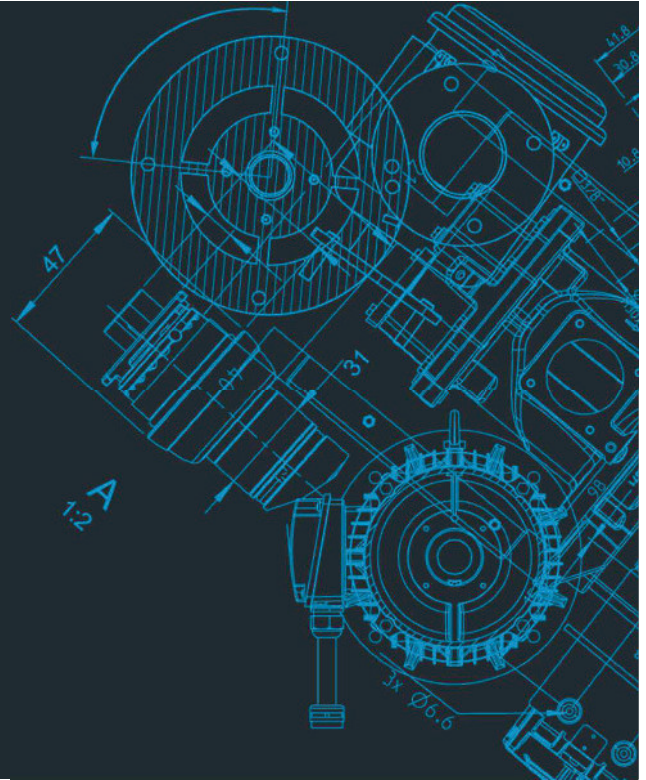




## Agenda

1. Atlas Copco
2. Produktübersicht
3. Drehkolbengebläse ZL
4. Schraubengebläse ZS
5. Vergleich Drehkolbengebläse vs. Schraubengebläse
6. Schraubenkompressor ZE/ZA
7. Energetische Optimierung durch Verringerung des Betriebsdrucks
8. Theoretische Betrachtung - Druckluftqualitätsklassen
9. Verfahren und technische Möglichkeiten zur Erreichung der Druckluftqualitätsklassen

# Atlas Copco



## Atlas Copco Gruppe



Kunden in mehr als 180 Ländern



**49 000** Mitarbeiter in **70** Ländern



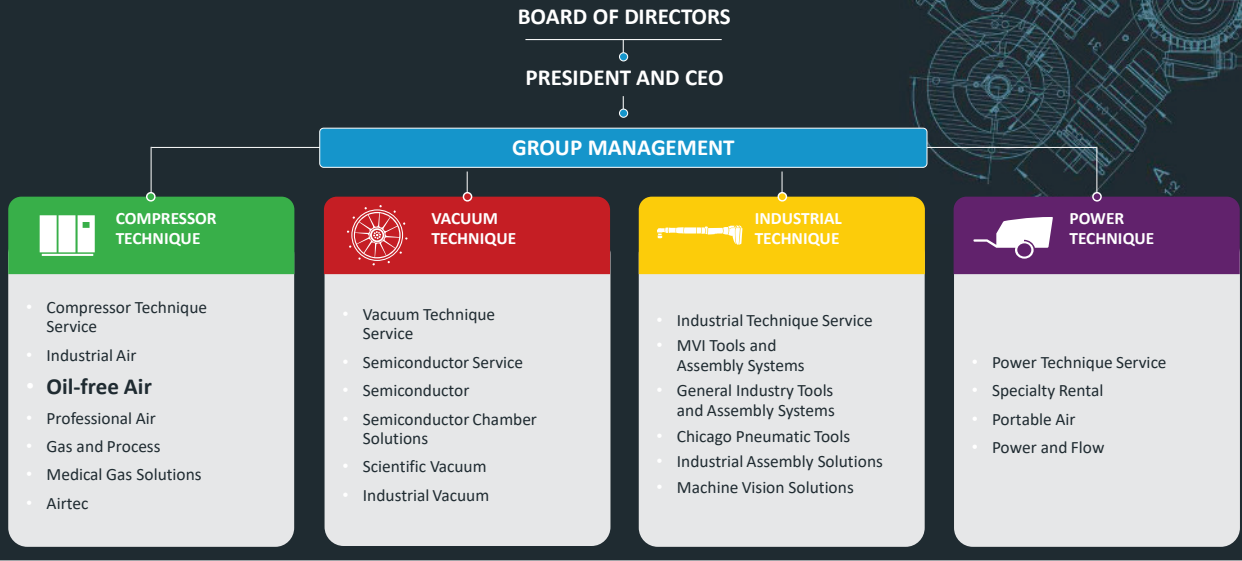
Gegründet 1873 in Stockholm, Schweden



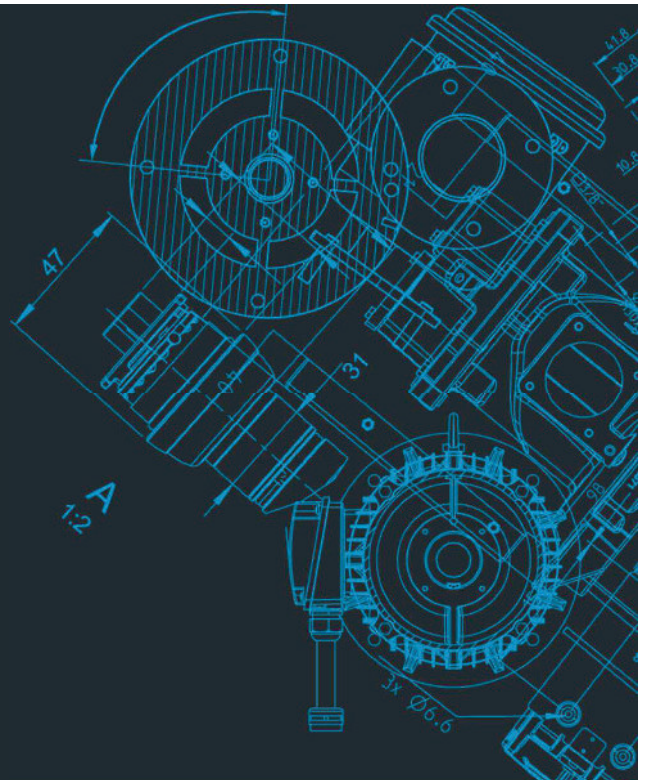
Umsatz von ca. 15 MEUR

Atlas Copco

# Eine dezentralisierte Gruppe



# Produktübersicht



# Unser Produktüberblick



Druck	Luftqualität & Gase	Kompressortechnologien		Kühlung	Optimierungen	Service
<p>0.1 bar - 1000 bar</p>	Trockner Filter Kondensataufbereitung Zubehör N2 Stickstoff O2 Sauerstoff H2 Wasserstoff CO2 CO2	Öl- eingespritzt  100% ölfrei	Schrauben Kolben Zentrifugal Drehkolben Drehzahn	Wasserkühler Prozesskühlung Luftkühler Temperaturüberwachung	Zentrale Steuerungen Wärmerückgewinnung Konnektivität Industry 4.0 Ready Sonderausführungen	Global verfügbar Globale Logistik Zertifizierter Service Serviceverträge Diagnoseservice
Leistung <p>1 Kw - 20 MW</p>						

# Übersicht Niederdruck-Portfolio

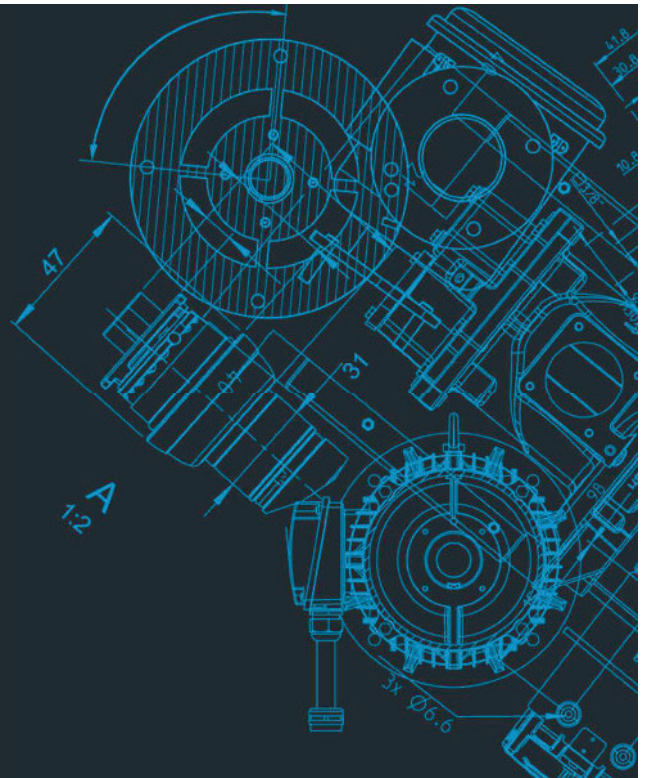
Technologie			Produkt	Druck		Volumenstrom (FAD)	
				bar(g)		m³/h	
				min.	max.	min.	max.
	Drehkolben	Gebläse	ZL	0.3	1.0	30	8,000
	Schrauben	Gebläse	ZS	0.3	1.5	270	9,100
		Kompressor	ZE/ZA	1.0	4.0	240	11,000
	Turbo	Hochgeschwindigkeitsgebläse	ZB VSD*	0.3	1.4	1,300	20,000
		Getriebe Gebläse	ZB+	0.3	1.2	6,000	30,000
		Getriebe Kompressor	ZHL/ZH	1.0	4.0	2,400	38,000
		Mehrstufige Gebläse	ZM	-0.4	1.4	350	70,000
	Klauen	Kompressor	DZS	0.5	2.3	50	340

# Technologien für die Förderluftaufbereitung



Atlas Copco

## Drehkolbengebläse ZL



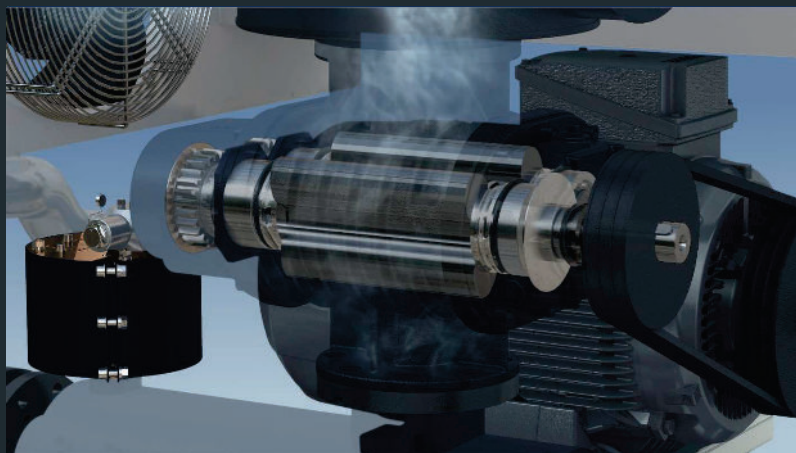
# ZL Varianten



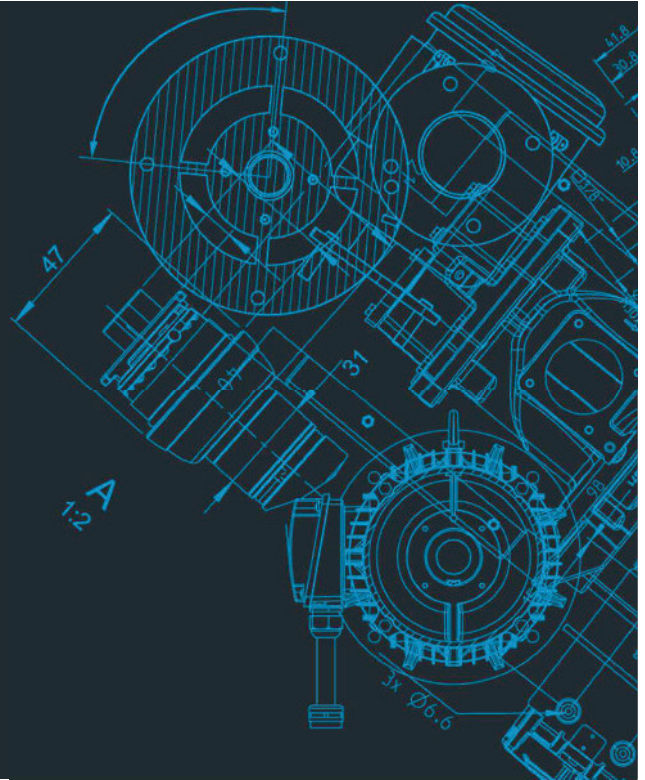
30 – 8000m<sup>3</sup>/h / bis 1000mbar Druckerhöhung



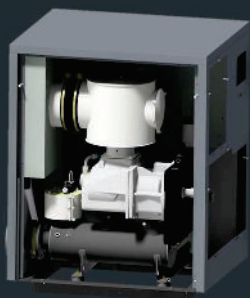
# Prozessluftströmung



# Schraubengebläse ZS



## ZS Varianten



ZS3 (VSD)



ZS4 (VSD)



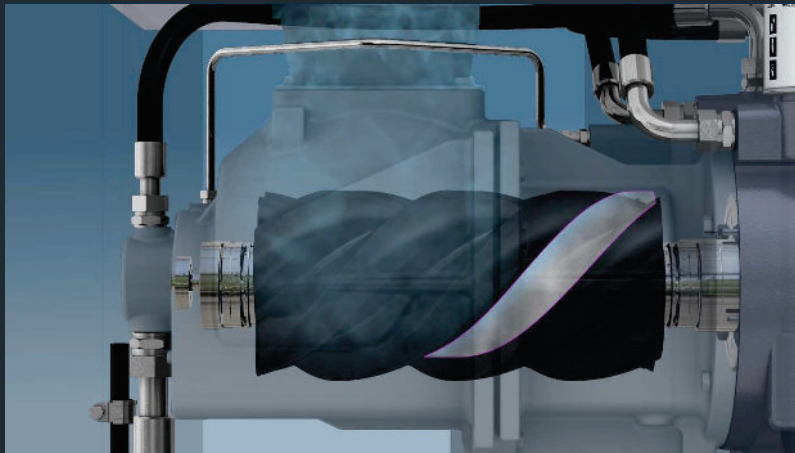
ZS5 (VSD)



ZS6 (VSD)

**200 – 9100m<sup>3</sup>/h / bis 1500mbar Druckerhöhung**

# Prozessluftstrom



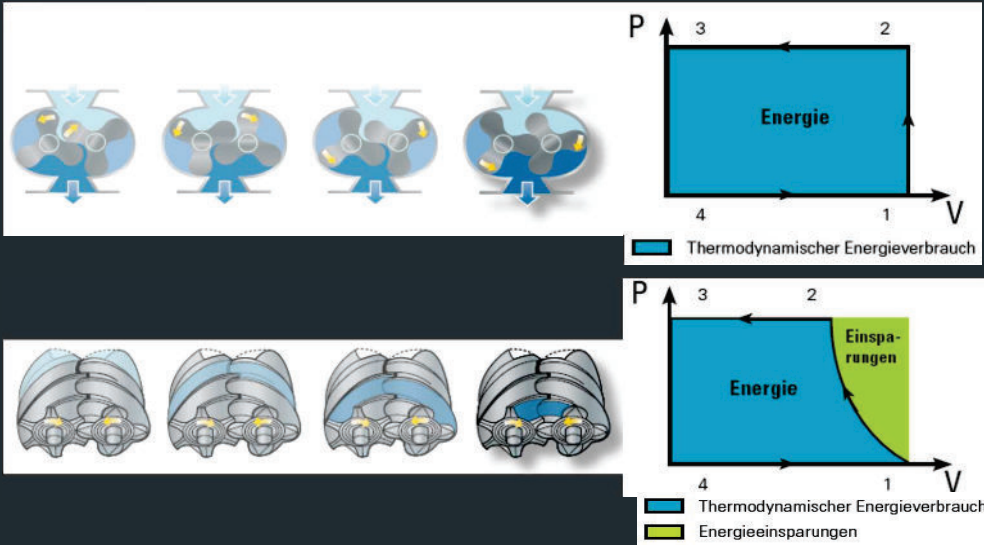
Atlas Copco



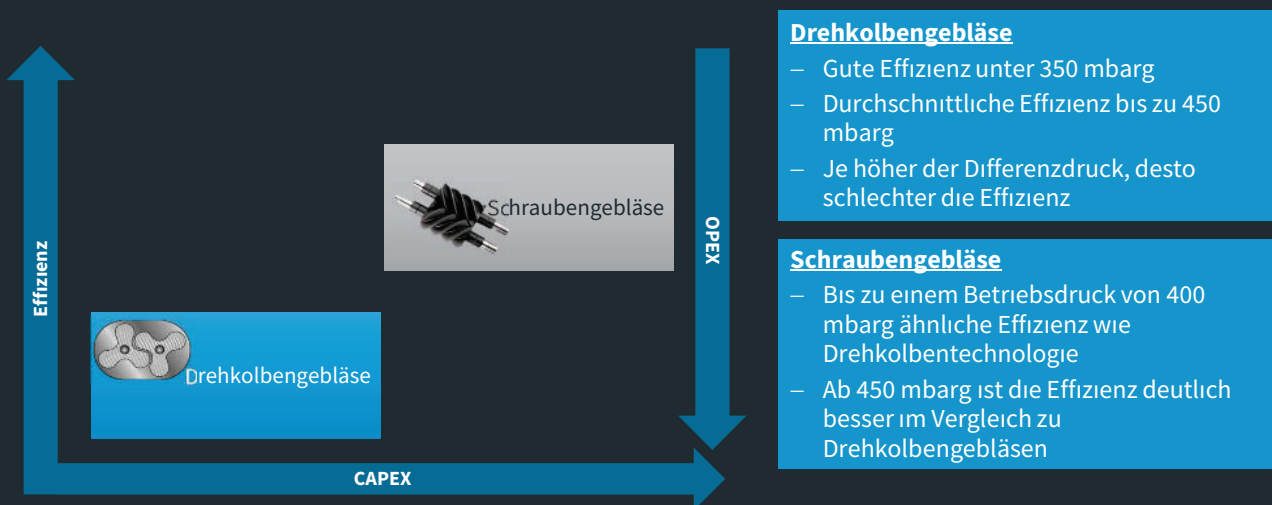
Vergleich Drehkolben vs.  
Schraubengebläse

Atlas Copco

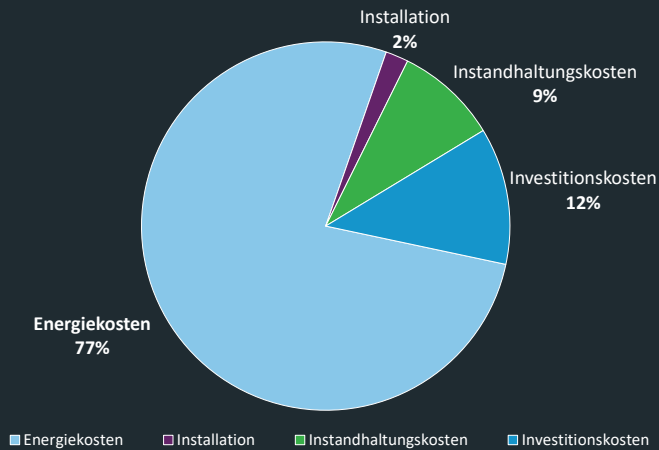
# Interne vs. Externe Verdichtung



# Technologien im Vergleich



# Lebenszykluskosten Gebläse



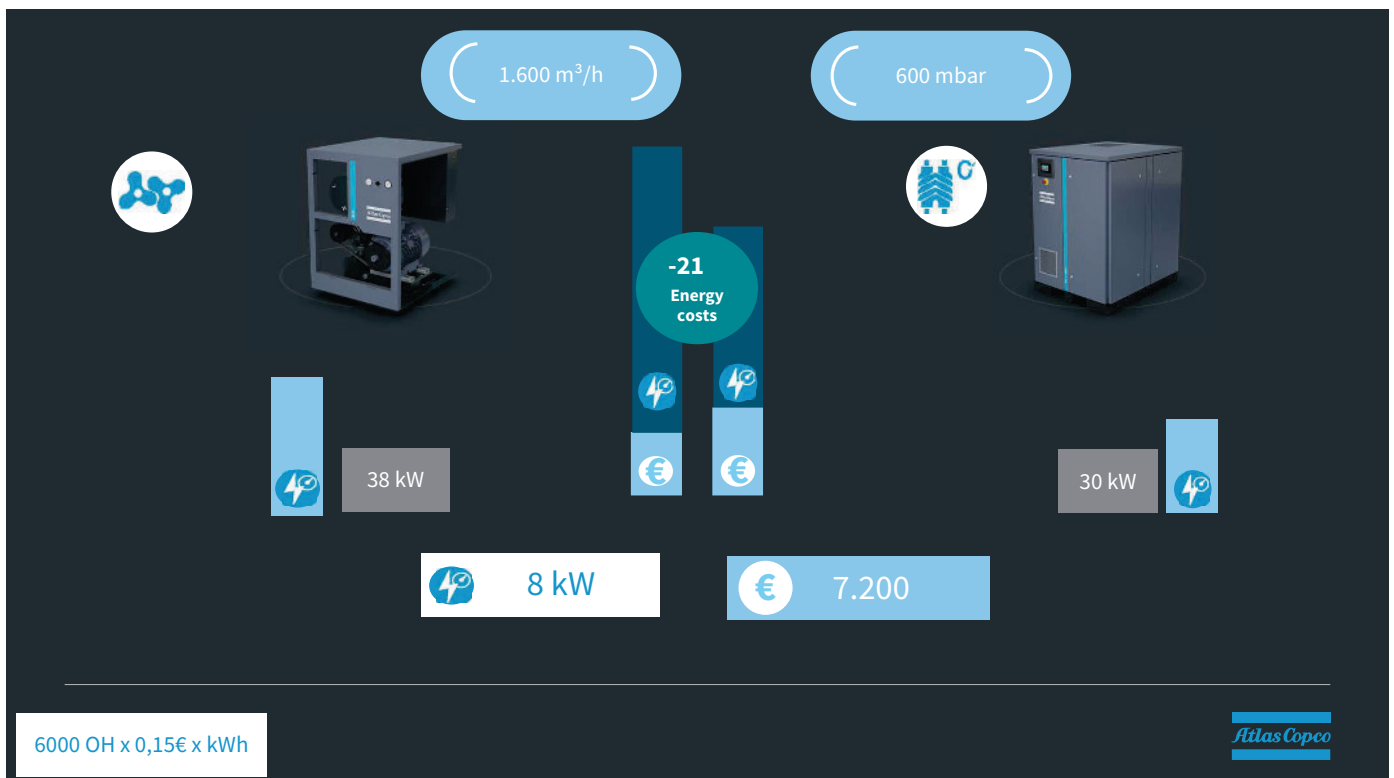
Verringerung der Energiekosten hat den größten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Kompressors

Fokus auf die energetische Effizienz des Kompressors legen und nicht auf die Investitionskosten

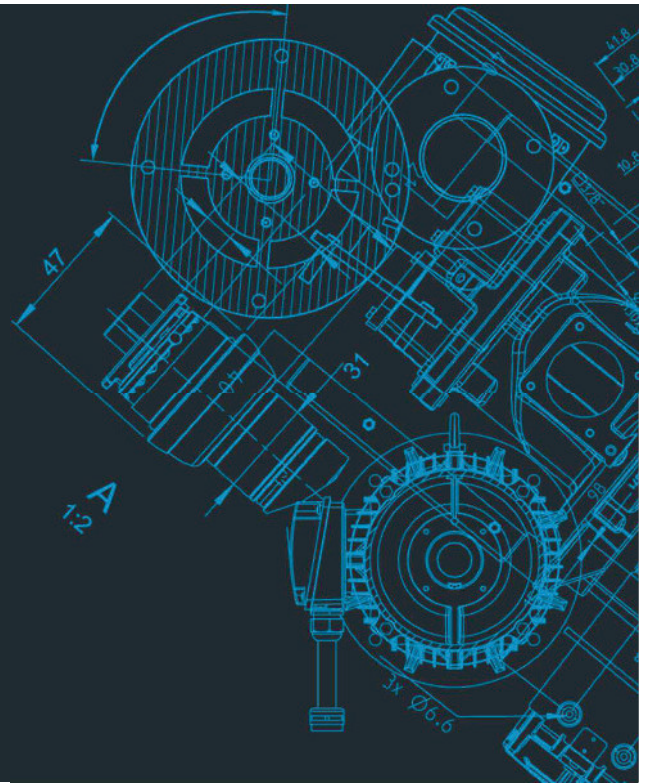
Differenz von 8 kW aufs Jahr gerechnet:

- 8 kWh x 6000 h = 48.000 kWh
- 48.000 kWh \* 0,15 € / kWh
- **7.200 € /a**

Nach 5 Jahren entstehen Ersparnisse / Mehrkosten von **36.000 €**



# Schraubenkompressoren ZE/ZA



## ZE/ZA Varianten



ZE/A2-3 (VSD)



ZE/A4 (VSD)



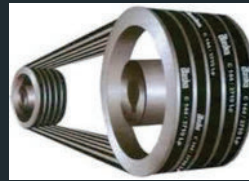
ZE/A5-6 (VSD)



ZA6+4 (VSD)

240 – 11.000m<sup>3</sup>/h / bis **4000mbar Druckerhöhung**  
Luft- und wassergekühlte Variante verfügbar

# Eingesetzte Übersetzungssysteme

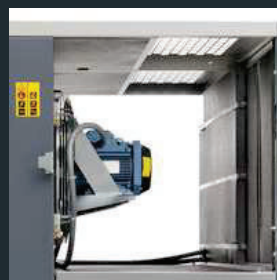


Merkmal	Direktantrieb	Keilriemen
Einfluss der Umgebungsbedingungen	Bleibt unbeeinflusst von den Umgebungsbedingungen	Effizienz verschlechtert sich mit dem Anstieg der Temperatur sowie des Verschmutzungsgrades der Luft
Teillastverhalten / Verhalten bei sinkendem Bedarf	Gleichbleibende Effizienz auch bei niedriger Auslastung	Übersetzungsverluste von bis zu 15 %
Instandhaltungsmaßnahmen	Nicht Wartungsintensiv / gleichbleibend hohe Effizienz	Sehr Wartungsintensiv, sonst Abnahme der Effizienz ( Bis zu 10%)
Lebensdauer	Sehr hohe Lebensdauer	Sehr geringe Lebensdauer, muss jährlich gewechselt werden

200 kW Motor mit Keilriemen  
 – Verschlechterung des Wirkungsgrades um 8 % = 16 kW Extra



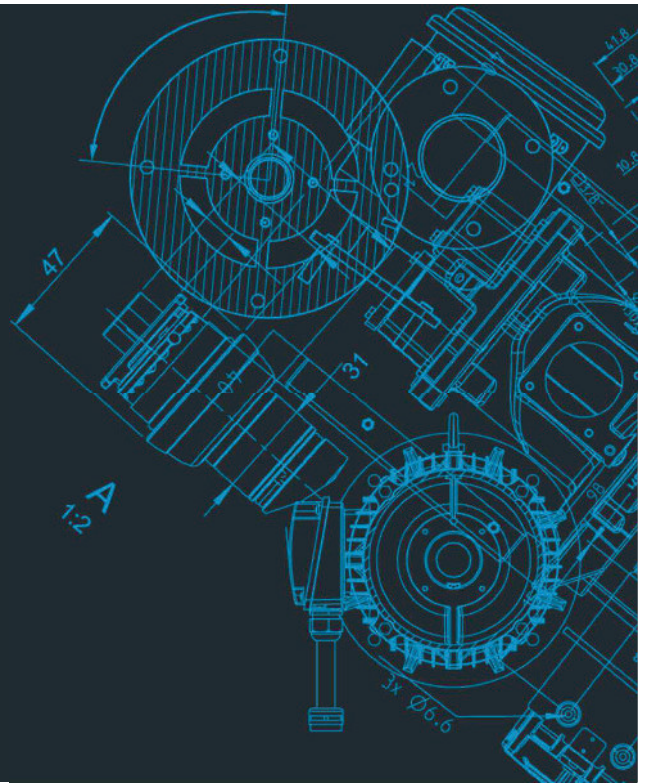
# Integrierte Nachkühler(Optional)



Merkmal	Vorteil
Nachkühlerlüfter sind drehzahl geregelt und Maschinen mit fester Drehzahl	Reduzierung des Energieverbrauchs Kundenspezifische Austrittstemperatur Konstante Austrittstemperatur, unabhängig von der Umgebungstemperatur
Leiser Betrieb	Senkung des Gesamtlärmpegels der Maschine, besserer Komfort bei der Arbeit in der Nähe des Kompressors. Geringere Installationskosten für die Schalldämmung



# Energetische Optimierung durch Verringerung des Betriebsdrucks

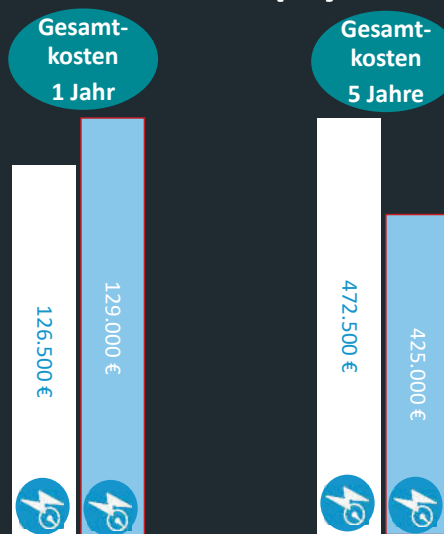


## Öleingespritzt gegen ölfrei bei 3.5 BAR(G)

Investitionskosten für ölfreien Niederdruckkompressor	55.000€	€
Jährliche Energiekosten	74.000€	⚡



Investitionskosten für öleingespritztes Druckluftaggregat	40.000€	€
Jährliche Energiekosten	85.000€	⚡
Jährliche Kosten für Aufbereitung	1.500€	

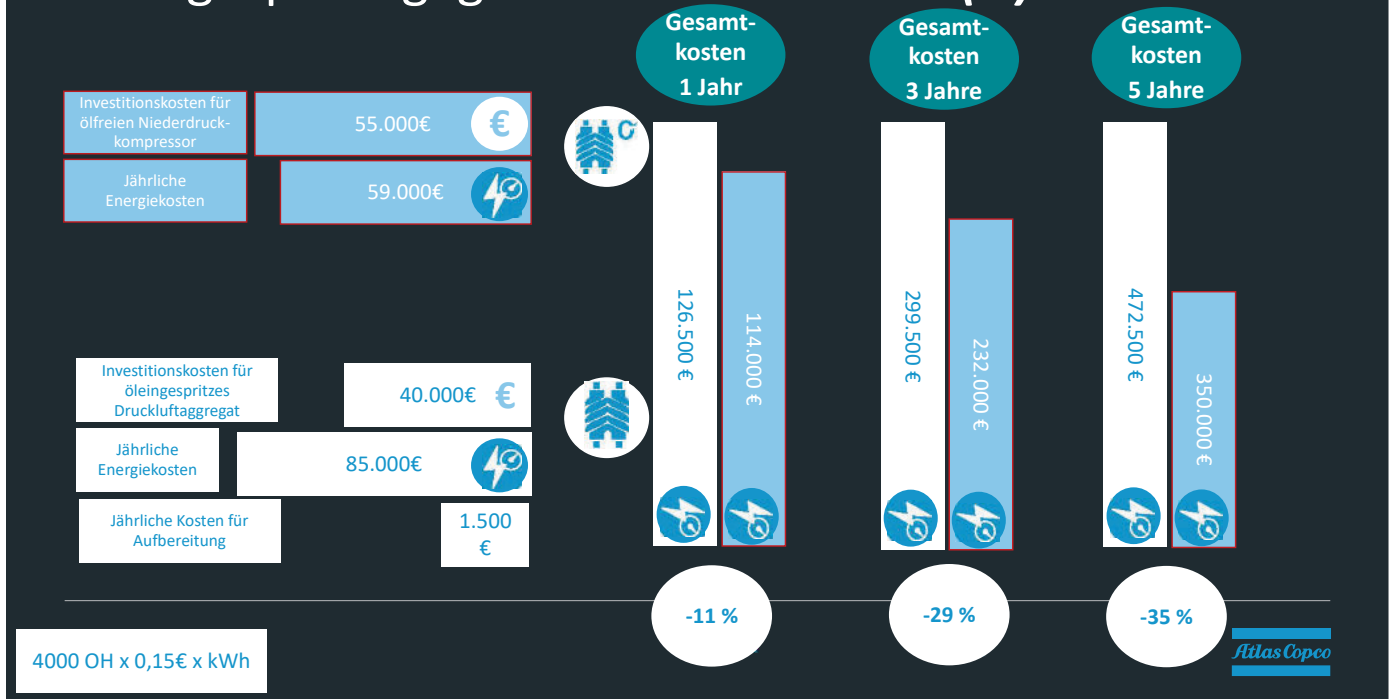


+2 %

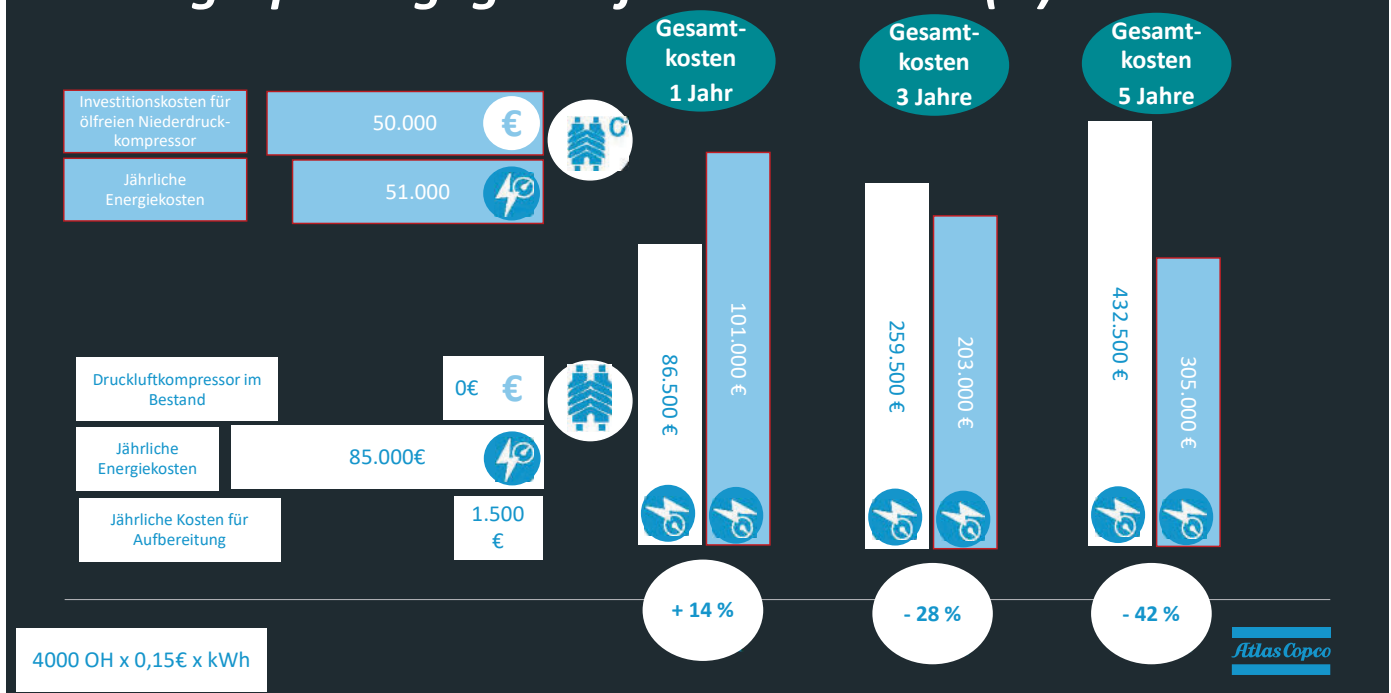
-11 %

4000 OH x 0,15€ x kWh

# Öleingespritzt gegen ölfrei bei 2.5 BAR(G)



# Öleingespritzt gegen ölfrei bei 2.0 BAR(G)





# Was ist der Drucktaupunkt

## Luftfeuchtigkeit: absolute und relative Feuchtigkeit

### WASSERGEHALT VON LUFT BEI VERSCHIEDENEN TAUPUNKTEN (TP)

TP °C	g/m <sup>3</sup>	TP °C	g/m <sup>3</sup>	TP °C	g/m <sup>3</sup>	TP °C	g/m <sup>3</sup>	TP °C	g/m <sup>3</sup>	TP °C	g/m <sup>3</sup>	TP °C	g/m <sup>3</sup>	TP °C	g/m <sup>3</sup>	TP °C	g/m <sup>3</sup>
100	588,208	81	301,186	62	140,659	43	58,820	24	21,578	5	6,790	-14	1,51	-33	0,244	-62	0,030
99	569,071	80	290,017	61	134,684	42	55,989	23	20,386	4	6,359	-15	1,38	-34	0,220	-63	0,027
98	550,375	79	279,278	60	129,020	41	53,274	22	19,252	3	5,953	-16	1,27	-35	0,198	-64	0,024
97	532,125	78	268,806	59	123,495	40	50,672	21	18,191	2	5,570	-17	1,15	-36	0,178	-65	0,021
96	514,401	77	258,827	58	118,199	39	48,181	20	17,148	1	5,209	-18	1,05	-37	0,160	-66	0,019
95	497,209	76	248,840	57	113,130	38	45,593	19	16,172	0	4,868	-19	0,96	-38	0,144	-67	0,017
94	480,394	75	239,351	56	108,200	37	43,508	18	15,246	-1	4,487	-20	0,88	-39	0,130	-68	0,015
93	464,119	74	230,142	55	103,453	36	41,322	17	14,367	-2	4,135	-21	0,80	-40	0,117	-69	0,013
92	448,308	73	221,212	54	98,883	35	39,286	16	13,531	-3	3,889	-22	0,73	-41	0,104	-70	0,011
91	432,885	72	212,648	53	94,483	34	37,229	15	12,739	-4	3,513	-23	0,66	-42	0,093	-65	0,0064
90	417,935	71	204,286	52	90,247	33	35,317	14	11,987	-5	3,238	-24	0,60	-43	0,083	-70	0,0033
89	403,380	70	196,213	51	86,173	32	33,490	13	11,276	-6	2,984	-25	0,55	-44	0,075	-75	0,0013
88	389,225	69	188,429	50	82,257	31	31,744	12	10,600	-7	2,751	-26	0,51	-45	0,067	-80	0,0006
87	375,471	68	180,855	49	78,491	30	30,078	11	9,961	-8	2,537	-27	0,46	-46	0,060	-85	0,00025
86	362,124	67	173,575	48	74,871	29	28,488	10	9,356	-9	2,339	-28	0,41	-47	0,054	-90	0,0001
85	340,186	66	166,607	47	71,395	28	26,970	9	8,784	-10	2,156	-29	0,37	-48	0,048		
84	336,680	65	159,654	46	68,056	27	25,524	8	8,243	-11	1,96	-30	0,33	-49	0,043		
83	324,469	64	153,103	45	64,848	26	24,143	7	7,732	-12	1,80	-31	0,301	-50	0,038		
82	311,616	63	146,771	44	61,772	25	22,830	6	7,246	-13	1,65	-32	0,271	-51	0,034		

# Was ist der Drucktaupunkt

## Luftfeuchtigkeit: absolute und relative Feuchtigkeit

### Absolute Luftfeuchte

ist die Masse des Wasserdampfs in einem bestimmten Luftvolumen. Sie wird üblicherweise in Gramm pro Kubikmeter angegeben. Den maximalen Wasserdampfgehalt bezeichnet man als Sättigung.

### Relative Luftfeuchte

bezeichnet das Verhältnis des momentanen Wasserdampfgehalts in der Atmosphäre zum maximal möglichen Wasserdampfgehalt bei derselben Temperatur. 100 % relative Luftfeuchte wird als Sättigung bezeichnet. Bei weiterer Feuchtigkeitzufuhr oder Abkühlung kondensiert der Wasserdampf zu Flüssigkeit.

### BEISPIEL

30 °C  
60 % relative Luftfeuchte

$$30,078 \text{ g} \frac{\text{Wasserdampf}}{\text{m}^3 \text{ Luft}} \times \frac{60}{100} = 18,05 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

# Was ist der Drucktaupunkt – Beispiel 1

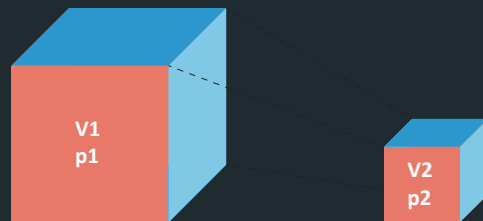
## Drucktaupunkt - +3°C

Wird atmosphärische Luft verdichtet, verkleinert sich das Volumen und die Wasserdampfkonzentration steigt an.

Der Begriff des Drucktaupunktes (DTP) wird verwendet, um den Wassergehalt der Druckluft zu beschreiben. Er gibt die Temperatur an, bei der Wasserdampf (unter den definierten Bedingungen) zu kondensieren beginnt.

### Zusammenhang:

Entspannt man Druckluft mit einem **Drucktaupunkt von +3 °C** und einem Druck von **3 bar**, hat diese Luft nach der Entspannung einen atmosphärischen **Taupunkt von -14 °C**.



### BEISPIEL

Drucktaupunkt: +3 °C  
 Effektiver Druck: 3 bar ü  
 Taupunkt: ?

$$+3 \text{ °C} \rightarrow 5,953 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$\frac{5,953 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}}{4 \text{ bar a}} \rightarrow 1,488 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

→ **Taupunkt: -14 °C**  
 (siehe Tabelle)

Atlas Copco

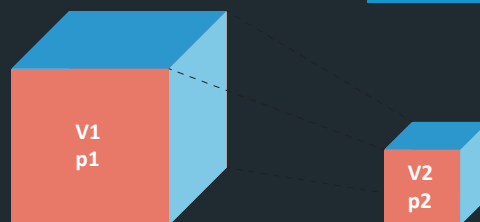
# Was ist der Drucktaupunkt – Beispiel 2

## Drucktaupunkt - Heißluftförderung

### Zusammenhang:

Bei einem Überdruck von **3bar** beträgt der Drucktaupunkt **47 °C**.

Das bedeutet, solange die Förderlufttemperatur nicht unter **47 °C** fällt, tritt kein Kondensat aus.



### BEISPIEL

Feuchte 30°C/60%:  $18,05 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$   
 Effektiver Druck: 3 bar ü  
 Drucktaupunkt: ?

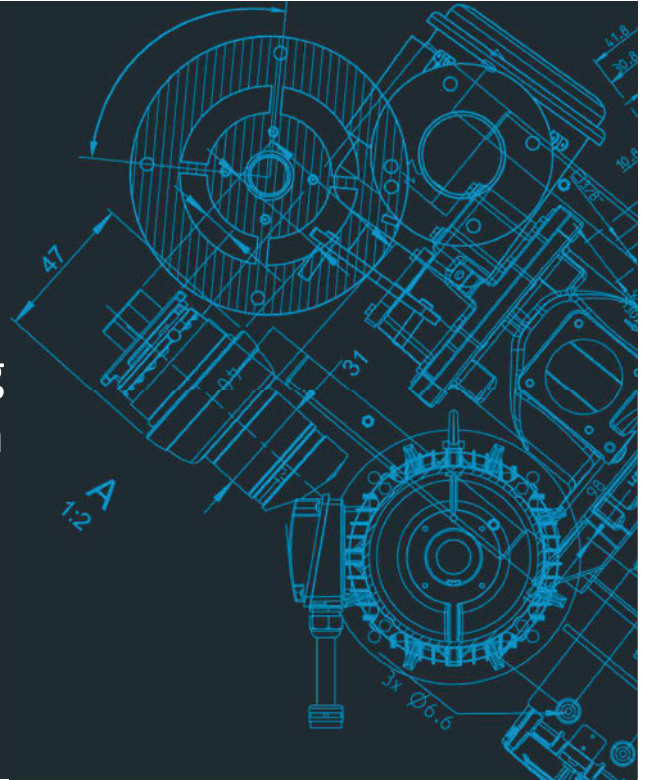
$$18,05 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \rightarrow +21 \text{ °C}$$

$$18,05 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 4 \text{ bar a} \rightarrow 72,2 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

→ **Drucktaupunkt: 47 °C**  
 (siehe Tabelle)

Atlas Copco

# Verfahren und technische Möglichkeiten zur Erreichung der Druckluftqualitätsklassen



## Übersicht Trocknertechnologien

FD Kältetrockner



DTP: +10 bis +3°C  
Klasse 4,5 & 6

BD Adsorptionstrockner



DTP: -20 bis -70°C  
Klasse: 1,2 & 3

# Funktionsprinzip Kältetrockner

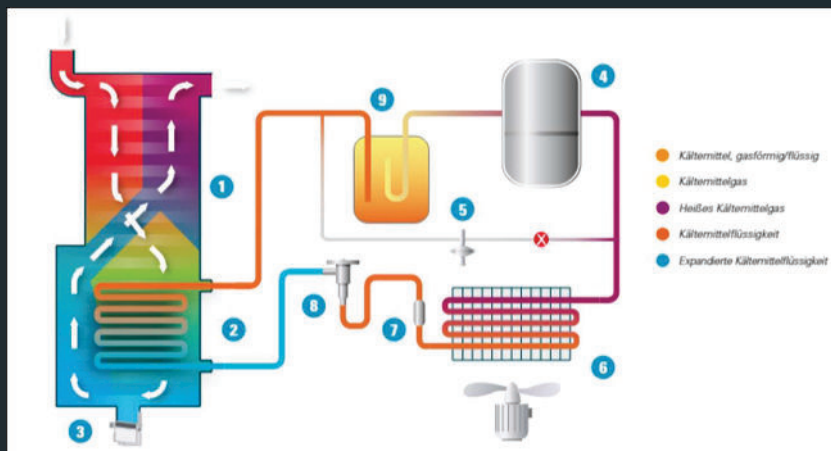
## Druckluftweg

- 1 Luft/Luft-Wärmetauscher: Die Zuluft wird durch die trockene, kalte Abluft gekühlt
- 2 Luft/Kältemittel-Wärmetauscher: Die Luft wird vom Kältemittelkreislauf bis zum erforderlichen Taupunkt gekühlt. Der Wasserdampf kondensiert zu Wassertropfen
- 3 Integrierter Wasserabscheider: Die Feuchtigkeit wird gesammelt und über den elektronischen Ableiter abgesaugt

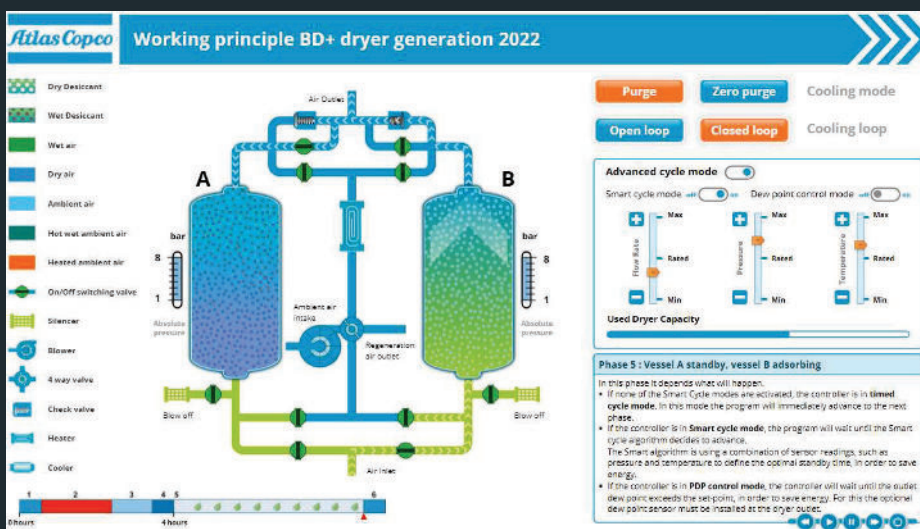
## Kältemittelkreislauf

Das Kältemittel führt die Wärme von der Druckluft ab und kühlt bis zum gewünschten Taupunkt.

- 4 Kältemittelkompressor: verdichtet das gasförmige Kältemittel zu einem höheren Druck
- 5 Regelssystem: Das Heißgas-Bypassventil regelt den Trockner, damit es bei geringeren Lastbedingungen nicht zu einem Einfrieren kommt
- 6 Kältemittelkondensator: Kühlt das Kältemittelgas ab, sodass es flüssig wird
- 7 Kältemittelfilter: Schützt die Expansionsvorrichtung vor schädlichen Partikeln
- 8 Thermostatisches Expansionsventil: Der Expansionsprozess senkt den Druck und sorgt für eine zusätzliche Kühlung des Kältemittels
- 9 Flüssigkeitsabscheider: Stellt sicher, dass nur gasförmiges Kältemittel in den Kompressor gelangt



# Funktionsprinzip Adsorptionstrockner



[Animation BD](#)

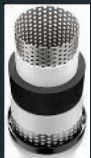
# Übersicht Filterarten



- **DD<sup>+</sup>, PD<sup>+</sup> und UD<sup>+</sup>** bezeichnen **Koaleszenzfilter (Mehrzweckfilter)** für den allgemeinen Schutz und das **Entfernen von Feststoffpartikeln, flüssigem Wasser und Öl-Aerosolen**. Der Gesamtmassenwirkungsgrad für 0,1– 0,01 µm beträgt 99,2, 99,92 und 99,996 %.



- **DDp<sup>+</sup> und PDp<sup>+</sup>** bezeichnen Partikelfilter für den **Trockenstaub-Schutz**. Gesamtmassenwirkungsgrad für 0,1–0,01 µm beträgt 99,40 und 99,986 %.



- **QD<sup>+</sup>** bezeichnet **Aktivkohle-Adsorptionsfilter** zum **Entfernen von Öldämpfen und Kohlenwasserstoffgerüchen** mit einem maximalen Restölgehalt von 0,003 mg/m<sup>3</sup> (0,003 ppm). Der QD<sup>+</sup> muss hinter einem Trockner und einem UD<sup>+</sup>- (oder DD<sup>+</sup>-/PD<sup>+</sup>-) Filter verbaut sein.



Atlas Copco

## Aufbereitungsbeispiel 1,0 bar / DTP +3°C - luftgekühlt

2300m<sup>3</sup>/h@1500mbarg



ZS4 VSD

Externer Luft-Luft Nachkühler



Zyklonabscheider



Druckluftfilter DDP



FD 1010



IWD

2300 m<sup>3</sup>/h  
1000 mbarg  
DTP +3°C  
Qualität: 2.4.0

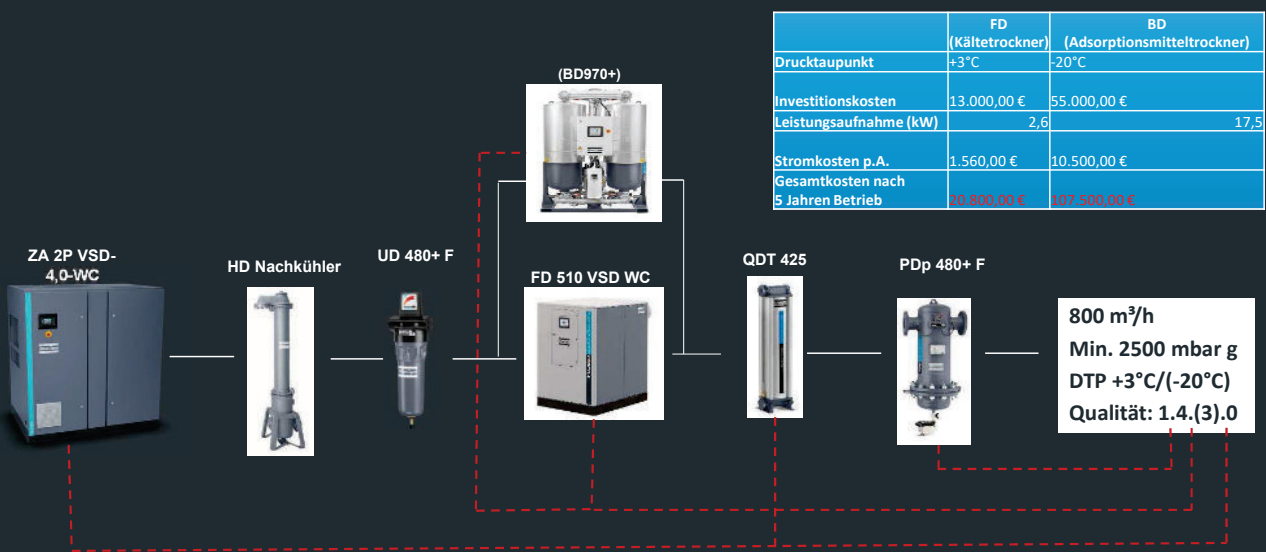
Atlas Copco

## Aufbereitungsbeispiel 1,4bar@DTP -20°C - luftgekühlt



*Atlas Copco*

## Aufbereitungsbeispiel 2,5 bar / DTP +3°C vs. -20°C - wassergekühlt



4000 OH x 0,15€ x kWh

*Atlas Copco*

*Atlas Copco*

