

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz

Herausgeber: Landtechnik Schweiz

Band: 66 (2004)

Heft: 6-7

Artikel: Trocknung von Rundballen : Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit

Autor: Holpp, Martin

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1080673>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 04.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

FAT BERICHTE

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon TG, Tel. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90

Trocknung von Rundballen

Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit

Martin Holpp, Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen

Mit allen Trocknungsanlagen lassen sich Rundballen ab einem Trocken-substanzgehalt (TS-Gehalt) von mindestens 65%, besser 70% trocknen. Der Zeitvorteil beim Einfahren ist damit geringer als bei Belüftungen für Loseheu, die mit 50 bis 60% TS beschickt werden können.

Die Trocknung von Ballen mit einem grossen Durchmesser (ab 1,50 m) und einer gleichmässig niedrigen Dichte von zirka 100 kg/m³ lässt sich gut durchführen. Im Vergleich zu Bodenheu, das mit bis zu 200 kg/m³ gepresst werden kann, fällt nahezu die doppelte Menge Ballen an. Die benötigte Lagerkapazität ist ähnlich der von Loseheu, das mit einer Dichte von 70 bis 100 kg/m³ gelagert wird. Auf Grund der systembedingten ungleichmässigen Abtrocknung und der schlechten Kontrollmöglichkeit des Trocknungsfortschritts sollten die Ballen beim Trocknungsende mehr als durchschnittlich 90% TS aufweisen. Diese Abschätzung erfordert einige Erfahrung; Feuchtesonden liefern im Ballen zum Teil unzuverlässige Werte. Ein Wenden der Ballen während der Trocknung begünstigt ein gleichmässigeres Abtrocknen.

Der Energieverbrauch liegt zwischen zirka 40 und 120 kWh/dt TS. Diese grosse Differenz ist auf unterschiedliche Konstruktionen und Anlagenkapazitäten zurückzuführen.

Für das Trocknen der Ballen wurden durchschnittlich 1,1 AWh/ha benötigt. Die Anzahl der Trocknungsplätze ist durch das absätzige Verfahren der begrenzende Faktor für die maximale tägliche Erntemenge. Da vor allem beim ersten Schnitt im Mai wenig Erntetage mit geringem Wetterrisiko zur Verfügung stehen, muss die Anlagenkapazität für die Erntemenge in diesem Zeitraum dimensioniert werden. Erst mit ausreichend grossen Anlagen mit mehr als 16 Plätzen lassen sich arbeits- und betriebswirtschaftliche Einspareffekte durch die Bewirtschaftung grösserer Flächen erreichen.

Im Verfahrensvergleich hat die Loseheubelüftung durch eine höhere Trocknungsleistung und geringe variable Kosten auf Grund des niedrigen Energieverbrauchs Vorteile, die auch durch den geringeren Investitionsbedarf der Rundballenbelüftung nicht aufgehoben werden.

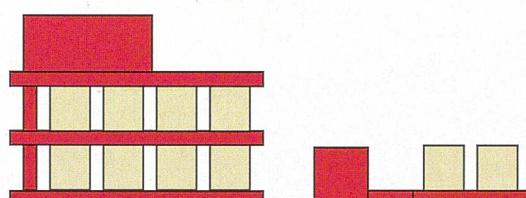
Problemstellung

In der Landwirtschaft findet der Einsatz von Rund- und Quaderballen immer mehr Verbreitung. Die Erntetechnik bietet mit leistungsstarken Pressen, Ladefahrzeugen (Frontlader, Radlader, Teleskoplader) sowie Misch- und Vertheilgeräten für Silage, Heu und Stroh eine einheitliche, schlagkräftige Mechanisierung vom Feld bis in den Stall. Die Ansprüche an das Lager sind gering, die Ballen können in vorhandenen Gebäuden, unter einer Plane oder im Freien gestapelt werden.

Landwirtschaftliche Betriebe, die Milch für Rohmilch-Hartkäsesorten liefern, dürfen keine Silage verwenden und sind auf qualitativ hochwertiges Heu angewiesen. Im Frühjahr und unter schlechten Wetterbedingungen ist eine vollständige Bodentrocknung des Heus oft nicht möglich, es muss nachgetrocknet werden. Die entsprechende Belüftungstechnik für Loseheu am Stock ist seit Jahrzehnten erfolgreich im Einsatz. Um auch in Rundballen hochwertiges Heu zu erhalten, muss entweder mit hohem TS-Gehalt gepresst oder die Ballen müssen anschliessend belüftet werden.

Im Sommer 2003 testete Agroscope FAT Tänikon drei verschiedene Bauarten dreier Hersteller im praktischen Einsatz.

Untersucht wurden Trocknungseigenschaften und -qualität, Energieverbrauch, Arbeitszeitbedarf, organisatorische Auswirkungen und Wirtschaftlichkeit. Zur besseren Einschätzung der Trocknungssysteme schliesst sich ein arbeits- und betriebswirtschaftlicher Vergleich mit der Stockbelüftung von Loseheu an.



Inventagri
Oben-/Unterbelüftung mit festem Belüftungskasten
Dieselmotor/Holzheizung*
*Anlage von Landwirt modifiziert

Geba-Zumstein
Unterbelüftung mit festem Belüftungskasten
E-Motor/Ölheizung

Tecrolam
Obenbelüftung mit PVC-Hauben
E-Motor/Ölheizung

Abb. 1: Aufbau der Anlagen

>FAT-BERICHE Nr. 616/2004

Trocknung von Rundballen

Beschreibung der Systeme

Das Verfahren ist grundsätzlich dasselbe wie bei der Loseheubelüftung: Mit einem Ventilator verdichtete Luft strömt durch Kanäle über die Stirnseite/n der Ballen ein. Dort nimmt sie den Weg des geringsten Widerstandes und tritt an der Bauch- bzw. entgegengesetzten Stirnseite wieder aus.

Im Gegensatz zur Loseheubelüftung mit einer kontinuierlichen Trocknungsphase über mehrere Tage und Wochen hinweg werden Rundballen im absätzigen Verfahren innerhalb eines Trocknungszyklus von durchschnittlich 8 bis 24 Stunden auf Lagerfeuchte getrocknet. Die Belüftung mit Kaltluft dauert länger als mit warmer Luft. Auch ist bei kaltem Wetter und feuchter Luft eine zusätzliche Heizung notwendig. Dazu werden meist Ölbrenner verwendet. Abhängig vom System verkürzt ein Wenden der Ballen die Trocknungszeit und vereinheitlicht die Trocknungsqualität. Die heute auf dem Markt erhältlichen Anlagen lassen sich grob in die Kategorien Belüftung von oben und unten (zum Beispiel Fa. Inventagri), Belüftung von unten (zum Beispiel Fa. Geba-Zumstein) und Belüftung von oben (zum Beispiel Fa. Tecnolam) einteilen.

Die Systeme (Abb. 1) unterscheiden sich dabei sowohl in der Konstruktion als auch in den Anschaffungskosten stark voneinander.

Belüftungssystem Inventagri

Die Belüftungskästen sind tragendes Element der Anlage und werden hydraulisch gesenkt und angehoben. Drei Kästen sind übereinander angeordnet, sodass zwei Lagen Ballen von beiden Stirnseiten her belüftet werden können (Abb. 2). Die Luftöffnungen haben einen Durchmesser von zirka 80 cm. Zur Vermeidung von an den Stirnseiten austretender Luft liegen die Ballen auf Stahlringen auf, die sich in das Futter pressen.

Ein Dieselmotor treibt den auf dem obersten Belüftungskasten aufgebauten Ventilator an. Die Luftanwärzung erfolgt serienmäßig mit einem Ölheizer, optional ist eine Anwärzung auch mit einem Gasbrenner oder Warmwasser-Wärmetauscher möglich.

Die von der FAT getestete Anlage mit einer Kapazität von acht Ballen ist ein modifiziertes Serienmodell. Der Landwirt ersetzte den Originalmotor durch einen stärkeren, und die Luftanwärzung erfolgt über Wärmetauscher für die Was-

serkühlung des Motors sowie eine zusätzlich installierte Holzheizung.

Zur Führung des Trocknungsprozesses steht eine elektronische Steuerung zur Verfügung, die eine Anpassung der Belüftung an das Trocknungsgut sowie die Umgebungsparameter erlaubt. Durch Klappen kann der Luftstrom für den mittleren Belüftungsboden abgeschaltet werden. Die Belüftung der Ballen erfolgt nur von je einer Stirnseite durch den oberen und unteren Kasten. Die Luft strömt entlang des weichen Ballenkerns und tritt an der drucklosen Stirnseite wieder aus. Wenn der Kern trocken ist, schliesst man die Klappen, und die Luft breitet sich von beiden Stirnseiten besser Richtung Bauchseite aus.

Bei dieser Anlage ist eine nachträgliche Aufstockung der Ballenzahl nicht möglich. Die Konstruktion erlaubt einen Betrieb im Freien. Zusätzliche Planen an den Seiten schützen vor Regen und nächtlicher Luftfeuchtigkeit.

Die heute verfügbaren, weiterentwickelten Systeme des Anbieters belüften auf zwei Ebenen in zwei hintereinander liegenden Reihen 8 bis 24 Ballen.

Belüftungssystem Geba-Zumstein

Der Belüftungskasten ist einstockig konstruiert, die Ballen liegen in zwei Reihen hintereinander (Abb. 3). Belüftungssegmente zu vier Ballenplätzen können bis zu einer Anlagengröße von 32 Ballen aneinander gereiht werden. Die Luftzufuhr erfolgt über einen keilförmig zulaufenden Luftkanal an der Rückseite, in den Luftleitbleche eingeschraubt sind. Die

Ballen liegen ebenfalls auf Stahlringen auf, um ein Entweichen der Luft beim Übergang vom Belüftungskasten in den Ballen zu vermeiden. An der oberen Stirnseite deckt sie ein Holzdeckel lose ab. Die Luft tritt von unten durch eine Öffnung von zirka 80 cm Durchmesser in die Ballen ein und an der Bauchseite wieder aus. Der durch einen Elektromotor angetriebene Ventilator ist an den Luftkanal angeflanscht und entsprechend der Anzahl an Belüftungsplätzen dimensioniert. An dieser Anlage leistet er 4 kW. Die Luftanwärzung erfolgt durch einen fahrbaren Brenner, der im Freien steht. Ein Gebläse fördert die Luft über einen flexiblen Schlauch mit zirka 50 cm Durchmesser zur Ansaugöffnung des Ventilators.

Die Lüftungssteuerung beschränkt sich auf je einen Ein- und Ausschalter für den Ventilator und den Heizungsbrenner. Der Trocknungsprozess wird durch den Bediener überwacht.

Mit einer entsprechenden Überdachung kann die Anlage auch im Freien betrieben werden. Der modulare Aufbau der Anlage hat den Vorteil, dass die Anlage relativ einfach auf die gewünschte Trocknungsleistung zu dimensionieren ist. Zudem kann zum Beispiel die Heizung im Winter noch zum Beheizen der Werkstatt dienen. Die getestete Anlage hat eine Kapazität von vier Ballen.

Belüftungssystem Tecnolam

Die Anlage besteht aus einem kompakten, gedämmten Block, in dem Ventilator, Elektromotor und Ölbrenner unter-

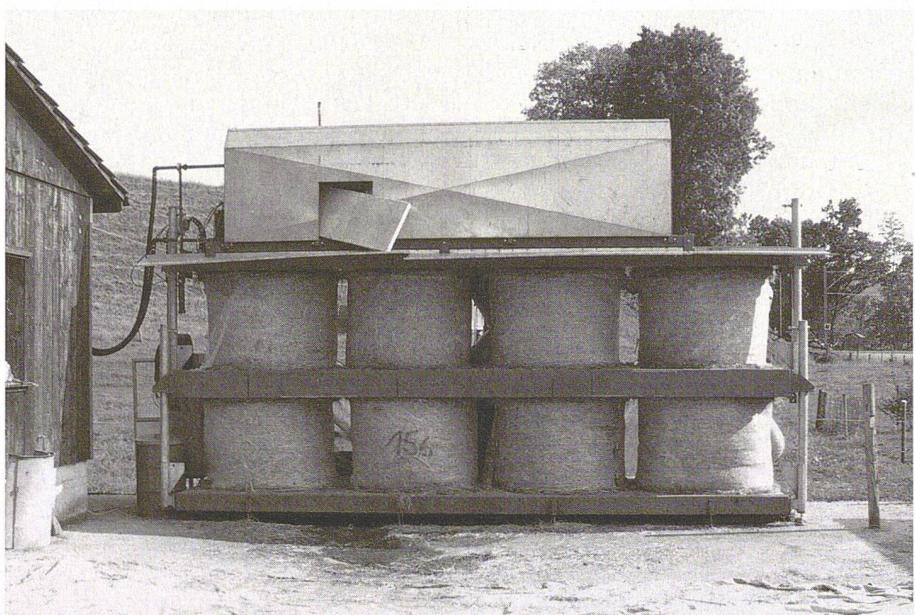


Abb. 2: Belüftungssystem Inventagri.

gebracht sind. Die Belüftungskanäle und -hauben bestehen aus kunststoffbeschichtetem Gewebe (Abb. 4). Die Luftzuleitung erfolgt über einen Verteiler mit Sperrklappen zu den bis zu vier Belüftungssträngen. Die Hauben lassen sich mit einer Seilzugmechanik an einem Metallausleger hochziehen. Unten am Ballen schliesst ein Zurrkurt luftdicht ab. Während der Trocknung stehen die Ballen für eine gute Luft- und Feuchtigkeitsableitung auf Holzpaletten. In den Belüftungshauben ist ein Zwischenboden mit Löchern am äusseren Rand eingezogen. Dadurch tritt die Luft vorwiegend in die dichteren Randzonen ein und nicht direkt am Kern. Durch die Haubenkonstruktion bedingt, tritt ein Teil der Luft auch von der Bauchseite in den Ballen ein und ermöglicht die Trocknung von Ballen mit fester Randzone.

Über den Schaltschrank lassen sich die Heizungstemperatur sowie die Einschalt-dauer von Ventilator und Heizung steuern. Die Anlage ist für einen Betrieb im Freien konzipiert. Bei Regen können die Ballen allerdings unterhalb der Hauben nass werden. Eine zusätzliche Überdachung empfiehlt sich daher.

Die getestete Anlage hat eine Kapazität von neun Ballen in drei Strängen. Durch Verlängerung der Stränge bzw. Anschluss eines weiteren Stranges ist eine Erweiterung möglich.

Alternativ zum Ventilatorantrieb mit Elektromotor hat der Hersteller auch eine Ausführung mit Zapfwellenantrieb durch den Traktor im Programm. Die Abwärme des Kühlwassers und der Abgase erwärmt die Prozessluft. Dies ermöglicht ein hoffernes Aufstellen der Anlage bzw.

erlaubt einen Betrieb auch dort, wo die Anschlussleistung des Stromversorgungsnetzes gering dimensioniert ist.

Versuchsdurchführung

Im zweiten und dritten Schnitt von Juli bis September 2003 wurden in acht Durchgängen insgesamt 56 Ballen gepresst. Auf der Inventagri wurden 24 Ballen in drei Zyklen getrocknet, mit der Tecnolam-Anlage 24 Ballen in fünf Zyklen und auf der Geba-Zumstein-Anlage 8 Ballen in zwei Zyklen.

Die Messungen konnten nicht mit vollständig identischem Material durchgeführt werden, da die Anlagen nicht zeitgleich zur Verfügung standen und es unter anderem dadurch zu Futter- und Pressunterschieden kam. Vor allem die Trockenheit hatte entscheidenden Einfluss auf den Aufwuchs, es stand ab August kaum mehr Futter zur Verfügung. Der TS-Gehalt zum Zeitpunkt des Pressens schwankte bei den einzelnen Ballen von 61–83% und lag im Schnitt bei 75%. Das Futter stammte von Natur- und Kunstmiesen.

Zwei Pressentypen verschiedener Hersteller kamen zum Einsatz. Die Festkammerpresse der Firma Orkel hat 1,20 m Durchmesser bei 1,20 m Breite. Die Ballen haben einen weichen Kern und einen harten Rand. Diese Pressen eignen sich hauptsächlich bei trockenem Heu, Stroh und Silage. Die Pressdichte ist meist höher als die von Bänderpressen.

Die Bänderpresse der Firma Deutz-Fahr mit variabler Kammer hat 1 m Breite. Die Ballen mit 1,20 m bzw. 1,50 m haben

über den Querschnitt hinweg durchgehend eine relativ gleichmässige Dichte. Durch den grösseren Durchmesser und die lockere Pressung eignen sie sich auch für Material, das noch eine gewisse Restfeuchte abgeben muss.

Die Ballen aus der Festkammerpresse hatten ein Gewicht von 388 kg, was einer Pressdichte von $\varnothing 209 \text{ kg/m}^3$ entspricht. Die Ballen aus der Bänderpresse hatten bei einem Durchmesser von 1,50 m eine Masse von 261 kg (Pressdichte $\varnothing 110 \text{ kg/m}^3$), bei einem Durchmesser von 1,20 m eine Masse von 277 kg (Pressdichte $\varnothing 195 \text{ kg/m}^3$). Das höhere Gewicht der kleineren Ballen lässt sich auf das feine Futter und technische Faktoren zurückführen.

Damit lässt sich eine Einteilung in drei Ballentypen vornehmen:

1. Bänder – $d=1,50 \text{ m}$ – niedrige Dichte – getrocknet auf Inventagri und Tecnolam
2. Bänder – $d=1,20 \text{ m}$ – hohe Dichte – getrocknet auf Geba-Zumstein
3. fest – $d=1,20 \text{ m}$ – hohe Dichte – getrocknet auf Inventagri und Tecnolam

Die Typen 2 und 3 sind sehr ähnlich, da es auf Grund der hohen Dichte zu einer Aufhebung der durch das Pressverfahren bedingten Unterschiede kommt.

Nicht alle Ballentypen wurden auf allen Anlagen getrocknet. Für die Geba-Zumstein ist daher nur eine eingeschränkte Aussage hinsichtlich der Trocknungsleistung möglich.

Ergebnisse

Anlagenluftdruck

Der Anlagenluftdruck (gemessen im Belüftungskanal) hängt neben der Leistung des Ventilators auch von der Dichte der Ballen ab. Bei dichten Ballen ist der Luftdurchsatz gering, und es wird ein höherer Druck erreicht als bei lose gepressten Ballen mit höherem Luftdurchsatz. Die Inventagri erreichte mit 20 mbar den maximalen Wert, die Tecnolam 10–13 mbar und die Geba-Zumstein 5,5 mbar. Je höher der Druck ist, desto besser können stärker verdichtete Ballen durchlüftet werden.

Trocknungstemperaturen

Die Trocknungstemperaturen mit Heizung lagen bei der Inventagri und Geba-Zumstein im Belüftungskanal bei 15–20 °C über der Außentemperatur,

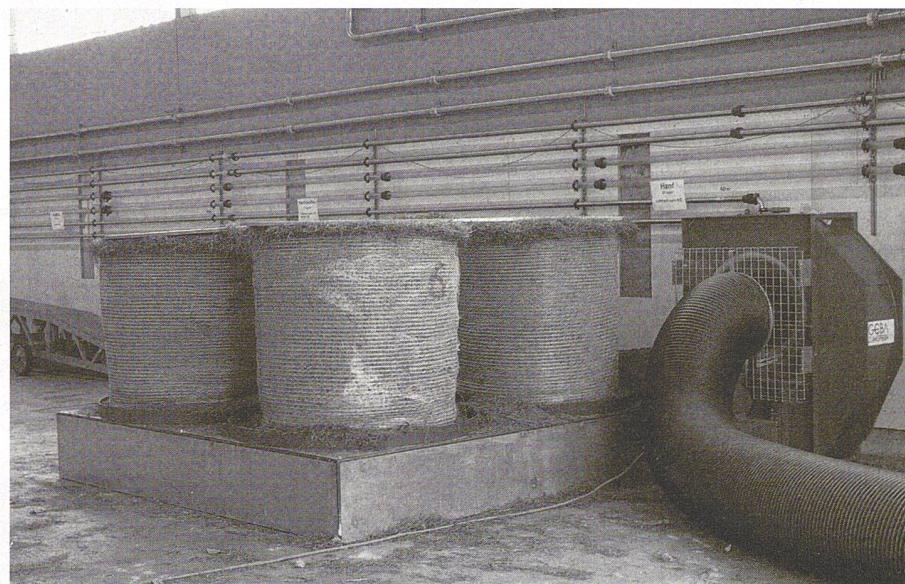


Abb. 3: Belüftungssystem Geba-Zumstein: Untenbelüftung mit Holzdeckel auf oberer Stirnseite und bauchseitigem Luftaustritt.

>FAT-BERICHE Nr. 616/2004

Trocknung von Rundballen



Abb. 4: Belüftungssystem Tecnolam: Obenbelüftung mit Hauben und Luftaustritt an unterer Stirnseite.

mit der Tecnolam können Werte bis 60 °C erreicht werden. Die örtlichen Vorschriften zum Betrieb von Heubelüftungsanlagen (maximale Temperaturen, Mindestabstände usw.) sind aber zu beachten, eine Lufttemperatur von 40 °C sollte nicht überschritten werden.

Zusätzlich ist eine Besonderheit der Tecnolam-Anlage zu erwähnen: Bedingt durch die gemeinsame Anordnung von E-Motor und Ventilator in einem gedämmten Block wird allein durch die Abwärme der beiden Bauteile ohne Heizung eine Temperaturanhebung der Zuluft von 12 bis 15 °C erreicht.

Trocknungsdauer und -leistung

Die erzielte Trockensubstanz schwankte von 79–99%. Die Belüftungsdauer bewegte sich bei einer Anfangstrockensubstanz von 61–84% in einer Bandbreite von 9 bis 26 Stunden. Dabei verdunsteten pro Ballen 26–96 kg Wasser.

Die Trocknungsleistung in Kilogramm Wasser pro Stunde und Dezitonnen Trockensubstanz ist bei lose gepressten Ballen um 20–60% höher als bei dicht gepressten (Tab. 1). Dies lässt auch den Schluss zu, dass bei der Geba-Zumstein, deren Belüftungssystem mit dem der Tecnolam vergleichbar ist, bei lockeren Ballen mit einer zumindest 20% höheren

Trocknungsleistung gerechnet werden kann.

Die besseren Trocknungsleistungen der Inventagri und Tecnolam sind neben den höheren Umgebungstemperaturen zum Trocknungszeitpunkt auch auf den höheren Anlagenluftdruck zurückzuführen. Bei der Inventagri kommen zusätzlich die Vorteile der aufwändigen Konstruktion mit oben und unten liegenden Luftkanälen zum Tragen.

Trocknungsqualität

Aus Proben von verschiedenen Stellen im Ballen lassen sich anlagenspezifische Trocknungsmuster ableiten. Die Abtrocknung war immer ungleichmäßig, an manchen Stellen erreichte die Trockensubstanz Werte höher als 95%, an anderen lagen sie unter 70%. Der für die Lagerstabilität notwendige Mindestwert von 88% wurde nicht immer erreicht (Abb. 5).

Bei der Inventagri konnte die Luft durch die parallele Belüftung von beiden Stirnseiten nur an der Bauchseite der Ballen entweichen. Bei lockeren, grossen Ballen kam es zu einer relativ sicheren, gleichmässigen Trocknung. Bei Ballen aus der Festkammerpresse mit dichtem Rand konnte die Feuchtigkeit hingegen schlechter entweichen, sie sammelte sich im Randbereich.

Bei der Geba-Zumstein war es mit dicht gepressten Ballen ähnlich. Der Bereich am Lufteintritt und der Kern wurden durchgehend getrocknet, hauptsächlich im Randbereich kam es zu unzureichender Durchlüftung. Auf Grund der Erfahrungen ist zu erwarten, dass sich mit locker gepressten, grösseren Ballen Ergebnisse auf dem Trocknungslevel der anderen Anlagen erzielen lassen.

Die Tecnolam hat den konstruktiven Vorteil, dass die Luft sowohl durch die Stirn- als auch Bauchseite gepresst wird. Auch

Tab. 1: Trocknungsleistung der Anlagen

Presssystem	Dichte kg/m ³	Inventagri kg h ⁻¹ dt ⁻¹ TS	Geba kg h ⁻¹ dt ⁻¹ TS	Tecnolam kg h ⁻¹ dt ⁻¹ TS
Bänderpresse Ø 1,50 m	110	1,9	-	1,4
Bänderpresse Ø 1,20 m	195	-	1,0	-
Festkammerpresse Ø 1,20 m	209	1,2	-	1,2

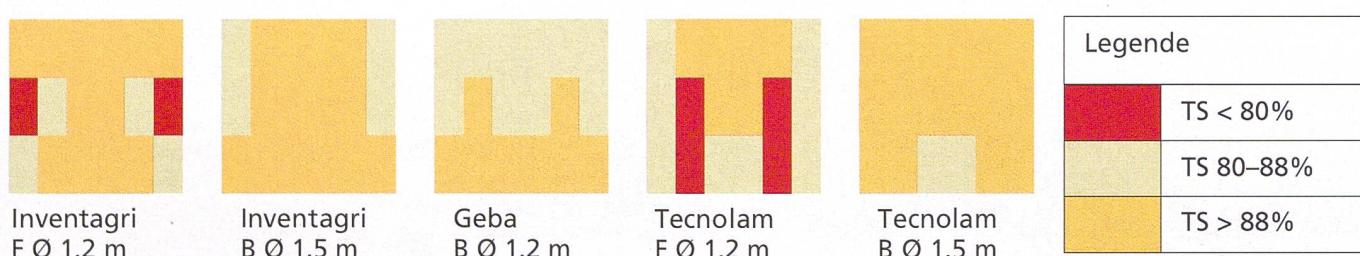


Abb. 5: Trocknungsmuster der Anlagen.

der harte Rand von Ballen aus der Festkammerpresse konnte getrocknet werden. Problematisch war hingegen die mittlere Zone, ebenso war der Bereich an der Luftaustrittsseite nicht ausreichend getrocknet. Lockere Ballen mit grossem Durchmesser wurden relativ gut getrocknet. Insgesamt lässt sich festhalten: Ballen mit grossem Durchmesser und gleichmässig niedriger Pressdichte trocknen wesentlich besser als solche mit kleinem Durchmesser, einer harten Randzone und hoher Pressdichte. Durch die niedrige Dichte ist auch sichergestellt, dass nach dem Trocknen noch vorhandene Feuchte im Lager verdunsten kann. Eine ungleichmässige Dichteverteilung im Ballen ist immer nachteilig. Ein Risiko stellen auch punktuelle Verdichtungen im Ballen dar, sie führen an diesen Stellen zu einer ungenügenden Abtrocknung. Es ist kaum möglich, verdichtete Stellen durch eine Verlängerung der Belüftungszeit zu trocknen, da die Luft immer den Weg des geringsten Widerstands geht.

Problematisch ist in dieser Hinsicht neben der Pressdichte auch die Handhabung der Ballen: Durch den grossen Durchmesser und die sehr lockere Pressdichte sind sie mit einer Ballengabel am Frontlader relativ instabil. Beim Einsatz einer Ballenzange werden sie zum Teil stark verformt und damit verdichtet. Vor allem beim Feld-Hof-Transport ohne Anhänger kommt es zu starken Belastungen. Im Hinblick auf eine erfolgreiche Trocknung müssen der Umschlag und Transport der Ballen daher sehr vorsichtig erfolgen.

Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Ballen während der Trocknungsversuche in keinem Durchgang gewendet. Aus den Ergebnissen ist aber abzuleiten, dass bei den einseitig belüftenden Anlagen ein Wenden nach einem Drittel bis zur Hälfte der Belüftungszeit eine leichte Beschleunigung des Trocknungsvorgangs und eine gleichmässigere Abtrocknung bringen würde.

Der Trocknungsfortschritt lässt sich im praktischen Betrieb nur schlecht kontrollieren. Mit Feuchtesonden lassen sich zwar gezielt Bereiche beproben, die Werte sind aber teilweise unzuverlässig. Es bedarf einiger Trocknungserfahrung, um den Zustand der Ballen beurteilen zu können.

Energieverbrauch

Der Energieverbrauch setzt sich aus der elektrischen Arbeit und dem Heizöl zusammen. Eine Ausnahme bildet die Inventagri, die an eine Holzheizung angeschlossen ist. Das verbrauchte Holz wurde nicht mit einbezogen. Zum besse-

Tab. 2: Energieverbrauch der Anlagen

Energieverbrauch	Inventagri	Geba	Tecnolam
El. Energie kWh/h	-	4	15
El. Energie kWh/dt TS	-	8,4	14,1
Öl l/h	4,9	5,2	2,9
Öl l/dt TS	5,1	11,0	2,7
Öl kWh/dt TS	52,36	113,05	27,37
Summe kWh/dt TS	52,36 + Holz	121,45	41,47

Tab. 3: Fixe und variable Kosten der Anlagen

Wirtschaftlichkeit	Inventagri Holz	Inventagri Öl	Geba 4	Geba 8	Tecnolam
Trocknungsplätze	8	8	4	8	9
Investition CHF	50 000	50 000	15 000	23 000	31 000
Fixe Kosten CHF/Jahr	6265	6265	2217	3222	3884
Fixe Kosten CHF/Jahr und Platz	783	783	554	428	432
Strom CHF/dt TS	-	-	2,1	1,6	3,0
Heizöl CHF/dt TS	1,9	4,9	6,0	4,5	1,2
Var. Kosten CHF/dt TS	1,9	4,9	8,1	6,1	4,2
Annahmen:					
Festkosten:	Abschreibung 15 Jahre entsprechend 6,67%, Zins 2,66%, Reparatur 3%, Versicherung 0,2 %, zusätzliche Gebäudekosten für Unterbringung der Geba-Zumstein-Anlagen CHF 22.50/m ² . Lagerraum wurde nicht mit einbezogen				
Rundballen:	Bänderpresse, Ø 1,50 m; Gewicht 2,3 dt				
Trocknungsduer:	Inventagri 16 h; Geba-Zumstein 24 h; Tecnolam 20 h bei Anfangs-TS 75%. Energieverbrauch Rundballen s. Tabelle 2; Loseheu 7 kWh/dt TS				
Energiekosten:	Strom 0,20 CHF/kWh; Heizöl 0,43 CHF/l.				

ren Vergleich wird in der Wirtschaftlichkeitsrechnung für die Inventagri zusätzlich eine Variante mit dem Heizölverbrauch der Geba-Zumstein mit acht Plätzen gerechnet.

Die Werte liegen insgesamt recht weit auseinander (Tab. 2). Einerseits lassen sich diese Differenzen bei der Tecnolam auf den gedämmten Antriebsblock und bei der Geba-Zumstein auf die geringe Anlagenkapazität zurückführen. Andererseits ist es aber auch Merkmal für die optimierte Dimensionierung und Abstimmung von Motor, Ventilator und Heizung aufeinander.

Wirtschaftlichkeit

Für eine bessere Vergleichbarkeit der Anlagen miteinander wurde zusätzlich mit einer Inventagri mit Ölheizung sowie einer Geba-Zumstein mit acht Plätzen und Tecnolam relativ nahe beieinander. Die Tecnolam ist auf Grund der niedrigen Anschaffungs- und Betriebskosten am günstigsten.

den grössten Investitionsbedarf pro Ballenplatz, Geba-Zumstein und Tecnolam liegen auf niedrigerem Niveau identisch. Bei den Anlagen mit acht Plätzen und Ölheizung fallen variable Kosten zwischen 4,20 und 6,10 Fr./dt TS an. Ein hoher Ölverbrauch wirkt sich dabei wesentlich stärker als ein hoher Stromverbrauch aus. Die Gesamtkosten pro dt TS in Abhängigkeit der Auslastung sind in Abbildung 6 dargestellt. Die Kosten sinken mit einer steigenden Auslastung stark. Mit 80–180 Ballen bzw. 12–20 Durchgängen pro Jahr wird die Schwelle von 20 Fr./dt TS unterschritten. Ab ungefähr 280 Ballen bzw. 35 Durchgängen können 10 Fr./dt TS erreicht werden. In diesem kostengünstigen Auslastungsbereich liegen die Anlagen Inventagri mit Holzheizung, Geba-Zumstein mit acht Plätzen und Tecnolam relativ nahe beieinander. Die Tecnolam ist auf Grund der niedrigen Anschaffungs- und Betriebskosten am günstigsten.

>FAT-BERICHE Nr. 616/2004

Trocknung von Rundballen

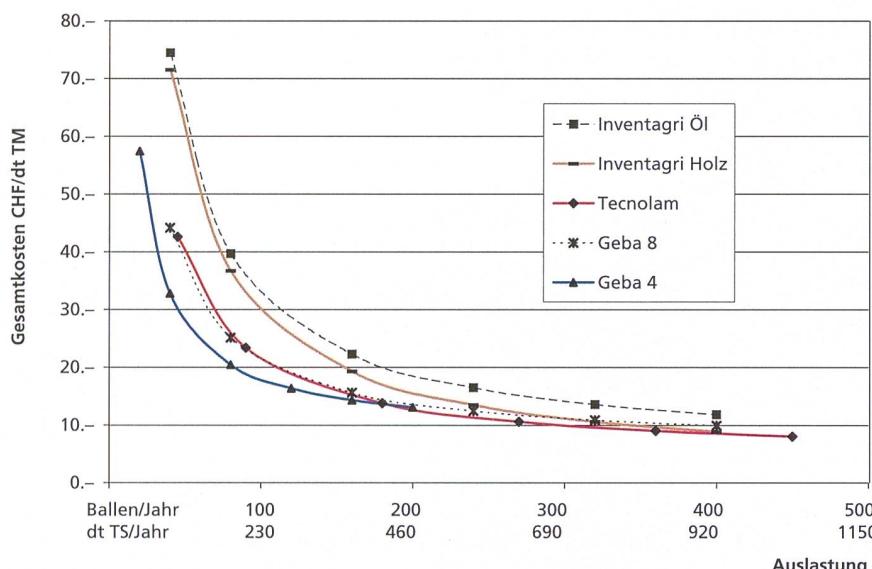


Abb. 6: Gesamtkosten/dt TS abhängig von der jährlichen Ballenzahl.

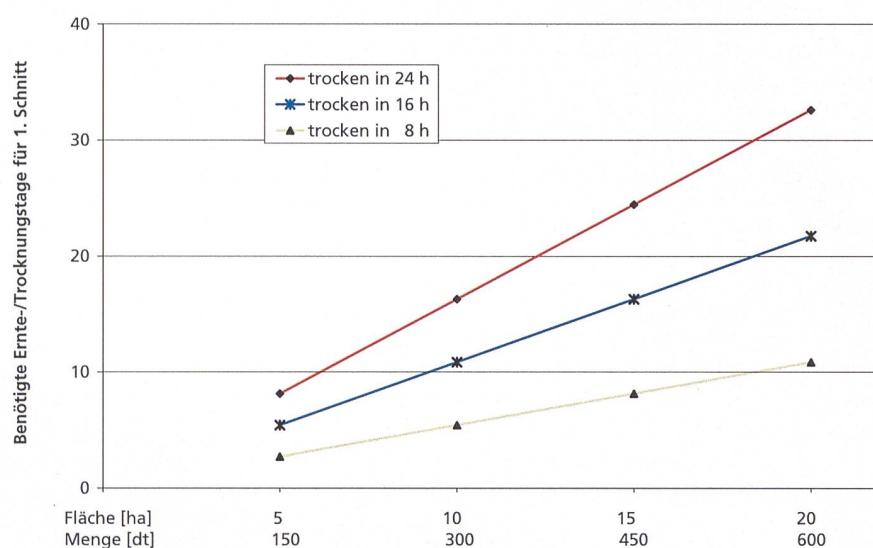
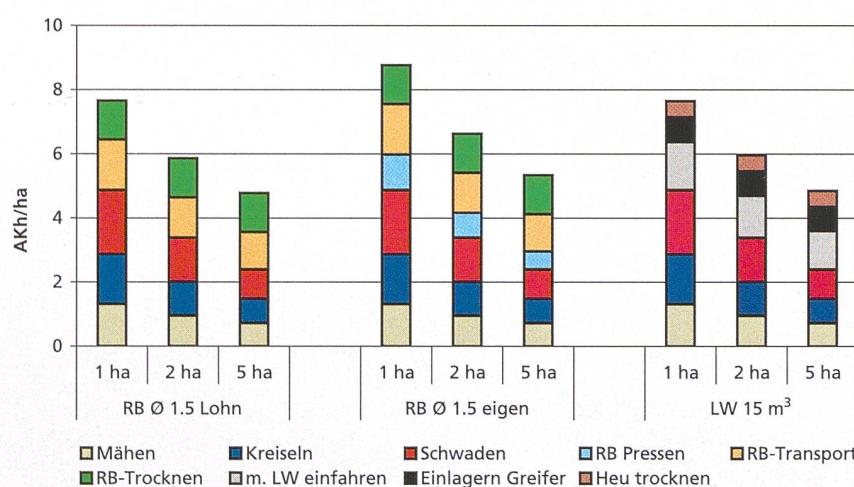


Abb. 7: Benötigte Ernte- und Trocknungstage im 1. Schnitt abhängig von der Schnittfläche – Annahme: Anlagenkapazität 8 Ballen; Ertrag 1. Schnitt 30 dt/ha.



Dimensionierung der Trocknungsanlagen

Der erste Schnitt wird in Tallagen häufig im frühen Mai, in Bergregionen bis Ende Mai geerntet. Abhängig von den Klimazonen stehen für Belüftungsheu durchschnittlich zwei bis vier Erntegelegenheiten zur Verfügung, in denen das Futter eingebracht werden muss.

Die Trocknungsanlage muss für die Erntemenge dieses Zeitraums ausgelegt sein. In Abbildung 7 ist die Trocknungsleistung einer Anlage mit acht Plätzen dargestellt: Auf einer Fläche von 5 ha fallen 65 Ballen à 2,3 dt an. Im Optimalfall sind die Wetterbedingungen gut, das Futter ist nur leicht feucht und kann in acht Durchgängen auf einer leistungsstarken Anlage innerhalb von je acht Stunden getrocknet werden. Die Bergleistung beträgt durchschnittlich 1,7 ha/Tag, insgesamt werden drei Tage benötigt. Unter schlechteren Wetterbedingungen ist das Futter feuchter und braucht zur Trocknung 24 h. Die Bergleistung sinkt auf 0,6 ha/Tag, insgesamt werden acht Tage benötigt. So viel Zeit steht aber nicht zur Verfügung. Mehr Ballen einzufahren, als Trocknungsplätze vorhanden sind, ist risikoreich, da Vergärung und Verderb schnell einsetzen.

Eine für dieselbe Fläche dimensionierte Loseheubelüftung mit 100 m² hat dagegen eine Trocknungskapazität von 3 ha/Tag – dies entspricht einer Rundballentrocknung mit 16–24 Plätzen.

Ursache dieser grossen Unterschiede ist das absätzige Trocknungsverfahren bei den Rundballen. Bei der Loseheubelüftung wird Lage um Lage eingebracht und kontinuierlich über einen Zeitraum von mehreren Tagen bis zwei Wochen getrocknet. Dabei kann Futter auch bei technisch einfacheren Anlagen mit Sonnenkollektor ab zirka 50% TS zeitlich flexibel in variierenden Mengen eingebracht werden. Feuchteres Futter aus Schlechtwetterperioden braucht zwar auch länger zum Trocknen, blockiert aber nicht die folgende Erntetätigkeit. Bei der Rundballenbelüftung hingegen kann erst wieder Belüftungsheu gepresst werden, wenn der letzte Trocknungsvorgang abgeschlossen ist. Mit den maximal möglichen 65–70% TS muss die Periode der Feldtrocknung wesentlich länger sein als beim Loseheu, zudem benötigt die Verkürzung des Trocknungsvorgangs erheblich mehr Heizenergie.

Abb. 8: Arbeitszeitbedarf für die Ernteverfahren Rundballen im Lohn, eigene Presse und Ladewagen.

Vergleich der Ernteverfahren Rundballen/Loseheu

Die Ernteverfahren Rundballen und Loseheu wurden vom Mähen bis zum Trocknen/Einlagern in die einzelnen Arbeitsphasen gegliedert.

Annahmen: Die Schlaggrösse variiert mit 1, 2 und 5 ha, die Hof-Feld-Entfernung beträgt 1 km. Die Ballen haben einen Durchmesser von 1,50 m und eine Dichte von 100 kg/m³ TS. Das Ballenhandling erfolgt per Frontlader mit Klemmzange, der Transport mit einem Zweiachsanhänger mit einer Kapazität von 10 Ballen. Das Loseheu wird mit einem Ladewagen mit einem Volumen von 15 m³ eingefahren. Die Einlagerung in den Stock erfolgt mit einem Greifer.

Bei einer kleinen Erntefläche haben die Rüstzeiten einen hohen Anteil an der Gesamtarbeitszeit, bei steigender Fläche sinkt der Arbeitszeitbedarf stark (Abb. 8). Das Verfahren mit dem Ladewagen ist immer schlagkräftiger. Dafür gibt es zwei Ursachen: Einerseits fallen durch die lockere Pressung mehr Ballen als zum Beispiel bei Bodenheu an. Andererseits ist der Arbeitszeitbedarf beim Trocknen der Rundballen wesentlich höher als bei der Loseheubelüftung. Wird im Lohn gepresst, entfällt der Zeitbedarf für das Pressen, und die Verfahren schneiden ungefähr gleich ab.

Die entscheidende Folgerung ergibt sich aus der Abnahme der Arbeitszeit bei zunehmender Fläche: Allein durch die Ernte grösserer Flächeneinheiten spart man mehr als einen Drittel Zeit ein. Mit einer klein dimensionierten Anlage lässt sich dieser Effekt nicht ausnutzen.

In Abbildung 9 sind auf Basis der arbeitswirtschaftlichen Werte die variablen Kosten für die Varianten Pressen im Lohn, Pressen mit eigener Presse sowie eigener Ladewagen abgebildet. Neben dem erwarteten hohen Kostenblock für das Pressen im Lohn (locker gepresst = viele Ballen) fallen vor allem die Energiekosten der Rundballentrocknung ins Gewicht. Die Loseheubelüftung schneidet durch den Einsatz von Sonnenkollektoren wesentlich besser ab.

Ein umgekehrtes Bild ergibt sich bei der Betrachtung der Festkosten von Anlagen ähnlicher Leistung bei Neuanschaffung (s.Abb. 10). Bei vorhandener Bauhülle wird für die Rundballentrocknung lediglich die Anlage benötigt. Das Handling der Ballen ist über den vorhandenen Frontlader abgedeckt. Bei einem Heustock kommen zum vorhandenen Gebäude noch Einwand, Gebläse, Regelung und Sonnenkollektoren hinzu. Eine Greiferanlage

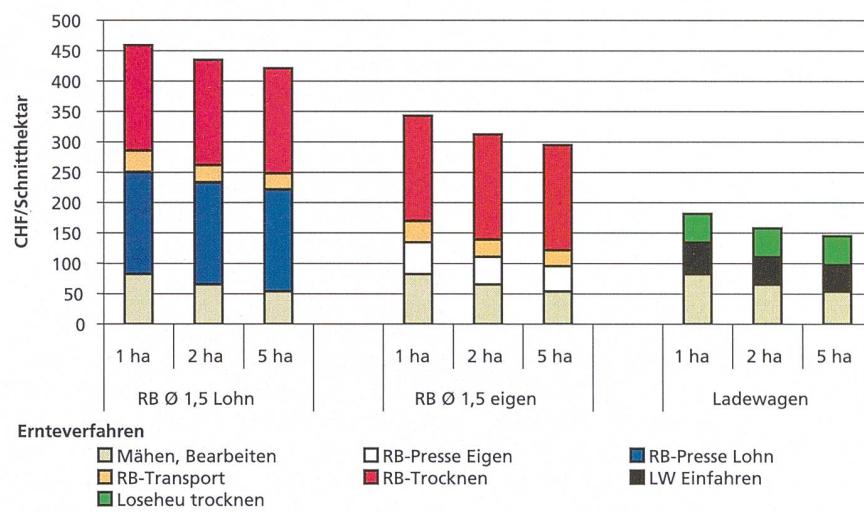


Abb. 9: Variable Kosten/Schnitthektar für die Ernteverfahren Rundballen im Lohn, eigene Presse und Ladewagen.

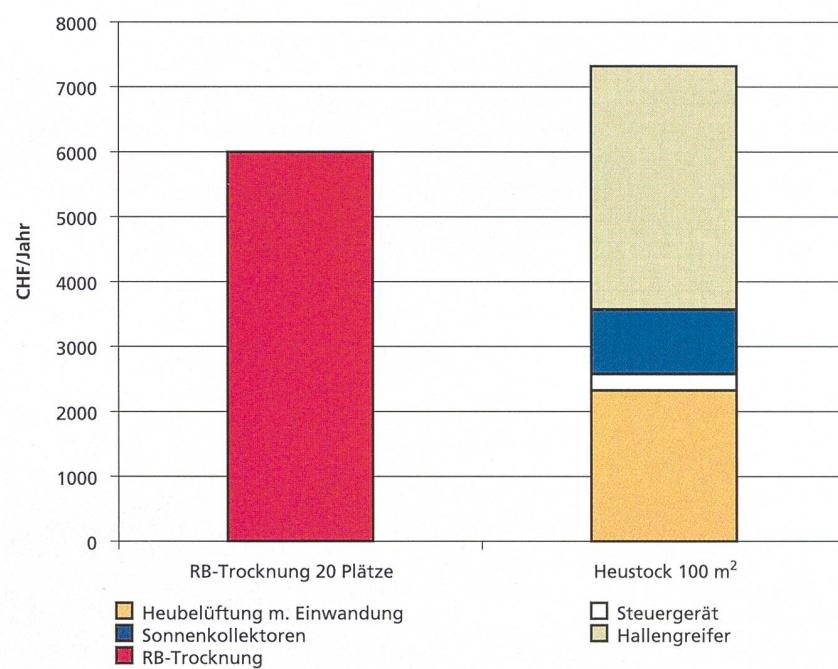


Abb. 10: Fixe Kosten/Jahr für Trocknung von Rundballen und Loseheu – Annahmen: Bauhülle/Lagerraum steht zur Verfügung. Bei Rundballentrocknung nur Anlagenkosten, Ein- und Auslagern mit vorhandenem Frontlader mit Ballenzange → in variablen Kosten enthalten.

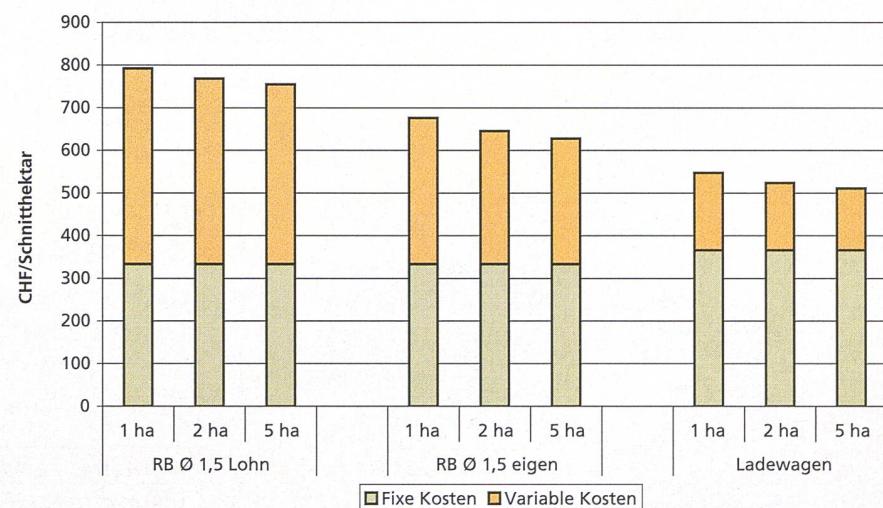


Abb. 11: Gesamtkosten/Schnitthektar für die Ernteverfahren Rundballen im Lohn, eigene Presse und Ladewagen – Annahme: Fixe Kosten auf Schnittfläche von 20 ha verteilt.

>FAT-BERICHE Nr. 616/2004

Trocknung von Rundballen

ermöglicht ein den Rundballen im Hinblick auf Arbeitskomfort und Arbeitszeit ähnliches Ein- und Auslagern. Der Investitionsbedarf für die Loseheubelüftung ist damit zwar höher, es kann aber früher eingefahren sowie schneller und mit weniger Energieeinsatz getrocknet werden. Gesamthaft sind die Gesamtkosten pro Schnitthektaar beim Ernteverfahren Loseheu niedriger als bei Rundballen (Abb. 11). Wie bei der Arbeitszeit fällt auch hier die Kostendegression durch die Bearbeitung grösserer Flächeneinheiten auf. Nur mit einem leistungsfähigen Belüftungsverfahren können entsprechende Flächen geerntet werden.

Schlussfolgerungen

Bei der Anschaffung einer Rundballenbelüftung sind die Einschränkungen hinsichtlich maximaler Feuchte des Ernteguts, Trocknungsgeschwindigkeit und ungleichmässiger Abtrocknung zu be-

achten. Auf Grund des absätzigen Verfahrens entsprechen die täglichen Erntemengen der Trocknungsleistung der Anlage. Die Futterernte läuft bei kleineren Anlagen kontinuierlich mit kleineren Mengen über einen längeren Zeitraum hinweg. Die Ballen müssen sorgfältig gepresst, umgeschlagen und belüftet werden, um eine hohe Heuqualität zu erreichen. Die getesteten Anlagen eignen sich mit ihrem Leistungsvermögen eher für kleinere Betriebe. Bei geforderten höheren Flächenleistungen sollte eine Kapazität von 16 und mehr Trocknungsplätzen vorhanden sein.

Wo bisher erfolgreich Loseheu mit dem Ladewagen auf einen mit Entnahmetechnik ausgestatteten Heustock eingefahren wurde und die Lagerkapazitäten ausreichen, kann dies beibehalten werden. So lange für die vorhandene Technik keine Ersatzbeschaffungen nötig sind, sprechen weder arbeits- noch betriebswirtschaftliche Aspekte für einen Wechsel. Die Ernte mit dem Ladewagen wie auch

die Trocknung mit der Loseheubelüftung sind schlagkräftig und die Kosten niedrig. Falls zum Beispiel im Strohbereich mit Rundballen gearbeitet werden soll, bietet sich das Pressen durch einen Lohnunternehmer, die Anschaffung eines Frontladers und allenfalls eines Ballenverteilers an.

Wo der Lagerraum zum Beispiel wegen einer Bestandserweiterung nicht mehr ausreicht, kann auf eine Kombination von Loselagerung und Rundballen gesetzt werden. In Schönwetterperioden wird das Heu bodengetrocknet und gepresst, auf die Belüftung kommt nur noch feuchtes Futter.

Bestehende bauliche Einrichtungen und das Potenzial vorhandener Maschinen und Geräte können so besser genutzt werden. Ein die Verfahrensleistung mindernder, die Arbeitszeit und Wirtschaftlichkeit negativ beeinflussender Engpass durch eine ungenügende Trocknungskapazität wird vermieden.

agri24.ch

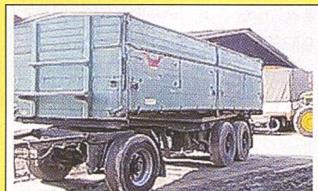
Der Marktplatz für die Schweizer Landwirtschaft



Ford, 8340 T 4WD, Jg. 1996,
4800 Std., Fr. 57 000.–, Service
Company AG, 4538 Oberbipp,
032 636 66 44 [10158]



Krone, Hakengerät, Tandem,
Jg. 1998, Preis a. Anfrage, Sigg
Markus GmbH, 8239 Dörflingen,
079 404 87 06 [10158]



Krone, Kempf HKD 24, Preis auf
Anfrage, Sigg Markus GmbH,
8239 Dörflingen,
079 404 87 06 [10157]

Occasionen im Bild

In Kooperation mit:

**Schweizer
Landtechnik**

agri24.ch

Der Marktplatz für die
Schweizer Landwirtschaft

Anmelden
Einzel inserat aufgeben

Inseraten-Nr.

Begriffe

Fahrzeuge
1 Traktoren
Zubehör zu Traktoren/ 2-Achs.
Zubehör zu Transporter
Einascher
Zubehör zu Einascher
Transportanhänger / Kipper
Feldwagen, Erntemaschinen
Diverse Fahrzeuge
Ackerbau
Erntetechnik
Hoftechnik
Forst/Pflanz / Arealpflege
Forst und Kommunal
Baumaschinen
Fundgrube

Rubriken
 Traktor, 2-Radantrieb
 Forstraktor/-schlepper
 Oldtimer
 Obstbautechnik
 Zweiachsmäher

Region
Marke/Stichwort ganze Schweiz & angr. Länder

Die nächste Ausgabe

Occasionen im Bild

erscheint wieder am 12.8.2004

Mutationsschluss auf agri24.ch ist am 21.7.2004

Interessante Insertionspreise:

Belegungsvariante	Preis pro Maschine	SMU-Preis 15 % Rabatt
Schweizer Landtechnik	175.–	148.75
Technique Agricole	95.–	80.75
Kombi (D+F)	202.50	172.15

exkl. MwSt. Weitere Informationen bei:

Büchler Grafino AG, Fachmedien AGRAR, Dammweg 9, 3001 Bern
Tel. 031 330 30 17, Fax 031 330 30 57

Treffsicher suchen

Mit der Eingabe der 5-stelligen Inseraten-Nummer [12345] erhalten Sie auf agri24.ch direkt die Maschinendetails.