

„Wärmerückgewinnung bei Druckluftanlagen“¹

Nach Angabe der deutschen Energieagentur verbrauchen die 62 000 bundesweit in Betrieben installierten Druckluftanlagen jährlich rund 14 Milliarden kWh Strom. Das entspricht annähernd der erzeugten Strommenge von 1 ½ Atomkraftwerken. Bei der Erzeugung von Druckluft fällt aus thermodynamischen Gründen **immer** Abwärme an.

Diese Energie könnte durch Wärmerückgewinnung sehr einfach genutzt werden. Wie Thermodynamiker erklären können, ist die reine Tatsache, dass der Kompressor einen großen Teil der elektrischen Energie in Wärme umwandelt, der Normalfall und erklärt nicht die Effizienz eines Kompressors.

Dass bei der Drucklufterzeugung ein großer Teil der eingesetzten Energie in Wärme umgewandelt wird, ist bekannt. In vielen Fällen geht diese Wärme allerdings ungenutzt verloren. Sie wird durch Abluftkanäle – bzw. Ventilatoren nach außen geführt oder auch durch die Druckluftverteilung abgegeben, während daneben die Heizungsanlage läuft.

Das ist bei den Diskussionen zum Klimawandel und Reduzierung des CO₂ Ausstoßes kaum nachvollziehbar.

Der Betreiber einer Druckluftstation kann oftmals mit verhältnismäßig einfachen Mitteln den Gesamtwirkungsgrad der Drucklufterzeugung enorm erhöhen. Dazu muss er nur die Abwärme z.B. für wärmegeführte Produktionsprozesse oder für Heizzwecke nutzen.

Prinzipiell ähnlich wie bei einer Wärmepumpe kann die nutzbare Energie (von Druckluft und Wärme) u.U. sogar höher sein als die eingebrachte elektrische Energie.

Wie effizient ein optimal ausgelegtes System "Drucklufterzeugung plus Wärmerückgewinnung" sein kann, ist aber leider viel zu wenig bekannt. Oft wird die geringe Größe des Kompressors als Vorwand genommen, eine Wärmerückgewinnung als nicht lohnend dazustellen. Aber schon ein Kompressor mit 18,5 kW reicht mühelos, um ein Einfamilienhaus zu heizen.

1. Wie funktioniert Wärmerückgewinnung?

Am sinnvollsten ist es, die Kompressorabwärme für kontinuierlich ablaufende Produktionsprozesse zu nutzen. Ein Beispiel sind Unternehmen der Chemie- und Nahrungsmittelindustrie, die Produkte oder Vorprodukte temperieren müssen. Als Alternative empfiehlt sich die Wärmenutzung für die Raumbeheizung oder die Warmwasserbereitung.

Technisch sind diese Möglichkeiten sehr einfach zu realisieren, man muss nur einen Wärmetauscher im Öl- oder Kühlwasserkreislauf integrieren. Viele moderne Kompressoren sind entsprechend vorgerüstet.

Ein Rechenbeispiel: Die Nutzung der Abwärme, die ein 75 kW-Schraubenverdichter pro Jahr schon im Einschichtbetrieb erzeugt (bei 8 bar typischerweise 72 % umgesetzt), entspricht der Energieeinsparung von rund 12.300 Litern Heizöl. Legt man einen Heizölpreis von 0,50 €/ l zu Grunde, kann der Anwender 6.145 € im Jahr sparen.

Tipp: Prüfen Sie, wo im Betrieb Wärme benötigt wird (möglichst kontinuierlich) und nutzen Sie dafür die Abwärme der Kompressoren!

¹Außer bei Druckluftsystemen ist Wärmerückgewinnung häufig auch möglich bei Verdichtungssystemen für technische Gase, da diese u.a. aus ähnlichen Maschinen aufgebaut sind.

Zwei verschiedene Wärmerückgewinnungssysteme sind üblich:

- **Heizungsluft zur Raumheizung:**
Luftgekühlte Kompressorenaggregate mit Schallhaube, sind für Nutzung der Abluft zur Raumheizung, industriellen Trocknung, Vorwärmung angesaugter Luft für Ölbrenner oder alle möglichen anderen Anwendungen, die warme Luft erfordern, verwendbar. Umgebende atmosphärische Luft wird durch die Kompressorkühler geführt, in denen sie die Wärme der Verdichtung extrahiert. Da Kompressoren gewöhnlich mit Schallhauben versehen sind und bereits Wärmeaustauscher und Ventilatoren enthalten, sind die einzigen benötigten Systemänderungen eine zusätzliche Kanalisierung und ggf. ein zusätzlicher Kanalstützlüfter, um den Gegendruck durch die Kanalführung zu überwinden. Diese Abluftnutzung kann mit einer einfachen thermostatisch gesteuerten Entlüftungsöffnung realisiert werden.
- **Heißwassererzeugung:**
Es ist auch möglich, Heißwasser zu produzieren, indem die Abwärme von Fluid- und Druckluftkühlern der Kompressorenaggregate genutzt wird. Abhängig von der Ausführung, können Wärmeaustauscher Prozess, Brauch²- oder Trinkwasser² produzieren. Wenn Heißwasser nicht angefordert wird, wird die Wärme über die Standardkühler abgeführt. Heißwasser kann in den Zentralheizungs- oder Dampfkesselsystemen, in Duschsystemen, in den industriellen Reinigungsprozessen, in Wärmepumpen, in Wäschereien oder in jeder möglichen anderen Anwendung benutzt werden, in der Heißwasser angefordert wird. Die Anschlussmöglichkeit für Wärmerückgewinnung ist für die meisten Kompressoren auf dem Markt als Sonderausstattung vorhanden, entweder integriert im Kompressorpacket oder als externe Lösung.

Oft können Wärmerückgewinnungssysteme sehr leicht und ökonomisch nachgerüstet werden. Sie sind für die luft- und wassergekühlten Kompressoren anwendbar.

Zu beachten ist, dass bei der Amortisationszeit der Wärmerückgewinnung natürlich nur die Zeiten herangezogen werden können, in denen ein Wärmebedarf besteht.

2. Allgemeine Beispiele für Wärmerückgewinnung

Die folgenden Beispiele sind für die Wärmerückgewinnung typisch:

- Warmluftheizung für Betriebsräume
- Warmluft für Trocknungsprozesse
- Aufbau von Warmluftschleusen
- Vorerwärmung von Brennerluft
- Raumtemperierung
- Lackiererei
- Galvanik
- Einspeisen in Zentralheizungssystem
- Warmwasser für Dusch- und Waschräume
- Reinigen von Werkstücken
- Schwimmbecken-Aufheizung
- Nutzwasser für Kantinen und Großküchen
- Reinigungswasser in der Lebensmittelindustrie

Im Folgenden werden Amortisationsbeispiele zu Wärmerückgewinnungssystemen dargestellt (s. Tabelle 1). In Tabelle 2 werden für den Vergleich mit eigenen Anlagen das elektrische Energieäquivalent³ für verschiedene Überdrücke der Druckluft gegenüber Atmosphäre angegeben.

² Sicherheitswärmetauscher notwendig.

Tabelle 1: Amortisationsbeispiele zu Wärmerückgewinnungssystemen (bei 10 bar)

Kompressor-Nennleistung, kW:	55	75	90	110
Nutzbare Wärme über Rückgewinnungssysteme, kW: (ca.)	44	60	72	88
Jährliche Öleinsparung (bei 4.000 Betr.h/a), in l/a (2 Schichtbetrieb):	23.570	32.130	38.560	47.130
Jährliche Ersparnis bei 0,5 €/l: €/a	11.785	16.065	19.280	23.565

Tabelle 2: Elektrisches Energieäquivalent³ pro m³ Druckluft (Erfahrungswerte)

Überdruck der Druckluft gegenüber Atmosphäre, bar	3	6	10	16
Beste verfügbare Technik mit Wärmerückgewinnung, kWh	0,06	0,085	0,105	0,145

3. Konkrete Beispiele

Die Kompressorabwärme wird immer mittels eines Kühlmediums abgeführt. Als Kühlmedium wird entweder Luft oder eine Flüssigkeit (Öle, Wasser) eingesetzt. Das Kühlmedium nimmt einen Großteil (um die 90 %) der für die Verdichtung zugeführten elektrischen Energie in Form von Wärme auf, wovon wiederum ein Großteil nutzbar gemacht werden kann. Ca. 4 % verbleiben in der Druckluft und die restlichen 2% werden durch Wärmeabstrahlung an die Umgebungsluft abgegeben.

A) Beispiel Heizungsluft zur Raumheizung:

Die Wärme des Antriebsmotors, des Ölkühlers und des Druckluftnachkühlers verlassen den Kompressor in einem Strom warmer Luft und nehmen um die 90% der erzeugten Wärme mit. Dieser Kühlstrom kann verwendet werden, um Räume oder Hallen zu heizen. Alles was dazu notwendig ist, ist ein Abluftkanal, der mit dem Kühlauftausgang des Kompressors verbunden wird.

Dies ist die einfachste Methode für eine Wärmerückgewinnung, die sofort Energie spart, welche sonst für die Hallenheizung zusätzlich aufgebracht werden müsste (Beispiel für Raumheizung s. Bild 1).

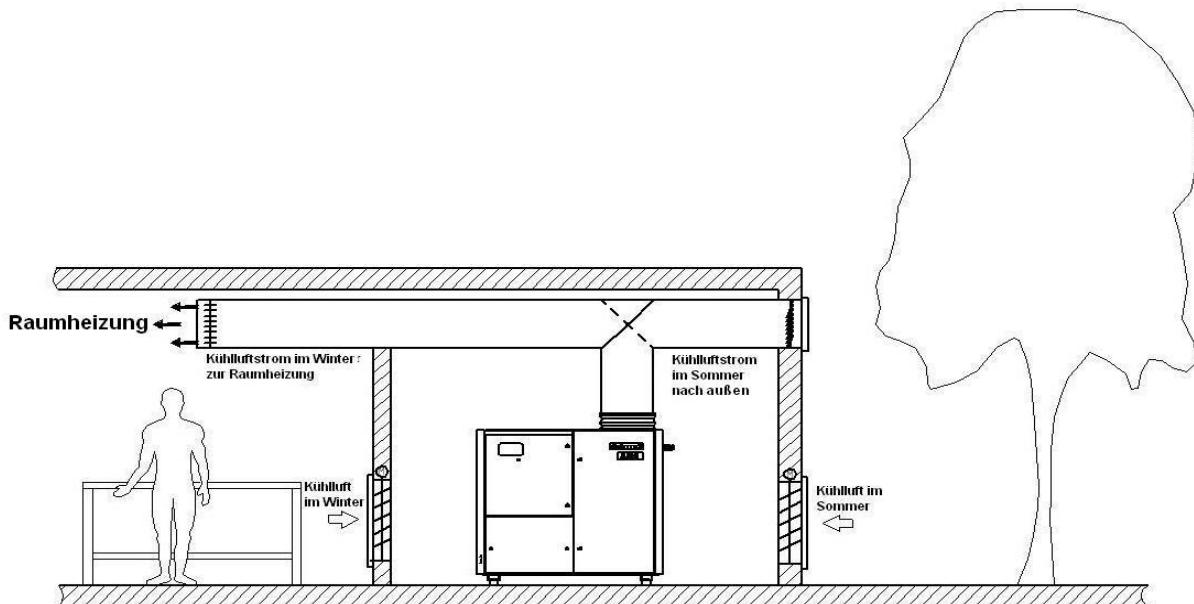


Bild 1: Raumheizung durch Abluftwärme

³Energieäquivalent ist nicht gleich dem elektrischen Energieverbrauch des Kompressors, sondern entspricht dem elektrischen Energieverbrauch abzüglich der mittleren Einsparung durch Wärmerückgewinnung (Einsparung im Mittel der Druckluftanlagen nach dem aktuellen Stand der Technik).

Die Wirtschaftlichkeit solch einer Abluftwärmeverwendung rechnet sich häufig sehr schnell, da die Installationskosten im Verhältnis zur Energieeinsparung relativ niedrig sind. Die Installation ist insbesondere bei größeren Kompressoren sinnvoll, idealerweise sollte der Kompressor als Grundlastkompressor laufen, denn je kontinuierlicher der Kompressor läuft, desto effektiver ist die Abwärmeverwendung.

B) Beispiel Heißwassererzeugung:

Mittels einfacher Anbindung des Kompressors in das vorhandene Brauch- oder Prozesswassersystem können über optional integrierte bzw. auch extern zur Verfügung gestellte Wärmetauscher 72 % bis max. 85% der Kompressorenabwärme genutzt, und dem vorhandenen, fabrikeigenen Heißwassersystem kostenfrei zur Verfügung gestellt werden (s. Bild 2). Dies steigert die Energiebilanz des Gesamtunternehmens in einem erheblichen Umfang, wobei sich die notwendigen Investitionen auf ein absolutes Minimum beschränken.

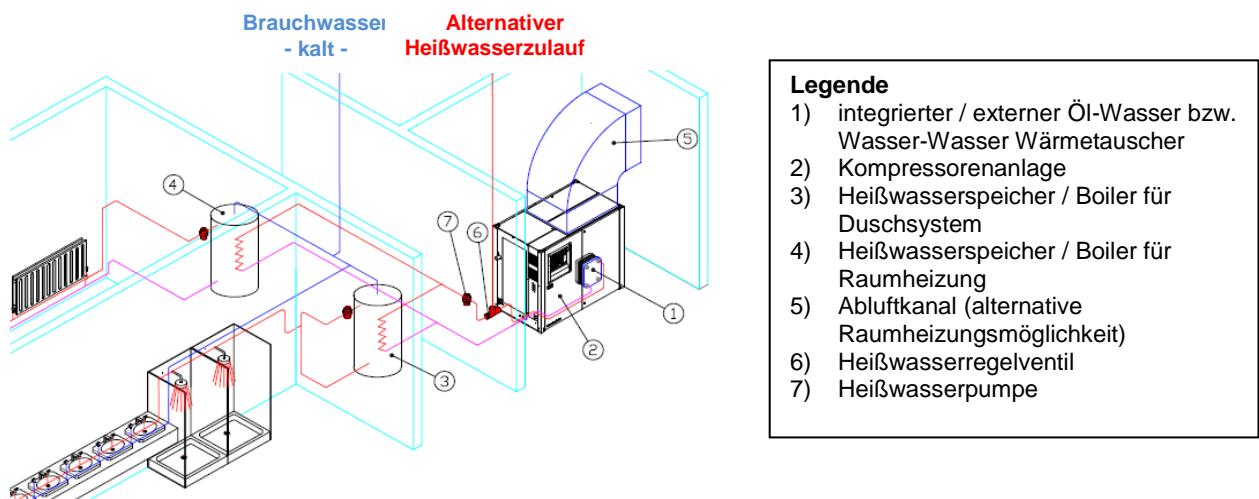


Bild 2: Duschwassererzeugung und Raumheizung mittels Kompressorenabwärme

4. Bibliographie

- Kampagne Druckluft effizient von 2001-2004, Website www.druckluft-effizient.de vom 23.01.2012
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC): Reference document on Best available techniques for energy efficiency, June 2008, <http://eippcb.jrc.es/reference/ene.html> vom 23.01.2012

An der Erstellung des Infoblatts waren beteiligt die VDMA-Mitgliedsunternehmen:

ALMIG Kompressoren, Königen
 Aerzener Maschinenfabrik, Aerzen
 BOGE KOMPRESSOREN, Bielefeld
 CompAir Drucklufttechnik, Simmern
 KAESER KOMPRESSOREN, Coburg

Datum: 25. März 2013

Ansprechpartner: Dr. Andreas Brand

VDMA

Kompressoren, Druckluft- und Vakuumtechnik
 Lyoner Straße 18
 60528 Frankfurt
 Telefon +49 69 6603-1283
 Fax +49 69 6603-2283
 E-Mail andreas.brand@vdma.org
 Internet www.vdma.org