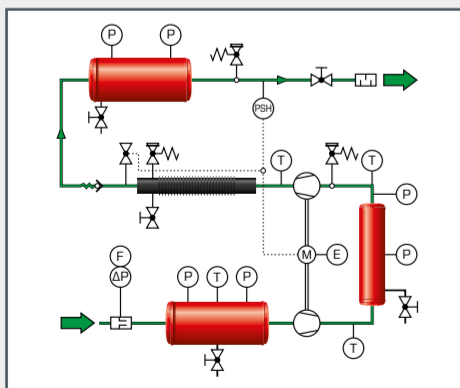


Zum Datenblatt

### Funktionsprüfung eines zweistufigen Kolbenverdichters mit ET 500

#### Lerninhalte

- Aufbau und Funktion eines zweistufigen Verdichters
- Messung relevanter Drücke und Temperaturen
- Bestimmung des Ansaugvolumenstroms
- Verdichtungsprozess im p,V-Diagramm



Zum Datenblatt

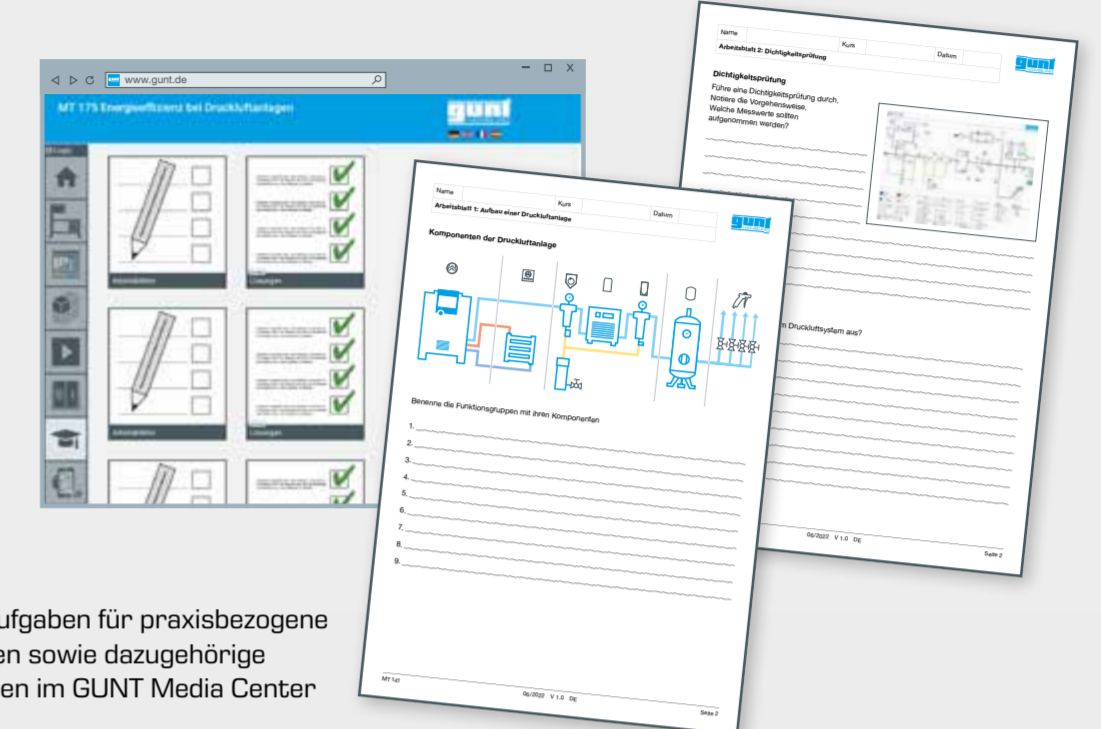
### Funktionsprüfung eines Schraubenverdichters in einer kompletten Druckluftanlage in MT175

#### Lerninhalte

- Einstellmöglichkeiten am Schraubenverdichter
- Dauer zum Erreichen des Enddrucks bestimmen
- Steuerverhalten des Verdichters einstellen
- Dichtigkeitsprüfung
- Messung relevanter Drücke und Temperaturen
- Bestimmung des Ansaugvolumenstroms
- Ölkontrolle mit Hilfe eines Schauglases
- kontinuierliche und kurzzeitige Verbraucher untersuchen, einzeln oder in Kombination
- Fernüberwachung der Verdichtereinheit kennenlernen



Zum Datenblatt



Viele Aufgaben für praxisbezogene Übungen sowie dazugehörige Lösungen im GUNT Media Center

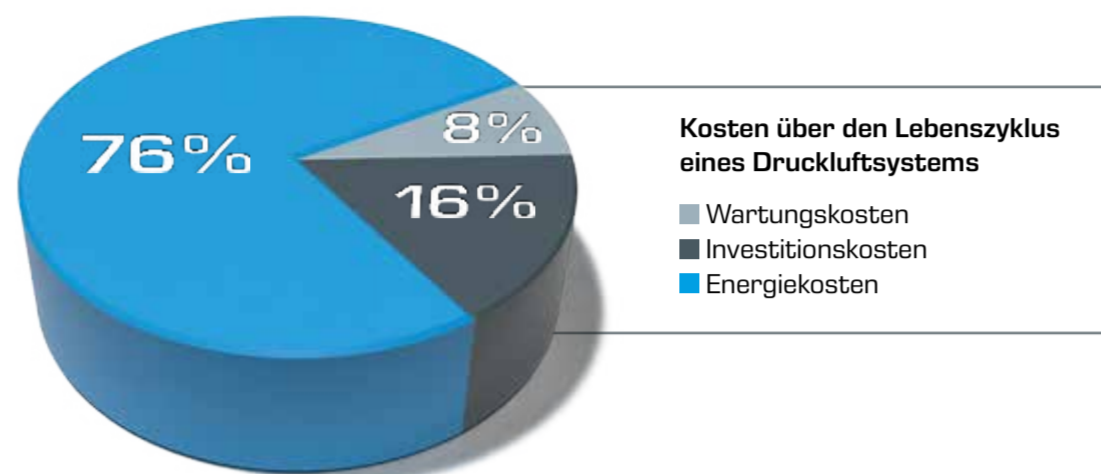


### 3 | Energetische Betrachtung

Als saubere, sichere und vielseitige Energiequelle, wird Druckluft in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt:

- Arbeitsluft: pneumatische Anwendungen wie pneumatische Zylinder oder Pneumatikwerkzeuge
- Aktivluft: als Trägermedium und zur Reinigung
- Prozessluft: zur Trocknung und Kühlung
- Prüfluft: für Kontrolle von Sortier- und Positioniermechanismen

Mit einfach realisierbaren und meist äußerst wirtschaftlichen Maßnahmen lassen sich die Energiekosten häufig um ein Drittel reduzieren.



Mögliche Maßnahmen mit jeweiligem Einsparpotenzial		Geräte von GUNT
1 Auswahl und Dimensionierung der Komponenten	20–50 %	MT 141, MT 142, MT 175, ET 500
2 Wärmerückgewinnung	20–50 %	MT 175
3 Druckluftbedarf der Verbraucher und Anwendungen	20–40 %	MT 175
4 Druckhöhe und Druckverluste im Netz	15 %	MT 175, ET 500
5 Steuerung	20–30 %	MT 175
6 Leckagen	20–30 %	MT 141, MT 142, MT 175, ET 500
7 Druckluftaufbereitung	2–3 %	MT 175
8 Wartung und Instandhaltung: Zustandsüberwachung, vorbeugende Instandhaltung	2–5 %	
9 Bedingungen am Standort: Qualität der Ansaugluft, Aufstellung des Verdichters	2–5 %	

#### 3.1 | Umsetzung der energetischen Optimierung

##### 1 Auswahl und Dimensionierung der Komponenten

###### Drucklufterzeugung

Für die Auswahl des Verdichters ist die Bauart mit Funktionsweise und -merkmalen entscheidend. Zusätzlich sind bestimmte Kenngrößen, z.B. Liefermenge bzw. Volumenstrom und Betriebsdruck, notwendig für die Dimensionierung.

###### Druckluftverteilung

Die Verteilung erfolgt über das Rohrleitungsnetz, bestehend aus Leitungen und Armaturen. Berücksichtigung finden bei der Auswahl und Dimensionierung:

- Durchmesser
- Länge
- Bauteile mit wenig Turbulenzen im Strömungsverlauf
- Art der Verteilung: Ring- oder Stichleitung

###### Druckluftaufbereitung

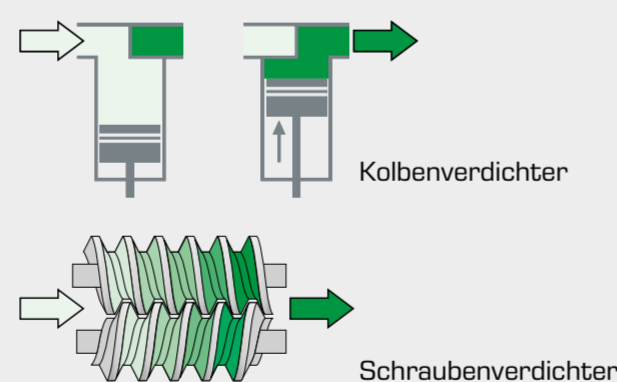
Zur Anwendung der Druckluft müssen passende Wartungseinheiten ausgewählt werden, z.B. Filter, Abscheider, Druckminderer, etc.

###### Druckluftspeicherung

Druckluftbehälter dienen zur Druckluftspeicherung, Pulsationsdämpfung und Kondensatsabscheidung. Ihre Größe ist abhängig von der Liefermenge des Verdichters und vom Verbrauch.

###### MT 141, MT 142, MT 175, ET 500

Mit GUNT-Geräten lernen Schüler und Studierende die Komponenten kennen und lernen Fehler bei Auswahl und Dimensionierung einzuschätzen. Zwei Verdichterbauarten können betrachtet werden:



##### 2 Wärmerückgewinnung realisieren

Je nach Bauart des Verdichters, Art der Kühlung und angesichts der betrieblichen Gegebenheiten, bieten sich drei Varianten der Wärmenutzung aus der Rückgewinnung an:

###### Raumheizung durch Warmluftverwendung

- Heizungswassererwärmung
- Brauchwassererwärmung

Mit **MT 175** wird die Warmluftverwendung zur Beheizung von Räumen untersucht.



##### 3 Druckluftbedarf der Verbraucher und Anwendungen

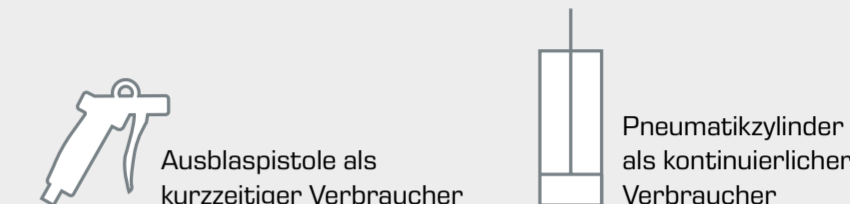
Die Druckluftverbraucher sind in zwei Gruppen aufgeteilt:

- kontinuierliche Verbraucher: Pneumatikzylinder, stetig laufende Maschinen und länger andauernde Arbeitsvorgänge
- kurzzeitige Verbraucher: Farbspritz- und Ausblaspistole, Werkzeuge

Für eine repräsentative Bedarfsermittlung wird der Druckluftverbrauch der einzelnen Geräte addiert und zusätzlich die mittlere Einschaltdauer ermittelt.

Mit der Versuchsanlage **MT 175** werden unterschiedliche Verbraucher energetisch analysiert und verglichen. Eine Kombination aus verschiedenen Verbrauchern kann untersucht werden.

Mit **MT 142** und **ET 500** können eigene Aufgaben zum Verbrauch der Druckluft erstellt werden.



##### 4 Druckhöhe und Druckverluste im Netz

Der Ausschaltdruck des Verdichters setzt sich zusammen aus dem benötigten Druck der Anwendungen, den Druckverlusten in Aufbereitung und Leitungen, sowie der Schaltdifferenz. Maßnahmen zur Energieeffizienz sind:

- notwendiges Druckniveau ermitteln und nicht überschreiten
- größeren Druckluftbehälter als Puffer bei stark schwankendem Bedarf einbauen
- Minimierung der Druckverluste

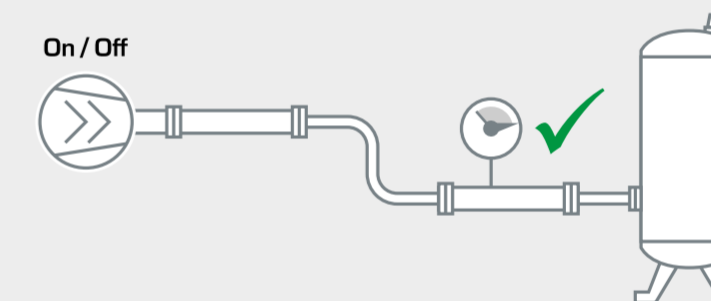
Bei **MT 175** kann das für den jeweiligen Verbraucher benötigte Druckniveau untersucht und optimiert werden. Der max. Ausschaltdruck des Verdichters lässt sich einstellen. Die Taktzeiten können vorgegeben und die Auswirkung auf den energetischen Verbrauch und Nutzen untersucht werden.

Bei **ET 500** und **MT 142** lässt sich der Einschaltdruck am Hochdruckschalter einstellen, die Einschaltzeiten ergeben sich durch die Regelung.

##### 5 Steuerung

Durch die Steuerung von Verdichtern wird die Druckluftproduktion an den aktuellen Verbrauch angepasst. Um die Taktspiele zu begrenzen und damit auch die Nachlaufzeiten optimal einstellen zu können, sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Größe des Druckluftbehälters ermitteln und optimieren
- Größe der Takt Differenz einstellen
- Verdichter nur in Verbrauchszeiten einschalten, die Notwendigkeit eines Druckhaltesystems prüfen



##### 6 Leckagen

Die Ursache für Leckagen und Undichtigkeiten sind oft:

- falsch verschraubte oder defekte Leitungskomponenten, Druckregler oder Wartungseinheiten
- undichte Schraub- und Flanschverbindungen, Schläuche, Armaturen
- korrodierte Leitungen durch zu hohe Restfeuchte im System
- innere Leckagen im Verdichter
- ineffiziente Kupplungen, die die Druckluft weitergeben

Mit **MT 175** kann die Auswirkung von Leckagen auf die Verbraucher u.a. energetisch betrachtet werden.

Mit **ET 500** und **MT 142** werden Auswirkungen von Leckagen direkt als Druckverlust und damit im Energieverbrauch gemessen.

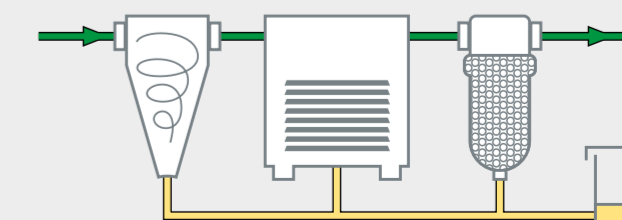


##### 7 Druckluftaufbereitung

Erzeugte Druckluft enthält immer Verunreinigungen. Die Aufbereitung sollte aber nur bis zur benötigten Qualität erfolgen, um effizient zu bleiben.

- benötigte Druckluftqualität ermitteln: Restölgehalt, Restfeuchte, Reststaub, Keimfreiheit
- Komponenten mit der dazu passenden Leistung auswählen

Bei **MT 175** wird die Druckluft mit einem Fliehkraftabscheider, einem Trockner und Druckluftfilter aufbereitet. Hinter dem Druckluftbehälter befindet sich eine Wartungseinheit.



### 3 | Energetische Betrachtung

#### 3.2 | Energieeffizienz und Wirkungsgrade

##### MT142 Energieeffizienz mit einem einstufigen Kolbenverdichter, max. Druck 10bar

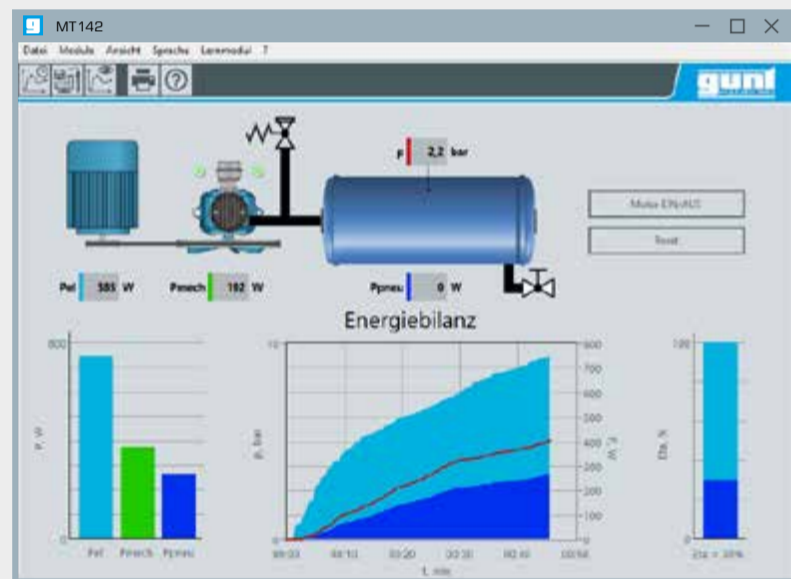
Die GUNT-Software ermöglicht eine Leistungsbilanzierung. Elektrische Leistung, mechanische Leistung und pneumatische Leistung werden im Betrieb über die Zeit aufgenommen. Mit Hilfe der aufgenommenen Energie wird anschließend der Wirkungsgrad berechnet.

**Anregung für Aufgaben:**

Nimm an, dass der Druckluftbehälter ein Volumen von 10L hat und ein Überdruck von 8bar herrscht.

- Wie groß ist die Energie im Druckluftbehälter?
- In welchen Einheiten lässt sich diese angeben?

Notiere erst die Grundgleichung, bevor mit Werten gerechnet wird.

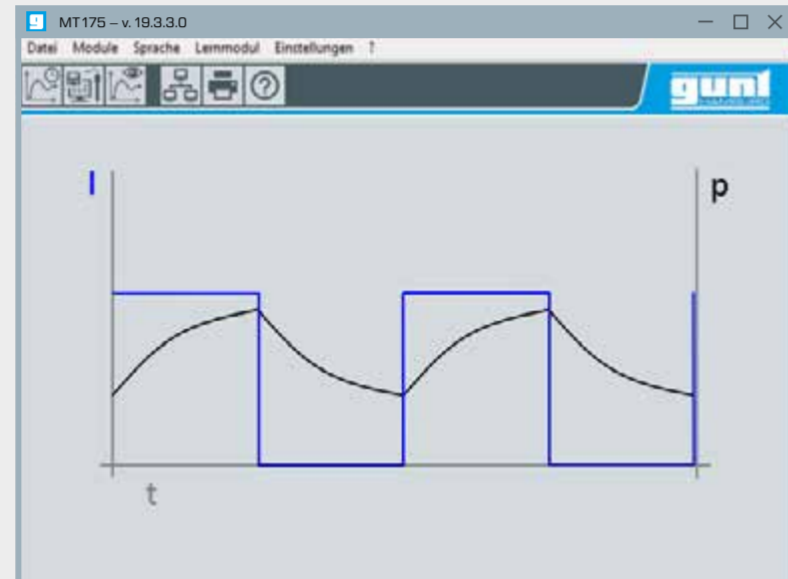


Bilanzierung von Energien

##### MT175 Energieeffizienz bei einer Druckluftanlage mit Schraubenverdichter, max. Druck 10bar

Druck, Temperatur, Volumenstrom und elektrische Leistung werden gemessen. In der mitgelieferten GUNT-Software werden hieraus Kenngrößen berechnet, mit denen die Energieeffizienz der Anlage analysiert werden kann.

Die Energieflüsse innerhalb der Druckluftanlage werden aufbereitet und bilanziert. Betrachtet wird der Wirkungsgrad der Druckluftanlage.



Beispielhafter Zeitverlauf für Druck und Strom am Verdichter

##### ET 500 Bestimmung des Wirkungsgrades bei zweistufigem Kolbenverdichter, Druck 12bar

Der Versuchsstand ET 500 arbeitet als zweistufige Druckluftanlage mit ölschmierten Kolbenverdichtern. Der Betriebsdruck liegt bei 12bar.

Aufnehmer erfassen die Drücke und Temperaturen in beiden Stufen sowie die elektrische Leistungsaufnahme. Mit einer Düse am Ansaugbehälter wird der Ansaugvolumenstrom bestimmt.

Aus den gemessenen Werten und den bekannten Leistungsdaten lässt sich der Wirkungsgrad berechnen.

**Isothermer Wirkungsgrad**

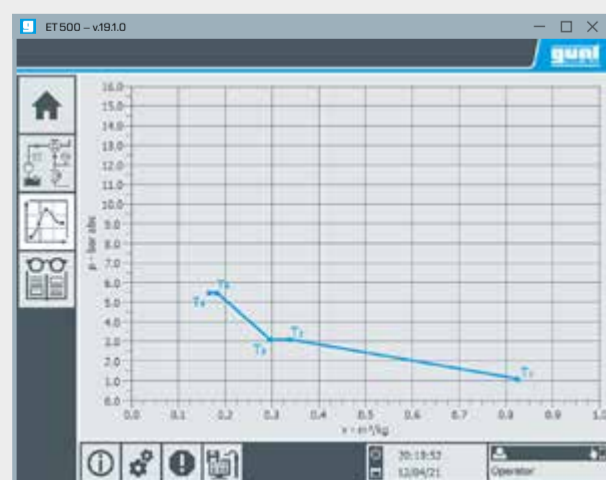
Die **isotherme Leistung**  $P_{isoth}$  des Verdichters (mit  $p_{LP} = 1\text{ bar}$ ) ist:

$$P_{isoth} = p_{LP} \cdot \dot{V} \cdot \ln\left(\frac{p_{HP}}{p_{LP}}\right)$$

- $P_{isoth}$  isotherme Leistung des Verdichters
- $p_{LP}$  Ansaugdruck (absoluter Druck)
- $p_{HP}$  Förderdruck (absoluter Druck)
- $\dot{V}$  Volumenstrom

Sind **elektrische Leistungsaufnahme**  $P_{el}$  und  $P_{isoth}$  bekannt, lässt sich der **isotherme Wirkungsgrad**  $\eta_{isoth}$  des Verdichters berechnen:

$$\eta_{isoth} = \frac{P_{isoth}}{P_{el}}$$



Verdichtungsprozess im p,V-Diagramm

#### Anregung für Aufgaben zu Energieeffizienz mit der Druckluftanlage MT175

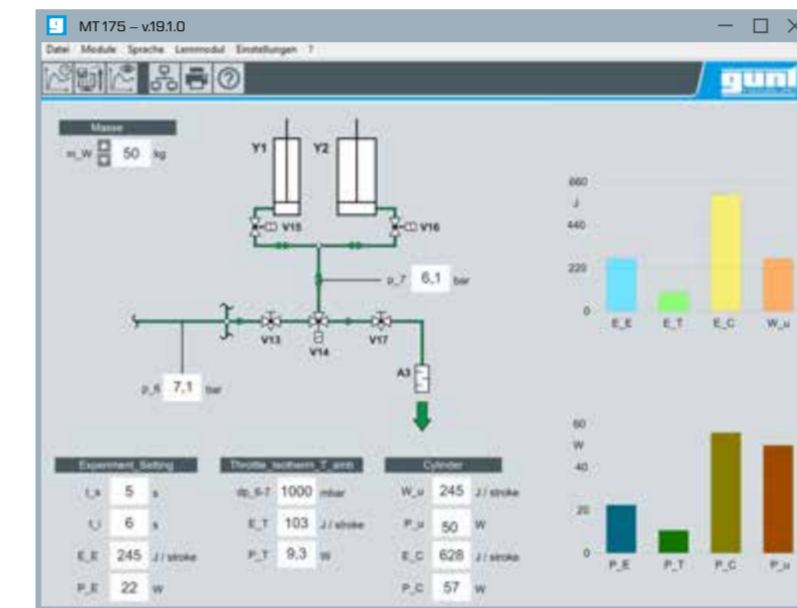
Die Druckluft wird durch unterschiedliche Verbraucher entnommen. Der erste Verbraucher stellt Leckagen dar und enthält dafür zwei verschiedene Blenden, über die die Druckluft ausgeblasen wird. Als zweiter Druckluftverbraucher dient eine

Ausblaspistole oder ein eigenes, beliebiges Pneumatikwerkzeug. Im dritten Verbraucher, dem Lastheber, werden Gewichte mittels zweier Pneumatikzylinder angehängt und abgesenkt.

**Aufgaben zu Verbrauchern**

- 1 Die kontinuierlich laufenden Pneumatikzylinder simulieren stetige Verbraucher. Die Pneumatikzylinder können einzeln oder parallel genutzt werden.

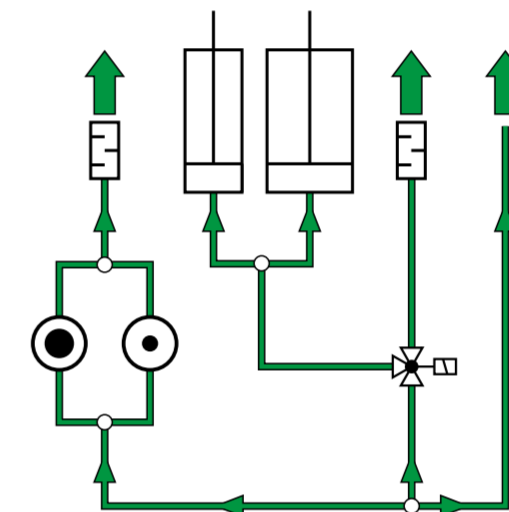
Untersuche den Leistungsverlust beim Betrieb mit einem Pneumatikzylinder und anschließend den Betrieb mit beiden Pneumatikzylindern.



- 2 Alle unterschiedlichen Verbraucher können untereinander kombiniert und miteinander verglichen werden.

**Kombination von Pneumatikzylinder – Leckage – Ausblaspistole**

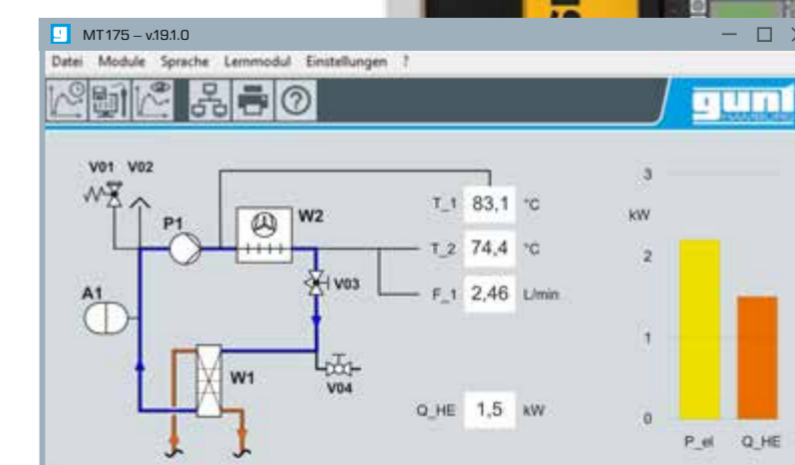
- Realisierung eines großen kontinuierlichen Verbrauchers
- Untersuchung von Leckagen
- Einbruch des Leitungsdrucks bei Betätigung der Ausblaspistole und die Auswirkungen
- Steuerverhalten des Verdichters



**Aufgabe zur Untersuchung der Wärmerückgewinnung**






Die Wärme, die im Verdichter entsteht, wird abgeführt. Im primären Kühlkreislauf nimmt Öl die im Verdichter entstehende Wärme auf. Ein Platten-Wärmeübertrager überträgt die Wärme von Öl auf Wasser. Im sekundären Kühlkreislauf fördert eine Pumpe das Wasser vom Platten-Wärmeübertrager zu einem Wasser/Luft Wärmeübertrager. Der Rippenrohr-Wärmeübertrager gibt die Wärme vom Wasser an die Luft ab. Ein Gebläse transportiert die erwärmte Luft in den Raum.

- 1 Diese Anordnung der Wärmeübertragung ermöglicht eine energetische Betrachtung. Ermittle die dafür benötigten Messgrößen und berechne die nutzbare Abwärme.
- 2 Beschreibe den Energiefluss.
- 3 Beschreibe den nutzbaren und nicht nutzbaren Teil von Wärme mit den Begriffen Exergie und Anergie. Wie viel Exergie transportiert das Wasser im Vorlauf?





## Ausblick auf weitere DigiSkills Lernprojekte

DigiSkills Lernprojekt Nr.	Fachlicher Bereich	Lernzielbereiche/ Merkmale	Schwerpunkt	
1	Technisches Zeichnen – Technische Kommunikation		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Grundlagen Technisches Zeichnen</li> <li>■ geometrische Modelle, Funktionsmodelle</li> <li>■ Geometrische Produktspezifikationen (GPS)</li> <li>■ konstruktives Denken, Maschinenelemente, Werkstoffe</li> </ul>	<b>Metallberufe</b>
2	Längenprüftechnik		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Grundlagen der Prüftechnik: Prüfen, Messen, Lehren</li> <li>■ Messinstrumente kennenlernen</li> <li>■ Geometrische Produktspezifikationen (GPS)</li> <li>■ Oberflächenkennzeichnung, Passungssysteme</li> </ul>	<b>Metallberufe</b>
3	Vorbeugende Instandhaltung		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aufbau und Funktion einer Sortieranlage</li> <li>■ vorbeugende Instandhaltung (Predictive maintenance), Zustandsüberwachung (Condition monitoring)</li> <li>■ Montage- und Demontage, Funktionsprüfung, Inbetriebnahme</li> <li>■ Maschinenelemente, Werkstoffe</li> </ul>	<b>Mechatronik, Metall- und Elektroberufe</b>
4	Energieeffizienz bei Druckluftanlagen		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aufbau und Funktion einer Druckluftanlage</li> <li>■ Montage und Funktionsprüfung von Druckluftherzeugern</li> <li>■ systematische Optimierung von modernen Druckluftanlagen</li> <li>■ Darstellung von Energieflüssen</li> </ul>	<b>Mechatronik, Metall- und Elektroberufe</b>
5	Robotik und Automatisierung		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Roboterprogrammierung, Prozessautomatisierung</li> <li>■ Mechanik, Hydraulik, Pneumatik, Elektrik</li> <li>■ Steuerung, SPS</li> <li>■ Sensorik und Aktorik</li> <li>■ Systemintegration</li> <li>■ Prozessintegration</li> </ul>	<b>Mechatronik, Metall- und Elektroberufe</b>

## Kontakt

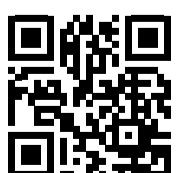
G.U.N.T. Gerätebau GmbH  
 Hanskampring 15 - 17  
 22885 Barsbüttel  
 Deutschland  
 +49 40 67 08 54 - 0  
 sales@gunt.de  
 www.gunt.de

### Impressum

© 2024 G.U.N.T. Gerätebau GmbH. Wiederverwendung, Speicherung, Vervielfältigung und Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung gestattet. GUNT ist eine eingetragene Marke. Unsere Produkte sind somit geschützt und unterliegen dem Urheberrecht.

Für Druckfehler kann keine Gewähr übernommen werden. Änderungen vorbehalten.

Bildnachweise:  
 G.U.N.T. Gerätebau GmbH,  
 Herstellerfotos, Shutterstock.  
 Gestaltung & Satz: Profisatz.Graphics,  
 Bianca Buhmann, Hamburg.  
 Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem,  
 umweltfreundlichen Papier.



Besuchen Sie uns  
 im Internet unter  
[www.gunt.de](http://www.gunt.de)