

Energiekostenfalle Winterbauheizung

Fallstudie Baubeheizung: Vergleich zwischen direkter und indirekter Beheizung ergibt erhebliche Energiekosteneinsparung

Dipl.-Ing. Pia Skura, Entwicklungsingenieurin



Abb.1: Feststehende Fertigstellungstermine erlauben bei der Erstellung von Bauobjekten keine Unterbrechung des Bauablaufs. Eine energieeffiziente Winterbauheizung mit indirekter, wassergeführter Beheizung sichert den Baufortschritt und vermeidet hohe Energiekosten.

Mit dem Übergang zur nächsten Heizperiode gilt es auch wieder, zahlreiche Baustellen auf Temperatur zu halten. Hierbei lohnt es sich, den Energieaufwand und die erheblichen Einsparpotenziale beim Heizölverbrauch zu betrachten. Konventionelle Bauheizungen tauschen stets das gesamte Luftvolumen aus, so dass die erwärmte Luft wieder ins Freie abgeführt wird. Weitaus effizienter ist dagegen das Prinzip der indirekten Beheizung. Dieses System arbeitet im Inneren des Gebäudes mit mobilen Luftherzern, die von einer außerhalb der Baustelle aufgestellten mobilen Heizzentrale mit Heizwärme versorgt werden.

Die terminlichen Anforderungen an den Baufortschritt von Neubauten und Sanierungs-Umbauten lassen auch über die Wintermonate keine Unterbrechung zu. Bau- und Ausbaugewerke sind auch bei kalten Außentemperaturen mit Nassbaukonstruktionen wie Estrich und Innenputz am Werk. Um trotzdem die geforderte Ausführungsqualität erzielen zu können, ist jedoch eine homogene Trocknung von Baustoffen und Bauteilen gefordert: Durch die indirekte Beheizung ergibt sich eine bessere und gleichmäßigere Luftverteilung mit geringerer Luftwechselrate, so dass damit auch eine

homogenere Trocknung gewährleistet werden kann. Hinzu kommt, dass bei Außentemperaturen unterhalb des Gefrierpunkts Frostschäden durch nicht entleerte oder nicht vollständig entleerbare Haustechnik-Installationen drohen.

Eine Bauheizung sorgt für ausreichende Innentemperaturen, so dass der Baufortschritt nicht gefährdet ist und die Ausbauarbeiten über die Wintermonate ohne Unterbrechung weitergeführt werden können (Abb.1). Hier sind Systeme gefragt, die mit Blick auf die Energiepreise mit möglichst hoher Energieeffizienz für die benötigten Temperaturen innerhalb

der Baustelle sorgen. Zu unterscheiden ist hierbei zwischen luftgeführten und wassergeführten Heizsystemen.

DIREKTE BEFEUERUNG

Die luftgeführte Beheizung ist die "klassische" Methode: Dazu werden ölbefeuerte Heizgebläse eingesetzt, die mittels Ventilator über flexible Luftschläuche die erwärmten Luftmassen in die Baustelle einblasen. Nachteile dieser Beheizungsart sind zum einen die hohe Luftwechselrate sowie sehr hohe Wärmeverluste über die großflächigen Warmluftschläuche. Die Luftheizung zieht permanent

kalte Luft nach, die wiederum erwärmt werden muss und beim Einströmen Überdruck entstehen lässt. Wie hoch der Heizölverbrauch dieser Systeme ist, wird erst bei genauer rechnerischer Betrachtung deutlich.

Fallstudie: Winterbauheizung	
Gebäudeart	Neubau einer Produktionshalle L x B x H = 65 x 20 x 4,4 bzw. 7 m
Mietdauer Bauheizung	6 Monate
Zu beheizende Grundfläche	1.300 m ²
Raumvolumen	7.000 m ³
Betriebsstundenzahl	1.400 h (für 1/2 Jahr)
Stoffwerte	Nach VDI-Richtlinie 4670

Tab.1: Ausgangsdaten für die Fallstudie über die Beheizung einer Produktionshalle

WINTERBAUSTELLEN MIT BIS ZU 40 % WENIGER ENERGIEKOSTEN BEHEIZEN

Gestiegene Anforderungen, aber auch steigende Energiekosten, verlangen deshalb effizientere technische Lösungen für die Bauheizung. Beim Einsatz von direktbefeuerten Baustellenheizungen („Heizkanonen“) besteht der Luftmassenstrom zunächst aus kalter Außenluft, die innerhalb des Heizgerätes erwärmt wird und dann in das Gebäudeinnere geleitet wird.

Ein Energiedienstleister setzt für diesen Einsatzbereich auf wassergeführte Heizsysteme. Diese arbeiten nach dem Prinzip einer Warmwasser-Zentralheizung (Abb.2). Die Heizwärme wird außerhalb des Gebäudes durch eine mobile Heizzentrale erzeugt. Über Schlauchleitungen transportiert das System Heizwasser zu mobilen Lüftungsgeräten, die innerhalb der Baustelle aufgestellt sind und die Heizwärme geräuscharm an die Raumluft übertragen. Durch diese indirekte Beheizungsart bleibt die Innenluft nicht nur frei von Verbrennungsgasen, es ist auch eine geringere Luftwechselrate nötig. Im Ergebnis bedeutet dies einen wesentlich geringeren Energieaufwand im Vergleich zu einer luftgeführten Bauheizung.

Sowohl die direktbefeuerte, luftgeführte als auch die indirekte, wasserführende Beheizung nutzen Heizöl als Brennstoff.

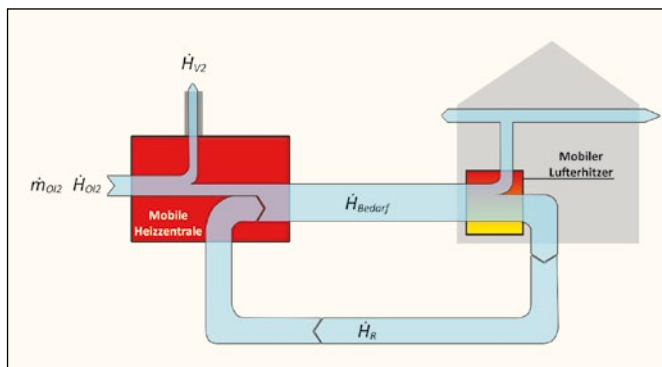


Abb.2: Das Energieflussdiagramm verdeutlicht das Prinzip der indirekten, wassergeführten Beheizung. Diese Art der Baustellenheizung arbeitet nach dem Prinzip einer Warmwasser-Zentralheizung mit Vorlauf und Rücklauf. Die Wärmeströme verbleiben zu einem großen Teil im Energiekreislauf, während die direkte Bauheizung die erwärmten Luftmassen an die Umgebung abgibt.

Anhand einer idealisierten, beispielhaft angenommenen Beheizungssituation zeigt sich im Heizölverbrauch der gravierendste Unterschied zwischen den beiden Beheizungsarten. Für die Fallstudie wird nach Tab.1 die Beheizung für den Neubau einer Produktionshalle angenommen, wobei zunächst lediglich die idealisierte Luftherwärmung ohne Wärmeverluste über die Gebäudehülle betrachtet wird.

ENERGIEAUFWAND FÜR DIREKTE, LUFTGEFÜHRTE BAUHEIZUNG

Um das Raumvolumen der Produktionshalle mit 1.300 m² Grundfläche beheizen zu können, werden ölbefeuerte Warmluft-erzeuger eingesetzt. Die Warmluft-erzeuger werden im Außenbereich aufgestellt und transportieren die erwärmte Luft über Warmluftschläuche in das Gebäude.

Für das Berechnungsbeispiel werden folgende Ausgangsdaten zugrunde gelegt:

- ▶ Ansaugtemperatur der Luft: 2,9 °C (Durchschnittstemperatur in den Wintermonaten in Deutschland)
- ▶ Ausblastemperatur der Luft im Gebäudeinneren: 32 °C
- ▶ Temperaturdifferenz: 29,1 K

Aus hygienischen Gründen sollte mindestens ein stündlicher Luftwechsel eingehalten werden. Dieser ist bei luftgeführten Systemen aufgrund des erzeugten Überdrucks wesentlich höher, was im Rahmen dieser Betrachtung jedoch zur besseren Vergleichbarkeit nicht berücksichtigt wird:

$$\dot{Q} = \rho_{\text{Luft}} \dot{V}_{c\rho} \Delta T = 1,29 \text{ kg/m}^3 \cdot 7.000 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,006 \text{ kJ/kgK} \cdot 29,1 \text{ K} = 73,4 \text{ kW}$$

Mit diesem Wert lässt sich der Heizöl-Massenstrom ermitteln:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{H_{\text{uöi}}} = \frac{73,4 \text{ kW}}{42.600 \text{ kJ/kg}} = 6,2 \text{ kg/h}$$

Für die Berechnung der Heizöl-Verbrauchskosten wird ein Ölpreis von 0,93 €/l zugrunde gelegt:

$$K = \frac{\dot{m}_{\text{öi}}}{\rho_{\text{öi}}} \cdot 0,93 \frac{\text{€}}{\text{l}} \cdot 1.400 \text{ h} = \frac{6,2 \text{ kg/h}}{0,85 \text{ kg/l}} \cdot 0,93 \frac{\text{€}}{\text{l}} \cdot 1.400 \text{ h} = 9.497 \text{ €}$$

ENERGIEAUFWAND FÜR INDIREKTE, WASSERGEFÜHRTE BAUHEIZUNG

Für die Beheizung der 1.300 m² großen Produktionshalle wird im Rahmen dieser Betrachtung eine mobile Heizzentrale eingesetzt. Diese ist betriebsbereit in einem fahrbaren Anhänger installiert, der im Außenbereich abgestellt wird. Die mobile Heizzentrale arbeitet in Verbindung mit mobilen Lüfterhitzern, die im Inneren des Gebäudes aufgestellt werden. Als Wärmetransportmedium dient Heizwasser, das über flexible und robuste Verbindungs-Druckschläuche zwischen der mobilen Heizzentrale und den mobilen Lüfterhitzern zirkuliert. An die mobilen Lüfterhitzer werden Luftverteilschläuche angeschlossen, die in bestimmten Abständen über Luftauslass-Abgänge die Wärme gleichmäßig

im Gebäude verteilen. Der Rücklauf fließt zurück zur mobilen Heizzentrale. Wie im vorhergehenden Berechnungsbeispiel werden auch für die indirekte Beheizungsart die Kosten der Beheizung ermittelt.

Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die erwärmte Luft im Gebäudeinneren zirkuliert. Damit ist die zu überwindende Temperaturdifferenz im Vergleich zur luftgeführten Beheizungsart deutlich geringer:

- ▶ Ansaugtemperatur der Luft: 15 °C (Innentemperatur)
- ▶ Ausblasttemperatur der Luft im Gebäudeinneren: 32 °C
- ▶ Temperaturdifferenz: 17 K

$$Q = \rho_{Luft} \cdot \dot{V}_{c,p} \cdot \Delta T = 1,29 \text{ kg/m}^3 \cdot 7.000 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,006 \text{ kJ/kgK} \cdot 17 \text{ K} = 42,9 \text{ kW}$$

Für den Heizöl-Massenstrom ergibt sich daraus:

$$\dot{m} = \frac{Q}{H_{u\dot{o}l}} = \frac{42,9 \text{ kW}}{42.600 \text{ kJ/kg}} = 3,6 \text{ kg/h}$$

Mit einem Ölpreis von 0,93 €/l können die Kosten der Beheizung ermittelt werden:

$$K = \frac{\dot{m}_{\dot{o}l}}{\rho_{\dot{o}l}} \cdot 0,93 \frac{\text{€}}{\text{l}} \cdot 1.400 \text{ h} = \frac{3,6 \text{ kg/h}}{0,85 \text{ kg/l}} \cdot 0,93 \frac{\text{€}}{\text{l}} \cdot 1.400 \text{ h} = 5.514 \text{ €}$$

Unter den zugrunde gelegten Bedingungen bedeutet dies eine Energiekosteneinsparung von bis zu 40 %.

KOSTENBETRACHTUNG

Diese idealisierte Berechnung zeigt die theoretische Ersparnis, die sich aus dem Vergleich beider Systeme ergibt. Um einen realistischen Vergleichswert zu erhalten, werden Effekte wie Wärmeverluste der Gebäude ausgeblendet, daher fallen die absoluten Werte vergleichsweise gering aus. Die Berechnung zeigt deutlich die Abhängigkeiten: Die Energiekosten sind umso höher, je größer der Luftvolumenstrom bzw. die Temperaturdifferenz ΔT ist. Diese Faktoren sprechen für die indirekte Beheizung, welche auch dem Stand der Technik entspricht.

Um ein vollständiges Bild über die Kosten zu erhalten, werden im Folgenden Wirkungsgrade der Systeme und weiteren Mietkosten berücksichtigt.

Zur Bestimmung der Wirkungsgrade sind diverse Faktoren zu berücksichtigen. Unabhängig davon, dass die Brennerwirkungsweisen der beiden Systeme gleich gesetzt werden können, sind die nachgelagerten Systeme unterschiedlich zu betrachten:

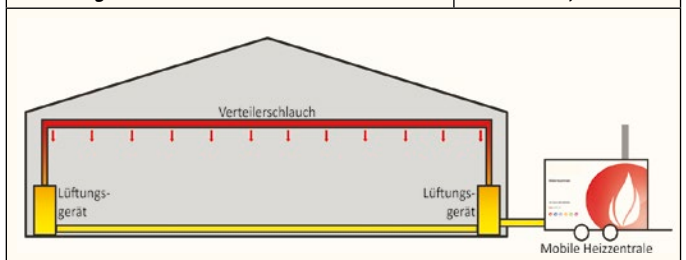
- ▶ Bei der direkten Befuerung sind die Wärmeverluste durch die Warmluft-Schläuche, die von außen ins Innere des Gebäudes gelegt werden, ein maßgebender Verlustfaktor. Im Gegensatz zu Heizwasser-Druckschläuchen ist ihre Oberfläche und damit die Wärmeverlustfläche um ein Vielfaches größer; gleichzeitig ist das Material dünner. Darüber hinaus ist in realen Systemen damit zu rechnen, dass der Luftvolumenstrom um ein Vielfaches höher angesetzt werden muss, um die gleiche Wärmemenge zu übertragen.

Die indirekte, wassergeführte Beheizungsart ist durch die Wärmeübergänge vom Heizwasser auf den Wärmetauscher des Luftherhitzers sowie vom Luftherhitzer zur Umgebungsluft ebenfalls verlustbehaftet. Als übliche Werte sind hier für die um Schlauchauskühlung und weitere Faktoren bereinigten Wirkungsgrade bei direkten Systemen ca. 70 %, bei indirekten ca. 80% anzusetzen. Die Mietkosten werden durch marktübliche

Miet- und Bereitstellungskosten, Verbrauchskosten für 6 Monate	Kosten für direkte, luftgeführte Beheizung
Baustellensichtung	136,00 €
Montage Warmluftherzeuger	472,00 €
Montage Tank	261,60 €
Montage Verbindungsschläuche	97,00 €
Montage Luftverteilerschläuche	378,00 €
Miete der Warmluftherzeuger	11.793,00 €
Miete des Tanks	1.976,00 €
Miete der Verbindungsschläuche	620,00 €
Miete der Luftverteilerschläuche	2.268,00 €
Zwischensumme	18.001,60 €
Verbrauchskosten (Heizölverbrauch) für sechs Monate (bereinigt durch Wirkungsgrad $\eta = 70 \%$)	13.567,00 €
Gesamtkosten für direkte, luftgeführte Beheizung	31.598,60 €

Tab.2a: Übersicht der Kosten für direkte Beheizung

Miet- und Bereitstellungskosten, Verbrauchskosten für 6 Monate	Kosten für direkte, luftgeführte Beheizung
Mietpreis MHZ	10.620,00 €
Mietpreis Mobile Luftherhitzer MLE	7.290,00 €
Technische Grundpauschale	540,00 €
Aufbau, Einweisung, Kaminmontage, Inbetriebnahme	880,00 €
Schlauchmaterial	550,00 €
Abbau der kompletten Anlage	660,00 €
Transportkosten	320,00 €
Zwischensumme	20.860,00 €
Verbrauchskosten (Heizölverbrauch) für sechs Monate (bereinigt durch Wirkungsgrad $\eta = 80 \%$)	6.892,00 €
Gesamtkosten für indirekte, wassergeführte Beheizung	27.752,00 €



Tab.2b: Übersicht der Kosten für indirekte Beheizung

Vermietungskosten ermittelt. Die Kosten setzen sich aus den Mietkosten und den Verbrauchskosten für eine Einsatzdauer von sechs Monaten zusammen:

Mit den in Tab.2b dargestellten Gesamtkosten von 27.752,00 € ergibt sich für das System der indirekten, wassergeführten Beheizung eine Gesamtersparnis von gut 12%.

FAZIT

Die Fallstudie vergleicht die Gesamtkosten für eine Winterbauheizung über einen Zeitraum von sechs Monaten. Das Ergebnis zeigt, dass das System der indirekten, wassergeführten Bauheizung die deutlich wirtschaftlichere Lösung darstellt. Durch den wassergeführten Heizkreislauf zwischen der außen aufgestellten mobilen Heizzentrale und den mobilen Lüftungsgeräten im Innenbereich arbeitet das System wie eine Gebäudeheizung mit einem Vor- und einem Rücklauf.

Im Vergleich zur direkten, luftgeführten Beheizung arbeitet die Heiztechnik in mobilen Heizzentralen mit erheblich besseren Wirkungsgraden und darüber hinaus leistungsmodulierend. Insgesamt lässt sich damit eine Reduzierung der Brennstoffkosten im Bereich von mindestens 20 bis über 45% erzielen; bei Betrachtung der Gesamtkosten ergibt sich eine absolute Ersparnis von ca. 12%. Nach Ansicht eines Energiedienstleisters steht ein hoher Energieverbrauch für den Betrieb von Winterbauheizungen im Widerspruch zu den Anforderungen an die Energieeffizienz im Gebäudebereich: Für die Beheizung von Gebäuden begrenzt die Energieeinsparverordnung den zulässigen Primärenergiebedarf. Der Ersteller des Gebäudes ist gesetzlich zur

Einhaltung dieser Vorgaben verpflichtet. Gleichzeitig gelten aber für den Energieverbrauch für die Beheizung während der Bauphase keine Begrenzungen, obwohl dieser je nach Größe des Bauwerks enorm hoch sein kann.

Für die Bauheizung werden oftmals ineffiziente Heizsysteme eingesetzt. Als Energiedienstleister sehen wir die mobile Energieerzeugung auch als eine Verpflichtung gegenüber der Umwelt, und hier gilt es die eingesetzte Energie möglichst ressourcenschonend zu nutzen.

Autor:

Dipl.-Ing. Pia Skura

Entwicklungsingenieurin