

*Produktionszeit beim Verarbeiten verderblicher Produkte gesteigert*

# Kontinuierlich kühlen, Keime vermeiden

Ralf Dunker, München

*Beim Verarbeiten leicht verderblicher Lebensmittel oder der Fertigung pharmazeutischer Produkte sind konstant niedrige Temperaturen meist Voraussetzung, um das Vermehren von Verderbnis- und Krankheitserregern zu verlangsamen und eine lange Produkthaltbarkeit zu bewirken. Mit dem CCC-Kühler, der auf einer Zentrallüftung basiert, lassen sich Temperaturen bis zu 0,5 °C herab herstellen und die Zahl der Keime senken, was den Reinigungs- und Desinfektionsaufwand in der Produktion senkt. Seine Wärmetauscher können wechselweise während des Kühlbetriebs abgetaut werden, was eine permanente Kühlung sicherstellt. Die ersten CCC-Kühler haben sich in der Fleischverarbeitung bewährt.*

## Zur Einführung ins Thema

Beim Verarbeiten leicht verderblicher Lebensmittel oder auch in der pharmazeutischen Industrie werden hohe Anforderungen an die Kühlung gestellt, um dem Vermehren von Verderbnis- oder Krankheitserregern Einhalt zu gebieten. Oft sind Temperaturen von 4 bis 12 °C üblich, zum Beispiel beim Herstellen von Fleisch- und Wurstwaren. Hackfleisch bietet den Erregern eine noch größere Oberfläche, daher wird hier vielfach eine Temperatur von etwa 0 bis 2 °C angestrebt. Die daraus resultierend niedrige Zahl der Keime wirkt sich positiv auf Qualität und Haltbarkeit des Endprodukts aus.

Nicht nur die Kühlung, die das Keimwachstum bremst, ist Mittel zum Schutz leicht verderblicher Produkte. Die beste Maßnahme ist, den Eintrag von Keimen zu minimieren. Desinfektion und die Reinigung der Halle sowie der Arbeitsmaschinen sorgen für ein hygienisches Umfeld. Mit Reinigungsarbeiten einhergehende Stillstandszeiten unterbrechen den Produktionsprozess jedoch für Stunden. Unternehmen haben daher ein besonderes Interesse an Lösungen, die ein kontinuierliches Kühlen und ein keimarmes Umfeld sicherstellen, denn die längeren Reinigungsintervalle schlagen sich in optimierten Maschinenlaufzeiten nieder.



*Bild 1 Bei der Verpackung von Fleischprodukten, hier das Einlegen von gekochtem Schinken vor dem Verpacken, ist optimale Kühlung wichtig für die Haltbarkeit des Produkts (Bilder: GEA Lufttechnik)*

## zum Autor

**Ralf Dunker**  
ist Fachjournalist  
in München



## Anforderungen im Pilotprojekt

Die Hans Kupfer & Sohn GmbH & Co. KG Wurstspezialitäten suchte aus diesen Gründen eine Alternative zu ihrer bisherigen Kühlung mit Deckengeräten. Sie sollte folgende Anforderungen erfüllen:

- Die Mitarbeiter sollten keiner Zugluft ausgesetzt werden und die Temperaturdifferenz zwischen dem Arbeitsbereich und dem Rest des Raums sollte so gering sein, dass sie keine unangenehmen Turbulenzen bewirkt. Gefragt war daher ein Konzept, das Einfluss auf die Luftgeschwindigkeit und die Luftverteilung zulässt. Der Arbeitgeber strebte dadurch mehr Behaglichkeit für seine Mitarbeiter an.
- Die Kühlleistung war entsprechend der durch Mitarbeiter und Maschinen bedingten Kühllasten zu dimensionieren.
- Insbesondere sollte im Arbeitsbereich – zum Beispiel beim Schneiden von Fleischprodukten oder deren Verpackung – eine ausreichende Kühlung des Produkts gegeben sein, so dass der arbeitsbedingte Wärmeinput kompensiert wird. Während der Schneidevorgang durch Reibung Wärme erzeugt, ist bei der Folienverpackung das Verschweißen die Hauptwärmequelle.
- Um geeignete Temperaturen zu gewährleisten, muss die Lösung auf bis zu 0 °C im Arbeitsbereich kühlen können.



Bild 2 Das CCC-Gerät auf Basis des GEA ATplus im Installationsgeschoss. Hier ist die Versorgung mit den Kalt- und Warmsoleitungen ersichtlich. Als Warmsole ist Ethylenglykol (33%) im Einsatz

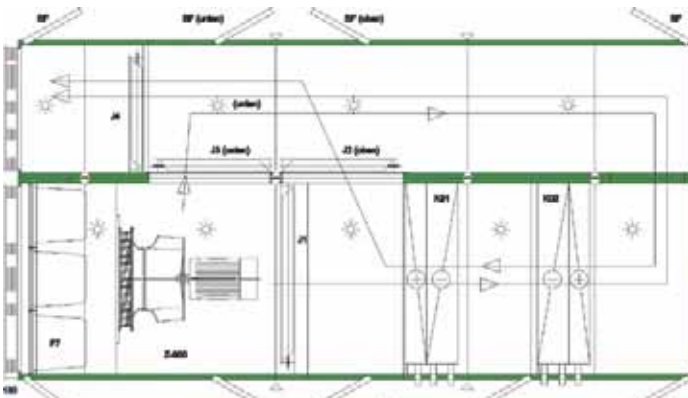


Bild 3 Die patentierte Umlenkung des Luftstroms im Innern des CCC-Geräts bewirkt, dass im Wechsel ein Wärmetauscher (im Luftstrom der jeweils vordere) durch rückströmende Hallenluft abgetaut wird und der andere die Kühlfunktion übernimmt



Bild 4 Der Einsatz eines direkt angetriebenen Radialventilators (hier ein Freiläufer der Firma Ziehl Abegg) senkt den Energiebedarf. Ein Riemenantrieb wäre aus hygienischen Gründen bedenklich gewesen

- Aus hygienischen Gründen war eine Aufstellung außerhalb der Halle gefragt. Das Herabtropfen von Kondenswasser oder eventuellem Schmutz auf die Produktionsfläche wird somit vermieden. Die externe Variante wurde auch favorisiert, weil Reinigungsarbeiten an der Kälte- bzw. Lüftungstechnik außerhalb des Hygienebereichs, unter Umständen sogar während der Produktionszeit, erfolgen können.
- Durch geeignete Wahl der Kühlung bzw. der Luftbehandlung sollte die Zahl der Keime im Arbeitsbereich sinken, was eine Reduktion der Reinigungs- und Desinfektionsintervalle bzw. ein Verkürzen dieser Tätigkeiten ermöglicht.
- Aus dem letzten Punkt resultieren längere Produktionsphasen ohne Pausen, daher ist kontinuierliches Kühlen Bedingung. Für Abtauzyklen darf der Kühlbetrieb nicht unterbrochen werden.

Dem Wunsch nach einem externen Gerät mit einer variablen Luftführung lässt sich durch ein modifiziertes Lüftungsgerät gerecht werden. Die Forderung einer permanenten Kühlung bedingt, dass die Lösung das Abtauen der Wärmetauscher im laufenden Betrieb und ohne Leistungseinbußen vornehmen kann.

Eine entsprechende Technik war am Markt nicht verfügbar. Sie wurde auf Basis der Anforderungen des Fleisch verarbeitenden Betriebs entworfen. Es handelt sich um den so genannten CCC-Wechselkühler (Continuous Central Cooling), den Unternehmen der GEA Lufttechnik und der GEA Kältetechnik auf Basis eines Patents realisierten. Derzeit sind vier CCC-Geräte (Bild 2) im Einsatz, die sich in ihren Leistungsdaten unterscheiden, aber nach dem gleichen Prinzip arbeiten. Sie bedienen eine Linie mit Schneide- und Verpackungsmaschinen, die in ähnlicher Form auch in einer benachbarten Halle steht. So können vergleichende Messungen angestellt werden, was zum Beispiel die Luftqualität (Keimzahl) und Kühlwirkung angeht.

### Prinzip und Komponenten des CCC-Kühlers

Der CCC-Kühler ist ein modifiziertes Zentrallüftungsgerät, in dessen Innern zwei Wärmeaustauscher zur Verfügung stehen. Dank der patentierten Luftführung befinden sich beide Wärmeaustauscher ständig im Luftstrom; einer dient dem Kühlen der Luft während der andere sich im Abtaubetrieb befindet. Dazu streicht der Luftstrom zunächst über den Kühler, der abzutauen ist, und wird erst am zweiten auf die gewünschte Temperatur heruntergekühlt. Durch Jalousienklappen kann der Luftstrom im Betrieb in der Richtung umgelenkt werden, so dass ein Wechsel zwischen Kühlen und Abtauen ohne Unterbrechung möglich ist (Bild 3). Regelmäßiges Umschalten der Luftführung beugt einer Leistungsbeeinträchtigung durch Vereisen vor und bietet die Möglichkeit, zugleich Einfluss auf die relative Feuchtigkeit der Luft zu nehmen. Durch Installation in einem Zwischengeschoss kann dem Wunsch nach externer Aufstellung entsprochen werden. Die kühle Luft gelangt über ein Kanal- und Schlauchsystem in die Halle und kann so gezielt geführt werden. Als angenehmer Nebeneffekt ist diese Art der Kühlung leiser als bei Einsatz von Deckenkühlgeräten.

Die wesentlichen Komponenten eines CCC-Kühlers sind die modifizierte Zentrallüftungsanlage, Filter und Ionisationsanlage, Wärmetauscher (jeweils zwei) und das Luftführungs- bzw. Auslasssystem.

Als **Kältemaschine** wurde ein Flüssigkeitskühlsatz der GEA Grasso GmbH ausgewählt, die mit dem natürlichen Kältemittel Ammoniak arbeitet. Die Kältemaschine wiederum kühlt den

Kälte­träger Tyfoxit 1.15 ( $-6^{\circ}\text{C}/-10^{\circ}\text{C}$ ). Die Kälte­leistung beträgt 900 kW bei der Soll­vor­lauftempe­ratur. Die Abwärme der Kälte­maschine wird im Winter zum Heizen des Betriebs genutzt oder um Trocknungs­prozesse zu beschleunigen (dazu im Folgenden mehr). Aufgrund der Bauart und der Konstruktion des CCC-Kühlers könnten alle verfügbaren Kälte­träger oder aber auch Kälte­mittel im Direktexpansions­betrieb eingesetzt werden.

Die **Zentrallüftungsgeräte** basieren auf Seriengeräten des Typs ATplus und wurden bei der GEA Happel GmbH & Co KG in Gaspoltshofen (Österreich) als Sonderanfertigung hergestellt. Der modulare Aufbau dieser Geräte erleichtert das Integrieren der speziellen Luftführung und die Auswahl geeigneter Filter. Im Hinblick auf hohe Hygiene und leichte Reinigung besitzt jedes Zentrallüftungsgerät Edelstahlablaufwannen (in jedem Bauteil), eine komplette Innenauskleidung aus Edelstahl sowie viele Sichtfenster und Begehungstüren. Sie sorgen für eine gute Zugänglichkeit bei der

Reinigung und Wartung und erleichtern Messungen im Geräteinnern. Die Geräte können bis  $24\,000\text{ m}^3$  Luft pro Stunde umwälzen. Im Sinne eines Energie sparenden Betriebs setzten die Entwickler einen **Radialventilator** mit freilaufendem Rad (Bild 4) ein (statt riemengetriebener Gehäuseventilatoren wie bei Geräten herkömmlicher Bauart). Das Zentrallüftungsgerät arbeitet im Umluftbetrieb; Nachheizregister senken bei Bedarf die Luftfeuchtigkeit.

Im Lüftungsgerät können je nach Anwendung unterschiedliche **Filter** verwendet werden. Schnellspannvorrichtungen vereinfachen den Filterwechsel. In den CCC-Geräten der Fleischverarbeitung sind Filter der Klasse F7 eingesetzt, die Partikel mit einer Größe von 1 bis  $5\text{ }\mu\text{m}$  zurückhalten können. Sie haben eine Filterfläche von  $53,1\text{ m}^2$  und sie erreichen einen Abscheidegrad von 99,8% bei 85,1% Wirkungsgrad.

Die je zwei **Wärmetauscher** wurden von der Küba Kältetechnik GmbH, Baierbrunn, gefertigt. Sie befinden sich, wie

beschrieben, permanent im Luftstrom. Die abgestimmte Luftführung im Innern des Zentrallüftungsgeräts gewährleistet, dass die Wärmetauscher gleichmäßig durchströmt werden. Die Differenz zwischen dem geringsten und höchsten Luftdurchsatz pro Wärmetauscher beträgt weniger als 5%.

Jalousienklappen im Zentrallüftungsgerät lenken den Luftstrom wahlweise zunächst an Wärmetauscher 1 und dann an Nummer 2 vorbei oder umgekehrt. Das Umschalten geschieht schnell und kontinuierlich, was den durchgängigen Betrieb gewährleistet. Der jeweils in Strömungsrichtung vordere Wärmetauscher wird durch die ihn passierende Luft unter Ausnutzen der Latentwärme von Reif befreit. Sogar bei einem Ausfall des Klappensystems kann die Kühlwirkung tagelang aufrechterhalten werden. Jedoch bewirkt das regelmäßige Umschalten der Luftführungsrichtung nicht nur größerer Vereisung entgegen, die Umschaltintervalle beeinflussen auch die relative Feuchtigkeit

	Zentralkühlgerät (ohne Luftionisation)	Arbeitsraumkühler
	KBE/m <sup>3</sup> Luft vor der so genannten Trockenreinigung	
Minimum	0	4
Maximum	32	112
n	28	24

Tabelle 1 Konzentration der Keime in der Luft bei Einsatz des CCC-Kühlers im Vergleich zur Kühlung mit Arbeitsraumkühler, hier vor der Trockenreinigung (Quelle: Lessing)

	Zentralkühlgerät (mit Luftionisation)	Arbeitsraumkühler
	KBE/m <sup>3</sup> Luft	
Minimum	0	4
Median	4	28
Maximum	4	112
n	26	24

Tabelle 2 Konzentration der Keime in der Luft bei Einsatz des CCC-Kühlers im Vergleich zur Kühlung mit Arbeitsraumkühler, hier vor der Trockenreinigung und mit Ionisation der Luft (Quelle: Lessing)

	Zentralkühlgerät (ohne Luftionisation)	Arbeitsraumkühler
	KBE/m <sup>3</sup> Luft nach der so genannten Trockenreinigung	
Minimum	0	4
Median	4	24
Maximum	24	116
n	26	24

Tabelle 3 Konzentration der Keime in der Luft bei Einsatz des CCC-Kühlers im Vergleich zur Kühlung mit Arbeitsraumkühler, hier nach der Trockenreinigung und mit Ionisation der Luft (Quelle: Lessing)

der Luft und damit die klimatischen Bedingungen für Keime.

Den Transport der Luft in den Raum erledigt ein **Schlauch** aus Polyethylen. Seine **Auslassöffnungen** lassen das gezielte Verteilen der kühlen Luft zu. Beim Pilotprojekt beträgt die Lufttemperatur am Auslass etwa -5 °C. Die Luft wird über dem Arbeitsbereich ausgeblasen und besitzt eine Geschwindigkeit von 0,2 m/s. Beim Herabfallen beschleunigt sie auf zirka 0,4 m/s. Dieser Wert wird von den Mitarbeitern wegen ihrer dicken Arbeitskleidung nicht mehr wahrgenommen. Das Umwälzen der Luft in der Halle führt zur relativ gleichmäßigen Temperaturen im Raum: Am Produkt sind es etwa 0 bis 2 °C, hinter den Mitarbeitern rund 3 bis 4 °C.

### Ergebnis nach einem Jahr Betriebserfahrungen

Nach rund einem Jahr Betrieb der vier CCC-Kühler kann eine positive Bilanz gezogen werden: In puncto Kühlung überzeugen die Geräte durch die gleichmäßige Temperaturverteilung im Raum und das Einhalten der notwendigen Produkttemperaturen. Im Vergleich zu den Deckenkühlern, die in einer ähnlichen Halle des Werks

arbeiten, führt das Kühlen mit CCC-Geräten zu einer massiven Reduktion des Luftkeimgehalts, wie Messungen im Frühjahr 2005 ergaben.

Die Messungen wurden an sieben Versuchstagen durchgeführt. Insgesamt fanden 173 Messungen statt: vor, während und nach der Trockenreinigung der Schneide- und Verpackungsanlagen. Zur Messung wurde ein Luftkeimsammler verwendet. Zudem untersuchte man die Oberflächenkeimgehalte auf dem Filtervlies des Zentrallüftungsgeräts sowie an dessen Innenwänden. Temperaturmessungen in Produktnähe und im Kern des Produkts (vor dem Aufschneiden) gaben außerdem Aufschluss über die Kühlwirkung. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1 bis 3 festgehalten. Die wichtigsten Resultate lauten:

- Die Zahl der Keime vor der Trockenreinigung (Bild 5 und 6) erreichte einen Maximalwert von 32 KBE/m<sup>3</sup> (Halle mit Arbeitsraumkühler: 112 KBE/m<sup>3</sup>).
- Durch eine Ionisation der Luft stieg die Filterwirkung des Zentrallüftungsgeräts und es findet ein Entkeimen der Luft statt, so dass nur maximal 4 KBE/m<sup>3</sup> gemessen wurden.

- Nach der Trockenreinigung stellte sich ein Maximalwert von 24 KBE/m<sup>3</sup> ein (Halle mit Arbeitsraumkühler: 112 KBE/m<sup>3</sup>).
- Zehn Werte, bestimmt an 10 cm<sup>2</sup> großen Flächenstücken des Filtervlieses, ergaben im Maximum 35 KBE/cm<sup>2</sup>, die meisten Werte lagen bei etwa 10 KBE/cm<sup>2</sup> (Bild 7).
- Von 14 Proben an Innenwänden des Zentrallüftungsgeräts waren elf negativ, drei ergaben Werte bis 10 KBE/24 cm<sup>2</sup>.
- Die Raumtemperatur in Produktnähe schwankt zwischen etwa 0 und 4 °C und bewegt sich somit innerhalb eines engen Toleranzbands. Die Luftfeuchtigkeit lag im Messzeitraum zwischen 50 und 70%.
- Die Kerntemperatur des Produkts (Kochschinken) vor dem Schneiden lag bei durchschnittlich 1,5 °C, Minimum 1,1 °C und Maximum 2,4 °C. Der Taupunkt läge bei der höchsten gemessenen Luftfeuchtigkeit von 70% bei -1 °C, so dass ein Beschlagen des Produkts vor dem Verpacken ausgeschlossen ist.

Dank der verringerten Keimkonzentration bei Einsatz des CCC-Kühlers kann in der Verpackung auf die tägliche Nassreinigung verzichtet werden, stattdessen wird nun eine Trockenreinigung ausgeführt. Die aufwendigere Nassreinigung wird nur noch im wöchentlichen Rhythmus durchgeführt. Dieser Vorteil wiegt besonders schwer, denn das Nassreinigen erfordert anschließend ein Trocknen und bedingt dadurch mehrere Stunden Stillstand. Der Wegfall der Nassreinigung an sechs Wochentagen führt zu zirka 20% mehr Maschinenlaufzeit; die Amortisationszeiten der Produktionsmaschinen verkürzen sich somit auf vier Fünftel. Bei der wöchentlichen Nassreinigung tragen die Abwärme der Kälteanlage sowie die permanente Fußbodentemperierung, die von der Abwärme der Kälteanlage gespeist wird, zum schnelleren Trocknen bei.

### Einsatzmöglichkeiten und Ausblick

Ermutigt durch das Pilotprojekt wird GEA Lufttechnik weitere Zielgruppen adressieren. Potenzielle Anwender sind besonders Betriebe, in denen Produktionsprozesse im Temperaturbereich von 0 bis 4 °C ablaufen müssen und bei denen ein hohes Maß an Hygiene gefordert ist. Sie könnten, wie die Fleischverarbeitung, von der verringerten Keimzahl und der geringen Luftbewegung profitieren. Neben Betrieben der Le-



*Bild 5 Bei einer relativ niedrigen Keimkonzentration kann die aufwendige Nassreinigung durch eine Trockenreinigung (Bild) ersetzt werden, was Maschinenstillstände deutlich verkürzt*



*Bild 6 Trockenreinigung am Slicer*



*Bild 7 Überprüfen des Filtervlieses: Die durch den CCC-Kühler mögliche Ionisation und niedrige Temperaturen zeigen Wirkung. Sie sorgen für extrem niedrige Keimzahlen in der Fleischverarbeitung*

bensmittelverarbeitung kämen zum Beispiel pharmazeutische Werke als Anwender in Frage. Die Ergebnisse der Luftführung oder der Entkeimung kommen auch anderen Anwendern zugute, die aufgrund höherer Temperaturen zwar nicht das CCC-Prinzip mit seiner besonderen Luftführung verwenden müssen, aber beim Kühlen/Klimatisieren eine geringe Keimkonzentration in der Luft anstreben.

Kommende CCC-Geräte werden gegenüber den im Pilotprojekt verwendeten noch Optimierungen erfahren. So ist mittelfristig die Umstellung auf die neue Zentralgeräte-Generation GEA CAIR angedacht. Im Rahmen der Weiterentwicklung werden zudem Geräte mit Frischluftanteil und Frischluftbetrieb zur Optimierung der Reinigungsphasen entwickelt. Außerdem sind verbesserte Jalousieklappenantriebe angedacht. Die Möglichkeit einer Dachaufstellung kann dazu beitragen, Nachrüstungen einfacher zu gestalten. Und Detailverbesserungen sollen sich auf Elemente wie die Beleuchtung beziehen (die im Pilotprojekt verwendeten Leuchtmittel haben in der kalten Umgebung eine relativ geringe Lebensdauer). ■