



Mehr als 50 Spritzgießmaschinen produzieren in einer hochautomatisierten medizintechnischen Fertigung vor allem Spritzen. (Bild: Almo)

# Energieeinsparung per Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

## Spritzgießer Almo entscheidet nach umfangreicher Analyse

Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) verursacht vergleichsweise hohe Investitionskosten. Das kann von einem detaillierten Blick auf die Technologie, deren Einsatzmöglichkeiten und Einsparpotenziale abschrecken. Nicht selten behaupten auch Energiefachleute, Kälte aus Wärme zu erzeugen sei generell nicht wirtschaftlich. Spritzgießer Almo zeigt, wie mit einer sauber strukturierten Herangehensweise und Bewertung verschiedener Technologien die Energiekosten des Werks mit einer wirtschaftlich betriebenen KWKK-Anlage deutlich gesenkt wurden.

**A**ls Tochter der B. Braun Melsungen AG ist Almo nach eigenen Angaben einer der weltweit führenden Hersteller von Einmalspritzen. Rund 380 Mitarbeiter produzieren pro Jahr über zwei Milliarden Spritzen zum Einsatz in Kliniken, Arztpraxen und bei Rettungsdiensten. Das Unternehmen betreibt rund 50 Spritzgießmaschinen mit Schließkräften zwischen 500 und 4500 Kilonewton. Verarbeitet werden Polyolefine, vor allem Polyethylen und Polypropylen.

Nicht nur aufgrund der kostensensiblen Produkte war der möglichst sparsame Energieeinsatz für Almo schon Thema, bevor es in

Richtlinien wie ISO 16001 und 50001, DIN 16247 oder die SpaEfV gefasst wurde. Wichtige Energieverbraucher sind hier die Spritzgießmaschinen (SGM), Kühlwasser- und Kaltwasseranlagen zur Kühlung der SGM, der Werkzeuge und der klimatisierten Produktions-Reinräume, Dampf- und Heizkessel für Prozesswärme und Gebäudeheizung sowie Lüftungsanlagen. Bereits im Jahr 2010 waren vielfältige Maßnahmen zur Energieeinsparung realisiert: Lüfter und Pumpen waren drehzahl geregelt, Lüftungsanlagen nutzten direkte Freikühlung, Maschinenkühlkreise indirekte Freikühlung, im Sprinklerbecken wurde günstige Nachtkälte gespeichert, geheizt wurde mit der Abwärme

von Maschinenkühlkreisen, um nur einige Beispiele zu nennen. Trotzdem sollte der Energieverbrauch weiter gedrückt werden.

Eine Optimierung der vorhandenen Systeme wie die Verbesserung von Regelungen oder die Anpassung von Kühltemperaturen brachte aber nur noch geringe Einsparungen. Ist dieses Niveau der Energieoptimierung erreicht, müssen grundsätzlichere Fragen zum Energiesystem gestellt werden, beispielsweise passen die eingesetzten Energieträger (noch) zu den Produktionsprozessen, könnte Strom selbst erzeugt werden oder kann Abwärme intensiver genutzt werden, für eigene Prozesse, zur Stromerzeugung oder für Nachbarbetriebe. Diese Überlegungen führten zu verschiedenen Konzepten der Strom-Eigenerzeugung.

## Untersuchte Varianten

Entsprechend dem aktuellen Stand der Technik wurden vier mögliche Varianten zur Stromerzeugung untersucht und verglichen:

- „Klassisches“ Motor-Block-Heizkraftwerk (BHKW) mit Heizwasserkreis zur Nutzung der BHKW-Abwärme (Kraft-Wärme-Kopplung, KWK).
- BHKW mit zusätzlicher Einbindung einer Absorptions-Kältemaschine (AKM) in den Heizwasserkreis (Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, KWKK).
- BHKW mit Heizwasserkreis nur zur Nutzung der Kühlwasserwärme plus abgasgetriebener AKM.

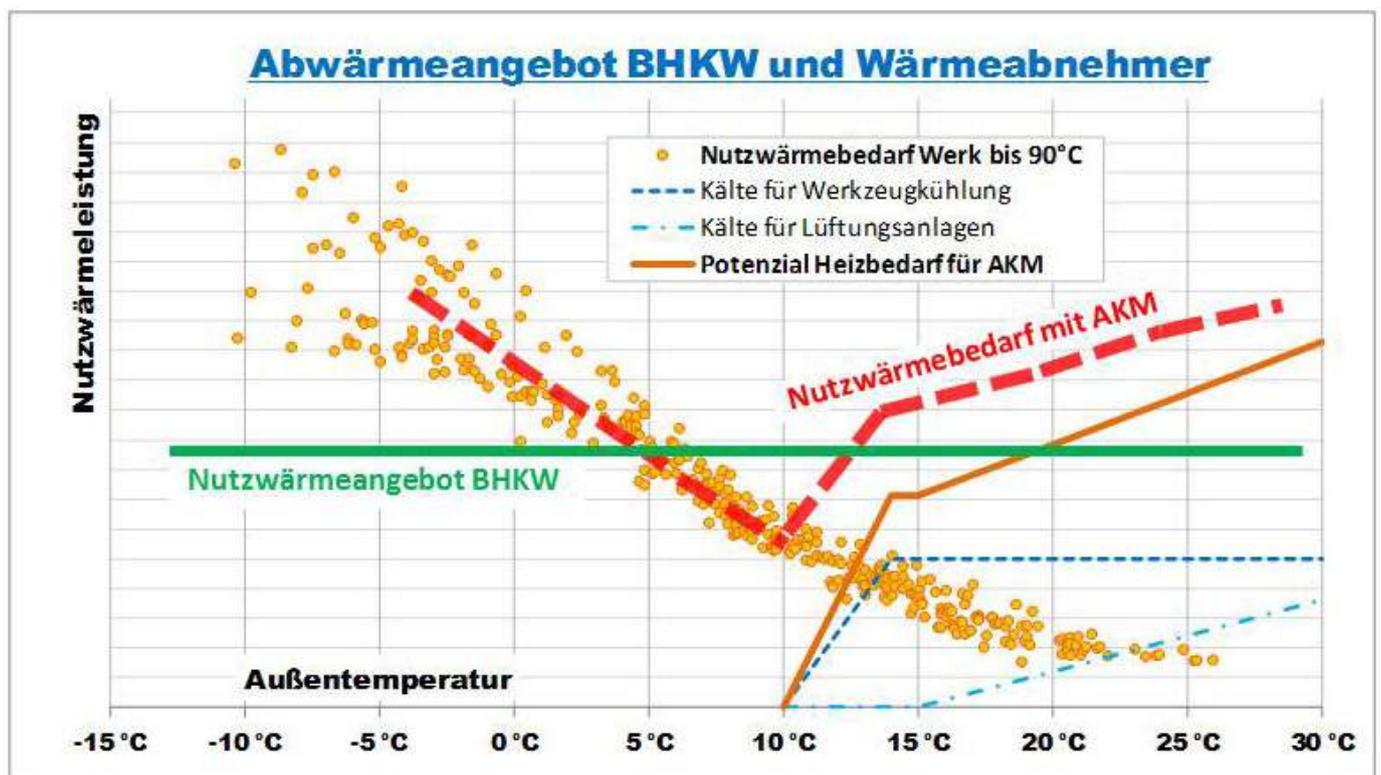
- Stromerzeugung mit einer dem Kessel vorgeschalteten Gasturbine oder nachgeschalteten Dampfturbine.

Für die erste Variante, das klassische BHKW, ließen sich auf Basis des konkreten Wärmelastgangs des Werks wirtschaftliche Varianten in der Größenordnung um 400 Kilowatt elektrischer Leistung konzipieren.

Durch die Ergänzung einer Absorptions-Kältemaschine (AKM) mit etwa 550 Kilowatt Kälteleistung kann die BHKW-Leistung verdoppelt werden, bei zusätzlich steigender Laufzeit. Investition und Einsparung steigen gegenüber der ersten Variante auf mehr als das Doppelte, die Amortisationszeit steigt um wenige Monate.

Die dritte untersuchte Variante, eine abgasgetriebene Absorptions-Kältemaschine könnte aufgrund der hohen Antriebstemperatur von 450 °C zweistufig und dadurch mit doppelt so hohem Nutzungsgrad wie in Variante zwei betrieben werden. Für die Motorkühlwärme muss dann aber ein entsprechender Sommer-Wärmeverbrauch vorliegen. Diese Einschränkung sowie der sehr hohe Preis für Abgas-AKM machen diese Variante unflexibler und etwas unwirtschaftlicher.

Gas- oder Dampfturbinen-Lösungen sind fast immer teurer und erzeugen weniger (Gewinn bringenden) Strom als BHKW-Lösungen. Sie haben dann Vorteile, wenn Dampf benötigt wird. Almo setzt überwiegend Heizwasser und nur wenig Dampf ein, aus dieser Bedarfscharakteristik errechnet sich für den vorliegenden Betrieb keine wirtschaftliche Turbinen-Lösung.



Den Kern jeder Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bilden die konkreten Betriebsdaten des Anwenders, darauf basiert die Auslegung der KWKK-Komponenten, siehe Text. (Bild: Theweleit)



Das kompakte Blockheizkraftwerk ist eine der zentralen Komponenten der Energietechnik bei Almo. (Bild: Almo)

## BHKW und AKM kombiniert

Realisiert hat Almo die zweite der untersuchten Lösungen mit zwei BHKW-Einheiten zu je 380 Kilowatt elektrischer Leistung und einer AKM mit 700 Kilowatt Kälteleistung. Zudem wurden einzelne Kaltwassersysteme zu einem zentralen Kaltwassernetz zusammengesetzt, um die Abnahme der Absorptionskälte zu optimieren. Planung, Bau und technische Betriebsführung übernahm das Unternehmen Hubert Niewels aus Bad Lippspringe. Inbetriebnahme war 2014.

Die Leistungen von BHKW und AKM müssen aufeinander abgestimmt und so ausgelegt sein, dass vom BHKW gelieferter Strom und Abwärme möglichst ganzjährig und ohne Drosselung der BHKW-Leistung abgenommen werden können. Grundlage sind Strom-, Wärme- und Kältebedarf des Betriebs.

Den Heizwärmebedarf von Almo über der Außentemperatur, errechnet aus Stundenwerten des Gasverbrauchs, zeigt die Punkt- wolke der Grafik. Den Kaltwasserbedarf aus Kältemaschinen zeigen die dunkelblaue (für die Werkzeugkühlung) und die hellblaue (für Klimakälte) Linien. Unterhalb 10 °C bzw. 15 °C übernimmt jeweils die Freikühlung, die Kältemaschinen ruhen.

Den entsprechenden Heizbedarf einer AKM für diese Kälte- leistungen zusammen zeigt die braune Linie. Addiert zum Heiz- wärmebedarf (Punkt- wolke) erhält man die Kurve des Heizwasser- Abnahmepotenzials des Werks mit Absorptions- Kältemaschine, dick rot gestrichelt dargestellt. Hierauf muss die Abwärmeleistung des BHKW ausgelegt werden. Für einen wirtschaftlichen BHKW-Betrieb ausschlaggebend ist bei Almo gemäß der Grafik die Wärmeabnahme bei Außentemperaturen zwischen etwa 5 °C und 12 °C. Dort besteht nur geringer Heizbedarf für die Gebäude aufgrund hoher, innerer Wärmelasten, gleichzeitig laufen die Kältemaschinen mit geringer Leistung, da die Freikühlung einsetzt. In diesem Bereich kann die



Kältemaschine und Blockheizkraftwerk müssen hinsichtlich ihrer Leistungscharakteristik gut aufeinander abgestimmt werden. (Bild: Almo)

BHKW-Wärme nicht komplett genutzt werden, das BHKW muss gedrosselt werden oder Wärme weg kühlen.

Die Anlage läuft seit über drei Jahren problemlos und hat sich inzwischen amortisiert. Nach heutiger Gesetzeslage fiele die Einsparung jedoch wegen Mehrbelastung durch EEG-Umlage und Wegfall des KWK-Zuschlags niedriger aus.

## Realistisch herangehen

Auch Betriebe, die bei der Optimierung von Einzelanlagen weit fortgeschritten sind, können durch strukturelle Optimierungen in der Energieversorgung noch signifikante Kostensenkungspotenziale erreichen. Diese Potenziale werden künftig größer werden, da derzeit innovative Energieanlagen auf den Markt kommen wie Mikro- gasturbinen, Mikrodampfturbinen, Druckluft-Heizkraftwerke oder kleinere AKM- und ORC-Anlagen.

Es gibt jedoch keine Standardlösungen, jede Technologie muss für jeden Betrieb individuell betrachtet werden. KWKK kann dabei eine wirtschaftlich sehr attraktive Lösung sein, für eine konkrete Bewertung müssen aber immer Wärmebedarfskurven, Kältebedarfs- kurven, Strombedarfskurve und Energiepreise analysiert werden.

Zudem sollten, bevor das Projekt KWKK betrachtet wird, alle anderen Möglichkeiten der Energieoptimierung ausgeschöpft werden, besonders die Optimierung vorhandener Anlagen, Abwärmever- meidung und die interne Nutzung von Abwärme. So können hohe Einsparungen auch mit vergleichsweise teurer Absorptionskälte erzielt werden, wie das Beispiel Almo zeigt.

Ingenieurbüro Theweleit, [www.theweleit.de](http://www.theweleit.de)