

# Energie clever zurückgewinnen

Innovative Konzepte für die Milchindustrie stehen im Fokus der Experten vom IBBL

Ob Frischmilch, Käse oder Trockenpulver produziert wird: In Molkereien wird Energie auf vielfältige Art und Weise genutzt. Soll der Energieverbrauch gesenkt werden, stoßen punktuelle Maßnahmen schnell an ihre Grenzen. Erst durch eine ganzheitliche Betrachtungsweise der Anlagen und Prozesse ergeben sich eine Reihe von Einsparmöglichkeiten. Dies ist eine Herausforderung, der sich das Ingenieurbüro Bernd Lohse (IBBL) seit mehreren Jahren stellt. Auf der Suche nach Lösungen kombinieren die Experten aus Winsen an der Luhe anspruchsvolle Prozessabläufe mit innovativen Rückgewinnungstechniken.

**W**ie viele andere Branchen der Lebensmittelproduktion steht die Milchindustrie vor der Herausforderung des Klimaschutzes. Für jede Tonne verarbeiteter Milch benötigt man bis zu sechs Megawattstunden Strom und rund 60 Kubikmeter Wasser. In fast allen Anlagen schlummert ungenutztes Potenzial zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Kosten. Doch wo beginnen, wenn zahlreiche Molkereibetriebe weder ihren Energiefluss noch ihren Energieverbrauch kennen? Bloße Kilowattwerte reichen dafür nicht. Bernd Lohse weiß: Wenn es um Energieeinsparungen geht, wird das Thema Primärenergieverbrauch meistens nur oberflächlich behandelt. Übergeordnetes Ziel ist es häufig, den Frischwasserverbrauch auf das Geringstmögliche zu reduzieren – zum Beispiel, indem das aufbereitete Brüdenkondensat verwendet wird, also Wasser, das ohnehin im Laufe der Produktion anfällt. „Während das Hauptaugenmerk der Verantwortlichen vor Ort häufig auf der Einsparung von Frischwasser liegt, werden die Bereiche Strom, Wärme, Kälte und Druckluft meist vernachlässigt oder auf ihre korrekte Funktion reduziert“, so der Gründer und Inhaber des gleichnamigen Ingenieurbüros aus Winsen an der Luhe.

Doch gerade hier sieht Lohse die größten Optimierungspotenziale, denn die Primärenergie wird zu großen Teilen in Abwärme umgewandelt, die ungenutzt abgeführt wird. Das Resultat seien große Kühltürme auf dem Dach, welche „zusätzlich Strom und Wasser verbrauchen und dazu noch mögliche Brutplätze für Mikroorganismen bieten.“ Dabei könne man die Abwärme in vielen Fällen nutzen. Sein Know-how erlangte der Diplom-Ingenieur durch das Studium an der Fachhochschule Hannover, Fachbereich Milch- und Molkereiwirtschaft, vor allem aber durch seine langjährige Projekt- und Führungserfahrung im Produktionsbereich namhafter Unternehmen der Lebensmittelindustrie. Unterstützt wird Lohse bei seinen Planungs- und Projektierungsarbeiten sowie Optimierungen von Verbrauchsmedien u.a. durch Mathias Behrendt, der seit Anfang 2019 zum IBBL-Team gehört.

## Wärme nutzen statt verschwenden

Abwärme ist Wärme, die unbeabsichtigt als Nebenprodukt entsteht. Motoren und Maschinen strahlen sie ab, ebenso Kühlgeräte und Kompressoren. „Die Weiterentwicklun-

Energie wird in Molkereien in vielfältigen Prozessen genutzt. Werden diese ganzheitlich betrachtet, ergeben sich meist eine Reihe von Einsparmöglichkeiten



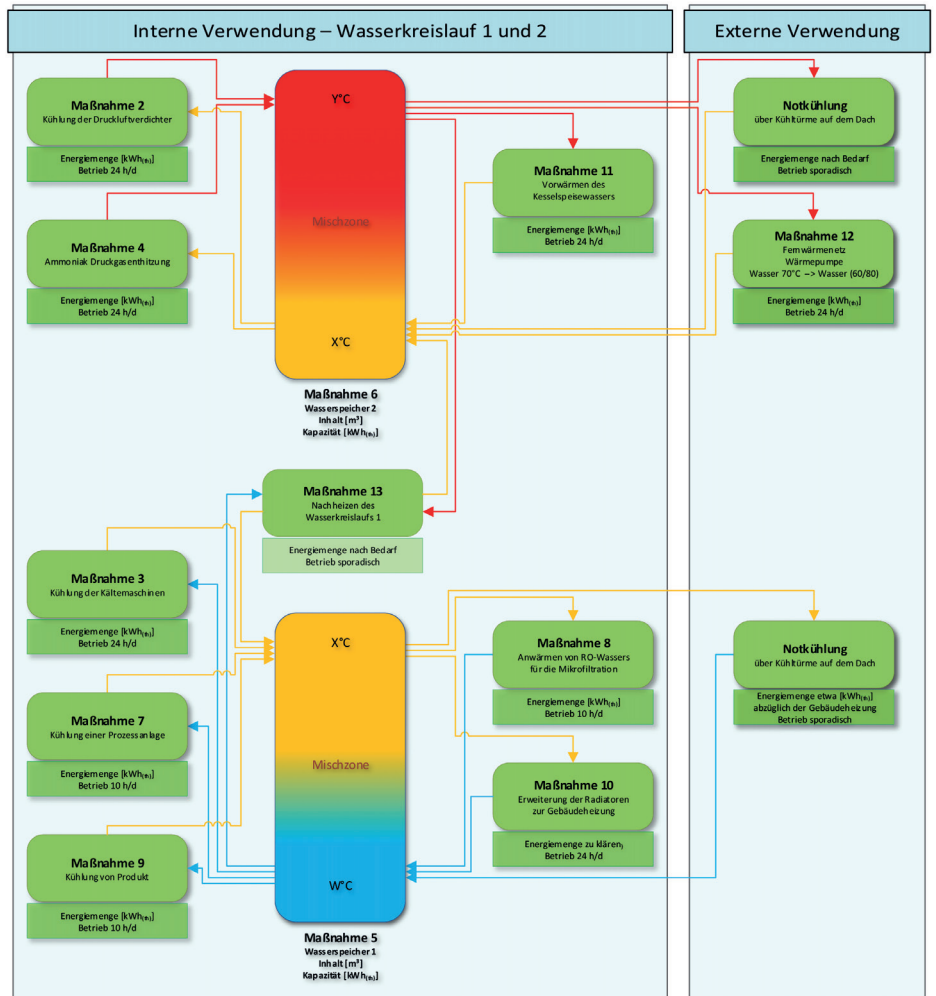


gen im Bereich der Energieeffizienz werden deshalb häufig von den Anlagenbauern selbst getrieben, die ihre Kompetenz in Sachen Wärmerückgewinnung aus heißen Medien unter Beweis stellen wollen“, meint Behrendt gegenüber LEBENSMITTEL-TECHNIK (lesen Sie dazu das Interview im Anschluss) und nennt einige Beispiele: „Die Anbieter von Kompressoren, Trocknern und Filteranlagen bieten modulare, in sich geschlossene Systeme an. Kälteaggregate werden ebenfalls oft mit Wärmerückgewinnung geplant. Das Kältemittel, vorwiegend Ammoniak, wird mit Luft oder Wasser vorgekühlt, um dann damit unter anderem Räume oder Produktionshallen zu heizen.“ Und auch Dampfkesselanlagen würden bauseitig mit Economizern, respektive Rauchgaskühlern, ausgestattet.

So erstrebenswert und vorteilhaft diese eindimensionale Betrachtungsweise aus Sicht der Anlagenbauer auch sei: „Die hohen Wirkungsgrade derartiger Insellösungen bringen nichts, wenn sich die rückgewonnene Energie in der Praxis nicht nutzen lässt.“ Eine Raumheizung ist etwa im Sommer selten erforderlich und das Warmwasser aus der Druckluftherzeugung eignet sich aufgrund des Temperaturniveaus nur in den wenigsten Fällen für Produktionsprozesse. Hinzu kommt: Viele der heutigen Werke in der Molkereiindustrie sind nicht als Greenfield-Projekt am Reißbrett geplant, sondern aus traditionellen Betrieben gewachsen, die ständig erweitert und verändert werden. Hat sich eine Molkerei früher um verschiedene Produkte in einer Halle gekümmert, werden heute die Produkte, wie z.B. Butter, Frischmilch und Käse in verschiedenen Werken hergestellt. „Die vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten bei der Planung neuer Molkereien wirken sich 1:1 auf die Möglichkeiten, aber auch die Komplexität der Energierückgewinnung aus“, betont Bernd Lohse. Ungleich komplizierter sind für die beiden Ingenieure Retrofit-Energiesparmaßnahmen in bestehenden Altbauten. Nicht selten sollen hier im gleichen Atemzug auch die Produktionskapazitäten erweitert werden. „Wer unter diesen Voraussetzungen den Energieverbrauch optimieren will, muss in maßgeschneiderten Lösungen denken. Wir drehen nicht nur an einer Schraube, wir haben alle Auswirkungen im Blick“, bestätigt Mathias Behrendt.

### Welche Maßnahmen bringen Einsparungen?

Ganzheitlich bedeutet auch: nicht nur punktuell hinzuschauen. Am Beginn steht für die beiden Experten deshalb die Frage: Wie kann ich mit effizienten und auch innovativen Prozesstechnologien den Energiebedarf reduzieren? Im zweiten Schritt geht es um

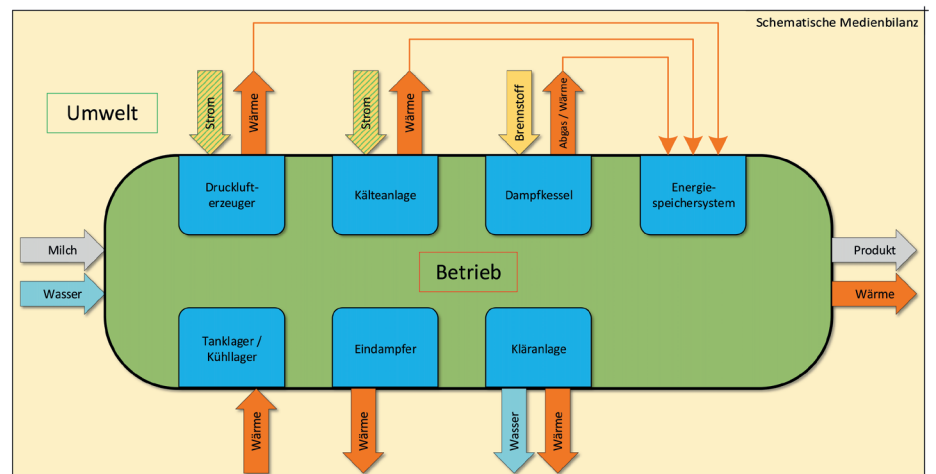


Wärme, Kälte, Druckluft: Die Experten des Ingenieurbüros Bernd Lohse wählten in einer norddeutschen Molkerei einen individuellen Ansatz zur Rekuperation, der insgesamt 13 Maßnahmen umfasste

deren bestmögliche Integration. Dazu teilen Lohse und Behrendt die Optimierungsmaßnahmen in vier Kategorien ein. Die erste Kategorie setzt direkt an der Anlage an. Zu nennen sind hier beispielsweise die Eindampfer oder Ultrahocherhitzer, bei denen der Produktauslauf direkt oder indirekt

gegen den Produkteinlauf geführt wird und somit die Wärmeenergie innerhalb des Gewerkes zurückgewonnen wird. Weitere Maßnahmen können eine verbesserte Isolierung oder die Einhausung von Tanks sein.

Die zweite Kategorie umfasst mehrere Anlagen oder Prozessschritte, die gemein-



Medienbilanzierung: Ein Großteil der Primärenergie wird in Molkereien in Wärme umgewandelt, die abgeführt werden muss

sam betrachtet werden. Hierzu zählt etwa die Verwendung von aufbereiteten, warmen Brüden als Kesselspeisewasser. In der dritten Kategorie wird der Blick ausgeweitet auf die technische Gebäudeausrüstung. Mit einbezogen wird der Warmwasserbedarf für Raumheizungen und Sanitärbereiche. In der vierten Kategorie lohnt sich gegebenenfalls ein Blick auf umliegende Industrien oder andere wärmehungrige öffentliche oder private Einrichtungen, wie beispielsweise Schwimmbäder. „In einem ganzheitlichen Ansatz konzentriert sich der Primärenergieeinsatz dann noch auf die Hochtemperaturprozesse oberhalb von 100 Grad Celsius, den Ausgleich von Abstrahl- oder Wirkungsgradverlusten, sowie auf die Sicherstellung von Anfahr- und Reinigungsprozessen“, erläutert Behrendt. „Durch die Energiewende und den Trend zu erneuerbaren Energiesystemen erleben derartige Wärmenetze eine Renaissance, da sie eine wichtige Rolle bei einer nachhaltigen Energiewirtschaft spielen können“, so Bernd Lohse.

### Fernwärme für die Nachbarschaft

Die Vernetzung bestehender kleinerer Wärmenetze zu einem größeren System

aus flexibel steuerbaren Erzeugern und Pufferspeichern und die Sektoren übergreifende Betrachtung von Strom und Wärme bietet den Unternehmen in der Lebensmittelindustrie ein großes Potenzial. Dieses wollte sich auch eine Molkerei im Norden Deutschlands erschließen, für die Bernd Lohse und Mathias Behrendt ein insgesamt 13 Maßnahmen umfassendes Konzept zur Speicherung und Wiederverwendung von Anlagenwärme projektiert haben. Dieses berücksichtigt unter anderem die Abwärme der Druckluftanlagen, Kältekompressoren und Prozessanlagen und basiert auf zwei Energie-Schichtenspeicher als Puffer mit insgesamt drei Temperaturniveaus. Einher damit ging die Verdoppelung der verarbeiteten Milchmenge aus dem Jahr 2016 auf heute über 400 Millionen Kilogramm. „Die Erkenntnis, dass zwar ausreichend Abwärme vorhanden war, jedoch nicht vollumfänglich intern genutzt werden konnte, brachte uns auf die Idee, nach anderen Möglichkeiten der Energieverwertung zu suchen“, erklärt Behrendt. Die interne Wärmenutzung wurde dafür so ausgelegt, dass dem Fernwärmenetz nahezu durchgängig ein Vorlauf von 70 Grad Celsius zur Verfügung gestellt werden kann – ohne dass Einbußen in der Molkerei zu erwarten sind, denn der Mini-

malbedarf des Fernwärmenetz im Sommer entspricht grob der Abwärme der Molkerei.

Werden die Wärmemengen konservativ berechnet, spart die Molkerei mit den Maßnahmen im Schnitt täglich 1.550 Kilowattstunden ein. Dies entspricht einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen von jährlich 99.400 Kilogramm. Zusätzlich stehen dem Fernwärmenetz rund 3.000 Kilowattstunden täglich zur Verfügung. Bei einer durchschnittlichen Vergütung von 0,025 Euro je Kilowattstunde ergibt sich ein Erlös von 21.000 Euro. Zugrunde gelegt sind in diesem Fall 280 Produktionstage im Jahr. Weiteres Potenzial für Energieeinsparungen sehen die beiden Experten in der Umnutzung der Wärme zur Heizung der Gebäude. „Wird die nötige Vorlauftemperatur der Heizung herabgesetzt, so werden Energien höherer Qualität beziehungsweise Temperatur für andere Nutzungsbereiche frei“, meint Behrendt. Hierzu sei zuvor eine erweiterte Prüfung durch Architekten und Heizungsbauer nötig. Durch einen Umbau der Gebäudeheizungen ließen sich in den Kältemonaten zusätzliche 1.300 Kilowattstunden täglich einsparen, so die abschließende Einschätzung der beiden Ingenieure.

[www.ib-lohse.de](http://www.ib-lohse.de)



### Interview mit Mathias Behrendt „Retrofit-Maßnahmen sind ungleich komplizierter“

Bei der Herstellung von Milchprodukten ist zunehmend Energieeffizienz gefragt. Im Experteninterview mit Mathias Behrendt über Prozessoptimierung, erneuerbare Energien und innovative Verfahren zu Abwärmenutzung zeigt sich: Die Kreisläufe in einer über die Jahre gewachsenen Molkerei sind hochkomplex. Doch gerade hier schlummert für den Ingenieur für Brauwesen und Getränketechnologie ein „großes Potenzial, den Primärenergieeinsatz zu verringern.“

**LT:** Herr Behrendt: Die Milchindustrie zählt zu den energieintensiveren Wirtschaftszweigen. Experten schätzen, dass rund 1,5 Prozent des Jahresumsatzes einer Molkerei auf Energiekosten entfallen ...

**Mathias Behrendt:** ... und das ist nur das untere Ende der Fahnenstange. Einige der Produktionsverfahren benötigen nicht nur beträchtliche Mengen an Energie für das Erhitzen oder Abkühlen großer Produktmengen, sondern auch für Wasser – etwa für die CIP-Reinigung der Anlagen. Den höchsten Energiekostenanteil mit bis zu 14 Prozent verzeichnen übrigens Betriebe, die Molkepulver herstellen. Grundsätzlich schwanken die Anteile der elektrischen

und thermischen Energie am Gesamtbedarf stark in Abhängigkeit der Erzeugnisse.

Betrachtet man die gesamte Prozesskette, ergibt sich ein gewaltiges Einsparpotenzial. **LT:** Wo "verstecken" sich Ihrer Erfahrung nach die großen Verbraucher?

**Behrendt:** Elektrische Energie kommt vor allem bei Kälteanwendungen und für die Antriebstechnik zum Einsatz. Insbesondere Pumpen für Ultra- und Mikrofiltrationen sowie mechanische Brüdenverdichter und Druckluftzeuger zählen zu den energieintensiven Systemen, die nicht nur in Molkereien, sondern ebenso in der Fleischindustrie, der Obst- und Gemüseverarbeitung oder in Brauereien vorkommen – allesamt Branchen, denen wir bei IBBL beratend zur Seite stehen können.

**LT:** Wie stellt sich der Sachverhalt auf Seiten der thermischen Prozesse dar?

**Behrendt:** Viele der notwendigen Prozessschritte wie Pasteurisieren, Sterilisieren, Verdampfen oder Trocknen haben einen großen Wärmebedarf. Ein Beispiel ist die Pasteurisierung von Milch. Der Prozess erfordert die Erhitzung von Temperaturen um vier bis acht Grad Celsius auf 72 bis 75 Grad Celsius für 15 bis 20 Sekunden.

**LT:** Die Produzenten fragen sich vor diesem



Hintergrund natürlich vor allem, wie sie die Energie clever zurückgewinnen können ...

**Behrendt:** Für den Großteil aller Anwendungen existieren bereits etablierte Rekuperationslösungen. Diese zeichnen sich prinzipiell durch eine gute bis sehr gute

---

**„Betrachtet man die gesamte Prozesskette in der Milchindustrie, ergibt sich ein gewaltiges Einsparpotenzial.“**

---

Effizienz aus. Ungleich komplizierter sind Retrofit-Maßnahmen in Bestandsanlagen. Hier schlummert ein großes Potenzial, den Primärenergieeinsatz zu verringern. Nicht selten sollen im gleichen Atemzug die Produktionskapazitäten erweitert werden ...

**LT:** ... wie im Falle der norddeutschen Molkerei, für die IBBL im Jahr 2016 eine entsprechende Projektierung übernommen hat. Wie sind Sie dabei vorgegangen?

**Behrendt:** Die eigentliche Energieeffizienzanalyse basierte auf einer Potenzialanalyse zur Optimierung des Frischwassereinsatzes, die zuvor durchgeführt wurde. Zusätzlich wurden Fließschemata und Grundrisse gesichtet, um anhand der Verbraucher die Messstellen in der Molkerei festzulegen. Die relevanten Parameter wurden dann über längere Zeiträume erfasst. Die so ermittelten Energieströme sind anschließend um die vorhandenen Werte aus der Potenzialanalyse ergänzt worden. Zusammen mit den Anlagenlieferanten für

Druckluft und Kältemaschinen haben wir dann die Optimierungen in den Bestandsanlagen ausgelotet.

**LT:** Sie sprachen die Herausforderungen an, wenn im Rahmen solcher Brownfield-Projekte ältere Anlagen auf den neusten Stand in Sachen Wärmeeffizienz gebracht werden sollen. Sind die werkseigenen Wärmenetze grundsätzlich darauf vorbereitet?

**Behrendt:** Der Blick bei solchen Investitionen ist primär auf die Hauptfunktion der Bestandsanlagen gerichtet. Die gezielte Betrachtung der Abwärmenutzung spielte bei der Auslegung häufig keine Rolle. Infolgedessen sind etwa Wärmetauscher oder Rohrleitungsnetze oft unterdimensioniert, so dass sich hier selten signifikante Effizienzsteigerungen realisieren lassen. Und es gilt einen weiteren Sachverhalt zu bedenken: Die Wärmenetze in Bestandsbetrieben werden zum Großteil mit dem Wärmeträger Dampf versorgt ...

**LT:** ... und hier stoßen Sie auf eine besondere Problematik?

**Behrendt:** Ja, denn die rückgewonnenen Energien bewegen sich selten im Bereich oberhalb von 80 Grad Celsius. Deshalb sind die vorhandenen Wärmenetze in den seltensten Fällen kompatibel mit der von uns in der norddeutschen Molkerei angewendeten Methode zur erweiterten Abwärmenutzung. Ein solches Energienetz ist im Brownfield immer zusätzlich zum Wärmenetz zu sehen.

**LT:** Gab es weitere Knackpunkte in der Molkerei?

**Behrendt:** Ein besonderer Aspekt war, dass sich der Bedarf an Heizenergie nur über-

schlägig ermitteln ließ – was nicht ungewöhnlich ist, denn in den großen Lager- oder Abfüllhallen der Milchproduzenten werden häufig Lufterhitzer als Raumheizung verwendet. In diesem besonderen Fall wurden diese teilweise mit Warmwasser betrieben, teilweise aber auch direkt mit Ammoniak-Druckgas. Die Messung der Energiemenge über den Luftvolumenstrom war aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten daher nicht möglich, weshalb die Gebäudeheizung in unseren Berechnungen erwähnt, nicht aber einbezogen wird.

**LT:** Lassen Sie uns einige der 13 Maßnahmen konkret herausgreifen, die Sie in Ihrem Konzept vorgesehen haben. Welche Hürden gab es beispielsweise bei der Einbindung der Druckluftanlage und der Kältekompressoren zu meistern?

**Behrendt:** Für die Kühlung der Druckluftkompressoren musste deren Arbeitsbereich durch Schmieröle mit höherem

---

**„Insellösungen auf Anlagenebene bringen nichts, wenn sich die rückgewonnene Energie in der Praxis nicht nutzen lässt.“**

---

Temperaturbereich erweitert werden, was in enger Abstimmung mit dem Kompressorenhersteller erfolgte. Der Hintergrund: Die Anlagen sollten mit Eingangstemperaturen oberhalb von 40 Grad Celsius "warm" gekühlt werden. Gleichzeitig mussten die Kompressoren jetzt bei Betriebstemperaturen oberhalb

Bei der Verarbeitung eines Liters Milch kommt viel Energie zum Einsatz, doch zahlreiche Molkereibetriebe kennen weder ihren Energiefluss noch ihren Energieverbrauch



von 70 Grad Celsius zuverlässig funktionieren. Umgekehrt galt es im Bereich der Kältekompressoren den Punkt zu finden, an welchem dem Druckgas ausreichend Energie entzogen, aber die Kondensation und damit der Betrieb der Anlage nicht gefährdet wird. Hier war eine Abstimmung bezüglich des Kältemittels und Betriebsdrucks erforderlich. Die größte Herausforderung aber war die Produktionsplanung.

**LT:** Warum?

**Behrendt:** Sie lässt sich in den seltensten Fällen schlüssig vorausberechnen, denn Molkereien stellen vielfältige Produkte her, deren Mengen saisonalen Schwankungen unterworfen sind. Aus diesem Grund lässt sich die erforderliche Größe der Wärmespeicher nur logisch auf Basis vorhandener Messdaten mit Ausblick auf die Produktionskapazitäten schätzen. Deshalb war in diesem Fall besonders wichtig, ein redundantes System zur Nachheizung des Wasserspeichers 1, die Maßnahme 13, vorzusehen sowie Notkühlanlagen.

**LT:** Zentrales Element in Ihrem Konzept sind die Wärmespeicher. Sie setzen im konkreten Fall auf ein Kreislaufsystem mit zwei Warmwasser- beziehungsweise Schichtenspeicher. Warum war es sinnvoll, die beiden Wasserkreisläufe zu trennen?

**Behrendt:** Um ein mittleres Temperaturniveau in einem Ein-Tank-System verlässlich zu speisen und zu entnehmen, schien uns der steuerungs- und verrohrungstechnische Aufwand zu groß. Trotz der Darstellung werden die Tanks nie genau hälftig mit warmem und kaltem Medium

gefüllt sein. Da die Mischzonen mit der Höhe der Wassersäule festgelegt werden, bedeutet ein einzelner, größerer Tank ein in der Summe größeres Mischvolumen. Es müssten demnach zwei Mischzonen mit überproportionalem Volumen in einem Tank untergebracht werden. Ein solches Ein-Tank-System wäre nur für Fälle mit dauerhaft konstanten Volumenströmen und zwei Temperaturzonen realistisch denkbar. Der Einsatz von Schichtladelanzeln wiederum ist sehr prozessspezifisch und bei mehr als drei

---

**„Dem Thema Fernwärmenetze wird aufgrund seiner Komplexität oft nicht genügend Aufmerksamkeit geschenkt.“**

---

angebundenen Verbrauchern und Erzeugern in Summe nicht empfehlenswert.

**LT:** In vielen Fällen verfügen Unternehmen in der Lebensmittelindustrie nicht über geeignete betriebsinterne Wärmesenken. Warum ist die Einspeisung industrieller Abwärme in bestehende Fernwärmenetze eine so selten genutzte Option?

**Behrendt:** Für den Einsatz eines Fernwärmenetzes als Wärmesenke von industrieller Abwärme im Lebensmittelbereich spielen viele Faktoren eine Rolle. Primär von Bedeutung ist, mit welcher Temperatur der Wärmeträger aus dem Fernwärmenetz zurückkommt. Aber auch die vom Verbraucher verwertbare Energiemenge, die Jahreszeit sowie die notwendige Vorlauftemperatur gilt es zu beachten. Last but not least wird dem Thema aufgrund

seiner Komplexität oft nicht genügend Aufmerksamkeit geschenkt.

**LT:** Die Lebensmittelindustrie wird zu einem großen Teil mit fossilen Energieträgern versorgt. Wie bewerten Sie vor diesem Hintergrund die solare Energie als eine Alternative?

**Behrendt:** Grundsätzlich sehe ich in den großen Dachflächen, wie sie typischerweise bei Molkereien anzutreffen sind, ideale Standorte für Photovoltaikanlagen. Im Zusammenspiel mit höheren Speicherkapazitäten im Bereich der Eiswassererzeugung lassen sich die Eiswassertanks beispielsweise als Akku einsetzen. Für die Eiswassererzeugung einer Molkerei mit 430 Kilowatt elektrischer Anschlussleistung würden rund 2.200 Quadratmeter freie Dachfläche benötigt. Um die Nächte und Wintermonate auszugleichen, sollten dann jedoch zusätzliche Kapazitäten eingeplant werden, damit der Grad der Autarkie möglichst groß ist.

**LT:** Woran scheitert es letztlich?

**Behrendt:** Die mangelnde Erfahrung im Bereich Stromerzeugung, die Komplexität der EEG-Umlage und der undurchsichtige Dschungel rund um die Fördermittel sorgen nicht für ausreichend Bereitschaft in den Unternehmen. Hinzu kommt, dass sich die Investitionen aus Sicht der Lebensmittelproduzenten selten schnell genug amortisieren. Ungeachtet dessen ist die solare Prozesswärme eine Alternative, zumal ihre Ausbeute pro Quadratmeter der der Photovoltaik überlegen ist. Die Einsatzbereiche der erzeugten Wärme sind jedoch sehr spezifisch und müssen an jede Produktionsstätte individuell angepasst werden. ■

Siegling – total belting solutions

## HYGIENISCH UND ZUVERLÄSSIG FÖRDERN

- Mit dem passenden Bandtyp für jeden Verarbeitungsprozess
- Mit HACCP-Bändern, die Ihr Hygienekonzept unterstützen
- Mit kompromissloser Qualität und zuverlässigem Service

**forbo**

MOVEMENT SYSTEMS

Forbo Siegling GmbH  
www.forbo-siegling.de

UV-C  
resistent