

Technik der Körnerkühlung

Die Lagerfähigkeit von Getreide hängt von seinem Feuchtegehalt und seiner Temperatur ab. Mikroorganismen und biochemische Abbauvorgänge im Korn führen zeitabhängig zu Verlusten, die sich von der Qualitätsminderung über Gewichtsverlust bis zum völligen Verderb erstrecken können. Sämtliche Konservierungsmaßnahmen zielen deshalb darauf ab, den Mikroorganismen ungünstige Lebensbedingungen zu schaffen, beispielsweise durch Erhöhung des Säuregrades, durch Sauerstoffabschluß, durch Wasserentzug und Kühlung.

Im Falle einer Verfütterung des Getreides im eigenen Betrieb erfolgt die **Feuchtkornkonservierung** in Form von Silierung, Säurezusatz oder Lagerung in gasdichten Behältern. Diese Feuchtkonservierung kommt hauptsächlich bei Körnermais, weniger bei Getreide zur Anwendung.

Für den größten Teil des in der Bundesrepublik Deutschland erzeugten Getreides wird nach wie vor die **Trockenkonservierung** die optimale Lösung sein, insbesondere, wenn Sie durch die Kühlung unterstützt wird. Folgende Fakten sprechen für die Trockenkonservierung:

- Trockengut kann vielseitig verwendet werden, ist marktfähig, läßt sich besser fördern und verarbeiten als Feuchtgetreide.
- Häufig kann Getreide ohnehin im lagerfähigen Feuchtegehalt geerntet werden (14 bis 16% ohne Kühlung, 16 bis 18% mit Kühlung).
- Der Energiebedarf zur Trocknung ist relativ gering, es genügt bereits 1 l Heizöl, um eine dt Getreide von 20% auf 16% Feuchtegehalt herabzutrocknen. Aufgrund des geringen Wärmebedarfs wird die Energieverteilung nicht zur Ablehnung des Trockenkonservierungsverfahrens führen.

A. Bedeutung der Körnerkühlung

Die Körnerkühlung kann sowohl mit **kalter Außenluft** als auch mit **technisch abgekühlter Luft** erfolgen.

Drei Anwendungsmöglichkeiten sind zu unterscheiden:

1. **Kühlung des Feuchtgutes im Zwischenlager** – bessere Auslastung des Trockners, hohe Annahmehleistung.
2. **Feuchtkornkühlung für längere Lagerzeit** – Feuchtgutverkauf einige Monate nach der Ernte oder Eigenverwertung – mehrmalige Nachkühlung nötig, erhöhtes Lagerrisiko, Eignung für breite Praxis noch nicht nachgewiesen.
3. **Kühlung des Trockengutes im Lagerbehälter** – kein Umlagern, sichere, verlustarme Lagerung.

Für eine zusätzliche Kühlung des trockenen Getreides im Lagerraum sprechen folgende Gründe:

- Der Feuchtegehalt muß durch den Trockner nicht unter 16% gesenkt werden (sonst muß bei Silolagerung bis 14% getrocknet werden).
- Die höhere Einlagerungsfeuchte mit 16% verhindert finanzielle Verluste beim Getreideverkauf, da im Handel ein Feuchtegehalt von 15% zugrundegelegt wird, (bei Mais 14%, bei Raps 9%). Darüberliegende Feuchtegehalte führen zu Abzügen, geringere Feuchtegehalte werden bisher im allgemeinen nicht honoriert, sie bedeuten einen finanziellen Verlust für den Verkäufer.
- Mit der Getreidekühlung kann je nach Luftzustand eine weitere Abtrocknung um 0,5% bis 1% erfolgen.
- Die Kaltbelüftung ersetzt das zu Staubverlusten und Kornbeschädigungen führende Umlaufen von Behälter zu Behälter. Der hierfür nötige Leerbehälter kann eingespart werden.
- Langzeitlagerung in ebenerdiger Schüttung (billige Hallenlagerung) ist nur mit Hilfe der Kaltbelüftung möglich, da ein Umschichten bei dieser Lagerungsmethode nur mit relativ hohem Aufwand durchführbar ist.
- Feuchte Nester mit höchstens 18% Feuchtegehalt werden durch Belüftung nachgetrocknet, der Feuchteausgleich erfolgt sicher und in kurzer Zeit.
- Die Kühlung als Ergänzung zur Trocknung senkt die Lagerungsverluste erheblich, die Getreidequalität bleibt erhalten (Kornatmung und Aktivität der Mikroorganismen werden reduziert).
- Die Keimqualität bleibt erhalten.
- Das Lagerungsrisiko wird gesenkt.
- Kühles Getreide verhindert Kondenswasserbildung an den Siloinnenwänden, die zur Schimmelbildung in der Randzone führen kann (wichtig für im Freien aufgestellte Lagerbehälter).

Die Vorteile der Körnerkühlung sind so groß, daß grundsätzlich empfohlen wird, Lagerbehälter mit Kühl-Belüftungseinrichtungen auszurüsten.

B. Einrichtung und Betrieb der Körnerkühlung

Für die Kühlung stehen **zwei Systeme** zur Verfügung:

- Belüftung mit **kalter Außenluft** (nur mit Gebläse).
- Belüftung mit **technisch abgekühlter Luft** (mit speziellem Körnerkühlgerät).

Welches Kühlsystem zur Anwendung kommt, hängt neben der Größe der Anlage auch von den baulichen Gegebenheiten und vor allem von den örtlich gegebenen klimatischen Verhältnissen ab.

1. Belüftung mit kalter Außenluft

Die Körnerkühlung erfolgt durch Einblasen von Kaltluft, deren Temperatur bei hoher Luftfeuchte mindestens 5°C unter der Korntemperatur liegen sollte (grobe Faustregel). Bei 75% relativer Luftfeuchte besteht z. B. ein Feuchtgleichgewicht zwischen Luft und Korn, wenn gleiche Temperatur herrscht und die Kornfeuchte 16% beträgt. Die zulässige Luftfeuchte in Abhängigkeit von der Temperatur geht exakt aus der **Tabelle 1** hervor.

Tabelle 2 gibt einen groben Anhaltspunkt über die Möglichkeiten zur Kühlung ohne Kühlgerät in verschiedenen Regionen unter Angabe der verfügbaren Stunden vom Juli bis Oktober. Die verwendeten Witterungsdaten stammen vom Deutschen Wetterdienst, Zentralamt, Offenbach.

Grundregeln für die Kühlung: Die Frischluft (Außenluft) darf, nachdem sie die Temperatur des Getreides angenommen hat, nur eine relative Feuchte von höchstens 75% haben. Dadurch wird sowohl die Atmung des Getreides als auch das Wachstum der Schimmelpilzflora verhindert; derart belüftetes Getreide bleibt gesund und lagerfest. Als grobe **Faustregel** gilt nach der Tabelle: Ist die Frischluft (Außenluft) um 5°C kälter als das Getreide, dann kann stets unbedenklich belüftet werden. Allerdings ist zu beachten, daß nach begonnener Kühlung unterschiedliche Temperaturen im Lagerbehälter bestehen. Geringere Temperaturen herrschen an der Belüftungsseite, dies ist nach einer Unterbrechung der Kühlung zu berücksichtigen.

Bemerkung zu Tabelle 1: Fällt der Schnittpunkt der waagerechten Zeile (Temperatur des Getreides) mit der senkrechten Spalte (Temperaturdifferenz zwischen Außenluft und Getreide) in ein zahlenfreies Feld, so bedeutet dies, daß mit jeder Luft belüftet werden kann, selbst mit Luft von 100% relativer Feuchte. Je trockener die Außenluft ist, desto günstiger ist die Wirkung auf das Getreide (Trocknungseffekt).

Neben den Kenntnissen über die Einflüsse von Feuchte und Temperatur werden auch technische Hilfsmittel zu einer erfolgreichen Körnerlagerung benötigt.

In jeden Speicher gehören:

- 1 Thermometer für die Außenluft.
- 1 Feuchtigkeitsmesser für die Frischluft (Außenluft).
- 1 Thermometer für das Getreide (Stechthermometer oder elektrisches Fernthermometer).
- 1 Thermometer für die Speicherluft.
- 1 Feuchtigkeitsmesser für die Speicherluft.

Tabelle 1: Kühlung von Lagergetreide mit kalter Außenluft in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte (nach Theimer)

Temperaturunterschied zwischen Frischluft (Außenluft) und Getreide										
	Außenluft kälter als Getreide					±0°	Außenluft wärmer als Getreide			
	-5° und mehr	-4°	-3°	-2°	-1°		+1°	+2°	+3°	+4°
Höchstwerte der relativen Feuchte, der Frischluft (Außenluft) in Prozenten										
-10	-	-	98,2	89,7	82,0	75,0	68,9	62,8	57,6	52,8
-9	-	-	98,0	89,6	81,9	75,0	68,8	62,9	57,6	52,9
-8	-	-	97,8	89,5	81,9	75,0	68,8	63,0	57,8	53,1
-7	-	-	97,7	89,4	81,8	75,0	68,8	63,1	57,9	53,2
-6	-	-	97,6	89,3	81,8	75,0	68,8	63,2	58,0	53,3
-5	-	-	97,5	89,2	81,7	75,0	68,8	63,2	58,0	53,4
-4	-	-	97,2	89,1	81,7	75,0	68,9	63,3	58,1	53,5
-3	-	-	97,1	89,1	81,7	75,0	68,9	63,3	58,3	54,1
-2	-	-	97,0	89,0	81,6	75,0	68,9	63,4	58,9	54,9
-1	-	-	96,8	88,9	81,6	75,0	69,0	64,1	59,7	55,5
+0	-	-	96,5	88,6	81,5	75,0	69,5	64,8	60,3	56,3
+1	-	-	95,4	87,7	80,8	75,0	69,7	64,9	60,5	56,5
+2	-	-	94,2	86,7	80,7	75,0	69,8	65,0	60,6	56,6
+3	-	-	93,3	86,6	80,6	75,0	69,9	65,1	60,8	56,7
+4	-	100,0	92,9	86,5	80,5	75,0	69,9	65,2	60,8	56,7
+5	-	99,6	92,8	86,4	80,5	75,0	69,9	65,2	60,8	56,8
+6	-	99,5	92,7	86,3	80,4	75,0	69,9	65,3	60,9	56,9
+7	-	99,4	92,6	86,2	80,4	75,0	70,0	65,4	61,1	57,0
+8	-	99,2	92,5	86,1	80,3	75,0	70,0	65,5	61,1	57,2
+9	-	98,9	92,3	86,0	80,3	75,0	70,0	65,5	61,2	57,3
+10	-	98,8	92,1	86,0	80,3	75,0	70,1	65,6	61,3	57,4
+11	-	98,6	92,0	86,0	80,3	75,0	70,1	65,6	61,4	57,5
+12	-	98,3	91,9	85,9	80,2	75,0	70,1	65,7	61,5	57,6
+13	-	98,2	91,8	85,7	80,2	75,0	70,2	65,7	61,6	57,7
+14	-	98,0	91,5	85,6	80,1	75,0	70,2	65,8	61,6	57,8
+15	-	97,8	91,4	85,6	80,1	75,0	70,2	65,8	61,7	57,9
+16	-	97,7	91,3	85,5	80,0	75,0	70,2	65,9	61,8	58,0
+17	-	97,6	91,2	85,5	80,0	75,0	70,3	65,9	61,9	58,1
+18	-	97,3	91,1	85,4	80,0	75,0	70,3	66,0	62,0	58,2
+19	-	97,1	91,0	85,3	79,9	75,0	70,3	66,0	62,0	58,3
+20	-	97,0	90,9	85,2	79,9	75,0	70,4	66,1	62,1	58,4
+21	-	96,8	90,8	85,2	79,9	75,0	70,4	66,1	62,2	58,4
+22	-	96,7	90,7	85,1	79,9	75,0	70,4	66,2	62,2	58,5
+23	-	96,5	90,6	85,0	79,8	75,0	70,4	66,2	62,3	58,6
+24	-	96,4	90,5	84,9	79,8	75,0	70,5	66,3	62,4	58,7
+25	-	96,3	90,4	84,9	79,8	75,0	70,5	66,3	62,4	58,8
+26	-	96,1	90,3	84,8	79,7	75,0	70,6	66,4	62,5	58,9
+27	-	96,0	90,2	84,7	79,7	75,0	70,6	66,4	62,5	58,9
+28	-	95,8	90,1	84,6	79,7	75,0	70,6	66,5	62,6	59,0
+29	-	95,7	90,0	84,6	79,6	75,0	70,6	66,5	62,7	59,1
+30	-	95,5	89,9	84,6	79,6	75,0	70,6	66,6	62,7	59,1

Tabelle 2: Regionale Möglichkeiten zur Kühlung mit Außenluft

Meßstation	Zahl der monatlich verfügbaren Kühlbelüftungsstunden; Kühlung bis 10° C (5° C) bei 75 % oder 85 % relativer Luftfeuchte							
	Juli		August		September		Oktober	
	75 %	85 %	75 %	85 %	75 %	85 %	75 %	85 %
Aachen	2,8(0)	16,2(0)	0,8(0)	10,2(0)	15,4(0,3)	60(1,1)	81,7(6,8)	205(31)
Braunschweig	1,4(0)	15,0(0)	0,4(0)	9,7(0)	20,1(0,7)	75(3,7)	84,2(11,3)	219(43)
Bremen	2,1(0)	23,4(0)	0,7(0)	17,3(0)	14,1(0,1)	75(3,8)	67,9(9,3)	213(39)
Ffm.-Stdt.	4,0(0)	10,4(0)	2,3(0)	11,0(0)	17,3(0,2)	68(3,3)	96,1(13,2)	239(51)
Hmb.-Fuhlsb.	1,4(0)	10,1(0)	0,6(0)	7,9(0)	14,4(0,3)	55(2,2)	69,0(8,8)	204(37)
Hannover	2,7(0)	18,6(0)	1,8(0)	17,1(0)	19,2(0,5)	76(3,8)	75,2(9,1)	213(40)
Kassel	3,7(0)	19,0(0)	0,6(0)	13,9(0)	17,2(0,3)	72(3,5)	84,8(10,4)	233(47)
Kiel	1,8(0)	13,3(0)	0,9(0)	9,5(0)	19,2(0,3)	63(2,2)	81,0(8,2)	220(27)
Lübeck	1,3(0)	12,4(0)	0,8(0)	9,0(0)	14,8(0,5)	62(2,1)	64,2(8,4)	201(34)
Münch.-Riem	6,0(0)	29,0(0)	4,0(0)	31,2(0)	31,5(1,9)	101(10,6)	99,1(17,6)	246(75)
Münster	1,4(0)	13,1(0)	0,7(0)	6,6(0)	12,8(0)	46(1,7)	63,7(9,2)	173(32)
Bad Salzufl.	0,8(0)	9,2(0)	0,4(0)	4,6(0)	12,0(0)	47(0,8)	65,5(6,2)	179(23)
Schleswig	2,4(0)	19,9(0)	2,0(0)	12,6(0)	18,7(0,5)	68(3,2)	65,1(9,5)	176(32)
Stgt.-Hohenh.	4,8(0)	19,6(0)	2,0(0)	17,3(0)	28,7(0,6)	71(4,0)	95,6(17,6)	210(61)
Würzburg	3,9(0)	15,7(0)	1,1(0)	8,9(0)	21,6(0,7)	60(2,8)	96,0(15,6)	214(49)

Besonders im süddeutschen Raum ist durch die große Stundenzahl mit niederen Temperaturen in den Monaten September und Oktober die billige Kühlung nur mit Außenluft und Gebläse möglich; das gilt zumindest für die kleineren Anlagen.

Um eine stärkere Unabhängigkeit von der Witterung zu erreichen, ist besonders bei großen Lagerungsanlagen die Anschaffung eines speziellen Körnerkühlgerätes sinnvoll. Dann ist auch eine kostensenkende hohe Auslastung möglich, insbesondere in ungünstigen Klimatalagen. Die zusätzliche Nutzung für die Feuchtgutannahme in der Erntezeit kann eine weitere Kostensenkung mit sich bringen.

In günstigen Klimatalagen und bei kleineren Lagerungsanlagen genügen auch einfache Gebläse zur Abkühlung des Getreides mit kalter Außenluft. Die Preise entsprechender Gebläse sind in **Tabelle 3** zusammengefaßt.

Tabelle 3: Gebläse zur Kühlung von Getreide mit kalter Außenluft
(Durchschnittswerte; unverb. empf. Richtpreise, Stand März 1990)

Elektrischer Anschlußwert in kW	Lüfterleistung m³/h gegen 10 mbar	Kühlleistung 10° Temperatur-differenz t/24 h	Preise für Gebläse und Motor in DM (ohne Mehrwertst.) (± 30 %)
1	1500	25	2.200,-
2	3000	50	2.400,-
3,5	6000	100	2.600,-
6	10000	165	3.300,-

Die Kühlleistung wurde bewußt niedrig angesetzt, da u. U. mit relativ feuchter Außenluft gerechnet werden muß, die keinen zusätzlichen, die Kühlung unterstützenden Trocknungseffekt im Kühlbehälter zuläßt. Bei günstiger Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit können um 30 bis 50 % höhere Kühlleistungen erzielt werden, als in **Tabelle 3** angegeben sind.

2. Belüftung mit technisch abgekühlter Luft

Schon wegen des angestrebten, möglichst hohen Kühleffektes wird versucht, eine möglichst niedrige Außenlufttemperatur zu nutzen. Dadurch besteht gerade in trockenen Klimagebieten kaum die Gefahr der Anfeuchtung des Erntegutes. Allerdings gibt es in feuchten Regionen Probleme mit der Nutzung reiner Außenluft zur Kühlung, insbesondere bei größeren Betrieben. **Tabelle 4** zeigt, unter welchen Voraussetzungen die Außenluft nicht mehr ausreicht und die Anschaffung spezieller Kühlgeräte sinnvoll ist.

Tabelle 4: Notwendigkeit eines speziellen Körnerkühlgerätes bei verschiedenen Betriebsvoraussetzungen u. unterschiedlichen Klimlagen

Betriebssituation	Klimalage	
	feucht-warm	trock.-kalt
Betrieb mit ca. 50 ha Getreide und ausreichender Trocknerleistung	0	-
Betrieb mit ca. 150 ha Getreide und ausreichender Trocknerleistung	+	0
Betrieb mit ca. 50 ha Getreide und knapper Trocknerleistung (wenn Kühlgerät, dann möglichst überbetrieblich)	+	0
Betrieb mit ca. 150 ha Getreide und knapper Trocknerleistung (bzw. ohne Trockner)	++	+
Betrieb mit ca. 50 ha Getreide ohne Trockner mit Eigenverwertung des Getreides oder Verkaufsgetreide	++	0

++ = Kühlgerät dringend nötig 0 = nicht unbedingt nötig, aber vorteilhaft
 + = Kühlgerät empfehlenswert - = Kühlgerät überflüssig

Funktion des Körnerkühlgerätes

Ein Körnerkühlgerät arbeitet im Prinzip wie ein Kühlschrank. Durch den gekühlten Teil, der als Luftwärmetauscher ausgebildet ist, wird mit einem Radialgebläse Außenluft gedrückt, die auf etwa 5°C herabgekühlt wird. Die Kaltluft wird in das Verteilsystem des Lagerbehälters geblasen. Die vom Kühlgerät abgegebene Wärme wird entweder ins Freie geblasen oder aber genutzt, z. B. zur Leistungssteigerung bzw. Senkung des Energiebedarfs eines Trockners, der die warme Abluft des Kühlgerätes ansaugt. Das Funktionsschema der Luft- und Kornabkühlung zeigt **Bild 1**.

Körnerkühlgeräte sind meist auf Fahrgestelle montiert, damit sie sowohl im überbetrieblichen Einsatz als auch innerhalb weitläufiger Lagerungsanlagen an verschiedenen Stellen eingesetzt werden können.

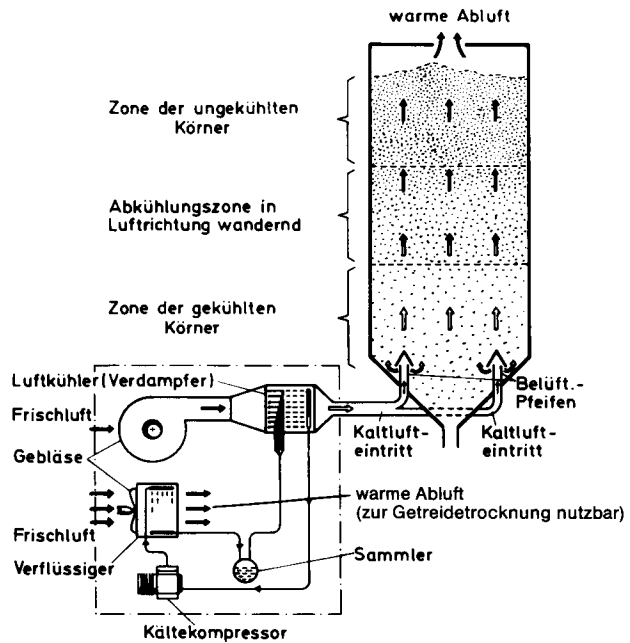


Bild 1: Funktionsschema der Luft- und Kornabkühlung

Tabelle 5: Leistungsbedarf, Leistung und Preis von Körnerkühlgeräten (Firmenangaben; unverb. empf. Richtpreise, Stand März 1990)

Elektrischer Anschlußwert in kW	Mittlere Leistung in t/24 h	Max. Leistung (günst. Bedingungen) in t/24 h	Preis DM ohne MWSt. unverpackt ab Werk
6,0	30 – 35	bis 60	23.000,-
10,5	55 – 65	bis 110	36.500,-
17,1	95 – 110	bis 160	48.000,-
46,0	180 – 200	bis 320	79.000,-
72,0	330 – 340	bis 550	145.000,-

3. Verteilung der Kaltluft im Lagerraum

Die Luftverteileranlagen und die Belüftungsraten sind bei beiden Kühlsystemen gleich. **Zur Absenkung der Korntemperatur um 10°C sind 1000 bis 2000 m³ kalte Luft je t trockenes Getreide nötig (abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen Korn und Kühlluft).** Die Luftgeschwindigkeit, auf den freien Lagerquerschnitt bezogen, muß zwischen 0,01 bis 0,05 m/s liegen (höhere Werte für feuchtes Gut, geringe Lüfrate für trockenes Gut und Kühlgerät). Aus dieser Faustzahl läßt sich durch Multiplikation mit der Lagergrundfläche auf einfache Weise die notwendige Gebläseleistung errechnen. Es ist zu beachten, daß bei größeren Schütthöhen der Strömungswiderstand, der vom Gebläse überwunden werden muß, erheblich ansteigen kann. Er verläuft proportional zur Lagerhöhe.

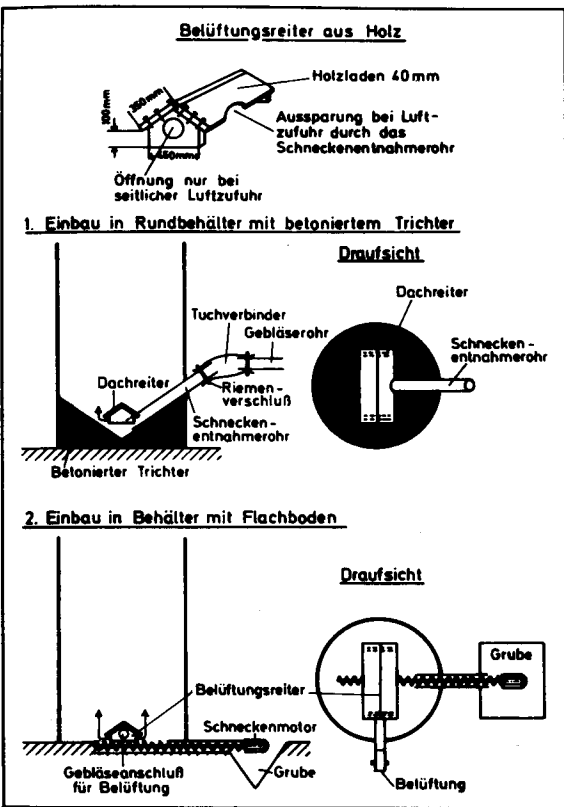


Bild 2: Einbaumöglichkeiten eines Belüftungsreiters in ein Silo

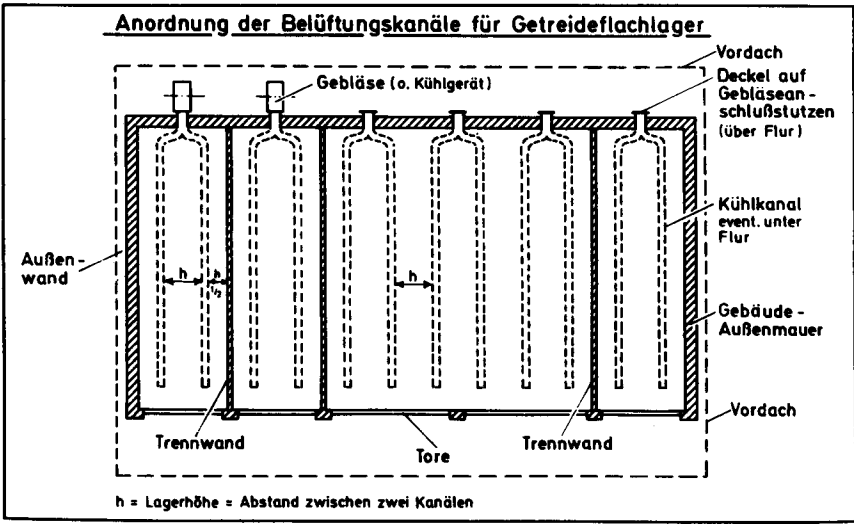


Bild 3: Verteilung von Belüftungskanälen für eine Hallenlagerung (Draufsicht)

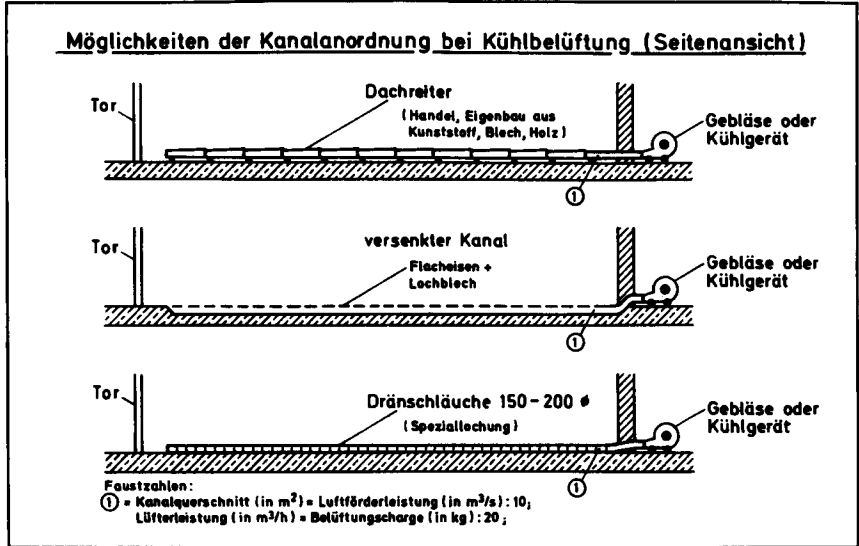


Bild 4: Seitenansicht verschiedener Belüftungskanäle für die Hallenlagerung

Bei Trockengut mit hohen Temperaturen sollte ein Kühlgang weniger als 14 Tage dauern. Feuchtes Gut muß je nach Feuchtegehalt noch schneller gekühlt werden. Für den Abstand der Belüftungskanäle gelten folgende Faustzahlen: Bei **Hochsilolagerung** werden je 5 m Behälterdurchmesser 1 Belüftungskanal eingesetzt. Bei der **Hallenlagerung** werden die Kanalabstände mit der Lagerhöhe gleichgesetzt. Der Abstand von der Seitenwand beträgt die halbe Lagerhöhe. Der Kanalquerschnitt wird so dimensioniert, daß eine Luftgeschwindigkeit von 10 m/s nicht überschritten wird. Bei Neubau von Hallenlagern wird die Versenkung der Kanäle in den Boden empfohlen, um die Befahrbarkeit ohne Kanalabbau zu erhalten. Die spezifische Wärme von Getreide beträgt 0,5 Kcal/Kg · grad, von Luft 0,25 Kcal/Kg · grad (= 1KJ/Kg · K). Es werden also mindestens 2 Kg Luft (etwa 2 m³) benötigt, um 1 Kg Getreide um die Temperaturdifferenz zwischen Luft und Getreide abzukühlen.

4. Beispiel zur Dimensionierung einer Anlage

Gegeben ist eine Einzelbox mit einer Grundfläche von 10 x 8 m; die Schichthöhe soll 4 m betragen. Es liegt trockenes Gut mit 16 % vor.
 Gebläsemindestleistung: $0,02 \text{ m/s} \cdot 80 \text{ m}^2 = 1,6 \text{ m}^3/\text{s} = 5760 \text{ m}^3/\text{h}$
 Kanalabstand: 4 m; Wandabstand: 2 m;
 Kanalquerschnitt:
 Bei den Kanälen am Lufteintritt: $F = 1,6 \text{ m}^3/\text{s} : 10 \text{ m/s} = 0,16 \text{ m}^2$
 Querschnitt je Kanal am Lufteintritt: 0,08 m²; zwei Kanäle; eine Querschnittverjüngung über die Kanallänge ist nicht notwendig.

5. Hinweise zur Körnerkühlung

Die Erhaltung der Getreidequalität ist abhängig von der Temperatur und dem Feuchtegehalt. Grundsätzlich bringt eine baldige Kühlung geringere Verluste, vom

Getreidezustand abhängig. Die Notwendigkeit einer baldigen Kühlung nimmt mit dem Feuchtegehalt und der Temperatur zu. **Betriebe mit reiner Außenluftkühlung sollten ihre Gebläse über Thermostate schalten**, damit nachts auftretende Kaltluft automatisch genutzt wird. Die Thermostateinstellung muß allerdings auf die Korntemperatur abgestimmt werden, die über Fernthermometer oder Steckthermometer in den Silos kontrolliert werden sollte. Die Thermostateinstellung erfolgt entsprechend der Tabelle 1 oder grundsätzlich 5° C unter der Korntemperatur (zur Sicherheit gegen Kornanfeuchtung). Hygrostate im Saugkanal des Gebläses können das Einblasen zu feuchter Luft verhindern.

Spezielle Körnerkühlgeräte erlauben die Kühlung bei jeder Witterung. Durch automatische Abschaltung des Kühlsystems bei ausreichend kalter Außenluft wird die Kühlung fortgesetzt, jedoch erheblich Energie eingespart (bis zu 50 %). Durch die sogenannte „Hygrothermschaltung“ wird bei vollem Kühlbetrieb die relative Luftfeuchte des Kaltluftstroms reguliert; dabei wird der Luftstrom mindestens so weit aufgeheizt, daß die relative Luftfeuchte unter 65 % liegt. Die Kühlung des Getreides läuft so lange, bis die Ablufttemperatur (aus dem Lagerbehälter) 1 bis 2° C über der Kühllufttemperatur liegt. Wichtig ist die Temperaturkontrolle aller Lagerbehälter. Sobald ein Temperaturanstieg um über 10° C festgestellt wird, muß sofort nachgekühlt werden. Die Nachkühlintervalle sind vom Feuchtegehalt abhängig. Als grobe Richtlinie gelten die Daten in **Tabelle 6**.

Tabelle 6: Grobe Richtwerte zur Nachkühlung (nach Boser)

Feuchtegehalt	Zeit zur ersten Nachkühlung
12,0 bis 15,5 % H ₂ O	ca. 8 bis 12 Monate
15,5 bis 17,5 % H ₂ O	ca. 6 bis 10 Monate
17,5 bis 18,5 % H ₂ O	ca. 4 bis 6 Monate
18,5 bis 20,0 % H ₂ O	ca. 1 bis 4 Monate
bis 23,0 % H ₂ O	ca. 2 bis 8 Wochen
bis 25,0 % H ₂ O	ca. 1 bis 2 Wochen
über 30,0 % H ₂ O	möglichst Dauerkühlung

Die Temperaturkontrolle gibt letztlich den Ausschlag über den notwendigen Einsatz der Kühlung. Eine weitere Wiedererwärmung tritt bei feuchtem Getreide sicher ein, sodaß ein erneuter Kühlgang erfolgen muß. Exakte Angaben über die Kühlintervalle sind nicht möglich, da viele Einflüsse bestehen wie: Getreideart, Reifegrad, Mikrobenanteil, Verunreinigungsgrad, Temperaturhöhe und Lagerform. **Mit jedem Kühlgang ist ein gewisser Wasserentzug verbunden.** Dieser ist umso größer, je tiefer die relative Luftfeuchte der Kühlluft unter der Gleichgewichtsfeuchte des Getreides liegt. Bei Feuchtegehalten um 17 % ist mit einem **Feuchtegehaltsabfall um 0,5 bis 1 % je Kühlgang zu rechnen.**

Besondere Vorsicht bezüglich der Wiedererwärmung ist bei Feuchtzellen nötig, die vor Trocknungsanlagen angeordnet sind. Mehrere Temperaturmeßstellen sind empfehlenswert. Neben den Temperaturanzeigen sollte auch der Abluftzustand bei einer Kontrollkühlung beobachtet werden. Temperatur, Feuchtegehalt und Geruch der Abluft geben Hinweise auf die Notwendigkeit eines erneuten Kühlganges.

C. Die Wirtschaftlichkeit der Körnerkühlung

– Mit Körnerkühlgerät:

Der durch den Einsatz von Körnerkühlgeräten erzielbare Nutzen läßt sich nicht exakt und allgemeingültig bestimmen. Die Wirkung der Körnerkühlgeräte erstreckt sich von der Vermeidung von Totalverlusten bis zu geringfügiger Senkung der Atmungsverluste bei sehr trockenem Getreide.

Eine Verlustsenkung um nur 0,8 % bedeutet bei einem Getreidepreis von 500,- DM/t eine jährliche Einsparung von 4,00 DM/t Lagergut. Die Kosten eines Kühlganges bei einem gut ausgelasteten Körnerkühlgerät liegen bei etwa 4,60 DM/t. Dieser Betrag liegt noch unwesentlich über der mindestens erzielten Verringerung der Qualitätsverluste, die oben mit 4,00 DM/t angegeben wurde. Im allgemeinen wird mit einem höheren Betrag durch Vermeidung von Qualitätseinbußen zu rechnen sein. Bei einer Mindestkühlmenge von 600 t Getreide für ein 30-t-Kühlgerät (s. Tabelle 5) liegen die Kosten (2 Kühlgänge) bei 6,00 DM/t. Bei nur 300 t Kühlgetreide pro Jahr bleiben die Kosten mit etwa 10,- DM/t noch im wirtschaftlich tragbaren Rahmen (10 Tage Geräteauslastung/Jahr).

Beispiel einer Wirtschaftlichkeitsberechnung:

Kühlgerät – 6 kW – und Luftverteiler, Anschaffungspreis	DM	24.000,00
Jährliche Getreidemenge	t	600
Kapitalkosten für Gerät und Verteiler pro Jahr*)	DM	2.400,00
Kapitalkosten für Gerät und Verteiler pro t	DM	4,00
Energie- und Arbeitskosten (2 x Köhlen) pro t	DM	2,00
Gesamtkosten pro t	DM	6,00

*) 15 Jahre Nutzungsdauer, 7 % Zinsanspruch vom halben Neuwert.

– Mit Gebläse und kalter Nachluft:

Billiger ist die Abkühlung mit kalter Außenluft, wobei allerdings nochmals darauf hingewiesen sei, daß sie nur in Jahren mit günstiger Witterung und in geeigneten Regionen sicher durchführbar ist und bei größeren Partien mit Feuchtegehalten über 16 % einen großen Risikofaktor enthält. Die Belüftung mit kalter Außenluft führt zu Kosten von max. 1,50 DM/t wobei folgende Unterstellungen getroffen wurden: Gebläseantrieb 2,00 kWh/t mit 0,26 DM/t und Kapitalkosten von 1,00 DM/t. Zur gleichmäßigen Kühlung sollte das Getreide gereinigt eingelagert werden.

D. Literatur zur weiteren Information:

1. „Kühlkonservierung von Getreide“, Sonderdruck, Mühlenanzeiger 13/14, 1975
F. Boser
2. „Erfahrungen bei der Kühlung und Silierung von Getreide“, RKL-Schrift 4.3.1.1. (1976). H. v. Keiser, Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft, Holstenstraße 106, 2300 Kiel
3. „Technik bei Anbau, Ernte und Konservierung von Mais“ – KTBL-Flugschrift 19, KTBL-Schriftenvertrieb, Postfach 480210, 4400 Münster
4. „Erfahrungen mit der Körmerkühlung in Verbindung mit einer Trocknung bzw. ohne Trocknung“ – RKL-Schrift 4.3.1.1 (1979)
5. „Senkung der Heizölkosten durch Kombination von Trocknung und Kühlung“ Zeitschrift „Die Mühle + Mischfuttertechnik“, Heft 28/1981
Verlag M. Schäfer, Postfach 450, 4930 Detmold.
6. „Trocknung von Getreide, Körnermais und Raps im landwirtschaftlichen Betrieb“, – DLG-Merkblatt Nr. 230/1990 und DLG-Manuskript Nr. 068/1987



Über die zur Zeit DLG-anerkannten Maschinen, Geräte und Einrichtungen für die Förderung, Reinigung und Lagerung von Getreide liegen Prüfberichte vor, die in Sammelbänden zusammengefaßt oder auch einzeln vom DLG-Fachbereich Landtechnik, Zimmerweg 16, 6000 Frankfurt/M. 1, bezogen werden können.

Herausgegeben von der
Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft
Zimmerweg 16, 6000 Frankfurt am Main 1
– Fachbereich Landtechnik –

Ausschuß für Technik in der pflanzlichen Produktion
Bearbeitet von Dr. A. Strehler, Landtechnik Weihenstephan