



Wärmerückgewinnung in der Praxis

Hinweise und Beispiele für Warmwasseranwendungen

INHALT

SEITE

3	Relevanz von Wärmerückgewinnung
4	Entwicklung der Energiekosten
5	Energieeinsparung mit Wärmerückgewinnung
6	Anwendungen und Einsatzbereiche
7	Planung der Wärmerückgewinnung
8	Checkliste Wärmerückgewinnung (Warmwasser)
9	Wasserverschmutzungen und ihre Auswirkung
10	Anforderungen an die Wasserqualität
11	Installationsbeispiel
12	Installationshinweise
13	Technische Daten und Einsparungspotenziale
14	Berechnung der Einsparung
15	BAFA-Fördermöglichkeiten
16	Kontakt

Relevanz von Wärmerückgewinnung

Ausgangssituation in Deutschland und Gründe für Wärmerückgewinnung

Der Einfluss von von Menschen verursachten Treibhausgasemissionen auf das Klima ist schon seit den 1970er Jahren bekannt. Diese Emissionen, insbesondere Kohlendioxid (CO₂) aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Kohle, Öl und Gas, führen dazu, dass sich Treibhausgase in der Atmosphäre ansammeln. Diese Gase wirken wie eine Decke, die die Wärme in der Erdatmosphäre einfängt, was zu einem Anstieg der Durchschnittstemperaturen auf der Erde führt. Dies wird als globale Erwärmung bezeichnet.

Der Anstieg der Durchschnittstemperatur wird im Vergleich zum vorindustriellen Niveau gemessen (1850 - 1900). Im Jahr 2020 betrug der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur im Vergleich zu diesem vorindustriellen Niveau etwa 1,2 Grad Celsius. Dieser Temperaturanstieg hat bereits spürbare Auswirkungen auf das Klima, wie zum Beispiel das Schmelzen von Gletschern, den Anstieg des Meeresspiegels, vermehrte Hitzewellen, veränderte Niederschlagsmuster und andere extreme Wetterereignisse.

Politische Maßnahmen sollen deshalb zumindest eine Begrenzung des Klimawandels erreichen. Das Pariser Klimaschutzabkommen zielt darauf ab, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 Grad Celsius zu begrenzen, um schwerwiegende Folgen zu vermeiden.

Politische Vorgabe in Deutschland

- Pariser Klimaschutzabkommen
- Aktuelles europäisches Klimaziel:
55 % Treibhausgaseinsparung bis 2030 gegenüber dem Jahr 1990
- Deutschland soll bis zum Ende des Jahrzehnts seinen Treibhausgas-Ausstoß um 65 % gegenüber dem Jahr 1990 verringern



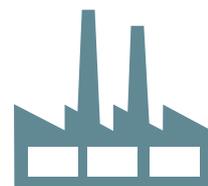
Klimaneutralität
bis 2045

Auswirkung

Durch die politischen Vorgaben in Deutschland und der EU in Zusammenhang mit dem Klimaschutz (Pariser Klimaschutzabkommen) haben Unternehmen einen starken Anreiz bekommen, ihren Energieverbrauch bzw. ihre CO₂-Emissionen zu reduzieren. Die Industrie wird dadurch aktiv aufgefordert, ihren Beitrag zur Nachhaltigkeit zu leisten. Eine der möglichen Maßnahmen für Unternehmen ist, Wärmerückgewinnung in ihren Betriebsprozess zu integrieren.

Industrieunternehmen

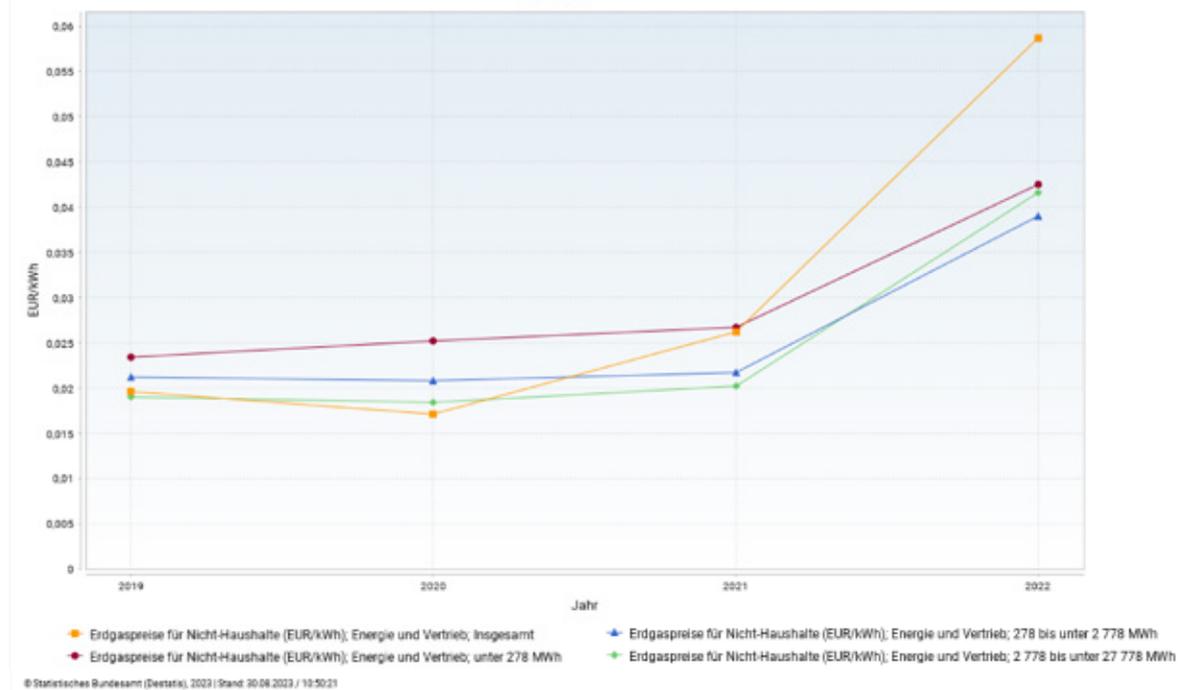
- Reduktion der Emissionen durch Energieeffizienz
- Substitution der Emissionen durch erneuerbare Energien
- Kompensation der Emissionen durch CO₂-Zertifikate



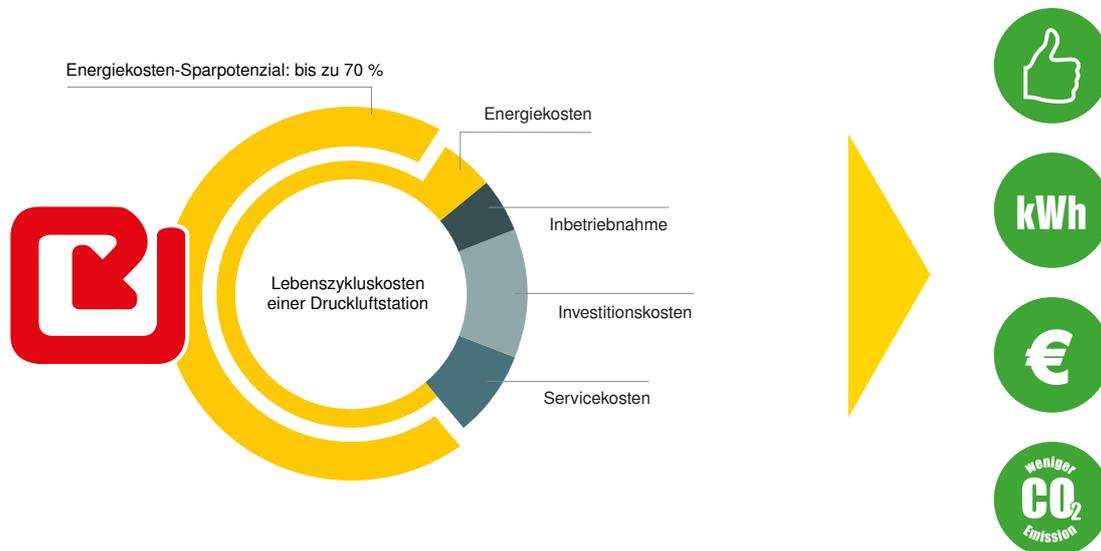
Anstrengungen bei
CO₂-Einsparungen

Entwicklung der Energiekosten und Lebenszykluskosten einer Druckluftstation

Erdgaspreise für Nicht-Haushalte: Deutschland, Durchschnittspreise für Strom und Gas

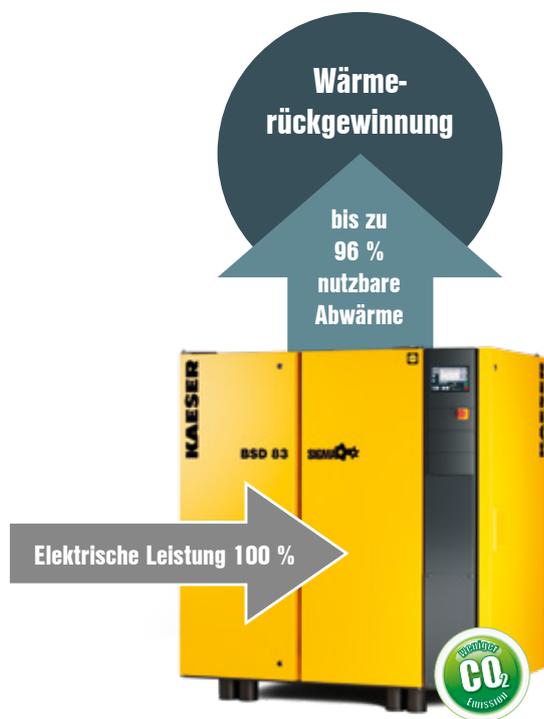


Die Grafik zeigt deutlich den Anstieg des Gaspreises zum Jahreswechsel 2021/2022. Dadurch steigt die Relevanz von Wärmerückgewinnung bei Kompressoren massiv. Dies gilt auch für den Einsatz anderer Energien wie Heizöl und Strom, die in ähnlichem Maße gestiegen sind. All diese Faktoren beeinflussen den größten Teil der Lebenszykluskosten einer Druckluftstation. Durch die Implementierung von Wärmerückgewinnung können diese deutlich reduziert und gleichzeitig große Mengen CO₂ eingespart werden.



Mit Wärmerückgewinnung bis zu 96 % Energie einsparen.

Ein Schraubenkompressor wandelt 100 % der ihm zugeführten Energie in Wärme um. Bis zu 96 % dieser Energie können zurückgewonnen werden. Moderne Schraubenkompressoren in vollgekapselter Bauweise eignen sich besonders gut für Wärmerückgewinnung. Das gilt sowohl für fluideingespritzte als auch für ölfrei verdichtende Kompressoren.



Ihre Vorteile



Ihre Energiekosten sinken:

Bis zu 80 % der Lebenszykluskosten sind Energiekosten. Über Wärmerückgewinnung senken Sie diese Kosten erheblich.



Sie verringern Ihren CO₂-Ausstoß:

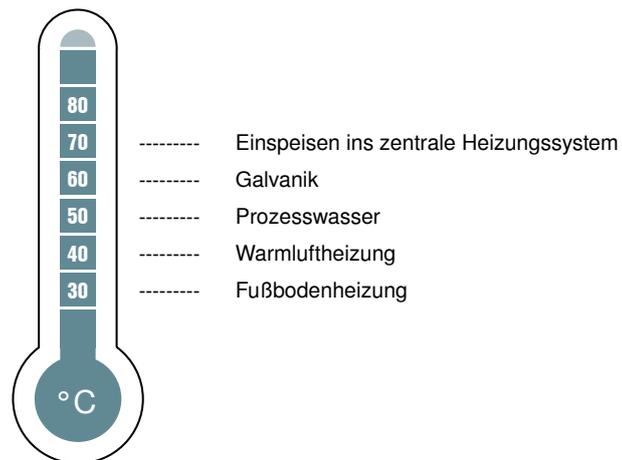
Mit Wärmerückgewinnung verkleinern Sie den CO₂-Ausstoß Ihres Unternehmens, da Sie die Energie effizienter nutzen.

Wärmerückgewinnung lohnt sich schon bei "kleinen" Anlagen. Ein Schraubenkompressor der Serie SM gibt bereits ca. 10 kW Wärmeleistung ab. Dies entspricht dem durchschnittlichen Wärmebedarf eines Einfamilienhauses.



Anwendungen & Einsatzbereiche von Wärmerückgewinnung

Warmwasser vom Kompressor kann in vielen Bereichen genutzt werden. Das Temperaturniveau ist hierbei je nach Anwendung zwischen +30 °C bis +80 °C frei wählbar.

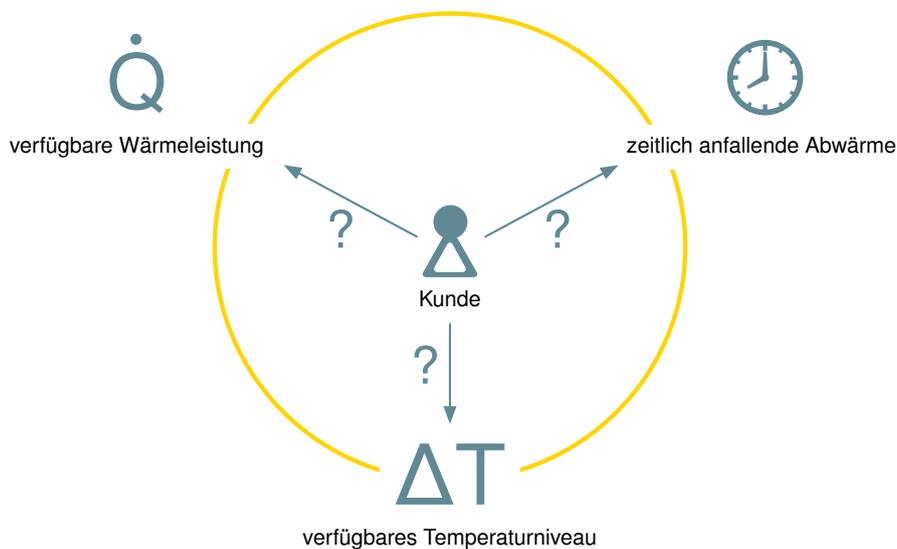


Weitere Anwendungsmöglichkeiten für die Nutzung von Warmwasser sind:

- Einspeisen in Zentralheizungen
- Allgemeine Prozesswärme
- Reinigungswasser in der Lebensmittelindustrie
- Galvanik
- Wäschereien
- Schwimmbeckenaufheizung
- u.v.m.

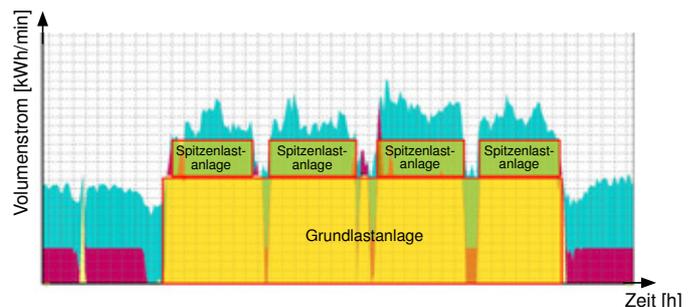
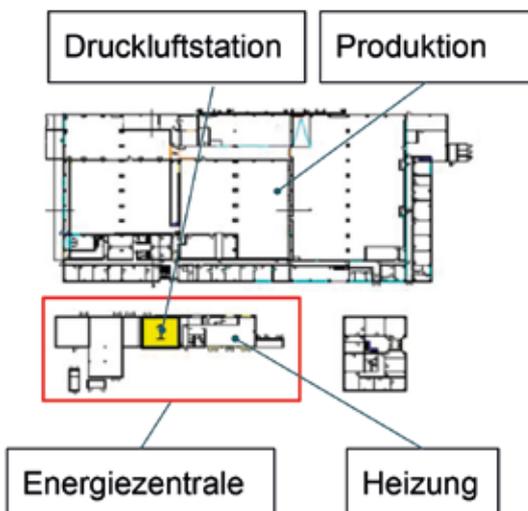
Was muss bei der Planung der Wärmerückgewinnung im Vorfeld berücksichtigt werden?

Die richtigen Wärmesenken müssen individuell gefunden werden. Das heißt, dass die verfügbare Wärmemenge und das Temperaturniveau auf Ihren tatsächlichen Wärmebedarf abgestimmt werden müssen. Je nachdem, wo und wann wie viel Wärme anfällt, kann festgelegt werden, welche Anwendungen unterstützt bzw. versorgt werden können. Hier kann eine Druckluft-Verbrauchsanalyse gegebenenfalls helfen.



Ebenso ist bei der Planung auf kurze Verbindungsleitungen zwischen Kompressorstation und Heizung zu achten.

Vorzugsweise sind Grundlastanlagen priorisiert mit Wärmerückgewinnung auszustatten, da frequenzgeregelter Kompressoren und Spitzenlastanlagen keine konstante Wärmeleistung zur Verfügung stellen.



Checkliste Wärmerückgewinnung (Warmwasser)

Nutzen Sie diese Checkliste, um Ihren Bedarf für die Wärmerückgewinnung zu beschreiben. Damit kann die Wärmerückgewinnung optimal geplant und das Einsparpotenzial ermittelt werden.



Daten der Wärmerückgewinnung

- Anwendung (Warmwasser/Warmluft) _____
- Wärmebedarf der Anwendung _____
- Temperaturniveau (Vorlauf/Rücklauf) _____
- Warmwassermenge _____
- Art der Wärmetauscher (PTG/Rohr) _____
- Druckverlust im Warmwasserkreislauf _____
- Puffervolumen für Warmwasser _____
- Regelung der Warmwassermenge _____
- Leitungsmaterialien _____
- Wasserqualität (Verschmutzungen) _____
- Bestehende Heizung (Brennstoff/Kosten) _____

Daten der Kompressoren

- Betriebszeiten _____
- Auslastung der Kompressoren _____
- Gleichzeitigkeit _____
- Übergeordnete Steuerung _____
- Örtliche Gegebenheiten _____

Wasserverschmutzungen und ihre Auswirkung

Im eigenen Interesse und der Gewährleistung ist die Qualität des Warmwassers zu beachten, da Verschmutzungen zu verschiedensten Schäden führen können.

Wasserinhaltsstoffe

Erdalkalisalze (z. B. Magnesium, Calcium)	→	Härtebildner (Kesselsteinablagerung)
Eisen- und Manganverbindungen	→	Korrosionen
Sonstige Salze	→	Korrosionen
Kieselsäure	→	Ablagerung von Silikatstein
Feststoffe	→	Verstopfungen
Gase (z. B. Sauerstoff, Kohlendioxid)	→	Korrosionen (bei unlegiertem Stahl, Kupfer)

Problem	Verursacher	Folgen bei Nichtbehandlung
Korrosion	Elektrochemische Prozesse, Einfluss darauf nehmen: pH-Wert, gelöste Gase (CO ₂ , O ₂), Menge gelöster Ionen (Cl, SO ₄), Temperatur	Flächenabtrag oder Lochfraß, unzureichende Abfuhr der Wärme, Materialzerstörung → hohe Kosten
Verkalkung/ Verkrustung	Ausscheidende Härtebildner wie z.B. Calciumcarbonat (CaCO ₃) und Calciumsulfat (CaSO ₄)	Wärmeverluste an Übertragungsflächen, Überhitzung, Betriebsstörungen bis hin zum Ausfall → hohe Kosten
Mikroorganismen (Algen, Pilze, Keime, Bakterien)	Organische Inhaltsstoffe, verstärkt durch Wärme, Licht und CO ₂	Wärmeübergangsverluste (Schleimbildung), Korrosionsvorgänge, Krankheitserreger (Legionellen) → hohe Kosten

Qualitätsanforderungen an das Wasser für Wärmerückgewinnung

Spezifikation	Verschmutzung
pH-Wert [pH] gibt sauren [pH 0-6], neutralen [pH 7] und alkalischen [pH 8 - 14] Zustand an	Plattenwärmetauscher 7,5 bis 9,0
Elektrische Leitfähigkeit [bei Bezugstemperatur 20 °C] Maß für die im Wasser gelösten Salze	Plattenwärmetauscher 10-800 (10-1500 µS/cm) ¹
Gesamthärte [GH] Maß für die im Wasser gelösten Erdalkalien; wird allgemein als Härte bezeichnet	0-20 °dH dH = deutsche Härte (Bezugstemperatur 20 °C) ²
Karbonathärte [KH] zur Überprüfung der Stabilität pH-Wert	< 20 (< 4) °dH
Chloride [Cl] in höheren Konzentrationen Korrosionsbildung	Plattenwärmetauscher < 100 mg/l ³
Eisen [Fe] gelöst, in höheren Konzentrationen Korrosionsbildung	< 0,5 (< 0,2) mg/l
Sulfat [SO₄] Kupferkorrosion bei Konzentrationserhöhung	< 100 mg/l
Verhältnis HCO₃/SO₄ Kupferkorrosion bei Verhältnis < 1	> 1
Ammonium [NH₄]⁴ in Verbindung mit Sauerstoff Kupferkorrosionsbildung	< 1 mg/l
Mangan [Mn] gelöst, in höheren Konzentrationen Korrosionsbildung	< 0,1 mg/l
Glykol	0 % oder 20 % - 40 % ⁵
Feststoffe [Partikelgröße]	< 0,1 mm
Keimzahl	10.000 KBE/ml ⁶
Schwebstoffe, Anteil ungelöster Stoffe	<20 ppm

¹ Höhere Werte sind bei fachgerechter Behandlung/Beratung möglich

² Bei höheren Wassertemperaturen reduziert sich die zugelassene Härte:

0-20 °dH bis 60 °C Wassertemperatur

0-14 °dH bis 70 °C Wassertemperatur

0-8 °dH ab 70 °C Wassertemperatur

³ Bei höheren Wassertemperaturen reduziert sich der zugelassene Chloridgehalt:

< 100 mg/l bis 70 °C / < 10 mg/l bis 90 °C

⁴ Ammoniak greift in Verbindung mit Sauerstoff Kupfer an, ist hoch flüchtig und eher als Ammonium nachweisbar

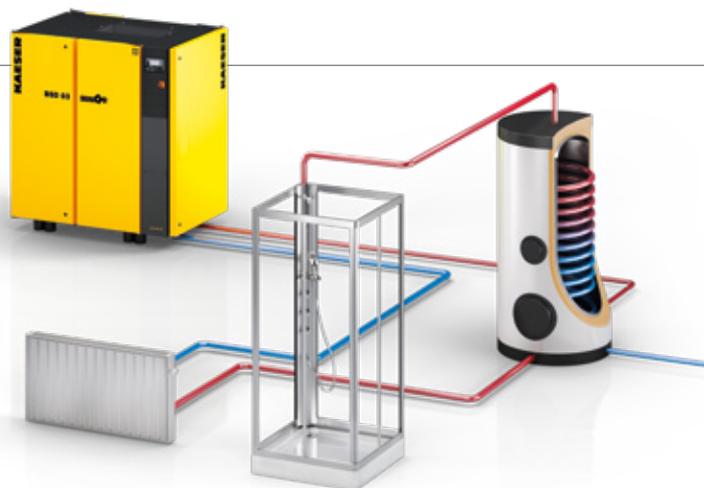
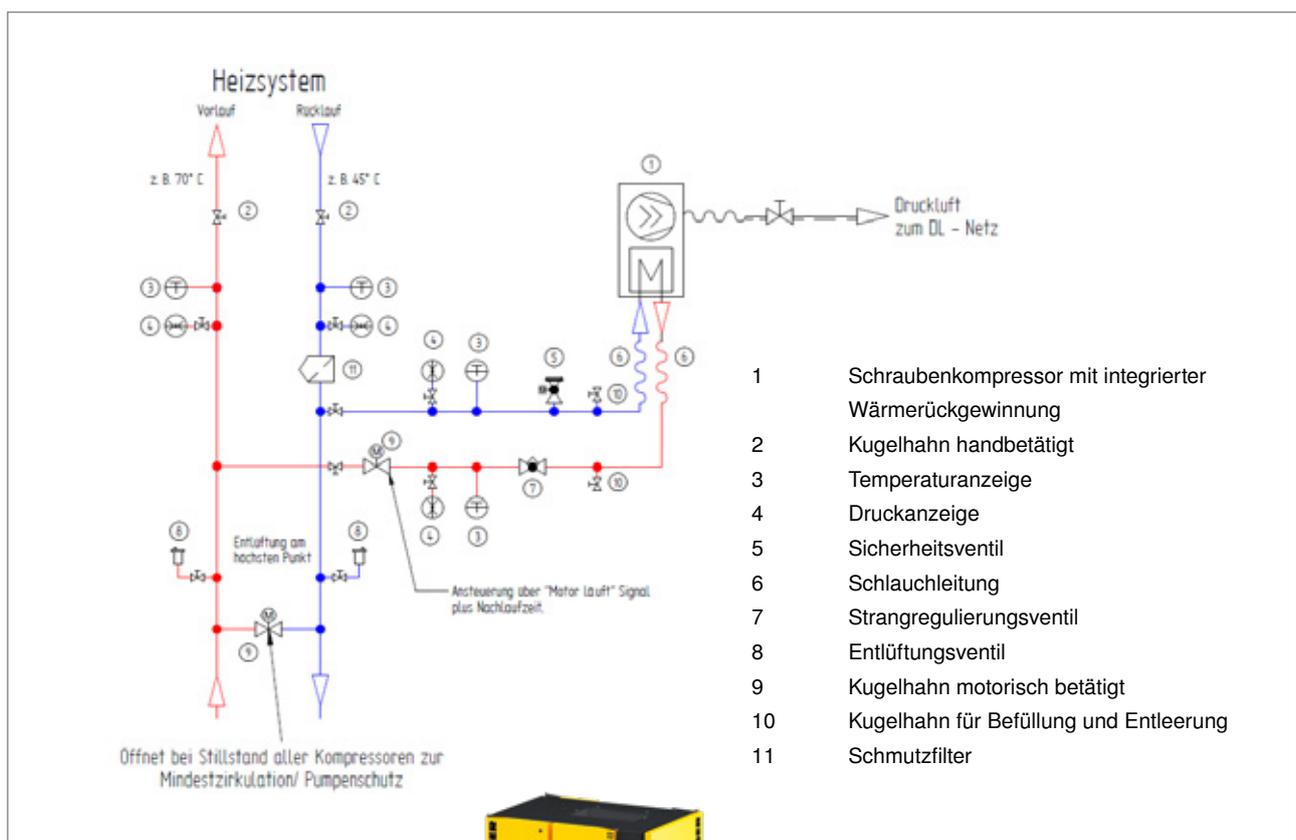
⁵ Mit Korrosionsinhibitor, Einsatz nicht möglich bei offenem Kühlwassersystem

⁶ KBE = koloniebildende Einheit

Installationsbeispiel

Beispiel für mögliche Installation einer Warmwasseranwendung

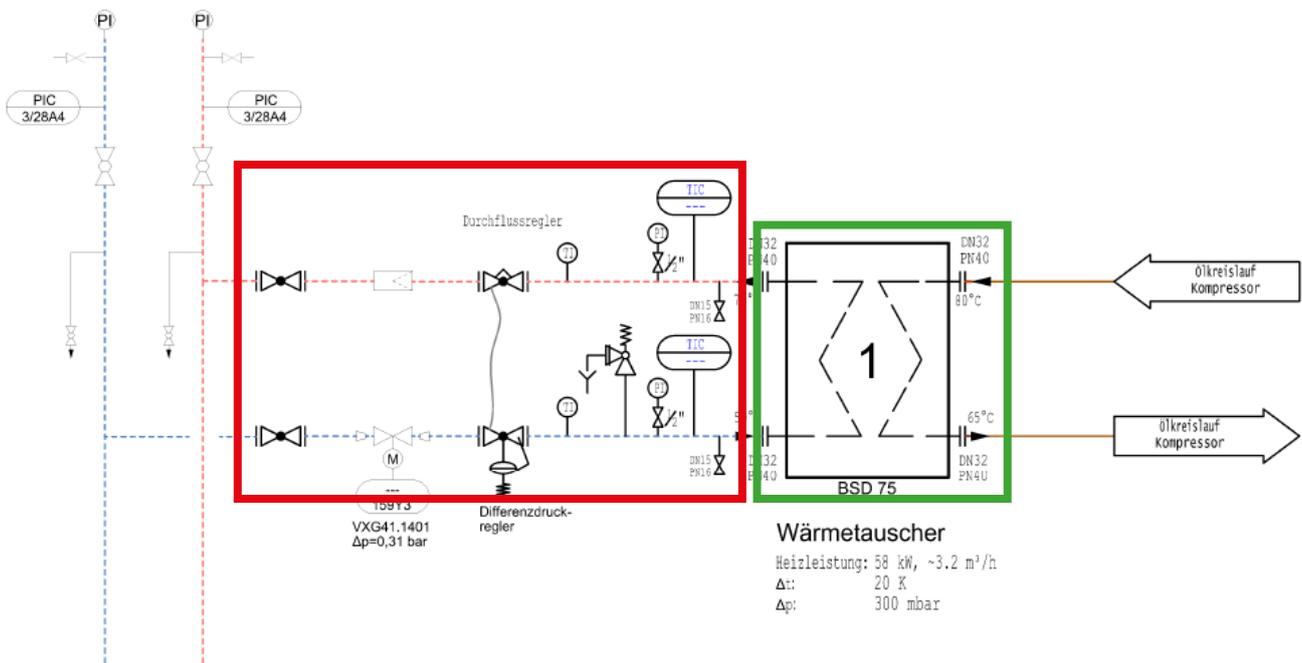
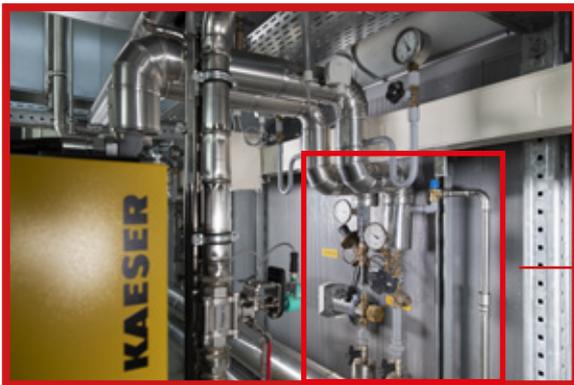
Bei Warmwassernutzung für Trinkwasseranwendungen (z.B. Duschen) ist auf einen getrennten Wasserkreislauf zu achten (z.B. Sicherheitswärmetauscher). Planung, Auslegung und Installation müssen durch eine Fachfirma erfolgen.



Installationshinweise - Praxisbeispiele

Verbindung zwischen Heizung und Kompressor

Das R-I-Schema und die Bilder zeigen die Wärmeübertragung im Kompressor (grün) und die Anbindung an das Heizungssystem (rot).



Technische Daten & Einsparungen

Typ	bei max. Überdruck bar	Motornennleistung kW	Maximal verfügbare Wärmeleistung		Warmwassermenge Aufheizung auf 70 °C		Platzierung des PTG-Systems int./ext.	Heizöl-Einsparpotential			Erdgas-Einsparpotential		
			kW	MJ/h ¹⁾	(ΔT 25 K) m³/h	(ΔT 55 K) m³/h		Heizöl	CO ₂	Heizkosten-Einsparung	Erdgas	CO ₂	Heizkosten-Einsparung
								l	kg	€/Jahr	m³	kg	€/Jahr
SK 22 SK 25	8	11 15	9,4 12,0	34 43	0,32 0,41	0,15 0,19	extern	2.118 2.704	5.776 7.374	Einsparpotential bei 2.000 h/a 3.177,- 4.056,-	1.755 2.241	3.510 4.482	Einsparpotential bei 2.000 h/a 2.633,- 3.362,-
BSD 65 BSD 75 BSD 83	8,5	30 37 45	27,1 33,5 40,1	98 121 144	0,93 1,15 1,38	0,42 0,52 0,63	intern	12.214 15.099 18.073	33.308 41.175 49.285	Einsparpotential bei 4.000 h/a 18.321,- 22.649,- 27.110,-	10.121 12.512 14.977	20.242 25.024 29.954	Einsparpotential bei 4.000 h/a 15.182,- 18.768,- 22.466,-
CSDX 145 CSDX 175	8,5	75 90	66 79	238 284	2,30 2,70	1,03 1,24	intern	29.747 36.606	81.120 97.098	Einsparpotential bei 4.000 h/a 44.621,- 53.409,-	24.650 29.505	49.300 59.010	Einsparpotential bei 4.000 h/a 36.975,- 44.258,-

Hinweis: Wenn Sie Ihren Verbrauch nicht kennen, sprechen Sie uns an, wir können Ihren Verbrauch messen.

Berechnungsgrundlage für die WRG-Einsparung



$$\text{Preis}_{\text{Öl}} = 1,50 \frac{\text{€}}{\text{l}}$$

$$\text{Heizwert}_{\text{Öl}} = 9,86 \frac{\text{kWh}}{\text{l}}$$

$$\eta_{\text{Öl Heizung}} = 90 \%$$



$$\text{Preis}_{\text{Erdgas}} = 1,50 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}^*$$

$$\text{Heizwert}_{\text{Erdgas}} = 10,2 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$$

$$\eta_{\text{Erdgas Heizung}} = 105 \%$$

*Entspricht 15 Cent pro kWh.

Einspar-Rechenbeispiel für Schraubenkompressor Modell ASD 50

für Heizöl		für Erdgas		
maximal verfügbare Wärmeleistung:	28,0 kW	maximal verfügbare Wärmeleistung:	28,0 kW	
Heizwert je Liter Heizöl:	9,861 kWh/l	Heizwert je m³ Erdgas:	10,2 kWh/m³	
Wirkungsgrad Heizöl-Heizung:	90 %	Wirkungsgrad Erdgas-Heizung:	105 %	
Preis je Liter Heizöl:	1,50 €/l	Preis je m³ Erdgas:	1,50 €/m³	
Kosteneinsparung:	$\frac{28,0 \text{ kW} \times 4.000 \text{ h/a}}{0,90 \times 9,861 \text{ kWh/l}} \times 1,50 \text{ €/l} = 18.930 \text{ € pro Jahr}$		$\frac{28,0 \text{ kW} \times 4.000 \text{ h/a}}{1,05 \times 10,2 \text{ kWh/m}^3} \times 1,50 \text{ €/m}^3 = 15.686 \text{ € pro Jahr}$	

Individuelle Berechnung der Einsparung

KAESER-Toolbox

Die tatsächlich nutzbare Wärmemenge ist von vielen Faktoren abhängig. Mit Hilfe der [Toolbox](#) auf unserer KAESER-Website können die individuellen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Ebenso lässt sich der Brennstoff und der dazugehörige Preis berücksichtigen.

Das Ergebnis gilt immer nur für die Standardbedingungen der Wärmerückgewinnung. Bei abweichenden Betriebsdaten wenden Sie sich bitte an Ihren zuständigen KAESER Vertriebsmitarbeiter oder Fachhandelspartner.

Gesamtleistungsaufnahme bei Betriebsüberdruck	<input type="text" value="0"/>	kW
Laststunden pro Tag	<input type="text" value="0"/>	h
nutzbare Warmwassermenge	<input type="text" value="0"/>	m³/h
Nutzbare Energie pro Laststunde	<input type="text" value="0"/>	kWh
Heizperiode pro Jahr	<input type="text" value="0"/>	Tage

Einsparungen bei Heizen mit Heizöl

Preis Heizöl	<input type="text" value="1.5"/>	€/l
Heizwert Heizöl leicht	<input type="text" value="9.8"/>	kWh/l
CO ₂ Emission Heizöl	<input type="text" value="2.8"/>	kg CO ₂ /l
Wirkungsgrad der Heizung	<input type="text" value="90"/>	%
Einsparungen	<input type="text" value="0"/>	€/Jahr
	<input type="text" value="0"/>	kWh/Jahr
	<input type="text" value="0"/>	t CO ₂ /Jahr

= Eingabe
 = Ergebnis



► <https://www.kaeser.de/service/wissen/rechner/waermerueckgewinnung/>

BAFA-Fördermöglichkeiten für Wärmerückgewinnung

Modul 1 Querschnittstechnologien (QST)

Je nach Betriebsgröße werden zwischen 30 % und 50 % der Investitionskosten gefördert. Zusätzlich erhält man maximal 30 % der Nebenkosten (Planung, Installation und Inbetriebnahme). Für den Antrag auf Förderung muss ein Nachweisblatt sowie ein Produktdatenblatt auf der BAFA-Website hochgeladen werden.

Hinweis: Das Nachweis- und Produktdatenblatt erhalten Sie von Ihrem KAESER Vertriebsmitarbeiter oder Fachhandelspartner.



Übrigens: Auch die Nachrüstung von Wärmerückgewinnung bei bestehenden Kompressoren ist BAFA-förderfähig.

Berechnungsbeispiel für Modul 1

Betrieb mit 50-250 Mitarbeitern		Förderung	
Kompressor	30.000 €	40 %	12.000 €
Wärmerückgewinnung	3.000 €	40 %	1.200 €
Installation	10.000 €	30 %	3.000 €
Summe	43.000 €	38 %	16.200 €

Modul 4 Energiebezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen (technologieoffene Förderung)

Bei dieser Förderung erhält man je nach Betriebsgröße zwischen 500 und 1.200 Euro pro Tonne eingespartem CO₂ pro Jahr. Die eingesparte Menge an CO₂ kann mit unserer Toolbox berechnet werden. Die Förderung ist auf 30 % bis 50 % der Investitionskosten gedeckelt, die Förderung der Nebenkosten ist hier allerdings nicht begrenzt.

Mehr Druckluft mit weniger Energie

Auf der ganzen Welt zu Hause

Als einer der größten Kompressorenhersteller, Gebläse- und Druckluft-Systemanbieter ist KAESER KOMPRESSOREN weltweit präsent:

In über 140 Ländern gewährleisten eigene Tochterfirmen und Partnerfirmen, dass Anwender hochmoderne, effiziente und zuverlässige Druckluftanlagen und Gebläse nutzen können.

Erfahrene Fachberater und Ingenieure bieten umfassende Beratung und entwickeln individuelle, energieeffiziente Lösungen für alle Einsatzgebiete der Druckluft und Gebläse. Das globale Computer-Netzwerk der internationalen KAESER-Firmengruppe macht das Know-how dieses Systemanbieters allen Kunden rund um den Erdball zugänglich.

Die hochqualifizierte, global vernetzte Vertriebs- und Service-Organisation sichert weltweit nicht nur optimale Effizienz, sondern auch höchste Verfügbarkeit aller KAESER-Produkte und -Dienstleistungen.



Ihr Kontakt

FILCOM GmbH
Schönbuchstr. 1
D-73760 Ostfildern

Tel: +49 (0) 711-4413322-0
Fax: +49 (0) 711-4413322-22
Mail: info@filcom.de

www.filcom.de

 **FILCOM**[®]
DRUCKLUFT