

Fallbeispiele

Fallbeispiel 1

Die Kältemaschine eines Zulieferers von Kunststoffkomponenten unterstützt das Heizregister einer Lüftungsanlage (RLT-Anlage), welche die Produktionshalle heizt bzw. kühlt (vgl. Abb 2).

Legende:

- \dot{V} Volumenstrom
- ρ Dichte
- c_p spezifische Wärmekapazität
- ΔT Temperaturdifferenz
- \dot{Q} Wärmeleistung
- η Wirkungsgrad

Abwärmequelle:

Die Kältemaschine wird durch einen eigenen Glykolkreislauf (= Kühlmedium) rückgekühlt. Dabei gelten folgende Bedingungen für das Glykol und können in die untenstehende Gleichung eingesetzt werden:

$\dot{V}_G = 93,2 \text{ m}^3/\text{h}; \rho_G = 1050 \text{ kg/m}^3; c_{p,G} = 2,3 \text{ kJ}/[\text{kg} \cdot \text{K}]$
für (34 %, -20 °C);
 $\Delta T = 10 \text{ K}$ für (55 °C auf 45 °C)

$$\dot{Q}_G = 625 \text{ kW}_{\text{th}}$$

Schätzung der Betriebszeit: Die Kältemaschine versorgt die Produktion. Sie läuft daher werktags 8 Stunden, woraus sich eine geschätzte Jahresbetriebszeit von 2.080 h/a ergibt.

Die verfügbare Abwärmemenge beträgt damit rund **1.300 MWh/a.**

Wärmesenke:

An Tagen mit einer Außentemperatur $< 15^{\circ}\text{C}$ wird die im Glykol enthaltene Abwärme über Wärmeübertrager mit dem Außenluftstrom in Verbindung gebracht, der kontinuierlich in die Produktionshalle strömt. Folgende Bedingungen gelten:

$\dot{V}_L = 50.000 \text{ m}^3/\text{h}$; $\rho_L = 1,2 \text{ kg/m}^3$; $c_{p,L} = 1,005 \text{ kJ}/[\text{kg} \cdot \text{K}]$;
 $\Delta T = 20 \text{ K}$ für $(-5^\circ\text{C}$ auf $15^\circ\text{C})$; $\eta = 80 \%$

$$\dot{Q} = \frac{\dot{V} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T}{\eta}$$

$$\dot{Q}_G = 420 \text{ kW}_{\text{th}}$$

Verfügbare Wetterdaten zeigen, dass die Außentemperatur am Standort an durchschnittlich 273 Tagen bzw. in 6.500 Stunden des Jahres kleiner als 15°C ist. Die Abwärmemenge, die die Lüftungsanlage aufnehmen kann, liegt damit bei ca. **2.730 MWh/a**. Dieser Wert ist größer als das errechnete Abwärmepotenzial von 1.300 MWh/a, das die Kältemaschine anbietet. Die Lüftungsanlage kann daher 100 % der verfügbaren Abwärme aufnehmen und muss zusätzlich noch in einigen Stunden des Jahres konventionell heizen.

Abwärmenutzung aus der Kälteerzeugung zur Außenluftvorwärmung (Winter und Übergangszeit, Außenluft bei $< 15^{\circ}\text{C}$)

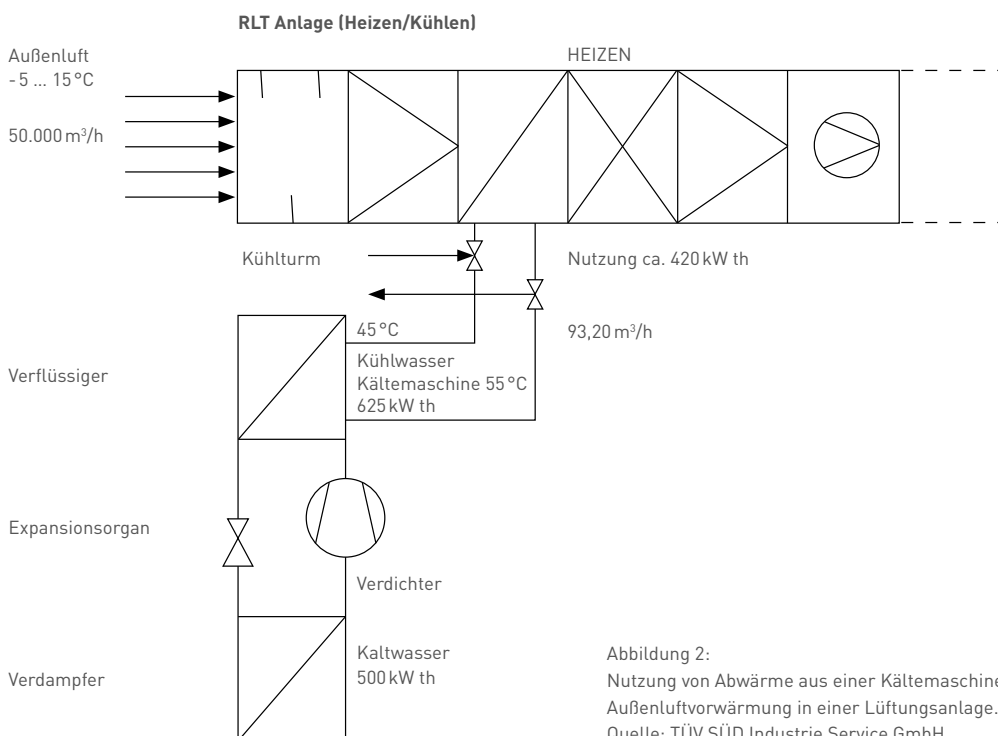


Abbildung 2:
Nutzung von Abwärme aus einer Kältemaschine zur
Außenluftvorwärmung in einer Lüftungsanlage.
Quelle: TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Fallbeispiel 2

Ein Stahlwerk lagert 1.550 °C heiße Teile zum Abkühlen in einem offenen Schacht – die enthaltene Wärme entweicht an die Umgebung. Durch eine nachträglich angebrachte Abdeckung des Schachtes kann diese Energie nutzbar gemacht werden: Ein System aus Luftkanälen und einem Ventilator sorgt dafür, dass jährlich 10 GWh heiße Luft für die Schrottvorwärmung zur Verfügung stehen.

Fallbeispiel 3

In Halle 1 einer Gießerei entsteht Abwärme an mehreren Stellen:



	Luftmenge [m³/h]	Temperatur [°C]
Absaugung Elektro-Öfen	38.000	40
Kammertrockner	4.000	150
Durchlauftrockner	3.000	150
Lackieranlage	12.000	50

Die Abwärme aus den Elektro-Öfen und der Lackieranlage können nur unter erschwerten Bedingungen genutzt werden. Einerseits sind die Temperaturen zu niedrig für eine wirtschaftliche Nutzung. Andererseits ist die Abluft durch Partikel bzw. Farbnebel belastet, was die eingesetzten Wärmetauscher sehr schnell ineffizient machen würde.

Eine Wärmerückgewinnung im Fall des Kammer- und des Durchlauftrockners erscheint sinnvoll, da Abluftmenge und -temperatur relativ hoch sind.

Das Abwärmepotenzial aus beiden Trocknern lässt sich mit dem → [Excel-Berechnungstool](#) abschätzen. Es beträgt für 7.000 m³ Abluft mit 150 °C rund 105 kW. Mit einer geschätzten Betriebszeit von 4.000 h/a, einem Teillastanteil von 25 % der Jahresbetriebszeit sowie einer mittleren Anlagenleistung von 50 % im Teillastbetrieb errechnet sich ein jährliches Abwärmepotenzial von rund 368 MWh.

Für das Fallbeispiel wird eine Amortisationszeit von **maximal 5 Jahren** angenommen. Um die vorhandene Abwärme aus den Trocknern nutzbar zu machen, stehen also höchstens 129.000 Euro zur Verfügung – vorausgesetzt, für 100 % der Abwärmemenge finden sich (zeitlich und räumlich geeignete) Abnehmer.

Die Abwärme kann in der gegenüberliegenden Halle 3 genutzt werden. Dort befindet sich das Kernlager, welches im Winter frostfrei

gehalten werden muss. Zwar werden die Trockner aus Halle 1 nur tagsüber (16 Stunden) betrieben, sodass die bestehende Heizung in Halle 3 nachts trotzdem noch benötigt wird. Eine anteilige Einsparung ergibt sich dennoch.

Die 2.500 m² große Halle 3 wurde Anfang des 20. Jahrhunderts erbaut. Mit einem spezifischen Heizwärmebedarf von 275 kWh/m²*a errechnet sich ein Jahreswärmebedarf der Halle von rund 688 MWh/a. Es wird abgeschätzt, dass ca. 60 % dieses Heizwärmebedarfs (= der Bedarf tagsüber) durch die vorhandene Abwärme aus den Trocknern in Halle 3 ersetzt werden könnte – das sind 413 MWh/a. Der Wärmebedarf in der Senke (413 MWh/a) ist größer als das identifizierte Abwärmepotenzial (368 MWh/a), sodass 100 % der Abwärme in Halle 3 genutzt werden können.

Fallbeispiel 4

In einer sogenannten „A-Schleuse“ fahren die Werkstücke auf einem Förderband von unten in eine hochtemperierte Anlage (z. B. einen Trockner) ein. Da warme Luft nach oben steigt, entweicht bei dieser Vorgehensweise weniger Wärme aus der Anlage. Außerdem variieren, in Abhängigkeit von der Breite der zu härtenden Teile, die Öffnungsweite der Schiebetüren an einem Härteofen. Die Schiebetüren verhindern dadurch einen unnötig hohen Wärmeverlust aus dem Härteofen. Die Oberflächen der Türen von solchen hochtemperierten Anlagen können mit Hilfe einer Thermographiekamera auf Schwachstellen überprüft werden (vgl. Abbildung 3).

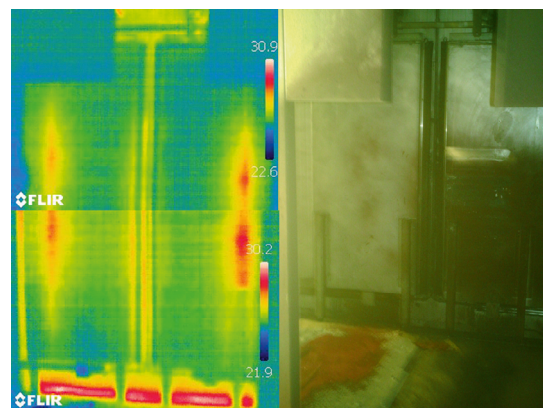


Abbildung 3: Bild aus einer Thermographiekamera. Die gelben und roten Bereiche zeigen, wo am Ofeneingang der Lackieranlage Abwärme abgestrahlt wird.
Quelle: TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Fallbeispiel 5

Flüssiges Metall aus dem Schmelzofen (typisch: Eisen, Stahl und Aluminium) wird in eine Gussform gegossen. Die Abwärme aus einem elektrisch betriebenen Schmelzofen (Kühlwasser max. 70 °C, Abluft über Absaugung ca. 40–80 °C) kann z. B. für die Vorwärmung des Materials oder zur Unterstützung der Warmwasserbereitung bzw. Gebäudeheizung genutzt werden. Wenn die Gussteile in speziellen Auskühlkammern abkühlen, kann die in ihnen enthaltene Abwärme in Form von erwärmter Luft (50–300 °C) nutzbar gemacht werden.