

Abwärme konsequent genutzt

MARTIN THEWELEIT*

Der Bau eines neuen Produktionsstandortes von AstroPlast, einem Kunststoffverarbeiter im Sauerland, bot die Chance, ein ganzheitliches Energiekonzept zu realisieren. Aufbauend auf den Erfahrungen mit der Abwärmenutzung am alten Standort wurde ein Konzept zur maximalen Abwärmenutzung umgesetzt. Nach über einem Jahr Betrieb zeigt sich der Erfolg des Konzeptes im minimalen Gasverbrauch.

Seit 1972 ist die Firma AstroPlast einer der führenden Hersteller von Spritzgießformteilen. Von Anfang an war es das Bestreben, dem Abnehmerkreis aus Industrie und Handel modernste Kunststoff-Technologie aus einer Hand anzubieten. Im Verbund der GESCO AG ist man in der Lage, auf Prozesstechnologien aus vielen Bereichen zuzugreifen und branchenübergreifend zu denken und zu arbeiten. AstroPlast spritzt Spulen und technische Formteile bis 12 Kilogramm Stückgewicht aus nahezu allen thermoplastischen Kunststoffen.

Bei AstroPlast wurde Abwärme schon immer genutzt. Dennoch musste im Werk Sundern noch für 25.000 bis 30.000 Euro pro Jahr Erdgas eingesetzt werden, um die ca. 8.000 Quadratmeter Hallen- und Büroflächen zu beheizen.

Dieser Erdgasverbrauch sollte im neuen Werk, das in Meschede in Planung war, weitgehend vermieden werden, so ein erklärtes Ziel von Dr. Kemper, Mitglied

der Geschäftsleitung bei AstroPlast. Bei der Ausarbeitung des Konzeptes unterstützte ich AstroPlast als externer Energieexperte.

Konzeptentwicklung

Zunächst wurden verschiedene Ansätze mit und ohne Stromeigenerzeugung für das neue Werk untersucht:

- A) maximale Abwärmenutzung
- B) zusätzlich Stromeigenerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)
- C) zusätzlich Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK)

Ergebnis des Vergleichs

A) maximale Abwärmenutzung

Das Ziel, den Erdgasverbrauch für Heizzwecke ganz zu vermeiden, indem der gesamte Heizwärmebedarf über Prozessabwärme gedeckt wird, sollte erreichbar sein, wie eine werksübergreifende, thermodynamische Betrachtung zeigte: im neuen Werk sollte der erwartete, jährliche Stromverbrauch für alle Maschinen circa viermal so hoch sein wie der Heizwärmebedarf aller Gebäude (ohne innere Wärme). Da nach den Hauptsätzen der Thermodynamik alle elektrische Energie, die im Werk verbraucht wird, sich dort letztendlich in Wärme umwandelt,

stünde also viermal so viel Abwärme zur Verfügung, wie für die Beheizung benötigt wird, über das gesamte Werk und 12 Monate hinweg betrachtet.

Die Aufgabe bestand nun also darin, ein Konzept auszuarbeiten, wie die entstehende Abwärme zeitlich und räumlich mit dem Wärmebedarf zur Beheizung der einzelnen Gebäudebereiche in Übereinstimmung gebracht werden kann.

Für das weiter unten näher beschriebene Konzept zeigte die Berechnung, dass der Heizkessel erst bei Außentemperaturen unter minus 5 Grad Celsius zur Beheizung von Lager und Büros zuheizen müsste, mit einem jährlichen Erdgasbedarf von etwa 3.000 Euro. Der gesamte Rest des Heizwärmebedarfs käme aus Prozessabwärme.

B) Stromeigenerzeugung mit KWK

KWK macht nur Sinn, wenn die bei der Stromerzeugung zum Beispiel mit einem Motor anfallende Wärme auch genutzt wird.

Eine Nutzung der KWK-Wärme in den Spritzgießmaschinen ist jedoch prozesstechnisch kaum möglich. Eine Nutzung der KWK-Wärme zur Gebäudebeheizung bietet auch kein Potenzial, da die Gebäude fast vollständig über Prozessabwärme beheizt werden, (siehe A).

Ohne Nutzung der KWK-Wärme ist die KWK aber nicht sinnvoll, weder ökonomisch noch ökologisch.

C) Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Da die KWK-Wärme nicht als Wärme genutzt werden kann, wie in B) gezeigt, könnte sie über thermische Kältemaschinen Kälte erzeugen (über Absorptions- oder Adsorptionskältemaschinen, kurz: AKM). Daher ist eine Betrachtung der Kälteversorgung im neuen Werk nötig.

Es gibt zwei Kühlkreise: Die Maschinenkühlung wird mit 30 bis 35 Grad Celsius



Abb. 1: AstroPlast Werk Meschede

Quelle: AstroPlast

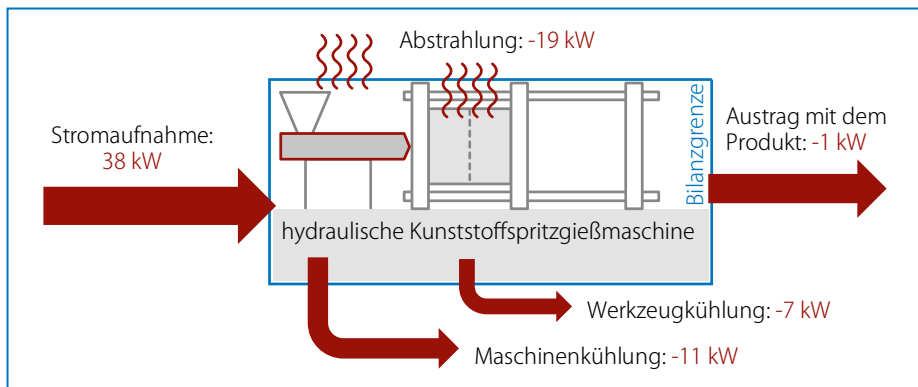


Abb. 2: Beispielhafte Energiebilanz einer hydraulischen Spritzgießmaschine

Quelle: Theweleit/VIK

betrieben und kommt ohne Kältemaschinen aus. Sie ist daher sehr stromsparend. Der Einsatz einer AKM würde den Stromverbrauch erhöhen: die Rückkühlleistung der AKM wäre zweieinhalbmal so hoch wie die einer direkten Kühlung, macht also keinen Sinn.

Der zweite Kühlkreis, die Werkzeugkühlung, wird mit 12 bis 15 Grad Celsius betrieben. Im Winter erfolgt die Rückkühlung über Freikühler, ohne Kältemaschine. Im Sommer kommt eine Kompressions-Kältemaschine (KKM) zum Einsatz. Nur diese Kälteerzeugung im Sommer wäre sinnvoll durch eine AKM und damit durch KWKK zu ersetzen. Die Laufzeit der KKM ist aber sehr gering: 2.100 Stunden waren es 2016 (im Teillastbetrieb). Somit läge auch die jährliche Laufzeit einer KWKK-Anlage bei ca. 2.100 Stunden. Die hohe Investition in eine KWKK-Anlage wäre nicht wirtschaftlich, die Amortisation läge bei 15 Jahren.

Auf der Grundlage dieses Vergleichs entschied sich die Geschäftsführung zur Umsetzung der Variante A), der maximalen Abwärmennutzung.

Zur weiteren Ausarbeitung des Konzeptes wurde anschließend bilanziert, wann wo welche Abwärme anfallen würde, insbesondere für die Anlagen mit signifikantem Abwärmepotenzial:

- Kunststoffspritzgießmaschinen,
- Granulattrocknung und -transport,
- Kälteerzeuger und
- Druckluftherzeuger.

Dabei war zu klären, welche Abwärme diffus in die Räume abgestrahlt wird und

welche zum Beispiel in Kühlwasserkreisen gefasst vorliegt und somit kostengünstig in andere, zu beheizende Gebäudebereiche transportiert werden kann. Dazu ermittelten wir die diffusen und die gefassten Wärmeströme in den Spritzgießmaschinen, basierend auf Messungen und thermodynamischen Berechnungen (Beispiel: Abbildung 2).

Das Ergebnis war eine detaillierte Energiebilanz für das gesamte Werk, die sowohl die Abwärmeströme mit Temperaturniveau aufzeigte als auch den Wärmebedarf der einzelnen Gebäudebereiche (Abbildung 3).

Mit dieser detaillierten Bilanz konnte beispielsweise aufgezeigt werden, dass die Maschinenhalle alleine durch die diffuse Abwärme der darin aufgestellten Spritzgießmaschinen beheizt werden kann, Abwärme weiterer Maschinen würde zur Überhitzung führen. Die Maschinen für Granulattrocknung und Granulattransport wurden daher in der angrenzenden Lagerhalle aufgestellt. So trägt deren diffuse Abwärme zur Beheizung des Lagers bei und gleichzeitig wird die Überhitzung der Maschinenhalle reduziert.

Umgesetztes Wärmenutzungskonzept

1. Die Maschinenhalle wird während der Betriebszeiten alleine durch die diffuse abgestrahlte Abwärme der dort aufgestellten Spritzgießmaschinen beheizt.
2. Die Lagerhalle wird über die diffuse Abwärme aus Granulattrocknung und

-transport beheizt. Für zusätzliche Beheizung sorgt Abwärme aus Maschinenkühlungen (von Spritzgießmaschinen und Druckluftkompressor) über Luftheritzer.

3. Büroräume werden mit Abwärme aus Maschinenkühlungen über Fußbodenheizungen beheizt.
4. Für den Fall, dass der momentane Abwärmeeinfall nicht ausreichen sollte, zum Beispiel an sehr kalten Tagen oder an Wochenenden ohne Produktion, kann ein etwa 25 Kubikmeter großer Erdtank, der an Werktagen überschüssige Abwärme speichert, Wärme liefern, um damit zum Beispiel die Gebäude an Wochenenden frostfrei zu halten.
5. Wenn auch der Erdtank nicht mehr ausreicht, kann ein Brennwertkessel in das Wärmenetz zuliefern.

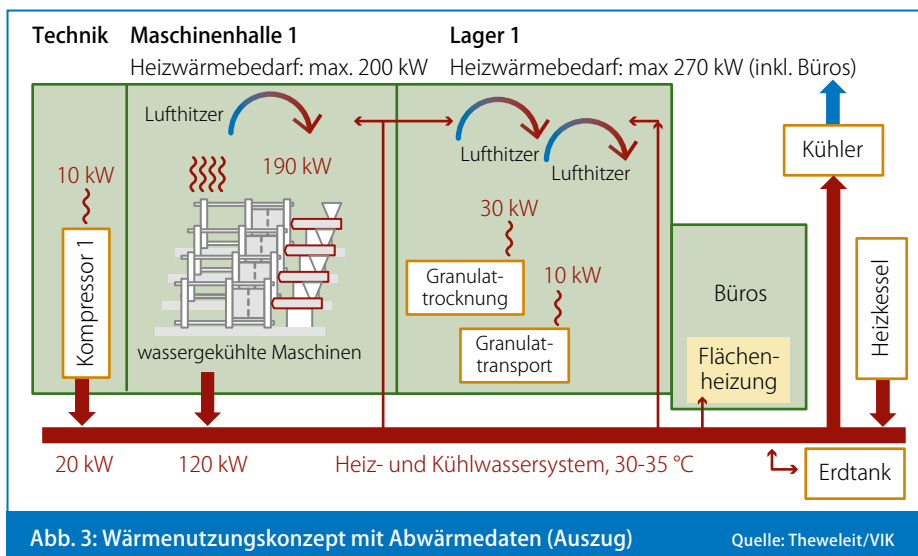
Mit diesem Konzept kann laut Modellrechnung fast der gesamte Heizwärmebedarf über die Prozessabwärme gedeckt werden, nur bei Außentemperaturen unter minus 5 Grad Celsius muss der Heizkessel zuheizen. Der berechnete Erdgasverbrauch sollte bei circa 3.000 Euro jährlich liegen.

Das Wärmenutzungskonzept wurde 2013 im Wesentlichen vom technischen Leiter Martin Caspari von AstroPlast basierend auf den beschriebenen Energiebilanzen und Vorschlägen, konkretisiert und umgesetzt. Den kältetechnischen Teil setzte der sauerländische Kältespezialist L&R Kältetechnik um.

Der Erfolg dieses übergreifenden Wärmenutzungskonzeptes kann sich sehen lassen. Die Erdgaskosten zur Beheizung der 7.000 Quadratmeter Nutzflächen lagen in der letzten Heizperiode mit 2.000 Euro noch unter dem vorhergesagten Wert. Der Heizkessel wird die meiste Zeit nicht benötigt, das Ziel der Geschäftsführung ist erreicht.

Fazit

An diesem Projekt sieht man sehr schön, welche Grundüberlegungen notwendig sind, um zu guten Abwärmennutzungskonzepten zu gelangen:



4. Stromeigenerzeugung und Absorptionskälte (KWKK),
5. gegebenenfalls Verstromung von Abwärme (zum Beispiel mit ORC-Anlagen). ●●●●●



Weitere Informationen:

Martin Theweleit
Ingenieurbüro Theweleit
Tel: 0221 73 31-30
buero@theweleit.de
www.theweleit.de

- Es gibt keine Standardlösung für das „beste Abwärmenutzungskonzept“, jeder Betrieb ist individuell zu betrachten.
- In einem guten Abwärmenutzungskonzept dürfen die einzelnen Systeme im Betrieb nicht isoliert betrachtet werden, insbesondere Heiz- und Kühlsysteme, Produktionsprozesse mit Abwärmeeinfall und Gebäude müssen in einem übergreifenden Konzept gemeinsam optimiert werden.
- Maßnahmen zur Abwärmenutzung sollten mit folgender Priorität betrachtet werden. Dabei steigen die Kosten meist stark an, bei ebenfalls meist steigenden Einsparungen aber in der Regel sinkender Amortisation.
 1. Abwärme vermeiden (zum Beispiel Wärmedämmung, geregelte Hydrauliken),
 2. Abwärme nutzen,
 3. Stromeigenerzeugung in KWK,