

Getreidepflege durch Kühlkonservierung mit dem GRANIFRIGOR™

von Ralph E. Kolb

www.frigortec.de



1 GRANIFRIGOR™ zur Kühlung von Getreide-Stahlsilos

Getreidepflege durch Kühlkonservierung mit GRANIFRIGOR™

Getreide ist eines unserer wichtigsten Grundnahrungsmittel. Es wird mit großer Sorgfalt angebaut und geerntet. Laut der Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO) verderben jährlich über 20 % des weltweit geernteten Getreides. Der größte Teil dieses Verlustes erfolgt durch Insekten-tätigkeit und Pilzwachstum. Mit dem GRANIFRIGOR™-Kühlkonservierungsverfahren werden diese Verluste wirksam unterbunden. Weltweit werden mit dieser Technologie viele Millionen Tonnen Getreide, Ölsaaten, Reis, Mais und andere Körnerfrüchte konserviert (Abb. 1).



Warum Kühlkonservierung

Die Eigenatmung und die damit verbundene Selbsterwärmung ist die Ursache für Verluste von erntefrischem Getreide. Dieser Vorgang ist abhängig von der Getreidefeuchte und -temperatur. Mit steigender Getreidetemperatur und -feuchte wird die Atmung intensiver. Die Folge der Selbsterwärmung sind Substanzverluste und die Entwicklung von Insekten und Schimmelpilzen. In gemäßigten Klimazonen ist bekannt, dass während der kühleren Jahreszeit deutlich weniger Lagerverluste auftreten als während der Sommermonate. Mit der Kühlkonservierung werden die winterlichen Klimaverhältnisse in die Nacherntezeit vorverlegt und somit unmittelbar nach der Ernte nutzbar. In tropischen Gebieten ist das Risiko eines Verderbs durch die heißen und feuchten Klimaverhältnisse besonders hoch. Daher ist die Kühlkonservierung dort von besonderer Bedeutung.

Getreidekörner bieten aufgrund der Struktur und Oberflächenbeschaffenheit

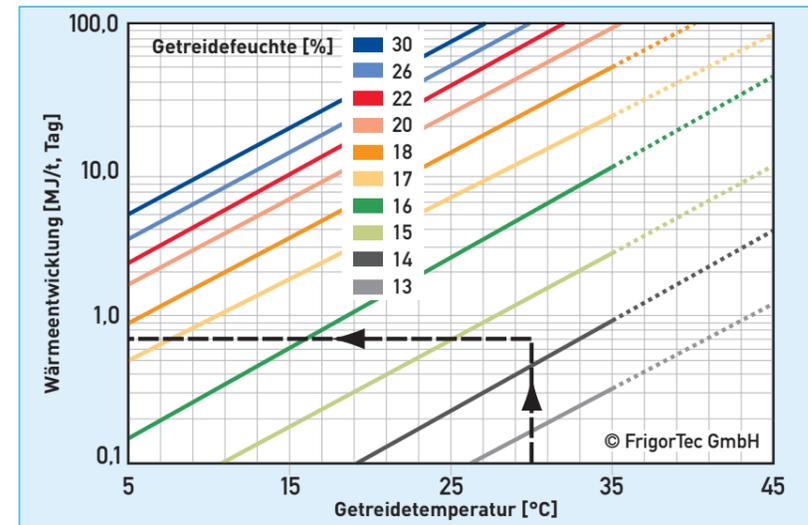
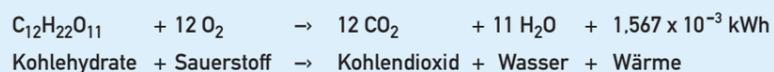
sowie der geringen Wärmeleitfähigkeit ideale Voraussetzungen für die Kühlung. Einmal gekühltes Getreide bleibt lange kalt. Die Kühlkonservierung mit dem GRANIFRIGOR™-Verfahren hat viele Vorteile (Lit. 1). Im Folgenden wird der Nutzen für den Anwender näher beschrieben.

Reduzierung der Trockensubstanzverluste

Der Entwicklungsprozess von Getreide erreicht mit der Erntereife seinen Höhepunkt. Doch Getreide lebt auch nach der Ernte weiter, es atmet. Bei der Eigenatmung werden Kohlehydrate unter Aufnahme von Sauerstoff in Kohlendioxid, Wasser und Wärme umgesetzt. Die Folge sind Trockensubstanzverluste. Die Summenformel des chemischen Prozesses ist unten dargestellt.

In Abbildung 2 ist die Wärmeentwicklung in Abhängigkeit von der Getreidetemperatur und der Getreidefeuchtigkeit dargestellt. In der Praxis lassen sich hiermit die Trockensubstanzverluste von eingelagertem Erntegut bestimmen.

Die Kornatmung – Summenformel des chemischen Prozesses:



2 Wärmeentwicklung bei der Getreidelagerung modifiziert nach Jouin (Lit. 2)

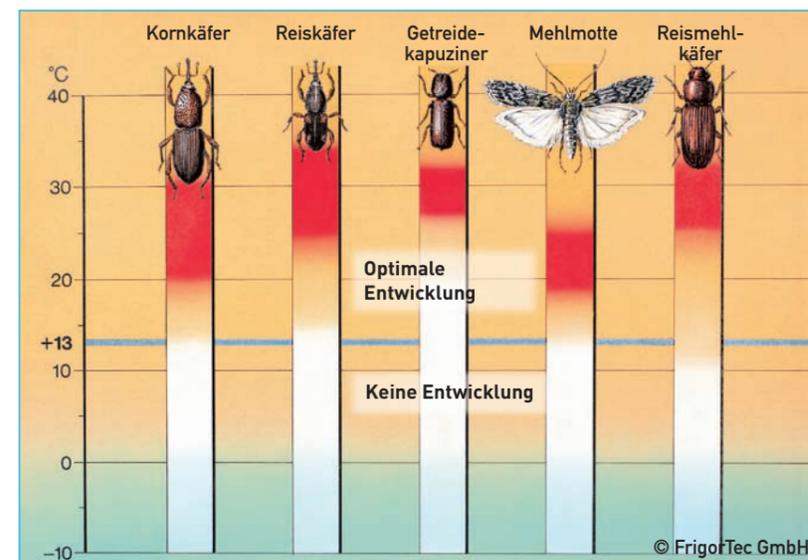
Beispielrechnung Atmungsverluste – Verlust an Trockensubstanz

Gegeben	
Getreidesorte	Weizen
Getreidefeuchte	14,5 %
Getreidetemperatur	30 °C *
Getreidepreis	200 EUR/t
Lagerzeitraum	4 Monate
Lagermenge	10.000 t

Formel	
Trockensubstanzverlust (t) =	$\frac{\text{Wärmeentwicklung [MJ/t, Tag]} \times \text{Lagerdauer [Tag]} \times \text{Lagermenge [t]}}{15.000 \text{ [MJ/t]}}$

Ergebnis		
	Trockensubstanzverlust [t]	Verlust/Kosten [EUR]
ungekühlt bei 30 °C **	64	12.800
ungekühlt bei 25 °C	32	6.400
gekühlt bei 10 °C	gering (≤ 1)	1.800 Stromverbrauch***

* Nach dem Trocknen oder im Sommer direkt vom Feld
 ** siehe Abb. 2
 *** Annahmen: 4,5 kWh/t Stromverbrauch und 0,04 EUR/kWh Stromkosten



3 Entwicklung relevanter Insektenarten in Abhängigkeit von der Temperatur

Gewichts- und Qualitätsverluste durch Insekten vermeiden

Ursprünglich wurde die Kühlkonservierung zur Konservierung von feuchtem Getreide vor der Trocknung entwickelt. Heutzutage wird jedoch mehr trockenes als feuchtes Getreide gekühlt – hauptsächlich zum Schutz vor Insektenfraß und -vermehrung. In Abbildung 3 sind einige Spezies der häufigsten Schadinsekten sowie ihre optimalen Lebens- und Entwicklungsbedingungen aufgeführt. Einige Schädlinge treten bevorzugt in gemäßigten Klimazonen auf, andere finden ideale Bedingungen in tropischen Gebieten vor.

Die Verluste durch Insektenfraß lassen sich durch Kühlung des Erntegutes auf Temperaturen unter 13 °C wirksam unterbinden. Bei entsprechend niedrigen Temperaturen fallen Insekten in eine Winterstarre und richten keinen Schaden am Lagergut an.

Finden Insekten jedoch optimale Bedingungen in Bezug auf Temperatur und Feuchte vor, entstehen hohe Verluste durch Fraß und Exkremete. Das Problem verschärft sich zunehmend, da sich Insekten bei optimalen Bedingungen dramatisch vermehren (Abb. 4). Die meisten Käferarten haben eine äußerst kurze Entwicklungszeit. Bereits nach 25 Tagen ist beim Kornkäfer unter idealen Bedingungen der Generationszyklus abgeschlossen.

Kühlung ohne chemische Schutzmaßnahmen

Bereits heute unterliegen chemische Behandlungen von Getreide erheblichen behördlichen Auflagen. Eine Begasung verursacht hohe Kosten durch die chemischen Substanzen und durch das aufwändige Verfahren. Weiter ist zu beachten, dass in vielen Ländern das zur Begasung häufig eingesetzte Methylbromid ab dem Jahre 2005 verboten ist.

Vermeidung von Schimmelpilzen

Je nach Witterungsverhältnissen und Fruchtfolge kann ein Befall von Fusarien-Pilzen auf dem Getreidefeld regional unterschiedlich stark auftreten (Lit. 4). Neben deutlichen finanziellen Einbußen besteht die Gefahr von Mykotoxinbildungen. Mykotoxine wirken auf Menschen und Tiere toxisch. Beispielsweise reagieren Schweine empfindlich auf Deoxyvalenol DON und Zearalenon ZEA. Die Folgen sind verringerte Fresslust, reduziertes Wachstum oder Fruchtbarkeitsstörungen.

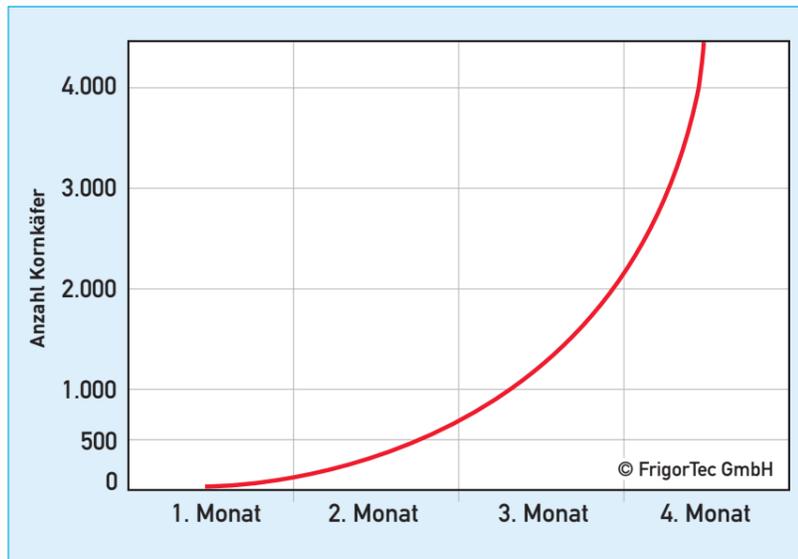
Die Entwicklung von Schimmelpilzen und deren Mykotoxinen, z. B. das Aflatoxin, wird unter anderem durch Wärme gefördert. Durch Kühlung des Getreides mit Hilfe des GRANIFRIGOR™s wird diese Entwicklung verhindert (Abb. 5).

Einsparung von Trocknungskosten

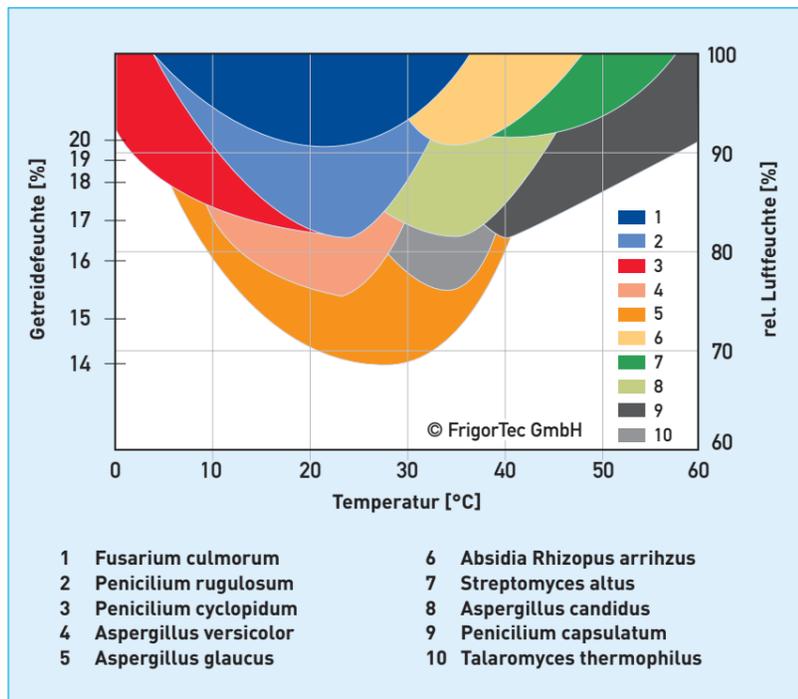
Feucht geernteter Weizen wird je nach Verwendung auf 14–16 % Feuchtegehalt, in Deutschland meist auf 15 %, getrocknet (Lit. 6). Dazu wird in einer speziellen Trocknungsanlage Umgebungsluft erwärmt. Diese Warmluft nimmt Feuchte aus dem Getreide auf und führt sie ins Freie ab. Der gewünschte Feuchtegehalt von Mais, Reis oder Ölsaaten liegt niedriger als bei Weizen.

Einsparungen mit der Kühlkonservierung ergeben sich durch folgende drei Gegebenheiten:

- Aus jedem Kühldurchgang resultiert ein zusätzlicher Trocknungseffekt. Dieser reduziert die Getreidefeuchte um weitere 0,5–1,5 % für jeweils



4 Vermehrung der Kornkäfer in Abhängigkeit von der Zeit bei optimalen Bedingungen (Lit. 3)



5 Entwicklung verschiedener Organismen in Abhängigkeit von Feuchte und Temperatur (Lit. 5)

20 K Abkühlung des Lagergutes. Bei höheren Getreidefeuchten (> 18 % Feuchte) kann der zusätzliche Trocknungseffekt höher sein, bei trockenem Getreide (< 14 % Feuchte) ist der Trocknungseffekt dagegen vernachlässigbar gering.

- Die Verweilzeit im Trockner kann durch geeignete Optimierung von Trocknung und Kühlung verkürzt werden. Dadurch wird Energie einge-

spart und die Trocknungsleistung erhöht.

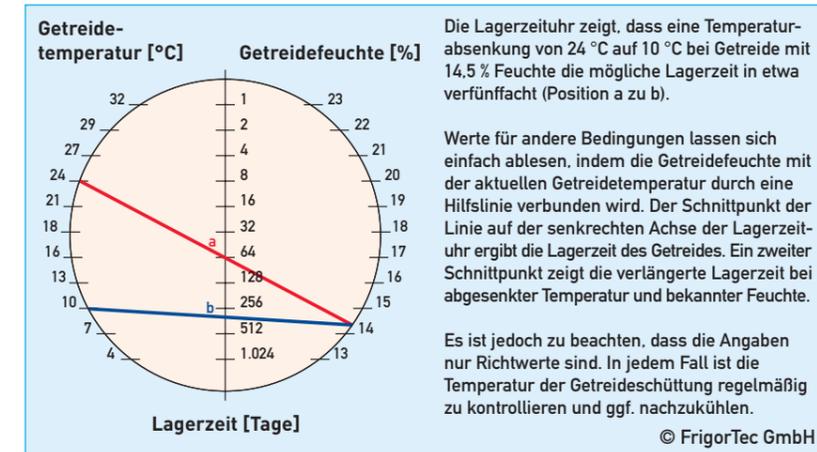
- Da weniger Energie das Getreide belastet, wird schonender getrocknet. Dadurch entstehen weniger Spannungsrisse.

Tab. 1: Lagerzeiten von gekühltem Getreide in Abhängigkeit von Klimazone und Feuchtegehalt

Feuchte [%]	Klimazone	gemäßigte* [Monate]	Tropen** [Monate]
12 – 15		8 – 12	6 – 8
15 – 17		6 – 10	3 – 5
17 – 19		4 – 6	1 – 2
19 – 21		1 – 4	0,5 – 1

* Erstkühlung auf 10 °C, für Europa

** Erstkühlung auf 15 °C, z.B. für Lateinamerika oder Asien



Die Lagerzeituhr zeigt, dass eine Temperaturabsenkung von 24 °C auf 10 °C bei Getreide mit 14,5 % Feuchte die mögliche Lagerzeit in etwa verfünffacht (Position a zu b).

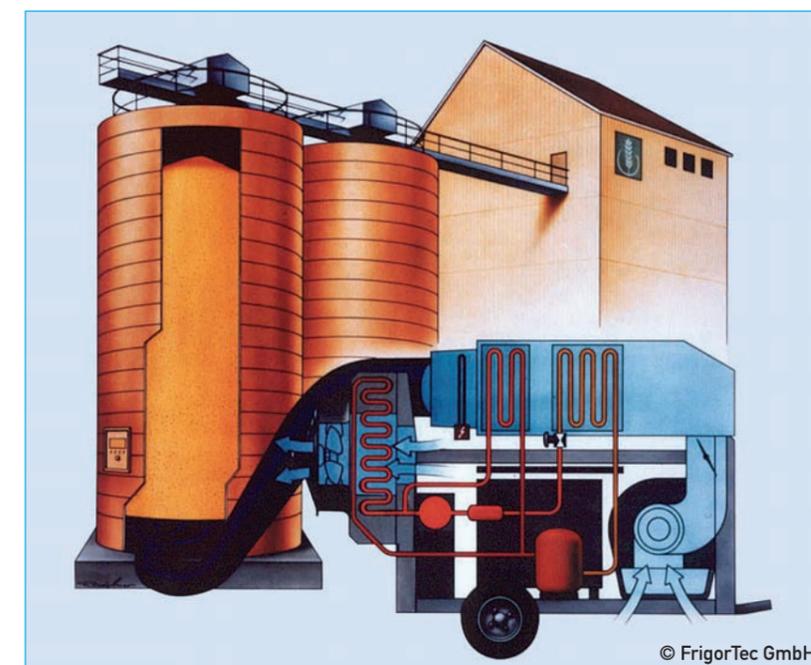
Werte für andere Bedingungen lassen sich einfach ablesen, indem die Getreidefeuchte mit der aktuellen Getreidetemperatur durch eine Hilfslinie verbunden wird. Der Schnittpunkt der Linie auf der senkrechten Achse der Lagerzeituhr ergibt die Lagerzeit des Getreides. Ein zweiter Schnittpunkt zeigt die verlängerte Lagerzeit bei abgesenkter Temperatur und bekannter Feuchte.

Es ist jedoch zu beachten, dass die Angaben nur Richtwerte sind. In jedem Fall ist die Temperatur der Getreideschüttung regelmäßig zu kontrollieren und ggf. nachzukühlen.

6 Lagerzeituhr für Getreide

Tab. 2: Energieaufwand bei einmaliger Kühlung von Getreide und Ölsaaten

Durchschnittstemp. [°C]	10	15
Region	Europa	Lateinamerika/Asien
Klimazone	gemäßigte Zone	Tropen
Strombedarf in kWh/t	3–6	8–12



7 Verfahrensprinzip des GRANIFRIGOR™-Körnerkühlgerätes

Keine Umlagerungsverluste

Bei herkömmlicher Lagerung ohne Kühlung sind oftmals Umlagerungen des Getreides erforderlich. Durch das Mischen und den damit verbundenen intensiven Luftkontakt sollen Wärmester eliminiert werden. Hierfür ist immer ein freier Lagerplatz (Silozelle) erforderlich, zudem ergeben sich bei jeder Umlagerung Abriebverluste von etwa 0,03 % der Gesamtmenge. Hinzu kommt der Energiebedarf für die Fördereinrichtungen, der mit ca. 1 bis 3 kWh je Tonne Getreide angesetzt werden kann. Mit GRANIFRIGOR™ gekühltes Getreide muss nicht umgelagert werden.

Gekühltes Getreide bleibt lange kalt

Eine ruhende Getreideschüttung nimmt Energie nur sehr langsam auf. Dies resultiert aus der isolierenden Wirkung der Luft in den Hohlräumen zwischen den Körnern und der geringen Kornkontaktfläche. Deshalb bleibt warmes Getreide auch bei kalten Außentemperaturen lange warm. Gekühltes Getreide bleibt durch diesen Effekt dagegen lange kalt. In Tabelle 1 sind Lagerzeiten für gekühltes Getreide in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt aufgeführt. Die Ermittlung von Lagerzeiten zeigt Abbildung 6.

Energieaufwand bei Kühlkonservierung

Die zahlreichen Vorteile der Kühlkonservierung erfordern aber auch Aufwendungen. Neben der Investition in das Kühlgerät wird zusätzlich elektrischer Strom als Antriebsenergie benötigt. Der Energieverbrauch ist von der Außentemperatur, der Feuchte der Umgebungsluft, der Getreidefeuchte und der Getreidetemperatur abhängig.

Tabelle 2 zeigt Erfahrungswerte für den Energiebedarf bei einmaliger Kühlung von Getreide und Ölsaaten.

Das Verfahren

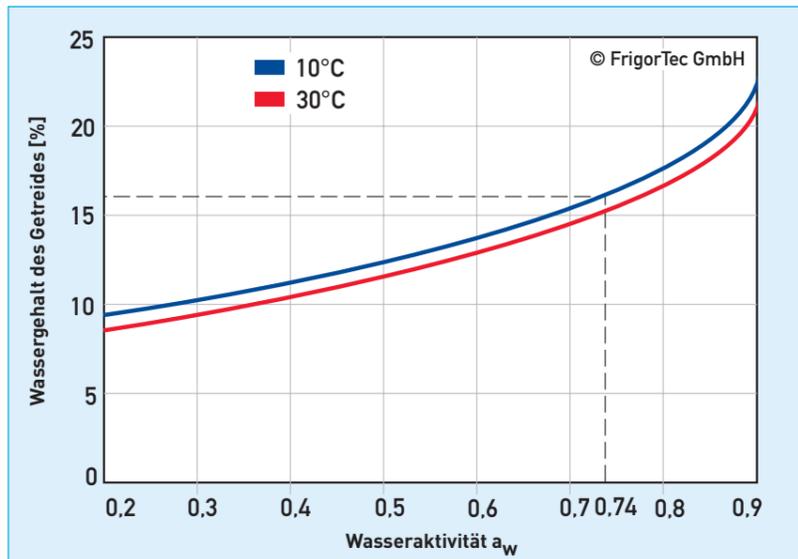
Das Gebläse des Körnerkühlers GRANIFRIGOR™ saugt Umgebungsluft an (Abb. 7). Diese Luft wird in einem Luftkühler, dem Verdampfer, auf die gewünschte Temperatur abgekühlt und entfeuchtet. Dabei wird Wasser ausgeschieden. Die nachgeschaltete HYGROTHERM™-Einheit erwärmt die kalte, feuchte Luft. Dadurch wird die relative Feuchte gesenkt. Da die HYGROTHERM™-Einheit zur Erwärmung Energie aus dem Kältekreislauf verwendet, fallen dafür keine zusätzlichen Energiekosten an. Die trockene und kalte Luft wird über einen Schlauch der Luftverteilung des Lagers zugeführt und durch das Getreide gepresst. Das Verfahren kann in einem Flachlager oder in einer Hochsiloanlage angewendet werden. Über Öffnungen entweicht die Abluft ins Freie und führt die aufgenommene Wärme und Feuchte aus dem Getreide ab.

Gefahren bei der Belüftung mit unkonditionierter Außenluft

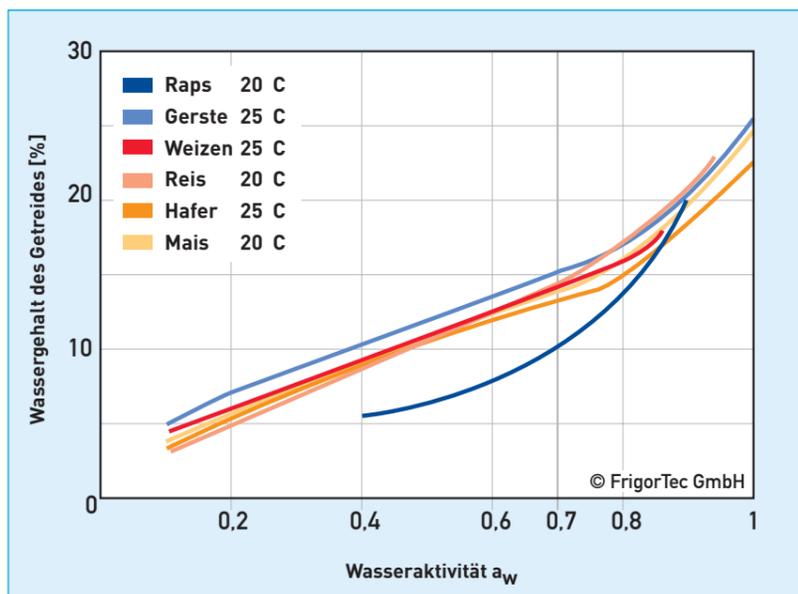
Zwischen dem Wassergehalt des Kornes und der relativen Feuchte der umgebenden Luft stellt sich in Abhängigkeit von der Temperatur ein Gleichgewichtszustand ein. Diese Abhängigkeit wird mit der Sorptionsisotherme beschrieben. Getreidekörner sind hygroskopisch. Wird feuchte Luft auf trockenes Getreide gebracht, entstehen Aufweichungen. Das Getreide verdirbt. Daher ist die Belüftung mit unbehandelter Umgebungsluft nur bei bestimmten Witterungsverhältnissen zulässig. Das GRANIFRIGOR™-Verfahren arbeitet unabhängig von Witterungsverhältnissen. Selbst bei Regen oder Nebel ist das Gerät ohne Gefahr einer Aufweichung einsetzbar.

Feuchtgleichgewicht von Getreide und Luft

In Abbildung 8 sind die Sorptionsisothermen von Weizen bei unterschiedlichen Korntemperaturen dargestellt. Das eingetragene Beispiel zeigt, dass bei 16 % Produktfeuchtigkeit die Wasseraktivität zwischen den Körnern etwa a_w 0,74 beträgt. Würde in dieser



8 Sorptionsisothermen von Weizen bei unterschiedlichen Korntemperaturen



9 Sorptionsisothermen verschiedener Getreidearten und Raps

Situation Luft mit einer höheren Feuchtigkeit einströmen, entstünden Aufweichungen. Dies würde zwangsläufig zum Verderb des Lagergutes führen. Besonders dramatisch wäre die Aufweichung, wenn zusätzlich die Lufttemperatur höher wäre als die Getreide-temperatur.

Deshalb:

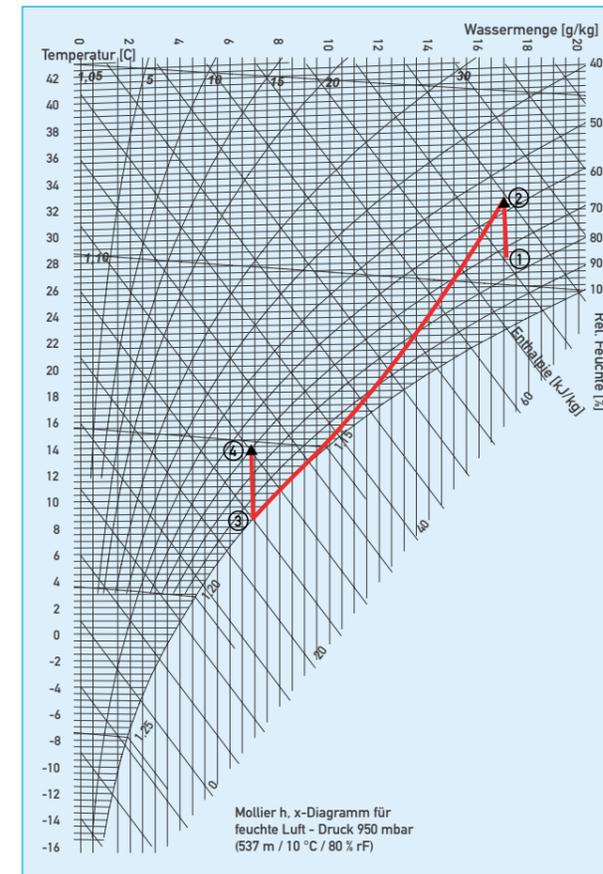
Niemals feuchte Luft auf trockenes Getreide bringen!

Niemals warme Luft auf kühleres Getreide bringen!

Das Verhalten gilt für alle Getreidearten in gleicher Weise. Abbildung 9 zeigt die Sorptionsisothermen mehrerer Getreidearten.

Abkühlung und Entfeuchtung der Luft mit GRANIFRIGOR™

Der Abkühlvorgang der Luft ist schematisch im Mollier h, x-Diagramm abgebildet (Abb. 10). Das Gebläse des Körnerkühlers GRANIFRIGOR™ saugt Umgebungsluft (Abb. 10, Punkt 1) an. Der Ventilator erwärmt die angesaugte Luft (Abb. 10, Punkt 2). Diese Luft wird in einem Luftkühler, dem Verdampfer, auf die



10 Prinzip der Körnerkühlung anhand des Mollier h, x-Diagramms (Lit. 7)

Tab. 3: Kriterien zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Kühlkonservierung

Kriterium bei Kühlung	herkömmlich	Vorteile durch GRANIFRIGOR™
Trockensubstanzverlust (nach Jouin)	hoch	niedrig
Investition Kühlgerät	–	Abschreibung
Energieaufwand für Kühlung (Mittelwerte)	–	3 – 5 kWh/t (8 – 10 kWh/t in Tropen)
Energieverbrauch beim Trocknen	hoch	nieder, durch Ausnutzung Trocknungseffekt
Verlust durch Umlagerung/Umlaufen	0.03 %	kein Verlust
Energieverbrauch beim Umlaufen	ja	nein
Chemische Behandlung	bei Bedarf	nein
Spannungsrisse im Korn	Qualitätsabschlag	nein
Qualität/Erntefrische	Preisabschlag	kein Abschlag
Oxidation bei ölhaltigen Früchten (Sojabohnen, Sesam, Mais, Raps)	Preisabschlag	kein Abschlag
Keimfähigkeit bei Saatgut/Braugerste	reduziert	hoch
Reis-Ausbeute (ganze Reiskörner)	nieder	hoch
Gelbfärbung bei Reis	Qualitätsabschlag	nein

gewünschte Temperatur abgekühlt (Abb. 10, Punkt 3) und dabei entfeuchtet. Wasser wird ausgeschieden. Obwohl der absolute Wassergehalt fällt, steigt die relative Luftfeuchte auf nahezu 100 %. Zur Getreidekühlung wärmt die nachgeschaltete HYGROTHERM™-Einheit die kalte, feuchte Luft erneut an

(Abb. 10, Punkt 4), um die relative Feuchte so zu senken, dass im Lagergut keine Aufweichung entsteht. Dieses erneute Aufheizen geschieht unter Nutzung von Energie aus dem Kühlprozess, es fallen also keine weiteren Energiekosten an.

Optimale Lagertemperatur

Die Abkühlung des Getreides sollte unmittelbar nach der Einlagerung auf unter 13 °C erfolgen. Die Insekten fallen aufgrund der kühlen Verhältnisse in eine Winterstarre. Ihre Entwicklung und Vermehrung unterbleibt. Schäden durch Fraß werden vermieden. Gleichmaßen wird die Entwicklung von Schimmelpilzen durch die Absenkung der Lagertemperatur wirksam unterbunden.

Höchste Wirtschaftlichkeit

Bei Einsatz der GRANIFRIGOR™-Getreidekühlung werden Trockensubstanzverluste minimiert und eine Qualitätsminderung durch Insektenfraß und die Entwicklung von Schimmelpilzen unterbunden. Die Qualität des Getreides bleibt erhalten. Der Energiebedarf der Trocknung wird mit dem GRANIFRIGOR™ reduziert, die Belegzeiten des Trockners verkürzt. Außerdem fallen keine Kosten für chemische Vorratsschutzmaßnahmen an. Wird eine exakte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt, ergibt sich in den allermeisten Fällen eine Amortisationszeit von 1 bis 2 Jahren. Die Investition in einen GRANIFRIGOR™ ist daher wirtschaftlich. Die relevanten Kriterien für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Einsatzbereich

Die Kühlkonservierung ist in einem Hochsilo und in einem Flachlager gleichermaßen einsetzbar. Wichtig dabei ist, dass die Luftverteilung fachmännisch ausgeführt wird. Es ist möglich, sämtliche landwirtschaftlichen Schüttgüter mit einem GRANIFRIGOR™ zu kühlen. Das sind z. B. Weizen, Braugerste, Raps, Mais, Reis, Paddy, Sojabohnen, Sonnenblumenkerne, Erdnusskerne, Baumwollsaamen, Pellets, Sorghum, Sesam, Leinsamen, Hülsenfrüchte, Kartoffeln, Grassamen, Kakaobohnen, Kaffeebohnen, Nüsse, Roggen, Dinkel und viele andere mehr.

Anwendung der Kühlkonservierung

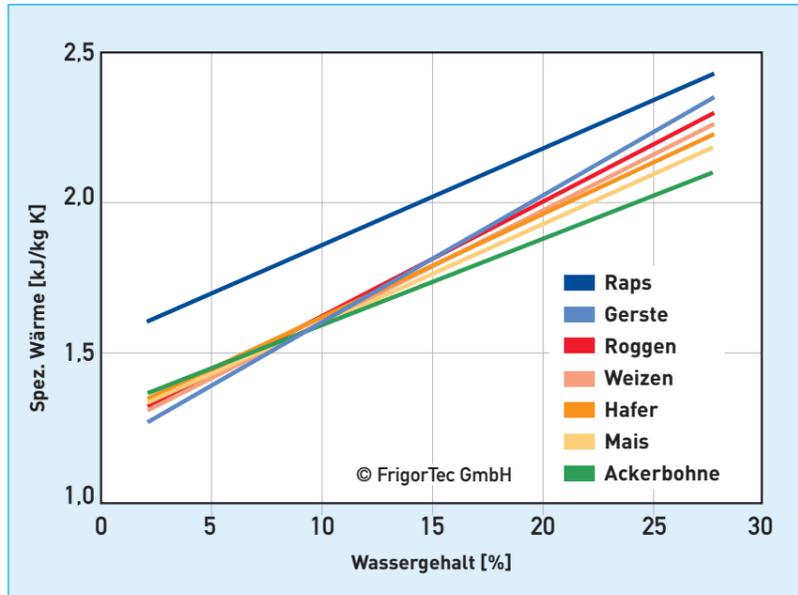
Angesichts der Fülle von verschiedenen Agrarprodukten werden die wichtigsten Anwendungen kurz beschrieben.

Reis/ungeschälter Reis (Paddy)

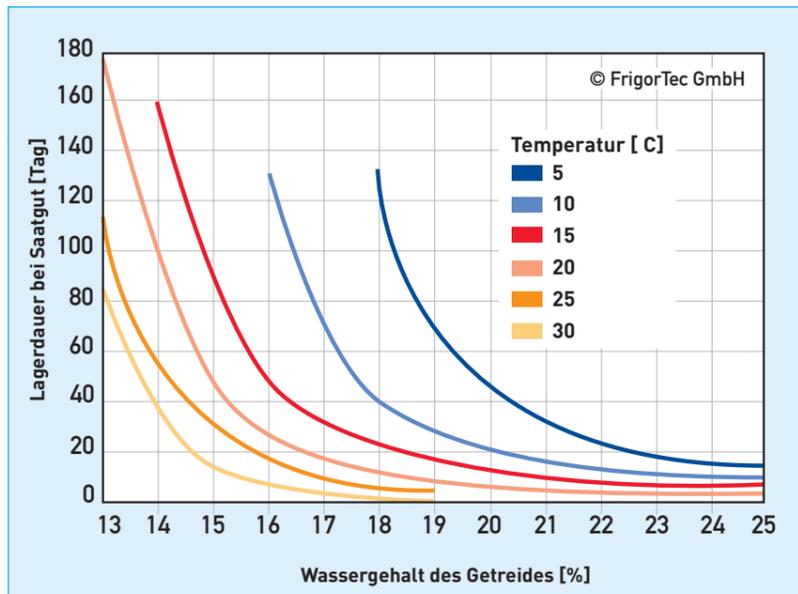
Reis ist für viele Millionen Menschen das wichtigste Nahrungsmittel. Weltweit sind 8.000 biologisch unterschiedliche Reissorten (Lit. 8) bekannt. Diese werden in long, medium und short unterteilt. Allen gemeinsam ist, dass sie ein empfindliches Produkt sind. Reis sollte besonders schonend – bevorzugt in mehreren Stufen – getrocknet werden. Werden die Trocknungszyklen mit der Kühlung kombiniert, können ein, oftmals sogar bis zu drei Trocknungsdurchgänge eingespart werden (Lit. 9). Neben den bekannten und beschriebenen Vorteilen bringt die Kühlkonservierung bei Reis/Paddy zusätzliche Vorteile. Bei mehreren Studien in Zentralamerika und in Asien wurde eindeutig festgestellt, dass die Gelbfärbung bei gekühltem Reis kaum mehr auftritt (Lit. 10). Weiter entsteht bei gekühltem Reis/Paddy weniger Bruch. Mit der Kühlkonservierung ist die Ausbeute an ganzen Reiskörnern (head rice) um etwa 3 % höher als ohne Kühlkonservierung. Reis riecht nach einiger Zeit bei herkömmlicher Lagerung muffig. Bei kühlkonserviertem Reis ist dies nicht der Fall. Alle Vorteile sind für die Erhaltung der Qualität und letztlich für die Höhe des erzielbaren Preises ein wichtiges Argument.

Rapssaat (Raps)

Die Lagerung von Raps ist grundsätzlich schwierig (Lit. 11), selbst bei einem niedrigen Feuchtegehalt (ca. 9 %). In geerntetem Raps sind erhöhte Anteile von Schoten- und Stengelbruchstücken sowie Samen von Ackerkräutern enthalten. Während des Dreschvorganges kann es zu einer geringfügigen Aufweitung der Rapskörner durch den Kontakt mit feuchten Pflanzenteilen kommen. Während des Erntevorganges findet oftmals auch eine Kontamination mit Mikroorganismen statt. So reichen bereits die Stunden einer Nacht aus, um Partien fühlbar zu erwärmen und den für mikrobielle Umsetzungen muffigen Geruch wahrnehmbar zu machen. Schimmelpilze finden in diesem Milieu ideale Wachstumsbedingungen. Deshalb



11 Wärmeentwicklung bei der Rapslagerung



12 Zulässige Lagerdauer für Saatgetreide nach Agena (Lit. 13)

wird Raps möglichst gut vorgereinigt. Da jedoch die Schimmelpilzbildung dadurch nicht ausgeschlossen werden kann, sollte Raps auf 10 °C gekühlt werden. Die Pilzkeimzahl verringert sich dadurch deutlich. Raps muss bei der Lagerung seine Ölqualität halten. Öle spalten sich unter Bildung freier Fettsäuren bei zunehmender Lagertemperatur und Feuchte. Das durch die Umsetzung gebildete Wasser und die dabei freigesetzte Wärme müssen unverzüglich abgeführt werden. Dadurch ergibt sich die Notwendigkeit der Überwachung und

der Kühlung der Rapschüttungen. Die Schüttdichte von Raps ist gegenüber Weizen z. B. – bedingt durch die kleineren Körner – höher. Deshalb hat eine Rapschüttung gegenüber Getreidesorten einen höheren Druckverlust der durchströmenden Luft. Dies ist bei der Auslegung des Kühlgerätes zu beachten. Aufgrund des höheren Lipidgehaltes (Fettgehaltes) kann Raps weniger Wasser binden als andere Getreidesorten (Lit. 12). Der Verlust an Trockenmasse von Raps bei der Atmung beträgt nur etwa 70 % der Verluste von Getreide,

es entsteht jedoch etwa 33 % mehr Wärme. In Abbildung 11 ist erkennbar, dass eine Selbsterwärmung bei Raps vorprogrammiert ist. Die spezifische Wärmeentwicklung ist höher als bei den anderen Getreidearten. Deshalb sollte die Lagertemperatur bei Raps deutlich unter 15 °C liegen.

Hat der Raps zu hohe Anteile an freien Fettsäuren, die normalerweise bei 1 % liegen, treten Probleme bei der Rapsbrechung auf. Freie Fettsäuren entstehen, wenn Raps zu warm lagert.

Ölsaaten

Durch den Öl- und Fettgehalt von Sonnenblumenkernen, Erdnusskernen, Baumwollkernen, Sojabohnen, Rapssaat, Mais usw. wird die Wärmeentwicklung infolge des Oxidationsprozesses zusätzlich intensiviert. Die Folgen sind erhebliche Qualitätsverluste und Verbackungen des Lagergutes. Außerdem treten durch den Anstieg der freien Fettsäuren wiederum Qualitäts- und Gewichtsverluste ein. Mit der Kühlkonservierung kann gegenüber einer konventionellen Lagerung eine etwa 1–3 % höhere Feuchtigkeit gehalten werden.

Saatgut / Braugerste

Bei Saatgut und Braugerste steht die Erhaltung der Keimqualität an erster Stelle. Gekühltes Saatgetreide mit einem Feuchtegehalt von 15 bis 16 % hat durchschnittlich erheblich höhere Keimzahlen als sehr trockenes, aber warm gelagertes Saatgut.

In Abbildung 12 ist die zulässige Lagerdauer bei Saatgetreide in Abhängigkeit von der Temperatur und der Feuchte dargestellt. Das Bild basiert auf der ursprünglichen Keimfähigkeit und hat daher sowohl für Saatgetreide als auch für Braugerste Relevanz. Durch rechtzeitige Abkühlung der Gerste bzw. des Saatguts auf eine Schutztemperatur von etwa 10 bis 12 °C wird die mögliche Lagerzeit deutlich verlängert und die Keimruhe verkürzt.

Mais

Körnermais neigt aufgrund seines Öl- und Fettgehaltes zu schneller Erhitzung. Dies trifft auch für Mais zu, der aus Sicherheitsgründen auf 12 bis 13 % Wassergehalt getrocknet wurde. Diese herkömmliche Verfahrensweise ist äußerst energie- und kostenaufwändig,



bringt Qualitäts- und Gewichtsverluste und ist bei gekühltem Mais nicht erforderlich. Beispielsweise wurden von der Universität Hohenheim/Deutschland und der Michigan State University/USA nachgewiesen, dass bei der Warmluft-trocknung von Körnermais mit einem Feuchteanteil unter 17 % die größten Qualitätsverluste auftreten (Lit. 14). Diese Probleme lassen sich mit der Kühlkonservierung wirksam verhindern.

Pellets

Pellets werden in Pelletkühlern mit unbehandelter Außenluft gekühlt. Besonders Pellets mit großem Durchmesser werden dabei nicht bis zum Kern abgekühlt. Es entstehen Spannungsrisse, die zu erhöhten Mehl- und Bruchanteilen und damit zu Qualitätsverlusten führen. Mit einem GRANIFRIGOR™ werden gelagerte Pellets gleichmäßig bis auf den Kern abgekühlt. Die Pellets werden sehr hart, es entsteht wenig Bruch. Dadurch resultieren beste Fließeigenschaften beim Auslagern.



Luftverteilung

Kühlung in Silozellen

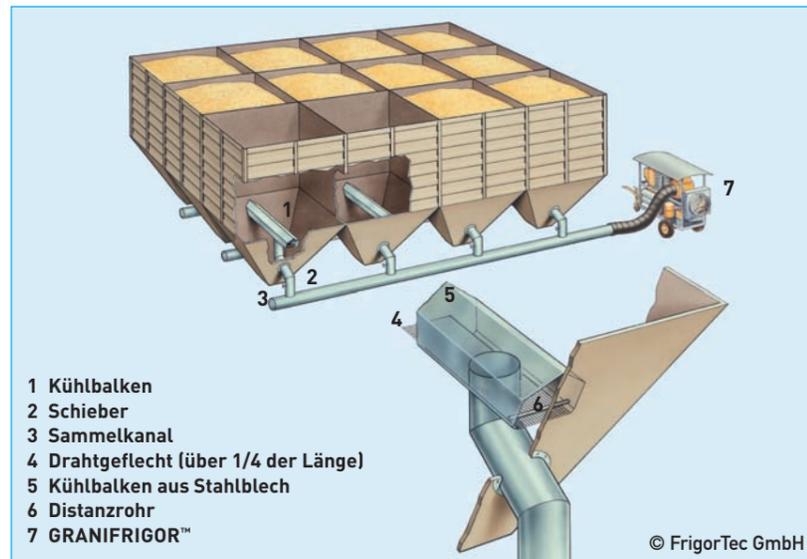
Wesentlich bei der Kühlung von Schüttgütern ist eine gute Luftverteilung. Bei Silos mit ebener Grundfläche hat sich ein perforierter Boden bewährt. In Silos mit Auslaufkonus werden Kühlbalken aus gekantetem Stahlblech eingesetzt. Die Kühlbalken sind an der Unterseite offen und mit einem Drahtgeflecht über 1/4 der Länge versehen. Dies schützt vor Verwirbelung der Körner. Über eine Rohrleitung wird die Kaltluft vom GRANIFRIGOR™ in den Kühlbalken befördert. Über die nach unten gerichtete Öffnung an der Unterseite gelangt die Kaltluft in die Getreideschüttung (Abb. 13).

Durch den Luftwiderstand der Getreideschüttung wird die Kaltluft über den gesamten Querschnitt der Schüttung verteilt und durchströmt die Schüttung nach oben. Damit die warme Abluft aus der Schüttung ins Freie entweichen kann, müssen unter dem Silodach genügend Öffnungen vorhanden sein. Im Herbst kann bei entsprechenden Witterungsverhältnissen Kondensat entstehen. Zur Verhinderung von Kondensat kann entweder das Silodach isoliert oder ein Absaugventilator installiert werden. Ein Absaugventilator ist meistens die geeignetste Lösung. Der Ventilator muss eine entsprechend große Luftmenge bei lediglich geringem Druck fördern.

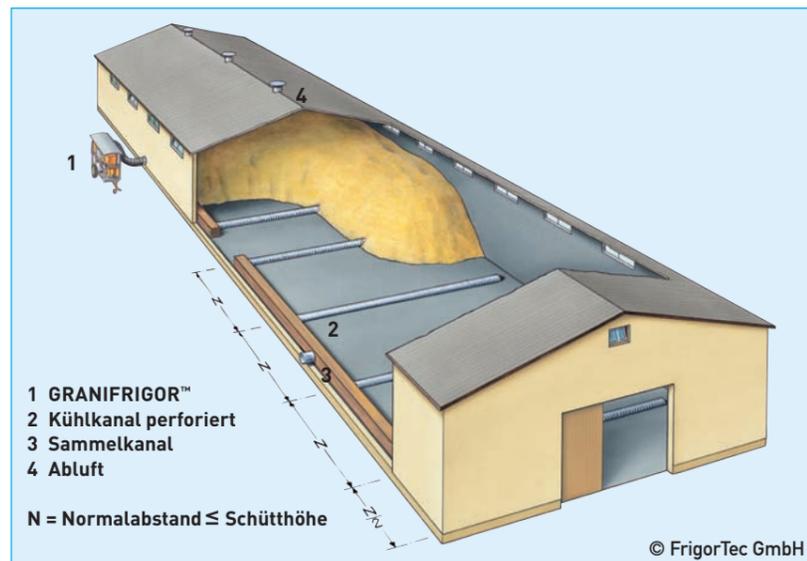
Bei hohen Siloanlagen muss der sich aus der möglichen Schütthöhe ergebende Druckverlust im durchströmten Lagergut beachtet werden. Der Ventilator des Kühlgerätes bzw. dessen Einsatzbereich ist darauf abzustimmen. Es ist dabei zu beachten, dass beispielsweise Raps einen etwa drei- bis vierfach höheren Druckverlust für durchströmende Luft verursacht als Weizen.

Kühlung im Flachlager/Lagerhaus

In Flachlagern werden meist Kühlkanäle in Halbschalenform aus perforiertem Stahlblech auf dem Boden verlegt. Werden die Kanäle im Unterflur geführt, sind sie mit perforierten Blech-



13 Kühlbalkenverlauf am Beispiel einer Wabensiloanlage



14 Prinzipielle Luftverteilung in einem Flachlager

tafeln abgedeckt. Wichtig dabei ist, dass eine einfache Reinigung möglich ist sowie möglichst wenig Nischen und Schmutzkanten entstehen. Der Vorteil der Unterflurverlegung ist die Befahrbarkeit des Lagers. Dies ist bei der Entnahme ein erheblicher Vorteil. Die einzelnen Stichkanäle werden außerhalb oder innerhalb des Gebäudes mit einem Sammelkanal zusammengefasst oder sie treten jeweils separat ins Freie. Lange Luftleitungen sollten möglichst vermieden werden und sind gegen Wärmeeintrag zu isolieren. Der Abstand der Kühlkanäle darf nicht größer als die maximale Schütthöhe sein. Der Abstand

der Kanäle zur Wand sollte maximal der halben Schütthöhe entsprechen. Hat der Getreidehaufen einen Schüttkegel, kann dieser durch unterschiedliche Perforierung der Luftkanäle oder durch Abdeckung der Oberfläche der Schüttung ausgeglichen werden. Ansonsten würde die Kaltluft den Weg des geringsten Luftwiderstandes strömen und die Spitze des Schüttkegels wäre nicht gekühlt. Idealerweise sollte durch eine entsprechende Verteilung des Lagergutes ein Schüttkegel weitgehend vermieden werden.

Zusammengefasst bietet ein GRANIFRIGOR™ zahlreiche Vorteile, die bei einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt werden müssen:

- Risikolose Dauerlagerung ohne Qualitätsverluste
- Schutz vor Insektenfraß und -vermehrung
- Schutz vor Pilzen und deren Mykotoxinen
- Vermeiden von teurer und umweltbelastender chemischer Behandlung
- Minimierung der Atmungsverluste
- Kein Umlagern erforderlich
- Geringere Trocknungskosten
- Erhalt der Erntefrische
- Erhalt der Keimqualität
- Keine Gelbfärbung bei Reis
- Höhere Ausbeute an vollständigen Körnern bei Reis
- Keine Spannungsrisse
- Keine Oxidation bei ölhaltigen Früchten
- Kühlung kann unabhängig von der Witterung eingesetzt werden



Literaturverzeichnis

- 1 Brunner H (1989) Getreidepflege durch Kühlkonservierung, Technische Rundschau Sulzer, Heft 4, Gebrüder Sulzer AG Winterthur, Schweiz
- 2 Jouin C (1964) Grundlegende Kalkulationen für die Belüftung des Getreides, Getreide und Mehl, Band 14, Heft 6, Beilage der Zeitschrift „Die Mühle“, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 3 Kolb RE (2001) Kühle Getreidelagerung, Mühle + Mischfutter, Heft 17, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 4 Anonymus (2002) Gefahr erhöhter Mykotoxinbildung im Getreide, Mühle + Mischfutter, Heft 19, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 5 Lacey J, Hill ST, Edwards MA (1980) Microorganisms in stored grains; their enumeration and significance, Tropical stored product information 39
- 6 Getreide Jahrbuch 2002/2003, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 7 Mollier R (1923/1929) Das i, x-Diagramm für Dampf-luftgemische, Zeitschrift VDI, 67
- 8 Kunde K-H (1987) Reis - seine Bedeutung und Bearbeitung, Die Mühle + Mischfuttertechnik, 124. Jahrgang, Heft 32/33, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 9 Barth F (1995) Cold storage of Paddy - the solution to your storage problems, World Grain, July 1, Sosland Publishing Co, Kansas City/USA
- 10 Vasilenko E, Sosedov N et al. (1976) Die Gelbfärbung von Reis, Übersetzung der russischen Mukomol'no erschienen in Die Mühle + Mischfuttertechnik, 113. Jahrgang, Heft 17, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 11 Eimer M (1998) Konservierung und Lagerung von Raps, Raps, 16. Jahrgang, Heft 7, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen
- 12 Humpisch G (2002) Gesunderhaltung von Rapssaat, Raps, 20. Jahrgang, Heft 3, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen
- 13 Agena MU (1961) Untersuchungen über die Kälteeinwirkung auf lagernde Getreidefrüchte mit verschiedenen Wassergehalten, Dissertation Universität Bonn
- 14 Bakker-Arkema FW, Maier DE, Mühlbauer W, Brunner H (1990) Grain-chilling in the U.S.A. to maintain grain-quality, World Grain, January 1, Sosland Publishing Co, Kansas City/USA

Baureihe GRANIFRIGOR™ – Getreidekühlgeräte



KK 40 Europe



KK 60 Tropic / 80 Europe



KK 150 Europe



KK 180 Europe



KK 220 Tropic



KK 240 Europe



KK 310 Tropic / 320 Europe



KK 460 Tropic / 500 Europe

© FrigorTec GmbH

FrigorTec (vormals Produktbereich Kältegeräte von Axima bzw. Sulzer Escher Wyss) – der Spezialist für Kältegeräte und Wärmepumpen:



SERVICE – Unser Service hält die Geräte in Stand und sichert die Ersatzteilversorgung – weltweit.

Getreidekühlgeräte
GRANIFRIGOR™

Kranklimageräte
CRANEFRIOR™

Standardkühlgeräte
STANDARDFRIGOR

Containerkühlgeräte
SHELTERFRIGOR

Wärmeentwertung
DEBUGGER

Heutrocknung
AGRIFRIGOR™

Vertriebspartner:

FRIGOR TEC
Cooling to the point

FrigorTec GmbH • Hummelau 1
88279 Amtzell / Germany
Tel.: +497520 / 91482-0
Fax: +497520 / 91482-22
info@frigortec.de
www.frigortec.com