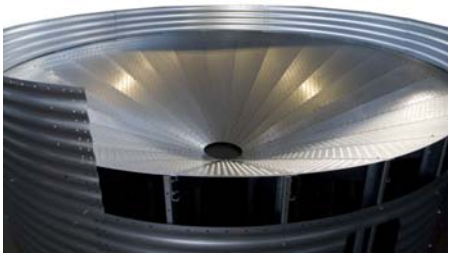
BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Entleerungslösungen für Rundsilos

Fegeschnecken



Einbautrichter mit Düsenblech

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

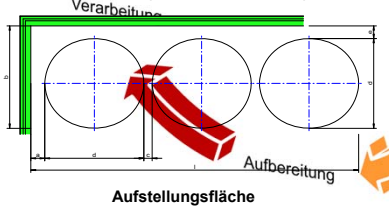
Rundsilo im Innenbereich sinnvoll?

- Raumbedarf ?
- Raumkosten ?
- Technische Einbindung?

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Getreidelagerung

Raumnutzung bei Rundsiloanlagen



Aufstellungsfläche

$$A = l \times b = [a + n \times d + (n-1)c] \times (a + d)$$

Nutzbare Fläche

$$A_0 = n \times \frac{d^2 \times \pi}{4}$$

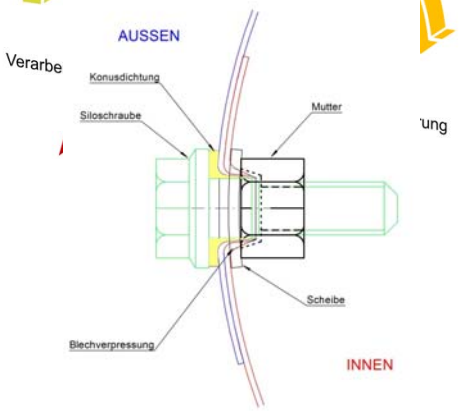
Lagerform		Anforderungen / Problematik
Bodenlagerung	Hallenlagerung	Verschmutzung vermeiden, kein Kontakt mit Betriebsmitteln, Abgrenzung von der restlichen Lagerfläche, Belüftung in ausreichender Form, am besten eine Halle für das Getreide, Sicherung gegen Ungeziefer schwierig, hoher Platz und Investitionsbedarf, in Gebäude und Fördertechnik
	Getreideboden	Ungünstige Lagerorte mit unzureichendem Lagerklima, Uöngezieferfreiheit kaum zu gewährleisten, Größenbegrenzung. Heute unbedeutend. Hygienemaßnahmen sind nur sehr schwer durchführbar (Schädlingsbekämpfung)
	Boxenlagerung	Verschmutzung vermeiden, kein Kontakt mit Betriebsmitteln, Abgrenzung von der restlichen Lagerfläche, Belüftung in ausreichender Form, Sicherung gegen Ungeziefer schwierig möglich, hoher Investitionsbedarf, in Gebäude und Fördertechnik.
Silolagerung innen	Rechtecksilos	Gute Volumennutzung in Gebäuden durch große Lagerhöhen und Grundflächenanpassung, gute Möglichkeiten der Konservierung und Gesunderhaltung der Lagerware, Wahrung der Getreidehygiene da eine klare Abgrenzung zu Betriebsmitteln und der restlichen Lagerfläche. Nachteilig ist der hohe Investitionsbedarf. Leichte Belüftung und Trocknung.
	Rundsilos innen	Geringer Investitionsbedarf, jedoch schlechte Raumausnutzung durch die Zylinderform. Interessant wenn vorhandene Gebäude nicht mehr genutzt werden können, bei Gebäudeneubauten nicht rentabel. Gute Hygieneeinhaltung und Gesunderhaltung der Lagerware
Silolagerung außen	Rundsilos und Dammwandsilo außen	Gutes Leistungsverhältnis bei Neuinvestionen, optimale Hygiene, hohe Anforderungen an Konstruktion und Statik um Umwelteinflüssen stand zu halten. Hohe Anforderungen an die Fördertechnik bezüglich der Abdichtung. Gute Belüftungsmöglichkeiten.

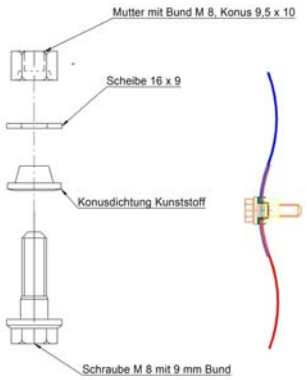
Konservierung

Stefan Jehle, Dipl.-Ing.agrar (FH)

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

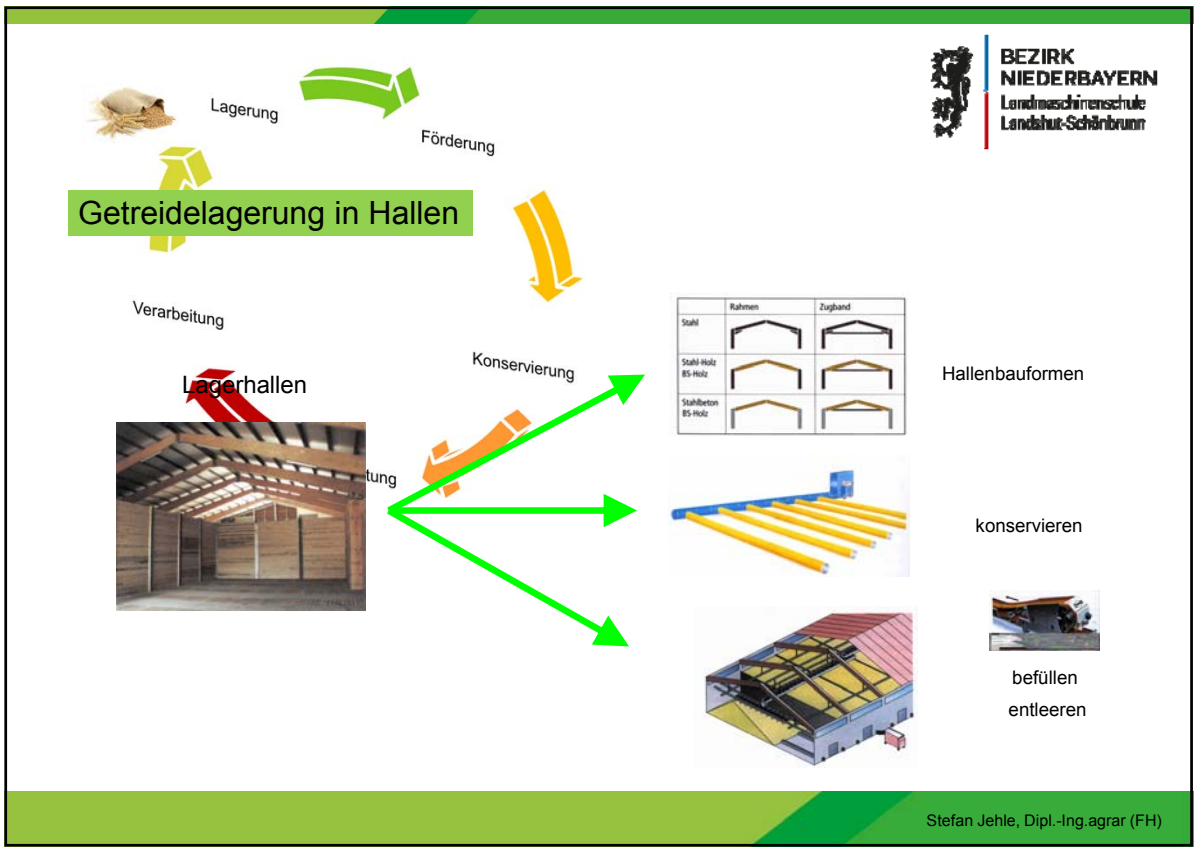
Verschraubung und Abdichtung

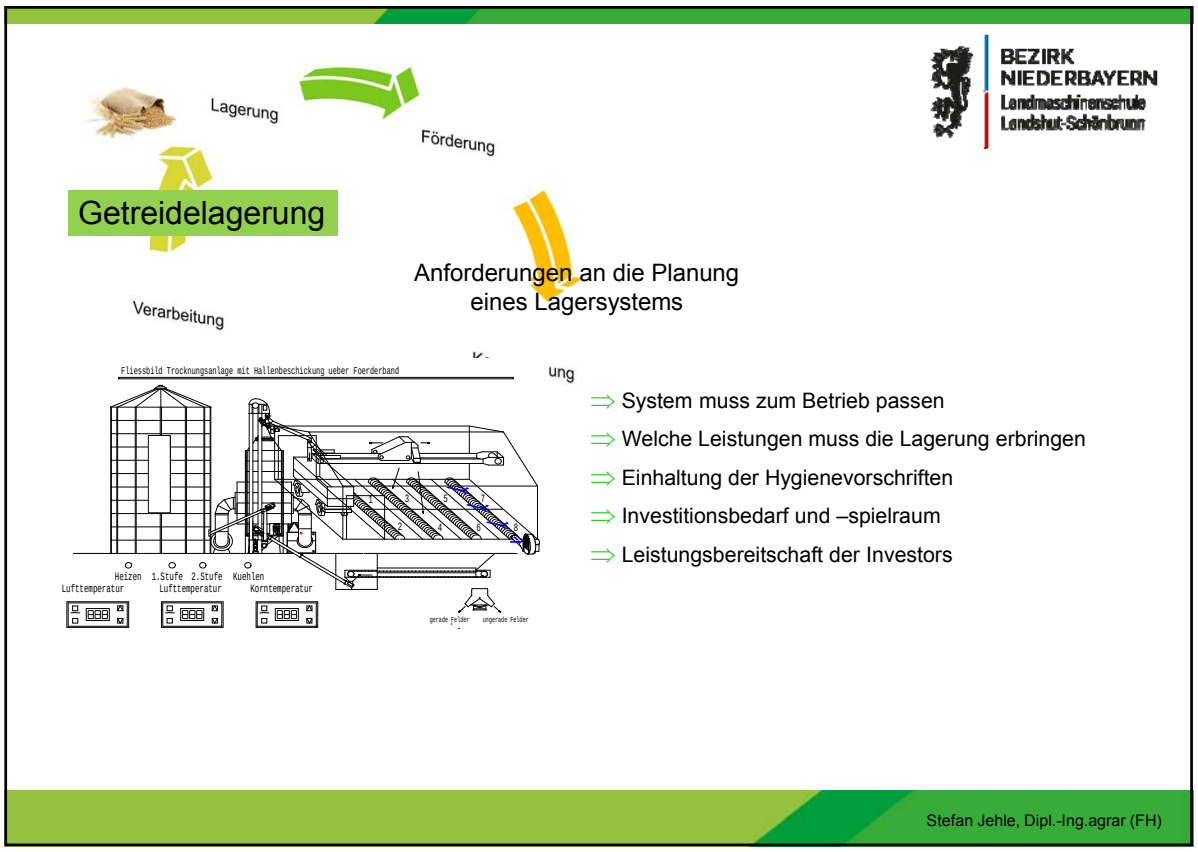


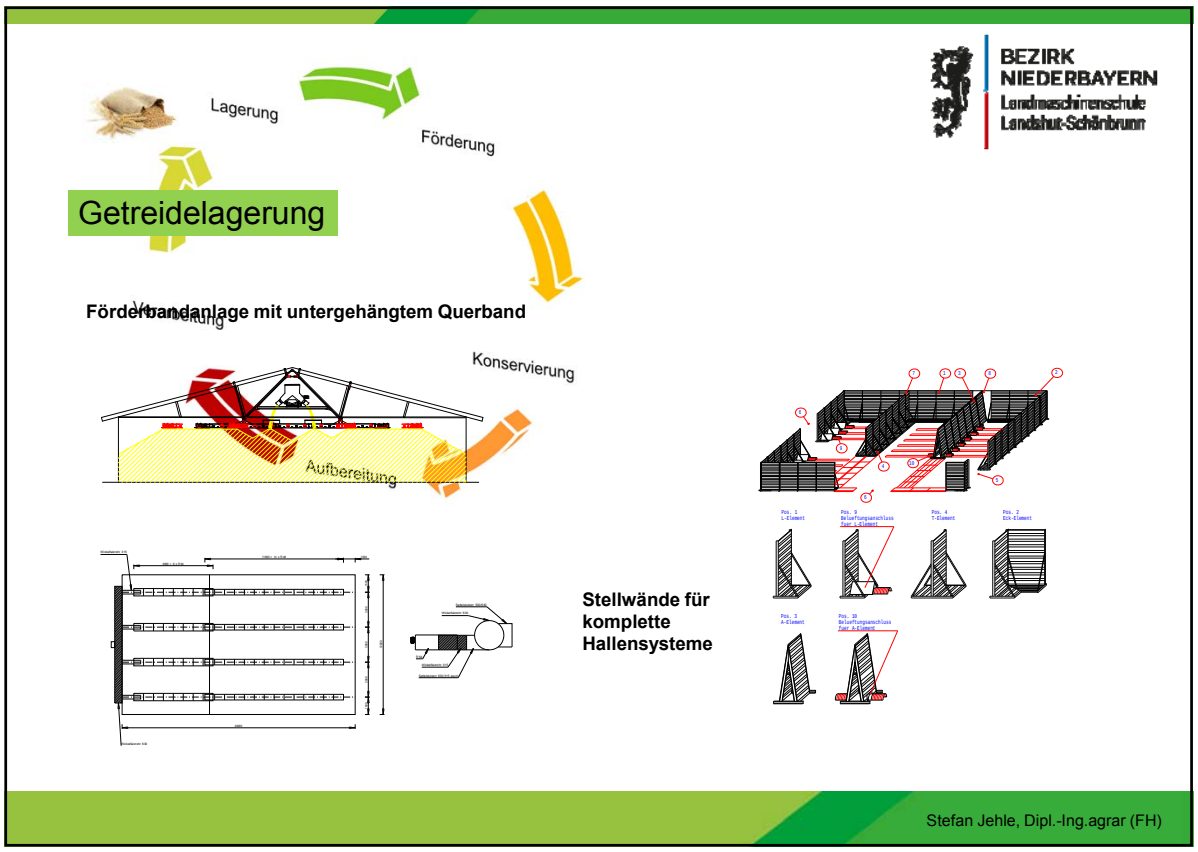


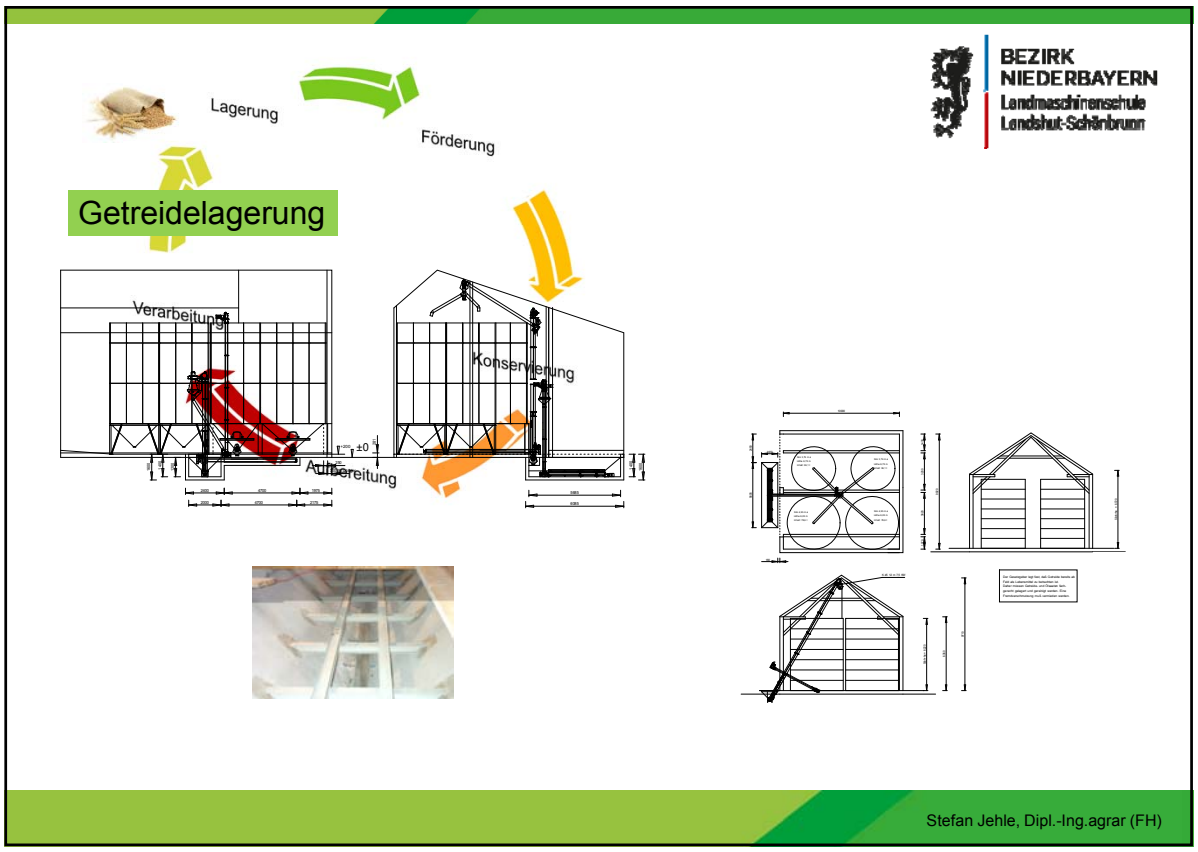
Günstig sind Schrauben mit Bund!

Stefan Jehle, Dipl.-Ing.agrar (FH)


BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn
Lagerung
Förderung
Getreidelagerung in Hallen
Verarbeitung
Konservierung
Lagerhallen
Hallenbauformen
konservieren
befüllen
entleeren
Stefan Jehle, Dipl.-Ing.agrar (FH)


BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn
Lagerung
Förderung
Getreidelagerung
Anforderungen an die Planung eines Lagersystems
Verarbeitung
Fliessbild Trocknungsanlage mit Hallenbeschickung ueber Foerderband
Heizen
1.Stufe
2.Stufe
Kuehlen
Lufttemperatur
Lufttemperatur
Korntemperatur
gerade Felder
ungerade Felder
System muss zum Betrieb passen
Welche Leistungen muss die Lagerung erbringen
Einhaltung der Hygienevorschriften
Investitionsbedarf und –spielraum
Leistungsbereitschaft der Investors
Stefan Jehle, Dipl.-Ing.agrar (FH)


Lagerung
Förderung
Getreidelagerung
Förderbandanlage mit untergehängtem Querband
Konservierung
Aufbereitung
Stellwände für komplette Hallensysteme
BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn
Stefan Jehle, Dipl.-Ing.agrar (FH)


Lagerung
Förderung
Getreidelagerung
Verarbeitung
Konservierung
Aufbereitung
BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn
Stefan Jehle, Dipl.-Ing.agrar (FH)

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Grundvoraussetzungen für eine sichere Lagerung und Gesunderhaltung von Getreide sind demnach:

- **Lagergerechter Feuchtigkeitsgehalt der Körner < 14,5 %**
- **Lagergerechte Temperatur der Körner 8 – 10 ° C**
- **Geringer Schwarzbesatz**
- **Kein Schädlingsbesatz**
- **Kornbeschädigungen < 4 %**

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Getreidekonservierungsmethoden

LUFT

Das vielfältigste Konservierungsmittel

Belüftung | **Belüftungstrocknung** | **Warmlufttrocknung**

Voraussetzungen

- Verteilung
- Gegendruck
- Luftmenge
- Frucht

Lagerung → Förderung

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Getreidekonservierungsmethoden - Überblick

Minimalbelüftung	Temperaturerhaltung des Getreidestapels nach der Trocknung des Getreides
Belüftung	Temperatursenkung des Getreides nach der Trocknung oder dem Mähdrusch auf Lagertemperatur ohne Feuchteentzug
Belüftungstrocknung	Langsamer Feuchteentzug im Getreide durch Nutzung konditionierter Außenluft mit anschließender Lagertemperatursenkung
Warmlufttrocknung	Schneller Wasserentzug durch die Beaufschlagung mit Warmluft.
Chemische Konservierung	Konservierung des Getreides durch den Einsatz von Konservierungsmitteln wie Propionsäure oder Harnstoff.
Technische Kühlung	Kühlung des Getreides mittels eines Kühlaggregats mit konditionierter Luft

Lagerung → Förderung

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Minimalbelüftung:

Luftrate m³/h je m³ Getreide	Max. Lufttemperatur ° C	Gegendruck im Stapel Pa / mm WS	Stapelhöhe m
8 - 12	7 ° C unter Getreidetemperatur	max. 100 / 10	20 - 25

Geeignet für konditioniertes Getreide im gewerblichen Lagerbereich

Genaue Vorgaben für Konditionierung für handelsfähige Ware sind erforderlich!

Geeignete Luftverteilsysteme

Bedingt Dränschläuche

Belüftungskanäle halbrund

Belüftungskanäle unterflur und befahrbar

Belüftungskanäle teleskopierbar

Bildquelle: Fritzen, schmelzer, Waltinger

Lagerung

Förderung

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Belüftung

Luftrate m³/h je m³ Getreide	Max. Lufttemperatur ° C	Gegendruck im Stapel Pa / mm WS	Stapelhöhe m
20 - 25	7 ° C unter Getreidetemperatur	max. 200 / 20	-15

Geeignet für Druschgetreide im landwirtschaftlichen Lagerbereich

Mähdruschgetreide bei exakter Ernte oder Vorreinigung durch Windsichter

Geeignete Luftverteilsysteme

Belüftungskanäle halbrund

Belüftungskanäle unterflur und befahrbar

Belüftungskanäle teleskopierbar

Bildquelle: Schmelzer, Wallinger

Lagerung

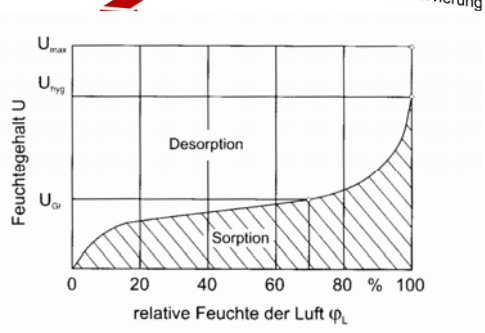
Förderung

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Belüftungstrocknung

Warum Belüftungstrocknung? Wie funktioniert das?

Belüftungstrocknung nützt das hygroskopische Verhalten des Getreides:



Zwischen Luft und Getreide bildet sich ein Feuchtegleichgewicht.

Getreide- und rel. Luftfeuchte pendeln sich auf eine Gleichgewichtswert ein.

Entnehmen kann man diesen Wert aus der Sorptionsisotherme des Schüttgutes

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Lagerung → Förderung

Belüftungstrocknung

Luftrate m³/h je m³ Getreide	Max. Lufttemperatur ° C	Gegendruck im Stapel Pa / mm WS x m	Stapelhöhe m
75 - 100	18 - 22 ° C	max. 400 - 500 / 40 - 50	5 (Raps 3 m)
Rel. Luftfeuchte max. %	Luftvorwärmung max. ° C	Trocknungsdauer Tage	Einlagerungsfeuchte
65	7	10 - 14	Max. 22 %
Luftgeschwindigkeit im Stapel	Ca. 0,03 m/s		
Wasserentzugsmenge	Voraussetzungen:		
0,5 % / 24 h BLD	Genaue Berechnung der Trockenluftmengen, richtige Kanalquerschnitte, passend zu Gebläse wählen, Heizquelle mit einer Differenzsteuerung für die Temperatur und die Luftfeuchte verwenden Möglichkeit der pneumatischen Lagerrestentleerung einbeziehen!		

Geeignet für Druschgetreide im landwirtschaftlichen Lagerbereich

Mähdruschgetreide bei exakter Ernte oder Vorreinigung durch Windsichter

Geeignete Luftverteilsysteme

Belüftungskanäle halbrund

Belüftungskanäle unterflur und befahrbar

Belüftungskanäle teleskopierbar

Luftverteilung mit pneumatischer Restentleerung

Bildquelle: Sschmelzer, Wallinger, Kongskilde, Westerby

Stefan Jehle, Dipl.-Ing.agrar (FH)

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Lagerung → Förderung

Belüftungstrocknung

Einlagerungmöglichkeiten

Verarbeitung

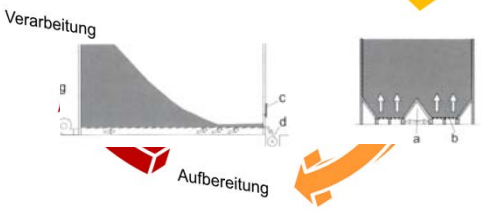
Vorteile	Nachteile
Sehr hohe Annahmeleistungen bei feuchtem, erntefrischen Getreide	Längere Trocknungsdauer
Geringeres Investitionen als beim Warmlufttrockner	Schlechter Kontrolle der Kornfeuchte in der trockenen Ware
Niedrige Energiekosten	Höhere Trockenmassenverluste
Keine Terminbindung für Trocknung	Rahmen für Feuchteentzug relativ klein
Schonende Trocknung	Nicht für großkörnige Früchte geeignet

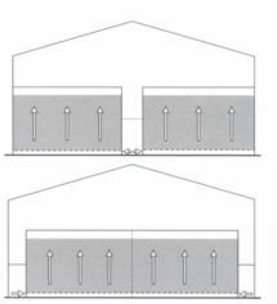
5 m	Getreide 18 %
4 m	Getreide 20 %
3 m	Getreide 24 %
2,7 m	Raps 12 % !Getreide 30% !
2 m	Grassaat 25 % Raps 15 %
1,5 m	Raps 20 %
1 m	Grassaat 30 %

Stefan Jehle, Dipl.-Ing.agrar (FH)

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Belüftungstrocknung und pneumatische Restentleerung





Grundsätze für die Belüftungstrocknung und pneumatische Restentleerung:

Kanalabstände max. 1,0 m für eine gleichmäßige Luftverteilung

Je m² Luftaustritts- oder Entleerungsfläche werden mind. 2000 m³/h Luft benötigt.

Entleerungslänge im Regelfall max. 5 m.

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Belüftungstrocknung

Was ist wenn.....

Verarbeitung

Die Luftfeuchte zu hoch ist:

- Die Luft kann technisch um 7 K vorgewärmt werden.
  Die rel. Luftfeuchte sinkt je 1° Anwärmung um 5 %,
  d. h. bei 90 % rel. LF erreichen wir 55 % rel. LF

servierung

Die Trocknungstemperatur zu niedrig ist:

- Die Luft kann technisch um 7 K vorgewärmt werden.

Um 1 m³ Luft um 1° C anzuwärmen benötigt man 0,3605 Watt

Dies bedeutet bei einem Belüftungstrocknungslager von 100 m³ benötigen wir ca. 10000 m³ Luft, und folglich
10000 m³ x 0,3605 Watt / m³ x K x 7 K

=

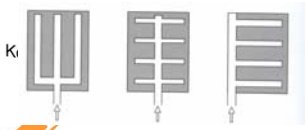
25 235 Watt

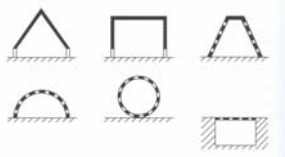
=

ca. 25 KW Heizleistung

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Belüftung: Luftverteilung und Anordnung von Kanälen





Aufbereitung

Luft hat immer das Bestreben nach oben zu entweichen. Der Abstand der Kanäle ist von der Lagerhöhe abhängig!

Die Anordnung kann den Abstand der Kanäle bestimmen!

Die richtige Kanalwahl hat Einfluss auf die Luftverteilung!

Faustformel:

Abstand der Kanäle = 80 – 100 % der Schütthöhe, jedoch max. 3,2 m
Achtung: Die max. benötigte Luftmenge bestimmt jedoch vorrangig die Anzahl der Kanäle

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Berechnungen zur Belüftung

Kanalquerschnitte richten sich nach Luftmenge und dem Druckvermögen des Gebläses

Verarbeitung

Grundsätzlich gilt:
Max. Systemgegendruck für Belüftungen 50 mm Ws, Belüftungstrocknung 100 mmWs
Ausgehend davon, dass Schläuche und vorgebaute Rohre einen Staudruck entwickeln darf im eigentlichen Belüftungskanal max. 10 mm Ws anliegen

Konservierung

Aufbereitung

Max. Durchsatzmenge für einen Belüftungskanal:

$$\text{Gegendruck(bar)} = \frac{\text{Luftmenge (m}^3\text{/h)} \times \vartheta\ \text{Luft (ca. 1,29 kg /m}^3\text{)}}{\text{Querschnittsfläche des Kanals (cm}^2\text{)} \times 3600\ \text{(s/h)}}$$

Beispiel:
Belüftungskanal K 30
Durchmesser: 48 cm
Höhe: 24 cm
Querschnitt: 904 cm²
Max. Eintrittsdruck: 10 mm Ws

$$\frac{0{,}001\,bar \times 904\,cm^2 \times 3600\,s/h}{1{,}29\,kg/cm^2} \approx 2523\ (m^3/h)$$

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Berechnungen zur Belüftung

Luftdurchsatz und Flächen

	Drainagerohr	Rundbogenkanal	Unterflurkanal	Teleskopkanal rund
Querschnitt	15 cm ø	48 cm	30 x 25 cm	30 cm ø
Querschnittsfläche	177 cm²	904 cm²	750 cm²	707 cm²
Länge	1,0 m	0,85 m	1,0 m	1,0 m
Oberfläche	4710 cm²	6406 cm²	2500 cm²	9420 cm²
Luftaustrittsfläche	Mind. 20 max. 40 cm²	1410 cm²	275 cm²	2072 cm²
Luftaustrittsfläche	0,42 bis 0,84 %	22 %	11 %	22 %
Max. Luftmenge pro h	510 m³	2604 m³	2160 m³	2036 m³
Flächenverhältnis	50	1	5	0,66
Luftverhältnis	5	1	1,2	1,3

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Berechnungen zur Belüftung

Luftgeschwindigkeiten in den Verteilkanälen bei einem Gegendruck von 10 mm Ws

$$\text{Luftgeschwindigkeit (m/s)} = \frac{\text{Luftdurchsatzmenge (m³/h)}}{\text{Querschnittsfläche (m²)} \times 3600\ \text{(s/h)}}$$

Vereinfacht können wir uns merken:
Luftgeschwindigkeit im Verteilkanal 8 – 9 m/s, im Hauptluftkanal bis 12 m/s

Luftaustrittswiderstände bei verschiedenen Kanaltypen und der maximalen Luftmenge:

$$\text{Austrittsgegendruck (bar)} = \frac{\text{Luftmenge (m³/h)} \times \rho\ \text{Luft (ca. 1,29 kg/m³)}}{\text{Austrittsquerschnittsfläche des Kanals (cm²)} \times 3600\ \text{(s/h)}}$$

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Berechnungen zur Belüftung

Luftwiderstände in der Belüftung

	Drainagerohr	Rundbogenkanal	Unterflurkanal	Teleskopkanal rund
Querschnitt	15 cm ø	48 cm	30 x 25 cm	30 cm ø
Oberfläche	4710 cm²	6406 cm²	2500 cm²	9420 cm²
Luftaustrittsfläche	Mind. 20 max. 40 cm²	1410 cm²	275 cm²	2072 cm²
Luftaustrittsfläche	0,42 bis 0,84 %	22 %	11 %	22 %
Max. Luftmenge pro h	510 m³	2604 m³	2160 m³	2036 m³
Austrittsgegendruck	60 mm Ws	6 mm Ws	28 mm Ws	3 mm Ws

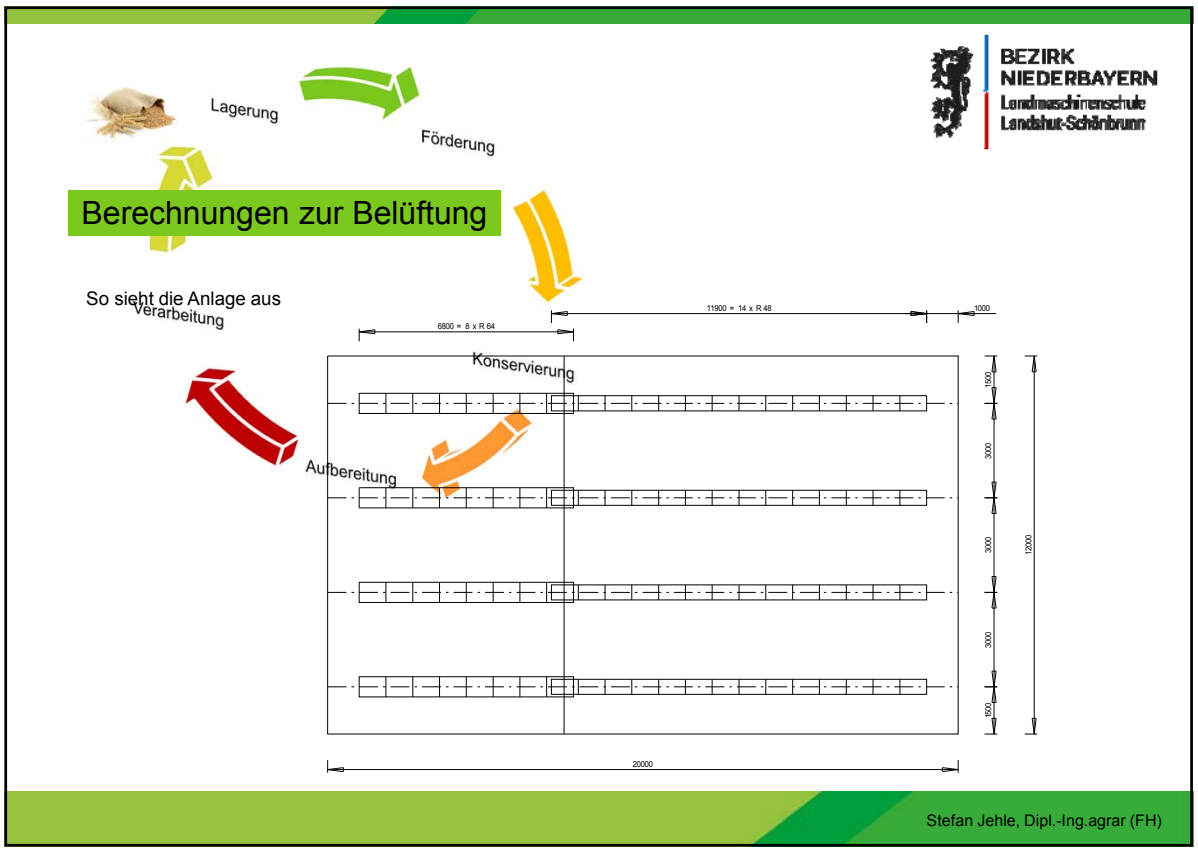
BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

Berechnungen zur Belüftung

Berechnung einer Belüftungskühlung im Boxenlager

Rahmenbedingungen			
Lagerfläche	20 x 12 m Schütthöhe: 5 m	Lagervolumen	1200 m³
Erntegut	Weizen, gereinigt, max. 15 % Feuchte	Belüftungsvolumen	18 000 m³ Luft / h
Lagerzeit	Ca. 100 Tage	Belüftung	Wellblechkanäle

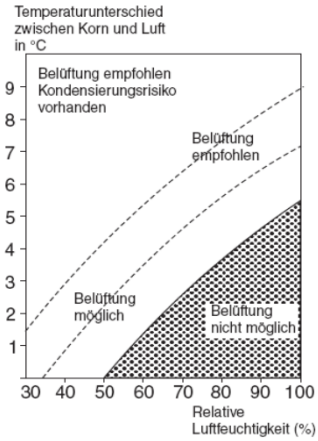
Gesamtluftleistung	Anzahl der Kanäle*	Durchsatzleistung Kanal R 48**	Belüftungsmenge m³	Kanallänge ***
18 000 m³ /h	4	10400 m³ / h	693 m³	11,90 m = 14 R 48 6,80 m = 8 R 64

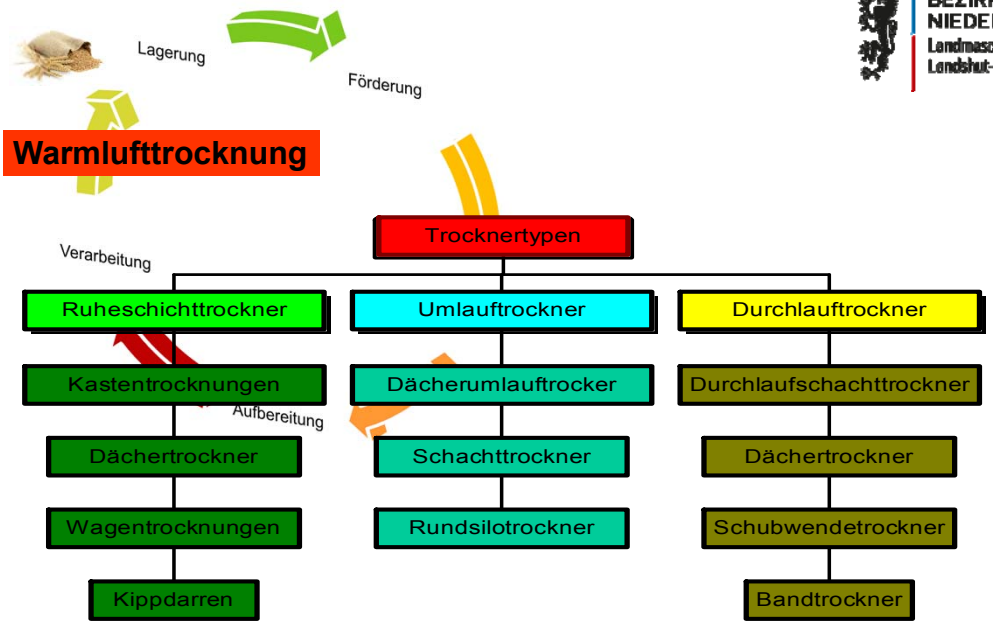

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn
Lagerung
Förderung
Berechnungen zur Belüftung
So sieht die Anlage aus
Verarbeitung
Konservierung
Aufbereitung
11900 = 14 x R 48
1000
6800 = 8 x R 64
1500
3000
3000
3000
1500
12000
20000
Stefan Jehle, Dipl.-Ing.agrar (FH)

BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn
Lagerung
Förderung
Berechnungen zur Belüftung
Aufbau Belüftungsanlagen mit Unterflurkanälen
Verarbeitung
Bogen 90° 315 mm ø
Konservierung
Abdeckplatte befahrbar
Anschlußrahmen versch.
Aufbereitung
Wickelfalzrohr nach Luftleistung
Sattelstück asymetrisch
Sattelstück sym.
Sattelstück sym.
Frontplatte mit Loch
Loch bauseits
Belüftungsrost
Belüftungsrost
Verschlußdeckel
Verschlußdeckel
Enddeckel
Schalung f. Unterflurkanal 2 m
Verbindungsstück und Betonpratze
Kanalfundament
Bewehrung mitführen
Stefan Jehle, Dipl.-Ing.agrar (FH)

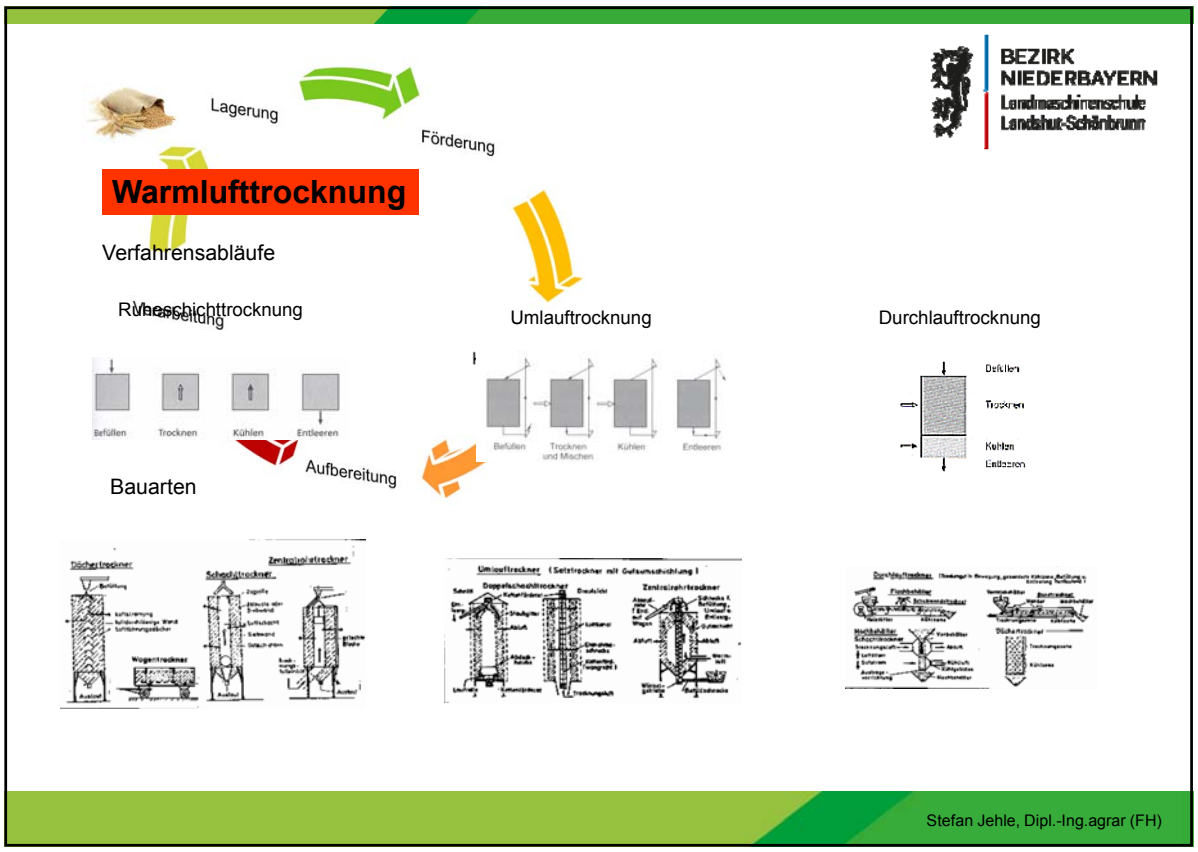
BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn

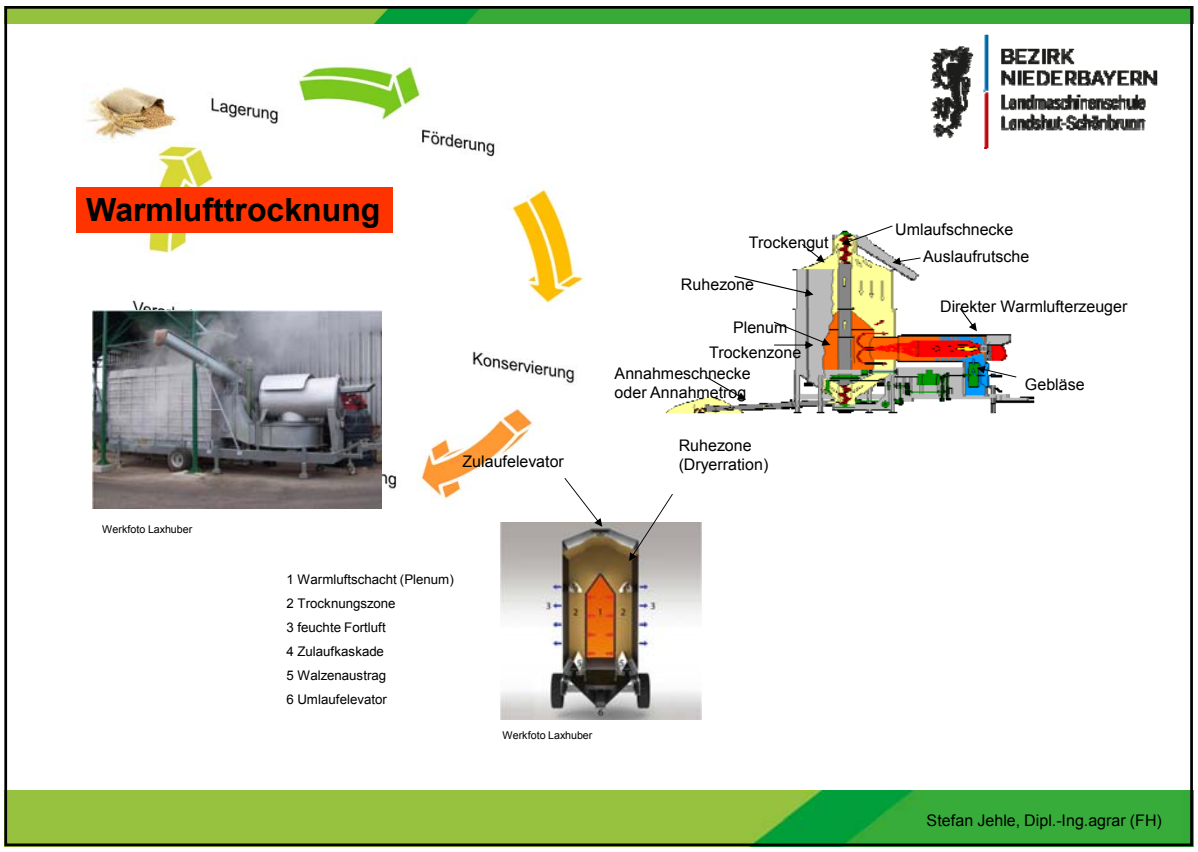
Wann ist Belüftung möglich?





BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn


BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn
Lagerung
Förderung
Warmlufttrocknung
Verfahrensabläufe
Umlauftrocknung
Durchlauftrocknung
Befüllen
Trocknen
Kühlen
Entleeren
Aufbereitung
Bauarten
Stefan Jehle, Dipl.-Ing.agrar (FH)


BEZIRK NIEDERBAYERN
Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn
Lagerung
Förderung
Warmlufttrocknung
Konservierung
Zulaufelevator
Werkfoto Laxhuber
Trockengut
Umlaufschnecke
Auslaufrutsche
Ruhezone
Direkter Warmlufterzeuger
Plenum
Trockenzone
Annahmeschnecke oder Annahmetrog
Gebläse
Ruhezone (Dryerration)
1 Warmluftschacht (Plenum)
2 Trocknungszone
3 feuchte Fortluft
4 Zulaufkaskade
5 Walzenaustrag
6 Umlaufelevator
Werkfoto Laxhuber
Stefan Jehle, Dipl.-Ing.agrar (FH)