



# GKT - Getreidekühler



# Kühlkonservierung

Hausanschrift:  
Max-Planck-Str. 65  
32107 Bad Salzufen

Postanschrift:  
Postfach 3610  
32080 Bad Salzufen

Telefon: (0 52 22) 92 73-0  
Telefon: (0 52 22) 92 73-33  
E-Mail: [info@weisshaar.com](mailto:info@weisshaar.com)  
Web: [www.weisshaar.com](http://www.weisshaar.com)



## Einleitung

In der folgenden Abhandlung werden mit der Getreidekühlung zusammenhängende Themen dargelegt. Dem interessierten Betreiber soll eine Übersicht über den Einsatz der Kühlkonservierung neben den allgemein zugänglichen Quellen gegeben werden.

In den vergangenen Jahrzehnten hat die Kühlung von Körnerfrüchten weltweit enorm zugenommen. Sie stellt heute den "Stand der Technik" dar und ist unverzichtbarer Bestandteil moderner Lagerhaltungssysteme. Neben den gestiegenen Qualitätsansprüchen und der vermehrt "ökologischeren" Sichtweise der Verbraucher, haben vor allem die wirtschaftlichen Argumente auf der Betreiberseite zur flächigen Etablierung der Körnerfruchtkühlung geführt. Auch bei sinkenden Getreidepreisen, geben Schädlingseindämmung und Gesunderhaltung stichhaltige Argumente, neben den immer noch für die Körnerfruchtkühlung sprechenden wirtschaftlichen Aspekten ab.

## Anwendung der Körnerfruchtkühlung in der Praxis

Brot- u. Futtergetreide, Braugerste, Saatgetreide, Mais, Sorghum, Erbsen, Ackerbohnen, Sojabohnen, Sojaschrot, Ölfrüchte wie Raps, Sonnenblumen und Leinsamen, Grassamen, Pellets u.v.a.m.

## Prinzip

Die Kühlkonservierung nutzt kalte Luft, die den Getreidestapel gleichmäßig durchströmt, wobei Feuchtigkeit und Wärme aufgenommen und fortgetragen wird. Der Getreidestapel ist heute zumeist in einem Flachlager, Rechtecksilo oder in einem Rundsilo gelagert.

Die eigentliche Luftverteilung innerhalb des Lagerraumes stellt einen weiteren Schwerpunkt dar, der hier nur kurz gestreift werden soll: Generell muß das Belüftungssystem eine gleichmäßige Beaufschlagung der Schüttung sicherstellen, um, wie im weiteren ausgeführt, Wärmenester zu vermeiden. Die Belüftungsquerschnitte sollten großzügig dimensioniert werden, um Druckverluste, welche später die Betreiber-

Kosten in erheblichem Maße beeinflussen, so gering wie möglich zu halten. Bauliche Gegebenheiten legen letztlich fest, ob Drainrohr, Unterflurkanal, Wellblechkanal oder Holzbodenbelüftungsboden zur Anwendung kommt. Enge, zu klein dimensionierte Kanäle erhöhen neben dem Widerstand die Luftgeschwindigkeit. Eine zu große Luftgeschwindigkeit saugt nach dem Injektionsprinzip Luft oder ggf. Getreide in das Kanalsystem, welches sich schließlich in einer beruhigten Zone abgelagert. Die Folgen wären keine oder behinderte Luftversorgung der nachgeschalteten Sektionen und eine Ansammlung von gefährdetem Restkorn.



Abb. 1: Externer flexibler Luftschauch

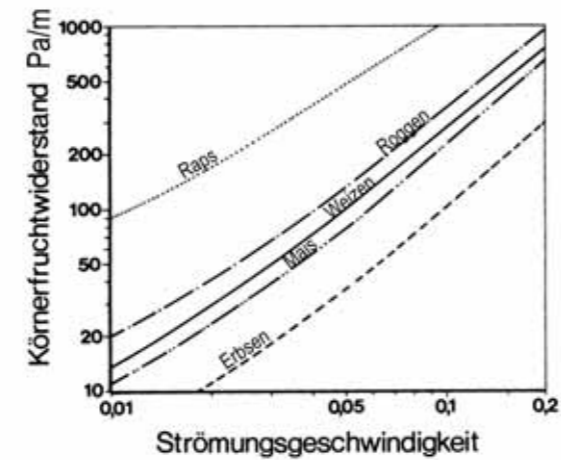


Abb. 2: Luftwiderstände der Schüttung in Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit



## Informationen

### WEISSHAAR GmbH & Co. KG

Max-Planck-Str. 65  
32107 Bad Salzuflen  
Tel.: 05222 9273 0  
Fax: 05222 9273 33  
E-Mail: [info@weisshaar.com](mailto:info@weisshaar.com)  
Web: [www.weisshaar.com](http://www.weisshaar.com)

### Quellen:

- Die Mühle + Mischfuttertechnik 129 Jahrgang Heft 25
- Die Mühle + Mischfuttertechnik 130 Jahrgang Heft 11
- Die Mühle + Mischfuttertechnik 129 Jahrgang Heft 5
- Erfahrungen bei Kühlung und Silieren von Getreide: Dr. Harald Keiser, RKL Rendsburg
- Getreidemagazin 3/2001
- Körnerkühlung: Dr. Harald Keiser, RKL Rendsburg
- Prospekt GKT WEISSHAAR GmbH & Co KG
- Pareys Studientexte 21, Hans Jürgen Sinell: Einführung in die Lebensmittelhygiene
- AEL (Arbeitsgem. für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.V. : Belüften und Lagern von Getreide
- Dlz Sonderheft Nr. 2: Lagern von Getreide

Getreidesubstanz veratmet wird. Am bemerkenswertesten ist hierbei der enorme Temperaturanstieg! Mit Hilfe dieser Zahlen und dem Diagramm auf Abb. 3 lassen sich Massenverluste von gelagertem Getreide berechnen.

Wenn man davon ausgeht, dass bei 15 % Kornfeuchte belüftetes Getreide gelagert wird, so betragen die Massenverluste -und das ist wertvolle Trockensubstanz und kein entwichenes Wasser (!)- bereits das Viereinhalbfache gegenüber auf 10 °C gekühlter Ware! Und vergleicht man gekühltes Lagergut mit einem 35°C warmen Getreidehaufen, so sind die Verluste mindestens zweiunddreißigmal höher als bei einer Lagertemperatur von 10°C!

Es muß hier darauf hingewiesen werden, dass die aufgezeigten Verluste wirklich nur das Minimum sind, denn steigende Temperaturen und Feuchten fördern geradezu paradiesisch die Vermehrung von Schadinsekten.

Lagerverluste durch Veratmung werden in der Praxis viel zu wenig beachtet. Schwund von wertvoller Getreidesubstanz wird allzu oft mit der Verdunstung von Wasser gleichgesetzt und als unvermeidbar hingenommen. Das braucht nicht zu sein. Es sollte Getreidefachleuten bewußt werden, dass solche Verluste durch Kühlkonservierung bis zu 90 % gesenkt werden können.

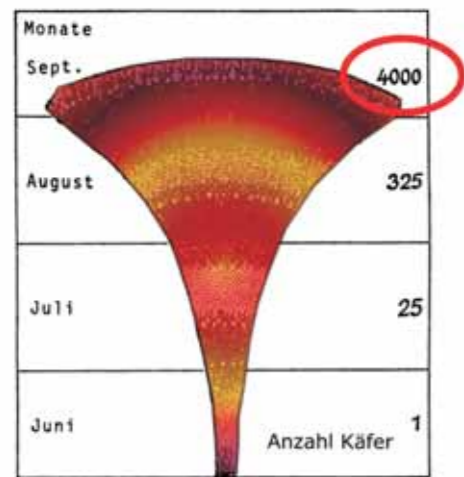


Abb. 4: Explosionsartiger Befall bei hohen Temperaturen und Feuchten

## Insektenvermehrung verhindern

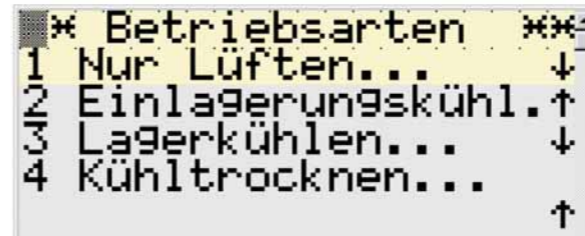
Trockenes Getreide wird heute nicht nur gekühlt, um Atmungsverluste zu verringern. Ein wesentlicher Grund der Kühlung ist der, einen sicheren Schutz vor Insektenvermehrung und -fraß zu gewährleisten, denn Insektentätigkeit führt ebenfalls zu erheblichen Substanzverlusten. In Abb. 5 sind Entwicklungs- und Schutztemperaturen der am häufigsten vorkommenden Lagerschädlinge aufgeführt. Diese Auflistung der Parasiten erfolgte nach neuer Literatur. Die hier gezeigten Optimal- und Minimaltemperaturen weichen wesentlich von denen in früheren Veröffentlichungen ab. Die optimale Entwicklungstemperatur liegt durchschnittlich bei 28°C. In der Praxis -ohne Kühlung- werden solche Temperaturen häufig vorgefunden!

Eine Begleiterscheinung der Aktivität und Vermehrung von Lagerparasiten ist der damit verbundene Anstieg der atemungsintensivierenden und pilzvermehreren Parameter Temperatur und Feuchte. Sie verändern sich rasch, so dass es dabei zu unkontrollierbaren Entwicklungen aller wärme- und feuchtebildenden Faktoren kommt. Weil sich diese Begleitumstände gegenseitig aktivieren, kann es zu einem schnellen Verderb der betroffenen Partien kommen.

Wie Abb. 4 zeigt, vermehren sich Schadinsekten explosionsartig. Bereits 10 befruchtete Weibchen des Kornkäfers (*Sitophilus granarius*) bringen -unter für die Käfer optimalen Bedingungen- bis zu 340000 Nachkommen hervor (!).

Dagegen stellen in einer gekühlten Schüttung Lagerschädlinge ihre Aktivität ein. Kälte paralyisiert solche Spezies, so dass sie in eine Art von "Winterschlaf" fallen. Eine dafür sichere Schutztemperatur beginnt schon bei 13° C, wie es Abb. 5 zeigt. Gekühltes Korn ist damit vor Verlusten durch Insektenvermehrung und -fraß geschützt und auch vor Eiablage sicher, so dass chemische Behandlungen, die heute aus Verbrauchersicht als umweltschädlicher gelten, entfallen können.

Um den unterschiedlichen Anforderungen während des Kühlvorganges an das Kühlgerät Rechnung zu tragen, sollte das Gerät über eine moderne Steuerung mit den entsprechenden Programmen verfügen. Ein üblicher Kühlvorgang sei hier nun exemplarisch erwähnt:



### Einlagerungskühlen

Das Getreide wird erntefrisch eingelagert und hat je nach Wetterbedingung in der Regel eine sehr hohe Temperatur, die oberhalb der kritischen Temperatur bzgl. Schädlingsbefall und Mikroorganismenausbreitung liegt. Aus diesem Grund ist der Getreidestapel so schnell wie möglich außerhalb dieses Gefahrenbereiches zu bringen. Hat sich der Getreidestapel annähernd aus dem Gefahrenbereich heraus abgekühlt und soll nun auf den Lagerzustand weiter abgekühlt werden, so muss die Kühltemperatur verringert werden.



Abb. 12: Steuerung der Anlagen (SPS)



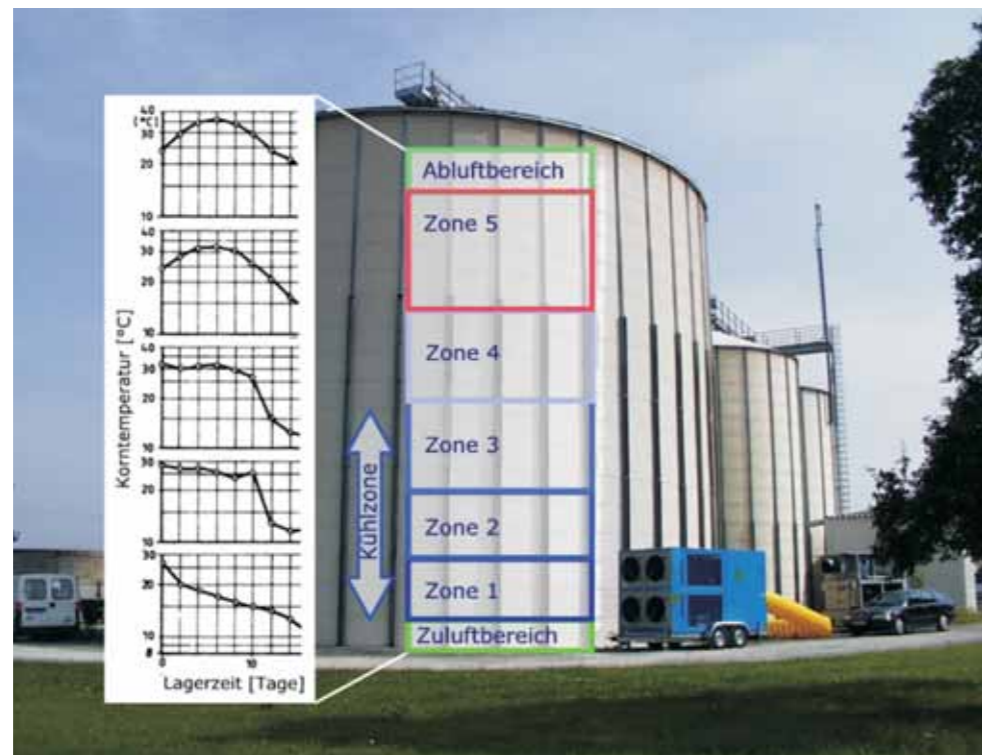
Abb. 13: Updatefähigkeit der Software

### Lagerkühlen und Kühl-trocknen

Bei diesen Programmen wird das überdimensionierte Gebläse stetig geregelt der nun eingestellten Sollwerttemperatur angepasst. Dadurch ergibt sich ein weiterer energetischer Vorteil: Das Gebläse -als großer Verbraucher innerhalb des Kühlgerätes - verbraucht anteilig weniger Strom. Die Einblastemperatur sinkt auf den Sollwert und der Kühlvorgang kann fortgesetzt werden. Hierbei gibt es nun die Möglichkeit mit dem Programm Kühl-trocknen, die tiefer abgekühlte Prozessluft wieder, wie oben bereits aufgeführt, um ein paar Grad zu erwärmen. Wenn der Getreidestapel nun soweit abgekühlt ist, dass der dem Kühlgerät vorgegebenen Getreidesollwert erreicht ist, gibt es nun zwei Möglichkeiten für das Verhalten des Kühlgerätes:

Das Kühlgerät schaltet bei erstmaligem Erreichen dieses Endwertes komplett ab. Nun ist es aber möglich, dass durch äußere Einstrahlungen oder Verlagerung von evtl. vorhandenen Wärmenestern, die Getreidetemperatur um ein paar Grad wieder ansteigt. Dafür kann das Kühlgerät in eine Nachkühlautomatik geschaltet werden, die es bei Überschreiten eines Sollwertes wieder anschaltet. Dadurch ist sichergestellt, dass das Kühlgerät nur so lange läuft, wie notwendig, aber dennoch eine gewisse Sicherheit für den Stapel vorhanden ist.

Dieser Kältemittelkreislauf ist an sich wartungsfrei, da das Kältemittel während dieses Vorgangs nicht verbraucht oder etwa chemisch verändert wird. Kurzfristige Wartungsmaßnahmen betreffen den Außenluftfilter und die Reinigung des Verdampfers während und nach Beendigung der Kühlsaison. Sollte einmal eine Reparatur am Kältekreislauf notwendig werden, so kann die Anlage anstatt von uns auch von jedem Kälte- Klimafachbetrieb betreut werden, da die Komponenten dem weltweit eingesetzten Standard entsprechen.



**Abb. 7:**  
Temperaturverlauf in Silos

## Temperaturverlauf in Silolagerstätten

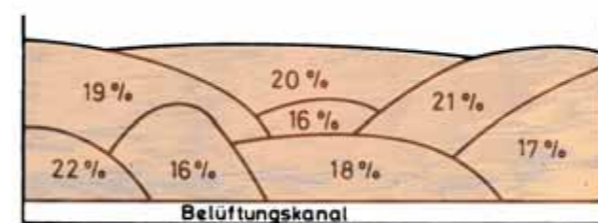
Insbesondere in schlanken Silozellen erkennt man den typischen Verlauf der Abkühlung und die langsame Wiedererwärmung während des Lagerzeitraumes. Gegenüber Flachlagern ist dies konstruktionsbedingt, da die Silokonstruktion einen maßgeblichen Einfluß auf die Ausbreitung der Kühlzone hat, angenommen, dass die Kühlluft gleichmäßig über ein Luftverteilsystem in das Silo eingebracht wird. Das Luftverteilsystem ist nicht Gegenstand dieser Ausführung, je nach Siloausführung (Entleerungskegel) kommen unterschiedliche Systeme zum Einsatz. Alle Luftzuführungssysteme sollten den gleichmäßigen und flächigen Lufteintrag in den Getreidestapel sicherstellen, denn es gilt Wärmenester zu vermeiden. Im unteren Drittel des Silos, welches die Kühlzone darstellt, die mit der kalten Luft als erstes in Berührung kommt, stellt man eine relativ schnelle Abkühlung fest. Hier wird die Solltemperatur bereits nach relativ kurzer Zeit erreicht.

Für den Temperaturverlauf in den oberen Zonen ist nun die entstehende Atmungswärme aus den unteren Getreidepartien verantwortlich (Abb. 7).

Darüber hinaus kühlt ein mit Kaltluft umgebenes Korn natürlich nicht gleichmäßig aus, sondern der Kern des Getreidekornes weist eine erhöhte Temperatur gegenüber den Randschichten auf. Erst nach einer hinreichend langen Lagerzeit stellt sich auch hier ein annähernder Gleichgewichtszustand ein. Die Vorgänge innerhalb des Kornes sind thermodynamisch sehr komplex und schwierig zu berechnen, da die oben erwähnten biologischen Kornatmungsaktivitäten eine große Rolle spielen. Wie die Erfahrung zeigt, weist der einmal heruntergekühlte Getreidestapel eine gute wärmeseitige Isolatorwirkung auf. Dies bedeutet, dass die oben beschriebene, erste Kühlzone nach Abkühlen auf den entsprechenden Sollwert verharrt und die Kühlenergie quasi den darüber liegenden Kühlzonen zur Verfügung steht. Man erkennt, dass die Kühlzone im Siloverlauf nach oben wandert. Dies bedeutet, dass sich die Sollwerttemperatur in der oberen Kühlzone später einstellt, da entsprechende Kornatmungsaktivitäten der darunter liegenden Zone wirksam werden. Man beobachtet sogar, dass in darüber liegenden Kühlzonen die Temperatur zunächst leicht ansteigt (Abb. 7).

Im Extremfall ist dies dadurch begründet, dass die Abwärme von darunter liegenden Bereichen das frisch eingelagerte warme Getreide im oberen Bereich derartig über eine kritische Temperatur bringt, dass hier vermehrt biologische Aktivitäten angestoßen werden. Ist schließlich die wandernde Kühlzone im oberen Bereich des Silos angelangt, so ist der Kühlvorgang abgeschlossen. Aufgrund der dargelegten Vorgänge misst man, abhängig von der Schütthöhe des Silos, eine Temperaturdifferenz von bis zu 6 K (°C) mit steigender Temperatur nach oben. Dies ist bei der Beurteilung des zu wählenden Sollwertes zu berücksichtigen.

Je nach äußerer Einstrahlung auf das Silo bleibt die Korntemperatur über die Lagerzeit aufgrund der dargelegten Isolationswirkung des Getreides relativ konstant. Als durchschnittliche Temperaturerhöhung werden zwischen 3 und 5 K (°C) angesehen. Der obere Teil des Silos wird durch die anliegende Außenatmosphäre beeinflusst. Die erwähnte Isolierwirkung des Getreides hat neben dem dargelegten Vorteil leider ebenfalls die nachteilige Eigenschaft, dass sich Wärmenester relativ schlecht lokalisieren lassen, denn ein warmer Bereich innerhalb der Schüttung kann durch die wenigen Temperaturfühler schlecht erkannt werden. Wärmenester bilden sich z. B. auch durch unterschiedlich feuchte Schüttungen (Abb. 8). Ungleichmäßige Schüttungen führen zu lokalen Verdichtungen, die später den Luftdurchsatz beeinflussen, wodurch ebenfalls die Neigung zu Wärmenestern verstärkt wird.



**Abb. 8:** Unterschiedlich feuchte Schüttungen

## Wirtschaftlichkeit

Ein Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird nicht nur durch den Strompreis und den Getreidepreis beeinflusst. Essentiel ist das **Ausschalten des Lagerrisikos**. Neben der erwähnten **Gesunderhaltung**, der **Qualitätssicherung** im gesteigerten Interesse der Nahrungsmittel verarbeitenden Industrie und Verbraucher, der **Verringerung der Atmungsverluste**, der **Schutz gegen Pilze**, kommen folgende, bisher wenig beachtete Vorteile zur Geltung:

**Die Einsparung chemischer Behandlungsmittel.** Korn, welches gekühlt ist, benötigt aufgrund der dargelegten Einflüsse auf Schadinsekten keine chemische Nachbehandlung. Dies ist ein Vorteil, den gerade heute ökologisch sensibilisierte Endverbraucher zu schätzen wissen. Durch die Kühlung erfährt das Getreide auch eine Trocknung. Dies ist physikalisch begründet und hilft, **Trocknungskosten zu senken**. Ein wichtiger, aber schwer generell messbarer Vorteil ist die Tatsache, dass das Korn in der Regel **nicht mehr umgelagert** werden muß. Unnötig zu erwähnen, dass neben den Stromkosten der verschiedenen Fördersysteme auch Kosten für Kornbruch und Abrieb entfallen ! Diese werden in der Literatur teilweise mit 5 Euro / Tonne angesetzt. Doch auch die Vorteile der **besseren Ausnutzung von Drescher** und die Möglichkeit der überbetrieblichen Nutzung bei Verwendung des Luftreifenfahrwerks (Abb. 9) seien hier der Vollständigkeit halber erwähnt. Generell beträgt der Energieaufwand für die Kühlung in Abhängigkeit von Feuchte, Temperatur, Lagerung und Art des Lagergutes ca. 3-6 kWh/t.



**Abb. 9:** Luftbereifung am GKT 361

## Temperatur- und Feuchtebeeinflussung durch die Kältemaschine

Das gebräuchliche Verfahren ist die "Taupunktunterschreitung der Außenluft durch einen Kompressionskältekreislauf": Die angesaugte Außenluft wird dabei zunächst gefiltert und einem sogenannten Verdampfer zugeführt. An dem Verdampfer steht diese Außenluft nun im Wärmeaustausch mit einem Kältemittel (heute in WEISSHAAR Anlagen FCKW- und chlorfrei). Das Kältemittel verdampft innerhalb dieses Verdampfers und nimmt durch die entstehende Verdampfungsenthalpie Wärme von der zugeführten Außenluft auf. Diese Außenluft wird dabei zunächst ohne Wasserausfall abgekühlt und erreicht während dieses Abkühlvorganges die Sättigungslinie (Taupunkt) bei der die relative Luftfeuchtigkeit 100% beträgt. Erste Tröpfchen bilden sich und schließen sich zu größeren Tropfen zusammen, welche aufgrund der Schwerkraft an den Lamellen des Verdampfers nach unten ablaufen können (Abb. 10).



Abb. 10: Lamellen des Verdampfers

Die Lamellen müssen sauber bleiben, daher wird die Außenluft zuvor gefiltert. Die Luft verlässt den Verdampfer mit annähernd 100% relativer Feuchtigkeit und je nach Sollwert mit beispielsweise 8°C. Auf dem Wege zum Silo kann man nun tagsüber von einer gewissen Einstrahlung ausgehen, die die Außenluft nun wieder etwas nachheizt. Diese Nachheizung ist wichtig, damit sich die relative Luftfeuchtigkeit von 100 % wieder fortbewegt, um eine Befeuchtung der ersten Kornschichten zu vermeiden. Da dies jedoch in Nachtstunden nicht gewährleistet ist, sollte im späteren Lagerungsverlauf eine Nachheizung der entfeuchteten Außenluft stattfinden (Abb. 11).

Diese Nachheizung findet bei WEISSHAAR-Getreidekühlern (GKT) durch einen nachgeschalteten Kondensator statt, welcher die Energie des Kompressionskältekreislaufes dafür nutzt. Dafür ist keine zusätzliche Energie notwendig, so dass sich dieses Konzept für heutige Anlagen empfiehlt. Die Nachheizung, die letztlich nur der Sicherheit, wie oben erwähnt, dient, sollte daher auch so gering wie möglich eingestellt werden, wenige K (°C) reichen hier aus.

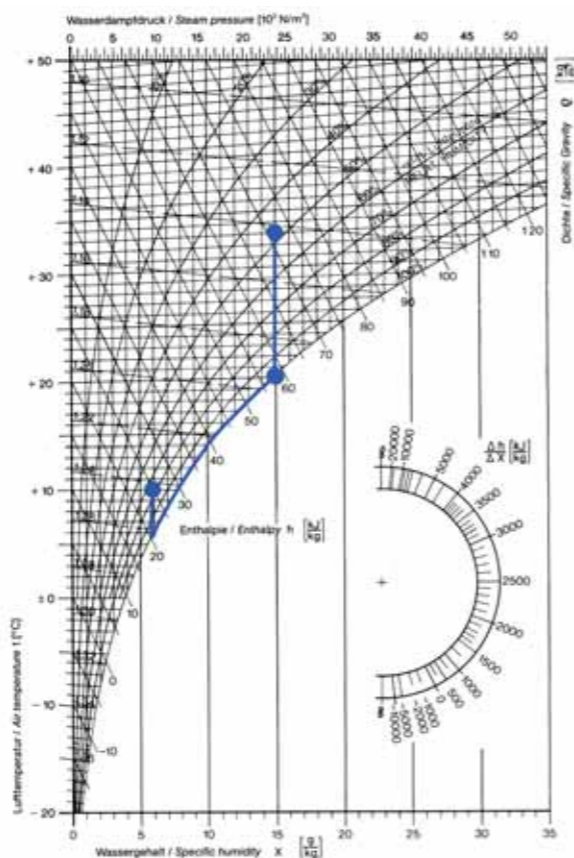


Abb. 11: Darstellung des Kühl- und Entfeuchtungsvorganges im h-x Diagramm

Das Kältemittel, was durch sein Verdampfen innerhalb des Verdampfers die Wärme der Außenluft aufgenommen hat, wird nun von dem Kompressor des Kühlgerätes angesaugt, dort auf hohen Druck gebracht und dabei physikalisch bedingt erwärmt. Es erreicht eine Temperatur, die oberhalb der Außentemperatur liegt, so dass die noch vorhandene Abwärme an die Außentemperatur abgegeben werden kann. Dabei verflüssigt es und steht dem Expansionsventil und dem Verdampfer wieder unverbraucht zur Verfügung.

## Vorratsschädlinge

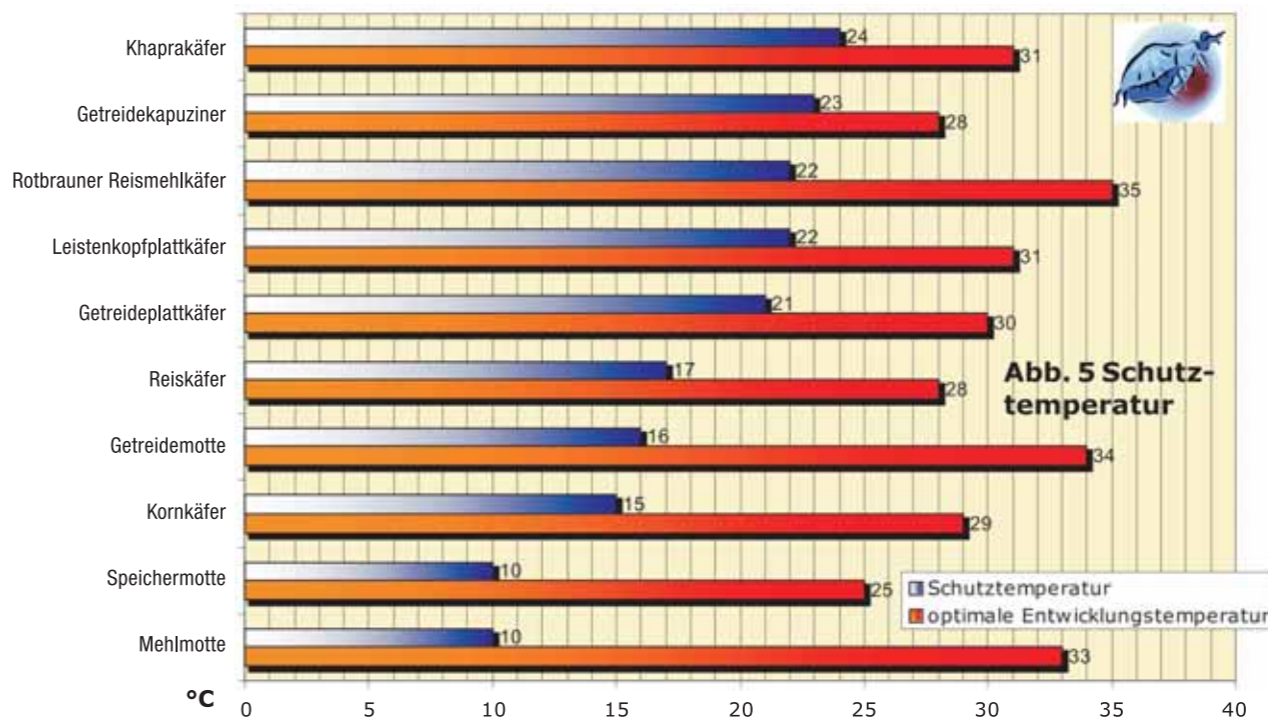


Abb. 5 Schutztemperatur

Die Mühle + Mischfuttertechnik 129. Jahrgang Heft 25

## Selbsterhitzung

Besonders feuchtes, nicht gekühltes oder bei hohen Temperaturen belüftetes Getreide neigt zur Selbsterhitzung. Erwähnte Begleiterscheinungen, wie Mikroorganismen, Pilze, Hefen und Schadinsekten, sowie hohe Staubanteile und beschädigte Körner fördern diese Entwicklung, denn sie tragen dazu bei, biochemische Umsetzungen zu intensivieren. Entscheidend sind aber in erster Linie Feuchtigkeit und Temperatur der Körner.

Dass Temperaturveränderungen in Getreideschüttungen schlecht erkannt werden, ist der starken isolierenden Eigenschaft des Getreides zuzuschreiben. Diese Eigenschaft hat Vor- und Nachteile: Vorteilhaft ist, dass ein gekühltes Haufwerk sich nur sehr langsam erwärmt. Der Nachteil dieser schlechten Temperaturleitfähigkeit besteht aber darin, dass warme Stellen sogenannte Wärmenester, in einer Schüttung sich verstärken und ausbreiten können, ohne dass sie bemerkt werden. Ergreift man nicht rechtzeitig Gegenmaßnahmen, kann die Erhitzung gar zur Selbstentzündung führen. Erhitzungsvorgänge im lebendem Organismus Getreidekorn verursachen große Schäden.

Neben der Zerstörung seiner wichtigen Inhaltsstoffe verliert selbsterhitztes Getreide seine Keimfähigkeit. Es kann auch nicht mehr dem Weiterverarbeitungsprozess zugeführt werden, wenn es mit pilzlichen Giftstoffen durchsetzt ist. Auch das Lagerpersonal ist bei hitzegeschädigten Getreidepartien aufs äußerste gefährdet, wenn es z. B. eine mit Mykotoxinen kontaminierte Partie auslagert und dabei die in der Luft befindlichen Sporen einatmet. Darüber hinaus besteht auch für die nachfolgende Lagersaison eine große Gefahr, wenn Lagerräume, in denen geschädigte Körnerfrüchte gelagert wurden, nicht vollständig gereinigt werden, denn Reste von verdorbenen Körnern bilden ideale Infektionsherde (Abb 6). Gekühlte Ware kann sich nicht erhitzen. In der Praxis konnten erhitzte Partien nur durch Kühlung vor dem sicheren Verderb bewahrt werden.



Abb. 6: Ungereinigte Lagerstätte

WEISSHAAR Getreidekühler der Baureihe GKT stehen in Tageskühlleistungen von 65 t/d bis zu 560 t/d zur Verfügung. Die Geräte verfügen neben der zur Zeit modernsten Steuerung und Regelung über praxistaugliche Anhängervorrichtungen und optionale Luftbereifung. Auf Wunsch werden sie für den öffentlichen Straßenverkehr zugelassen. Neben der Energieeinsparung durch modernste Industriekomponenten werden nur langfristig einsetzbare umweltfreundliche Kältemittel verwendet. Die Lärmemission wird konsequent durch hochwertige Einbauteile und konstruktive Maßnahmen auf ein Minimum reduziert. Neben der im täglichen Gebrauch geforderten Robustheit verzichten die Geräte der Baureihe GKT nicht auf den Komfort neuzeitlicher Elektronik, welche unter anderem aufgrund ihrer Zuverlässigkeit in der Produktionsindustrie eingesetzt wird.



Abb. 14: Zugachse und Getreidefühler

Auch sind Sondergeräte mit größerer Leistung oder stationäre Anlagenkonzepte projektierbar.



Abb. 15: GKT 361 S mit flexiblem Belüftungsschlauch

**Auf welche Punkte sind bei dem Kauf eines Gerätes zu achten ?**

- Große Luftleistung um auch natürliche Belüftung nutzen zu können
- Große Kälteleistung für eine kurze Einsatzzeit
- Moderne, energetisch günstige Komponenten
- Langfristig einsetzbare Kältemittel der neuesten Generation
- Zeitgemäße elektronische Steuerung, die aber robust und bewährt sein muß
- Updatefähigkeit der Software um von Weiterentwicklungen zu profitieren
- Großflächiger Filter
- Nachheizung die Energie regenerativ verwendet
- Steuerung mit Automatikprogrammen zur komfortablen Bedienung
- Luftbereifung zur überbetrieblichen Nutzung
- Servicemöglichkeit und Herstellerunterstützung
- Erfahrung des Herstellers in der Getreidekühlung
- Zugösenausstattung zum praktischen Einsatz
- Wetterschutzausführung
- Abschaltautomatik mit Wiederanlauf
- Klarschrift im Display zur Darstellung der Ist-Werte und Fehlererkennung



Abb. 16: GKT 81 mit Luftbereifung

**Atmungsverluste**

Es ist bekannt, dass geerntetes Korn nach dem Drusch weiterlebt. Besonders bei feldfrisch gelagertem Getreide sind intensive Nachreifprozesse zu beobachten. Das Haufwerk wird aktiv und zeigt es durch "Schwitzen" und steigende Temperaturen - es atmet. Auf diese Erscheinung, auch Kornatmung genannt, soll nun verstärkt eingegangen werden.

Kornatmung ist ein biochemischer Prozeß. Sie kann die Qualität von gelagerten Körnerfrüchten durch heftige Reaktion stark beeinträchtigen. Einflussfaktoren der Korneratmung sind in erster Linie -Feuchte, Temperatur und Lagerzeit. Darüber hinaus beeinflussen Art, Größe, Reifezustand und die Oberfläche des Kornes, Verunreinigungen und Beimengungen in der Schüttung, anhaftende Pilze, Hefen und Bakterien, Beschädigungen der Körner, Bruchkornanteile und auch das Verhältnis von Endosperm zu Embryo die Intensität der Atmung. Durch Kornatmung erhöht sich nicht nur die Temperatur in der Kornmasse, sondern auch die Wasseraktivität innerhalb der Körner.

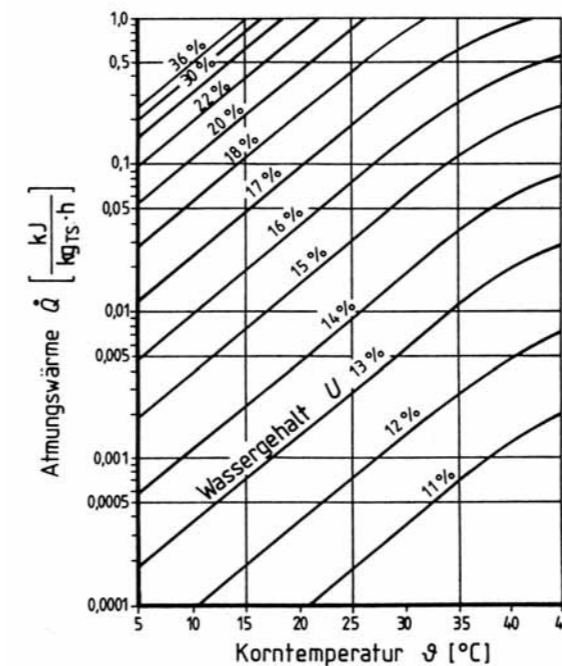


Abb. 3: Atmungswärme in Abhängigkeit von Temperatur und Feuchte

Kornatmung ist der biochemischer Abbau im gelagertem Korn. Atmungsverlust ist veratmete Trockensubstanz, also Schwund von Trockenmasse.

Eigentlich zum Schutz des Keimes werden im Korn enthaltene Kohlenhydrate, Zucker und Stärke unter Aufnahme von Sauerstoff in Kohlendioxyd und Wasser zerlegt, wobei Wärme frei wird. Durch geringe Sauerstoffzufuhr wird die Kornatmung verringert. Weil in einer reagierenden Schüttung Sauerstoff verbraucht wird, wird die chemische Verbrennung schwächer. Deshalb verringert sich die Wärmeproduktion oberhalb von 30°C und fällt leicht ab, wie auf Abb. 3 zu sehen. Die Abbildung zeigt die Atmungswärme Q in Abhängigkeit von der Korntemperatur und dem Wassergehalt eines Haufwerkes, [nach Jouin]. Die Stärke der Atmungsintensität hängt primär vom Wassergehalt des Kornes ab, und sie wird um so schneller erreicht, je höher die Korntemperatur und je fester der Getreidestapel ist.

Die Gefährdung eines Kornhaufens beginnt oberhalb eines Wassergehaltes von 14%, was einer Wasseraktivität von  $a_w=0,65$  entspricht. Durch die starke Isolations-eigenschaft des Getreides werden Wasserwanderungen in Körnerhaufwerken oft zu spät erkannt. So beginnen z. B. erste Keimschäden bei unbelüftetem und bei 22°C gelagertem Getreide und einem Wassergehalt von 20% schon nach dem dritten Tag(!). Und bis zum sechsten Tag sind bereits 40% der gelagerten Körnerfrüchte in ihrer Keimfähigkeit geschädigt, wenn nichts unternommen wird. Auf 10°C gekühltes Getreide mit 20 % Wasseranteil läßt sich dagegen mehrere Wochen ohne Beeinträchtigung der Qualität zwischenlagern.

**Beispiel:**

Bei einem Atmungsvorgang produzieren 1 kg veratmete Getreidesubstanz und 1,12 kg Sauerstoff, 1,54 Kohlendioxyd, 0,58 Wasser und 15063 kJ Wärme. Oder anders ausgedrückt: 0,058 % Atmungsfeuchte, 7,2 K (°C) Temperaturerhöhung im Korn und 1,58 kg (0,78m<sup>3</sup>) Kohlendioxyd entstehen, wenn nur 0,1 %