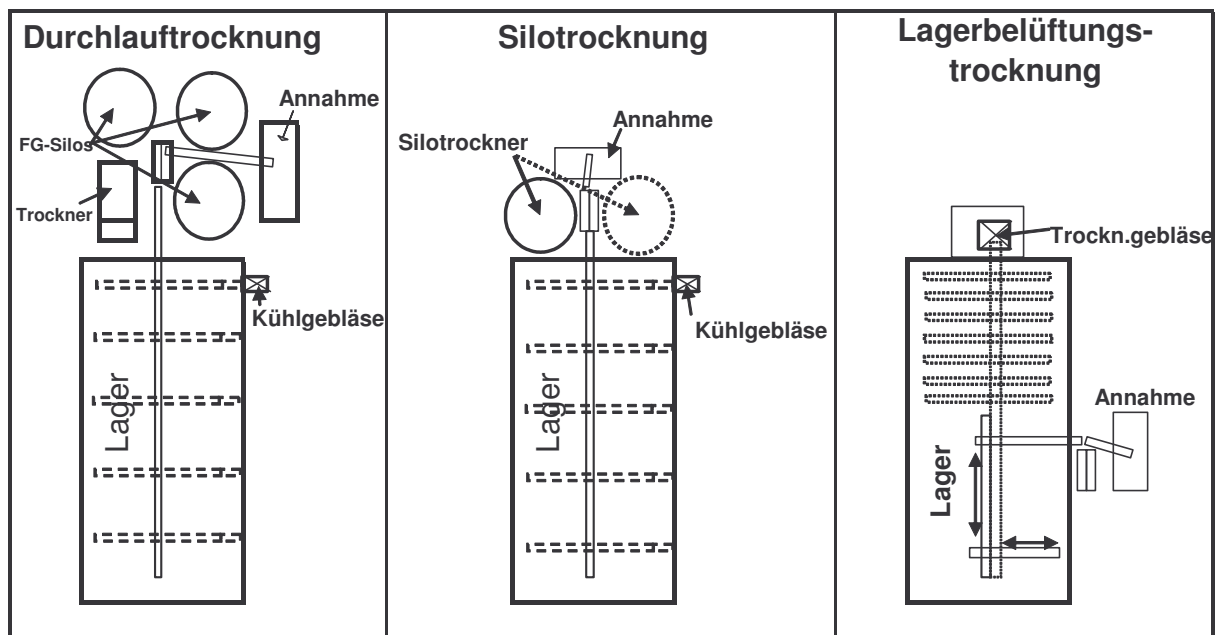


Planung und Bau von Getreideanlagen



Planung und Bau von Getreideanlagen

August 2005

Dr. Harald v. Keiser ist Mitarbeiter des RKL.

Gliederung	Seite	
1.	EINLEITUNG	1180
2.	QUALITÄT	1181
2.1	Qualitätserhaltung	1181
2.2	Qualitätskontrolle	1184
3.	RENTABILITÄT	1186
4.	RAHMENDATEN	1190
4.1	Elektroanschluss	1192
4.2	Tragfähigkeit des Untergrundes	1193
4.3	Grundwasserprobleme	1194
4.3.1	Grundwasserstand	1194
4.3.2	Grundwasserdruck	1194
4.4	Betonarbeiten	1195
4.5	Geräuschpegel	1196
4.6	Staubquellen	1198
4.7	Zuwegung	1200
4.8	Planungsfehler	1200
4.9	Preisvergleiche	1201
4.10	Eigenleistung	1202
4.11	Firmenwahl	1203
5.	BAUZEIT DER ANLAGE	1203
6.	FÖRDERGERÄTE	1204
6.1	Förderweg an der Annahme	1206
6.2	Förderweg zum Trockner	1208
6.3	Förderweg in die Lagerzellen	1209
6.4	Hinweise zu einigen Fördergeräten	1211
7.	REINIGUNG	1216
8.	TROCKNUNG	1218
8.1	Durchlauf Trockner	1224
8.2	Satzrockner	1229
8.2.1	Behälterrockner	1229
8.2.2	Silotrockner	1231
8.2.3	Wagentrockner	1235
8.3	Lagerbelüftungstrocknung	1237
8.4	Leistungssteigerung	1242
9.	LAGERUNG	1244
9.1	Feuchtgetreide-Lagerzellen	1248
9.2	Endlagerzellen	1249
9.3	Zellen für Reinigungsabgänge	1262
10.	KÜHLUNG - BELÜFTUNG	1262
10.1	Belüftungsverfahren	1262
10.2	Gebälausewahl	1266
10.3	Belüftungskanäle	1269
11.	ABFÜHREN VON KAFF UND STAUB	1272
12.	FEUCHTIGKEITSABFÜHRUNG	1273
13.	ATEX - RICHTLINIE	1273
14.	FAZIT	1274
15.	LITERATUR	1275

1. Einleitung

In vorliegender Schrift sind RKL - Erfahrungswerte zusammengefasst, die sich bei der Planung von ca. 400 Trocknungsanlagen auf landwirtschaftlichen Betrieben in den letzten Jahren ergeben haben. Außerdem sind Hinweise auf kritische Punkte enthalten, die immer wieder in der Praxis zu Problemen und Funktionsstörungen geführt haben.

Wer sich heute mit der Erstellung einer Getreideanlage auf seinem Betrieb befasst, sollte folgende Punkte nacheinander abarbeiten:

1. Prüfung auf Rentabilität (siehe Kap. 3.1)
2. Planung der Anlage
3. Bauausführung der Anlage
4. Testlauf mit Getreide rechtzeitig vor Beginn der nächsten Ernte

Die hier beschriebenen Planungs- und Baudaten der Anlagen gelten nicht nur für Getreide, sondern auch für Raps, Sonnenblumen und Körnermais, sofern diese auch erntefeucht und rieselfähig sind. Auf Probleme bei höheren Feuchtigkeiten wird in den einzelnen Kapiteln gesondert hingewiesen.

Für das Verstehen dieser Schrift ist die Kenntnis weiterer RKL-Schriften hilfreich, da deren Inhalt hier nicht wiederholt wird. Im Einzelnen sind dies folgende Schriften:

- | | | |
|-----------|--|--------------|
| - 4.3.0 | Dokumentationspflichten beim Getreidebau | S. 73-84 |
| - 4.3.1.1 | Lagerbelüftungstrocknung | S. 1021-1098 |
| - 4.3.1.1 | Rentabilität der Getreidelagerung | S. 1099-1124 |
| - 4.3.1.1 | Silotrockner | S. 1125-1176 |
| - 4.3.3 | Bau von Flachsilos | S. 577-614 |
| - 6.0 | Betonherstellung | S. 447-478 |

Neben den hier beschriebenen Trocknungsverfahren gibt es eine Reihe weiterer Konservierungsverfahren, die hier nicht behandelt sind. Nach wie vor wählen über 90 % der Betriebsleiter ein Trocknungsverfahren für die Konservierung Ihrer Mähdrusch-Ernteprodukte. Dabei haben auf den Betrieben, die ihre Ernteprodukte verkaufen wollen, Durchlauftrocknung, Silotrocknung und Lagerbelüftungstrocknung derzeit die größte Bedeutung. Betriebe, die ihre Ernte nahezu vollständig über den Schweinemagen veredeln wollen, wählen zunehmend die chemische Konservierung mit Propionsäure.

Fangen Sie mit der Planung Ihrer Anlage rechtzeitig an. Eine gute Planung dauert mindestens ein Jahr. Sie beginnt mit der Besichtigung von bereits erstellten Anlagen,

denn Probleme mit den Anlagen kann man nur während des Betriebes erkennen. Welche Fragen in den Gesprächen mit Betriebsleitern am häufigsten gestellt wurden, zeigt Tabelle 1.

Tab. 1: Häufig gestellte Fragen der Betriebsleiter bei den Planungsgesprächen. Die Reihenfolge entspricht der Bedeutung.

Diskussionspunkte mit Betriebsleitern	
Neueinsteiger	Trocknungseigner
Wirtschaftlichkeit	Leistungssteigerung
Verfahrensauswahl	Lagererweiterung
Planungsdaten	Qualitätserhaltung
Zuordnung Anlagenteile	Energieeinsparung
Investitionen	Lagerkontrolle
Arbeitsaufwand	Nacharbeit

2. Qualität

2.1 Qualitätserhaltung

Ziel jeder Trocknung und Lagerung ist die bestmögliche Erhaltung der Produktqualität. Dabei können vor allem die inneren Qualitätsmerkmale (Korn-Inhaltsstoffe) durch nicht sachgemäße Trocknung und Lagerung teilweise reduziert werden. Die äußeren Qualitätsmerkmale werden dagegen nur während der Lagerung verändert. Hierzu gehören als Wichtigstes:

Besatz mit Pilzen, Hefen und Bakterien (DON und ZEA)

Befall von Käfern im Lager

Besatz mit Pilzen, Hefen und Bakterien

Es muß immer wieder betont werden, dass nicht die Mikroorganismen selbst giftig sind, sondern nur deren Stoffwechselprodukte – die Mykotoxine!

Tabelle 2 zeigt die Lebensbereiche der bei uns am weitesten verbreiteten Pilzgattungen und der Hefen. Erkennbar ist, dass man bei Trocknung und Lagerung die Mikroorganismen weder durch eine Wärmebehandlung noch durch eine sinnvolle Kältebehandlung abtöten kann, um eine Mykotoxinbildung zu vermeiden.

Tab. 2: Lebensbereiche von Pilzen und Hefen im Getreidelager

	Penicillium	Aspergillus	Hefen
Maximaltemp. (°C)	40	45-48	48
Einwirkdauer (h)	0,25	>100	0,5-1,0
Minimaltemp. (°C)	2-3	0	12-14
Einwirkdauer (h)	>100	>100	>100
Minimale Luftfeuchte (%)	80-85	70-75	85-90
Gleichgewichts-Kornfeuchte (%)	18,0-18,5	16,0-16,5	19,0-19,5
Einwirkdauer (h)	250	250	200

Pilze benötigen für die Ausbreitung im Lager aber nicht nur einen bestimmten Temperaturbereich, sondern auch eine bestimmte Mindestfeuchtigkeit zum Wachsen. Bei Feuchtegehalten im Getreidelager oberhalb von 16,0 % Kornfeuchtigkeit ist nach ca. 200-250 Stunden mit verstärkter Mykotoxinbildung zu rechnen. Das entspricht beim Raps einer Gleichgewichtsfeuchte von 9,0-9,5 %

Eine intensive Reinigung des Lagergutes vor der Einlagerung reduziert den Mikroorganismenbesatz auf den Körnern erheblich, da die meisten Organismen auf den mitgeernteten Spelzen sitzen. Der Einsatz einer Rohrschnecke zur Förderung des ungereinigten Getreides bewirkt dabei nach Untersuchungen der Landwirtschaftskammer Westfalen–Lippe eine Reduzierung des Mikroorganismenbesatzes auf den Getreidekörnern von 30 bis 80 %. Bereits gebildete Mykotoxine lassen sich aber in keinem Fall wieder abbauen.

Schädlingsbefall

Der internationale Handel mit Getreide hat uns in den zurückliegenden Jahren eine steigende Anzahl an Schädlingen beschert, die das Getreidelager befallen und erhebliche Fraßschäden verursachen können. Tabelle 3 zeigt die Lebensbereiche der wichtigsten Lagerschädlinge.

Tab. 3: Lebensbereiche der wichtigsten Lagerschädlinge

Käferart	Vermehrungsbereich	
	Temperatur	rel. LF
Khaparakäfer	22 - 38 °C	> 0 %
Rotbrauner Reismehlkäfer	22 - 36 °C	> 10 %
Amerikanischer Reismehlkäfer	21 - 33 °C	> 10 %
Getreidekapuziner	21 - 34 °C	> 25 %
Türkischer Leistenkopf-Plattkäfer	20 - 36 °C	> 60 %
Getreideplattkäfer	19 - 34 °C	> 10 %
Erdnußplattkäfer	18 - 38 °C	> 10 %
Reiskäfer	18 - 30 °C	> 45 %
Reismehlkäfer	18 - 30 °C	> 10 %
Maiskäfer	17 - 34 °C	> 45 %
Brotkäfer	15 - 35 °C	> 30 %
Mehlmotte	10 - 30 °C	> 40 %
Kornkäfer	10 - 39 °C	> 9 %
Mehlmilben	8 - 35 °C	> 75 %

Die größte Bedeutung aus dieser Tabelle haben Getreideplattkäfer und Kornkäfer. Wissenswert ist außerdem, dass der Plattkäfer eine Vermehrungsrate hat, die 50 bis 100 mal höher ist als beim Kornkäfer. Der Kornkäfer kann als einziger Käfer obiger Tabelle nicht fliegen. Die Verbreitung des Kornkäfers von einem Betrieb zum nächsten erfolgt also immer mit dem Getreide selbst oder durch unsaubere

Transportfahrzeuge. Plattkäfer fliegen und vermehren sich bei Temperaturen oberhalb von ca. 19°C. Belüften (Kühlen) Sie Ihr Getreide also nur bei Außentemperaturen unterhalb von 15°C. Dann können die Käfer zwar durch die feuchtwarme Abluft aus dem Lager angelockt werden, sie können aber nicht zum Lager hinfliegen, weil es zu kalt ist.

Alle Käfer haben im Getreidelager das Bestreben, an die Oberfläche des Stapels zu wandern und dort auf den höchsten Punkt. Zur Kontrolle eines Käferbefalles sollte man daher an der höchsten Stelle des Getreidestapels einfach ein Marmeladenglas aufstellen und von außen mit Getreide anschütten. Die Käfer werden mit großer Wahrscheinlichkeit auf diesen Hügel krabbeln und hier in das Glas fallen. Zur Verbesserung des Fangergebnisses kann man das Glas an der Innenseite mit Kerzenwachs bestreichen, dann können die Käfer nicht mehr an der Glaswand hochlaufen.

Lebende Käfer in einer Getreidepartie führen dazu, dass diese vom Händler nicht angenommen und zurückgewiesen wird. Dann muss eine chemische Abtötung der Käfer durchgeführt werden. Spezialfirma für solche Maßnahmen ist die Firma DETIA-Degesch GmbH (www.detia-degesch.de). Hier erhalten Sie alle wichtigen Informationen und Beratungen. Die besten Erfahrungen haben wir in den letzten Jahren mit dem Einsatz von Actellic 50 gemacht. Man braucht für das Behandeln des Getreides ca. 8 ml je Tonne Getreide. Diese Menge reicht auch aus, um 2-4 m² Wandfläche eines Flachlagers zu desinfizieren. Hersteller dieses Mittels ist Detia-Degesch GmbH, 69514 Laudenbach, www.detia-degesch.de.

2.2 Qualitätskontrolle

Die wichtigsten Qualitätskontrollen sind: Gewicht, Probenahme (für Rückstellmuster), Feuchtigkeitskontrolle, Hektolitergewicht, Fallzahl, Besatz, Eiweiß und Toxine.

Waage

Landwirtschaftliche Betriebe dürfen nach wie vor auch nicht eichfähige Fahrzeugwaagen auf ihrem Betrieb für die eigene Kontrolle der Erntemenge benutzen. Als Abrechnungsbasis sind sie aber nicht zugelassen. Die betriebseigenen Gewichtsmessungen werden allerdings meist nur von den örtlichen Betrieben der aufnehmenden Hand anerkannt. Überregionale Unternehmen akzeptieren dagegen nur das Gewicht der ankommenden Partie auf der eigenen Waage. Dennoch ist eine eigene Waage die wichtigste Investition auf einem landwirtschaftlichen Betrieb.

Fahrzeugwaagen sollten nicht in ein Gebäude eingebaut werden, sondern auf den freien Hofplatz, damit man ohne Abstieg vom Transportfahrzeug direkt auf die Waage fahren kann. Elektronische Waagen können abgeschaltet werden, damit unerlaubtes, unkontrolliertes Wiegen durch Fremde nicht möglich ist.

Probenahme

Sorgfältige Probenahme ist im Rahmen der geforderten Rückverfolgbarkeit eine zwingende Maßnahme für alle Landwirte mit hofeigener Lagerung. Während der Lagerung können sich die Korninhaltsstoffe ändern. Das gilt vor allem für die Fallzahlen bei Weizen und Roggen. Fallzahlenanstiege von 30-50 Sekunden bei einer halbjährigen Lagerung sind keine Seltenheit. Der optimale Zeitpunkt der Probenahme ist kurz vor dem Verkauf der Ware. Sie sollte immer durch den Aufkäufer durchgeführt werden. Sorgen Sie dafür, dass die Hälfte der gezogenen Probe auf Ihrem Betrieb zur Kontrolle verbleibt. Betriebe, die das Erntegut gleich während der Ernte abliefern, sollten für die eigene Sicherheit eine Teilprobe jedes Fahrzeugs vom Silobetreiber fordern, damit es bei der späteren Abrechnung nicht zu Unstimmigkeiten kommt.

Die Einrichtung einer Technik zum Ziehen einer repräsentativen Probe ist also auf den landwirtschaftlichen Betrieben nicht erforderlich und auch nicht sinnvoll.

Feuchtigkeitskontrolle

Ein eigener Schnellfeuchtigkeitsbestimmer gehört auf jeden Betrieb mit eigener Trocknungsanlage. Ohne dieses Gerät ist die Trocknung überhaupt nicht einstellbar. Brauchbare Ergebnisse lassen sich mit diesen Geräten nach RKL-Untersuchungen nur erzielen, wenn man für das Bestimmen eine exakte Probenmenge vorwählen kann, diese Probe vor dem Messen gleichmäßig zerkleinert werden kann, diese zerkleinerte Probe beim Messen gleichmäßig komprimiert wird und das Messgerät mit einem automatischen Temperatenausgleich ausgerüstet ist.

Hektolitergewicht (HLG)

Feuchtes Getreide hat ein geringeres HLG als trockene Ware, da das Getreide mit der Feuchtigkeitsaufnahme quillt. Außerdem senkt ein hoher Besatz das HLG deutlich, weil Kaff wesentlich leichter ist als die reinen Körner. Wir haben bei der Behandlung von erntefrischem Getreide mit einem Windsichter einen HLG-Anstieg von ca. 0,5 kg je Prozent Besatz festgestellt. Es reicht also nicht, nur eine Probe von der feuchten ungereinigten Ware zu ziehen, denn nach Reinigung und Trocknung kann schnell aus Futterweizen wieder Brotweizen werden.

Alle weiteren Messgeräte für z.B. Besatz, Fallzahl, Eiweißgehalt und Toxine sind mit erheblichen Investitionen verbunden und für den Landwirt wahrscheinlich zu teuer. Deshalb ist es aber besonders wichtig, dass man eine korrekte Probe gezogen hat. Nur dann lassen sich Unstimmigkeiten beim Verkauf des Getreides vermeiden.

Der Anteil an Bruchkorn schwankt von Erntejahr zu Erntejahr stark. Aus den Abrechnungen kennen wir Werte bis zu 18 %! Vor allem in trockenen Jahren ist er besonders hoch, weshalb bei der Anlagenplanung rechtzeitig darauf geachtet werden muss. Folgende Punkte steigern den Bruchkornanteil zusätzlich:

- Zunehmende Trommeldrehzahl
- Abnehmender Trommeldurchmesser
- Steigende Anzahl an Dreschtrommeln in der Erntemaschine
- Steigende Trocknungstemperaturen
- Einsatz von Horizontaltrocknern
- Einsatz von Silotrocknern
- Steigende Anzahl an Trocknungsgängen
- Abnehmende Kornfeuchtigkeit
- Schlechte Auslastung der Fördergeräte
- Einsatz von Kettenelevatoren
- Einsatz einer Getreideschleuder
- Verzicht auf Fallbremsen in den Ablaufrohren
- Große Fallhöhen für die trockenen Körner

3. Rentabilität

Das RKL hat zur Rentabilität landwirtschaftlicher Trocknungs- und Lagerungsanlagen eine separate Broschüre herausgegeben (4.3.1.1 S. 1099-1124). Die hier aufgeführten Punkte sollen hier nicht noch einmal erläutert werden. Wegen der enorm gestiegenen Stahlpreise sind die Investitionen aber in den letzten drei Jahren deutlich angestiegen. Deshalb zeigt Tabelle 4 aktualisiert den neuesten Stand der Investitionen aus den letzten drei Jahren.

Tab. 4: Investitionen für landwirtschaftliche Trocknungs- und Lagerungsanlagen, angegeben in €/m³ Lagerraum

Verfahren		Lagerkapazität			
		500-1.000 m ³	3.000-4.000 m ³	5.000-8.000 m ³	12.000-16.000 m ³
Durchlaufrockner	Neuanlage, keine Eigenmontage, kein Gebäude vorhanden	197-306	160-264	122-246	98-134
	Neuanlage, Eigenmontage, vorhandenes Gebäude	172-215	148-184	110-148	86-98
	Gebrauchte Anlage, Eigenmontage, vorhandenes Gebäude, Zelleneinlagerung	86-122	79-110	73-98	
	Gebrauchte Anlage, Eigenmontage, vorhandenes Gebäude, Hallenlagerung	73-139	67-104	61-92	
Silotrockner	1 neuer Silotrockner, Silolagerung, Fremdmontage, Fegeschneckenentleerung, kein nutzbares Gebäude vorhanden	140-169	115-140	102-124	
	1 neuer Silotrockner, Eigenmontage, Flachlagerung in vorhandenem Gebäude, Radladerentleerung	119-137	92-107	72-85	
Bel.trocknung	Neuanlage, keine Eigenmontage, kein Gebäude vorhanden, Radladerentleerung	184-215	154-172	122-154	116-148
	Neuanlage, Eigenmontage, vorhandenes Gebäude, Radladerentleerung	116-154	98-128	79-110	73-104
	Gebrauchte Anlage, Eigenmontage, vorhandenes Gebäude, Radladerentleerung	25-61	25-61		
Daten für Silotrockner teilweise errechnet aus erweiterten Praxisanlagen					
Anlagen waren teurer als 130 €/m ³ Lagerraum					

Wer heute eine Trocknungsanlage mit ausreichender Lagerkapazität bauen will, sollte aber nach wie vor nicht mehr als 130 €/m³ Lagerraum oder ca. 170 €/t Erntemenge für die komplette Anlage investieren. Derzeit werden aber – s. Tab. 4 - in der Praxis für Neuanlagen, die auf die „grüne Wiese“ gebaut werden, zwischen ca.100 und 300 €/m³ Lagerraum investiert.

Die Nutzung vorhandener Gebäude und der Einsatz eigener Arbeitskräfte sowie der Kauf gebrauchter Trockner, Silos und Fördergeräte können die Anlagen aber erheblich verbilligen. Die teuersten Anlagen sind stets bei den Saatgutvermehrern zu finden. In einer kompletten Anlage sind alle erforderlichen Teile eines funktionsfertigen Systems enthalten - auch Maurer- und Elektroarbeiten. Neben Trocknen und Lagern muss auch Reinigen, Wiegen und Belüften des Getreides möglich sein.

Das Demontieren von vorhandenen Anlagen ist eine Arbeit für Spezialisten. Folgende Punkte sollten Sie beachten:

- Sorgen Sie dafür, dass die gleichen Mitarbeiter die vorgesehene Anlage demontieren, die sie auch wieder aufbauen sollen.
- Sparen Sie nicht mit Fotoaufnahmen vor der Demontage, sie sind häufig hilfreich beim erneuten Aufbau.
- Versuchen Sie die Anlage möglichst genau so aufzubauen, wie sie vorher gestanden hat, dann passen auch alle Teile zusammen.

- Vergessen Sie nicht die Schaltschränke mitzunehmen.
- Fragen Sie den Voreigentümer auch nach noch vorhandenen Bauunterlagen über die Anlage.

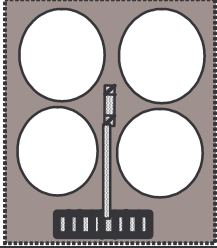
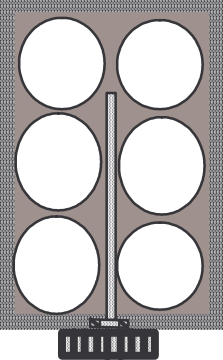
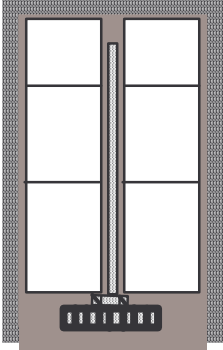
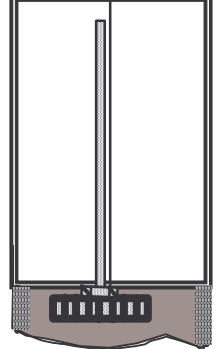
Wer eine Anlage demontieren will, muss viele Details bedenken. Deshalb zeigt Tabelle 5 eine Checkliste für die Demontage derartiger Anlagen.

Tab. 5: Checkliste für die Demontage von Trocknungsanlagen

<p>Hilfsmittel</p> <p>Fahrbereiter PKW zwei Leitern, die bis zum Kopf des längsten Aggregates reichen zwei Seile, dreimal so lang wie das längste Aggregat, Haltbarkeit 500 kg zwei Umlenkrollen für die Seile zum Abseilen von Teilen Seilwinde oder Flaschenzug Filzstifte oder Farbdosen zum Bezeichnen der Trennstellen Dose Kriechöl Kabelleuchte und Taschenlampe Kabeltrommel bis zur nächsten Steckdose zwei Balken 10x10 cm, ca. 4m lang Bretter als Standauflage Elektrozaundraht zum Befestigen der Seile an den Teilen Hubstützen für außenstehende Rundsilos Spanngurte zur Transportsicherung Zollstöcke, Bandmaß Rote Fahne oder rotes Licht für Transport überlanger Teile</p>
<p>Sicherheit</p> <p>Verbandszeug aus PKW Schutzhelme für alle Mitarbeiter Arbeitshandschuhe für alle Mitarbeiter Schutzbrille für Trennarbeiten Festes Schuhwerk Sicherheitsgürtel zum Anseilen Handy Tel.Nr. für Notfälle (Rettungswagen, Arzt)</p>
<p>Werkzeug</p> <p>Zwei Satz Schraubenschlüssel Schnellschrauber Große Trennscheibe (Flex) Einhand Trennscheibe Hammer und Meißel Scharfe Zange und Seitenschneider Ein Satz Steckschlüssel Boschhammer Akkuschrauber mit Reserveakku Große und kleine Rohrzange Spannungsprüfer Werkzeuggürtel mit Sammeltaschen für Schrauben und Werkzeug</p>
<p>Hinweise</p> <p>Besorgen Sie alle technischen und elektrischen Pläne der Anlage Besorgen Sie Statiken, TÜV-Abnahmen u.a.m. Vor Demontage alle elektrischen Antriebe abschalten (Sicherheit entfernen) Geräte nicht unnötig weit zerlegen Alle Geräteteile mit einer Gerätenummer versehen an jeder Trennstelle Jede Trennstelle mit einem zusätzlichen Buchstaben beidseitig kennzeichnen Alle Mitarbeiter möglichst auf gleicher Ebene arbeiten lassen. Bestimmen Sie einen Montageleiter Spezialkabel sorgfältig ausbauen, nicht zerschneiden! Elektroanschlüsse an den Motoren nur abkneifen, Restkabel am Motor belassen Möglichst die gleichen Mitarbeiter ab- und wieder aufbauen lassen Setzen Sie nur Mitarbeiter ein, die kopffest sind</p>

Einen erheblichen Einfluss auf die Investitionen haben auch die Fundamentkosten. Sie spielen vor allem bei der Wahl der Silozellen eine große Rolle. Kaufen Sie keine Anlage, bevor Sie nicht die genauen Fundamentkosten kennen. Wie stark die Investitionen für separate Getreideläger schwanken können zeigt Tabelle 6.

Tab. 6: Investitionen für die Getreidelagerung; Anlagenpreise aus 2003-2005

<p>1</p> 	<p>4 Silos, 8 m hoch, 6 m Ø, 1028 m³</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Silobehälter</td> <td>74 € / m³</td> </tr> <tr> <td>Förderwege</td> <td>26 € / m³</td> </tr> <tr> <td>Montage</td> <td>15 € / m³</td> </tr> <tr> <td>Neubau</td> <td>115 € / m³</td> </tr> </tbody> </table>	Silobehälter	74 € / m ³	Förderwege	26 € / m ³	Montage	15 € / m ³	Neubau	115 € / m³		
Silobehälter	74 € / m ³										
Förderwege	26 € / m ³										
Montage	15 € / m ³										
Neubau	115 € / m³										
<p>2</p> 	<p>6 Silos in Halle, 5 m hoch, 930 m³</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Silos und Halle</td> <td>88 € / m³</td> </tr> <tr> <td>Förderwege</td> <td>48 € / m³</td> </tr> <tr> <td>Montage</td> <td>21 € / m³</td> </tr> <tr> <td>Neubau</td> <td>157 € / m³</td> </tr> <tr> <td>Halle vorhanden</td> <td>98 € / m³</td> </tr> </tbody> </table>	Silos und Halle	88 € / m ³	Förderwege	48 € / m ³	Montage	21 € / m ³	Neubau	157 € / m³	Halle vorhanden	98 € / m ³
Silos und Halle	88 € / m ³										
Förderwege	48 € / m ³										
Montage	21 € / m ³										
Neubau	157 € / m³										
Halle vorhanden	98 € / m ³										
<p>3</p> 	<p>6 Zellen in Halle, 5 m hoch, 1200 m³</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Silos und Halle</td> <td>80 € / m³</td> </tr> <tr> <td>Förderwege</td> <td>43 € / m³</td> </tr> <tr> <td>Montage</td> <td>18 € / m³</td> </tr> <tr> <td>Neubau</td> <td>141 € / m³</td> </tr> <tr> <td>Halle vorhanden</td> <td>82 € / m³</td> </tr> </tbody> </table>	Silos und Halle	80 € / m ³	Förderwege	43 € / m ³	Montage	18 € / m ³	Neubau	141 € / m³	Halle vorhanden	82 € / m ³
Silos und Halle	80 € / m ³										
Förderwege	43 € / m ³										
Montage	18 € / m ³										
Neubau	141 € / m³										
Halle vorhanden	82 € / m ³										
<p>4</p> 	<p>2 Zellen, Zellenw.= Hallenw., 1500 m³</p> <p>Schütthöhe = 5 m hoch</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Silobehälter</td> <td>67 € / m³</td> </tr> <tr> <td>Förderwege</td> <td>32 € / m³</td> </tr> <tr> <td>Montage</td> <td>9 € / m³</td> </tr> <tr> <td>Neubau</td> <td>108 € / m³</td> </tr> </tbody> </table>	Silobehälter	67 € / m ³	Förderwege	32 € / m ³	Montage	9 € / m ³	Neubau	108 € / m³		
Silobehälter	67 € / m ³										
Förderwege	32 € / m ³										
Montage	9 € / m ³										
Neubau	108 € / m³										

Die Investitionen schwanken bei den vier Modellanlagen zwischen 108 und 157 €/m³ Lagerraum bei komplettem Neubau. Die schlechteste Idee ist nach wie vor der Einbau von Rundsilos in eine neu erstellte rechteckige Halle (Nr. 2). Der hohe Preis ergibt sich vor allem durch die schlechte Raumausnutzung.

4. Rahmendaten

Bevor man mit der Planung der eigentlichen Getreideanlage beginnt, müssen eine Reihe von betriebseigenen Rahmendaten ermittelt werden. Dazu gehören neben den inneren und äußeren Betriebsdaten auch die Daten zur Standortauswahl und die Eckwerte der Ernteprodukte. Tabelle 7 zeigt eine Zusammenstellung der wichtigsten inneren und äußeren Betriebsdaten.

Tab. 7: Rahmendaten des Betriebes für die Erstellung einer Konservierungsanlage

Betriebsdaten	Betrieb:		Datum:			
	Nutzfläche (ha):	Ackerfl. (ha):	Pachtanteil (%):			
	Flächenveränderung der letzten 10 Jahre (ha):					
	Feldentf. (km):	Anz. Schläge:	Entf.Handel (km):			
	Ackerzahl:	Steinanteil:	Waldränder:			
	Regen (mm)	Hänge:	Höhenlage (m):			
	Betriebsleiter:	AK:	Erntehelfer:			
	Schlepper (PS):		Radlader			
	Transportfahrzeuge		Laderschaufel(m ³):			
	MD-Leistung (t/h):	MD-L. (Std/d):	Stromvers.(A):			
	Veredlung:	Grundwasser(m):	Nachbarbebauung (m):			
	Anbaudaten	Zukünftiges Anbauverhältnis				
		Nr.	Fruchtart	Fläche (ha)	Ertrag (t/ha)	Ertrag (t/a)
1						
2						
3						
4						
Nr.		Ø-Feuchte (%)	Zellenanzahl	Ertebeginn	Vermarktung	Bemerkungen
1						
2						
3						
4						
Technikdaten	Vorhandene Kapazitäten					
	Trocknungstechnik:					
	Belüftungstechnik:					
	Lagerraum (m ³):					
	Fördertechnik und -leistung:					
	Gebäudefläche (m ²):					
	Energilagerung:					
Sonstiges:						
Zukunftsdaten	Entwicklungen (ja/nein)					
	Veredlung	Saatgutvermehrung	Kooperation			
	Nebenerwerb	Biobetrieb	Sonderkulturen			
	Straßenbau	Naturschutz	Hobbys			
	Bemerkungen					

Alle hier angeführten Punkte sollte man den Firmen an die Hand geben, damit diese ein passendes Angebot abgeben können. Diskutieren Sie vor allem die Möglichkeiten vorhandene Technik einzusetzen. Hierdurch lassen sich unter Umständen erhebliche Investitionen einsparen. Wichtig sind aber auch alle Fragen zur weiteren Entwicklung des Betriebes (Zukunftsdaten). Trocknungsanlagen werden nicht für wenige Jahre gebaut, sondern für ganze Generationen. In dieser Zeit

können leicht erhebliche Veränderungen auf dem Betrieb eintreten, die schon bei der Planung bedacht werden sollten. Von den eigentlichen Betriebsdaten sind vor allem genaue Angaben zur maximalen Stromversorgung und zur Entfernung der nächsten Wohnbebauung wichtig. Die meisten Probleme hat es in den letzten Jahren durch übermäßige Staub- und Lärmentwicklung gegeben.

Nicht jedes Gebäude ist für den Einbau einer Getreideanlage geeignet. Neben der Gebäudesubstanz spielt auch der Standort eine wichtige Rolle. Das gilt vor allem für den Transport des Lagergutes sowohl während der Ernte mit betriebseigenen Fahrzeugen als auch zum späteren Abtransport mit schweren LKWs. Welche Punkte dabei zu berücksichtigen sind, zeigt Tabelle 8.

Tab. 8: Wichtige Diskussionspunkte zur Eignung von vorhandenen Gebäuden und deren Standort.

Gebäudeeignung	Standort-eignung
• Laufende Erhaltungskosten	• Tragfähigkeit
• Umbaukosten	• Grundwasser
• Statik	• Oberflächenwasserablauf
• Kondensationsgefahr	• Zuwegung
• Desinfektion/Reinigung	• Erweiterung
• Diebstahlsicherheit	• Stromversorgung
• Bedienungsaufwand	• Nachbarbebauung

Bei der Planung von Anlagen sind auch die physikalischen Kennwerte der Ernteprodukte zu berücksichtigen. Die wichtigsten Daten zum Lagerraumbedarf, zum Verlegen von Ablaufrohren und zur Auslegung der Belüftungsanlagen zeigt Tabelle 9.

Tab. 9: Physikalische Kennwerte von Mähdruschfrüchten.

		Körnermais	Bohnen	Erbsen	Wi-Weizen	Wi-Roggen	Wi-Gerste	Hafer	Wi-Raps	
max. Erntefeuchte für problemlose Aufbereitung	(%)	40	30	20	22	22	20	22	15	
Hektolitergewicht trockene Ware	(kg/m ³)	800	800	800	750	750	650	560	700	
Schüttwinkel	? trockene Ware	(°)	27	23	25	28	27	36	32	20
	? +4% Feuchte	(°)	33	25	28	35	34	41	36	23
Mittleres TKG¹⁾	(g)	600		300	45		35	5		
Strömungswiderstand beim Belüften	% von WW ²⁾	65	50	55	100	110	120	150	250	

1) TKG = Tausend-Korn-Gewicht

2) Angaben in Prozent vom Winterweizenwert

Bedeutsam sind auch folgende RKL - Erfahrungswerte, über die es in der Literatur kaum Angaben gibt, die aber bei der Planung einer Getreideanlage durchaus eine Rolle spielen können:

- 10 mm Tau am Morgen bewirken eine Anfeuchtung des Erntegutes um ca. 0,1 % und verkürzen die tägliche Druschdauer um ca. 0,3 Std.
- Eine Verlängerung der jährlichen Mähdrescher – Einsatzdauer von 10 Stunden pro Jahr bedeutet bei Gerste und Raps eine höhere Erntefeuchte von 0,1 %, sowie bei Roggen, Hafer und Weizen einen Anstieg der Erntefeuchte um ca. 0,2 %.
- Mit zunehmendem Alter des Mähdrescherfahrers geht die Druschleistung zurück. Je 10 Jahre Alterszunahme des Fahrers sinkt nach unseren Beobachtungen die tägliche Mähdrescherleistung um ca. 5 %. Gleichzeitig sinken aber auch die Druschverluste um ca. 0,2 %, weil langsamer gefahren wird.

4.1 Elektroanschluss

Trocknungs- und Lagerungsanlagen erfordern für den kontinuierlichen Betrieb hohe elektrische Anschlusswerte. Errechnen Sie vor Auftragserteilung den Gesamt-Anschlusswert der Anlage aus den vorliegenden Angeboten und vergleichen Sie

diese Werte mit dem noch freien Anschlusswert des Betriebes (evtl. den Elektriker zu Rate ziehen). Das Verlegen neuer, stärkerer Anschlüsse kostet häufig mehrere Tausend €, so dass der Einsatz von Ersatzstromaggregaten sinnvoller sein kann. Gebrauchte, preiswerte Ersatzstromaggregate kauft man am besten bei den gleichen Herstellern, die auch neue Geräte anbieten. Die Hersteller liefern neben den Geräten auch gleich ein Gutachten über den Wirkungsgrad der Anlage mit, damit Sie das Ersatzstromaggregat nach Antrag beim zuständigen Hauptzollamt auch mit steuerfreiem Heizöl betreiben dürfen. Der Einsatz von Ersatzstromaggregaten führt manchmal auf den Betrieben zu einer Verschlechterung der Stromtarife durch den Energieversorger. Prüfen Sie Ihre Stromabrechnungen entsprechend. In vielen Fällen wurde diese Umänderung wieder rückgängig gemacht.

Durch Umwandlung der Gesamtplanung und Verriegelung einzelner Antriebsaggregate lässt sich der Gesamtanschluss in vielen Fällen um bis zu 20 % reduzieren. Die Planer der Getreideanlagen legen auf diesen Punkt keinen Wert, weil sie die Betriebsvoraussetzungen häufig nicht kennen.

Mit folgenden Kennwerten für komplette Anlagen kann man anhaltsweise rechnen:

Durchlauf Trocknung:	6 - 10 kW/t Stundenleistung
Salztrocknung:	4 - 8 kW/t Stundenleistung
Lagerbelüftungstrocknung:	3 - 6 kW/10 ha Getreidefläche

Der Wert für die Lagerbelüftungstrocknung gilt nur für Betriebe mit ausgewogener Fruchtfolge (Wi-Gerste-Raps-Wi-Weizen). In Betrieben mit sehr hohem Weizenanteil und hohen Erntefeuchtegehalten kann dieser Wert durchaus auf 6 – 8 kW je 10 ha Getreidefläche ansteigen.

Derzeit rechnen wir damit, dass der Anschluss eines Stromverbrauchers (Motor, Lampe usw.) durch den Elektriker ca. 300-400 € kostet. Ein Schaltschrank ist in diesem Preis nicht enthalten. Die Schaltschränke werden ausnahmslos von den Trockner-Herstellern mitgeliefert. Achten Sie darauf, dass der Schaltschrank eine ausreichende Erweiterungsmöglichkeit enthält, damit auch alle Fördergeräte über diese Zentrale bedient werden können und Verriegelungen auf Wunsch möglich sind.

4.2 Tragfähigkeit des Untergrundes

Irgendwo auf den Angebotsplänen für Getreideanlagen steht immer der Hinweis, dass der Untergrund mindestens 2 kg/cm² tragen muss. Dieser Punkt ist besonders in anmoorigen Gegenden, bei Zugsand im Untergrund und in Marschgebieten wichtig und hat in einigen Fällen den Preis für das Fundament erheblich verteuert. Wer sich

unsicher ist, sollte von einer Spezialfirma eine Baugrunduntersuchung auf Tragfähigkeit durchführen lassen. Diese kostet 1.000-2.000 €. Kritischer Punkt ist immer der Trocknungsbehälter, der mit hohem Gewicht auf kleiner Fläche steht. Abhilfe schaffen größere Stahlplatten unter den Füßen der Trocknerbeine aus mind. 10 mm Stahlblech oder im Beton verlegte Doppel-T-Träger, die eine bessere Lastverteilung bringen, sowie gut bewehrte Betonfundamente.

4.3 Grundwasserprobleme

4.3.1 Grundwasserstand

Vermeiden Sie bei der Planung Fundamentgruben für Trockner und Fördergeräte. Diese sind meistens nur teuer erstellte Drecklöcher, die nur schwer zu reinigen und oft noch grundwassergefährdet sind. Diese Schächte müssen unter allen Umständen ganzjährig trocken sein. Prüfen Sie deshalb den ungünstigsten Grundwasserstand am vorgesehenen Standort vor dem Baubeginn. Der höchste Grundwasserstand ist in den meisten Regionen im Frühjahr vor Vegetationsbeginn erreicht. Gegen Grundwasser baut man am besten Stahlwannen aus 3 mm Stahlblech in die Schächte ein. Bei vorübergehender Grundwassergefahr reicht eine doppelte 0,2 mm starke Folie, die unter den Unterbeton gelegt wird. Ist das Eindringen von Grundwasser nicht zu vermeiden, müssen die Fördergeräte im Winter hochgezogen werden. Planen Sie lieber zur Einhaltung der erforderlichen Neigungswinkel für die Ablaufrohre ein zusätzliches Fördergerät ein. Das wird billiger als das Bauen von Fundamentgruben.

Annahmegruben werden mit zunehmender Betriebsgröße immer tiefer. Der Einbau von Stahlwannen ist sicherer als das Verwenden von wasserdichtem Beton. Vor dem Einbau in das Betonfundament sollte man die Stahlwanne exakt ausrichten und vollständig mit Wasser füllen, bevor diese mit Beton hinterfüllt wird. Dann ist eine Prüfung der Stahlwanne auf Wasserdichtigkeit möglich und man verhindert das bootartige Aufschwimmen der Stahlwanne während des Hinterfüllens mit Beton. Lassen Sie die wassergefüllte Stahlwanne mindestens einen Tag lang mit Wasser stehen, damit man auch kleine Haarrisse erkennen kann.

4.3.2 Grundwasserdruck

Wasserdichte Annahmegruben und Elevatorschächte sind „schwimmfähig“, d.h. sie drücken bei hohem Grundwasserstand nach oben. Stahlwannen und Tanks müssen also in der Erde mit genügend Gewicht versehen werden, damit sie nicht aufschwimmen können. Das geschieht am besten durch ausreichend Beton.

Während des Bauens sind die Stahlwannen dann so lange mit Wasser gefüllt zu halten, bis der Beton hart geworden ist. Für jeden Kubikmeter Annahmegrubeninhalt müssen also wenigstens 1100 kg Beton außen an der Stahlwanne befestigt sein.

4.4 Betonarbeiten

Die Materialkosten für einen Kubikmeter Beton in C 20/25 (früher B25) - Qualität (s. RKL-Schrift Betonherstellung 6.0 S. 447-478) liegen heute bei 35-40 €. Für Fertigbeton in der gleichen Qualität kennen wir dagegen Preisschwankungen von 45-135 €/m. Die Preisspanne ist vor allem in den östlichen Bundesländern erheblich. Eine sichere Kalkulation vor der Auftragserteilung ist ratsam. Außerdem wird die Größenordnung der Betonarbeiten häufig unterschätzt. Für eine Halle mit 1.000 m² Grundfläche kosten die Punktfundamente und die Betonfläche in C 20/25-Beton im Mittel ca. 50.000 €. Dabei schwanken die Einzelpreise zwischen 40.000 € und 65.000 €. Bei schlecht tragfähigem Untergrund können die Betonarbeiten schnell auf den zwei- bis dreifachen Wert ansteigen.

Fragen Sie vor dem Kauf einer Halle den Hallenhersteller nach dem genauen Betonaufwand für die geplanten Fundamente, denn es gibt erhebliche Unterschiede in der Größe der Punktfundamente. Außerdem planen einige Hersteller die Punktfundamente größtenteils nach innen in die Halle, wo sie unter Umständen den Einbau von Unterflurkanälen für die Belüftung behindern können. Das gilt vor allem für Stahlbinder, mit denen vorhandene alte Gutsscheunen nachträglich freitragend gemacht werden sollen.

Zusätzlich zu der Betonfläche in der Halle wird meistens auch eine Betonfläche vor der Halle benötigt. Sie ist in vielen Fällen fast so groß wie die Fläche in der Halle, denn sie dient zum Rangieren mit dem Radlader beim Entleeren der Zellen und zum Abkippen von frischem Erntegut in Stoßzeiten, falls die Annahme einmal überlastet ist. Wichtig ist, dass die Reifen der Transportfahrzeuge beim Anfahren an die Annahmegrube vollkommen sauber sind, und dass der Radlader die Betonfläche beim Entleeren der Zellen nicht verlassen muss. Dazu sollte diese Fläche mindestens 15 m breit sein und ein Gefälle von 2-3 % haben. In schneereichen Gegenden kann das Gefälle auch größer sein. Wichtig ist, dass im Frühjahr kein Schmelzwasser in die Halle oder in die Annahmegrube eindringen kann. Aus diesem Grund sollte auch der Deckel der Annahmegrube ausreichendes Gefälle aufweisen.

Wasserdichter Beton heißt zwar so, bereitet aber in vielen Fällen schon nach wenigen Jahren Probleme. Ursache sind Setzungen im Untergrund, die unter allen Gebäuden auftreten und zu Spannungen im Beton führen. Achten Sie also darauf, dass unter der Betonfläche zusätzlich eine Baufolie (> 0,2 mm) verlegt wird. Diese

vermeidet aufsteigendes Wasser, das die untersten Getreideschichten befeuchten könnte, und erhöht die Qualität des Betons, da der im Anmachwasser gelöste Beton nicht vor dem Erhärten aus der Betonmischung heraus in den Unterbau versickern kann. Für die Annahmegrube und eventuelle Elevatorgruben ist der Einbau von Stahlwannen aber in jedem Fall ratsamer.

Wählen Sie in einer Halle niemals Asphalt oder Verbundsteine als alleinige Bodenbefestigung. Beide haben nur eine schlechte Lastverteilung. Hinter den Toren gibt es schon nach wenigen Jahren Spurrinnen, weil keine Bewehrung eingebracht werden kann. Außerdem können bei beiden Belägen keine Stahlstützen für die Zellenwände nachträglich aufgeschraubt werden. Asphalt muß außerdem regelmäßig befahren werden, damit er gut verdichtet bleibt. Geht das nicht, dann wird er im Sommer durch Erwärmung leicht quellen und zunehmend weich werden. Lassen Sie sich auch nicht durch „Restpostenangebote“ am Wochenende von großen Baustellen überreden.

Jede Betonfläche muss für das Befahren mit LKWs mit Baustahlmatten bewehrt sein. Seit einiger Zeit bieten einige Fertigbeton-Hersteller auch sogenannten „Stahlfaserbeton“ (Harixbeton) an. Dieser enthält, eingemischt in den Beton, schmale elastische Stahlbänder, die eine zusätzliche Baustahlmatte erübrigen sollen. Der Statiker kann diese Beton – Stahlmischung sogar genauso gut rechnen wie das Einziehen einer Baustahlmatte. Bedenken Sie aber, dass die Stahlstreifen in dem Beton immer unkontrolliert eingemischt sind und sich bei mangelndem Mischen unten absetzen können.

Stahlfaserbeton ist gut verwendbar in Hallen, die ganzjährig eine frostfreie, möglichst gleichbleibende Temperatur aufweisen (z.B. Empfangshalle eines Flughafens). Landwirtschaftliche Hallen können dagegen im Winter bei Leerstand sehr kalt werden. Dann braucht man unbedingt Dehnungsfugen im Beton, um die temperaturbedingte Dehnung im Beton ausgleichen zu können. Alle landwirtschaftlichen Hallen mit Stahlfaserbetonboden, die ich gesehen habe, zeigen schon nach kurzer Zeit Haarrisse im Beton, die jedes Jahr größer werden.

4.5 Geräuschpegel

Trocknungsanlagen machen während des Betriebes erheblichen Lärm. Das gilt vor allem für den Betrieb von größeren Gebläsen. Geräusche von 70 – 100 dB (A) direkt neben den Gebläsen sind keine Seltenheit. In Dorflagen oder bei Kurbetrieb in unmittelbarer Nachbarschaft treten dann schnell Probleme auf. Welcher Lärmpegel laut TA-Lärm erlaubt ist, zeigt Tabelle 10.

Tab. 10: Maximale Immissionsrichtwerte laut TA-Lärm (2002). Alle Werte angegeben in dB (A)

Immissionsort	am Tag	in der Nacht
	(6:00 - 22:00)	(22:00-06:00)
Industriegebiete	70	70
Gewerbegebiete	65	50
Dorfgebiete	60	45
Kerngebiete		
Mischgebiete		
Kleinsiedlungsgebiete	55	40
Allgem. Wohngebiete		
Reine Wohngebiete	50	35
Kurgebiete	45	35
Krankenhäuser		
Pflegeanstalten		

Je größer die Entfernung zwischen der Lärmquelle und der Nachbarbebauung ist, desto mehr nimmt der Geräuschpegel ab. Je 50 m Abstand kann man ungefähr mit einer Halbierung der Lärmpegels rechnen, das heißt, dass der Lärmpegel um 10 dB (A) sinkt. Der Einbau von zusätzlichen Schalldämpfern bringt einen Rückgang des Lärmpegels um 25-35 dB (A), steigert aber auch den Druckverlust im Gebläse um 10-20 Pa, sodass der Luftdurchsatz geringfügig zurück geht.

Kleinere Belüftungsgebläse, die immer nachts und meistens im Freien laufen, sollten bei Lärmstörung mit einer Holzkiste umbaut werden, die von innen mit Heraklit ausgeschlagen ist und auf ca. 20 cm hohen Beinen steht. Der Gebläselärm kann so nicht mehr direkt verbreitet werden, sondern wird an der rauen Innenverkleidung der Kiste mehrfach gebrochen, bevor er in die Umgebung dringt.

Eine bereits erteilte Baugenehmigung beinhaltet noch lange keinen problemlosen Betrieb der Anlage, sofern eine zu starke Geräuschentwicklung auftritt. Schon das Umlegen des Abluft-Rohrendes vom Trocknergebläse, damit dieses nicht direkt auf eine Wohnbebauung zeigt, bzw. das Schließen der Scheunentore reduzieren den Lärmpegel in der Nacht erheblich. In den meisten Fällen lässt sich der Lärmpegel einer Getreideanlage mit geringen Investitionen auf das gewünschte Niveau absenken.

4.6 Staubquellen

- Straßenlärm durch einen vorbeifahrenden LKW verärgert die Anwohner nur wenige Sekunden,
- der Lärm von Trocknungsanlagen verdrießt die Anwohner nur einige Wochen im Jahr,
- Staub aus Getreideanlagen bleibt aber auf allen Simsen und Brüstungen das ganze Jahr liegen. Er führt schon in geringsten Konzentrationen zu erheblichem Ärger nicht nur mit den Nachbarn, sondern manchmal auch mit der eigenen Familie.

Staub ist in vielen Fällen das größte Problem beim Betrieb von Getreideanlagen. Deshalb sollten Sie schon bei der Planung den Einbau einer Reinigung vorsehen. Diese kann aber eventuell auch nachgerüstet werden. Dann muss nur der Platz für einen Reiniger vorgesehen werden. Der Markt bietet heute auch Windsichter-Reiniger, die später durch Anbau mit einer Siebreinigung erweitert werden können. Die erheblichen Investitionen für eine Siebreinigung müssen also nicht sofort bei dem Bau der Getreideanlage getätigt werden. Bedenken Sie aber auch, dass der Staub nicht nur die Nachbarn belästigt, sondern auch die Qualität der Getreidepartie vermindert, da er meistens deutlich mehr Mykotoxine enthält als die eigentlichen Getreidekörner. Wer also den Staub sorgfältig entfernt, kann den Gehalt an DON und ZEA deutlich reduzieren (siehe auch Kap. 7 Reinigung).

Staub, der durch eine Getreideanlage in die Umwelt verbreitet wird, bleibt häufig das ganze Jahr sichtbar und erzürnt die Nachbarn nicht nur während der Getreideernte, sondern während des gesamten Jahres. Die Streitigkeiten mit den Nachbarn sind also viel ausgeprägter als beim Auftreten von Lärm der Getreideanlage.

Wer vor der Reinigung das Getreide mit einer Rohrschnecke fördert, erzielt bessere Werte in der Absenkung des Mykotoxingehaltes als beim Einsatz von Fördergeräten, die das Erntegut schonender bewegen (siehe auch Kap.6). Wie weit der Mykotoxingehalt durch eine Reinigung abgesenkt werden kann, belegen Untersuchungen der LK Münster aus den zurückliegenden Jahren (Tab.11). Der Einfluss einer zusätzlichen Rohrschnecke ist hierbei noch nicht berücksichtigt.

Tab. 11: Veränderung der Mykotoxingehalte auf Weizenkörnern durch den Einsatz einer Reinigung. (HPLC Testergebnisse aus den Jahren 2000 – 2002 von der LUFA Münster)

	Befallene Körner (%)			
	DON ¹⁾		ZEA ²⁾	
	abs.	rel.	abs.	rel.
Ungereinigtes Erntegut	14,5	100	15,1	100
Vorgereinigtes Erntegut³⁾		80		50
Gereinigtes Lagergut⁴⁾		40		35

1) Deoxynivalenol

2) Zearalenon

3) Windsichterreinigung

4) Windsichter + Siebreinigung

Die in Tabelle 11 dargestellten Ergebnisse stammen ausschließlich aus trockener Ware. Ist das Getreide feuchter geerntet worden. Dann ist die Reduzierung der Mykotoxingehalte durch eine Reinigung nicht mehr so effektiv.

Die größte Staubquelle in jeder Trocknungsanlage ist immer die Annahmegrube. Hier fällt beim Abkippen des Getreides während der Ernte der meiste Staub an. In geschlossenen Ortslagen sollten die Annahmegruben deshalb besser in einem geschlossenen Gebäude untergebracht sein. Wenn Nachbarn diese Staubquelle nicht mehr sehen können, ist ein Streit häufig vermeidbar. Das Streitniveau liegt dabei in vielen Fällen deutlich unterhalb des gesetzlich zulässigen Grenzwertes von 50 mg Staub je m³ Abluft.

Eine weitere wichtige Staubquelle entsteht in den Ablaufrohren. In diesen Rohren reiben sich die Körner aneinander und produzieren so neuen Staub. Dieser Staub tritt dann beim Übergang auf das nächste Fördergerät besonders intensiv auf. Achten Sie also darauf, dass die Übergänge zwischen den Förderwegen gut abgedichtet sind. Am Ende des letzten Förderweges ist dies nicht möglich, weil hier die Ware entweder in ein offenes Silo oder auf ein Transportfahrzeug fällt.

Wer eine Entstaubungsanlage einbauen will, muss mit hohen Investitionen rechnen. Dabei wird die staubige Abluft an allen kritischen Punkten (Annahmegrube und Übergänge zwischen den Förderwegen) mit einem leistungsfähigen Gebläse abgesaugt. Diese staubhaltige Luft wird anschließend mit einem teuren Filtersystem gereinigt. Sie benötigen je 1000 m³ Abluft pro Stunde ca. 1 m² Filterfläche, die zudem regelmäßig gereinigt werden muss. Der mögliche Einbau einer Entstaubungsanlage ist mit ein Grund, weshalb die Förderwege in einer Getreideanlage möglichst dicht bei einander stehen sollten, damit die Rohrleitungen der Entstaubungsanlage nicht zu lang sein müssen.

Trocknungsanlagen haben hinter dem Trocknergebläse zur Entstaubung meistens einen „Zentroabscheider“. Dieser nutzt für die Entstaubung der Luft die Fliehkraft der Staubpartikel in der Abluft. Zentroabscheider bremsen also während des Betriebes die Trocknungsluft durch Umlenkung erheblich ab. Gleichzeitig steigt der Strömungswiderstand der gesamten Anlage und damit der Antriebsbedarf des Trocknergebläses deutlich an, meistens um ca. 50 %.

4.7 Zuwegung

Die Zuwegung zu einer Trocknungsanlage sollte so ausgelegt sein, dass nicht nur alle betriebseigenen Transporteinheiten, sondern auch alle zu erwartenden LKW der getreideaufnehmenden Firmen problemlos die Fahrzeugwaage, die Annahmegrube und das Verloaderohr erreichen können, ohne dass Rangieren erforderlich ist. Diese Zuwegung soll auch bei schlechtem Wetter fest und trocken sein und keine Schlaglöcher oder Pfützen aufweisen, die dazu führen, dass kleine Steine oder Schmutzwasser in das Getreide gelangen und dessen Qualität verschlechtern können (siehe auch Kap. 13.1). Die Kosten für diesen Wegebau liegen maximal auf dem Niveau der Betonfläche vor der Anlage.

4.8 Planungsfehler

Der Einbau von Getreideanlagen in bereits vorhandene Gebäude erfordert ein exaktes Aufmessen des Gebäudes. Diese Arbeit sollte man immer von dem Plananbieter selbst durchführen lassen und nicht selbst vornehmen. Für eventuelle Messfehler ist dann auch der Planverfasser verantwortlich und nicht der Landwirt.

Immer wieder kommt es vor, dass die Maße in vorhandenen Gebäuden bzw. Höhenunterschiede im Fußbodenniveau falsch gemessen worden sind. Das kann teure, zusätzliche Fördergeräte, Dachausbauten oder Betonarbeiten erfordern. Häufig genug wird dann leider auf ausreichende Neigungswinkel in den Ablaufrohren verzichtet, was zu Problemen führen kann.

Folgende Neigungswinkel sollte man mindestens einhalten:

- Ablaufrohre für feuchtes, ungereinigtes Getreide mind. 45 Grad
- Ablaufrohre für trockenes, vorgereinigtes Getreide mind. 40 Grad

Getreidetrocknungsanlagen, die mit Temperaturen in der Trocknungsluft über 60°C arbeiten, neigen auch zur Selbstentzündung von Staub und Kaff im Trockner, sofern diese nicht umgehend wieder aus dem Trockner entfernt werden. Hauptursache für

solche Selbstentzündungen ist nach Untersuchungen des Verbandes der Sachversicherer eine unzureichende Planung der Gesamtanlage. Jede Trocknungsanlage hat einen „Reinluftbereich“, in den kein Staub und Kaff gelangen darf und einen „Schmutzluftbereich“, in dem viel Staub und Kaff aufgewirbelt wird. Zum Reinluftbereich gehört vor allem der Warmluftheizer, der die Trocknungsluft ansaugt und diese auf die vorgewählte Trocknungstemperatur erwärmt. Staub und Kaff neigen schon bei einer Temperatur von ca. 68 °C zur Selbstentzündung (nach Untersuchungen des Institutes für Schadensverhütung der Sachversicherer in Kiel). Achten Sie bei der Planung also unbedingt darauf, dass der Warmluftheizer weder Staub noch Kaff ansaugen kann. Dazu gehört eine ausreichende Entfernung zwischen dem Reinluftbereich und dem Schmutzluftbereich sowie eine Ausrichtung des Warmluftheizers entgegen der Haupt-Windrichtung, damit Staub und Kaff nicht vor den Warmluftheizer geweht werden können. Zum Schmutzluftbereich einer Anlage gehören folgende Anlagenteile:

- Annahmegrube
- Vorreiniger mit Kaffwagen
- Siebreiniger mit Kaffkammer
- Trocknerabluft

Diese Teile müssen unbedingt abgewandt von der Haupt-Windrichtung platziert werden.

4.9 Preisvergleiche

Lassen Sie sich von den anbietenden Firmen ein Festpreisangebot für die schlüsselfertige Anlage machen, sofern diese neu erstellt werden soll. Wir haben häufig festgestellt, dass die Angebote unvollständig sind, so dass ein Vergleich verschiedener Angebote miteinander kaum möglich ist. Die wichtigsten Punkte, die in einem Komplettangebot enthalten sein sollten, zeigt Tabelle 12.

Tab.12: Kritische Positionen bei Preisvergleichen von Angeboten

- Betonarbeiten nur unvollständig enthalten
- Max. Elektroanschluss des Betriebes überschritten
- Staub- und Lärmbelästigung nicht berücksichtigt
- Tragfähigkeit des Untergrundes nicht geprüft
- Grundwasserstand nicht erfragt
- Oberflächenwasserablauf nicht berücksichtigt
- Kosten für Zuwegung vergessen
- Montagekosten nur pauschal angegeben
- Nennleistung der Trockner nicht vergleichbar
- Kosten für Ablaufrohre nur pauschal angegeben
- Kosten für Heizöltank nicht enthalten
- Kleinmaterialverbrauch für Montage nicht berücksichtigt
- Frachtkosten
- Architektenhonorar vergessen
- u.s.w.

Die Zusammenstellung aus Tabelle 12 ist nicht vollständig, sie enthält nur die wichtigsten Punkte, die zu erheblichen Preisveränderungen in den Investitionen führen können.

Manchmal wird auch auf die Temperatur-Messanlage oder die Belüftungseinrichtung für die Lagerzellen bzw. auf den Schnellfeuchtigkeitsmesser im Angebot verzichtet, um die Investitionen günstiger erscheinen zu lassen. Zu den häufig vergessenen Punkten gehört auch die Schaltschrankerweiterung für die Fördergeräte. Achten Sie auf diese Punkte beim Preisvergleich der Angebote.

4.10 Eigenleistung

Alle Trocknungsanlagen erlauben einen hohen Anteil an Eigenleistung bei der Montage. Das gilt auch für Landwirte mit weniger technischem Geschick. Bedenken Sie dabei aber immer, dass das Zusammenbauen von Fördergeräten und Trocknern für keinen Landwirt Routine ist und daher 2-3mal so lange dauert wie bei einem Fachmonteur, der kaum noch eine Montageanleitung lesen muss.

Derzeit kostet die Monteurstunde bei den anbietenden Firmen 20-45 €. Die hohe Preisspanne ergibt sich aus zusätzlich anfallenden Fahrtkosten und Übernachtungskosten, die sehr unterschiedlich berechnet werden. Für das Zusammenschrauben von Silowänden ist das ein viel zu hoher Betrag. Mit eigenen Aushilfskräften lässt sich das preiswerter erledigen. Für einen exakten Preisvergleich sollte man sich von den Lieferanten aber die komplette Montage anbieten lassen und erst später die Eigenleistungsbedingungen aushandeln und für jede geleistete Stunde den Montagesatz entsprechend reduzieren. Üblicherweise werden derzeit 10-20 € für jede selbst geleistete Stunde gutgeschrieben. Es gibt aber auch Firmen, die den vollen Montagesatz vergüten.

Landwirte, die im Frühjahr ihre Trocknungsanlage selbst erstellen wollen, dürfen keinesfalls die termingebundenen Feldarbeiten vernachlässigen. Die hierbei auftretenden Verluste können schnell um ein Vielfaches höher sein als die selbst ausgeführte Montage.

4.11 Firmenwahl

Bei den meisten Anlagen müssen in den ersten Jahren des Betriebes noch Nachbesserungen durchgeführt werden, was häufig mitten in der Getreideernte festgestellt wird. Das Gleiche gilt für Funktionsstörungen, die dann innerhalb weniger Stunden behoben werden müssen.

Es hat also wenig Sinn, die Trocknungsanlage bei einer Firma zu kaufen, die weit entfernt ansässig ist und vor Ort weder einen fachkundigen Vertreter, noch einen guten Werksmonteur oder eine Werkstatt hat.

Wer sich bei nahezu gleichwertigen Angeboten mehrerer Firmen nicht sicher ist, mit wem er die Anlage bauen soll, sollte Berufskollegen fragen, die mit den entsprechenden Firmen bereits Erfahrung gemacht haben. Sie sollten Auskunft darüber geben, wie gut die Firma die eigene Anlage nach der Fertigstellung in Problemfällen betreut hat. Hier gibt es erhebliche Unterschiede.

5. Bauzeitdauer der Anlage

Die Fertigstellung von kompletten Trocknungs- und Lagerungseinrichtungen auf landwirtschaftlichen Betrieben dauert ca. 4 – 8 Wochen. Dazu kommen die Abbruch- und Fundamentarbeiten, die 2 – 3 Wochen in Anspruch nehmen. Evtl. muss auch

noch vorher der Neubau einer Halle berücksichtigt werden. Vor dem Baubeginn muss auch eine Baugenehmigung beantragt werden. In den meisten Fällen dauert es 4 – 6 Wochen von der Antragsstellung bis zur Genehmigung. Alle Förderwege sollten vor dem ersten Praxiseinsatz mindestens ein Mal Probe gelaufen sein, um Montagefehler bzw. Fehler in der elektrischen Schaltung rechtzeitig beheben zu können. Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen muss man sich spätestens bis zum 1. April entschlossen haben, wie die Anlage aussehen soll und mit welcher Firma man bauen will, damit diese die Bauantragsunterlagen fertig machen kann. Für die vorangegangene Planungsphase sollte man mindestens 3 Monate veranschlagen.

Man sollte auch bedenken, dass einige Firmen sog. Frühlieferungsrabatte gewähren, wenn man die Anlage schon im Herbst kauft und montieren lässt. Die Montagekonditionen werden dann deutlich günstiger.

6. Fördergeräte

Die Förderung der Ernteprodukte in einer kompletten Trocknungsanlage erfolgt auf fünf verschiedenen Förderwegen:

- Feuchtgetreideannahme-Förderweg
- Trocknungs-Förderweg
- Reinigungs-Förderweg
- Einlagerungs-Förderweg
- Auslagerungs-Förderweg

Diese Förderwege sollten bei der Planung möglichst so gestaltet sein, dass sie unabhängig von einander laufen können (Durchlaufrockner). Bei Störung eines einzelnen Aggregates werden so die anderen Maschinen nicht behindert und können störungsfrei weiter laufen. Alle absetzig arbeitenden Verfahren wie Silo-Satzrockner und Lagerbelüftungstrocknung stellen diese Anforderung nicht, da hier die einzelnen Förderwege nicht immer gleichzeitig arbeiten müssen.

Achten Sie auch darauf, dass die geplanten Senkrechtförderer möglichst dicht bei einander stehen, damit man bei Störungen unter Umständen auf ein anderes Fördergerät ausweichen kann. Auf welche Punkte beim Kauf von Fördergeräten besonders zu achten ist, zeigt Tabelle 13.

Tab. 13: Checkliste für die Auswahl von Fördergeräten bei der Anlagenplanung

Hersteller
Gewicht
Ketten(Gurt)geschwindigkeit
Wartung, Reinigung, Pflege
Wasserdichtigkeit
Vormontageanteil
Montagefreundlichkeit
Materialstärke
Bruchkorngefahr
Abrieb an Körnern (Staubentwicklung)
Lärmentwicklung

Vor allem ausländische Hersteller sind sehr großzügig mit den Leistungsangaben bei den Fördergeräten. Teilweise werden bei der Förderung von trockenem, gereinigtem Weizen nur 70 % der Prospektangaben erreicht. Je schneller die Fördererlemente in den Förderwegen laufen, desto höher ist zwar die Förderleistung, desto höher steigt aber auch der Bruchkornanteil. Dieser steigt auch mit abnehmender Feuchtigkeit in den Körnern. Oberhalb von 18,0 % Feuchtegehalt ist beim Getreide die Bruchkorngefahr fast bedeutungslos. Förderwege werden - wie auch Trockner - immer in „Leistungsfamilien“ gebaut. Das heißt, dass baugleiche Fördergeräte nur durch Beschleunigung des Fördererlementes und durch Vergrößerung der Antriebsleistung zu einer höheren Förderleistung kommen. Wer neue Förderwege einbaut, sollte niemals den leistungsstärksten Typ einer „Familie“ einbauen, weil dann eine weitere Leistungssteigerung nur mit erheblichen Investitionen möglich ist.

Wer eine vorhandene Anlage abbaut, um diese auf dem eigenen Betrieb wieder aufzubauen, muss darauf achten, ob die einzelnen Fördergeräte beim Wiederaufbau im Freien auch ausreichend wasserdicht montiert sind und nicht bei Regen voll Wasser laufen. Das könnte bei Geräten geschehen, die vorher unter Dach eingesetzt waren.

Der Antrieb aller Fördergeräte ist so auszulegen, dass die Geräte bei Störung auch unter Volllast wieder anlaufen können, ohne dass die Sicherungen überlastet werden. Staubablagerungen zwischen den Kühlrippen sind zu vermeiden, weil sie zu einer ungenügenden Kühlung des Motors führen können.

Dachgauben sollten belüftbar sein, damit im Sommer kein Hitzestau entsteht. Wir haben in derartigen Gauben schon Temperaturen von über 60°C gemessen. Das sind ungünstige Einsatzbedingungen für Elektromotoren.

Die Förderleistungen der Geräte werden von den Firmen ausnahmslos angegeben für den Betrieb mit trockenem, gereinigtem Weizen. Andere Voraussetzungen vermindern die angegebene Leistung teilweise erheblich. Tabelle 14 zeigt, mit welchem Leistungsrückgang bei zunehmender Feuchtigkeit und bei fehlender Reinigung zu rechnen ist:

Tab. 14: Praxisnaher Leistungsrückgang von Fördergeräten bei zunehmender Kornfeuchtigkeit und fehlender Reinigung

		HLG ¹⁾ (kg)	Kornfeuchtegehalt		
			15%	20%	25%
Wi-Weizen	gereinigt	75 - 80	100		
	ungereinigt	68 - 72		80 - 85	60 - 70
Wi-Gerste	gereinigt	61 - 64	80 - 90		
	ungereinigt	57 - 61		60 - 70	50 - 60
Hafer	gereinigt	56 - 60	70 - 80		
	ungereinigt	50 - 54		50 - 60	40 - 50

		HLG ¹⁾ (kg)	Kornfeuchtegehalt		
			8%	13%	18%
Wi-Raps	gereinigt	68 - 72	80 - 90		
	ungereinigt	66 - 70		70 - 80	70 - 80

1) HLG = Hektolitergewicht

6.1 Förderweg Annahme

Der Annahmeförderweg ist der erste Förderweg in jeder Getreideanlage für das erntefrische Getreide. Er geht von der Annahmegrube bis in ein Feuchtgetreidesilo (bei Durchlauf- oder Satzrockner), in einen Silotrockner oder direkt in eine Belüftungszelle. Das Erntegut ist hier in jedem Fall ungereinigt und je nach Witterungsbedingungen unter Umständen noch feucht, so dass es möglichst schnell getrocknet werden muss. Die Förderleistung ist dann deutlich geringer als bei trockener Ware (siehe Kap. 6) und neigt zu intensiverer Brückenbildung.

Die Annahmehleistung orientiert sich an der Mähdrescherschlagkraft. Fast alle Betriebe kommen zurecht, wenn die Annahmehleistung auch der Mähdrescherleistung

entspricht; man hat dann immer noch die Transportfahrzeuge als Puffer und die Nachtstunden, in denen nicht gedroschen wird, als Förder-Reserve. Dennoch ist es sinnvoll, ca. 10 t/h mehr zu installieren (Mähdruschleistung von 30 t/h entspricht Annahmemeistung von 40 t/h). Das erhöht die Investitionen nur unwesentlich, ermöglicht aber eine problemlose Leistungssteigerung beim Mähdrusch und erlaubt den zusätzlichen Einsatz einer Lohnmaschine, damit das Getreide rechtzeitig mit hoher Qualität geerntet werden kann. Diese Annahmemeistung muss bis in die Feuchtgetreidezellen beibehalten werden. Die Mindestleistung in der Annahme sollte heute bei 40 t/h liegen, weil diese Förderwege in vielen Anlagen auch für den Verkauf des Getreides eingesetzt werden.

Eine stufenlose Verstellung der Förderleistung durch drehzahlregelbare Motoren ist zwar elegant, erfordert aber hohe Investitionen, die oft nur zu Anfang von den Betreibern einige Male genutzt werden. Später unterbleibt meist das Verstellen der Förderleistung. Deshalb reicht eine Leistungsverstellung der Geräte über einfache Schieber aus.

Der Windsichter-Vorreiniger gehört direkt hinter die Annahmegrube in den Annahmeförderweg, um eine Brückenbildung in den Trichterzellen für Feuchtgetreide zu vermeiden. Aus Sicherheitsgründen ist der Windsichter-Reiniger im Annahmeförderweg (siehe Kapitel 7) um ca. 10% höher in der Leistung auszulegen als die Förderleistung der Annahme selbst.

Groß dimensionierte Rohrschnecken haben sich für den Annahme-Förderweg aus folgenden Gründen gut bewährt:

- Einfacher Einbau in Stahltrichter-Annahmegrube
- Keine Grundwassergefährdung für den Antriebsmotor
- Keine Behinderung der Transportfahrzeuge bei schrägem Einbau
- Intensiver Abrieb der Mikroorganismen von der Kornoberfläche
- Guter „Nachdruscheffekt“ auf schlecht ausgedroschene Ährenspitzen

Eine nachträgliche Leistungssteigerung ist mit Rohrschnecken aber kaum möglich, denn eine Beschleunigung des Schneckenwendels kann schnell zu erhöhtem Bruchkornanteil im Getreide führen. Das gilt vor allem für Erntefeuchtigkeiten im Getreide unterhalb von 15 %.

Das Grubenrost sollte bei einer Annahme im Freien ein Gefälle von 2-3 % aufweisen, damit auf dem aufliegenden Deckel möglichst wenig Regenwasser stehen bleiben kann. Das Rost selbst sollte eine Radlast der Transportfahrzeuge von mindestens 8 t aushalten können. Das gilt vor allem für Heckkipper-Annahmegruben, bei denen die komplette Hinterachse des Transportfahrzeuges beim Abkippen auf dem Rost steht.

Gerste ist die Frucht mit dem größten Schüttwinkel (siehe Tab.9, Kap.4), der bei allen Früchten mit zunehmender Feuchtigkeit weiter ansteigt. Aus diesem Grund sollten alle Trichterinnenwände und Ablaufrohre im Annahmehbereich einen Neigungswinkel von wenigstens 45° aufweisen. Nur dann ist sichergestellt, dass keine Restmengen in den Zellen zurückbleiben.

6.2 Förderweg zum Trockner

Bei ausreichend großem Annahmepuffer (Feuchtgetreidezellen, s. Kap. 9.1) kann die Leistung der nachfolgenden Fördergeräte unabhängig von der Annahmehleistung ausgelegt werden.

Durchlaufrockner (Kap.8.1) benötigen für den reibungslosen Betrieb eine kontinuierliche Förderleistung für das Befüllen und Entleeren des Trockners von der dreifachen Trockner-Nennleistung. Dann kann man auch 1 – 2 % Feuchtigkeit problemlos entziehen, ohne dass die Trocknungs-Lufttemperatur reduziert werden muss.

Lagerbelüftungstrocknungen (Kap.8.3) brauchen keine Pufferbehälter für das Feuchtgetreide und haben keinen speziellen Trocknungsbehälter. Sie stellen deshalb auch keine besonderen Ansprüche an die Befüllleistung. Diese richtet sich ausschließlich nach der geforderten Annahmehleistung. Diese Annahmeh-Förderleistung wird bis in die Getreide-Flachlagerzellen erweitert. Die spätere Entleerung der Zellen erfolgt dann meistens mobil. Häufig wird dabei der vorhandene Förderweg über die Annahmegrube gewählt, damit man das Lagergut ein zweites Mal reinigen kann.

Behälter-Satzrockner (Kap.8.2.1) müssen für die optimale Auslastung des Warmluftaggregates möglichst schnell entleert und wieder befüllt werden können. Sowohl das Befüllen des Trockners aus einem Feuchtgetreidesilo als auch der Entleeren in die nachfolgenden Lagerzellen sollten in einer halben Stunde möglich sein. Bei drei Trocknungsgängen pro Tag gehen dann immer noch für das Befüllen und Entleeren des Trockners mindestens drei Stunden als Trocknungszeit verloren. Wird außerdem das Getreide im Trocknungsbehälter zurückgekühlt, reduziert sich die tägliche Trocknungsdauer um weitere 3 Stunden. Es stehen also bei diesem Trocknungsverfahren auch bei optimaler Auslegung der Förderwege täglich nur ca. 18 Stunden für die Trocknung zur Verfügung.

Silotrockner (Kap. 8.2.2) werden bei uns fast ausnahmslos als Satzrockner betrieben. Im Gegensatz zu einer Behälter-Satzrocknung kann man bei diesem System aber schon während der Silobefüllung mit dem Trocknen beginnen, so dass

Verlustzeiten für das Trocknungsaggregat nur bei der Siloentleerung auftreten. Legen Sie die Leistung aller Fördergeräte für die Entleerung so groß aus, dass das Trocknungssilo spätestens nach 10 Stunden erneut mit feuchtem Getreide befüllt werden kann. Größter Engpass ist dabei in den meisten Fällen die Leistung der Fegeschnecke im Trocknungssilo. Die von den Herstellern versprochenen Leistungen werden nur selten eingehalten. Die möglichen Förderleistungen der Fegeschnecken zeigt Tabelle 15.

Tab. 15: Förderleistungen von Fegeschnecken in Silotrocknern bei der Förderung von getrocknetem Weizen

Schneckenwendel-Durchmesser (cm)	Theoretische Maximalleistung (t/h)	Förderleistung in der Praxis (t/h)
15	40	32
20	65	52
25	105	84

Wagentrocknungen (Kap. 8.2.3) stellen überhaupt keine Anforderungen an eine spezielle Fördertechnik. Das Befüllen der Trocknungswagen übernimmt in den meisten Fällen der Mähdrescher und die Entleerung der Wagen erfolgt in eine Annahmegrube. Da aber diese Trocknungswagen auch den Transport des Erntegutes übernehmen müssen, benötigt man eine große Anzahl an Trocknungswagen auf dem Betrieb. Deshalb haben Wagentrocknungen heute kaum noch eine Bedeutung.

6.3 Förderweg in die Lagerzellen

In fast allen Regionen der Bundesrepublik wird ein erheblicher Teil der Ernte mit so geringer Feuchtigkeit geerntet, dass eine zusätzliche Trocknung nicht mehr erforderlich ist. Mit zwei Kühlgängen im anschließenden Lager kann man ohne Trocknereinsatz dem Getreide bis zu 1,5 % Feuchtigkeit entziehen. Für dieses Erntegut sollten die Förderwege zur Zellenbefüllung die gleiche Kapazität aufweisen wie der Annahme-Förderweg. Nur so lassen sich zusätzliche Arbeitsstunden während der Nacht vermeiden.

Die Förderleistung bei der Zellenentleerung richtet sich nach der weiteren Verwendung des Getreides. Wer das Lagergut anschließend auf dem eigenen Betrieb verfüttern will, benötigt nur eine sehr geringe Förderleistung für die

regelmäßige Entnahme von kleineren Mengen. Eine Leistung von 10 t/h ist in den meisten Fällen ausreichend.

Wer sein Getreide anschließend verkaufen will, sollte die Leistung in jedem Fall für eine zügige LKW-Befüllung auslegen. Nach Vorstellung der meisten Transporteure sollte das Transportfahrzeug innerhalb einer Stunde abgeplant, mit Getreide befüllt, wieder transportfertig sein und den Hof verlassen haben. Die Verladeleistung muss also mindestens 60 t/h betragen. Wer diese hohe Leistung nicht direkt vom Lagerbehälter bis auf das Transportfahrzeug installieren kann, muss mit der Annahmegrube, einer Feuchtgetreidezelle oder einem speziellen unterfahrbaren Verkaufssilo als Zwischenpuffer arbeiten. Solche Verkaufssilos kosten etwa 120-200 € / m³ Inhalt, sofern keine Stützenkonstruktion notwendig ist. Deshalb ist es in den oft preiswerter, das Getreide in einem Feuchtgetreidesilo zwischenzulagern und für die Entleerung mit allen zur Verfügung stehenden Senkrechtförderern gleichzeitig zu verladen. Achten Sie deshalb für diesen einen Feuchtgetreidesilo auf eine ausreichend hohe Verladeleistung. Der zusätzliche Energieaufwand für das Zwischenfördern aus dem Feuchtgetreidesilo heraus liegt bei 0,05-0,10 €/dt Getreide.

Die Getreidefirmen wollen gern das Getreide auf den Betrieben in verkaufsfertiger Qualität übernehmen und dann gleich zum entsprechenden Verarbeiter fahren. Die Zellenentleerung ist daher so zu gestalten, dass die ausgelagerte Ware erneut über die Reinigungsanlage laufen kann. Ist das nicht möglich, muss die Ware beim Zwischenhändler einmal zwischenbehandelt werden. Dieses Übernehmen in den firmeneigenen Silo und eine zusätzliche Reinigung kosten etwa 0,50-0,80 € / dt Getreide, die der Landwirt bezahlen muss. Ablieferung guter Qualität kann also eine zusätzliche Verbesserung des Getreidepreises bewirken. Die zügige LKW-Beladung darf maximal eine Stunde dauern.

Die Kosten der Lagerzellenentleerung kann kein Grund für die Auswahl eines bestimmten Lagersystems sein. Tabelle 16 zeigt, dass die Kosten der Lagerzellenentleerung zwischen den verschiedenen Verfahren keine großen Unterschiede aufweisen, aber deutlich höher liegen als die meisten Landwirte annehmen.

Tab. 16: Gesamtkosten für die Entleerung eines Getreidelagers bei einer Förderleistung von ca. 70 t/h. Alle Zellen sind mit Wellblechkanälen für die Kühlung ausgelegt.

<p>Rundzellenentleerung mit Elevator Zellen-Teiltrichter, Rohrschnecken, Elevatoranteil, Energieverbrauch, Arbeitsaufwand, Qualitätsveränderung usw. 0,22 - 0,28 €/dt</p>
<p>Radladerentleerung (2 m³-Schaufel) Radladeranteil (50%), Schaufel (100%), Ersatz von Kanälen (5%), Arbeitsaufwand (2 AK), Energieverbrauch, Qualitätsveränderung usw. 0,28 - 0,33 €/dt</p>
<p>Entleerung mit 2 SD-Gebläsen Saugdruckgebläseanteil, Schlepperanteil, Energieverbrauch, Arbeitsaufwand (1 AK), Qualitätsveränderung usw. 0,28 - 0,30 €/dt</p>

6.4 Hinweise zu einigen Fördergeräten

Die Auswahl eines geeigneten Fördergerätes ist nicht immer einfach. Tabelle 17 zeigt, auf welche Punkte man besonders achten sollte und wie diese in der Praxis zu bewerten sind.

Tab. 17: Praxisnahe Bewertung von verschiedenen Fördergeräten

Fördergerät	Antriebsbedarf ²⁾	Sortenreinheit	Eigenmontage	Körnerschonung	Wartung Pflege	Neigung ³⁾ (°)	Preis ⁴⁾ (€/m)
Becherelevator	0,6 - 1,0	+	0	+	++	90	550
Kettenelevator	1,2 - 1,5	0	+	-	-	60 - 90	450
Trogschnecke	1,0 - 1,1	-	+	0	0	0 - 35	250
Rohrschnecke	1,4 - 1,5	0	++	-	+	0 - 45	250
Förderband	0,2 - 0,5	+	-	++	++	0 - 20	450
Trogkettenförderer	0,5 - 0,8	+	+	+	+	0 - 30	350
Kettenrundförderer ¹⁾	0,5 - 0,8	++	0	+	+	0 - 20	380
Rohrkettenförderer ¹⁾	0,7 - 1,5	+	+	+	+	0 - 90	300
Druckgebläse mit Zellenradschleuse	ca. 16,0	++	++	0	++	0 u. 90	700

1) Förderweglänge = 50 % der Gesamtlänge des Fördergerätes

2) kW je 10 m Förderweg, 40 t/h Leistung und Förderung von trockenem, gereinigtem Weizen

3) Neigung des Förderweges zur Horizontalen (90° = senkrecht stehend)

4) Neupreis je m Förderweg bei 40 t/h

++ = Sehr gut, + = gut, 0 = mittel, - = schlecht, -- = sehr schlecht

Becherelevatoren sind zwar teurer als Kettenelevatoren, sie laufen aber jahrelang problemlos und fast ohne jede Wartung. Kettenelevatoren müssen hingegen jährlich einmal geprüft werden, ob die Gummilaschen noch alle fest montiert, die Kettenglieder noch gelenkig sind und keines gebrochen ist. Diese Kettenkontrolle sollte rechtzeitig vor der Ernte erfolgen, damit man während des Einsatzes keine Überraschung erlebt. Betrachtet man die Gesamtkosten nach 20-jährigem Einsatz, dann ist ein Becherelevator immer preiswerter als ein Kettenelevator. Das ergibt sich schon aus dem geringeren Antriebsbedarf. Eine nennenswerte Leistungssteigerung ist nur bei Becherelevatoren möglich durch das Einschrauben zusätzlicher Becher oder die Beschleunigung des Gurtes. Achten Sie darauf, dass der Getreideeinlauf in den Elevator immer an der gurtablaufenden Seite erfolgt und nicht an der Seite, an der der Gurt nach oben läuft. Das ergibt Leistungsunterschiede von 20-25 %. Ist der Einlauf an der gurtablaufenden Seite nicht realisierbar, sollte man einen leistungsfähigeren Elevator einsetzen. Bei jeder Leistungssteigerung ist aber auch an den zusätzlichen Antriebsbedarf zu denken, damit der Motor nicht überlastet wird. Eine automatische Absaugung des Restgetreides aus dem Elevatorfuß und eine eingebaute Schieflauf-Überwachung des Gurtes machen heute Becherelevatoren auch für Saatgutbetriebe weitgehend wartungsfrei.

Stellen Sie Becherelevatoren niemals mit dem Bodenblech des Elevatorfußes direkt auf den Beton. Zwischen dem Blech und dem Beton entsteht verstärkte Korrosion, die zum schnellen Durchrosten des Bodenbleches führt. Stellen Sie ihn auf 5 cm hohe Füße aus Stahl. Dann lassen sich Restmengen an Fördergut leichter entnehmen und Grundwasser dringt nicht gleich in den Elevator ein.

Becherelevatoren sollten immer exakt senkrecht aufgebaut werden, damit der Elevatorgurt problemlos mittig im Elevatorschacht läuft. Kettenelevatoren dürfen dagegen auch schräg aufgestellt werden. Je schräger ein Kettenelevator installiert wird, desto stärker ist die Belastung der Kette. Das gilt vor allem für einen Annahmeelevator, der in vielen Fällen auch noch die waagerechte Schnecke in der Annahmegrube mit antreiben muss. Die Belastung für die Elevatorkette wird dann sehr hoch. Die Zuführschnecke sollte deshalb besser getrennt angetrieben werden. Bei Förderleistungen über 40 t / h sind Kettenelevatoren nicht mehr empfehlenswert, da sie zu leicht gebaut sind.

Wer einen gebrauchten Kettenelevator preisgünstig erwerben kann, sollte vorher neben der Kette auch die Lager auf ein eventuelles Spiel eingehend prüfen. Zur Leistungserhöhung der Kettenelevator-Typen haben einige Firmen einfach den Elevatorschacht verbreitert und breitere Gummilaschen auf die Kettenhalter geschraubt. Die Standzeit derartiger Elevatoren ist stark begrenzt.

Fördergebläse beeindrucken die Landwirte häufig wegen der geringen Investitionen und der hohen Mobilität. Die Geräuschbelastung ist aber vor allem in der Nacht unerträglich. Außerdem ist die Funktionssicherheit schlechter als bei allen mechanischen Fördergeräten. Aus diesem Grund sollte die Auslastung der Gebläse 60 – 70 % der maximalen Förderleistung nicht übersteigen, sofern die Geräte ohne Aufsicht laufen müssen. Auf grund dieser schlechten Auslastung ist der erforderliche elektrische Antriebsbedarf und damit der Energieverbrauch erheblich höher als bei allen mechanischen Fördergeräten. Der Einsatz von elektrischen Gebläsen in bedienungsfrei laufenden Getreideanlagen ist daher kaum empfehlenswert.

Besser bewährt haben sich dagegen die schlepperbetriebenen Saugdruck-Gebläse für die Entleerung der Lagerzellen im Winter. Für den Antrieb benötigt man mind. 2 kW je Tonne Stundenleistung für den reibungslosen Antrieb des Gebläses. Diese Gebläse ermöglichen eine problemlose, staubfreie Arbeit in der Getreidezelle, ohne dass schwere Handarbeit anfällt. Staub und Lärm entstehen am Schlepper und auf der Druckseite der Förderleitung, weil Schlepper und Transportfahrzeug außerhalb des Gebäudes stehen können.

Eingeschliffene Zellenradschleusen aus Stahl haben eine deutlich längere Lebenserwartung als Zellenradschleusen mit Gummiabdichtungen, da diese viel schneller abnutzen und nachjustiert werden müssen. Tut man das nicht, wird man schnell einen Leistungsrückgang feststellen.

Unterschiede gibt es auch bei den Gebläserohren. Umgebördelte Rohrenden erzeugen deutlich mehr Bruchkorn und Staub als Rohrenden, die ineinander geschoben sind.

Achten Sie beim Einbau eines Gebläses darauf, dass hinter dem Einlauf des Getreides in die Gebläseleitung (Zellenradschleuse) das Gebläserohr mindestens 2 m - besser 4 m - waagrecht verläuft, bevor man mit einer Senkrechtförderung beginnt. Ist das nicht der Fall, dann wird die Gebläseleistung deutlich zurückgehen. Gebläseleitungen sollten auch niemals schräg nach oben verlaufen, sondern ausschließlich waagrecht oder senkrecht.

Förderbänder sind für die Horizontalförderung die problemlosesten Förderwege. Sie sind weitgehend wartungsfrei, haben den geringsten Antriebsbedarf, erzeugen keinen Abrieb an den Körnern. Leider sind sie aber schwer und teuer, weshalb die meisten Landwirte lieber andere Horizontalförderer wählen.

Trogschnecke oder Trogkettenförderer (Redler)? Dies ist eine der häufigsten Fragen für die waagrechte Förderung. Grundsätzlich sind Schnecken preiswerter als Redler. Sie müssen aber in regelmäßigen Abständen zwischengelagert sein, und

diese Lager müssen regelmäßig gewartet werden. Das ist bei Schnecken, die im First eines Gebäudes hängen, nicht immer einfach. Außerdem bleibt in den Ablaufklappkästen der Schnecken immer eine erhebliche Restmenge an Getreide liegen, so dass vermischte Übergangspartien entstehen. Bei Förderleistungen über 30 t / h sind daher Redler zu bevorzugen. Für alle Waagerechtförderer gilt, dass der Antriebsmotor auf der Getreide-Abwurfseite des Gerätes und nicht auf der Einlaufseite liegen sollte. Will man mit derartigen Geräten in zwei Richtungen fördern, sollte man bei Förderwegen über 10 m einen zweiten Antriebsmotor auf der anderen Seite des Förderers vorsehen. Bei der Montage von Waagerechtförderern im Dachstuhl ist auch das Gewicht des gefüllten Aggregates zu berücksichtigen, damit die Balken oder Träger der Dachkonstruktion nicht überlastet werden.

Achten Sie bei der Planung auch auf die Aufbereitung von Sonderkulturen, die besondere Anforderungen an die Fördergeräte stellen. Dazu gehören jede Form der Saatgutproduktion sowie Erbsen und Bohnen, die von einigen Geräten zerkleinert werden, sofern zwischen Förderelement und Trogwand nicht genügend Platz vorgesehen ist.

Ablaufrohre haben nur eine begrenzte Förderleistung, wenn sie mit einem Neigungswinkel von 45 Grad verlegt sind. Folgende Werte sind auch mit Gerste erreichbar:

- Rohrdurchmesser 150 mm = 30 t / h
- Rohrdurchmesser 175 mm = 40 t / h
- Rohrdurchmesser 200 mm = 60 t / h

Bei Weizenförderung liegen die Leistungen ungefähr 10-20 % höher. Ablaufrohre über 10 m Länge müssen zusätzlich in der Mitte mit einer Körnerbremse ausgerüstet sein, um bei trockener Ware den Bruchkornanteil im Rahmen zu halten.

Vor allem größere Betriebe in den östlichen Bundesländern arbeiten häufig mit einer mobilen Einlagerungstechnik. Am preiswertesten ist dabei der Einsatz einer Getreideschleuder. Aus bisheriger Erfahrung sollte diese folgendermaßen ausgerüstet sein:

- Endlos gefertigter Fördergurt
- Verstellbare Drehzahl der Antriebswelle
- Fertigung aus V2A-Stahl (nur bei Mineraldüngerförderung)
- Automatische Schwenkeinrichtung der Wurfrichtung
- Ausreichender Trichter für Radladerbeschickung

Die immens hohe Staubentwicklung dieser Fördertechnik hat aber dazu geführt, dass man dieses Verfahren kaum noch empfehlen kann. Viele Betriebe haben umgestellt auf eine direkte Befüllung der Lagerhallen mit einem Frontladerschlepper, einem Radlader oder besser einem Teleskoplader. Wer sein Getreide höher als 2,5 m lagern und nicht mit den Vorderrädern in das Getreide fahren will, der braucht bei Front- oder Radladern eine Verlängerung am Ladergestänge zum Hochschieben des Getreides. Die meisten dieser Verlängerungen sind von den Betriebsleitern selbst gebaut. Abbildung 1 zeigt eine solche Bauweise.

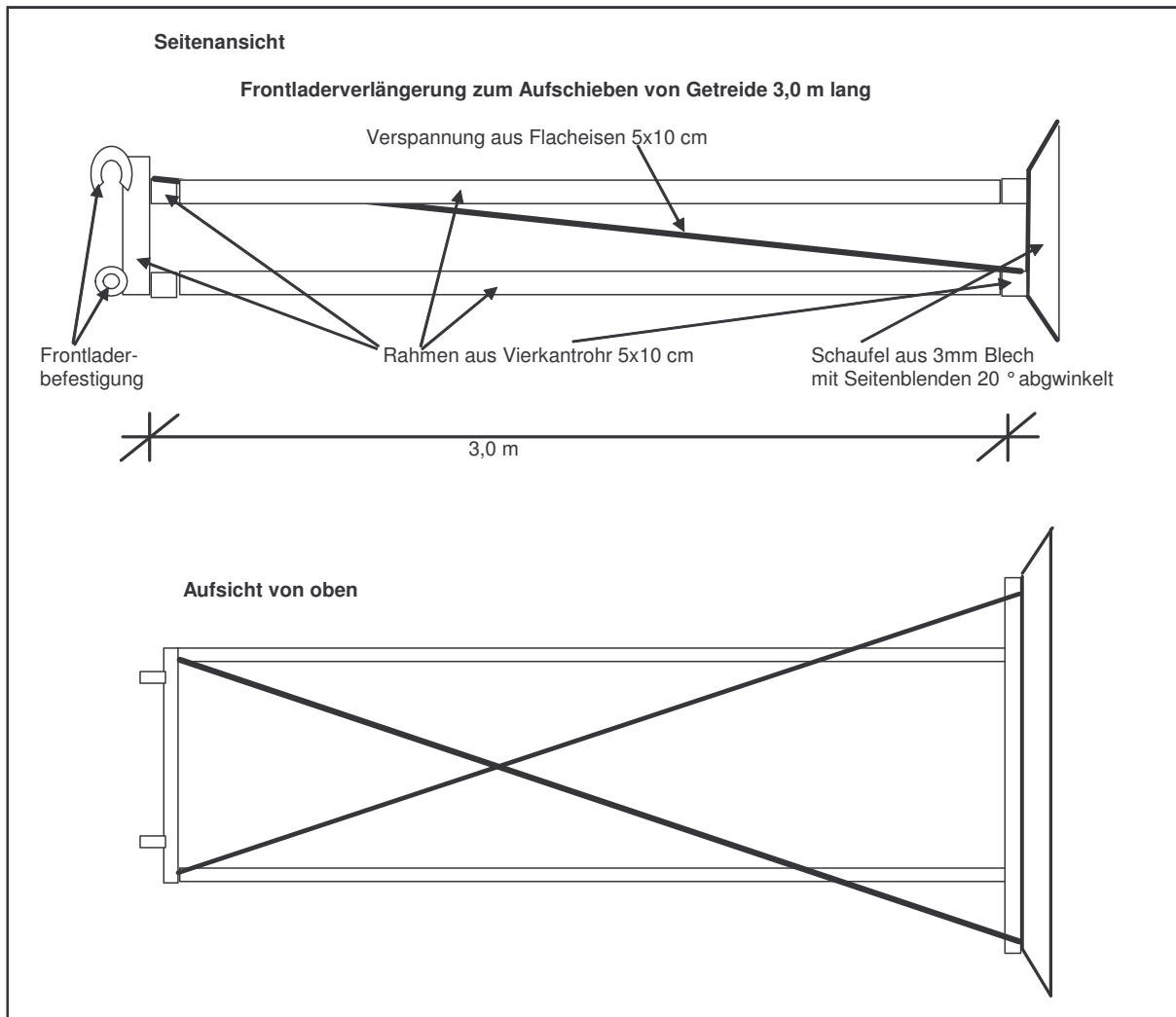


Abb. 1: Verlängerung für Front- oder Radlader zum Hochschieben des Erntegutes im Flachlager.

7. Reinigung

Der Verkauf von Getreide lässt max. 2 % Beimengungen zu, wenn man keine Abzüge in Kauf nehmen will. Das ist in vielen Fällen nur mit einem zusätzlichen Vorreiniger zu erreichen. Windsichter als Vorreiniger sind preiswert, arbeiten weitgehend störungsfrei und sind pflegeleicht. Sie reichen aus für das Beseitigen von Kaff, Staub und Strohanteilen aus dem Erntegut. Windsichter sollten aber nicht oben unter dem Dach installiert werden, sondern bedienungsfreundlich, ebenerdig und leicht erreichbar, damit die Einstellung auf unterschiedliche Früchte und wechselnde Erntefeuchtigkeiten auch tatsächlich durchgeführt wird. Windsichter mit eingebautem rotierendem Verteilrad reinigen besser als Windsichter mit eingebautem starren Verteilkegel. Neben der Reinigung der erntefrischen Ware sollte der Windsichter auch die Nachreinigung der verkaufsfertigen Ware bei der Entleerung des Getreidelagers ermöglichen. Darauf ist bei der Platzierung des Windsichters in der Anlage zu achten.

Die Leistung der Windsichter sollte ca.10 % höher liegen als die Leistung der Fördergeräte. Die Vorreinigung des Erntegutes sollte vor der Einlagerung des Getreides im Feuchtgetreidebehälter erfolgen, denn hohe Kaffanteile in Silos mit Trichterzellen können die Zellenentleerung erheblich erschweren, weil das Kaff immer bis zum Schluss in den Zellen zurück bleibt und der Kaffanteil bei unvollständiger Zellenentleerung kontinuierlich ansteigt. Windsichter, die im Freien aufgebaut werden, werden bei Regen im Auslauftrichter nass und rostanfällig. Das kann zu Störungen zu Beginn der neuen Ernte führen, weil dann die raue Gerste nicht mehr nachrutscht. Eine Abdeckhaube gegen eindringenden Regen ist darum ratsam. Windsichter blasen die abgeschiedenen Beimengungen mit einem Wurfgebläse in eine Kaffkammer oder auf einen Kaffwagen. Die Rohrleitung sollte niemals steigend verlegt werden. Außerdem wird diese Leitung durch Beimengungen und durch Staub statisch erheblich aufgeladen . Sie darf daher nicht aus Kunststoff gefertigt sein.

Siebreiniger sind wesentlich teurer als Windsichter. Deshalb ist es richtiger, derartige Geräte zusätzlich zum Windsichter hinter dem Trockner zu installieren, weil dann die Leistung des Reinigers erheblich geringer sein kann. Es ist aber ratsam, die Reinigung **vor** der Einlagerung des Getreides durchzuführen und nicht erst bei dessen Auslagerung im Frühjahr, weil die optimalen Verkaufszeitpunkte für das Erntegut immer kürzer werden und ein wochenlanges Reinigen des Lagergutes dann nicht mehr möglich ist. Außerdem wollen die Firmen das Getreide möglichst gleich zur Mühle oder zum BLE-Lager fahren, weil die Zwischenlagerung im firmeneigenen Silo noch einmal Geld kostet. Um diesen Betrag muss der Verkaufspreis gesenkt werden, wenn man keine ausreichenden Qualitäten anbieten kann. Die Leistung

eines Siebreinigers ist abhängig von der Siebfläche des Untersiebes, denn jedes Korn muss die Chance haben, durch ein Loch zu fallen, falls es zu klein ist. Siebreiniger ermöglichen auch die Herstellung von eigenem Saatgut für den Nachbau. Für eigenes Saatgut und gute Verkaufsqualitäten benötigt man heute für jede Tonne Getreidedurchsatz pro Stunde ca. 0,75 m² Untersiebfläche! Je wirksamer die Reinigungsvorrichtung für die Siebe ist (Kugeln, Bürsten, Klopfer), desto knapper kann die Siebfläche bemessen sein. Achten Sie beim Kauf eines Siebreinigers darauf, dass dieser gut ausgewuchtet ist und nicht beim Betrieb den Unterbau oder sogar das ganze Gebäude in Vibration oder Schwingungen versetzt.

Neben den Plansiebreinigern gibt es seit einiger Zeit auch Trommelsiebreiniger mit rotierendem Trommelsieb. Dieses Sieb hat während des Betriebes zwar nur ca. 25 % der eingebauten Siebfläche in Arbeit, es besteht dafür aber keine Gefahr, dass der Reiniger verstopfen kann.

Wer Raps vor der Trocknung reinigen will und diesen von Klettenlabkraut trennen muss, sollte statt des Obersiebes ein Untersieb in den Reiniger schieben und statt des Untersiebes ein unperforiertes Stahlblech als Untersieb verwenden. Der Raps fällt jetzt durch das Obersieb und das Klettenlabkraut darüber hinweg. Das bekannte Verschmieren der Siebe durch den ölhaltigen Raps kommt dann kaum noch vor, weil die Rapskörner das Obersieb immer wieder frei arbeiten. Wer aber den Raps über ein Sieb hinweg fördern will, um Feinanteile herauszureinigen, der wird immer Probleme mit verstopften Sieben haben.

Neben Windsichtern und Siebreinigern gibt es eine Reihe weiterer Reiniger und Aufbereitungsmaschinen, die vor allem für die Saatgutaufbereiter eine Bedeutung haben. Die wichtigsten Maschinen zeigt Tabelle 18. Alle sollten nur mit getrockneter Ware beschickt werden. Feuchtes Erntegut führt immer zu einem Verkleben der Maschinen und zu hohem Reinigungsaufwand.

Tab. 18: Leistungskennwerte für Saatgut-Reinigungsmaschinen

Getreidereinigung		
Reiniger-Bauart	Kennwerte	Reinigung nach :
Plansiebreiniger für Saatgut: (Vorreinigungsleistung = 4-5 mal Saatreinigungsleistung)	1,5 t/h Getreidedurchsatz je m ² Siebfläche (Auswuchten, Käfersieb)	Korngröße
Trommelsiebreiniger:	0,3 t/h je m ² Siebfläche	Korngröße
Windsichter:	100 m ³ /h Luft je t Durchsatz (Verteilpropeller)	Gewicht
Trieur ¹⁾:	0,1 t/h je m ² Trieurmantel	Kornform
Tischausleser:	1 t/h Leistung je m ²	HLG ²⁾
Entgranner:	1 kW Antrieb je 1 t/h Leistung	Nachdrusch

1) = Zellenausleser

2) = Hektolitergewicht

8. Trocknung

Wer heute eine Trocknungsanlage plant muss viele verschiedene Kriterien bedenken, die in Tabelle 19 zusammen gefasst sind. Weitere Punkte finden Sie in Tab. 7 Kap. 4.

Tab. 19: Zu bedenkende Planungskriterien für den Bau einer betriebseigenen Trocknungsanlage

Investitionshöhe	MD-Fläche, Pachtanteil Pachtdauer, Zinsniveau, Flächenzuwachs
Erntegutmengen	Früchte, Flächengröße, Erträge, Lagerraumbedarf, Feuchtegehalt, Zellenzahl, Ernteverteilung
Erntegutqualität	Ackerzahl, Schlaganzahl, Niederschläge, Feuchtegehalt, Höhenlage, Hanglagen, Steinanteil, Waldränder, Bodenbearbeitung
Ernteleistung	MD-Leistung, tägliche MD-Dauer, Transportkapazität
Anlagenbedienung	Betriebsleiter, Ehefrau, AK, Rentner, Erntehelfer, Automationsgrad
Vorh. Kapazitäten	Gebäude, Lader, Trocknung, Förderwege, Pufferfläche zum Zwischenlagern
Fremdtrocknung	Gemeinschaftsanlage, Lohntrocknung, Fremdtrocknung,
Begrenzungen	Stromversorgung, Grundwasser, Nachbarn (Staub und Lärm), Bebauungspläne, Straßenbau

Starkes Augenmerk sollte man dabei die Anlagenbedienung schenken, die niemals nur auf eine Person zugeschnitten sein sollte, und die eventuell auftretenden Begrenzungen.

Ein besonders wichtiger Punkt bei der Planung einer Trocknungsanlage ist die Trocknungsleistung. Die wird von den Herstellern im Angebot immer als „Nennleistung“ der Trocknungsanlage angegeben. Dieses ist nur eine theoretisch errechnete Vergleichsleistung. Sie ist nichts wert, wenn man nicht die Konditionen kennt, zu denen diese Nennleistung vom Hersteller errechnet wurde. Die Nennleistungskonditionen sollten also unbedingt immer vollständig im Trocknerangebot mit aufgeführt sein. Leider rechnen die Hersteller aber nicht immer mit den gleichen Konditionen, sodass die angegebenen Nennleistungen nicht einfach vergleichbar sind.

Die Hersteller für Satz- und Durchlauftrockner rechnen für die Getreidetrocknung häufig mit folgenden Nennleistungskonditionen:

- Feuchteentzug um 4 % (von 19 auf 15 %)
- Temperatur der Außenluft 15 °C
- relative Feuchte der Außenluft 75 %
- Trocknungstemperaturen:
 - Durchlauftrockner 80 °C
 - Satzrockner 40 °C
 - Silotrockner 45 °C

Werden andere Konditionen angegeben, dann ändert sich auch die zu erwartende Trocknerleistung, wie folgende Beispiele zeigen:

- 1) Wird der Feuchteentzug nicht von 19 auf 15 % angegeben, sondern von 20 auf 16 %, dann liegt die theoretische Nennleistung um ca. 16 % höher.
- 2) Liegt die Außenluft-Temperatur nicht bei 15 sondern bei 20°C, dann liegt der Energieverbrauch der Nennleistung eines Durchlauftrockners um ca. 9,0 % niedriger und bei einem Satzrockner sogar um ca. 20 % niedriger.
- 3) Steigert man die Trocknungstemperatur um 5°C für die Nennleistungskonditionen, dann steigt die Trocknungsleistung im Durchlauftrockner um ca. 9 % und im Satzrockner sogar um 19 %.

Vergleicht man die verschiedenen Trocknerbauweisen und -verfahren hinsichtlich des Energieverbrauches miteinander, dann erkennt man deutliche Unterschiede, wie Tabelle 20 zeigt. Diese Unterschiede werden in den einzelnen Unterkapiteln näher erläutert. Zum Vergleich ist der Energieverbrauch eines Dächerschacht-Durchlauftrockners gleich 100 % gesetzt.

Tab. 20: Vergleich des Energieverbrauches verschiedener Trocknungsanlagen nach Messungen des RKL an Praxisanlagen

	Strömungs- widerstand (Pa ¹⁾)	E-Anschluss- wert kW		Wärme- bedarf kW	
		je t NL ²⁾	MW ³⁾ in %	je t NL ²⁾	MW ³⁾ in %
Durchlauftrockner					
- Dächerschachttrockner	650 - 1300	2,5 - 3,8	100	55 - 61	100
- Siebschachttrockner	1500 - 1900	4,1 - 5,9	158	72 - 83	133
- Schubwendetrockner	1200 - 1400	3,0 - 4,3	115	61 - 65	108
Silotrockner	8000 - 1300	4,2 - 4,8	152	30 - 45	70
Satzumlauftrockner	1000 - 1800	3,0 - 5,3	131	69 - 85	110
Satzrockner					
- Dächertrockner	700 - 900	1,8 - 2,5	68	68 - 76	124
- Zentralrohrrockner	1000 - 1400	2,3 - 3,5	92	76 - 90	143
- Quertrockner	900 - 1250	2,0 - 2,8	76	73 - 83	134
Lagerbelüftungstrocknung					
- Elektro-Gebläse	1200 - 1800	2,7 - 4,4	126	8 - 12	16
- Diesel-Gebläse (Heizölانtrieb möglich)	1200 - 1800	0,3 - 0,5	13	10 - 25	24

1) Pa = Pascal (10 Pascal = ca.10 mm Wassersäule)
2) Nennleistung = Weizentrocknung von 19% auf 15%, ohne Wärmerückgewinnung
3) MW = Mittelwert

Ein weiterer wichtiger Punkt für die Leistungsermittlung einer Trocknungsanlage ist die Tatsache, dass vor allem Roggen und Weizen immer unreifer geerntet werden, um eine bessere Qualität zu erzielen. Vegetatives Wasser ist den Getreidekörnern aber schwerer zu entziehen als angeregnetes Wasser. Nach eigenen Messungen

steigt dadurch der Energiebedarf teilweise erheblich an, wie Abbildung 2 deutlich zeigt.

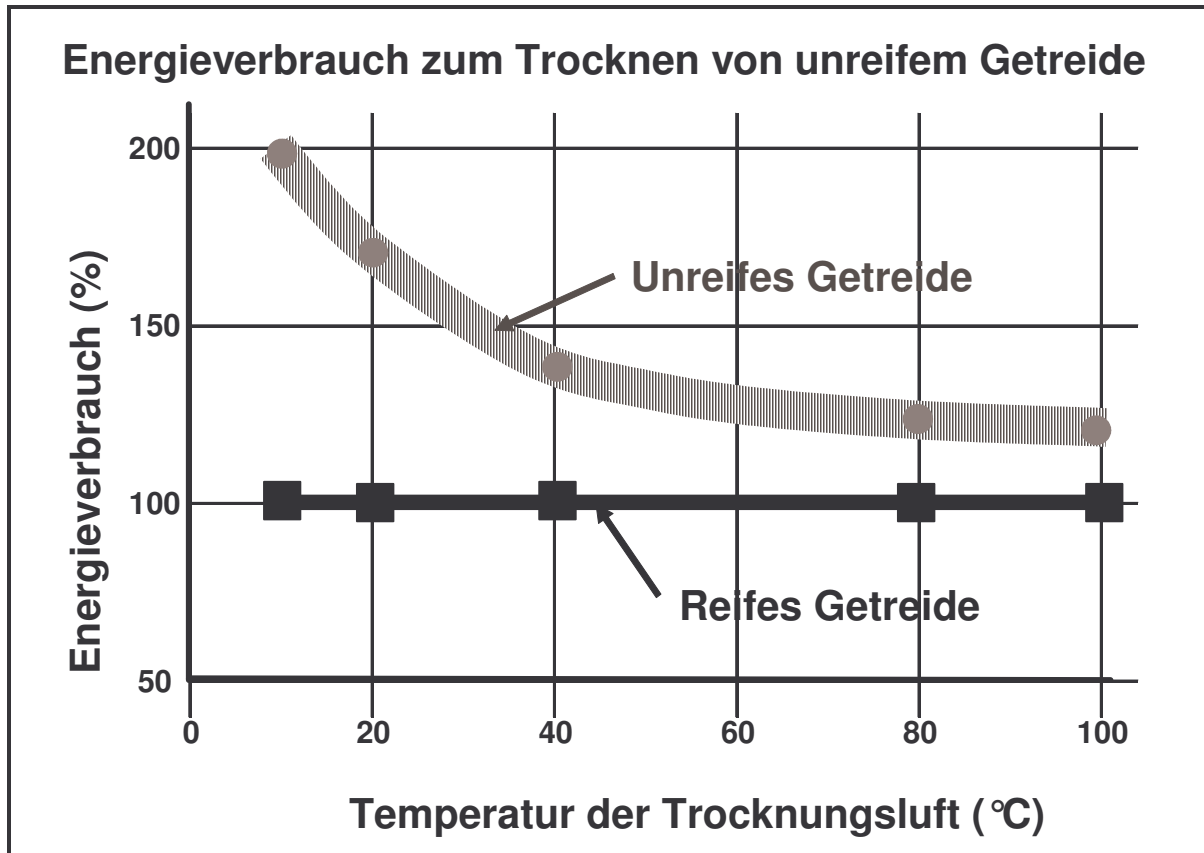
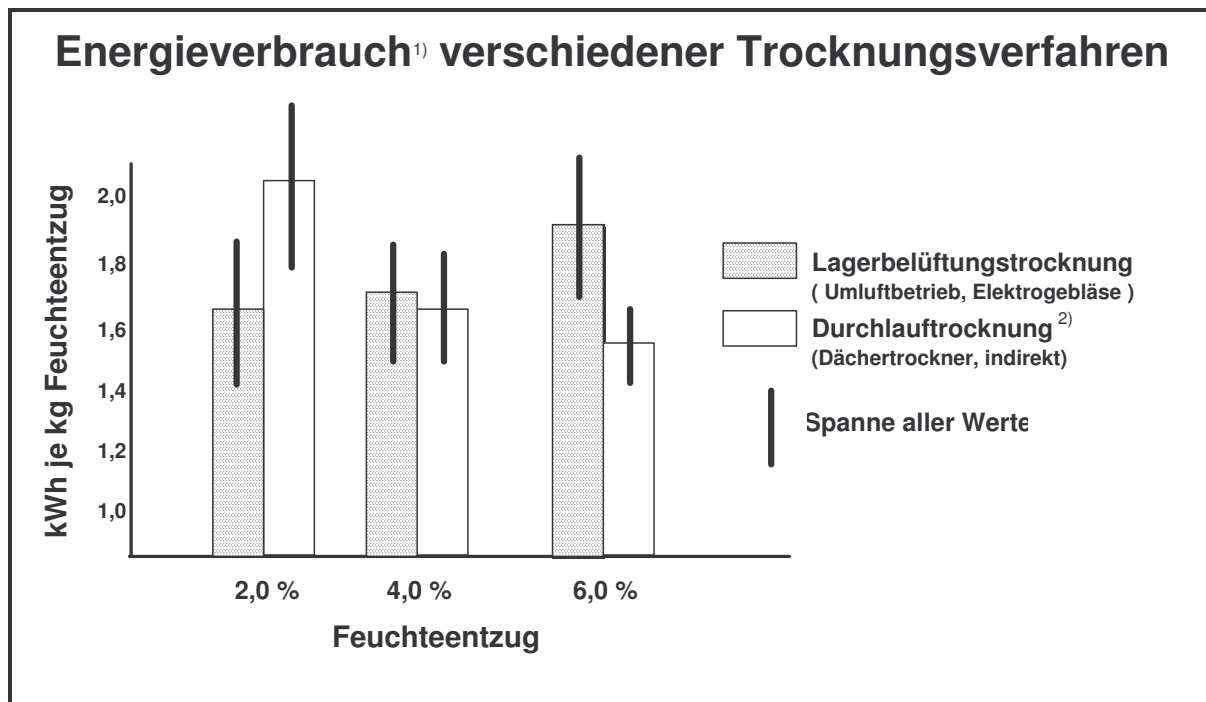


Abb. 2: Energieverbrauch zum Trocknen von unreifem Getreide im Vergleich zu todreifem Getreide mit angeregtem Wasser in den Körnern bei 4% Feuchteentzug von 19 auf 15 %

Abbildung 2 zeigt, dass der zusätzliche Energiebedarf durch Unreife im hohen Temperaturbereich 20-25 % beträgt. Der Leistungsrückgang ist also bei Durchlauftrocknern durch einen etwas größeren Brenner leicht auszugleichen. Bei den Satzrocknern liegt der zusätzliche Energiebedarf durch Unreife aber schon bei 35-40 % gegenüber der Trocknung von ausgereiften Körnern. Hier ist der Leistungsrückgang schon ganz erheblich. Noch größer wird der Unterschied im Bereich der Lagerbelüftungstrocknungen. Je weniger die Luft angewärmt wird, desto höher steigt der zusätzliche Energiebedarf an. Er beträgt hier 75-100 %. Da aber die Trocknungstemperatur bei diesem Verfahren nicht angehoben werden darf, wird die Trocknungsdauer entsprechend verlängert.

Die Anzahl der zu entziehenden Feuchtigkeitsprozentage ergibt ebenfalls Unterschiede zwischen den verschiedenen Verfahren, wie Abbildung 3 deutlich zeigt.



1) Verbrauch an Gesamtenergie (Strom und Heizöl)

2) ohne Wärmerückgewinnung aus der Kühlzone

Abb. 3: Energieverbrauch verschiedener Trocknungsverfahren für Weizen bei unterschiedlich hohem Feuchteentzug.

Je geringer der zu entziehende Feuchteentzug je Dezitonne ist, desto vorteilhafter wird eine Lagerbelüftungstrocknung, weil diese das natürliche Trocknungspotential der Außenluft besser nutzt. Oberhalb von 3-4 % Feuchteentzug wird dann aber die Durchlaufstrocknung günstiger. Alle Satztrocknungsverfahren liegen mittig zwischen Lagerbelüftungsverfahren und Durchlaufstrocknung.

Immer wieder taucht die Frage auf, ob man seinen Trockner besser mit Gas oder Heizöl betreiben sollte. Fasst man die Preisentwicklung aus den letzten 10 Jahren zusammen, dann ist bundesweit Heizöl im Mittel je kWh 25 % preiswerter gewesen als Tankgas, wenn man nur die Energiekosten und nicht die Kosten für Tankanlage und regelmäßige Überprüfung der Anlage berücksichtigt. Immer mehr Kreisbehörden verlangen beim Betrieb mit Heizöl einen indirekten Warmlufterzeuger, erlauben aber bei Gas einen direkten Betrieb, in der Annahme, dass beim Betrieb mit Gas keine Schadstoffe in das Getreide gelangen. Einen wissenschaftlichen Nachweis hierfür gibt es bisher nicht. Der indirekte Warmlufterzeuger verursacht aber erhebliche Investitionen, weshalb immer mehr Landwirte ihre Trocknungsanlage mit Gas direkt betreiben.

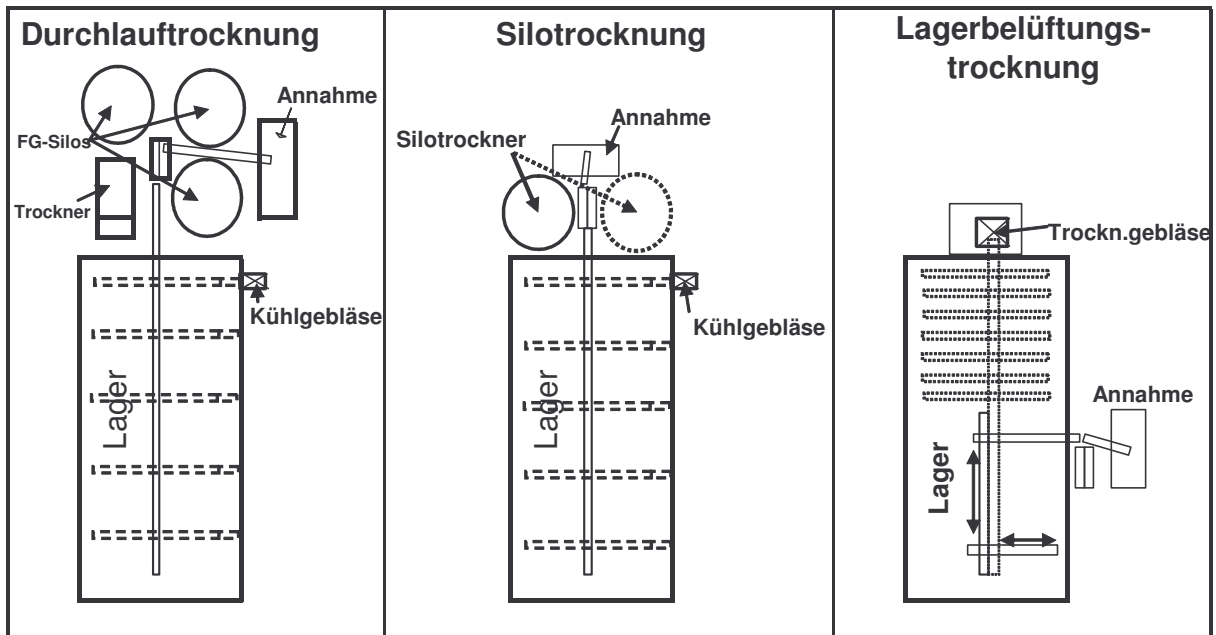
Bei direkt betriebenen Warmlufterzeugern kann es zu Funkenflug in den Trocknungsbehälter kommen und einen Brand des Trockners verursachen. Achten

Sie bei der Planung darauf, dass der „Schmutzluftbereich“ (Annahme, Reiniger, Kaffwagen) möglichst weit vom Ansaugbereich des Warmlufterzeugers entfernt ist.

Der eingebaute Brenner sollte ein Zwei-Stufen-Brenner sein, der in der ersten Stufe maximal 50 % Leistung bringt. Nur dann kann man auch bei stark schwankenden Außentemperaturen (Tag-Nacht-Betrieb) eine gleichbleibende Temperatur der Trocknungsluft erreichen. Ölbrenner mit Druckmodulation können diese Forderungen nicht erfüllen.

Der Ölbrenner sollte mit einer Zählmöglichkeit für das verbrauchte Heizöl versehen werden, damit man eine Kontrolle über den Ölverbrauch hat. Die bisher eingebauten Durchflusszähler arbeiten nicht sehr genau und haben nur eine begrenzte Lebensdauer. Besser ist die Installation eines Betriebsstundenzählers, der die Laufzeit der ersten und zweiten Brennerstufe getrennt anzeigt.

Vergleicht man den technischen Aufwand bei den verschiedenen Trocknungsverfahren, dann zeigen sich deutliche Unterschiede, wie in **Abbildung 3** für die drei wichtigsten Trocknungsverfahren zu sehen ist. Der höchste Aufwand wird immer bei den Durchlauf-trocknungsanlagen betrieben. Sie haben auch die aufwändigste elektrische Verkabelung und den teuersten Schaltschrank. Am einfachsten sind dagegen die Lagerbelüftungstrocknungen in der Bedienung der Elektrik. Alle Anlagen lassen sich aber heute weitgehend automatisieren, sodass eine ständige Bedienungsperson nicht erforderlich ist. Bei Störungen im Trocknungsablauf erfolgt sofort eine SMS auf ein vorher bestimmtes Handy. Dadurch kann der Empfänger erkennen, um welche Störung es sich handelt. Kauf und Installation einer derartigen Elektronik kosten ca. 1.500 €.



FG-Silos = Feuchtgetreidesilos

Alternativ zur Lagerhalle wären bei Durchlauftrocknung und Silotrocknung auch Rundsilos denkbar

Abb. 4: Vergleich des Bauaufwandes für verschiedene Trocknungsverfahren

Je weiter man die Körner heruntertrocknen muss (mehr als 5 %), desto schlechter wird der Wirkungsgrad von Satz- und Durchlauftrocknern. Es wird dann immer wichtiger, den Trocknungsvorgang zu teilen und das Erntegut nach dem ersten Trocknungsgang einen Tag zwischenzulagern, damit die Restfeuchtigkeit aus dem Korninneren wieder mehr in die Schale gelangen kann und leichter zu entziehen ist. Je grobkörniger die Samen sind, desto wichtiger ist eine solche Maßnahme. Silotrockner und Lagerbelüftungstrocknung erlauben dieses Splitting nicht, sind auch für derart hohe Feuchtigkeitsentzüge weniger geeignet.

8.1 Durchlauftrockner

Durchlauftrockner sind die teuersten, aber auch die leistungsfähigsten Trocknungsanlagen. Das Trocknungsverfahren erlaubt eine kontinuierliche Trocknung des feuchten Erntegutes ohne Unterbrechung. Außerdem dürfen diese Anlagen mit den höchsten Temperaturen gefahren werden, was zu einer deutlichen Leistungssteigerung führt. Steigert man in einem Durchlauftrockner die Warmlufttemperatur um 10°C, dann steigt die Trocknungsleistung um knapp 20 %.

Die wichtigsten Planungsdaten für den sicheren, leistungsfähigen Betrieb eines Durchlauftrockners zeigt Tabelle 21. Die hier genannten Daten beziehen sich immer auf einen Dächerschacht-Durchlauftrockner, da diese Bauweise mit Abstand am

weitesten verbreitet ist. Fast identische Werte werden auch mit den Tornado-Jalousieschachtrocknern der Firma Horstkötter erreicht.

Tab. 21: Planungsdaten zur Auslegung eines Dächerschacht-Durchlauftrockners für einen landwirtschaftlichen Betrieb.

Planungsdaten Durchlauftrockner		
• Feuchtgetreidevorbereitung	=	Reinigen und Wiegen
• Feuchtgetreidelager	=	50-100% der Tagesdruschmenge mind. zwei Zellen
• Fördergeräte am Trockner	=	3 X Trockner-Nennleistung
• Trockner		
o Nennleistung	=	Tagesdruschmenge auf Endfeuchte
o Bauweise		Dächerschacht, Sauganlage
o Trocknerinhalt	>=	1,5 X Trockner-Nennleistung (Getreide)
o Strömungswiderstand	<=	1600 Pa mit Entstaubung <= 1200 Pa ohne Entstaubung
o Austragleistung	=	5 - 10 X Nennleistung
o Regelung	=	Temperaturregelung Ende der Trockenzone
o Wärmedämmung	=	an allen Warmlufthauben
o Wärmeenergie	=	Zähluhr zur Kontrolle
• Leistungsdaten je Tonne Nennleistung		
		Getreide Körnermais
Feuchteentzug	=	19 % - 15 % 35 % - 15 %
Brennerleistung ¹⁾	=	65 kW 250 kW
Luftdurchsatz ohne WR ²⁾	=	4.500 m³/h 15.000 m³/h
Luftdurchsatz mit WR	=	4.050 m³/h 13.500 m³/h

1) Warmlufttemperaturen: Getreide und Raps = 85 °C; Körnermais = 130 °C

2) WR = Wärmerückgewinnung aus der Kühlzone

Folgende zusätzliche Anmerkungen sind zu diesen Planungsdaten zu machen:

- Planen Sie keine Waage in das Trocknungsverfahren ein! Bauen Sie lieber eine separate Fahrzeugwaage! Diese ist zwar teurer, aber erheblich vielseitiger einzusetzen.
- Zwei Feuchtgetreidezellen braucht man, wenn man das Erntegut mindestens 6 Stunden vorschwitzen lassen will, um den Energieverbrauch möglichst

gering zu halten. Werden während des Tages Fruchtarten- oder Sorten gewechselt, benötigt man sogar drei Feuchtgetreidezellen.

- Der Trocknerinhalt umfasst nur den Inhalt der Trocknersäule bestehend aus Trocknungszone und Kühlzone, nicht aber den Inhalt eines aufgesetzten Vorratsbehälters.
- Eine hohe Austragleistung ist unbedingt erforderlich, damit die Trocknerregelung auch noch bei geringem Feuchteentzug frei regeln kann.
- Sauganlagen, bei denen das Trocknergebläse hinter dem Trockner sitzt und die Warmluft durch den Trockner hindurchsaugt, haben einen besseren Wirkungsgrad des Gebläses als Druckanlagen. Außerdem geben sie bei Undichtigkeiten keinen Staub unkontrolliert an die Umwelt ab.
- Lassen Sie sich beim Kauf des Trockners den Strömungswiderstand der Gesamtanlage garantieren und fordern Sie eine Kennlinie für das eingebaute Gebläse! Nur dann können Sie den Luftdurchsatz des Trockners nachprüfen. Axialgebläse (Bauweise Stalllüfter) schaffen das meistens nicht.
- Wer mit dem Trocknungsgebläse bei maximalem Luftdurchsatz den Weizen aus seinem Trockner herausaugen kann, geht sicher, dass er einen maximalen Luftdurchsatz einstellen kann.
- Wer die Warmlufthaube an einem Dächerschacht-Durchlauftrockner nicht wärmedämmt, muss bei der Getreidetrocknung mit Energieverlusten von 5-10 % rechnen. Bei der Körnermaistrocknung können diese Verluste auch deutlich höher liegen.
- Die angegebene Brennerleistung bezieht sich auf die firmeneigenen Nennleistungsbedingungen. Tritt zusätzlich Unreife auf, dann müssen die angegebenen Werte für die Brennerleistung um 20-25 % höher liegen (siehe Abb.2, Kap.8).
- Der Brenner des Warmlufterzeugers sollte eine Anwärmung der Trocknungsluft bei der Getreidetrocknung mindestens um 85°C ermöglichen. Für die Körnermaistrocknung im Herbst muß eine Luftanwärmung um 130°C möglich sein.

Als Maß für die richtige Bemessung der Leistung in der Kühlzone gilt eine Getreidetemperatur nach dem Austrag des Trocknungsgutes aus dem Trockner, die max. 5-10°C über der Außentemperatur liegen sollte. Die Menge der benötigten Kühlluft beträgt ca. 1.500 m³ je Stunde und Tonne Nennleistung. Von den installierten 4.500 m³ Luft je Tonne Nennleistung werden also 3.000 m³ für die Trocknung und 1.500 m³ für die Kühlung benötigt. Ein Teil dieser Luft kann aber auch von einem separaten Kühlgebläse in der Lagerzelle übernommen werden.

Immer mehr Durchlauftrockner haben heute eine Möglichkeit zur Wärmerückgewinnung der Energie aus der Kühlzone eingebaut. Dazu wird die Kühlluft, nachdem sie das Getreide abgekühlt hat, ohne weitere Behandlung der Trocknungsluft beigemischt und erneut durch den Trockner geblasen. Diese Maßnahme senkt zwar den Energieverbrauch bei der Getreidetrocknung um ca. 10 %, führt aber auch zu einem Leistungsrückgang von ca. 10 %, da diese Luft auch schon in der Kühlzone dem Getreide Feuchtigkeit entzieht. Tabelle 22 zeigt Praxismessungen des RKL zu dieser Wärmerückgewinnung. Beim Körnermais sind deutlich bessere Werte zu erwarten, sodass hier eine Wärmerückgewinnung empfohlen werden kann.

Tab. 22: Energieverbrauch und Trocknerleistung, gemessen an einem Trockner mit und ohne Wärmerückgewinnung (Messungen des RKL)

Umluftverfahren im Durchlauftrockner

Umluft aus Kühlzone im WE erneut angewärmt

(RKL - Versuche Seedorf 1991)

Fruchtart Umluftbetrieb	Raps		Weizen	
	nein	ja	nein	ja
Anfangsfeuchte (%)	12,3	11,9	20,4	20,0
Endfeuchte (%)	7,1	7,1	15,3	15,3
Trocknerdurchsatz (t/h)	4,80	4,73	5,31	5,20
(kWh/kg Wasserentzug)	1,33	1,16	1,51	1,39
Trocknerleistung (%)	100	90	100	90
Energieverbrauch (%)	100	86	100	92

Die Zugabe der wenig angewärmten Kühlluft in den unteren Bereich der Trockenzone erlaubt auch eine ca. 5°C höhere Trocknungstemperatur, ohne dass man einen Qualitätsverlust im Erntegut befürchten muss. Diese 5°C höhere Trocknungstemperatur führt gleichzeitig zu einer Leistungssteigerung des Durchlauftrockners von ca. 10 %.

Die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) nennt Grenzwerte für die maximal erlaubte Trocknungstemperatur für Getreide, die in Tabelle 23 wiedergegeben sind.

Tab. 23: Korntemperaturen beim Weizentrocknen im Dächerschacht-Durchlauftrockner bei einer Warmlufttemperatur von 80°C und einer Trocknungsdauer in der Warmluftzone von 30 Minuten

Korn- feuchte- gehalt (%)	Korntemperaturen		
	Trockner- betrieb (°C)		Grenzwerte laut BLE ¹⁾ (°C)
30	29	<	36
25	30	<	
20	33	<<	40
17,5	38	<	
15	46	>	45
12,5	56	>>	
10	70	>>>	

1) BLE = Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

Die Werte aus Tabelle 23 bedürfen folgender weiterer Interpretationen:

- Die angegebenen Grenzwerte der BLE sollen eine Qualitätsminderung des Trocknungsgutes verhindern.
- Korntemperaturen lassen sich im Trockner während des Trocknerbetriebes nicht exakt messen. Eingebaute Thermometer zeigen immer nur eine Mischtemperatur aus der Trocknungsluft und den zu trocknenden Körnern. Am Ende der Trockenzone liegt diese Korn-Luft-Mischtemperatur ca. 10°C höher als die Temperatur der Körner, wenn man mit einer Warmlufttemperatur von 80°C arbeitet.
- Hat man am Ende der Trockenzone einen mittleren Kornfeuchtegehalt von 15 %, dann beträgt dieser an der Warmlufteintrittsseite nur noch ca. 12,5 % und an der Luftaustrittsseite noch ca. 17,5 %.

- Mit abnehmender Kornfeuchtigkeit im Trockner darf man die Getreidekörner laut BLE stärker erwärmen, ohne dass eine Qualitätsminderung zu erwarten ist.
- Im praktischen Trocknerbetrieb steigt die Temperatur in den Körnern stärker als die Temperatur-Grenzwerte der BLE. Eine Qualitätsminderung (Keimfähigkeitsrückgang) beginnt also immer am Ende der Trockenzzone. Bei hohen Kornfeuchtegehalten zu Beginn der Trocknung besteht kaum Gefahr, dass die Grenzwerte der BLE erreicht werden.
- Je kürzer die Warmluft auf die Körner einwirkt, desto geringer ist die Gefahr einer Keimschädigung. Deshalb erlauben hohe schmale Dächerschacht-Durchlauftrockner deutlich höhere Warmlufttemperaturen als kurze, dicke Trockner. In Praxisversuchen haben wir Weizen versuchsweise mit Warmlufttemperaturen von 130°C von 20 % auf 16 % getrocknet und dabei einen Rückgang der Keimfähigkeit von 3-5% festgestellt.

8.2 Satztrockner

Es gibt bei uns drei ganz unterschiedliche Verfahren der absetzigen Satztrocknung:

- Behältertrockner mit Inhalten von 8-25 t Feuchtgetreide
- Silotrockner mit Inhalten von 150-850 t Feuchtgetreide
- Mobile Wagentrocknungen mit Inhalten von 5-12 t Feuchtgetreide

8.2.1 Behältertrockner

Wer nur einen Trocknungsbehälter hat, kann die Rückkühlzeit für das Getreide sowie Befüll- und Entleerzeiten bei diesem Verfahren nicht für die Trocknung nutzen. Das macht in vielen Fällen 20 – 40 % der gesamten Betriebszeit aus. Wenn einige Trockner-Hersteller die theoretische Trockner-Nennleistung nur auf die tatsächliche Trocknungsdauer beziehen und nicht auf die Gesamtzeit, dann bleibt in der Praxis nur noch eine Leistung von 60 – 80 % der angegebenen Nennleistung übrig. Wer aber zwei Trocknungsbehälter mit einem Warmlufterzeuger kombiniert (Zwillingsanlage), kann diesen Leistungsverlust vermeiden. Satztrockner haben einen höheren Verbrauch an Wärmeenergie als Durchlauftrockner (Tab.20, Kap.8). Je nach Trocknerbauweise rechnet man mit 65– 80 kW je Tonne Nennleistung. Dafür braucht man aber einen deutlich geringeren elektrischen Anschlusswert. Bäuerliche Betriebe mit einem geringen elektrischen Anschlusswert sollten also vor allem über dieses Trocknungsverfahren nachdenken.

Der Warmlufterzeuger ist so auszulegen, dass man auch nachts bei niedrigen Außentemperaturen eine Warmlufttemperatur von 45°C erreichen kann. Je mehr

einzelne Trocknungsbehälter eine Anlage hat, desto gleichmäßiger erfolgt der Verfahrensablauf und desto besser wird der Warmluftheizer ausgelastet.

Die Größe der Trocknungsbehälter sollte so ausgelegt sein, dass man für einen Feuchtigkeitsentzug von 3 % mind. 8 Stunden benötigt. Dann ist auch eine angemessene Nachtruhe möglich, ohne dass termingebundene Arbeiten am Trockner versäumt werden. Dennoch beinhaltet dieses Trocknungsverfahren die meisten termingebundenen Arbeiten während der Ernte. Rechtecktrockner mit eingebauten Belüftungsdächern (Dächer-Satzrockner) trocknen das Getreide nicht gleichmäßiger als runde Trockner mit senkrechtem Zentralschacht zum Belüften. Die Vermischung von trockeneren und feuchteren Körnern erfolgt erst bei der Entleerung des Satzrockners. Sie ist bei den meisten Dächertrocknern aber erheblich besser als bei Zentralrohrrocknern.

Die Regelung des Trocknungsvorgangs erfolgt am besten über eine Zeitschaltuhr, die den Brenner abschaltet und das Gebläse für die Rückkühlung weiter laufen lässt und nach einer einschaltbaren Zeit abschaltet. Die von verschiedenen Firmen angebotenen Regelgeräte zur Messung von Temperatur oder relativer Luftfeuchte in der Kornsäule funktionieren bei Getreide zwar noch befriedigend, sind aber für die Rapstrocknung weniger geeignet.

Mit den Planungsdaten aus Tabelle 24 können Sie sicher sein, dass Sie die versprochene Nennleistung auch in der Praxis erreichen.

Tab. 24: Planungsdaten für einen Behälter-Satzrockner

Feuchtgetreidelager	50 % der Tagesdruschmenge (TDM) 2 Zellen
Förderleistung	Inhalt eines Trocknungsbehälters X 2
Trockneraufbau	2 Behälter vorsehen Inhalt beider Behälter = 50 % der TDM Dächerbauweise mit versetzten Dächern Restmengentrocknung beachten Trocknung im Auslauftrichter beachten Wärmedämmung der Warmlufthaube
Trocknerleistungen	Brennerleistung = 75 kW je t NL Gebläseleistung = 7000 m³ je t NL Strömungswiderstand = max. 1200 Pa ²⁾ Trocknungsdauer = 8-10 Stunden
1) NL = Nennleistung	
2) Pa = Pascal (10 Pascal = ca.1 mm Wassersäule)	

Folgende Anmerkungen sind zu diesen Planungsdaten zu machen:

- Legen Sie die Trocknungsleistung je Trocknungsbehälter auf maximal 2,5 t/h Nennleistung aus. Bei größeren Leistungen leiden die bedienungsfreien Zwischenzeiten, die für andere Tätigkeiten genutzt werden sollten.
- Bei diesen Planungsdaten sind zwei Trocknungsgänge innerhalb von 24 Stunden vorgesehen.
- Wer Trocknungsbehälter mit 20 t Inhalt hat, benötigt eine Förderleistung am Trockner von mindestens 40 t/h.
- Je größer die Trocknungsbehälter sind, desto wichtiger ist eine Möglichkeit, auch kleinere Getreide-Restmengen trocknen zu können.
- Bei einigen Trocknerfabrikaten wird die Getreidetrocknung im Auslaufrichter sträflich vernachlässigt. Es reicht nicht, nur den Trichter aus perforiertem Blech zu fertigen, es muss auch für eine ausreichende Warmluftzufuhr gesorgt werden.
- Hat der Trocknungsbehälter einen Inhalt von 20 t Feuchtgetreide und beträgt die Trocknungsdauer 10 Stunden, dann müssen 2 t/h heruntergetrocknet werden können. Der Warmluftherzeuger muss also 150 kW haben und das Gebläse 14.000 m³ Luft durch den Trockner blasen können.

Die meisten Behälter-Satzrockner sind Druckanlagen, die in einem Gebäude aufgestellt sind. Das Gebläse drückt also die Warmluft in den Trocknungsbehälter und die feuchtwarme Luft wird in das Gebäude geblasen. Sorgen Sie dafür, dass diese Abluft das Gebäude auch wieder verlassen kann!

8.2.2 Silotrockner

Die Trocknung von Körnerfrüchten in großen Rundsilos ist ein Verfahren, das in den USA und in Australien seit ca. 30 Jahren mit nahezu unveränderter Technik angewendet wird. Wegen der arbeitswirtschaftlichen Vorteile und des niedrigen Verbrauchs an Wärmeenergie ist dieses Verfahren seit ca. 5 Jahren auch für unsere landwirtschaftlichen Betriebe immer interessanter geworden. Eine ausführliche Informationsbroschüre über dieses Verfahren hat das RKL bereits vor einem Jahr veröffentlicht (4.3.1.1 S.1125-1176). Hier finden Sie alle Versuchsergebnisse, Kosten und Planungsdaten ausführlich dargestellt.

99 % der Silotrockner werden in der Bundesrepublik Deutschland als Satzrockner in Wellblechrundsilos betrieben. Möglich ist allerdings auch der Betrieb als Durchlauftrockner. Dann benötigt man eine andere Fegeschnecke für die Entleerung

und einen größeren Warmlufterzeuger. Denkbar ist auch der Betrieb eines Silotrockners in einem rechteckigen Fahrsilo. Dann darf das Silo aber keine Zuganker an den Seitenwänden haben, weil sonst die Stiratorschnecken nicht frei arbeiten können. Beide Verfahren werden hier nicht näher behandelt, sie sind in der RKL-Broschüre über Silotrockner nachlesbar.

Wie bei allen Satzrocknern kann man auch hier mit einer Zwillingsanlage die Auslastung des Warmlufterzeugers deutlich steigern. Mit welchen Planungswerten man im Einzelnen bei einem Silo-Satzrockner für Getreide und Raps rechnen muss, zeigt Tabelle 25.

Tab. 25: Planungsdaten für Silo-Satzrockner, aufgestellt als Einzelanlage oder als Zwillingsanlage

Planungswert	Einzelanlage	Zwillingsanlage
Siloinhalt	Zweifache Tagesdruschmenge	2 x zweifache Tagesdruschmenge
Vorreinigung	unbedingt erforderlich, Leistung wie Annahme	unbedingt erforderlich, Leistung wie Annahme
Befüllleistung	= Mähdruschleistung	= Mähdruschleistung
Verteiltechnik für Feuchtgetreide	stufenlos regelbar	stufenlos regelbar
Zeitdauer für Trocknung (4,0 %)	ca. 38 Stunden	ca. 47 Stunden
Dauer der Trocknerentleerung	Max. 10 Std. sinnvoll	Max. 20 Std. möglich
Luftrate⁴⁾ bei 4,0 % FE. = NL¹⁾	135 m ³ /h je t Siloinhalt ³⁾	110 m ³ /h je t Siloinhalt
Luftrate bei 3,0 % FE.²⁾	100 m ³ /h je t Siloinhalt	85 m ³ /h je t Siloinhalt
Luftrate bei 2,0 % FE.²⁾	70 m ³ /h je t Siloinhalt	55 m ³ /h je t Siloinhalt
Wärmebedarf (Getreide/Raps)	8,0 kW je 1000 m ³ Luftdurchsatz	8,0 kW je 1000 m ³ Luftdurchsatz
Wärmebedarf (Körnermais)	12,0 kW je 1000 m ³ Luftdurchsatz	12,0 kW je 1000 m ³ Luftdurchsatz
Anzahl Mischschnecken	mind. 1 je 150 t Inhalt	mind. 1 je 150 t Inhalt
1) NL = Nennleistung 2) FE.= Feuchteentzug 3) bezogen auf trockenen Weizen 4) Luftrate = m ³ Luft je t Getreide je Stunde		

Ein wichtiges Detail der Trocknertechnik ist bei diesem Verfahren die Leistung der Fegeschnecke in dem Silo, denn über 50 % des Siloinhaltes müssen mit dem eingebauten Fegearm zur Silomitte gefördert werden. Die von den Firmen angegebenen Leistungen stimmen in vielen Fällen nicht. Die realistisch erreichbaren Leistungen sind in Tabelle 15, Kap. 6.2 angegeben. Bedenken Sie auch, dass bei schlecht entgrannter Gerste die Leistungen auch deutlich geringer sein können.

Die meisten Silotrockner werden bei der Raps- oder Getreidetrocknung im Zwei-Tage-Rhythmus betrieben. Möglich ist aber auch der Betrieb im Ein-Tages-Rhythmus. Dadurch ergeben sich deutliche Veränderungen in der erforderlichen Gebläseleistung, im Wärmebedarf und im erforderlichen Elektroanschluss. In welchem Bereich diese Veränderungen liegen, zeigt Tabelle 26.

Tab. 26: Energieverbrauch verschiedener Silo-Trocknungsverfahren im Vergleich mit einem Dächer-Durchlauf Trockner und einem Dächer-Satz Trockner, ermittelt für einen Feuchtentzug von 4 % bei der Weizentrocknung

Verfahren	Einh.	Luftbedarf	Wärmebedarf	Elektroanschluss
Dächer-Durchlauf Trockner	%	100	100	100
Dächer-Satz Trockner	%	230	120	85
Silo-Satz Trockner 2-Tg-Rhyt.	%	207	77	80
Silo-Satz Trockner 1-Tg-Rhyt.	%	269	100	100
Silo-Zwillings-Trockner, 1 Gebl.1 Brenner *	%	207	77	80
Silo-Zwillings-Trockner, 2 Gebl.2 Brenner *	%	145	55	60
Silo-Durchlauf Trockner	%	153	63	96

* Satzrocknungsbetrieb im 2-Tage-Rhythmus

Zum besseren Verständnis dieses Verfahrens, das für uns relativ neu ist, sind in Tabelle 27 noch einmal die wichtigsten Praxis-Erkenntnisse aus den letzten vier Einsatzjahren zusammengetragen.

Tab. 27: Silotrockner – Einsatzergebnisse aus den Jahren 2001 bis 2004

1.	Verteiler zur Silobefüllung muss stufenlosen Antrieb haben
2.	Über 13 m Silodurchmesser ist die Verteilung von Gerste nur schlecht
3.	Fegeschnecke mit reduziertem Vorschub ausrüsten
4.	Beleuchtung im Silo erforderlich
5.	Thermometer im Silo erforderlich
6.	Staubanfall bei der Silobefüllung ist erheblich
7.	MD - Einsatz morgens eine Stunde früher möglich
8.	Erntegut sollte vorgereinigt sein
9.	Silotrockner sind für Saatgetreide und Braugerste kaum geeignet
10.	Zwillingsanlage bringt den geringsten Energieverbrauch
11.	Zwillingsanlage vermeidet Nacharbeit
12.	Raps-Schütthöhe vom Gebläse - Druckvermögen abhängig
13.	Höhenunterschiede auf dem Stapel maximal 10 % der Lagerhöhe
14.	Trocknungsunterbrechung vermeiden
15.	Energieverbrauch ca. 70 % vom Durchlauftrockner
16.	1 x Zwischenkühlen bei Trocknungsunterbrechung steigert den Energieverbrauch um 10 - 15 %
17.	Feuchteentzug ca. 2,0 % je Tag max. möglich
18.	Kontrolle des Feuchteentzuges im Silo kaum möglich
19.	Mittlere Feuchte im Stapel 1 - 2 % niedriger als an der Oberfläche
20.	Feuchteschwankungen an Oberfläche 1,0 - 2,0 %
21.	Brennereinbau zwischen dem Gebläse und dem Trocknungssilo senkt die Trocknerleistung um 15 - 20 %
22.	Korntemperatur im Stapel ca. 20 °C niedriger als Zulufttemperatur
23.	Maximale Lufttemperatur bei Zwei-Tage-Rhythmus ca. 45 °C bei Getreide und Raps
24.	Über 22 % Feuchtegehalt lässt die Mischwirkung der Stiratorschnecken mit weiter ansteigender Feuchtigkeit deutlich nach
25.	Rührwirkung einer Stiratorschnecke reicht für 150 t Siloinhalt
26.	Entleerleistung nicht zu knapp wählen (>40 t/h)
27.	Entleerung automatisieren falls Nacharbeit
28.	Reinigungsmöglichkeit unter Belüftungsboden schaffen
29.	Erhöhter Bruchkornanteil durch Befüllung und Entleerung

8.2.3 Wagentrockner

Wagentrocknungen sind die einfachsten mobilen Trocknungssysteme, die auf landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt werden. Vorhandene Transportfahrzeuge werden hier gleichzeitig als Trocknungsbehälter eingesetzt. Das scheint auf den ersten Blick zwar preiswert, bedeutet aber eine Verlängerung des Verfahrensablaufes für die Anhänger – statt einfachem Transport des Erntegutes vom Feld auf den Hof wird jetzt jeder Anhänger zusätzlich durch Trocknung und Rückkühlung des Getreides blockiert. Man benötigt also mindestens doppelt so viele Anhänger wie bei einfachem Getreidetransport, in vielen Fällen sogar die dreifache Anzahl. Ein derart hoher Bestand an Transportfahrzeugen ist aber oft nicht vorhanden. Dennoch gibt es einige Betriebe, für die eine Wagentrocknung durchaus diskutiert werden sollte:

- Betriebe mit intensivem Zuckerrübenanbau, die über ausreichend viele Wagen verfügen
- Sehr kleine Betriebe, die den Gesamtertrag einer Frucht auf 1 bis 2 Wagen unterbringen können
- Anbau von Sonderkulturen, die in einem Dächertrockner nicht getrocknet werden können (z.B. Grassaat)

Wer über eine Wagentrocknung nachdenkt, sollte dabei immer berücksichtigen, dass diese Trocknung keinesfalls eine fertige Anlage darstellt, sondern nur ein Trocknungsbehälter ist. Wer die getrocknete Ware später auf dem Betrieb einlagern und vermarkten will, braucht zusätzlich den Förderweg zum Einlagern der Ware, eine Reinigung zur Qualitätsverbesserung und Lagerzellen für die verschiedenen Qualitäten. Die Investitionen werden also kaum niedriger sein als bei einer stationären Trocknung.

Wer das Erntegut direkt nach der Trocknung an eine Firma liefert, muss wissen, dass der Wageninhalt nach der Trocknung immer einen sehr ungleichmäßigen Feuchtegehalt hat. Die Feuchteschwankungen auf dem Anhänger steigen von unten nach oben um ca. 4 % an, wenn man dem Getreide ca. 3 % Feuchtigkeit mit einer Warmlufttemperatur von 40-45 °C entzogen hat. Die feuchte Ware liegt also immer an der Oberfläche. Nur Silobetriebe mit automatischen Probenehmern ziehen bei diesem System einen korrekten Durchschnittswert der Feuchtigkeit. Ferner muss man berücksichtigen, dass durch die Wagenbefüllung direkt am Mähdrescher eine Reinigung des Erntegutes vor der Trocknung nicht möglich ist. Der gesamte Besatz muss immer zusammen mit dem Getreide getrocknet werden.

Wagentrocknungen benötigen sehr dichte Belüftungskanäle, damit während des Transportes kein Erntegut unter die Belüftungskanäle fallen und diese verstopfen kann. Gleichzeitig dringt bei der Wagenentleerung immer Staub und Abrieb in die Kanäle. Dieser Dreck muss regelmäßig entfernt werden.

Alle Wagentrocknungen haben einen hohen Anteil an termingebundenen Arbeiten, da Trocknungsgebläse und Kühlgebläse ständig von einem Wagen zum nächsten umgebaut werden müssen. In vielen Fällen ist außerdem noch ein zusätzlicher Schlepper erforderlich, um die beladenen Anhänger bewegen zu können.

Neu auf dem Markt sind die Wagentrocknungen von Farrel, die zusätzlich eine Stiratoranlage auf dem Trocknungswagen aufgebaut haben. Diese Wagentrocknungen mit Stiratorschnecken dürfen mit deutlich höherer Temperatur der Trocknungsluft betrieben werden. Aus Dänemark werden Temperaturen bis zu 70°C angegeben. Dadurch steigt die Leistung der Trocknung um nahezu 100 % an, die termingebundenen Arbeiten für das Befüllen und Entleeren des Fahrzeuges erfolgen aber noch schneller aufeinander.

Wer heute eine Wagentrocknung bauen will, sollte mit den in Tabelle 28 aufgeführten Planungsdaten arbeiten, damit die gewünschte Leistung auch erbracht wird.

Tab. 28: Planungsdaten für eine Wagentrocknung für die Trocknung von Getreide (19-15 %), Raps (12-8 %) und Körnermais (35-15 %)

Wagengröße	Je größer desto besser ca. 1,0 m
Schütthöhe	
Trocknungstemperatur ¹⁾	Getreide/Raps 45 → 40 °C Körnermais 80 → 50 °C
Belüftungskanäle	Unbedingt korndicht anfertigen ! Lochdurchmesser max. 1,0 mm
Gebläse	700 - 800 m ³ /h u. m ³ ²⁾ mind. 1500 Pa ³⁾
- Leistung	
- Druckvermögen	
Brennerleistung	10-12 kW je 1000 m ³ Luftleistung 25-30 kW je 1000 m ³ Luftleistung
- Getreide/Raps	
- Körnermais	

1) Je höher die Kornfeuchte, desto höher darf die Trocknungstemperatur sein

2) m³/h u. m³ = m³ Luft je Stunde und m³ Wageninhalt

3) Pa = Pascal; 10 Pa = 1 mm Wassersäule

8.3 Lagerbelüftungstrocknung

Lagerbelüftungstrocknung (LBT) ist ein Trocknungsverfahren für einen geringen Feuchteentzug. Für die Trocknung von Körnermais ist dieses Verfahren bei uns also weniger geeignet. Welche Vor- und Nachteile dieses Verfahren bietet, ist in Tabelle 29 dargestellt.

Tab. 29: Verfahrenstechnische und ökonomische Vor- und Nachteile einer Lagerbelüftungstrocknung.

<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hohe Annahmleistung möglich • Geringere Investitionen erforderlich • Geringer Energieverbrauch • Schonende Trocknung (Keimfähigkeit, Fallzahl, Bruchkorn) • Bedienung ohne Terminbindungen • Vielseitigkeit der Anlage • Gute Gebäudenutzung • Gute Kombination mit Behältertrocknern
<p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> • Längere Trocknungsdauer • Erhöhte Trockenmasseverluste • Bei einfachen Anlagen höherer Arbeitsaufwand • Schwierige Kontrolle der Feuchtigkeit nach erfolgter Trocknung • Nur für geringen Feuchteentzug geeignet • Erhöhtes Käfer-Befallsrisiko • Erhöhtes Risiko einer Pilzvermehrung

Das RKL verfügt über eine umfangreiche Informationsbroschüre über die Lagerbelüftungstrocknung (4.3.1.0, S. 1021-1098). Hierin sind alle verfahrenstechnischen Zusammenhänge sowie Vor- und Nachteile dargestellt. In den letzten 5 Jahren haben sich aber eine Reihe neuer Erkenntnisse herausgestellt, die hier dargestellt werden sollen.

Im Gegensatz zu allen Satz- und Durchlauf-trocknungsverfahren, bei denen immer mit konstanten Trocknungstemperaturen gearbeitet wird, arbeitet die LBT immer mit gleichbleibender relativer Luftfeuchte in der Trocknungsluft. Dazu wird die Trocknungsluft nur sehr gering angewärmt. Es kann also niemals zu einer

Keimschädigung des Trocknungsgutes kommen. Der Trocknungsvorgang dauert aber in den meisten Fällen 10 bis 15 Tage. Kein Mensch kann mit seinen Sinnesorganen die relative Luftfeuchte wahrnehmen, deshalb muss die Regelung derartiger Anlagen immer mit elektronischen Geräten erfolgen. Die sinkende Feuchtigkeit beim Verkauf der Ernteprodukte hat auch zu einer Veränderung des Feuchtgleichgewichtes bei der LBT geführt. Welche relative Luftfeuchte im Hauptluftkanal heute gefahren werden sollte, zeigt Tabelle 30.

Tab. 30: Einstellwerte für die relative Luftfeuchte bei einer Lagerbelüftungstrocknung in Abhängigkeit von der Lufttemperatur und der gewünschten Endfeuchtigkeit der Ernteprodukte

Lufttemperatur im Kanal (°C)	gewünschte Korn-Endfeuchte	
	Getreide / Raps (15% / 9%)	Getreide / Raps (14% / 8%)
5	59%	55%
10	62%	58%
15	65%	61%
20	68%	64%
25	71%	67%

Die meisten Lagerbelüftungstrocknungen werden mit einem einzelnen Elektro-Belüftungsgebläse betrieben. Je nach Luftdurchsatz verändert sich aber der Stromverbrauch erheblich, sodass sehr unterschiedliche Stromkosten auftreten können. Werden stattdessen zwei oder mehr Gebläse mit unterschiedlicher Leistung einzeln oder zusammen eingesetzt, kann der Stromverbrauch deutlich reduziert werden, da die Gebläse näher am Leistungsoptimum betrieben werden können. Das zeigt Abbildung 5.

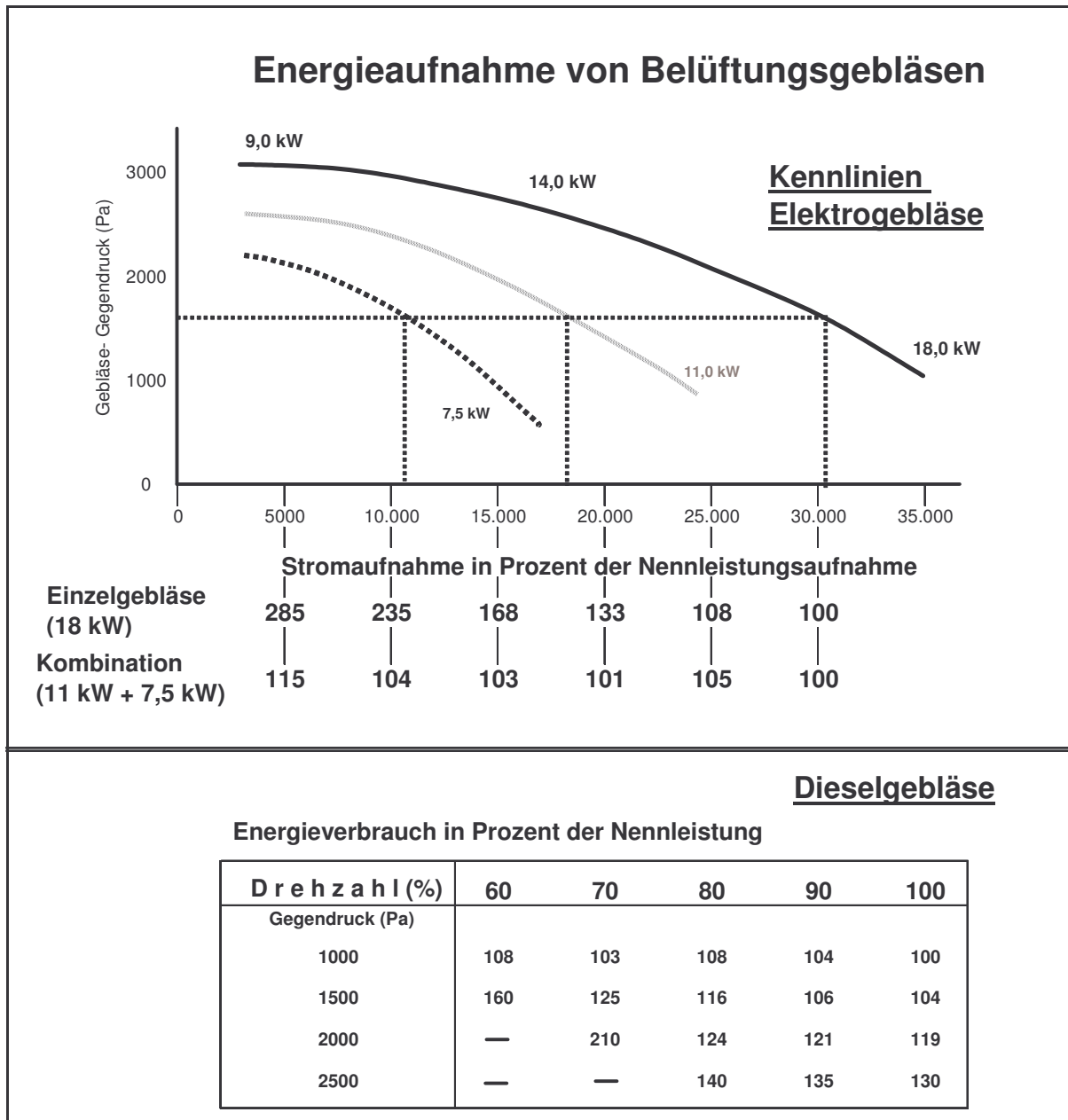


Abb. 5: Energieaufnahme von Belüftungsgebläsen

Nicht alle Betriebe sind gleich gut für eine LBT geeignet. Folgende Punkte sprechen gegen die Anschaffung einer solchen Trocknungsanlage:

- Hohe Temperaturschwankungen (Tag/Nacht) und niedrige Temperaturen in der Außenluft während der Trocknungskampagne
- Unreifes Getreide bei der Ernte (Strobilurine, Zwiewuchs)
- Saatgutproduktion (Trocknung dauert zu lange)
- Früchte ohne Keimruhe (Roggen)
- Feinsämereien (hoher Druckverlust im Stapel)
- Hohe Kornfeuchtigkeit bei der Ernte

- Anbau vieler Früchte nebeneinander
- Ungleichmäßige Zellenbefüllung (Kegelbildung)
- Verzicht auf Vorreinigung (Verdichtungen im Stapel, hoher Mikroorganismenbesatz)
- Langsame Zellenbefüllung (mehr als drei Tage)
- Biologische Betriebe (höherer Pilzbesatz möglich)

Die meisten LBT werden nach wie vor von den Landwirten in Eigenarbeit erstellt, es ist daher wichtig, die Planungsdaten für Anlagen zu kennen, mit denen man dem Erntegut bis zu vier Prozent Feuchtigkeit entziehen kann. Diese Werte zeigt Tabelle 31.

Tab. 31: Planungsdaten für eine Lagerbelüftungstrocknung

Lagerzellen	Zellengröße	max. 2 - 3 Tagesdruschmengen
	Zellenbefüllung	Getreide vorreinigen Schichtweise einlagern Oberfläche eibnen
	Schütthöhe	feuchteabhängig - Getreide(3-5 m) Raps (2-3 m)
	Schwitzprozess	max. 24 Stunden
Belüftungskanäle	Kanalabstand	Maximal 1,5 m
	Kanalwiderstand	max. 300 Pa ¹⁾
Gebläse	Gebläse-Druckvermögen	>= 2500 Pa
	Druckverlust in der Anlage	<= 2000 Pa
	Mindestluftrate	15 m ³ / m ³ / h / %
	Luftgeschwindigkeit	Hauptluftkanal <= 15 m / s Seitenkanäle <= 10 m / s
Brenner	Brennergröße	ca. 1,5 kW je 1000 m ³ Luft
	Brennerregelung	<u>nur elektronisch</u> Genauigkeit 1-2 %
Regelung	Umluftanteil	60 - 80 %, Regelung von Hand
	Regelung	<u>automatisch</u>
	Trocknung	55 - 65 % rel. Luftfeuchte
	Kühlung	0-15 °C Temperatur

1) Pa = Pascal, 10 Pa = ca. 1 mm Wassersäule

Zu den angegebenen Daten müssen folgende Erläuterungen gemacht werden:

- Nach 2-3 Tagen sollte man wenigstens mit einer Teilbelüftung beginnen, damit die Korntemperaturen bei Zwiewuchs nicht zu stark ansteigen.
- Die Stapeloberfläche darf Unebenheiten aufweisen, die maximal 10 % der Stapelhöhe ausmachen.
- Ein Schwitzprozess ist nur bei Getreide erforderlich, nicht bei Raps. Oberhalb von 21 % Feuchtigkeit bringt das Schwitzen auch bei Getreide keine Vorteile mehr.

- Wer sein Getreide weniger als 3 m hoch schüttet, muss die Belüftungskanäle enger zusammenrücken. Der Kanalabstand darf maximal halb so weit sein, wie die Lagerhöhe des Stapels beträgt.
- Die erforderliche Luftrate für eine Getreidetrocknung innerhalb von 10 Tagen beträgt 15 m^3 Luft je Stunde, je Prozent Feuchteentzug und je m^3 Getreide innerhalb der Lagerzelle. Bei einem Zelleninhalt von 500 m^3 und einem geplanten Feuchteentzug von 3 % muss das Gebläse also eine Luftmenge von 15.000 m^3 Luft je Stunde durch den Stapel drücken. Bei Umluftbetrieb wird dazu ein Brenner benötigt mit einer Leistung von $22,5 \text{ kW}$.

Die Belüftung des Getreides sollte möglichst gleichmäßig über die gesamte Zellenrundfläche erfolgen. Dabei spielt der Standort des Gebläses an dem Hauptluftkanal eine wichtige Rolle, wie Abbildung 6 zeigt.

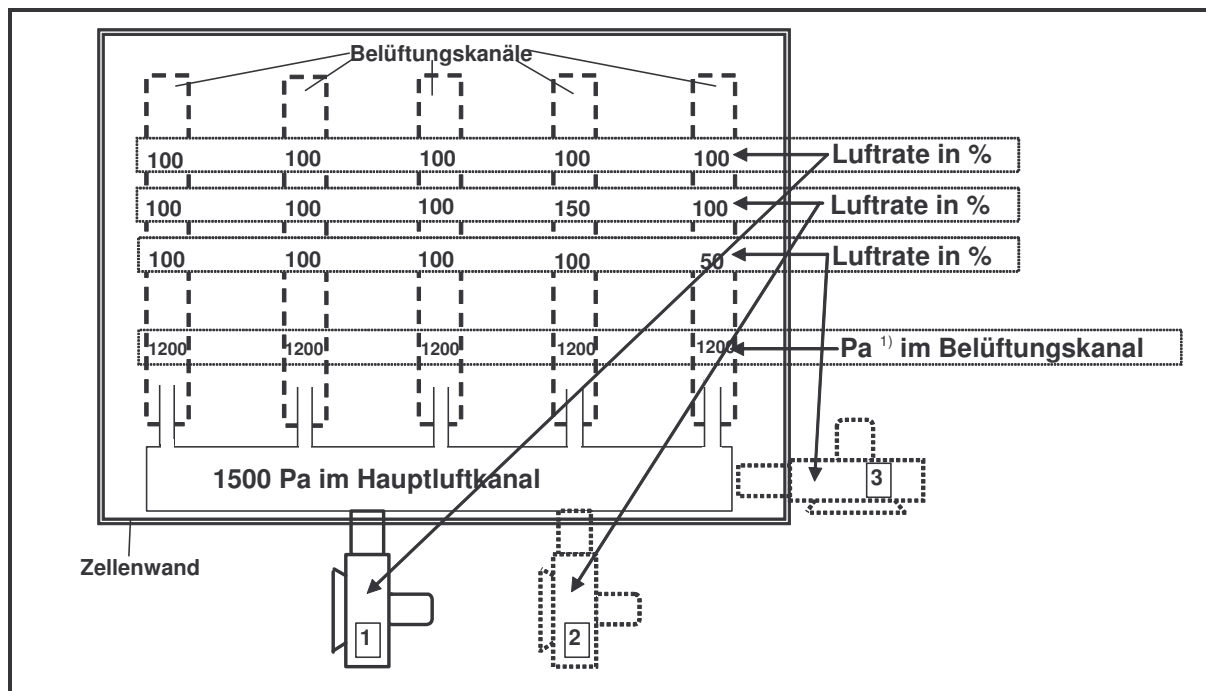


Abb. 6: Luftverteilung in einer Belüftungszelle bei unterschiedlichem Standort des Gebläses

Abbildung 6 zeigt den Einfluss verschiedener Gebläsestandorte am Hauptluftkanal. Standort 1 ist optimal gewählt. Die Luft sollte möglichst in der Nähe der Kanalmitte eingeblasen werden und der Gebläseanschluss exakt zwischen zwei Belüftungskanälen liegen. Befindet sich genau gegenüber vom Gebläseeinblasstutzen ein Belüftungskanal, so wird in diesen Belüftungskanal ca. 50 % mehr Luft eingeblasen (Standort 2). Standort 3 führt immer zu einem geringeren Luftdurchsatz im ersten Kanal hinter dem Gebläse aufgrund der erheblichen Luftturbulenzen im Eingangsbereich des Hauptluftkanals.

8.4 Leistungssteigerung

Die marktpolitischen Entscheidungen zu einem Feuchtegehalt von maximal 14,5 % für trockenes Getreide bedeuten für alle vorhandenen Trocknungsanlagen erhebliche Engpässe. Die einfachste Maßnahme für Besitzer von Durchlauftrocknern ist das vollständige oder teilweise Entfernen des Kühlprozesses aus dem eigentlichen Trocknungsablauf. Dadurch kann die Leistung des Trockners um bis zu 25 % gesteigert werden, weil die Kühlluft jetzt als Trocknungsluft verwendet wird. Gleichzeitig muss man die Brennerleistung am Trockner deutlich erhöhen, ein separates Kühlgebläse für die nachfolgende Lagerzelle kaufen und, falls noch nicht vorhanden, die Kühlzellen mit Kühlkanälen ausrüsten.

Soll in Zukunft die gesamte Kühlluft auch als Trocknungsluft verwendet werden, muss die Brennerleistung um 50 % gesteigert werden. Dazu stellt man am einfachsten einen zusätzlichen Gasbrenner vor den vorhandenen Warmluftzeuger, damit dieser bereits vorgewärmte Luft ansaugt.

Das Kühlgebläse muss eine Luftleistung von 20 – 25 m³ Luft je t Tageserntemenge und Stunde haben. Wer also 100 t Getreide pro Tag trocknet, benötigt ein zusätzliches Rückkühlgebläse mit 2.000 – 2.500 m³ Luft je Stunde. Das Druckvermögen sollte mind. bei 3.500 Pascal (350 mm WS) liegen, damit auch bei ungünstigen Kanalabmessungen noch genügend Luft durchgesetzt wird.

Wer zusätzlich mit dem Rückkühlen 10 – 12 Stunden wartet, erreicht eine weitere Leistungssteigerung von 10 - 15 %, da die Restfeuchte im Korn besser an die Kornschale gelangt und leichter zu entziehen ist. Wer am Trocknerausgang Korn-Temperaturen unter 30°C erreicht, kann auch mit der Rückkühlung bis zu einen Tag warten. Längere Wartezeiten sind zu riskant, da dann evtl. eine Keimschädigung einsetzt oder die Mikroorganismen auf den Getreidekörnern zunehmen.

Eine weitere Möglichkeit zur Leistungssteigerung des Trockners ist das Einschalten eines Schwitzprozesses vor dem Trocknen. Hierdurch kann der Energieverbrauch beim Trocknen um bis zu 30 % reduziert und in entsprechendem Umfang die Leistung gesteigert werden. Schwitzen bedeutet eine Selbsterwärmung der Körner, was mit einem Feuchtigkeitsausgleich in den Körnern verbunden ist. Wer aber sein Getreide zu lange schwitzen lässt, muss mit Keimschädigung rechnen und enormer Vermehrung der Mikroorganismen. Das Vorschalten eines Schwitzprozesses erfolgt bei den Behältertrochnungen am besten in den Feuchtgetreidebehältern. Vorsicht ist jedoch geboten, da die Entleerung erschwert wird durch mögliche Brückenbildung in den Trichterzellen. Sicherheitshalber kann man zu Anfang in den Trichter 2 m³ trockenes Getreide füllen, denn auf dem trockenen Getreide läuft das feuchte besser ab. In den Lager-Belüftungstrocknungen wird das Schwitzen direkt in den

Lagerzellen vor der eigentlichen Trocknung durchgeführt. Der Schwitzprozess sollte aber auch hier niemals länger als einen Tag dauern.

Warten Sie niemals auf einen Temperaturanstieg! Beginnen Sie spätestens nach einem Tag mit dem Belüften. Wer auf eine Selbsterwärmung des Getreides von ca. 10°C wartet, riskiert zusätzliche Atmungsverluste von ca. 0,2 %.

Zur weiteren Leistungssteigerung in der Behältertrocknung kann man hinter seine Trocknungsanlage eine komplette Belüftungstrocknung bauen, damit das Getreide im Behältertrockner nur bis ca. 17 % heruntergetrocknet werden muss. Die energieaufwendige Phase des Trocknens wird so in eine LBT verwandelt. Wenn das Getreide warm in die Belüftungsanlage kommt, reicht eine Luftrate von 40 m³ Luft je m³ Getreide und Stunde. Der Strömungswiderstand des Getreides liegt nur noch bei ca. 30 mm WS / m Schütthöhe. Schütthöhen von 5 m sollten aber auch hier nicht überschritten werden, - wegen erhöhter Kondensationsgefahr an der Stapeloberfläche.

9. Lagerung

Eine Checkliste zur Planung der Lagerzellen für eine Getreideanlage zeigt Tabelle 32.

Tab. 32: Planungsdaten zur Erstellung eines Getreidelagers

Lagervolumen	Ernteertrag X Anbaufläche X 100 : HLG ¹⁾
Zellenanzahl	Verkaufsfrüchte = max. 2 Zellen Futtergetreide = 1 Zelle Feuchtgetreidezellen = mind. 2 Zellen Erweiterung einplanen
Zellengröße	Variation 70 % - 100 % - 130 %
Zellenwände	Einfache Reinigungsmöglichkeit Kondensat vermeiden Statik beachten
Hallenboden	Beton, kein Asphalt, keine Verbundsteine Matte statt Späne (Stahlfaserbeton) Doppelte Folie gegen aufsteigendes Wasser Tragfähigkeit für LKW Oberfläche glätten Dehnungsfugen alle 5 m
Befüllung	nur verkaufsfertige Ware einlagern Schüttkegel vermeiden Belüftungskanäle nicht verschieben Kontrollgläser für Käfer einsetzen
Kühlung mit Außenluft	Nur trockenes Getreide (+1,0%) einlagern Kanalabstand max. 60% der Lagerhöhe Luftrate ca. 15 m ³ /m ³ u. h Thermometer einbauen
Kompressor- kühlung	max. 22% Kornfeuchte Kanalabstand = Schütthöhe Luftrate 5-10 m ³ /m ³ u. h Thermometer einbauen

- **Doppelnutzung** nur im Flachlager
- **Kühlkanäle** nach der Kühlung verschließen
- **Temperaturmessung** regelmäßig durchführen
- Kühlung nur bei **Außentemperaturen** unter 15 °C (Käferflug !)
- **Lager-Endtemperatur** 6 - 8 °C ratsam
- Lagergut auf **Käfer** kontrollieren
- Lager gegen **Vögel und Nagetiere** abdichten
- Jährliche **Desinfektion** von Zellen, Förderwegen und Gebäude

1) HLG = Hektolitergewicht (siehe Tab. 9, Kap.4)

Folgende Punkte sind zu Tabelle 32 anzumerken:

- Der gesamte Lagerraum sollte in drei Bereiche aufgeteilt werden:
 1. Feuchtgetreide sollte in Zellen lagern, die ohne Handarbeit während der Ernte- und Trocknungskampagne befüllt und entleert werden können. Sie dienen auch Lagerung von Verkaufspartien im Laufe des Jahres.
 2. Verkaufsgetreidepartien sollten in Zellen mit geschlossenen Seitenwänden lagern, die man problemlos gleichmäßig belüften kann ,um die Qualität zu erhalten.
 3. Futtergetreidepartien dürfen auch in einfach erstellten Flachlagern lagern, die aber ebenfalls unbedingt belüftbar sein müssen.
- Viele Lagerzellen zu bauen, ist ein teurer Luxus, deshalb sollte man versuchen, die Zellenzahl auf ein Mindestmaß zu beschränken. Folgende Faktoren vergrößern die erforderliche Zellenzahl:
 - Vielseitige Fruchtfolge
 - Saatgutproduktion
 - Geringe Mähdruschkapazität
 - Qualitätsunterschiede im Erntegut.

Es ist wünschenswert, dass man für jede Fruchtart Verkaufsgetreide mindestens zwei Zellen zur Verfügung hat, sofern ihr Anteil an der Gesamt-Erntemenge bedeutsam ist. Bei Futtergetreidearten reicht fast immer eine Lagerzelle aus.

- Die Betriebe wachsen heute viel schneller als vor 20 Jahren. Durch Bildung von Betriebsgemeinschaften vergrößert sich die anfallende Erntemenge schnell um 100 % und mehr.
- Der Bau von Getreidelagerzellen erfordert bei Lagerhöhen über 2,0 m einen statischen Nachweis. Dieser wird beim Kauf von Wellblech-Rundbehältern und Stahlwänden für Flachlager auf Wunsch mitgeliefert. Beim Eigenbau von Flachlagern muss eine individuelle Statik erstellt werden.
- Achten Sie darauf, dass sich die Überflur-Belüftungskanäle beim Befüllen der Zellen nicht verschieben! Dringt Getreide in die Kanäle, so ist ein Belüften des Lagergutes anschließend nicht mehr möglich und das Getreide muss bei Erwärmung ausgelagert werden.
- Die eingelagerte Ware darf bei der Zellenbefüllung maximal 1,0 % mehr Feuchtigkeit haben als die Verkaufsfeuchtigkeit verlangt, denn ein zweimaliges Abkühlen des Lagergutes um jeweils ca.15°C bringt einen Feuchtigkeitsrückgang um max. 1,5 %.

- Wer feuchtes Getreide ungetrocknet einlagert und mit einer Kompressorkühlung kühlt, muss wissen, dass Getreide bei Feuchtigkeiten über 20 % zu erheblicher Brückenbildung neigt. Die Entleerung der Zellen ist dann nur noch mit einem Mobillader problemlos möglich.
- Alle Lagerzellen müssen mit Thermometern ausgerüstet sein, damit man bei einem Temperaturanstieg rechtzeitig mit Belüftung gegensteuern kann. Kontrollieren Sie die Korntemperaturen im Lager in den ersten 10 Tagen täglich, danach reicht eine Temperaturkontrolle innerhalb von 10 Tagen. Während der Belüftungsphase muss jedoch täglich die Temperatur kontrolliert werden. Getreidethermometer können aber auch preiswert selbst gebaut werden wie Abbildung 7 zeigt.

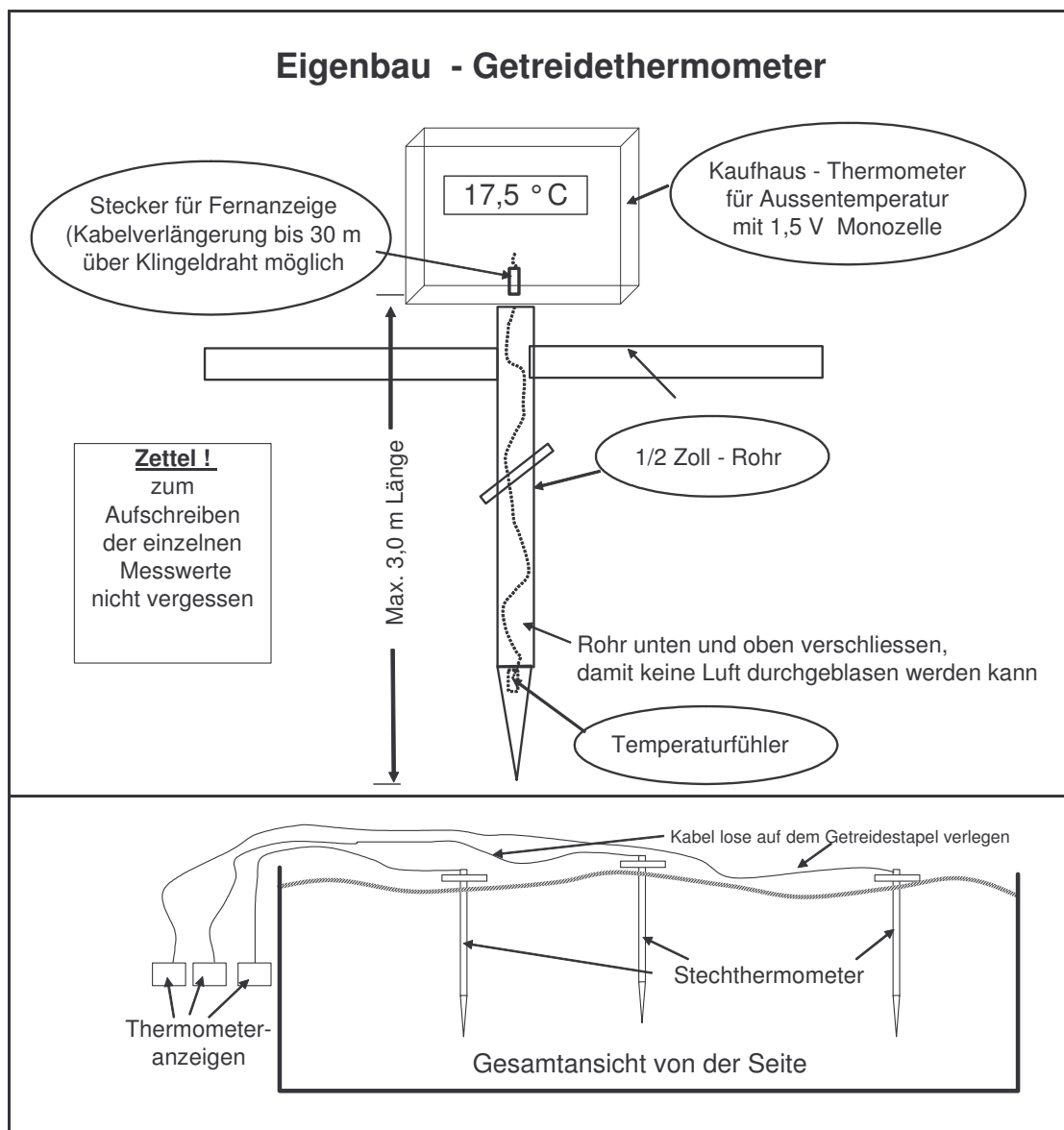


Abb. 7: Skizze zum Bau eines Getreidethermometers aus einem Wohnraumthermometer mit 3,0 m langem Fühler zum Messen der Außentemperatur.

Neben Wohnraumthermometern kann man auch Außenthermometer für PKWs aus dem Autozubehörhandel verwenden. Die Lebensdauer der Monozelle beträgt ungefähr fünf Jahre bei kontinuierlicher Temperaturanzeige. In jedem Fall sollte man die Anzeige für die Innentemperatur mit Isolierband zukleben, um Verwechslungen beim Ablesen der Temperatur zu vermeiden.

Das Arbeiten mit einem mobilen Stechthermometer ist nicht empfehlenswert, weil

1. bei jedem Durchgang immer wieder andere Messpunkte im Getreide erfasst werden und somit keine Vergleichbarkeit der Temperaturen gegeben ist und
2. der Messfühler beim Einstechen in das Getreide eine Erwärmung durch Reibung am Getreide erfährt, was die ablesbare Temperatur verändert. Will man dieses verhindern, muss man nach dem Einstechen des Fühlers wenigstens 3 Minuten warten, bevor man die richtige Temperatur ablesen kann.

In den letzten Jahren sind von verschiedenen Institutionen die Bedingungen für das Lagern von Getreide und anderen landwirtschaftlichen Mähdruschfrüchten deutlich verschärft worden, um eine Qualitätsminderung durch Verunreinigung zu vermeiden. Welche Risikofaktoren zu einer Qualitätsminderung in den einzelnen Lägern führen können, zeigt Tabelle 33.

Tab. 33: Mögliche Risikofaktoren, die bei der Lagerung von Mähdruschfrüchten die Qualität beeinträchtigen können und unbedingt zu vermeiden sind.

Ursache	Flach-lager	Rundsilos außen	Rundsilos innen
◦ Schmutz von den Radladerreifen	X		
◦ Abgase Radlader	X		
◦ Ölverluste Radlader	X		
◦ Abrieb Betonfußboden	X	(X)	(X)
◦ Abrieb Fördergeräte	X	X	X
◦ Wirbeltiere¹⁾ im Lager	X	(X)	(X)
◦ Kot von Wildtieren²⁾	X	X	X
◦ Getreide - Lagerschädlinge³⁾	X	X	X
◦ Mykotoxine	X	X	X
◦ Schnee, Nebel	X	X	X
◦ Regenwasser	(X)	(X)	(X)
◦ Kondenswasser an der Außenhaut	X	X	(X)
◦ Aufsteigendes Bodenwasser	X	X	X
◦ Staubablagerungen (Gebäude Belüftungskanäle)	X	(X)	X
◦ Baumaterial-Abrieb (Asbest, Formaldehyd)	X	(X)	(X)
◦ Mitarbeitererkrankungen (Durchfall, Hauterkrank.)	X	X	X

1) Katzen, Hunde, Eulen, Tauben, Spatzen, Ratten, Mäuse

2) Damwild, Hasen, Kaninchen

3) Plattkäfer, Kornkäfer, Milben

X = beachtenswerte Maßnahme

9.1 Feuchtgetreide - Lagerzellen

Alle Behältertrochnungsanlagen (Satz- und Durchlaufrockner) benötigen ein Feuchtgetreidelager vor der eigentlichen Trocknung, da die täglich geerntete Getreidemenge fast immer deutlich größer ist als die täglich trockenbare Getreidemenge. Nur die Silotrockner bilden hier eine Ausnahme, weil Feuchtgetreidelager und Trocknungszelle in einem Silo zusammengefasst sind. Feuchtgetreidelagerzellen (FG-Zellen) müssen wie alle anderen Zellen auch belüftbar und mit einer Temperatur-Messanlage ausgerüstet sein, denn es verdirbt mehr Getreide vor der Trocknung als nach einer Trocknung! Die Lagerkapazität der Feuchtgetreidezellen muss mindestens 50 % der Tages-Mähdruschmenge betragen, optimal wären allerdings 100 % der täglich anfallenden Erntemenge.

Es ist unzweckmäßig in die gleiche Zelle hineinzudreschen, aus der man auch heraustrocknet. Die Kornfeuchtegehalte im Trockner-Vorratsbehälter schwanken dann erheblich. Gleichzeitig schwanken auch die Feuchtigkeitsgehalte nach erfolgter Trocknung, weil die Regelung des Trockners deutlich erschwert wird. Es sollten also mindestens 2 FG-Zellen vorhanden sein. Das bringt folgende Vorteile:

- Gute Vermischung unterschiedlich feuchter Erntepartien
- Problemlose Regelung des Trockners auch ohne Automatik
- Gleichmäßiger Schwitzprozess vor der Trocknung zur Energieeinsparung
- Keine Kaffansammlung im Trichter, da vollständige Entleerung der Zellen.

Es ist ungünstig, in Behältertrochnungen in einem Durchgang mehr als 4 % Feuchtigkeit entziehen zu wollen, weil die Leistung der Trocknungsanlage dann mehrfach geringer als die Mähdruschleistung wird. Außerdem muss eine weitere Zelle als FG-Zelle eingerichtet werden für die teilgetrocknete Ware. Das Gleiche gilt für einen Fruchtwechsel während der Trocknungskampagne. Die Zuordnung von FG-Zellen und Senkrechtförderern zueinander sollte so geplant werden, dass man die Zellen auch als Verkaufszellen nutzen und hiermit verschiedene Getreidepartien verschneiden kann, um die gewünschte Qualität zu erreichen. Gegen Ende der Ernte sollten auch die FG-Zellen als Endlager-Zellen mit genutzt werden. Dann wird es zwar „eng“ im Verfahrensablauf der Trocknung, aber Annahmegrube und Transportfahrzeuge bilden zusätzlich eine Pufferkapazität für das feuchte Erntegut.

Feuchtgetreidezellen sollten immer ohne Handarbeit befüllt und entleert werden können. Darum sind die kleineren Zellen mit Auslauftrichtern und die größeren (über 6 m Durchmesser) mit einer Fegeschnecke auszurüsten. Auf grundwassernahen Standorten müssen die Trichter unbedingt aus Stahl gefertigt und wasserdicht verschweißt sein, wenn man sie in den Boden einlassen will. Wer dieses Risiko vermeiden will, muss Überflur-Stahltrichter wählen. Die Lagerkapazität des Silos geht

aber im Bereich des Trichters auf ungefähr 33 % zurück gegenüber einem Silo mit eingebauter Fegeschnecke. Achten Sie unbedingt auf eine ausreichende Leistung der Fegeschnecke (Tab. 15, Kap. 6.2)! Solange kein Fruchtartenwechsel stattfindet, kann man aber auch in der Fegeschnecken - FG-Zelle das „Restgetreide“ als Trichter stehen lassen, sofern dieses nicht zu feucht ist. Dieser „Getreidetrichter“ wird dann am Ende der Fruchtarternte nur einmalig mit der Fegeschnecke entleert. Derartige „Getreidetrichter“ haben den Vorteil, dass hier niemals eine Brückenbildung stattfinden kann, weil der Trichter elastisch ist und sich kein Getreide darauf abstützen kann. Einige Landwirte haben auch ohne eingebaute Fegeschnecke zu Beginn der Ernte einen Trichter aus Gerste im FG-Silo stehen lassen und diesen Trichter aus Gerste während der gesamten Ernte benutzt. Auf diesem Gerstentrichter bleibt dann zwar ein wenig Raps zurück aber kaum Weizen. Beide Früchte können mit einer eingebauten Rohrschnecke nahezu sortenrein über dem Gerstentrichter entnommen werden. Der restliche Gerstentrichter ist immer Futtergetreide, das durch den geringen Zusatz an Raps und Weizen zusätzlich veredelt wird. Der Einbau eines teuren Stahl- oder Zementtrichters in die FG-Zellen kann so vermieden werden.

9.2 Endlagerzellen

Mähdruschfrüchte können in Abhängigkeit von der Lagertemperatur und der Kornfeuchtigkeit unterschiedlich lange lagern wie verschiedene Versuchsergebnisse ergeben. Tabelle 34 zeigt die mögliche Lagerdauer für ausgereiften Weizen.

Tab. 34: Lagerdauer von ausgereiftem Weizen in Tagen (verschiedene Autoren).

Feuchte (%)	Lagertemperaturen (°C)					
	5	10	15	20	25	30
14	420	270	160	100	58	30
15	340	200	100	57	30	16
16	260	130	53	30	17	8
17	190	76	31	21	11	4
18	132	42	22	15	6	2

Die Daten aus Tabelle 34 stellen aber keine absolute Sicherheit für den Lagerhalter dar. Ein erhöhter Mikroorganismenbesatz und ein erhöhter Anteil an zwiewüchsigen Körnern kann die Werte aus Tabelle 34 deutlich verkürzen. Nach der in Tabelle 34 angegebenen Lagerdauer sollte das Lagergut in jedem Fall mit frischer Luft

durchblasen werden, auch wenn die Temperaturen noch nicht wieder angestiegen sind. Es besteht Gefahr, dass die Keimfähigkeit des Getreides verloren geht.

Für alle Lagerzellen mit einer Lagerhöhe über ca. 2 m benötigt man eine Statik. Diese wird beim Kauf von Rundzellen meistens als Typenstatik kostenlos mitgeliefert. Beim Bau von Flachlagern ist diese individuell zu erstellen.

Wer Rundzellen in ein rechteckiges Gebäude stellt, verschenkt bei gleichbleibender Bauhöhe der Zellen mindestens 33 % - häufig auch bis zu 50 % - des möglichen Lagerraums und errichtet zwischen zwei Nachbarzellen immer zwei Wände! Dennoch sind die runden Wellblechsilos derzeit die preiswertesten Zellen, die man auf dem Markt kaufen kann. Preiswerter werden nur noch selbstgebaute Flachlager bei verbesserter Nutzungsmöglichkeit der vorhandenen Bausubstanz.

Wer kein Gebäude zum Einbauen von Lagerzellen hat, kann entweder einzelne Rundzellen nach draußen stellen oder eine neue Halle bauen. Die Hallenbauweise ermöglicht zwar eine bessere Lagergutbeobachtung und -pflege und bringt weniger Kondensationsprobleme unter dem Dach (sofern kein Blechdach gewählt wurde), ist aber in den meisten Fällen 10-30 € / m³ Lagerraum teurer als der Bau von einzelnen Rundzellen im Freien.

In der Praxis werden immer häufiger einfache Flachlager gebaut. Hierin kann man gut die getrocknete und gereinigte Futtergerste einlagern.

Das hat viele Vorteile:

- Qualitätsunterschiede sind geringer; man kann schon beim Einlagern verschiedene Qualitäten verschneiden.
- Gerste hat einen geringeren Wanddruck als Weizen oder Raps.
- Zwischen Gersten- und Weizenernte ist genügend Zeit zum Umlagern von den Trocknungszellen in das Flachlager.

Wegen der regen Nachfrage nach Bauweisen von Flachlagern sollen diese hier dargestellt werden. Die hier dargestellten Skizzen ersetzen keine Statik, sie dienen nur zur Darstellung von praxisnahen, empfehlenswerten Bauweisen. Tabelle 35 zeigt die Preisrelationen für die verschiedenen Baumaterialien im Vergleich mit Wellblech-Rundsilos.

Tab. 35: Zellenwandpreise für Flachläger für eine Wandhöhe von 4 m, Aufbau in Eigenleistung, Zellengröße 200 m³, Preisniveau 2005

Bauweise	Preisrelation
Stahlbetonwand (mobil)	100%
Stahlbetonwand geschüttet	55 - 65%
Stahl - Trapezprofilwand	65 - 75%
Mauerwerk aus Schalungssteinen	55 - 65%
Mauerwerk aus Kalksandsteinen	60 - 70%
Wand aus Holzbohlen+Stahlstützen	40 - 50%
Wand aus Spanplatten+Stahlstützen	30 - 40%
Texwall von Agrotel (3,4 m hoch)	80 - 120%
Wellblech - Rundsilo innen	24 - 35%
Wellblech - Rundsilo aussen	70 - 90%

1) ohne Betonarbeiten, Montage und Förderwege

Achten Sie bei der Auswahl des Baumaterials nicht nur auf den Materialpreis für die Wände sondern auch auf folgende Punkte:

- Haltbarkeit des Wandmaterials
- Beschädigungsgefahr mit dem Mobillader
- Möglichkeiten der Doppelnutzung
- Kondensatbildung bei Lager – Belüftungstrocknung
- Reinigungsaufwand gegen Käfer und Pilze
- Vergrößerung der Schütthöhe
- Wiederverwertbarkeit des Wandmaterials

Fast alle Bauweisen, die für den Eigenbau empfehlenswert sind, haben in den Wänden Stahlstützen, die den Wanddruck aufnehmen sollen. Diese Stahlstützen müssen bei einem Verzicht auf Zugverankerung an der Oberkante deutlich stabiler sein. Außerdem ist ein Fundament unter den Stahlstützen erforderlich, das den Wandpreis um ca. 50 % verteuert. Welche Stahlstützen in der Praxis verwendet wurden, zeigt Tabelle 36.

Tab. 36: IPB-Stahlstützen für Getreide – Flachläger bei unterschiedlicher Lagerhöhe und unterschiedlichem Stützenabstand

Wandstützen <u>mit</u> oberer Zugverankerung (IPB-Werte)					
Schütthöhe	S t ü t z e n a b s t a n d (m)				
(m)	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
2	100	100	100	100	100
3	100	120	120	140	140
4	120	140	160	180	180
5	160	180	200	220	240
Zugankerstärke (Materialquerschnitt in mm²)					
Schütthöhe	S t ü t z e n a b s t a n d (m)				
(m)	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
2	125	125	125	125	125
3	125	150	150	175	175
4	150	175	200	225	225
5	200	225	250	275	300
Wandstützen <u>ohne</u> obere Zugverankerung (IPB-Werte)					
Schütthöhe	S t ü t z e n a b s t a n d (m)				
(m)	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
2	120	140	160	180	180
3	180	220	240	260	280
4	240	280	320	360	380
5	320	360	425	475	550

Als Zuganker kann man sowohl Rundeisen als auch Flacheisen verwenden. Entscheidend für die Haltbarkeit bei gleichem Materialquerschnitt ist die Materialqualität. Wie diese Zuganker in einem Flachlager anzubringen sind zeigt Abbildung 8 für eine Zelle die seitlich mit einem Mobillader entleert werden soll.

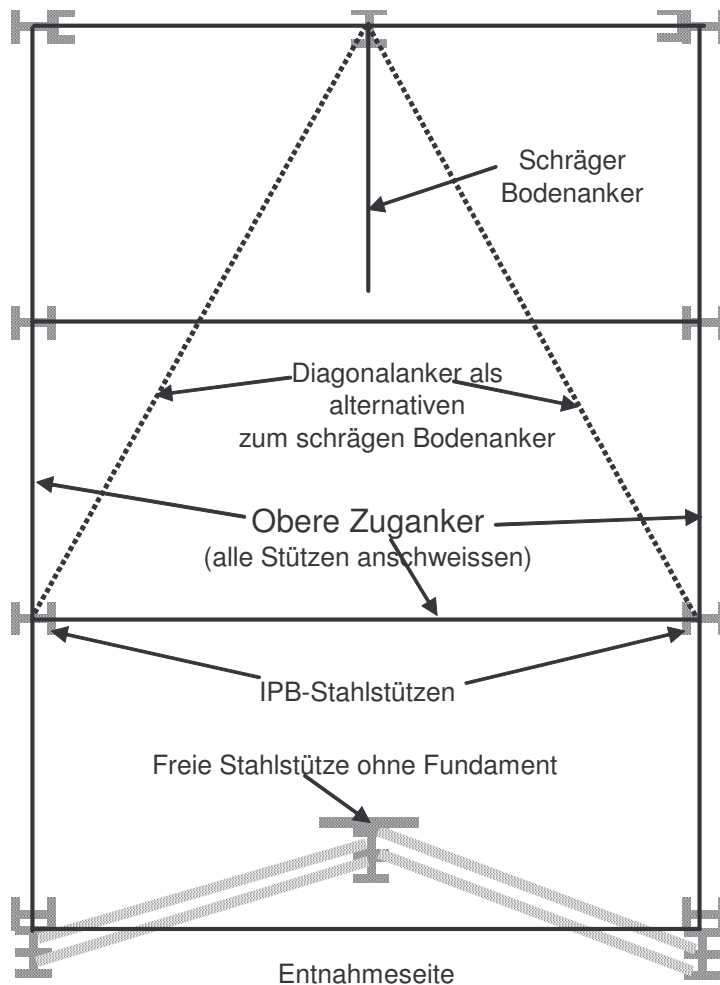


Abb. 8: Zugankerverlegung in einem Flachlager bei seitlicher Entleerung der Zelle

Für den Einbau der Zuganker sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Die Zuganker sind so zu verlegen, dass jede Zelle einzeln befüllt und entleert werden kann.
- Die Befüllung der Zellen muss zentrisch mit stationärem Förderweg oder von hinten nach vorn mit einem Mobillader erfolgen.
- Auch über allen Wänden ist ein Zuganker anzubringen, damit die Eckstützen gehalten werden. Nur die Mittelstütze der Entnahmeseite hat weder einen Zuganker noch ein Fundament (siehe Abb. 9).
- Die schrägen Bodenanker sollten gelenkig und vom Betonboden lösbar sein, damit sie bei der Entleerung der Zelle zur Seite gelegt werden können. Als Alternative kann man auch oben auf der Wand zwei Diagonalanker anbringen.

Alle Flachlager benötigen eine Einfahrtmöglichkeit für den Mobillader zur Zellenentleerung. Für Zellen aus Trapezblechen gibt es hierfür entweder sehr komfortable und teure Schwenktüren oder teleskopierbare Kassettenwände, die zum Öffnen in den seitlichen Führungsschienen nach oben geschoben und dort arretiert werden. Die meisten Betriebe bevorzugen jedoch eine einfache, selbstgebaute Bohlenwand.

Abbildung 9 zeigt die preiswerteste Verschlusswand. Diese Wand enthält eine Mittelstütze, die ca. 10 % von der gesamten Einfahrtbreite der Zelle in das Flachlager hineingestellt wird. Sie hat kein Fundament und keine Zugverankerung. Diese Stütze wird beim Befüllen der Zelle gegen die schräg gestellten Bohlen gedrückt, sodass sie nicht umfallen kann.

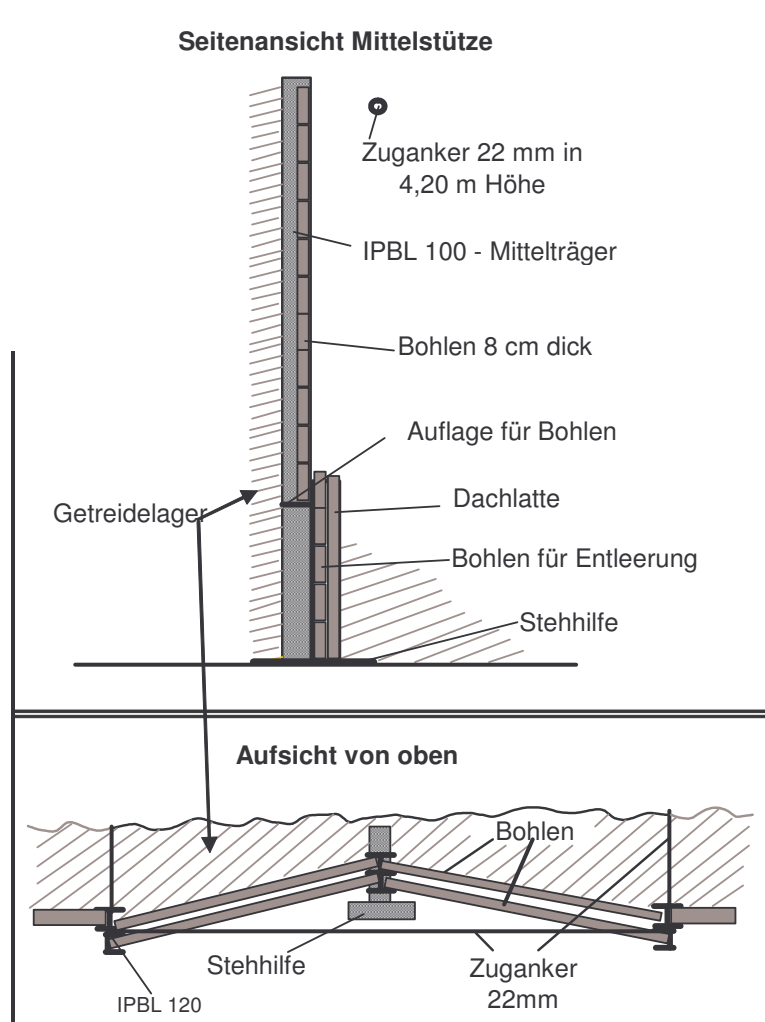


Abb. 9: Verschlusswand für ein Getreide-Flachlager aus Holzbohlen

Für die Entleerung der Zellen werden die Bohlen herausgenommen und das auslaufende Lagergut kann mit einem Mobillader verladen werden. Diese Bauweise hat folgende Vorteile:

- Es wird kein aufwendiger Fundamentköcher benötigt.
- Es ist kein Zuganker an der Oberseite der Mittelstütze erforderlich.
- Die Stütze kann nicht nach außen auf den Lader fallen, das verhindert der Zuganker über der Einfahrt.
- Die Bohlen sind sehr kurz. Sie müssen daher auch nur ca. halb so dick sein wie bei einer Bauweise ohne Mittelstütze.

- Diese Bauweise erlaubt große Öffnungsbreiten für die Entnahmeseite, das hat Vorteile für eine Doppelnutzung der Zellen.

Welche Stärke die Bohlen haben müssen, zeigt Tabelle 37.

Tab.37: Bohlenstärken für die Verschlusswand eines Flachlagers

Stützenabstand (m)	Bohlenstärke (cm)
1,5	4,0
2,0	5,0
2,5	6,0
3,0	7,0
3,3	8,0

astfreie, abgelagerte Bohlen

Die Stahlstützen erhalten in den meisten Fällen ein Punktfundament. Sofern in dem Gebäude schon eine ausreichend tragfähige Betonplatte vorhanden ist, kann man auf die Punktfundamente verzichten und die Stützen einfach auf die Betonplatte schrauben wie Abb. 10 es zeigt.

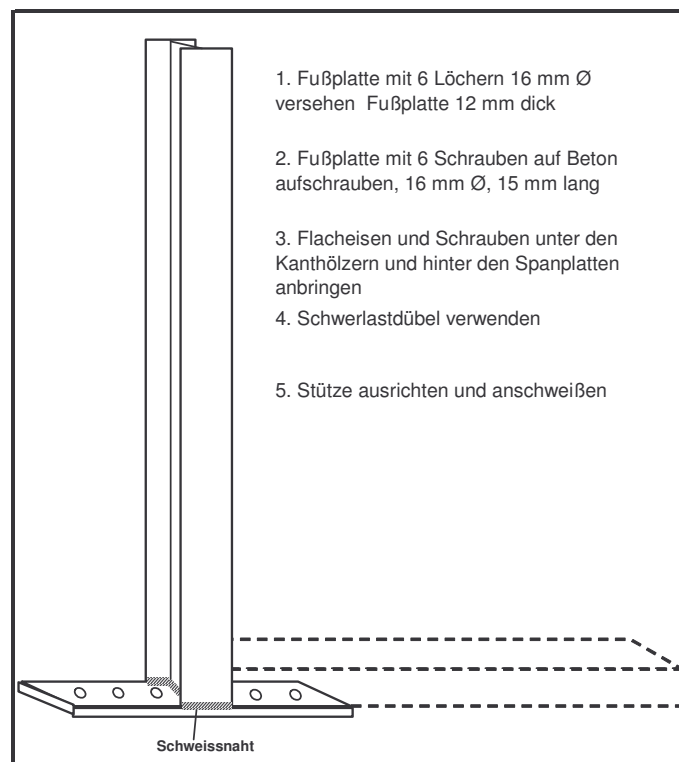


Abb. 10: Flachlagerstütze mit Fußplatte zum Anschrauben.

Bei dieser Bauweise werden zuerst alle Fußplatten auf die Betonfläche geschraubt und anschließend die Stützen einzeln ausgerichtet und angeschweißt. Ein Verrutschen der Stützen nach dem Anschweißen ist dann nicht mehr möglich. Vorteilhaft ist auch die verdeckte Fußplatte, sie stört nicht mehr bei der Lagerentleerung.

Die preiswerteste Wand ist immer noch eine Spanplattenwand, wie sie Abbildung 11 zeigt. Als Zwischenwand zwischen zwei Zellen muss bei dieser Bauweise beidseitig der Bohlen eine Spanplatte angebracht werden.

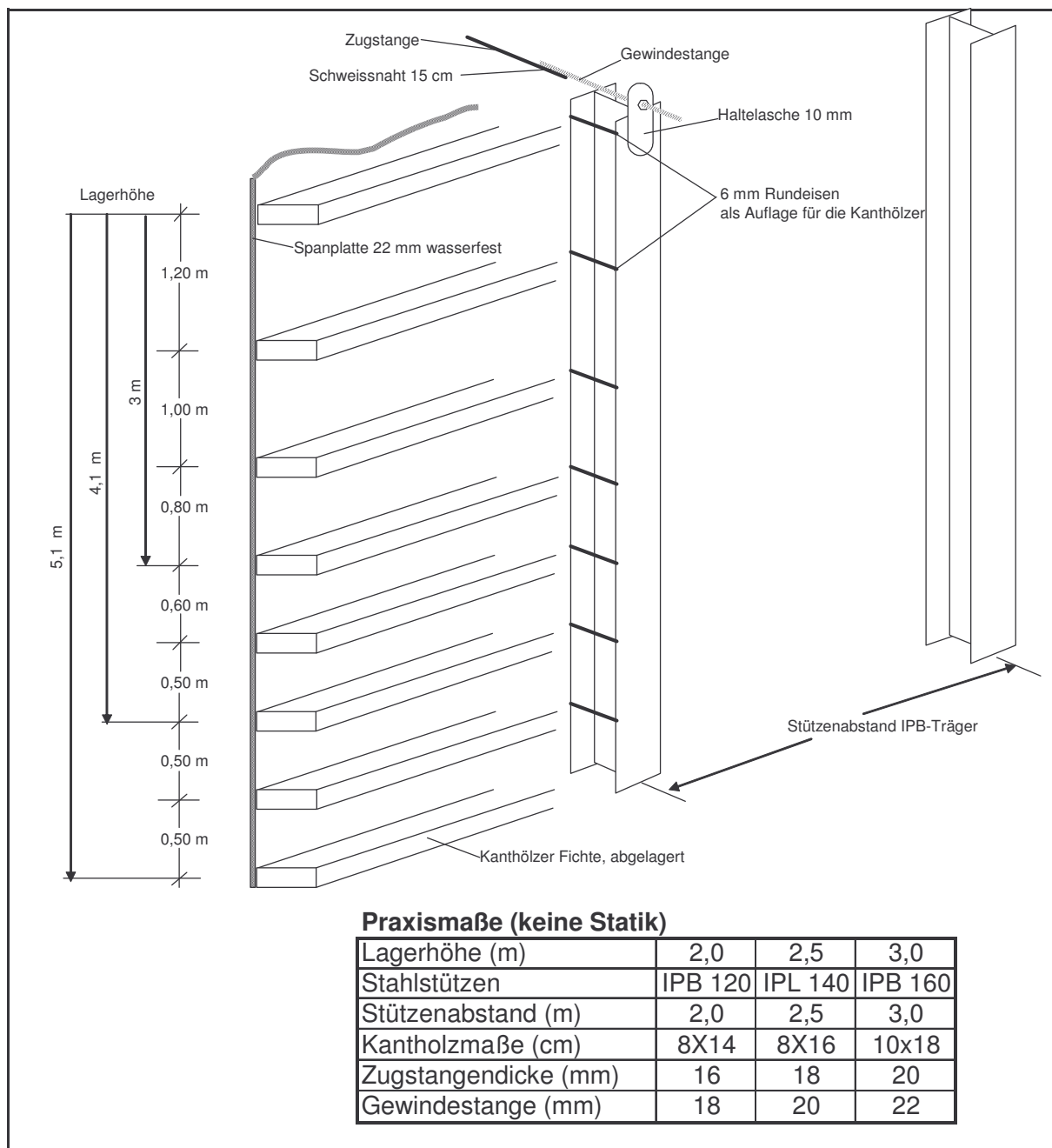


Abb.11: Skizze zum Bau einer Spanplattenwand für ein Getreide-Flachlager

Zu Abbildung 11 sind folgende Hinweise zu beachten:

- Jede Zugstange muss an einer Seite eine Gewindestange als Spannvorrichtung haben.
- Spannen Sie die Zugstangen nicht zu stark, sie dürfen gern 5 cm durchhängen.
- Der Wandaufbau sollte oben mit einem Kantholz abschließen, damit möglichst kein Getreide auf der Wand liegen bleibt.
- Wählen Sie ein Spanplattenmaß, das man ohne Verschnitt nur hochkant gegen die Kanthölzer stellen muss.
- Die Stöße der Spanplatten müssen mit einem Schalbrett dicht verschlossen werden, damit kein Staub und keine Käfer in die Hohlräume der Wand dringen können.
- Verwenden Sie keine Spanplatte, die nicht wasserfest ist. Eine wasserfeste hält 4-5 mal so lange wie eine normale Platte.
- Die Doppelnutzungsmöglichkeiten sind bei dieser Wandbauweise sehr begrenzt, die Reparaturfreundlichkeit ist aber gut.

Wer die Spanplattenkonstruktion nicht leiden mag, der kann statt der Holzkonstruktion zwischen den Stahlstützen auch mit Kalksandsteinen mauern, wie Abbildung 12 zeigt.

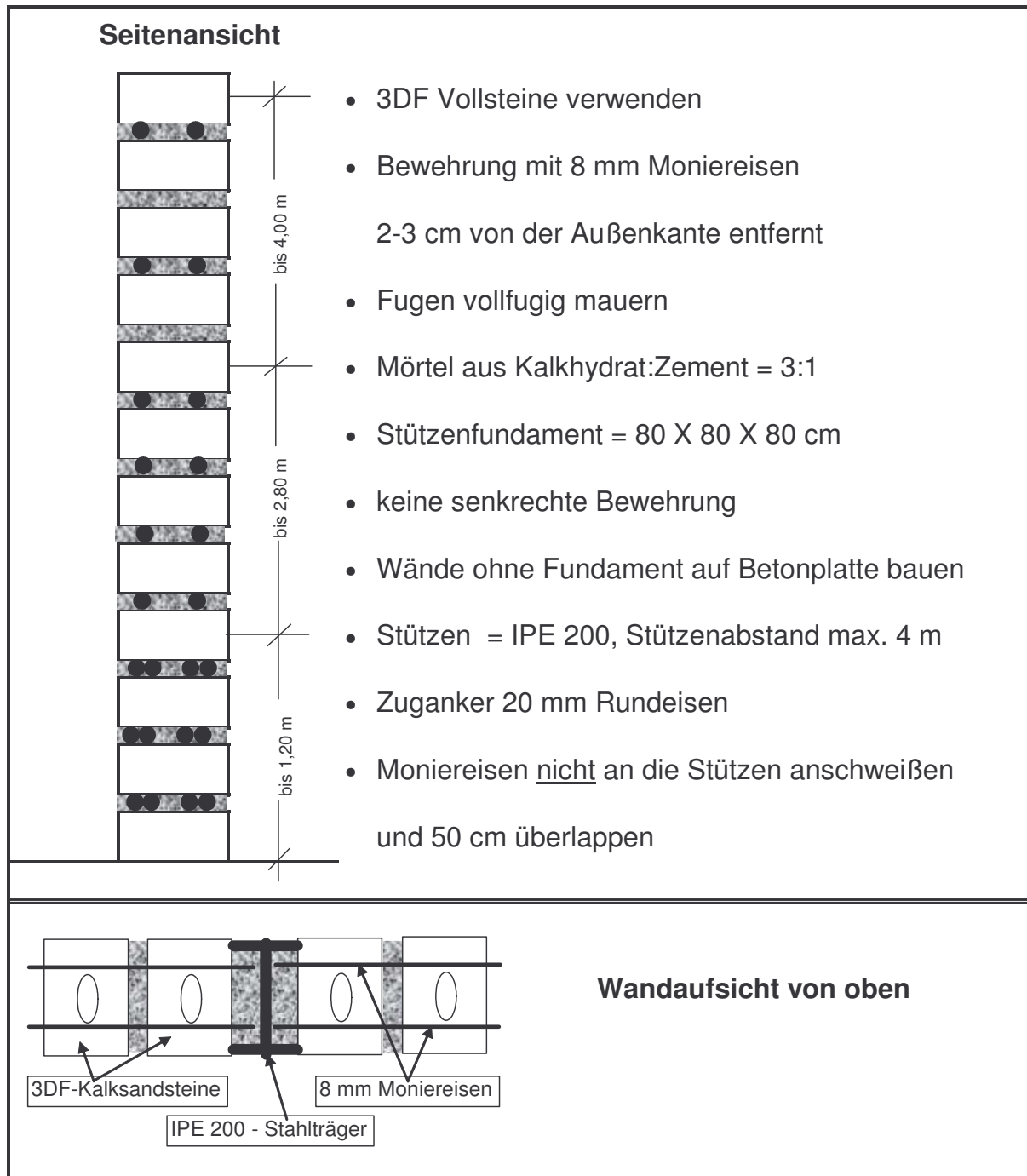


Abb. 12: Skizze einer Flachlagerwand aus 3DF – Vollsteinen und IPE 200 Stahlstützen für eine Wandhöhe von 4,0 m

Der Arbeitsaufwand zum Einlegen der Moniereisen in die Fugen ist hoch, wenn man 4 Eisen in eine Fuge legen soll. Nach dem Mauern der Wand werden die Fugen glatt gestrichen, solange der Mörtel noch feucht ist. Diese Wand erfordert einiges Geschick beim Umgang mit einer Maurerkelle, was bei der Wandbauweise mit Schalungssteinen (Kellerwandsteinen) nicht erforderlich ist wie Abbildung 13 zeigt.

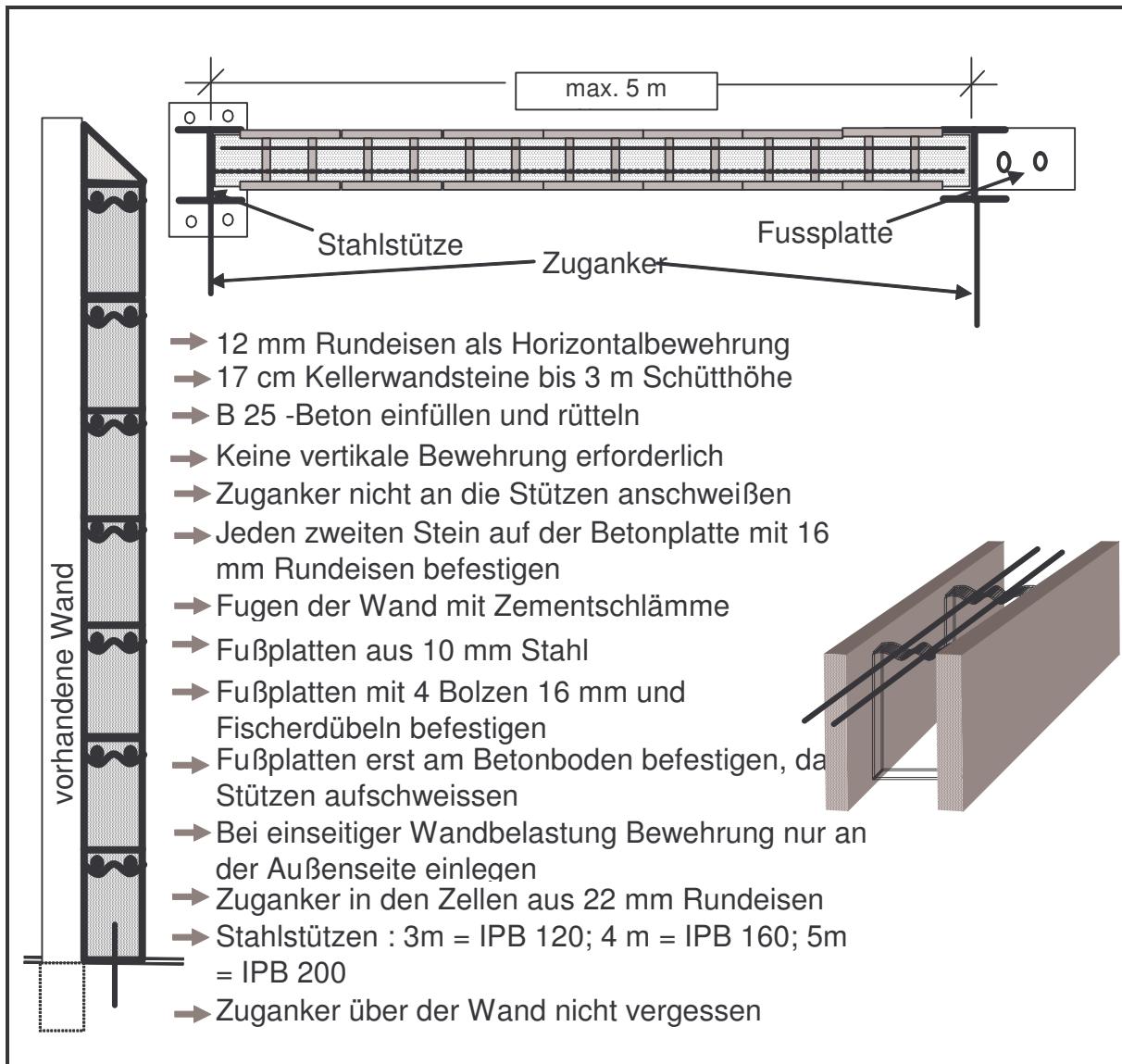


Abb. 13: Skizze einer Wand aus Schalungssteinen mit eingelegten Moniereisen

Schalungssteine gibt es in Breiten von 17, 24, 36 und 42 cm. Die meisten Flachläger wurden mit Steinen von 17 und 24 cm Dicke gebaut. Abb. 13 zeigt Steine mit 24 cm Dicke. In den 17 cm Steinen liegt nur ein Moniereisen. Der Mörtel muss in den Steinen gut gerüttelt werden, damit keine Hohlräume entstehen. Senkrechte Moniereisen sind bei dieser Bauweise nicht erforderlich, da ja alle 5 m eine senkrechte Stahlstütze steht. Es werden jeweils ca. 4 Reihen Steine aufgesetzt und anschließend der Mörtel in die Steine gefüllt. Nach dem Erstellen der Wand werden die Fugen mit einem Quast und fließfähiger Zementschlanme dichtgestrichen.

Immer wieder werden wir nach Bauweisen für mobile Flachlagerwande gefragt. Die einfachste Bauweise sind mobile Beton-Fertigteile (siehe Tab. 33). Sie scheiden aber häufig wegen des Preises und teilweise wegen des Gewichtes aus, denn ein Mittelwandelement mit 4,0 m Höhe wiegt 1,2 bis 1,5 t. Das Versetzen mit dem

vorhandenen Mobillader ist also kaum noch möglich. Ähnlich teuer, aber viel leichter, ist die mobile „Texwall-Wand von Agrotel (www.agrotel.at). Eine Praxisanlage zeigt Abbildung 14.

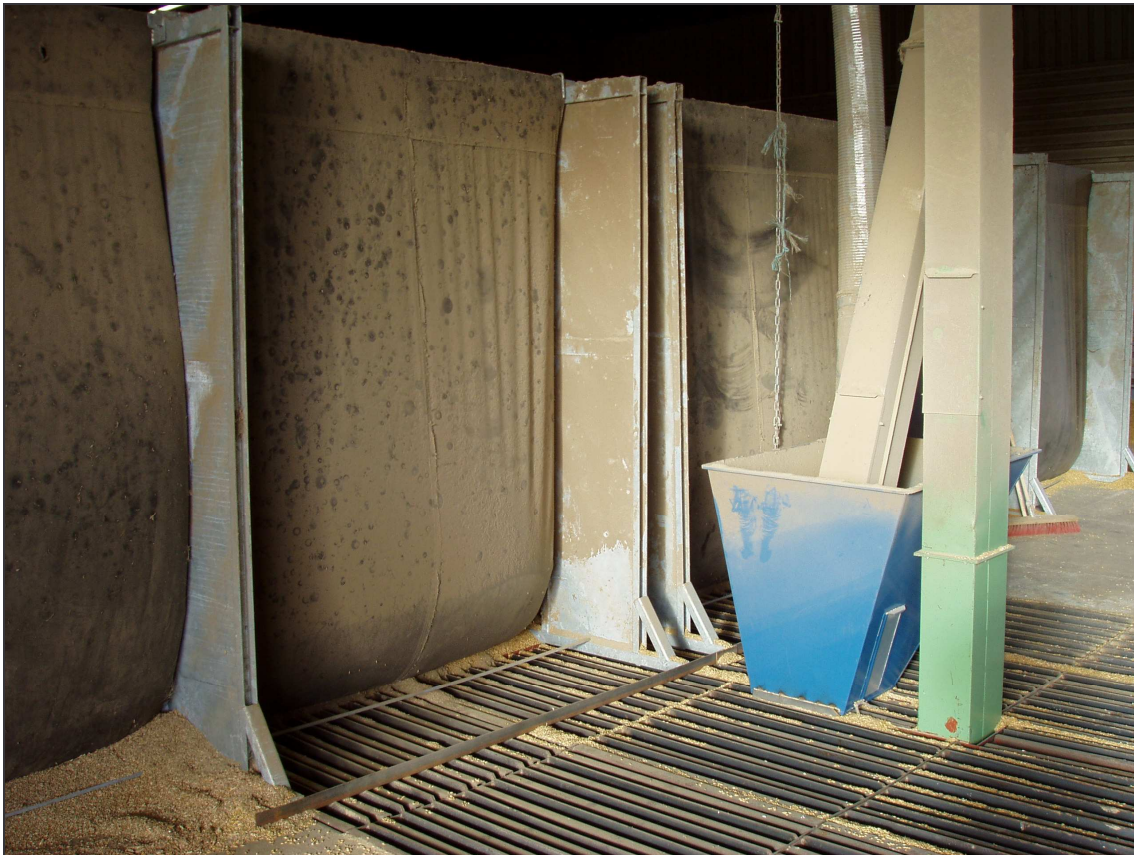


Abb. 14: Flachlagerwand „Texwall“ von Agrotel

Diese sehr leichten Wände müssen aber unbedingt am Hallenboden und an den seitlichen Hallenwänden befestigt werden, damit sie nicht vom Horizontaldruck des Lagergutes zur Seite geschoben werden. Nagetiere im Gebäude können diese Wände leicht beschädigen. Im abgebauten Zustand lassen sich die Wandteile aber sehr platzsparend stapeln. Abbildung 15 zeigt eine weitere Eigenbaualternative.

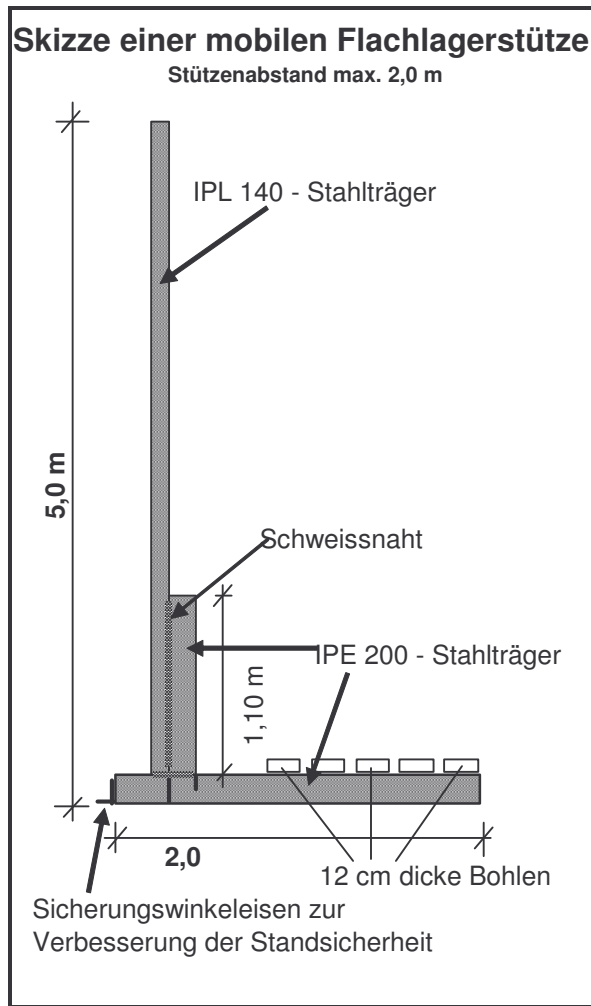


Abb. 15: Skizze einer selbstgebauten mobilen Flachlagerwand

Folgendes ist beim Bau und dem Einsatz dieser Stützen zu beachten:

- Die 1,1 m lange Hilfsstütze kann auch auf der anderen Seite der langen Wandstütze angeschweißt werden. Sorgfältiges Schweißen ist wichtig.
- Dieser Wandaufbau kann auch als Mittelwand dienen, dann müssen auf beiden Seiten Bohlen auf die Bodenträger gelegt und diese immer gegen ein Verrutschen gesichert werden.
- Das Sicherungswinkleisen muss mit einem Bolzen am Fußboden verankert werden. Es hilft nicht nur gegen ein Verrutschen der Stützen, sondern bietet auch eine zusätzliche Sicherheit beim Aufbau der Wand. Das Winkleisen muss mind. 50 cm lang sein.
- Als Wandmaterial werden meistens 8 cm dicke Bohlen verwendet.
- Dieser Wandaufbau eignet sich auch für den nachträglichen Einbau von Flachlagerwänden in vorhandene Gebäude, wenn man keine Punktfundamente

schaffen kann. Statt der Bohlen wird dann zwischen die Bodenträger eine Betonfläche gebaut, die mit zwei Matten bewehrt sein muss.

Die früher häufig beschriebene „Amerikanerwand“ wird heute nicht mehr empfohlen. Der Materialaufwand ist deutlich höher als bei einer Spanplattenwand oder einer Bohlenwand und das Lagergut hinter der Wand ist nicht belüftbar. Legt man aber zwischen Wand und Lagergut eine Folie, dann ist die besondere Statik der Wand unwirksam.

9.3 Zellen für Reinigungsabgänge

Betriebe, die mit Hilfe einer Reinigung die Erntegutqualität verbessern, benötigen für die verwertbaren Abgänge (Bruchkorn, Hinterkorn, Kornbesatz) eine geeignete Lagermöglichkeit. Die Anteile der Fraktionen können je nach Erntebedingungen 5 - 20 % der gesamten Erntemenge betragen. In trockenen Erntejahren steigt der Anteil der verwertbaren Abgänge deutlich an. Sorten- und Fruchtartenunterschiede werden bei der Lagerung nicht beachtet, da diese Abgänge nur noch als Futtergetreide nutzbar sind. Da das Fließverhalten der Abgänge ausgesprochen schlecht ist, sollte man sie nur in einem Flachlager lagern, das mit einem Mobillader entleert werden kann.

Auch dieses Lager muss unbedingt mit einer Belüftungsmöglichkeit versehen werden. Die Wandbauweisen entsprechen denen von Endlagerzellen.

10. Kühlung – Belüftung

10.1 Belüftungsverfahren

Das Lagern von Getreide und anderen Mähdruschfrüchten über eine längere Zeit (siehe Tabelle 32, Kap.9.2) erfordert eine gewissenhafte Lagerpflege, weil:

- sich das Lagergut während der Lagerung zunehmend erwärmt,
- die Produktfeuchtigkeit langsam ansteigt,
- die Mikroorganismen auf den Körnern sich weiter vermehren können und
- der Sauerstoffgehalt der Luft im Silo kontinuierlich abnimmt.

Will man diese vier Schädigungsursachen vermeiden, muss man entweder das Lagergut regelmäßig in eine zusätzlich zu bauende Leerzelle (Manipulationszelle)

umlagern oder es aber rechtzeitig mit ausreichend Kaltluft belüften. Dieses Belüften mit Kaltluft ist heute die Standardmaßnahme in der Lagerhaltung zur Erhaltung der Produktqualität. Diese Belüftung zur Kühlung mit kälterer Luft ist nicht zu verwechseln mit der Belüftung zur Trocknung mit angewärmter Luft (siehe Kap.8.3). Tabelle 38 zeigt die wichtigsten Verfahren verschiedener Belüftungszwecke.

Tab. 38: Verfahren zur Belüftung von Mähdruschfrüchten, hier mit Werten für die Belüftung von Ährengetreide.

Verfahren	Belüftungsziel	Luftrate (m ³ /m ³ /h)	max. Kornfeuchte (%)	max. Lagerhöhe (m)	max. Kanalabstand (m)
1 Minimalbelüftung	Wärmeabführung	3 - 5	< 18	6 - 8	2
2 Kompressor-kühlung	Kühlung	5 - 10	< 22	15 - 20	5
3 Kühlung mit Außenluft	Kühlung	10 - 15	< 16	10 - 20	4
4 Rückkühlung n. Trocknung	Kühlung	20 - 25	< 16	10	4
5 Lager-Belüftung-trocknung	Trocknung + Kühlung	70 - 75	< 20	<4	1,2
		30 - 40	< 18	4-5	1,5
		20	< 16	>5	2,0
6 Reife-Wärme-Methode (FGK) ¹⁾	Trocknung (+Kühlung)	10 - 20	ca. 20	8	4
7 natürliche Thermik ($\Delta T \geq 10^\circ\text{C}$) ²⁾	Wärmeabführung	1 - 3	< 16	-	-

1) FGK-Methode = Reife-Wärme-Methode

2) Getreide muss mind. 10 °C wärmer sein als die Außenluft

Verfahren 1 wird hauptsächlich in Großbritannien zur Lagerung von Futtergetreide angewendet. Wobei unbehandelte Außenluft mit einem Radialgebläse kontinuierlich in das Lagergut geblasen wird. Die geringe Luftrate von 3-5 m³ reicht aus, um die Atmungswärme des Lagergutes und der darauf befindlichen Mikroorganismen abzuführen. Sie reicht aber nicht aus, um den Stapel gleich nach der Einlagerung wirksam abzukühlen oder das Lagergut zu trocknen. Das wird erst im Oktober erreicht, wenn die Außentemperaturen niedriger sind. Die Atmungsverluste sind bei diesem Verfahren erheblich. Das Verfahren ist für unsere Qualitätsansprüche nicht zu empfehlen.

Verfahren 2 ist das komfortabelste und sicherste Kühlverfahren. Die einzublasende Kühlluft wird in der automatischen Kompressor-Kühlanlage unabhängig von der Außenlufttemperatur auf eine einstellbare Temperatur abgesenkt. Dadurch kommt man mit einer sehr geringen Luftrate aus und kann sogar Getreide mit einem Feuchtegehalt bis zu 22 % ohne vorherige Trocknung gesund erhalten. Das Verfahren erlaubt also die Einlagerung von feuchtem, erntefrischen Getreide ohne sofortige Trocknung. Diese kann in einem späteren Zeitraum nachgeholt werden, ohne dass die Produktqualität leidet. Die hohen Gerätekosten ermöglichen einen wirtschaftlichen Einsatz aber nur auf größeren Betrieben.

Verfahren 3 ist das Standardkühlverfahren für trockenes Getreide im Lager. Die Kühlung des Lagergutes erfolgt mit unbehandelter Außenluft. Da das Getreide bei diesem Verfahren nahezu trocken sein muss, kann man das Belüften auf die günstigen Nachtstunden beschränken und muss nicht die häufig zu warmen Stunden am Tage zum Belüften nutzen.

Verfahren 4 beschreibt eine Alternative zur Rückkühlung des Getreides in einem Durchlauftrockner. Verzichtet man in dem Durchlauftrockner auf die Rückkühlung und nutzt die Kühlzone auch als Trockenzone, steigert man die Leistung im Trockner eine erheblich. Die Rückkühlung des Getreides muss dann mit einem einfachen Zusatzgebläse in einem separaten Trichtersilo erfolgen. Da hierbei die Rückkühlung nicht in 15 Minuten erfolgen muss, sondern mehrere Stunden dauern darf, kann diese Belüftung viel extensiver sein als dies in der Kühlzone des Trockners erfolgt.

Verfahren 5 nennt die Daten für eine herkömmliche Lagerbelüftungstrocknung (LBT) (siehe Kap. 8.3). Die Einrichtung jeder LBT erlaubt immer eine Kühlung des Getreides in den Lagerzellen mit unbehandelter Außenluft. Wegen der hohen Luftraten erfolgt hier die Kühlung des Getreides sehr viel schneller als bei allen anderen Verfahren.

Verfahren 6 beschreibt eine Schwitztrocknung mit Korntemperaturen über 60 °C und anschließender Rückkühlung (FGK-Verfahren). Alle wissenschaftlichen Versuche in Deutschland zeigen, dass dieses Verfahren wegen der auftretenden Qualitätsverluste in den Getreidekörnern nicht empfehlenswert ist.

Verfahren 7 nennt Daten für die natürliche Thermik in einem Getreidestapel, wenn die Lufttemperatur 10 °C niedriger ist als die Getreidetemperatur. Hierbei entwickelt sich eine Luftrate, die nur halb so hoch ist wie bei dem Verfahren 1. Das reicht nicht aus, um die Wärme aus dem Stapel sicher abzuführen. Das funktioniert erst, wenn die Lufttemperatur wenigstens 20 °C niedriger ist als die Korntemperatur.

Jede Abkühlung des Lagergutes durch Belüftung führt auch zu einem zusätzlichen Feuchteentzug. Kühlt man Getreide oder Raps um 20 °C ab, dann wird dem

Lagergut gleichzeitig ca. 1,0 % Feuchtigkeit beim Belüften entzogen. Das gilt für alle Verfahren aus Tab. 38. Dabei kann die Abkühlung um 20°C auch in zwei Arbeitsgängen mit zwischenzeitlicher Wiedererwärmung erfolgen. Da fast alle Erntepartien während der Lagerung zweimal heruntergekühlt werden müssen, kann man hierbei mit einer Abkühlung um 2 mal 15°C rechnen und einen Feuchtigkeitsrückgang bis zu 1,5 % erwarten. Das muss bei der vorherigen Trocknung des Getreides berücksichtigt werden. Dieser Feuchtigkeitsentzug ist aber nicht nur abhängig von der Temperaturabsenkung im Lagergut, sondern auch von der Fruchtart, wie Tabelle 39 zeigt:

Tab. 39: Feuchtigkeitsrückgang beim Belüften mit Kaltluft in Abhängigkeit von der Temperaturabsenkung im Lagergut.

Feuchtigkeitsrückgang in % durch Kaltbelüftung (Schwitzen) ¹⁾					
	Korntemperatur ²⁾				Schwitzdauer ³⁾ (Std)
	+10 °C	+20 °C	+30 °C	+40 °C	
Raps	0,3	0,6	0,9	—	4-2 Std
Getreide	0,5	1,0	1,5	2,0	6-3 Std
Erbsen	0,7	1,4	2,1	2,8	8-6 Std
Ackerbohnen	0,8	1,6	2,4	3,2	20-10 Std
Körnermais					

1) Feuchtigkeitsausgleich zwischen Korninnerem und Kornschale

2) Temperaturniveau über Lagertemperatur = Absenkung durch Kühlung

3) Je höher die Korntemperatur desto geringer die Schwitzdauer

Je größer die Körner des eingelagerten Erntegutes sind, desto mehr Feuchtigkeit kann man durch das Abkühlen entziehen. Gleichzeitig steigt aber auch die erforderliche Schwitzdauer an. Warten Sie aber niemals auf einen Temperaturanstieg länger als 24 Stunden. Ist nach dieser Zeit die Temperatur nicht angestiegen erfolgt, dann muss man trotzdem mit dem Belüften beginnen, weil sonst ein erhöhtes Pilzwachstum einsetzt, welches die Qualität des Erntegutes mindert.

Je nach Korngröße verursachen die einzelnen Ernteprodukte unterschiedliche Strömungswiderstände beim Belüften wie Tabelle 40 zeigt.

Tab. 40: Strömungswiderstände verschiedener Ernteprodukte in Relation zum Weizen bei einer Luftrate von 15 m³ Luft je m³ Getreide und Stunde

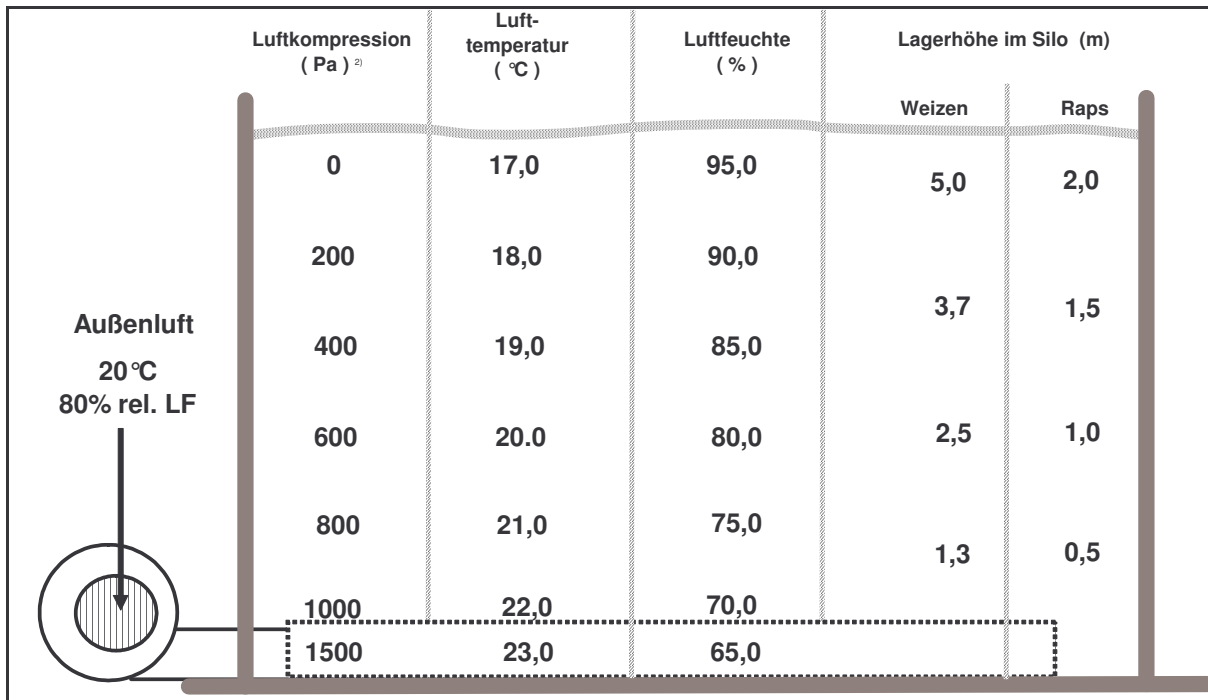
Fruchtart	Relativer Strömungswiderstand der Kühlluft (%)
W.Weizen	100
W.Gerste	120
W.Roggen	110
Hafer	150
Raps	250
Körnermais ¹⁾	65
Erbsen ¹⁾	55
Bohnen ¹⁾	50

1) Großkörnige und hartschalige Früchte benötigen eine Unterbrechung der Kühlung

Die Werte aus Tab. 40 zeigen, dass der Weizen von den Ährengetreidearten den niedrigsten Strömungswiderstand hat. Der Widerstand eines Rapsstapels ist 2,5 mal so hoch wie beim Weizen. Wer also Raps einlagern will, muss das Belüftungsgebläse auf den Widerstand des Rapses auslegen.

10.2 Gebläseauswahl

Die Auswahl des richtigen Belüftungsgebläses zur Kühlung des eingelagerten Erntegutes ist ein besonders kritischer Punkt auf vielen Betrieben. Wird das Gebläse zu groß gewählt, dann besteht erhöhte Kondensationsgefahr im Lager, weil die Luft im Gebläse komprimiert und damit zusätzlich angewärmt wird. Diese Anwärmung der Luft beträgt 2-3°C je 1.000 Pa Druckaufbau im Gebläse während des Belüftens. Vor allem bei der Belüftung von Raps wird die Luft im Gebläse leicht um 10-15°C durch Kompression angewärmt, sodass eine Kühlung des Rapses kaum noch möglich ist. Der eingelagerte Raps wird sogar im unteren Bereich des Silos zusätzlich getrocknet. Diese von der Luft aufgenommene Feuchtigkeit wird dann im oberen Silobereich bei gleichzeitiger Abkühlung der Luft als Kondensat abgegeben und behindert die weitere Belüftung erheblich. Die physikalischen Zusammenhänge werden in Abbildung 16 gezeigt .



1) Luftrate ca. 15 m³/m²/Std

2) Pa = Pascal. 10 Pa = ca. 1 mm Wassersäule

Abb. 16: Luftveränderungen in einem Lager für Weizen oder Raps bei Belüftung mit Außenluft

Die in Abb. 16 angegebenen Daten entsprechen beim Weizen einer Lagerhöhe von 5 m und beim Raps ca. 2 m. Die eingeblassene Außenluft (20 °C, 80 % rel. Luftfeuchte) wird hier durch eine Kompression bis 1.500 Pascal auf 23 °C angewärmt. Gleichzeitig sinkt durch den Temperaturanstieg die relative Luftfeuchte auf 65 %. Wenn diese Luft durch das Lagergut gedrückt wird, geht der Kompressionsdruck mit zunehmender Lagerhöhe langsam zurück und erreicht an der Stapeloberfläche den Wert Null. Gleichzeitig sinkt die Temperatur der Luft, weil die Kompression zurück geht und die Luft zusätzlich Feuchtigkeit aus dem Lagergut aufnimmt. Mit der Aufnahme dieser zusätzlichen Feuchtigkeit steigt die relative Luftfeuchtigkeit auf einen höheren Wert als in der Außenluft, so dass erhöhte Kondensationsgefahr besteht. Diese Kondensation beginnt meistens an der Stapeloberfläche, kann aber bei weiter ansteigender Kompression der Luft im Gebläse auch mitten im Stapel auftreten.

Dieses ist der Hauptgrund für die auftretenden Probleme bei der Rapslagerung. Hier wird häufig ein für die Weizenbelüftung berechnetes Gebläse auch bei der Belüftung von Raps eingesetzt. Dann übersteigt der Strömungswiderstand des Rapsstapels unter Umständen das maximale Druckvermögen des Belüftungsgebläses. Kondensation im eingelagerten Raps ist dann nicht zu vermeiden. Damit dieses nicht auftritt, zeigt Tabelle 41, welche Strömungswiderstände bei Raps und Weizen auftreten und welches Druckvermögen ein geeignetes Belüftungsgebläse haben sollte.

Tab. 41: Strömungswiderstand einer gefüllten Lagerzelle und das dafür erforderliche Druckvermögen des Belüftungsgebläses für die Einlagerung von Weizen und Raps in Pa.

WEIZEN									
Lagerhöhe (m)	Luftrate (m ³ /m ³ /h) ²⁾								
	5		10		15		20		
	Silo ³⁾ v.	Dr.- max. ⁴⁾ G.-dr.	Silo ³⁾ v.	Dr.- max. ⁴⁾ G.-dr.	Silo ³⁾ Dr.-v.	max. ⁴⁾ dr.	G.	Silo ³⁾ Dr.-v.	
5	560	680	830	1.000	1.100	1.320		1.300	1.560
10	830	1.000	1.370	1.640	1.900	2.280		2.300	2.760
15	1.100	1.320	1.900	2.280	2.700	3.240		3.300	3.960
20	1.370	1.640	2.430	2.920	3.500	4.200		4.300	5.160

RAPS									
Lagerhöhe (m)	Luftrate (m ³ /m ³ /h) ²⁾								
	5		10		15		20		
	Silo ³⁾ v.	Dr.- max. ⁴⁾ G.-dr.	Silo ³⁾ v.	Dr.- max. ⁴⁾ G.-dr.	Silo ³⁾ Dr.-v.	max. ⁴⁾ dr.	G.	Silo ³⁾ Dr.-v.	
5	860	1.030	1.580	1.900	2.300	2.760		2.850	3.420
10	1.520	1.820	2.920	3.500	4.300	5.160		5.350	6.420
15	2.180	2.620	4.250	5.100	6.300	7.560		7.850	9.420
20	2.840	3.410	5.580	6.700	8.300	9.960		10.350	12.420

1) Pascal. 1 Pa = ca. 10 mm Wassersäule

2) m³/m³/h = m³ Luftdurchsatz des Gebläses / m³ Lagermenge / Stunde

3) Dr.-v. = Druckverlust von Getreidestapel und Belüftungskanälen

4) G.-dr. = Erforderliches maximales Druckvermögen des Belüftungsgebläses

Die Werte aus Tabelle 41 zeigen eine deutliche Abhängigkeit vom Lagergut (siehe Tab. 39), der Intensität der Belüftung und der Lagerhöhe. Das maximale Druckvermögen des Gebläses muss immer ca. 20 % höher sein als der Druckverlust im Lagergut, weil die meisten Gebläse bei 80 % des maximalen Druckvermögens den besten Wirkungsgrad haben. Zur Erläuterung folgen zwei Beispiele:

Beispiel 1: Soll ein Flachlager bei einer Lagerhöhe von 5 m mit einer Luftrate von 15 m³ belüftet werden, dann wird sich in dem Stapel ein Druckverlust von ca. 1.100 Pa aufbauen. Das erforderliche Belüftungsgebläse muss ein maximales Druckvermögen von mindestens 1.320 Pa aufweisen. Wird dieses Lager 5 m hoch mit Raps befüllt, dann wird sich bei einer Luftrate von 15 m³ ein Druckverlust im

Stapel von 2.300 Pa einstellen. Das erforderliche Gebläse muss dann ein Druckvermögen von ca. 2.760 Pa aufweisen. Es ist also sinnvoll, das Gebläse im Druckvermögen auf den Raps auszulegen.

Beispiel 2: Ein Silo mit 15 m Lagerhöhe soll mit einer Luftrate von 10 m³ belüftet werden. Der auftretende Druckverlust beim Weizen beträgt (laut Tabelle 41) 1.900 Pa und beim Raps 4.250 Pa. Ein für Weizen und Raps geeignetes Gebläse müsste also mindestens ein Druckvermögen von 5.100 Pa aufweisen. Für den Weizen würde dagegen ein maximales Druckvermögen von 2.280 Pa ausreichen.

Das maximale Druckvermögen der auf dem Markt angebotenen Radialgebläse für eine Zellenbelüftung schwankt zwischen den Gebläseherstellern erheblich. Die angebotenen Radialgebläse mit 4 kW Elektroantrieb haben laut Angaben der Hersteller ein Druckvermögen, das zwischen 1.650 und 4.500 Pa schwankt.

Keines dieser Gebläse wäre also in der Lage, im Beispiel 2 die Zelle bei Rapsbefüllung mit einer Luftrate von 10 m³ zu kühlen. Eine Kondensatbildung wäre unvermeidbar. Vermeiden lässt sich diese Kondensation nur, wenn man die Luftrate weiter absenkt und kleinere Gebläse einsetzt. Kaufen Sie also nie ein Belüftungsgebläse ohne eine vorliegende Kennlinie, aus der das maximale Druckvermögen hervorgeht! Kaufen Sie lieber zwei kleine Gebläse als ein großes. Der Preisunterschied bezogen auf die durchsetzbare Luftmenge ist nahezu unbedeutend. Man kann aber den Raps dann mit geringerer Luftrate belüften.

Fast alle Gebläse laufen ohne jede elektronische Regelung. Die günstigste Laufzeit erfolgt nachts in der Zeit von 22.00 Uhr bis um 06.00 Uhr morgens. Der Verzicht auf eine elektronische Regelung zwingt den Landwirt zu einer täglichen Kontrolle des Lagergutes. Wer diese Kontrolle umgehen will, sollte das Belüftungsgebläse mit einer Zeitschaltuhr versehen, die das Gebläse um 22.00 Uhr einschaltet und morgens um 06.00 Uhr ausschaltet.

10.3 Belüftungskanäle

Der Markt bietet viele unterschiedliche Bauweisen an Belüftungskanälen. Abbildung 17 zeigt die wichtigsten Bauweisen.

	Drainrohr 160 mm Durchmesser	Unterflurkanal Lochblechabdeckung	Teleskopkanal Schlitzbleche	Wellblechkanal 24 cm x 48 cm	Belüftungsboden Holzbohlen + Streckmetall
Luftdurchsatz (je m Kanal und Std.)	50 m ³ /m	640 m ³ /m	800 m ³ / m	1650 m ³ /m	615 m ³ /m ²
max. Luftgeschw. (m/s)	10	20	20	10	15
Kanalkosten insgesamt					
Kanalpreis je m (€)	2,60	76,60	74,50	10,20	71,60
Kanalverluste p.a. (%)	80	5	5	10	2
Arbeitsaufwand (Std. p.a.)	3,0	2,0	1,5	1,5	2,5
Kanalkosten (€/dt Getreide)*	0,16	0,08	0,07	0,03	0,06

* Kanalkosten unter Berücksichtigung von Kanalpreisen, Luftdurchsatz, Kanalverlusten und Arbeitsaufwand für Auslegen, Reinigen, Reparieren und Entnehmen der Kanäle

Abb. 17: Vergleich unterschiedlicher Kanalbauweisen und Kosten der Kanäle beim Einsatz für eine Zellenkühlung bei einer Flachlagergröße von 5 x 20 m und einer Schütthöhe von 5 m.

Dränrohre(-schläuche) mit 160 mm Durchmesser sind die teuersten Belüftungskanäle, weil sie in den meisten Fällen bei der Zellenentleerung vollständig zerstört werden. Wegen des geringen Luftdurchsatzes sind sie auch nur bei Kompressorkühlung empfehlenswert. Der geringe Querschnitt lässt auch nur Kanallängen von ca. 20 m zu. Der Ersatz durch Drainschläuche mit 200 mm Durchmesser erlaubt zwar größere Kanallängen, der Luftdurchsatz in das Lagergut wird jedoch reduziert, weil sich auf der Oberfläche des Schlauches deutlich weniger Löcher befinden. Besser geeignet als die gelben Drainschläuche sind die starren „Strabusilrohre“, die es in Durchmessern bis zu ca. 50 cm gibt (www.fraenkische.de). Diese haben außerdem eine glatte Rohr-Innenseite, was den Luftdurchsatz erhöht. Sie werden bei der Zellenentleerung weniger zerstört, sie sind aber auch deutlich teurer als die einfachen Drainschläuche.

Unterflurkanäle mit einer Abdeckung aus Stahlblech setzen sich immer mehr durch, auch wenn die Kosten deutlich höher liegen als bei den Wellblechkanälen. Bedenken Sie beim Einbau dieser Kanäle auch die zusätzlichen Betonkosten, da die Kanäle teilweise eine Tiefe bis zu 40 cm haben sollten. Diese Kanäle müssen so belastbar sein, dass man sie mit einem Mobillader bei der Entleerung befahren kann. Die Tragfähigkeit der Abdeckungen schwankt laut Firmenangaben zwischen 3,0 und 10,0 t Radlast. Das Befahren dieser Kanäle mit einem hartgummibereiften Gabelstapler ist in keinem Fall ratsam. Je größer der Lochanteil der Stahlblechabdeckung ist, desto mehr Luft kann in das Getreide geblasen werden. Den höchsten Lochanteil haben einfache Lochbleche mit untergebaute Tragrost. Der Lochanteil des Abdeckrostes liegt hier bei ca. 30 % der Kanaloberfläche. Diese Roste haben die geringste Tragfähigkeit beim Befahren mit einem Radlader. Sie sind aber gut geeignet für den Einbau in Hochsilos, die mit einer Fegeschnecke entleert

werden sollen. Einen deutlich geringeren Loch- oder Schlitzanteil haben die Kanalabdeckungen mit gekröpften Schlitzten. Er liegt bei 8-12 % der Kanaloberfläche. Die Schlitzöffnungen sollten hier zur Seite zeigen, damit die eingeblasene Kühlluft gut über die Grundfläche des Flachlagers verteilt wird. Alle Unterflurkanäle müssen jährlich einmal geöffnet und gereinigt werden, denn es befindet sich in den Kanälen nicht nur Abriebteile von den Körnern sondern auch Sporen von Pilzen und unter Umständen Kornkäfer. Beide können die Qualität der nachfolgenden Lagerpartie mindern und sollten deshalb entfernt werden. Eine Doppelnutzung des Lagers ist beim Einbau von Unterflurkanälen nur begrenzt möglich. Alle aggressiven Stoffe beeinträchtigen die Haltbarkeit der Kanalabdeckungen.

Teleskopkanäle werden vor dem Befüllen des Lagers auf der Betonfläche ausgelegt und können vor dem Entleeren des Flachlagers an einem eingebauten Seil aus dem Lager herausgezogen werden. Die Kosten dieser Überflurkanäle sind aber fast genau so hoch wie der Einbau von Unterflurkanälen. Wegen der großen Oberfläche der Kanäle ergibt sich ein höherer Luftdurchsatz als bei den meisten Unterflurkanälen. Alle Teleskopkanäle lassen sich immer nur zur Lufteintrittsseite hin aus dem Lagergut herausziehen. Die Kombination mit einem Hauptluftkanal ist also schwierig. Am besten funktioniert die Belüftung, wenn jeder Kanal mit einem einzelnen Gebläse beblasen wird.

Wellblechkanäle sind die preiswertesten Belüftungskanäle. Diese Kanäle gibt es mit Kanalquerschnitten von ca. 900, 1.600 und 2.500 cm². Daher kommen auch die Bezeichnungen der Hersteller. Die Wellung der Kanäle erzeugt während des Betriebes erhebliche Luftturbulenzen im Kanal, weshalb diese Kanäle bei gleichem Querschnitt nur ca. halb so lang geplant werden dürfen wie die glattwandigen Unterflurkanäle oder die Teleskopkanäle. Wellblechkanäle sollten für die Kühlung immer ein unperforiertes Rückenteil haben. Das erhöht die Stabilität der Kanäle. Zur Zeit werden Bleche mit Dicken von 0,7 bis 1,50 mm verarbeitet. Achten Sie darauf beim Kauf der Kanäle! Je dicker das Blech, desto stabiler sind die Kanäle. Für die Einlagerung von Raps sollten die Kanäle eine Lochung von 1,5 mm aufweisen, bei der Einlagerung von Getreide ist eine Lochung von 2,0 mm besser, außerdem können diese Kanäle aus dickerem Blech gefertigt werden. Kanäle mit ungelochtem Rückenteil sind preiswerter herzustellen, weil weniger Löcher gestanzt werden müssen. Sie sollten also auch preiswerter sein, was aber bei einigen Herstellern nicht der Fall ist. Alle Hersteller bieten für Kanäle, die bei der Entleerung verbogen wurden, die Möglichkeit einer preiswerten Reparatur mit einer mobilen Richteinrichtung. Dieses Richten ist ungefähr halb so teuer wie der Kauf eines neuen Kanals.

Jeder Wellblechkanal muss bei der Zellenentleerung von Hand entnommen und zur Seite gelegt werden, dadurch haben weder Kornkäfer noch Mikroorganismen eine Chance, sich im Kanalsystem zu verstecken.

Die befahrbaren Holz-Belüftungsböden sind aus England zu uns gekommen. Sie werden auf der Betonfläche fest montiert. Dieses Belüftungssystem hat die beste Luftverteilung von allen Belüftungsanlagen. Aber neben Kornkäfern und Mikroorganismen können sich unter dem Boden auch Mäuse erfolgreich verstecken. Eine Doppelnutzung dieser Zellen ist kaum denkbar, da Schmutz und Flüssigkeiten nahezu unerreichbar durch den Boden dringen können und eine Reinigung unter dem Belüftungsboden nur mit Hilfe des Belüftungsgebläses möglich ist. Dieses kann aber nur leichte Bestandteile unter dem Boden hervorblasen.

Für alle Kanalsysteme gilt, dass sie niemals direkt an der Zellenwand liegen sollten, sondern im halben Abstand zur Wand, wie zwischen zwei Kanälen verlegt sein sollten. Diese Maßnahme verhindert einen Luftverlust direkt an der Wand.

Selbstverständlich können Sie auch verschiedene Kanäle in einem gemeinsamen Belüftungssystem auslegen. So wird häufig in Flachlagern neben Wellblechkanälen ein einzelner Unterflurkanal direkt hinter dem Tor eingebaut, um die Entleerung zu erleichtern.

Lesen Sie bei der Planung einer Belüftungsanlage auch Kap. 9 über die Lagerung. Lagerung und Kühlung sind immer als Einheit zu sehen. Die kurzgefassten Planungsdaten über die Belüftungskühlung ersehen Sie aus Tab. 32.

11. Abführen von Kaff und Staub

Kaff und Staub gehören zu den wichtigsten Umweltbelästigungen einer Getreideanlage, wenn sie auf die Grundstücke der Nachbarn gelangen. Prophylaktische Maßnahmen sind deshalb unbedingt zu empfehlen. Dazu gehört eine jährliche Reinigung der Anlage, weil Ungeziefer und Mikroorganismen auch in einem leeren Lager sehr gut von diesem Staub leben können.

In allen Trocknungsanlagen fällt erheblicher Staub an. Dieser sollte weitgehend aus dem Gebäude herausgebracht werden. Separate Entstaubungsanlagen sind derzeit noch nicht erforderlich. Ebenso muss das herausgereinigte Kaff aus dem Gebäude herausgefördert werden. Achten Sie darauf, dass die Beimengungen nicht in die Nähe des Absaugstutzens vom Warmluftzeuger gelangen können. Die Brandgefahr für den Trockner ist hoch.

Sofern diese Beimengungen in einer Kaffkammer zwischengelagert werden, sollte man dieses Lager auch mit einer Belüftungsmöglichkeit ausrüsten, denn die grünen Teile bewirken unter Umständen eine Erwärmung des Kaffs, und es besteht

Brandgefahr. Staub und Kaff sollten möglichst nicht mit einem Gebläse gefördert werden. Eine weitere Verbreitung ist nicht kontrollierbar.

12. Feuchtigkeitsabführung

Die Feuchtigkeit, die dem Getreide entzogen wird, muss unbedingt ins Freie gelangen können, sonst leidet die Bausubstanz des Gebäudes und der Anlage erheblich, und es bilden sich Kondensattropfen auf dem Getreide, wodurch Schimmelbildung an der Oberfläche begünstigt wird. Besonders kritisch ist ein Blechdach, von dem das Wasser schnell wieder heruntertropft. Faserzementdächer können das Wasser erheblich besser halten. In vielen Fällen ist allerdings der Einbau von Entlüftungsventilatoren in der Giebelseite des Gebäudes nicht zu vermeiden. Das gilt vor allem für Lager-Belüftungsanlagen, aber auch für Satzrocknungen, sofern sie die Feuchtigkeit in das Gebäude abgeben. Durchlaufrockner haben dagegen meistens eine geschlossene Feuchtluftabführung nach draußen und belasten das Gebäude nicht. Die einzusetzenden Abluftventilatoren können einfache Axialventilatoren sein. Die zu fördernde Luftmenge soll dabei ungefähr dem Trocknergebläse entsprechen, es reicht aber ein Druckvermögen des Gebläses von ca. 200 Pascal. Der elektrische Antrieb dieses Gebläses liegt also bei 10 bis 15 % des Trocknergebläses.

13. ATEX – Richtlinie

ATEX ist die Abkürzung für „Atmosphères Explosibles“ = explosionsfähige Atmosphären. Dieses ist die EU- Richtlinie Nr. 94/9/EG, die seit dem 1. Juli 2003 in allen EU-Ländern in Kraft ist. Hierbei handelt sich um eine Leitlinie für die Anwendung von nichtelektrischen Geräten und Schutzsystemen zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Räumen. Hierzu gehören auch alle Getreideanlagen, weil hier einerseits explosionsfähiger oder zumindest brennbarer Staub auftreten kann und andererseits durch die elektrischen Antriebe bzw. durch schnell drehende Metallteile Funkenflug entstehen kann. Diese Richtlinie wird alle Anlagen in Zukunft deutlich verteuern. Vor allem ausländische Hersteller von Anlagenteilen verdrängen diese Richtlinie gern und halten sie nicht immer ein. Das gilt vor allem beim Einbau von gebrauchten Anlagenteilen, die in der Zeit vor dem 01.07.03 gefertigt wurden. Für den Anlagenbetreiber geht es bei der Frage der Anlagenkonformität nach ATEX vor allem um den Versicherungsschutz im Schadensfall. Bisher fordern nicht alle Versicherungen den Anlagenumbau nach ATEX.

14. Fazit

Die in dieser Broschüre erläuterten Hinweise zu Planung und Bau einer Getreideanlage sind sehr umfangreich. Die wichtigsten Punkte sollen deshalb hier noch einmal in Stichworten zusammengefasst werden:

- Fangen Sie rechtzeitig mit der Planung einer Getreideanlage an. Beginnen Sie mit der Planung 13 Monate vor dem ersten Praxiseinsatz der zu erstellenden Anlage, damit Sie sich auch Praxisanlagen während des Betriebes ansehen können. Besuchen Sie diese Beispielsanlagen nicht mit dem Anlagenplaner, sondern befragen Sie Ihre Berufskollegen unter vier Augen.
- Ermitteln Sie vor der Planerstellung alle Rahmendaten des Betriebes und geben Sie diese Daten den Planverfassern. Kostspielige Planveränderungen werden dadurch vermieden.
- Holen Sie mindestens zwei Angebote ein, und komplettieren Sie diese zu einer funktionstüchtigen Anlage.
- Beobachten Sie den Gebrauchtmaschinenmarkt während der Planungsphase. Alle Anlagenplaner handeln auch mit gebrauchten Teilen, wollen aber lieber neue Geräte verkaufen.
- Ermitteln Sie die günstigsten Bezugsquellen für Baustoffe, Beton und Hallenkonstruktionen.
- Eigenleistung vermindert die Montagekosten erheblich. Diese darf aber nicht zu Lasten des Ackerbaus im Frühjahr gehen. Meistens reicht die Stellung eines Richtmonteurs von Seiten des Anlagenplaners. Die restliche Montage kann preiswerter durch Betriebsangehörige erledigt werden.
- Nutzen Sie vorhandene Gebäude, richten Sie den Anlagenstandort aber nicht nach eventuell vorhandenen Scheunen aus. Ein optimierter Standort ist wichtiger als die Nutzung einer vorhandenen Scheune.
- Prüfen Sie vor Auftragserteilung den erforderlichen elektrischen Anschlusswert. Reicht dieser nicht aus, sollte man neben einer Anchlusserweiterung auch den Einsatz eines Ersatzstromaggregates prüfen.
- Normalerweise darf eine komplette Getreideanlage nicht mehr als 130 €/m³ (ca. 173 €/t) Lagerraum kosten, damit die Rentabilität auch in Zukunft gesichert ist.

15. Literaturverzeichnis

Axima	Firmenunterlagen und pers. Mitteilungen	Agritechnica 01 und 03
Beck, R. u.a.	Die Mikroflora auf erntefrischem Getreide	Schule und Beratung Nr. 08/92
Decken v.d.H.	Wann sich eine eigene Trocknung lohnt	top agrar Spezial, Nr.11 S. 18-21, 98
Goldsaat	Firmenunterlagen und pers. Mitteilungen	Agritechnica 01 und 03
Höner, G.	Kosten sparen mit dem Silotrockner	top agrar, Nr. 10, S. 80-81, 02
Keiser, H. v.	Lagerbelüftungstrocknung	RKL-Broschüre 4.3.1.0, S. 1021-1098, 99
Keiser, H. v.	Planungsdaten für die Getreidetrocknung	RKL-Broschüre 4.3.1.1, S. 911-937, 87
Keiser, H. v.	Rentabilität der Getreidetrocknung auf dem Betrieb	RKL-Broschüre 4.3.1.1, S. 1125-1176,02
Keiser, H. v.	Silotrockner	RKL-Broschüre 4.3.1.1, S. 1099-1124,02
Keiser, H. v.	Vortrag Planungsdaten für die Getreidelagerung	Getreideleherschau 13.01.05 in Rendsburg
Morcos, B.	Mikrobielle Entwicklungen und Verderb bei der Konservierung und Lagerung von Getreide	Diss. Univ. Göttingen, Inst. f. Landtechnik, 86
N.N.	Lastannahmen für Bauten	DIN 1055, 86
N.N.	ATEX-Guidelines 94/9/EG Ausgabe Mai 2000	www.europa.eu.int
Schollen, F.-P.	Trocknung von Getreide bei Selbsterhitzung und bei Behandlung mit entfeuchteter Luft	Diss. Univ. Kiel, Inst. f. Idw. Verfahrenstechnik, 88
Stamp, H.-P.	Dokumentationspflichten beim Getreidebau	RKL-Broschüre 4.3.0, S. 73-84,04
Uppenkamp, N.	Bau, Aufstellung und Betrieb von landwirtschaftlichen Trocknungsanlagen für Getreide	DLG-Merkblatt Nr.299, 97
Waldeyer, H.	Was tun gegen Mykotoxine	Ldw. Wo.blatt W.-L. Nr. 36/02