

Kartoffellager: EU beschränkt synthetischen Kältemiteleinatz

## Natürliche Kühlsbstanzn können an Bedeutung gewinnen

Die maschinelle Kühlung spielt bei der Lagerung von Agrarerzeugnissen eine immer größere Rolle. Verbraucher wünschen sich makellose Ware, und auch bei der Weiterverarbeitung haben diejenigen Produzenten die besten Karten, die konstant hohe Qualität liefern. Voraussetzung hierfür ist eine optimale, auf die Bedürfnisse der jeweiligen Fruchtart abgestimmte Lagerung. Im Kartoffelbau verwenden Erzeuger zur Kühlung und Belüftung der Lager vielfach Außenluft.

Das Problem hierbei: Temperatur und Luftfeuchtigkeit unterliegen witterungsbedingt starken Schwankungen. Vor allem Lagerperioden mit vergleichsweise warmen Herbst- und Wintermonaten erschweren eine kontrollierte Temperaturabsenkung. Dies erhöht die Keimbereitschaft und Feuchtigkeitsabgabe der eingelagerten Partien und begünstigt die Entstehung von Krankheiten. Die Folge sind Qualitätseinbußen und deutliche Preisabschläge.

Zu warme Lagerperioden und der steigende Qualitätsdruck machen den Einsatz maschineller Kühltechnik in der Kartoffellagerung zu einem immer wichtigeren Thema. Durch maschinelle Kühlung lässt sich ein konstantes, außenluftunabhängiges Klima erzeugen, das optimal an die Lagerbedürfnisse angepasst ist. Erntequalität und Vermarktungsfähigkeit sind somit besser planbar, und eine Investition in entsprechende Technik können sich lohnen.

### EU reduziert klimaschädliche Kältemittel

Wer in der Lagerhaltung bereits heute auf maschinelle Kühlung setzt, für den gibt es seit diesem Jahr einige wesentliche Neuerungen zu beachten: Im Mai 2014 haben sich die EU-Mitgliedsstaaten darauf verständigt, den Einsatz klimaschädlicher Kältemittel auf Fluorkohlenwasserstoffbasis, sogenannter F-Gase, stufenweise zu reduzieren. Seit Januar 2015 ist die erste Phase der neuen EU-F-Gase-Verordnung EG-VO 517-2014 in Kraft. Kühlanlagen auf Basis synthetischer Kältemittel, wie beispielsweise R22, unterliegen ab sofort strikten Auflagen. So dürfen R22-Anlagen etwa nicht neu be-



Lose Lagerung von Kartoffeln mit mechanischer Kühlung.

Foto: hfr

füllt werden. Außerdem sind je nach Art und Menge des verwendeten Kältemittels kürzere Intervalle bei Wartung und Dichtheitsprüfungen vorgeschrieben. Ausschlaggebend hierfür ist der CO<sub>2</sub>-Äquivalenzwert, mit dem das Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, kurz GWP) von Kältemitteln angegeben wird. Verstöße gegen die neuen Auflagen werden als Umweltdelikte mit teils hohen Strafen geahndet. Ein endgültiges Verbot sieht die EU-Verordnung für alle Kühlsbstanzn mit einem hohen CO<sub>2</sub>-Äquivalenzwert, wie zum Beispiel R404 und R507, für das Jahr 2030 vor.

### Wachsende Bedeutung natürlicher Kühlsbstanzn

Erzeuger sind daher gut beraten, bereits heute über Alternativen zur

synthetischen Kühlung nachzudenken. Natürliche Kühlsbstanzn, wie CO<sub>2</sub>, Propan oder Ammoniak, tragen dank geringerer Emissionsraten zu einer umweltverträglicheren Produktionskette bei. Sie verfügen zudem über eine deutlich günstigere Energiebilanz als synthetische Kühlanlagen – gute Argumente im Hinblick auf eine nachhaltige und kosteneffiziente Betriebsführung.

### Leserservice zum Thema Kältetechnik

Die Firma Cofely Refrigeration bietet unter [www.schrittweiserAusstieg.de](http://www.schrittweiserAusstieg.de) weitere Informationen zum Thema landwirtschaftliche Kältetechnik an. Mit einem kostenlosen Onlinetool können Erzeuger dort selbst überprüfen, ob ihre Kühlsysteme den neuen

gesetzlichen Anforderungen entsprechen und welche Bestimmungen im konkreten Fall gelten. Ansprechpartner für den deutschen Markt ist Michael Servos, Tel.: 01 63-7 57 15 17 oder E-Mail: [michael.servos@cofely-gdfrsuez.nl](mailto:michael.servos@cofely-gdfrsuez.nl)

### FAZIT

Warme Lagerperioden und steigender Qualitätsdruck lassen den Einsatz maschineller Kühltechnik in der Kartoffellagerung immer wichtiger werden. Gleichzeitig schreibt die EU-Gesetzgebung ab 2015 den stufenweisen Ausstieg aus der Nutzung synthetischer Kältemittel vor. Eine klimaschonende Alternative bieten natürliche Kühlsbstanzn wie Propan, Ammoniak oder CO<sub>2</sub>. pm

### Abbildung: EU-F-Gase-Verordnung: Stufenweiser Ausstieg aus synthetischen Kältemitteln



Maschinelle Kühlung bei der Kartoffellagerung – Teil 1

## Konstante Lagerbedingungen mindern Qualitätsrisiken

Die Vermarktung hochwertiger Kartoffeln über einen längeren Zeitraum setzt optimale Lagerbedingungen zur Qualitätserhaltung voraus. Dabei ist eine genaue Temperaturführung im Lagerraum von besonderer Bedeutung, die durch den Einsatz einer maschinellen Kühlung und die damit verbundene Unabhängigkeit von der Außenluft deutlich verbessert werden kann. In dieser und der nächsten Ausgabe werden die in der Kartoffellagerung eingesetzten Verfahren der maschinellen Kühlung vorgestellt. In diesem ersten Teil steht die Beschreibung der Bauweisen und Funktionen der Kühlung im Vordergrund, während im zweiten Teil Hinweise insbesondere zur Energieeffizienz, zum praktischen Einsatz und zu den Kosten der maschinellen Kühlung gegeben werden.

In den vergangenen Jahren nahm der Einsatz der maschinellen Kühlung in der Kartoffellagerung deutlich zu. Dieser Trend war besonders beim Speise- und Vermehrungskartoffelanbau zu erkennen, bei denen eine Kaltlagerung der Kartoffeln bei etwa 4 bis 5 °C zur Qualitätserhaltung über mehrere Monate dominiert. Insbesondere in „Problemjahren“ mit warmen Herbst- und Wintermonaten sind die Belüftungsmöglichkeiten mit kalter Außenluft zur Wärmeabfuhr aus dem Lager häufig stark eingeschränkt, sodass eine gezielte Temperaturabsenkung oder das Halten der Lagertemperatur kaum möglich sind. Die damit verbundene Qualitätsminderung über eine erhöhte Keimbereitschaft der Knollen oder die Zunahme von Lagerkrankheiten, wie Silberschorf oder Knollennassfäule, kann die Vermarktungsfähigkeit einer Partie reduzieren und zu deutlichen Preisabschlägen führen. Im schlimmsten Fall können sogar Totalverluste auftreten. Auch die vergangene Lagerperiode 2014/15 war durch für die Kartoffelbelüftung ungünstige, zu warme Temperaturbedingungen, insbesondere im Zeitraum zwischen Oktober und Dezember, gekennzeichnet. Erschwerend kam eine eingeschränkte Lagerfähigkeit verschiedener Kartoffelpartien durch Loschichtigkeit, offene Lentizellen oder einen witterungsbedingt hohen Infektionsdruck mit Nassfäulebakteri-



Solekühlung: „Chiller“ mit Kompressionskälteanlage und Kälteübertragung auf Wasser-Glykol-Kreislauf. Fotos: Burkhard Wulf

en hinzu, dem über eine gezielte Temperaturführung und -absenkung im Lager häufig nicht begegnet werden konnte. Die dadurch bedingten Totalverluste einiger eingelagerter Partien erneuerten die Diskussion über die Einsatzmöglichkeiten der maschinellen Kühlung in der Kartoffellagerung.

### Warum maschinelle Kühlung?

Der Einsatz der maschinellen Kühlung ermöglicht eine von der Außenluft unabhängige Wärmeabfuhr und damit eine planbare Temperaturführung im Lager. Zudem wird mit der Kühlung eine möglichst geringe Entfeuchtung der Raumluft angestrebt, um die Gewichtsverluste

der Kartoffeln durch die Wasserabgabe über die Schale zu begrenzen. In den meisten Fällen wird eine unterstützende Kühlung installiert, die einen Außenluftbetrieb mit einer technischen Kälteeinrichtung kombiniert. Dabei „unterstützt“ die Kälteanlage den Außenluftbetrieb nur dann, wenn keine günstige, das heißt kältere Außenluft zur Verfügung steht. Hinter dieser Konzeption steht die Begrenzung des sehr energie- und damit kostenintensiven Betriebes einer maschinellen Kühlung. Daneben werden Kartoffellager auch ausschließlich mit einer maschinellen Kälteanlage betrieben, bei denen ein Außenluftbetrieb ohne Mischluftregelung nur der Erfrischungsbelüftung zur CO<sub>2</sub>-Abfuhr aus dem Lagerraum dient.



Verdampfer zur Wärmeaufnahme aus dem Lagerraum.

### Verschiedene Bauweisen im Überblick

In der Kartoffellagerung kommen überwiegend Kompressions- und Solekälteanlagen, die auch als direkte beziehungsweise indirekte Kühlung bezeichnet werden, zur Anwendung. Beide Bauweisen bestehen grundsätzlich aus einem Kompressionskältekreislauf zur Kälteerzeugung, der sich unter anderem aus einem Verdichter (Kompressor), einem Verdampfer innerhalb und einem Verflüssiger außerhalb des Lagerraums zusammensetzt (siehe Abbildung).

Die Funktion der Kälteanlage basiert auf den Zustandsänderungen des in einem geschlossenen Kreislauf zirkulierenden Kältemittels und der damit verbundenen Wärmeaufnahme beziehungsweise -abgabe. Im Kältekreislauf wird kontinuierlich ein Druckgefälle zwischen der Saug- und der Druckseite des Verdichters gehalten. Das Expansionsventil auf der Druckseite vor dem Verdampfer reduziert den Druck, das heißt das Kältemittel wird „entspannt“, womit eine Temperaturabsenkung verbunden ist. Dabei liegt die Verdampfungstemperatur unterhalb der Temperatur im Lagerraum und kann dadurch die abzuführende Wärme aus den Kartoffeln aufnehmen. Anschließend wird der saugseitige Kältemitteldampf im Kompressor verdichtet. Dies führt zu einem Anstieg des Druckes und damit auch der Temperatur des Kältemittels, die dann über der Außentemperatur liegt. Daher kann das Kältemittel über den Verflüssiger Wärme abgeben, kondensieren und im Kreislauf wieder zum Expansionsventil gelangen.

#### ● Solekühlung

Bei der Solekühlung (Kaltwassersatz) wird die durch eine kompakte Kompressionskälteanlage („Chiller“) erzeugte Kälte über einen Wärmetauscher an ein Wasser-Glykol-Gemisch abgegeben. Dieses Gemisch wird dann über groß dimensionierte Rohrleitungen in den Lagerraum gepumpt und nimmt dort die Wärme über spezielle Luftkühler auf. Aufgrund des energieaufwendigen Pumpbetriebes des Wasser-Glykol-Gemischs sowie der Kälteverluste an der Schnittstelle zwischen den beiden Kältekreisläufen ist eine Energieeinsparung gegenüber Kompressionskälteanlagen nicht zu erwarten. Jedoch stehen den höhe-

ren Anschaffungskosten der Solekühlung von etwa 20 bis 30 % die geringeren Kältemittelmengen sowie die variable Einstellung einer fruchtartspezifischen, möglichst geringen Temperaturdifferenz am Luftkühler gegenüber.

**Absorptionskälteanlagen**

Absorptionskälteanlagen, die die Abwärme zum Beispiel von Blockheizkraftwerken zur Kälteerzeugung nutzen, können in der Kartoffellagerung aufgrund der hohen Investitionskosten und der nicht ganzjährig verwendeten Kältemenge zurzeit nicht wirtschaftlich eingesetzt werden.

**Kompaktkühler**

Kompressions- und Solekälteanlagen werden sowohl in sogenannten Kompaktkühlern, die alle baulichen Komponenten in einem Gerät vereinen, als auch in aufgelöster Bauweise mit einem oder mehreren Verdampfern in den Lagerorten angeboten. Letztere Bauart ist mit einem Aufstellen des Kompressors außerhalb des Lagers verbunden, sodass der Kältemitteltransport zu den Verdampfern über ein längeres Rohrleitungssystem erfolgen muss. Die Vorteile der Kompaktkühler, die für den unabhängigen Einzelbetrieb komplett montiert in verschiedenen Leistungsklassen zur Verfügung stehen, liegen vor allem in der kostengünstigeren Bauweise, verbunden mit einer vergleichsweise geringeren Kältemittelmenge. Die auch als „Kühltürme“ bezeichneten Kompaktkühler können zudem mit einer Belüftungseinrichtung für den Außen-, Misch- und Umluftbetrieb, zum Beispiel für die Kistenraumbelüftung mit unterstützender Kühlung, ausgestattet werden. Durch die Kombi-



Kompaktkühler mit Außenluftbetrieb bei der Kistenraumbelüftung.

nation von Kühlung und Belüftung in einem Gerät sollte jedoch die für die Raumbelüftung erforderliche Luftleistung von mindestens 100 m<sup>3</sup>/t\*<sup>h</sup> nicht eingeschränkt werden. Neben der üblichen Bauweise der Kompaktkühler als Standgeräte werden neuerdings auch technische Lösungen mit einer Aufhängung an der Außenwand angeboten. Dadurch lässt sich diese Geräteform zum Beispiel auch in Loselagern an der Giebelwand oberhalb des Kartoffelstapels installieren.

**„Aufgelöste“ Bauweise**

Bei der aufgelösten Bauweise können die einzelnen Bauteile der

Kälteanlage individuell zusammengestellt und damit besser auf die zu kühlende Lagermenge abgestimmt werden. Darüber hinaus ist hier durch einen zentralen Kompressor auch die Kühlung mehrerer Lagerorte möglich.

Da nicht alle Lagerorte zeitgleich die erforderliche Kälteleistung abrufen, kann die Gesamtkälteleistung bei einem Verbundsystem, zum Beispiel gegenüber mehreren unabhängig voneinander betriebenen Kompaktkühlern, häufig reduziert werden. In den Lagerorten werden die Verdampfer beziehungsweise bei der Solekühlung die Luftkühler in den meisten Fällen an der Raumdecke positioniert. Der Einbau der Verdampfer oder Luftkühler kann hier unter Beachtung der baulichen Voraussetzungen auch in Belüftungstürmen für die Kistenraumbelüftung erfolgen. Die aufgelöste Bauweise erfordert häufig einen höheren Montageaufwand vor Ort, was in der Regel zu einer Verteuerung einer Kälteanlage beiträgt. Die Herstellerfirmen begegnen diesem Umstand mit dem Angebot werksseitig vormontierter Teilkomponenten, die betriebsfertig beispielsweise in einem Container mit Steuerung, Kompressor und Verflüssiger angeordnet sind. Nach dem Aufstellen dieser transportablen Ausführung muss nur noch eine Verbindung zu den Verdampfern oder Luftkühlern im Lagerraum oder zu den Kühltürmen hergestellt werden.

**Natürliche und synthetische Kältemittel**

Das Kältemittel hat die Funktion, beim Verdampfen im Lagerraum Wärme aufzunehmen und diese anschließend beim Kondensieren wieder an die Außenluft abzugeben. Die Kältemittel werden in synthetische und natürliche Kältemittel unterteilt.

In der Kartoffellagerung kommen zurzeit noch überwiegend synthetische, ozonunschädliche Kältemittel, wie Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) oder teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), zur Anwendung, die als Reinstoff oder aus einem Gemisch mit mehreren Komponenten bestehen.

Gegenüber natürlichen Kältemitteln besitzen die synthetischen Kältemittel negative Auswirkungen auf den Treibhauseffekt, dessen Umfang in dem GWP-Wert (Global Warming Potential) zum Ausdruck kommt. Dieser GWP fließt in die zurzeit geltende F-Gase-Verordnung EG-VO 517-2014 über teilfluorierte Treibhausgase ein, in der seit dem 1. Januar 2015 die jeweils zulässigen Kältemittelfüllmengen nach ihrem Treibhauseffekt bewertet werden. Danach richten sich auch die vorgeschriebenen Dichtigkeitskontrollen. Durch diese Neuregelung wird eine stufenweise Reduzierung der in Verkehr gebrachten teilfluorierten Kohlenwasserstoffe angestrebt.

**FAZIT**

Natürliche Kältemittel, wie Ammoniak, Kohlendioxid oder Propan, werden aufgrund ihrer geringeren Klimaschädlichkeit voraussichtlich zukünftig an Bedeutung gewinnen. Deren Verwendung erfordert jedoch eine mehr oder weniger aufwendige technische Anpassung der Kälteanlage, da zum Beispiel beim Einsatz von Kohlendioxid ein sehr viel höherer Betriebsdruck erforderlich ist. Auch der Wechsel synthetischer Kältemittel in bestehenden Anlagen muss im Vorfeld technisch geprüft werden. Mehr zum Thema maschinelle Kühlung in der kommenden Ausgabe.

Burkhard Wulf  
Landwirtschaftskammer  
Niedersachsen  
Tel.: 0 51 92-22 82  
burkhard.wulf@  
lwk-niedersachsen.de

Abbildung: Schematischer Aufbau einer Kompressionskälteanlage (verändert nach Weleccka, 1972)

