

Heutrocknung von A bis Z

Pflanzenbau – Trocknungssysteme – Kenngrößen

Praxisratgeber Galler – Kittl – Wirleitner



Herausgeber: Landwirtschaftskammer Salzburg,
Betriebsentwicklung und Umwelt
Autoren: Dipl.-HLFL-Ing. Josef Galler, LK Salzburg
Ing. Mag. Matthias Kittl, LK Salzburg
Prof. Dipl.-Ing. Gotthard Wirleitner

Grafik: AgrarWerbe- und Mediaagentur, Salzburg
Druck: Gutenberg, Linz

1. Auflage, 2017©



Heutrocknung von A bis Z

Pflanzenbau – Trocknungssysteme – Kenngrößen

Praxisratgeber Galler – Kittl – Wirleitner





Heutrocknung von A bis Z

Pflanzenbau

Grundfutterleistung immer wichtiger.....	6
Der ideale Pflanzenbestand	7
Standortangepasste Düngung und Nutzung.....	7
Bedeutung des Nutzungszeitpunktes	8
Motive für die Heuwirtschaft.....	9
Heu fördert Futteraufnahme.....	9
Grundfutterart und Futteraufnahme	10
Gärsäuren bremsen Fresslust.....	10
Rohprotein und Phosphor.....	10
Heu – mehr pansenstabiles Protein	11
Belüftungsheu und Zuckergehalt	12
Kohlenhydratfraktionen in der Pflanze	13
Rationskennzahlen für Hochleistungskühe.....	13
Ursachen schwankender Zucker- und Fruktangehalte	13
Kotkonsistenz kontrollieren.....	14
Hohe Zuckergehalte – Ausgleichsfütterung notwendig	14
Fruktane im Gras	15
Einflussfaktoren auf die Fruktanbildung.....	15
Hohe Fruktangehalte bei Kälte und Trockenheit	16
Huf- und Klauenrehe	17
Erntetechnik und Konservierungsverluste	18
Heumilch – keine (kaum) Clostridien in der Milch	19
Heumessen nicht vernachlässigen.....	22
Lagerverluste bei Heu.....	24

Technik

Technik zur Heuernte.....	26
Heukran	28
Trocknen von Heu	30
Bauformen von Trocknungsanlagen.....	32
Warmbelüftung mit Heizanlagen	34
Warmbelüftung mit Luftentfeuchtung	35
Warmbelüftung mit Dachabsaugung.....	35
Der Ventilator	36
Losetrocknung	38
Ballentrocknung.....	41
Heutrocknung und Energieeffizienz.....	42
Zehn Regeln der Heutrocknung	44

Heutrocknung von A bis Z

Pflanzenbau

Unter dem Blickwinkel zunehmender Milchleistungen gewinnt die Verbesserung der Grundfutterqualität zunehmend an Bedeutung. Eine hohe Milchleistung ist heute nur noch in Kombination mit bestem Grundfutter (höhere Futteraufnahme) wirtschaftlich. Höhere Kraftfuttermengen verdrängen das Grundfutter (im Mittel 0,5 kg /kg Kraftfutter) und verschlechtern gleichzeitig die Kraftfuttermengeeffizienz. Auch begünstigen hohe Kraftfuttermengen die Pansenversauerung (Acidose).

Grundfutterleistung immer wichtiger

Die tägliche Milchleistung aus dem Grundfutter schwankt zwischen 12 und 25 kg Milch pro Kuh und Tag bzw. 7000 – 15.000 kg Milch je ha/Jahr. Seitens der Eiweißversorgung sollten je ha Grünland mind. 2000 kg Rohprotein angestrebt werden, was umgerechnet etwa 4000 kg Sojabohnen entspricht. Eine Verbesserung des Grünlandes durch Nachsaat oder Neuansaat bei Bedarf bringt gegenüber einem mäßigen Altbestand einen Mehrertrag in Relation zum Aufwand von etwa 1:6 - 1:8, d.h. eine Investition ins Grundfutter ist immer wirtschaftlich.



Mehr Milch aus Gras

Mehr Milch aus Gras produzieren

GRUNDFUTTER-VOLLKOSTEN IN €/DT TM BZW. JE 10 MJ NEL		
	€ je dt TM	€ je 10 MJ NEL
Standweide intensiv	11,70	0,19
Grünfutter	14,30	0,24
Grassilage (Eigenmechanisierung)	18,90	0,32
Grassilage (Überbetrieblich)	18,80	0,33
Ballensilage	20,00	0,36
Heu	25,40	0,44
Silomais	17,00	0,26

*Vollkosten abzgl. Prämien u. Ausgleichszahlungen
n. Over, 2010; abgeändert 2017

Einflussfaktoren auf die Grundfutterqualität

DIE GRUNDFUTTERQUALITÄT HÄNGT VON FOLGENDEN FAKTOREN AB	
Grundfutterqualität	▶ Pflanzengesellschaft
	▶ Düngung
	▶ Nutzungszeitpunkt
	▶ Konservierung

Der ideale Pflanzenbestand

Eine standortangepasste Förderung der „Leitgräser“ steht im Mittelpunkt der Grünlandwirtschaft. Generell gilt, dass der Gräseranteil im Pflanzenbestand mind.

60-70 % betragen sollte. Allgemein steigt mit zunehmender Seehöhe der Kräuteranteil. Die botanische Zusammensetzung des Grünlandes wird neben Klima- und Bodeneigenschaften von der Düngung und der Nutzungshäufigkeit geprägt.

Wichtig zu wissen ist, dass trotz der Artenvielfalt des Dauergrünlandes über 90 % des Ertrages als auch der Futterqualität von weniger als 10 Pflanzenarten bestimmt wird.

IDEALER PFLANZENBESTAND

Gräser	60 – 80 %
Leguminosen	10 – 15 %
Kräuter	10 – 20 %

n. Galler, 2017

Standortangepasste Düngung und Nutzung

Grundsätzlich ist im Grünland ein Nährstoffgehalt im Boden von 10-15 mg P₂O₅ und 15-20 mg K₂O je /100 g Boden sowie ein pH-Wert von 5,5 – 6,0 anzustreben.

Der Stickstoffkreislauf ist bei 2-3 Nutzungen und einem Viehbesatz von ca. 1,5 Großvieheinheiten bei einem Leguminosenanteil von etwa 10-15 % weitgehend geschlossen. Die unvermeidbaren vorrangig gasförmigen Ammoniakverluste bei der Wirtschaftsdüngerlagerung und Ausbringung können hier durch den Kleeanteil bzw. der Bodennachlieferung aus dem Dauerhumus ausgeglichen werden.

In Gunstlagen mit vier- und fünfmaliger Nutzung ist hingegen entweder ein höherer Viehbesatz oder ein zusätzlicher Mineraldüngereinsatz notwendig, da der N-Entzug mit zunehmender Nutzungshäufigkeit bis auf 300g und darüber ansteigt.

Düngerbedarf des Dauergrünlandes

Pflanzengesellschaft	Zahl der Nutzungen	Nettoertrag dt TM/ha	Düngerbedarf in kg/ha		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Extensivwiesen					
kleearm (< 15 %)	2	45–50	0–30	25–30	100–120
kleereich (> 15 %)	2	50–60	0–20	30–40	115–140
typische Glatthaferwiesen					
Goldhaferwiese	3	65–80	90–130	55–65	180–210
Intensivwiesen (3 und mehr Nutzungen)					
kräuterreiche voralpine Mähweiden	3	65–75	120–150	75–90	200–230
Knautgras-Kräuterwiesen	4	70–80	190–220	85–100	250–290
Wiesenfuchsschwanzwiesen	5	75–100	230–305	90–110	260–330
weidelgrasreiche Mähweiden					
	3	80–100	140–180	80–100	275–330
	4	90–110	210–260	90–110	315–330
	5	100–130	270–330	105–125	330

n. Diepolder, LBP, 2003

nach Abzug der N-Nachlieferung aus dem Boden bzw. N-Bindung durch Leguminosen sowie der Werbungsverluste vom Bruttoentzug

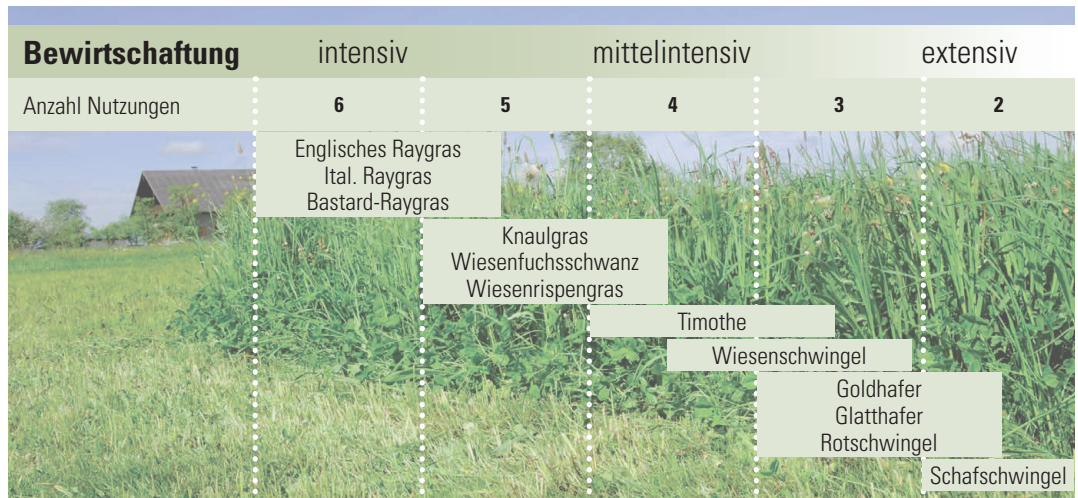
*Während eine voralpine Dreischnittwiese einen Nettoentzug von ca. 120 bis 150 kg N/ha hat, kann der Düngerbedarf bei fünfmaliger Nutzung auf 300 kg/ha N ansteigen.

Stickstoffmangel äußert sich zuerst durch eine Verringerung des Rohproteingehaltes im Futter und in weiterer Folge durch Rückgang des Gräseranteiles sowie Zunahme des Kräuteranteiles im Bestand. Gräserbetonte Mehrschnittwiesen sollten je Aufwuchs mind. 40-50 kg Stickstoff erhalten (ca. 25-30 m³ 1:1 verdünnte Rindergülle).

Diese Zusammenhänge sind speziell in Gunstlagen bei Teilnahme an Extensivierungsprogrammen (z. B. ÖPUL-Düngeverzicht) zu bedenken. Eine gewisse Alternative ist die „Abgestufte Bewirtschaftungsintensität“ am selben Betrieb, wo ein Teil der Flächen intensiver und ein Teil extensiver genutzt wird. Das gilt vor allem für Berggebiete.

Abgestufte Bewirtschaftungsintensität

Glatthafer und **Goldhafer** vertragen max. nur drei Nutzungen, während das **Knaulgras**, der **Wiesenfuchsschwanz** und die **Wiesenrispe** bis zu fünf Nutzungen vertragen. **Weidelgräser** in Gunstlagen vertragen sogar bis zu sechs Nutzungen.



n. Galler, 2017

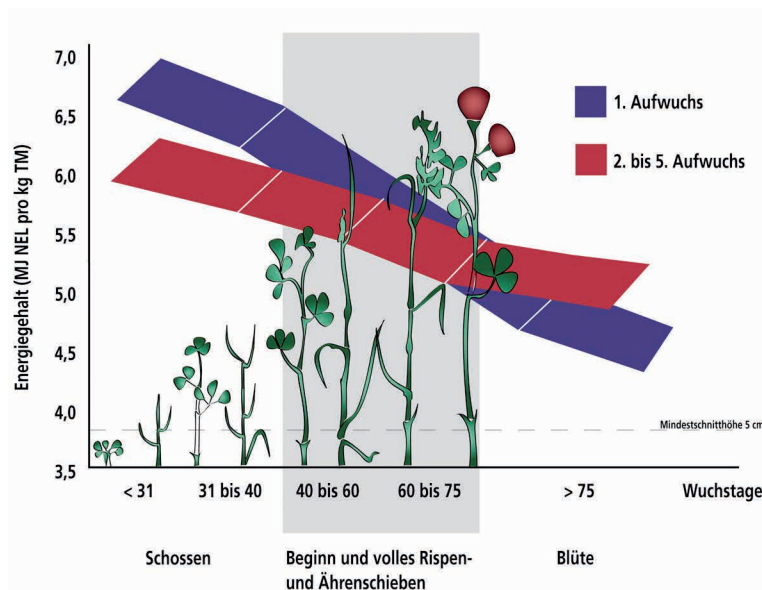
Bedeutung des Nutzungszeitpunktes

Neben der Düngung ist der Nutzungszeitpunkt ganz entscheidend an der Futterqualität beteiligt. Mit zunehmendem Alter des Futters steigt nicht nur der Mengenertrag, sondern auch der Rohfasergehalt, während der Energie- und Rohproteingehalt deutlich abnimmt. Ebenso nimmt der Mineralstoffgehalt im Futter aufgrund der höheren Erntemenge (Verdünnungseffekt) bei späterer Nutzung deutlich ab.

Beim Erntezeitpunkt ist zu berücksichtigen, dass intensivere Pflanzengesellschaften (insbesondere Weidelgrasweiden) rascher altern und dadurch weniger nutzungselastisch sind als extensivere Wiesengesellschaften. Bei verspäteter Nutzung sinkt der Energiegehalt (auch wegen des höheren Ausgangsgehaltes) rascher ab als bei extensiveren Zwei- und Dreischnittwiesen. Hier ist der Energiegehalt niedriger und der Nutzungszeitpunkt nicht mehr ganz so entscheidend. Den höchsten Energiegehalt hat immer der 1. Aufwuchs bei zeitgerechter Nutzung (Beginn Ähren- bzw. Rispenstadien).

Nutzungszeitpunkt und Energiegehalt im Futter

Der Nutzungszeitpunkt ist einer der größten Hebel für eine höhere Futterqualität



n. Buchgraber, 1991, erweitert

Motive für die Heuwirtschaft

Auch wenn in den letzten Jahrzehnten die Silageproduktion ständig zugenommen hat und heute über 70 % des Winterfutters als Silofutter konserviert werden, hat die Heubereitung oft auch in Kombination mit Silage nach wie vor seine Bedeutung und erlebt mit der „Heumilchkäseproduktion“ wieder eine verstärkte Renaissance.

Für das Festhalten an der Heubereitung sind neben dem Heumilchzuschlag (Ausgleich für höhere Konservierungskosten) auch das „positive Image“ von Heu sowie pansenphysiologische Vorteile zu nennen.

In den traditionellen Heuregionen, wo die Heubergeräume meist aus der Zeit der silofreien „Hartkäseproduktion“ noch vorhanden sind, nimmt das Interesse an der Heubelüftung (insbesondere Warmbelüftung) zu, um vor allem das Wetterrisiko und damit den Erntestress sowie die Konservierungsverluste zu verringern.

MOTIVE FÜR DIE HEUWIRTSCHAFT

- Höhere Futteraufnahme (Gärsäuren bei Silagen bremsen die Fresslust)
- Höhere Eiweißstabilität (mehr pansenstabiles Eiweiß)
- Geringerer Eiweißabbau zu NPN (Nicht-Protein-Stickstoff) bzw. Ammoniak
- Kein Silogeruch (Fremdenverkehr)
- Geringere Gefahr der Futterschmutzung (Rohaschegehalte)
- Keine Nacherwärmung
- Weniger Gewicht bei der Futtermannipulation
- Heu – positives Image

NACHTEILE DER HEUWIRTSCHAFT

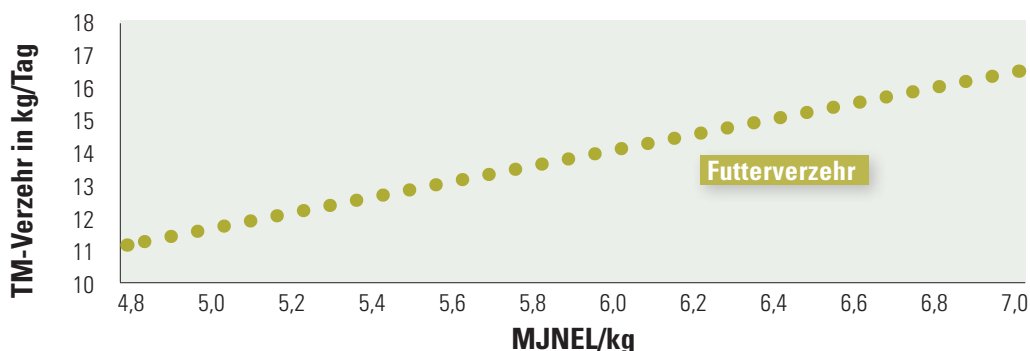
- Höhere Gesamtkosten
- Geringere Ernteschlagkraft als die Silokette
- Höheres Wetterrisiko (ohne Warmbelüftung)
- Höhere Ernteverluste bei kräuterreichen Wiesen
- Risiko* „Heustauballergie“
- Risiko* „Heubrandgefahr“
- Bei sehr zuckerreichem Heu in Kombination mit höheren Kraftfuttermgaben Gefahr der Pansenübersäuerung (ohne Ausgleichsfütterung)

* gering bei Warmbelüftung

Heu fördert Futteraufnahme

Die Fresslust bzw. das Futteraufnahmevermögen der Tiere hat mehrere Einflussfaktoren. Dazu zählt vor allem der Energiegehalt des Grundfutters. Mit steigendem Energiegehalt steigt auch die Futteraufnahme.

ENERGIEDICHTE UND GESAMTFUTTERAUFNAHME



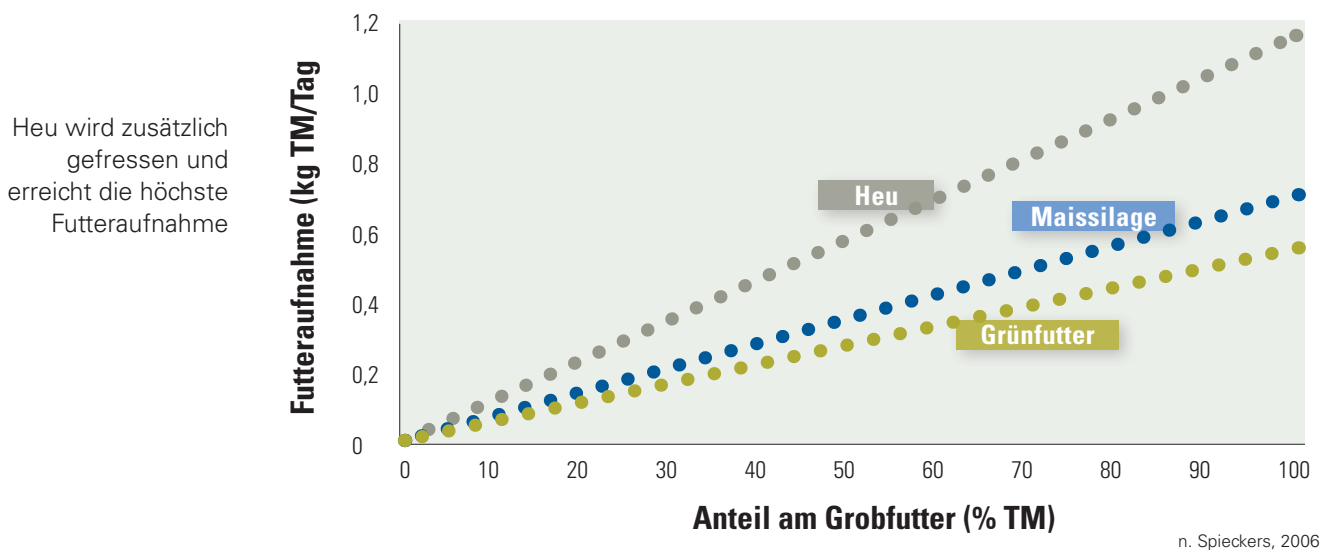
Die Fressleistung steigt linear mit der Energiedichte

Burgstaller, 1990

Grundfutterart beeinflusst Futteraufnahme

Neben dem Energiegehalt beeinflusst auch die Art des Grundfutters die Futteraufnahme, d.h. es ist ein Unterschied ob Grünfutter, Gras-, Maissilage oder Heu gefüttert wird. Im Vergleich zur Grassilage (= horizontale Grundlinie) wird von Grünfutter und Maissilage mehr gefressen. Am höchsten ist die Futteraufnahme bei gutem Heu. Heu trägt zu einer besseren Strukturversorgung in der Ration und einer vermehrten Speichelproduktion bei, was wiederum stabilisierend auf den pH-Wert im Pansen wirkt. Dadurch wird auch die Wiederkautätigkeit angeregt und mehr gefressen. Wird z.B. täglich nur um 1 kg Heu mehr gefressen, so können ca. 0,75 kg Kraftfutter eingespart werden.

EINFLUSS DER GROBFUTTERART AUF DIE FUTTERAUFNAHME



Gärsäuren bremsen Fresslust

Bei Silage bremsen die Gärsäuren die Fresslust. In der Praxis ist daher die Einhaltung der Silierregeln zur Vermeidung höherer Gärsäuregehalte, insbesondere von Essig- und Buttersäure wichtig. Auch ist eine möglichst rasche pH-Absenkung erwünscht. Je schneller die sog. „anaerobe Stabilität“ im Silo erreicht wird, desto früher können die Milchsäurebakterien ihre Arbeit einstellen, wodurch mehr Energie für das Tier übrig bleibt.

Rohprotein- und Phosphor

Neben der Energiedichte beeinflusst auch die Rohprotein- sowie Phosphatversorgung die Futteraufnahme.

Bei Rationen mit geringen Rohproteingehalten geht die Futteraufnahme um mehr als 1 kg täglich zurück (Protein/Energieverhältnis beachten).

Die Pansenmikroben benötigen für ihr Wachstum Stickstoffkomponenten und zwar im Ausmaß der produzierten Milcheiweißmenge. Wird der Stickstoffbedarf der Pansenmikroben nicht gedeckt und dadurch deren Vermehrung herabgesetzt, so sinkt auch der Milchwahnhstoff- bzw. in Folge auch der Milcheiweißgehalt. Ebenso geht bei Stickstoff-

mangel die Verdaulichkeit der Rohfaser und damit die Futterraufnahme zurück. Anzustreben ist ein Verhältnis von Rohprotein/MJ NEL von 22-25.

Neben einem Energie- und Rohproteinmangel verringert auch ein P-Mangel die Futterraufnahme.

P-Mangel führt zu einer verringerten Aktivität der Pansenmikroben, wodurch insbesondere die Raufutterverdauung und die Futterraufnahme eingeschränkt wird.

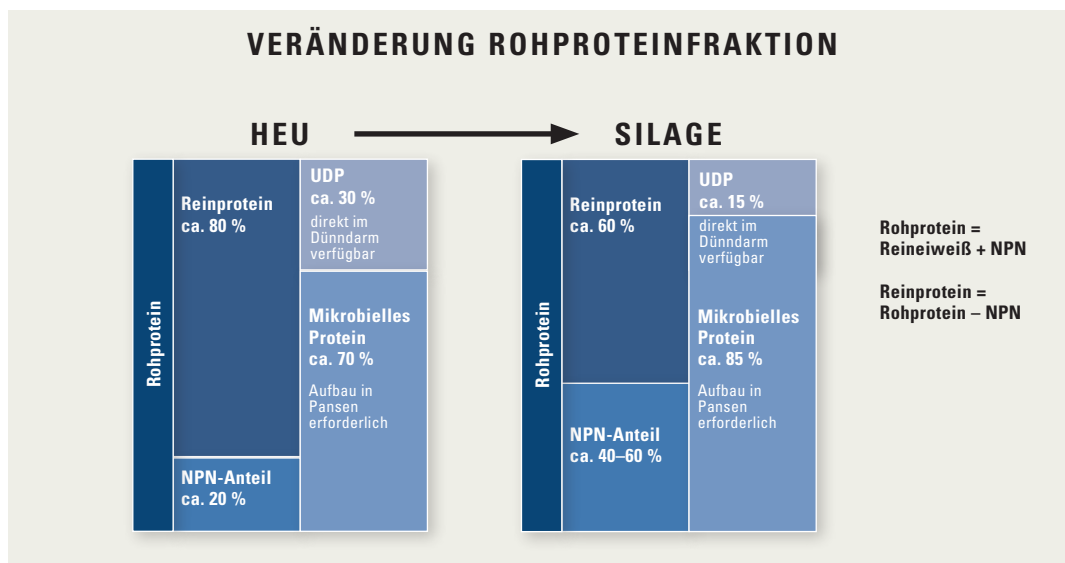
Da der Phosphor auch ein Eiweißbaustein ist und in den Energiestoffwechsel eingreift, wird bei **P-Mangel** auch die Proteinsynthese verringert, d.h. Milcheiweißwerte von unter 3,0 % können trotz ausreichender Energieversorgung die Folge sein. Im Grundfutter sollten mind. 3,5 g P/kg TM (Gesamtration 3,8-4,2 g P/kg TM) enthalten sein.

Heu – mehr pansenstables Protein (UDP)

Heu hat im Vergleich zur Grassilage eine höhere Eiweißstabilität. In Silagen findet während des Silierprozesses teilweise ein enzymatischer **Eiweißabbau** zu NPN (Nicht-Protein-Stickstoff) bis u. u. hin zu leberbelastendem Ammoniak statt.

Ein stärkerer Eiweißabbau führt ferner zu einem Sättigungsgefühl der Tiere, was sich wiederum bremsend auf die Fresslust wirkt.

Da der Anteil an stabilen, d.h. **unabgebauten Futterprotein (UDP)** mit zunehmenden TM-Gehalt steigt, haben Belüftungsheu und Grascobs von allen Raufuttermitteln den höchsten Anteil an pansenstabilen Eiweiß, welches direkt in den Dünndarm gelangt und sofort genutzt werden kann:



n. Galler, 2017

Milcheiweißbildung im Pansen

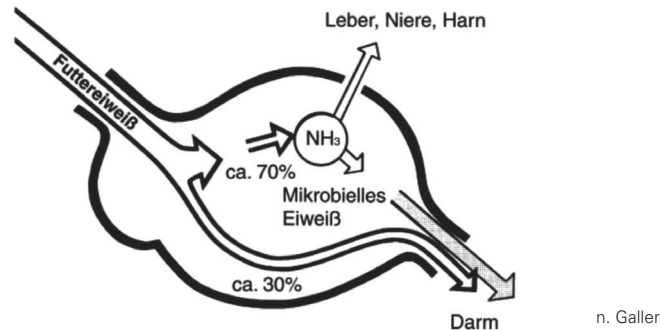
Das für das Tier im Dünndarm nutzbare Rohprotein (nXP) setzt sich zusammen aus dem im Pansen unabgebauten Futtereiweiß (UDP) sowie dem abgebauten NPN (Nicht-Protein-Stickstoff) bzw. Ammoniakanteil. Letztere können bei entsprechender Energieversorgung im Pansen großteils wieder zu mikrobiellen Futtereiweiß aufgebaut werden (siehe Abb. Milcheiweißbildung).

Beide zusammen, das UDP und das im Pansen wieder aufgebaute Mikrobenprotein ergeben das nutzbare Protein im Dünndarm (nXP).

Ein Mangel an nXP bedeutet sowohl ein Sinken der Milchleistung als auch eine Verringerung des Milcheiweißgehaltes bei gleichzeitiger Belastung der Leber.

Milcheiweißbildung

* Je höher der Anteil an UDP (unabgebautem Protein) in einem Futtermittel, desto mehr Futterprotein gelangt direkt in den Dünndarm



ROHPROTEINGEHALT (XP) IN G/KG EINIGER FUTTERMittel UND ANTEIL AN UNABGEBAUTEM PROTEIN (UDP)

(Angaben in g/kg TM)

Futterart	TM je kg	NJ NEL	Rohprotein XP	Anteil UDP in %	nutzb. Protein nXP
Weide	190	7,0	210	10	148
Grassilage	350	6,3	155	15	140
Bodenheu	880	5,7	140	25	135
Belüftungsheu	880	6,4	170	30	155
Grascobs	190	6,6	195	40	175
Soja 44	880	8,6	510	35	310
Rapskuchen 00-Typ	900	8,0	370	30	220
Ackerbohnen	880	8,6	300	40	195
Biertreber	260	6,6	250	40	185
Maissilage	300	6,5	85	25	130

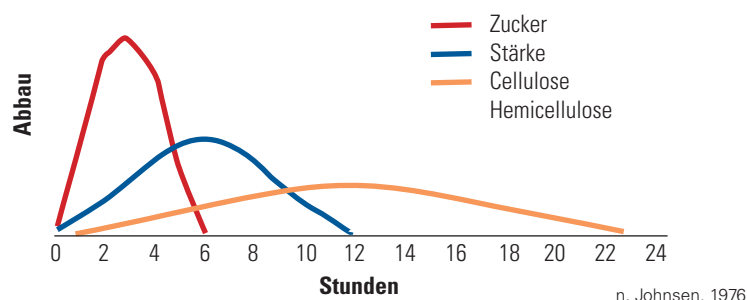
*Der UDP-Anteil steigt beim Raufutter mit dem TM-Gehalt, d.h. von der Weide über Grassilage bis zum Belüftungsheu und Cobs an.

Belüftungsheu und Zuckergehalt

Grundsätzlich fördert Zucker die Aktivität der Pansenmikroben und verbessert dadurch die Fresslust.

Belüftungsheu hat bei zeitgerechter Nutzung einen höheren Zuckergehalt als z.B. Grassilagen, da bei Silagen im Zuge der Milchsäuregärung bereits Zucker verbraucht wurde. Höhere Zuckergehalte benötigen eine Ausgleichsfütterung, da der Wiederkäuer als Raufutterverwerter aus pansenphysiologischen Gründen leicht lösliche Kohlenhydrate (Zucker und Stärke) nur im begrenzten Umfang verwerten kann. Daher ist beim Wiederkäuer der Einsatz von Kraftfutter generell auf ca. 50 % zu begrenzen und die Frage der eingesetzten Futtermittel sowie dessen Abbaugeschwindigkeit ist mit zunehmender Leistung verstärkt zu beachten

Fermentationsgeschwindigkeit von Kohlenhydraten im Pansen

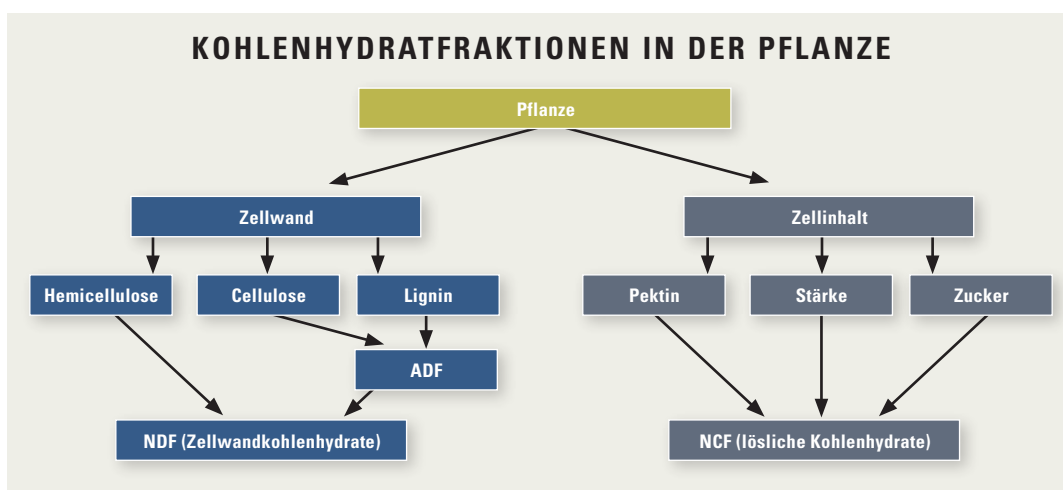


Kohlenhydratfraktionen in der Pflanze

Kohlenhydrate werden in leicht lösliche Kohlenhydrate (NFC) wie Zucker, Stärke, Pektine und in langsam abbaubare Strukturkohlenhydrate (Zellwandbestandteile wie Zellulose, Hemizellulose und Lignin) unterteilt, die auch als NDF (Neutrale Detergenzien-Fasern) bezeichnet werden. Die Differenzierung in Struktur- und Nichtstruktur-Kohlenhydrate dient der besseren Beurteilung der Wiederkäuergerechtigkeit.

Strukturkohlenhydrate werden wesentlich langsamer abgebaut und sind dadurch wiederkäuergerechter, d.h. sie bewirken keinen so raschen pH-Abfall im Pansen und damit eine geringere Acidosegefahr.

Strukturkohlenhydrate müssen im Pansen vorerst zu niedrigen Fettsäuren (Essig-, Propion-, Buttersäure) abgebaut werden, bevor sie der Wiederkäuer als „Raufutterveredler“ für seinen Energiestoffwechsel nutzen kann.



Beachte: Der Anteil von **Zellwand-Strukturkohlenhydraten (NDF)** sollte im ersten Laktationsdrittel in der Gesamtration mind. 30 % betragen, was etwa einem Rohfasergehalt von 16 % entspricht. Im letzten Laktationsdrittel sollte der NDF-Gehalt auf 40–50 % ansteigen.

Die leicht löslichen Kohlenhydrate aus dem Zellinhalt wie Zucker, Fruktane, Stärke und Pektine werden als **Nicht-Strukturkohlenhydrate (NFC)** bezeichnet. Der Gehalt an NFC sollte wegen der Gefahr einer Pansenübersäuerung möglichst unter 35 % liegen, davon der Anteil an wasserlöslichen Zucker und leicht fermentierbarer Stärke nicht über 30 %.

Die schwer löslichen Faserstoffe bestehend aus Zellulose und Lignin (nicht verwertbarer Holzstoff) und werden als **Acid-Detergenzien-Fasern (ADF)** bezeichnet. Sie sollten aus pansenphysiologischen Gründen mind. 20 % betragen.

RATIONSKENNZAHLEN FÜR HOCHLEISTUNGSKÜHE (1. LAKTATIONSHÄLFTE)

Rationsbestandteile	Beschränkungen in der Gesamtration
Wasserlösliche Zucker und Fruktane	unter 10 % kg/TM
Gesamtzucker + leicht fermentierbare Stärke	unter 30 % kg/TM
NFC (lösliche Nicht-Struktur-Kohlenhydrate)	max. 35 % kg/TM
NDF (Strukturkohlenhydrate)	über 30 % kg/TM
ADF (Zellulose + Lignin)	mind. 20 % kg/TM
Strukturwert	mind. 1,2 kg/TM
Rohprotein	16-18 % kg/TM
davon nXP	35 % kg/TM
Rohfett	max. 5 % kg/TM
Kraftfutteranteil	max. 50 % in der TM (bei TMR-Fütterung bis 60 %)

Ursachen schwankender Zucker- und Fruktangehalte im Gras

Jung geschnittenes Gras hat höhere Zuckergehalte als älteres Gras. Der Zuckergehalt wird beeinflusst von der botanischen Zusammensetzung, insbesondere vom Gräseranteil (Weidelgräser mehr als Knautgras), aber auch von der Düngung und vom Witterungsverlauf (Temperatur und Lichtintensität). Kältephasen bzw. Trockenperioden (Wassermangel) während des Aufwuchses erhöhen vor allem den Fruktangehalt.

Schnittzeitpunkt und Trocknung

Neben der botanischen Zusammensetzung beeinflusst vor allem der Schnittzeitpunkt die Verdaulichkeit und damit die Futterqualität.

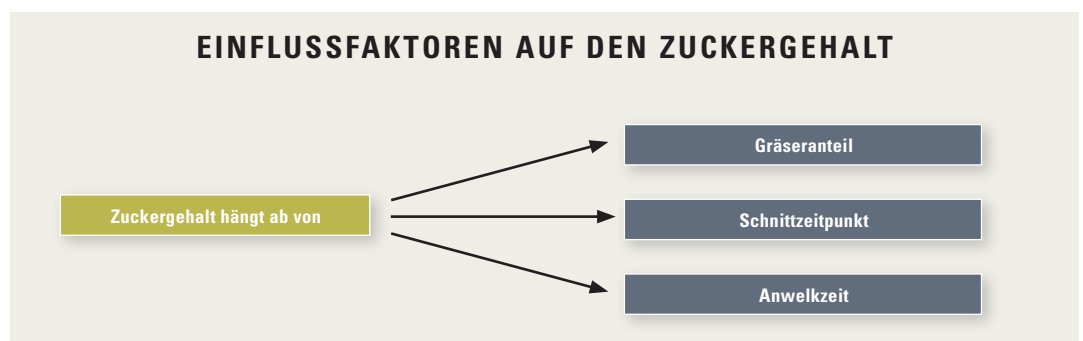
Bei älterem Futter (Rohfasergehalte über 26 %), bei zu langer Verweildauer auf dem Feld (über 35 Stunden) sowie bei eingeregnetem Futter verringert sich der Zuckergehalt. Zu längeres Anwelken erhöht die Atmungs- und die Bröckelverluste.

Beim Trocknungsprozess erhöht die Zuckerkonzentration im Zellsaft durch die Verdunstung von in den Pflanzen gebundenem Wasser.

Der Einsatz eines Mähaufbereiters verkürzt die Trocknungszeit um 2-4 Stunden. Dadurch kann ein Zettvorgang eingespart sowie die damit verbundenen Bröckelverluste verringert werden.

Grundsätzlich sollte das Futter sobald es abgetrocknet ist (späteren Vormittag) gemäht werden. Ein Mähen am Abend ist ebenso möglich, bringt aber keine Vorteile. Der tagsüber gebildete Zucker wird durch die höheren Atmungsverluste (speziell in wärmeren Nächten) wieder verbraucht. Dazu kommt das zusätzliche Wetterisiko.

Für ein rasches Trocknen muss sofort der Schwad nach dem Mähen auf die volle Arbeitsbreite ausgebreitet werden, sofern der Mäher das aufbereitete Futter nicht breitflächig ablegt.



Kotkonsistenz kontrollieren

In der Praxis ist die Kotkonsistenz ein einfaches Mittel zur Beurteilung der Strukturversorgung. Bei einer ausgewogenen Ration zeigt der frische Kot eine „Haferbreikonsistenz“ mit braungrüner Farbe und behält auch noch die Form eines Spiegeleies. Der Kot klebt an der Stiefelspitze.

Eine dünnflüssige „Erbsensuppe“, die auseinanderrinnt deutet hingegen auf überschüssige Stärke oder Zuckermengen bzw. auf einen Strukturmangel in der Ration hin. Ursache ist eine zu rasche Pansenpassage. Der Kot zeigt meist Bläschen und ist übelriechend (Gärungskot).

Im Gegensatz dazu führt ein strukturreicher Kot mit langem Aufenthalt des Futters im Pansen zu einem dicken Kot, der nicht mehr an der Stiefelspitze klebt. Bei überständigem Futter (Altheu) und mangelnder Wasserversorgung kann ein Scheibenkot entstehen, wobei die dunklen Kotballen mit Schleim überzogen sind.

Hohe Zuckergehalte – Ausgleichsfütterung notwendig

Ein hoher Zuckergehalt im Grundfutter kann dann problematisch werden, wenn gleichzeitig höhere Kraftfuttermengen in Form von stärkereichem Getreide wie Gerste, Triticale, etc. eingesetzt werden oder der Anteil an strukturierter Rohfaser unter 30 % NDF absinkt.

Bei zuckerreichen Belüftungsheu ist zum Ausgleich ein höherer Körnermaisanteil im Kraftfutter (Maisstärke hat eine höhere Pansenstabilität) notwendig.

Auch sollte zur Sicherung der Pansenstabilität der Anteil an strukturreichen, d.h. NDF-reichen Kraftfutter wie Trockenschnitzel, Kleie oder evtl. Hafer erhöht werden. Wichtig bei hohen Zuckerwerten oder einem Eiweißüberhang ist vor allem eine ausreichende Strukturversorgung (Kotkonsistenz beachten).

Bei Silagebetrieben senkt ein höherer Anteil an Maissilage (enthält nur 20-25 g Zucker je kg TM) den Zuckergehalt in der Gesamtration.

ENERGIE-FUTTERMITTEL IM VERGLEICH			
Zuckerreich	Stärkereich	Stärkearm	NDF-reich
Futtermühen Melasse Obsttrester junges Gras Sojaextraktionsschrot Sonnenblumen- Extraktionsschrot	Maiskorn Weizen Triticale Roggen Gerste Hafer Erbsen Ackerbohne	Grünfutter Grassilage Heu Futtermühen Trockenschnitzel Rapskuchen Rapsextraktionsschrot	Heu Grassilage Grünfutter Maissilage Biertreber Weizenkleie Trockenschnitzel Hafer

Fruktane im Gras

Seitens der Fütterung weiß man schon länger, dass Fruktane beim Pferd zu „Hufrehe“ bzw. beim Rind zu „Klauenproblemen“ und Acidose (Pansenversauerung) führen können, auch wenn bei der Futteruntersuchung die Richtwerte für Zucker und Stärke eingehalten werden. Ursache ist hier meist ein hoher Gehalt an schnell löslichem Fruktan-zucker, welcher bislang in der Analytik nicht getrennt erfasst wurde. Probleme treten vor allem im Frühjahr bzw. Spätherbst auf.

Was sind Fruktane

Fruktane zählen zu den schnell verfügbaren Zuckern. Sie bestehen aus den Monosacchariden Glukose und Fruktose sowie dem Disaccharid Saccharose (Traubenzucker). Zucker und Fruktane zählen zu den wasserlöslichen Kohlenhydraten und bilden gemeinsam mit Stärke (= Polysaccharide oder Mehrfachzucker) die Gruppe der leicht fermentierbaren Kohlenhydrate, die beim Rind bzw. Pferd als Raufutterverwerter nur begrenzt verstoffwechselt werden können.

Als Grenzwert für Stärke und wasserlösliche Kohlenhydrate in der Gesamtration gelten 300 g/kg TM, davon unter 100 g wasserlösliche Zucker und Fruktane je kg TM. Bei höheren Werten ist eine Ausgleichsfütterung notwendig (siehe Ausgleichsfütterung).

Fruktanbildung im Gras

Die Pflanze gewinnt ihre Energie für das Wachstum bei der Assimilation, welche durch die Sonneneinstrahlung, Wärme und eine ausreichende Wasserversorgung gefördert wird. Die gebildeten Assimilate (vorrangig Zucker bei Gras) werden am schnellsten über das Wachstum verarbeitet, sofern die Witterung warm und feucht ist. Verbraucht die Pflanze jedoch weniger Energie als produziert wurde, beginnt die Pflanze die überschüssige Energie in wasserlösliche Fruktane umzuwandeln und zu speichern. So können Gräser in Stresssituationen bei z.B. Kälte oder Trockenheit bis zu 90 % ihrer produzierten Energie als Fruktane vorübergehend zwischengelagern.

Fruktane sind somit quasi pflanzliche Reservekohlenhydrate, die vorrangig in Grashalmen bzw. Stängeln gespeichert werden.

Der verbleibende Rest verbleibt in Form von Stärke in den Blättern, da Stärke zum Unterschied von Fruktanen direkt am Ort der Fotosynthese in den Blättern gespeichert wird. Der zwischengelagerte Fruktanzucker wird erst dann wieder aufgebraucht, wenn die Pflanze weiterwächst.

Sortenunterschiede, Erntezeitpunkt und Düngung

Allgemein steigt der Fruktangehalt bis zum Ährenschieben in Abhängigkeit von der Gräserart, Sorte, der Tageszeit sowie saisonalen Effekten an und nimmt dann wieder ab. Unter den Gräsern haben Wiesenschwingel und Weidelgräser die höchsten Zuckergerhalte, vor allem Hochzuckersorten (HZS) bei ungünstiger Witterung.

Speziell Weidelgräser, die im Gegensatz zu anderen Gräsern keine ausgeprägte Winterruhe besitzen und bei Föhnwetterlagen auch im Spätherbst wieder zu wachsen beginnen können, haben dadurch stärkere Schwankungen im Fruktangehalt.

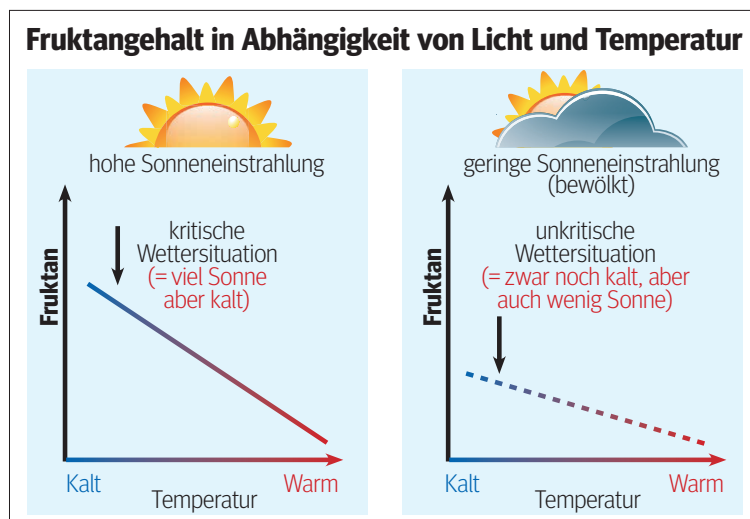
Bezüglich der Düngung gilt, dass bei geringer Stickstoffdüngung aufgrund der geringeren Erträge die Fruktangehalte aufgrund des fehlenden Verdünnungseffektes höher liegen können als bei bedarfsgerechter Düngung und Ausschöpfung des Wachstumspotentials.

Einfluss von Jahreszeit und Witterung

Die Pflanzen enthalten am meisten Fruktane, wenn durch die Sonneneinstrahlung zwar eine Fotosynthese stattgefunden hat, aber die Pflanzen wegen Kälte, Trockenheit oder Wassermangel nicht entsprechend wachsen können.

Das trifft vor allem zu, wenn im Frühjahr oder Spätherbst zwar tagsüber die Sonne scheint, aber die Temperaturen unter 8 °C liegen. Dadurch wächst das Gras kaum noch und dementsprechend wird mehr Energie in Form von Fruktanen zwischengespeichert. Im Unterschied zur Stärkebildung, deren Synthese bei 12° C eingestellt wird, findet die Fruktansynthese der Pflanze nahezu bis zum Gefrierpunkt statt. Dadurch ergeben sich witterungsbedingt stets schwankende Fruktangehalte.

Ist es hingegen kalt, aber bewölkt oder es regnet, dann werden aufgrund der geringeren Sonneneinstrahlung auch weniger Assimilate produziert, d.h. es muss weniger verarbeitet bzw. in Form von Fruktanen zwischengelagert werden. Gespeicherte Fruktane werden erst dann aufgebraucht, wenn es wieder warm genug für das Wachstum ist.



Grafik: Berlinger, 2013

Hohe Fruktangehalte bei Kälte und Trockenheit

Allgemein gehen steigende Temperaturen mit niedrigen Fruktangehalten einher, fallende hingegen zu einer Fruktanspeicherung. Dies gilt insbesondere für nächtliche Temperaturen um den Gefrierpunkt gefolgt von sonnigen Morgenstunden.

Bei Stresssituationen wie Kälte oder Trockenheit (Wachstumsstopps durch Wassermangel) speichern Pflanzen mehr Fruktane ein.

Diese Zusammenhänge sind besonders bei der Weideführung im Spätherbst bzw. Vorweide im Frühjahr zu beachten. Hier ist eine Zufütterung von strukturreichem Heu vor dem Weidegang besonders wichtig.

Generell enthält der 1. Aufwuchs infolge stärkerer Temperaturschwankungen im Frühjahr immer höhere Fruktangehalte als die Folgeaufwüchse.

FRUKTANGEHALT IM GRAS IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TEMPERATUR		
Grasart	Fruktane im Gras (g/kg Trockenmasse)	
	kalt (5 – 10 °C)	warm (11 – 25 °C)
Gemeines Knautgras	150	8
Wiesenschwingel	220	0
Deutsches Weidelgras	260	10
Wiesenlieschgras	111	2

n. Chatterton, 1989

GESAMTZUCKERGEHALT EINIGER GRÄSERARTEN		
Art	Aufwuchs	Mittelwerte g/kg TM
Knautgras	1. Aufwuchs	155
	Folgeaufwüchse	87
Englisches Raigras	1. Aufwuchs	230
	Folgeaufwüchse	140
Wiesenfuchsschwanz	1. Aufwuchs	103
	Folgeaufwüchse	63
Italienisches Raigras	1. Aufwuchs	309
	Folgeaufwüchse	151
Weissklee	1. Aufwuchs	94
	Folgeaufwüchse	82
Rotklee	1. Aufwuchs	116
	Folgeaufwüchse	87
Luzerne	1. Aufwuchs	65
	Folgeaufwüchse	54
Löwenzahn	1. Aufwuchs	156
	Folgeaufwüchse	83

n. Jeangros, 2001

Huf- bzw. Klauenrehe

Klauenrehe bzw. Hufrehe beim Pferd ist eine nichteitrige Entzündung der Hornlederhaut infolge schlechter Nährstoff- und Sauerstoffversorgung im Kronensaumbereich.

Diese Immunschwächekrankheit wird durch einen hohen Anteil leicht löslicher Kohlenhydrate (insbesondere Fruktane) verursacht, die letztlich zu einem pH-Abfall (Acidose) im Pansen bzw. Dickdarm beim Pferd führen. Dieser pH-Abfall bewirkt neben einer Einschränkung der Biotinproduktion auch eine vermehrte Bildung unerwünschter

Steptokokken und Lactobazillen, die wiederum über eine verstärkte Milchsäurebildung zu einer weiteren Versauerung beitragen. Dadurch kann die Pansen- bzw. Dickdarmschleimhaut beim Pferd geschädigt werden und in weiterer Folge können auch Endotoxine in die Blutbahn freigesetzt werden.

Fruktane – kritische Werte für Pferde

Für Pferde wird der kritische Wert für die Auslösung einer klinischen Hufrehe bei Aufnahme von 7,5 g Fruktane je kg Lebendgewicht erreicht. Ein Pferd frisst pro Tag ca. 2,5 % seines Lebendgewichtes (LG) an Futtertrockenmasse.

Frisches Gras enthält ca. 20 % TM, d.h. bei 500 kg LG ca. 12,5 kg TM bzw. 62,5 kg Gras.

Bei kalter Witterung und ganztägiger Weidehaltung erreicht ein Pferd einen subklinischen Wert von 5,5 g/kg LG (12,5 kg x 220 g : 500 LG).

Karotten enthalten zum Vergleich je kg Frischmasse (FM) 10-50 g und Äpfel 50-100 g Fruktane d.h. wesentlich höhere Werte

Fazit Fruktane

- Bei Stress wie Kälte oder Trockenheit bilden Gräser besonders viel Fruktane.
- Magere Gräser wie Rotschwingel, Wiesenfuchsschwanz, Lieschgras etc. enthalten weniger Fruktane als Weidelgräser oder der Wiesenschwingel.
- Gräserarten mit hohem Zuckergehalt speziell in Weidemischungen begrenzen.
- Bei sonniger, aber noch kühler Witterung wie z.B. im zeitigen Frühjahr bzw. Spätherbst muss die Weidezeit verkürzt werden
- Der 1. Aufwuchs hat in der Regel witterungsbedingt höhere Fruktanwerte als die Folgeaufwüchse
- Hohe Fruktangehalte in Gräsern können während des Aufwuchses in Kälteperioden als auch in sonnigen Trockenperioden bei Wassermangel auftreten.
- Hufrehegefährdete Pferde sollten speziell während der „Übergangsfütterung“ vor dem Weidegang kein Kraftfutter, dafür ausreichend rohfaserreiches Heu erhalten. Jede Futterumstellung belastet die Darmflora.
- Die Tiere sollen keinesfalls an einem noch frostigen Morgen bei strahlendem Sonnenschein auf die Weide gelassen werden.

Erntetechnik und Konservierungsverluste

Weidelgräser können im frischen Zustand beim 1. Aufwuchs Energiedichten bis zu 7 MJ/NEL je kg TM erreichen.

Bei den Konservierungsverlusten sind in der Praxis vorrangig die Atmungsverluste nach dem Schnitt und die Bröckelverluste im Zuge der Ernte von Bedeutung.

Die Bröckelverluste hängen einerseits vom Kräuteranteil, aber auch von der mechanischen Belastung ab. Jeder Arbeitsgang bedeutet Bröckelverluste. Am ersten Tag nach dem Mähen können Kreiselzettwender mehrmals eingesetzt werden. Mit zunehmender Trocknung (über 60 % TM des Futters) steigen die Bröckelverluste überproportional, weshalb am zweiten Tag das Futter nur noch wenig bearbeitet werden sollte. Die mechanischen Bröckelverluste können bei kräuterreichen Beständen und Bodenheutrocknung bis zu 100 kg Trockenmasse pro ha und Arbeitsgang betragen.

Der Einsatz eines Mähaufbereiters verkürzt die Trocknungszeit. Sie besitzen als Arbeitswerkzeuge entweder Schlägel oder Walzen. Intensivaufbereiter besitzen meist eine

Bürstenwalze und eine Breitstreuvorrichtung. Grundsätzlich sollte das Futter sofort gezettet und dann am ersten Tag alle 2-3 Stunden gewendet werden. Zu lange Intervalle erhöhen die Bröckelverluste. Unter günstigen Verhältnissen und anschließender Warmbelüftung kann das Futter noch am selben Tag eingefahren werden. Ziel ist es die Konservierungsverluste möglichst unter 10 % zu halten.

AUFTEILUNG DER KONSERVIERUNGSVERLUSTE		
Atmungsverluste	3-10 % u. mehr	→ Trocknungszeit
Bröckelverluste	3-15 % u. mehr	→ Zetten, Wenden, Kräuteranteile
Auswaschungsverluste	1- 5 % u. mehr	→ Regen, Tau
Lagerverluste	2-10 % u. mehr	→ Restwasser, Nacherwärmung
Gesamtverluste	unter 10-40 %	

KONSERVIERUNGSVERLUSTE IM VERGLEICH	
Nasssilage, Bodenheu	20-40 %
Anwelksilage, Kaltbelüftung	15-25 %
Eintagessilage, Warmbelüftungunter	10 %

Heumilch - praktisch keine Clostridien

Buttersäurebazillen wie auch Listerien kommen natürlicherweise im Boden, aber auch im See- und Flusswasser vor. Im Boden können die Sporengehalte von unter 10.000 bis zu mehreren Millionen je g Boden variieren.

Es gibt mehrere Clostridienarten, wobei das „Clostridium tyrobutyricum“, ein stäbchenförmiges Bakterium zu den gefährlichsten Arten zählt.

Unerwünscht sind diese Sporen vor allem wenn sie in die Milch gelangen, da sie die natürliche „Hartkäseproduktion“ gefährden. Neben dem Buttersäuregeschmack sind die Clostridien für die starke Lochung im Käse, häufig auch verbunden mit Rissbildung im Teig verantwortlich.

Clostridien – viele Eintragspfade

Da sich die Clostridien sporen auch in der Erde befinden, gelangen sie mit jeder Futterverschmutzung in den Kreislauf. Zu tiefes Mähen, lückige Pflanzenbestände, Narbenverletzungen, sporenhaltige Humusteilchen etc. sind die wichtigsten Eintrittspfade für Buttersäurebazillen ins Futter gelangen.

Die Sporen können sich überall dort explosionsartig vermehren, wo anaerobe Bedingungen (Abwesenheit von Sauerstoff) speziell in Gegenwart von Feuchtigkeit und organischen Material vorliegen.

Häufige Eintragspfade für Clostridien

- Morastige Flächen (Weiden, Flurwege)
- Misthaufen, Kompost
- Nässende Stellen unter Liegematten
- Abgestandenes, verunreinigtes Wasser
- Verschmutztes Eingrasfutter > 10 % Rohasche
- Silagen mit geringer Ansäuerung (geringe anaerobe Stabilität)
- Nasssilagen
- Gärenden Futtermittel (Grünfutter, Rübenschnitzel etc.)

Vorbeugung

Zur Minimierung des Sporeneintrages zählen vor allem saubere und trockene Liegeflächen sowie eine ausgewogene Fütterung (Durchfall vermeiden). Auch die Melkhygiene (Vermeidung von Staubentwicklung sowie unnötiges Verspritzen von Wasser während des Melkens bzw. bei der Zitzenreinigung) sind hier zu nennen.

Clostridien im Futter

Am geringsten sind die Sporengehalte bei Weidehaltung auf dichten Grasnarben und bei Verfütterung von hochwertigem Heu. Das Heu enthält zwar etwas mehr Sporen, die mit der Erde eingebracht werden. Die Sporen keimen jedoch nicht im trockenen Heu, solange Sauerstoff zirkulieren kann. Vorsicht ist hingegen bei stark verdichteten Pressballen geboten, die schlecht getrocknet sind und noch über 20 % Restfeuchte enthalten.

Silagen zählen zu den „feuchten Futtermitteln“. Silagen enthalten bei der luftdichten Abdeckung und anaeroben Milchsäuregärung keinen Sauerstoff, wodurch sich Buttersäurebazillen gut vermehren können. Die Gehalte können von weniger als 1000 bis über 1 Million Sporen pro Gramm schwanken.

Bei Silagen ist mit einer explosionsartigen Vermehrung bei starker Futtermittelverschmutzung (Rohaschegehalte über 10 %), unzureichender Anwelkung (Nasssilagen), aber auch bei zu niedrigem Nitratgehalt im Futter (natürliches Silierhilfsmittel gegen Clostridien) zu erwarten.

Der Weg in die Milch

Die Buttersäuresporen gelangen ausschließlich während des Melkvorganges in die Milch, d.h. sie gelangen weder über den Blutkreislauf, noch über den Verdauungstrakt direkt in die Milch. Die Sporen gelangen immer indirekt durch äußere Infektion des Euters (Zitzen) mit infiziertem Futter oder Kot (Gülle) in die Milch.

Sobald eine sporenhaltige Silage (über 1000 Sporen/g) verfüttert wird, findet man bereits einen vielfachen Wert im Kot der Tiere. Es genügt dann, wenn die Euter der Milchkühe leicht mit diesem Kot verschmutzt werden, um dann die Milch beim Melkvorgang zu infizieren.

Kotrückstände an Eutern, in der Einstreu oder an Kleidern bzw. den Händen des Melkers sind die wichtigsten Kontaminationsquellen

Merke:

Eine gute Milch sollte unter 200 Sporen pro Liter enthalten

Ein Gramm infizierter Kot kann 500 Liter Milch verunreinigen

Infektionsweg der Clostridien in die Milch

Der Kampf um die Verbreitung von Clostridien ist ein Problem der allgemeinen Hygiene.

Clostridien kommen nicht direkt, sondern durch äußere Infektion des Euters in die Milch.



Grafik: Oberngruber, 2017; Fotos: fotolia.com

CLOSTRIDIENSPOREN IM FUTTER, KOT UND MILCH

Fütterungsperiode	Im Futter	Im Kot	In der Milch
	Sporen/g	FM Sporen/g	FM Sporen/ml
Sommerfütterung – Weide	100	3.600	0,7
Winterfütterung – Heu	70	800	0,4
Winterfütterung – Grassilage	8.200	15.000	1,6
Winterfütterung – Grassilage mit 6,4 % Buttersäure	37.700	197.000	13,2

*Weidefutter hat einen Sporenbefund unter 100 Sporen pro g
n. Radetzky, 2005

Fazit:

Clostridien können durch verschiedene Eintragspfade in die Milch gelangen. Weide- und Heumilch haben den geringsten Gehalt an Clostridien. Speziell hohe Sporengehalte in der Silage bzw. im Kot erhöhen auch den Gehalt in der Milch.

HEU-KENNZAHLEN

Verteilung der Ertragsanteile (TM) in % des Jahresertrages in Abhängigkeit von der Nutzungshäufigkeit

1. Aufwuchs	40 %	33 %	24 %
2. Aufwuchs	32 %	26 %	23 %
3. Aufwuchs	28 %	23 %	20 %
4. Aufwuchs	-	18 %	18 %
5. Aufwuchs	-	-	15 %
Jahresertrag in TM	85 dt	100 dt	110 dt

n. Galler

FERTIGES HEU HAT ca. 88 % TM

Faustzahl für Ertragsermittlung: $\frac{\text{Aufwuchshöhe in cm} - \text{Stoppelhöhe in cm (5-7)}}{1 \text{ cm Wuchshöhe entspricht 1 dt TM-Ertrag}}$

Grundfutterbedarf in kg TM

Faustzahl: 2 – (2,5) kg TM je 100 kg Lebendgewicht

Kuh/Tag	ca. 15 – 17 kg	
Jungvieh	0,5 – 1 Jahr	ca. 4 kg
	1 Jahr – 1,5 Jahre	ca. 6 kg
	1,5 – 2 Jahre	ca. 8 kg

Erntereifes Grünfutter enthält je nach Nutzungszeitpunkt 18-22 % TM

1 ha Wiesenaufwuchs liefert ca. 20 - 40 dt TM, das sind bei 20 % TM im Futter (80 % Wasseranteil) ca. 100 – 200 dt Frischmasse/Aufwuchs und ha.

RAUMGEWICHT VON HEU (ca. 88 % TM)

Nutzungszeitpunkt	Raumgewicht in kg/m ³ Stockhöhe	
	3 m	6 m
früh	90	*100 – (150)
mittel	80	90 – (120)
spät	70	80 – (100)

EINFLUSSFAKTOREN AUF DAS RAUMGEWICHT

+	-
Stockhöhe	Greifer gegenüber Gebläse (ca. 20 %)
klee- oder kräuterreich	späte Nutzung
hohe Einfuhrfeuchte	hoher Rohfasergehalt
kurzgeschnittenes Welkheu	langgeschnittenes Welkheu

*Werte in Klammern gelten für den unteren Teil des Stockes.

Das Raumgewicht steigt mit der Stockhöhe, d.h. der obere Teil ist wesentlich leichter als der untere Teil des Stockes.

n. Wirleitner

KENNZAHLEN – HEUBERGERAUM

$$\text{Stockvolumen (m}^3\text{)} = \frac{\text{Heubedarf in kg}}{\text{Raumgewicht (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Stockhöhe (max. 5-6 Meter)} = \frac{\text{Stockvolumen in m}^3}{\text{Stockgrundfläche in m}^2}$$

Stockgrundfläche ca. 5-6 m² pro GVE

Heubelüftungsbox Die Größe ist von der Trocknungsleistung bzw. gewünschten Ernteschlagkraft abhängig und beträgt ca. 25 m²/ha Tagesschlagkraft.

Luftbedarf (Ventilator) je m² Stockgutfläche ca. 0,11 m³/sec
(z.B. bei 100 m² → 40.000 m³/h)

*Bei einer Heustockhöhe von 5-6 Meter und einem mittleren Raumgewicht von etwa 80-100 kg/m³ sind für die Winterfütterung (ca. 200 Tage) bei einem Heuertrag von 7000-8000 kg/ha mind. 10-12 m² Heustocklagerfläche bzw. 5-6 m² je GVE erforderlich.

SENSORISCHE BEURTEILUNG VON HEU

Merkmal	gut	mittel	schlecht *)
Farbe	kräftiges Grün	leicht verblichen	gelb/bräunlich
Verschmutzung	frei von Sand	geringe Sand-/ Erdanteile	viel Schmutz
Schimmelbildung	nicht erkennbar	vereinzelt nachweisbar	deutlich ausgeprägt, muffig, fad
Geruch	typischer, kräftiger Heuduft	weniger ausgeprägt	kaum noch erkennbar
Griffprobe	trocken, ausreichender Blattanteil, weiche Struktur	teilweise klamm, feste Blatt- und Stängelanteile	feucht, harte Stängelstruktur

*) schlecht: nicht geeignet für die Verfütterung

n. Resch, 2014

Heumessen nicht vernachlässigen

Eine regelmäßige Kontrolle der Heutemperatur ist wichtig.

Wird das regelmäßige Messen der Temperatur des Heustockes (ebenso von Quaderballen) unterlassen bzw. nicht dokumentiert, kann dies im Falle eines Heubrandes neben versicherungsrechtlichen Konsequenzen auch zu einer Anklage wegen Herbeiführung einer Feuerbrunst aufgrund grober Fahrlässigkeit führen.

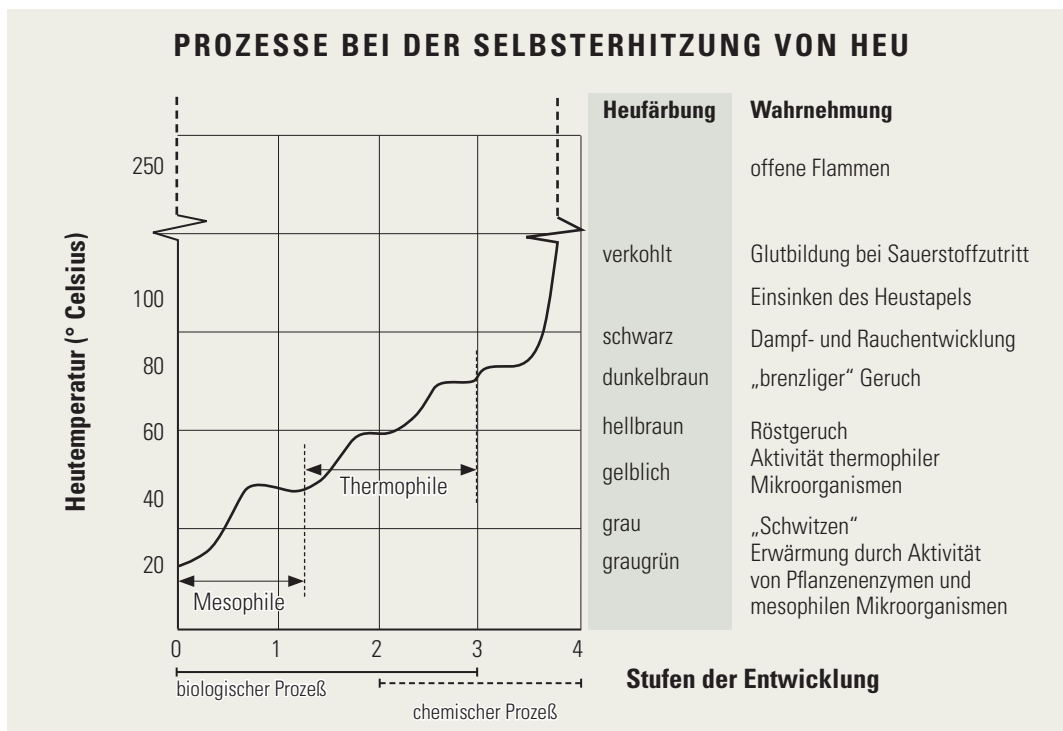
Heuleinagerung- worauf ist zu achten?

Auch wenn scheinbar getrocknetes Heu eingebracht wird, ist die Lagerfähigkeit noch nicht erreicht. Selbst bei vermeintlich dürrerem Futter sind noch nicht alle Pflanzenzellen abgestorben, d.h. noch zellgebundenes Wasser vorhanden. Dadurch kommt es über die Restatmung zur sog. „Schwitz- oder Gärphase“.

Je feuchter, desto mehr Restatmung, Wärme und damit Wasser und Kohlendioxid werden freigesetzt. Das fördert das Wachstum der Lagerpilze.

Die gebildete Wärme staut sich vor allem bei sehr dicht gelagertem Heu. Schnell aufgesetztes Heu und hohe Stapelhöhen führen infolge des Eigendruckes zu Verdichtungen.

Dadurch kann es im „inneren Kern“ bzw. unterem Teil des Heustockes nesterweise zu einem Wärmestau und damit stärkeren Temperaturerhöhungen kommen. Nicht zuletzt tragen auch die Mikroorganismen im Heu selbst zur Erwärmung bei. Zur Vermehrung benötigen sie neben Feuchtigkeit auch Nährstoffe aus dem Heu. Es vermehren sich zuerst die „mesophilen“ Bakterien durch die Wärmebildung. Bei feuchtem bzw. verschmutztem Heu geht der biologische Erwärmungsprozess weiter bis in den „thermophilen“ Temperaturbereich, wobei Temperaturen bis 75 °C entstehen können. In der anschließenden „pyrophoren Phase“ (Selbstentzündungsphase) treten chemische Zersetzungsprozesse ein, die letztlich zur Verkohlung (schwarzbraune Nester) bis hin zur Glutbildung und bei Sauerstoffzutritt auch zu einer offener Flamme führen können.



Heu erst ab 13 % Restfeuchte lagerbar

Für eine sichere Lagerung muss der Heustock möglichst rasch 13 % Restfeuchte und darunter erreichen, damit keine mikrobielle Aktivität und damit Wärmebildung mehr stattfinden kann.

Eingefahrenes (Boden)-Heu hat oft noch eine Restfeuchte von 20-(25) %.

Restfeuchten über 20 % führen bereits zu Qualitätsverlusten und bei 25 % Einfuhrfeuchte kann vor allem bei klee- und kräuterreichem Heu leicht die Überhitzungsgrenze „Heuselbstentzündung“ erreicht werden.

Futter mit Restfeuchten von 20 % oder darüber sollten möglichst in dünnen Schichten aufgetragen und locker gelagert werden. Jede Belüftung verhindert bei richtiger Ausführung die Selbstentzündung von Heu.

Bei Quaderballen mit Restfeuchten zwischen 20-25 % kann der Zusatz von Propionsäureprodukten zur Stabilisierung eingesetzt werden.

Ballen sollten vorzugsweise an den horizontalen Stoßstellen gemessen werden, wobei zusätzlich auf Schwitzwasser- und Schimmelbildung zu achten ist. Auch ein säuerlicher oder später tabakähnlicher Geruch liefert einen Hinweis auf Erwärmung.

MAXIMALE EINFUHRFEUCHTE VON HEU IN %	
Bodenheu	20–25 % (ohne Belüftung)
Feuchtheu	max. 25 % (mit Propionsäure)
Einfache Kaltbelüftung	25–35 %
Rundballenbelüftung	max. 35 %
Solarbelüftung	30–40 %
Warmbelüftung, Entfeuchter	40–55 %
fertig getrocknetes Heu	ab ca. 10–13 % (lagerfähig)

n. Wirleitner

Lagerverluste bei Heu

Die Lagerverluste am Heustock stehen immer in Zusammenhang mit der Einfuhrfeuchte. Dabei wird über die mikrobielle Aktivität nicht nur Energie verbraucht, sondern auch das Futtereiweiß denaturiert.

Die kritische Grenze, ab der eine Denaturierung des Proteins erfolgt, beginnt bei 45 - 50 °C. Kurzfristig (2-4 Stunden) hohe Trocknungstemperaturen, wie sie z.B. durch eine Dachabsaugung vorkommen, stellen kein Problem dar.

VERLUSTE IN % AN ENERGIE UND NUTZBAREM PROTEIN IM HEUSTOCK		
Temperatur im Stock	Energieverluste	Verluste an nutzbares Protein
< 40 °C	2 - 5	2 - 5
50 °C	10-15	20-25
60 °C	15-20	40-55
70 °C	30-35	70-80

n. Philipsen, 1965, ergänzt

Temperaturen über 40 °C unerwünscht

Ohne eine Belüftung ist eine gewisse Eigenerwärmung des Heustockes bis zu 40 – (45) °C aufgrund der Restfeuchte des Erntegutes normal.

Diese Fermentationsphase mit Schweißwasserbildung ist in der Regel nach vier bis sechs Wochen abgeschlossen, kann aber bei feuchter eingebrachten oder verdichteten bzw. bei sehr jungen Futter auch länger dauern, weshalb der Heustock drei Monate lang kontrolliert werden muss.

Früher wurde gelegentlich bei kräuterreichen Beständen oft bewusst eine Temperatur von 50-60 °C in Kauf genommen, um über die Wärmeentwicklung Giftpflanzen unschädlich zu machen (Abbau von Alkaloiden), aber auch durch eine Karamellisierung des Zuckers (Braunheubereitung) das Futter etwas schmackhafter zu machen. Man muss sich aber bewusst sein, dass die Energie für die Eigenerwärmung aus dem Futter stammt, was den Futterwert verschlechtert.

Heuerwärmung laufend kontrollieren

Der „Heumesskalender“ sieht eine Messung bis zu zwölf Wochen nach der Einlagerung vor. Dies gilt auch, wenn keine Erwärmung über den normalen Temperaturbereich von ca. 40- 45 °C erfolgt, da sich aufgrund des Eigendruckes des Heustockes auch noch später „Brandnester“ aufbauen können. Eine solch tickende Bombe kann nur durch regelmäßiges Messen mittels Heusonde aufgespürt werden.

Die gemessenen Temperaturen sind zur Beweissicherung in einen „Heumesskalender“ einzutragen. Erhältlich sind diese Kalender bei der zuständigen Landesstelle für Brandverhütung. Ein Unterlassen der regelmäßigen Heumessung gilt bereits als fahrlässige Brandstiftung.

In den ersten Tagen ist täglich, von der zweiten bis zur vierten Woche alle zwei bis drei Tage und ab der fünften bis zur zwölften Woche einmal wöchentlich eine Messung vorzunehmen. Die Messstellen sollen maximal 1,5 Meter voneinander entfernt liegen, wobei auch die entlegensten Teile des Heustockes erfasst werden müssen. Erhöhte Aufmerksamkeit ist bereits ab Temperaturen zwischen 45-60 °C geboten. Bei Temperaturen ab 70 °C oder wenn gar die Oberfläche des Heustockes muldenartig einsinkt, ist sofort die Feuerwehr (Heuwehr) zu verständigen.

Heißen Heustock niemals selbst abtragen

Bei Temperaturen von 60 bis 70 °C ist alle fünf Stunden der Heustock zu messen. Keinesfalls darf der Heustock selbst abgetragen werden. Die Verbindung von Luftsauerstoff und Hitze führt unweigerlich zum Brand.

Ursachen und Erkennungsmerkmale für Heustockerhitzung

Zu den Hauptursachen für eine Heuselbstentzündung zählen neben angeregnetem Heu auch eine hohe Restfeuchte bzw. eine zu schnelle Ernte von sehr jungem Futter mit hohem Blattanteil. Ebenso das Einbringen von verschmutztem Futter mit hohem Bakterienbesatz (Rasierschnitt meiden) ebenso wie eine zu dichte Lagerung durch zu hohe Stapelung zu vermeiden.

TEMPERATURBEREICHE IM HEUSTOCK	
Normal	Temperatur unter 40 °C
Gefahr	45-60 °C
Alle 5 Stunden messen	60-70 °C
Feuerwehr rufen	über 70 °C

Erkennungsmerkmale einer Heustockerhitzung:

- Schweißwasserbildung
- Seltsam süßlicher Geruch
- Temperaturanstieg über 50 °C
- Eventuell muldenförmige Einbuchtung in der Mitte des Heustockes
- Erhitztes Lagergut nicht ohne Feuerwehr abtragen

Entsorgung von verbranntem Heu

Nach Heubränden stellt sich wiederholt die Frage nach der Entsorgung bzw. Verwertung von Branntheu. Bei größeren Betrieben mit ausschließlicher Heufütterung lagern für den Winter oft über 2.000 m³ Heu.

Nach dem Abfallwirtschaftsgesetz § 2 Absatz 2, Ziffer 3, ist eine teure Entsorgung sinn gemäß dann nicht erforderlich, wenn am Betrieb eine Verwendung bzw. Verwertung möglich ist. Branntheu ist ein kompostierbares Gut, sofern während der Brandbekämpfung darauf geachtet wird, dass keine Vermischung mit Brandschutt erfolgt.

Der Standort für eine Mietenkompostierung ist so zu wählen, dass eine Grundwassergefährdung im Zuge der Manipulationsarbeiten auszuschließen ist. Zur Förderung der Rotte ist es sinnvoll etwas Jauche oder Harnstoff beizumischen. Aufgrund des hohen TM-Gehaltes ist keine Sickerwasserbildung zu erwarten, sodass das Heu direkt am Boden gelagert werden kann. Nach drei Monaten ist eine Umsetzung mittels Shredder oder auch Frontlader notwendig. Nach ca. einem Jahr entsteht aus dem Heu eine Komposterde.

Technik

Technik zur Heuernte

Schnitthöhe

Für die Erholung der Pflanze nach dem Schnitt ist eine richtige Einstellung der Mähwerke entscheidend. Teilweise mähen Betriebe bereits auf 8-9 cm Höhe, mindestens sollen jedoch 5-7 cm auf dem Feld vom Boden aus gemessen übrig bleiben. Tiefe Schnitte schaden dem nächsten Aufwuchs. Die Pflanze verliert ihr Assimilationsgewebe (grüne Anteile) und muss aus den Reserven der Wurzel nachschieben. Während dieser Zeit gelangt viel Licht auf den Boden, was zu vermehrter Keimung von z.B. Ampfersamen im Boden führt.

Vorteile der richtigen Schnitthöhe

- Weniger Futterschmutzung (Erde und Sand)
- Abgestorbene und verpilzte Pflanzenteile bleiben am Feld
- Die Feldtrocknung verläuft besser durch den größeren Abstand zum Boden
- Förderung einer dichten Grasnarbe
- Rascher Aufwuchs des Folgeschnittes
- Schonung des Bodenlebens

Gemäht wird frühestens, wenn der Tau abgetrocknet ist. Das bedeutet im Normalfall am späteren Vormittag oder, aus Zeitgründen, am Vorabend. Die Pflanzen verfügen am Abend zwar über einen erhöhten Zuckeranteil, den sie tagsüber gesammelt haben, der wird aber nachts wieder veratmet, da die Pflanze noch nicht tot ist. Deshalb gibt es aus der Sicht des Zuckergehaltes keine besonderen Vorteile beim abendlichen Mähen.

Aufbereiter (Knicker)

Das Aufbereiten von frisch gemähtem Futter lässt das in den Pflanzen enthaltene Wasser leichter austreten und abtrocknen. Dieser Vorteil hilft nicht nur am Feld, auch die Trocknung unter Dach verläuft rascher. Aufbereiter verbrauchen, im Gegensatz zum Mähwerk alleine, mehr Leistung (ca. 44%). Da in der Regel das Zetten eingespart werden kann, hebt sich dieser Nachteil wieder auf. Der Aufbereitungseffekt sinkt mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit (besser 7-9Km/h als 11-15Km/h). Aufbereiter werden entweder im Mähwerk verbaut, oder werden am Heck als eigenständiges Gerät nachgezogen. Die Kombination aus Frontmähwerk und nachgezogenem Aufbereiter wirkt sich vorteilhaft auf die Gewichtsverteilung aus und verhindert ein Überfahren des Futters.

Bauweise (typisch)	Zinken	Quetschwalze
Futterart	Dauerwiese, Gräser	Luzerne, Klee gras

Zetten und Wenden (Kreiseln)

Nach dem Mähen wird mit dem Kreiselzettwender das Futter vollflächig am Feld verteilt. Beim ersten Durchgang (zetten) nach dem Mähen wird mit hoher Drehzahl ge-

fahren, sodass auch dichte Stellen gut verstreut werden. Weitere Durchgänge (wenden) werden mit reduzierter Zapfwellendrehzahl gefahren. Kleine Kreiseldurchmesser wirken sich positiv auf die Boden Anpassung aus.

Es kann hilfreich sein, die Randbereiche des Feldes als Grünfutter zu verfüttern (Eingrassen), um Abstand zum Feldrand zu bekommen (Wald, öffentliche Straße).

Kreiselstellung	Steil (aggressiv)		Flach (schonend)	
	Zapfwellendrehzahl			
Futterart	1. Durchgang „Zetten“	2. Durchgang „Wenden“	3. Durchgang „Wenden“	
1. Schnitt	540 U/min	400 U/min	320 U/min	
mit Aufbereiter	Aufbereiter	400 U/min	320 U/min	
2. und Folgeschnitte	540 U/min	320 U/min		

n. Kittl

Schwaden

Der Schwader sollte aus Zeit- und Kostengründen möglichst große Arbeitsbreiten haben, muss jedoch an die vorhandenen Feldstücke angepasst sein. Bei Doppelkreiselschwadern sollen jene mit Mittelablage verwendet werden um das Futter nicht unnötig weit über den Boden zu schleifen. Eine breite Schwadablage ist günstig für eine schonende Weiterverarbeitung mit Ladewagen oder Presse. Der Trocknungszustand des Futters und die Fahrgeschwindigkeit wirken sich direkt auf die Bröckelverluste aus. Wegen der Bröckelverluste sollte besser früh geschwadet werden und dafür die Schwaden noch im Wind nachtrocknen.

TYPEN	BAUWEISE
Kreiselschwader	Kreisel mit Zinken
Kammschwader (Schubrechschwader)	Kammleisten
Sternradschwader	Mehrere Sternräder
Pick-up Schwader	Pick-up und Förderband

n. Kittl

Ladewagen

Grundsätzlich kann mit allen Ladewagen Heu geerntet werden. Vorteilhafter sind allerdings Schwingensysteme oder Rechkettsysteme, da in Rotorsystemen das Futter eher durchgewalkt wird. Ein hoher Auswurf des Förderaggregats begünstigt die lockere Befüllung des Ladewagens. Weiters sollten Heu-Ladewagen ein großes Ladevolumen, einen tiefen Schwerpunkt und ein geringes Gewicht haben.

Das Futter kann mit 4-6 scharfen Messern geschnitten werden, welche im Zweifelsfall aber eher weggelassen werden sollen. Dosierwalzen können nur bei Futter mit hoher Restfeuchte eingesetzt werden und sind in der Heuwirtschaft eher selten zu finden. Der Ladewagen soll nicht mit Futter vollgepresst werden, das erschwert eine spätere Auflockerung und Befüllung der Heubox mit dem Kran.

Rundballenpresse

Das Pressen von Ballen entscheidet über eine spätere Belüftbarkeit der Ballen in der Heutrocknung. Wichtig ist eine niedrige Pressdichte von unter 150kg Heu / m³ (130 kg TM / m³) welche über den gesamten Ballen gleichmäßig verteilt sein soll. Stirnsei-

Praxistipp

Futter das nachmittags kaum noch Sonne bekommt (Schatten, Waldrand) sollte als erstes in die Trocknung gebracht werden und nicht zum Schluss oben aufgelegt werden.



Praxistipp

Hohe Fahrgeschwindigkeiten ermöglichen etwas festere Ballenkerne und verringern Bröckelverluste durch viele Umdrehungen in der Presse. Ist der gewünschte Ballendurchmesser erreicht, wird sofort angehalten und der Ballen ausgeworfen. Weiters kann sich feuchteres Futter im Kern günstig für eine gleichmäßige Durchlüftung auswirken.

tig muss es möglich sein, mit der Hand mindestens bis zum Handgelenk zwischen die Schichten hineingreifen zu können. Wird ein breiter Doppelschwad gepresst, so bekommt der Ballen eine schöne zylindrische Form und keine bauchige Ei- oder Fassform. Rundballenpressen werden als Festkammerpressen gebaut oder mit variabler Presskammer. Mit beiden Typen können belüftbare Ballen produziert werden, leichter gelingen belüftbare Ballen allerdings mit variablen Presskammern. Die Durchmesser der Ballen betragen typischerweise 150-160 cm, da kleinere Ballen mehr Manipulationsaufwand verursachen.

Quaderballenpresse

Erste Versuche zur Heutrocknung von großen Quaderballen sind aktuell im Gange. Vorteilhaft ist die bessere Volumsausnutzung und Stapelbarkeit. Belüftbare Quaderballen müssen ebenfalls sehr locker gepresst werden und anschließend kreuzweise in zwei Lagen in eine Box geschichtet werden, in die sie mit leichter Klemmung randlos hineinpasse müssen.

Heukran

Der Heukran ist das zentrale Arbeitsgerät in der Heuwirtschaft welches täglich im Einsatz ist. Mit ihm wird Futter eingelagert, umgeschichtet und ausgelagert. Der Heukran wird oft auch für andere Güter (Stroh, Hackgut) eingesetzt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn mit dem Kran das Heu bis auf den Futtertisch verbracht werden kann. Sind Heulager, Stall und Kran aufeinander abgestimmt, kann die tägliche Arbeit mühelos von einer Person erledigt werden.

Unterschiedliche Bauformen von Heukränen



Hängedrehkran mit Teleskoparm (Altbaukran)

Ist der am häufigsten eingesetzte Kran in der Heuwirtschaft.

Vorteile

- Beste Sicht auf den Einsatzort
- Beste Erreichbarkeit der Randbereiche
- Beste Ausnutzung des Lagerraums durch einlagern vom Futter bis unter das Dach
- Der Teleskoparm kann Bereiche weit außerhalb des Lagergebäudes erreichen (Abwurf)
- Viele Varianten und Zubehör (z.B. Rotor, Schaufelgreifer, Querfahrwerk, Kabine, Klimaanlage)

Nachteile

- Große Bauhöhe (ca. 2m) begrenzt Höhe der Trocknungsboxen
- Höhere Anschaffungskosten
- Dachkonstruktion muss die Kräfte aufnehmen können

Brückenkran

Brückenkräne belasten nur die Außenwände des Gebäudes und nicht die Dachkonstruktion. Nachteilig ist, dass Futter maximal bis zur Brücke eingelagert werden kann und der gesamte Raum darüber leer bleiben muss.

Mit der Brücke bewegt man den Kran entlang des Gebäudes. Querbewegungen erfolgen mit der Laufkatze, welche an der Brücke hängt. Eine Seilwinde hebt und senkt die Heuzange mit der Futter aufgenommen und abgeworfen wird. Die Bedienung des Krans erfolgt aus der Ferne.



Vorteile

- Günstig in der Anschaffung
- Geringe Anforderungen an die Statik des Gebäudes
- Geringes Gewicht (bewegte Massen)
- Schnelle Fahrgeschwindigkeiten

Nachteile

- Weniger gute Sicht auf den Einsatzort erschwert die Futterverteilung
- Schlechtere Erreichbarkeit der Randbereiche
- Seiltechnik bringt die Heuzange zum Schwingen
- Lagerraum kann nicht vollständig ausgenutzt werden (keine Überlagerung)

Weitere Maschinen der Innenmechanisierung

Früher waren Heuverteiler in der Heuwirtschaft Standard und wurden von den Kränen verdrängt.

Im Gegensatz zur händischen Entnahme waren diese Geräte bei der Einlagerung vorteilhaft. Durch das Abladen auf den Dosierer und den Weitertransport über den Heuverteiler konnte die Einlagerung des Futters weitgehend automatisiert werden. Der Verteiler schichtete das Futter besonders locker und gleichmäßig in die Heubox. Es ist nicht auszuschließen, dass diese Geräte in moderner Form wieder auftauchen werden.

Heubagger/Mobilkran

Der Heubagger wird oft auf kleineren Betrieben als Universalmaschine eingesetzt. Es gibt ihn in selbstfahrender und versetzbarer Ausführung. Meist werden sie für Heu Ein- und Auslagerung sowie als Mistgreifer, selten auch als Holzgreifer eingesetzt.



Ballenzange/Wendezange

Mit Ballenzangen, welche im Idealfall auch eine Wendevorrichtung besitzen, wird das Manipulieren der Ballen erleichtert. Sie können an Frontladern oder auch an Staplern montiert werden. Denkbar ist auch eine Befestigung an einem Kran.

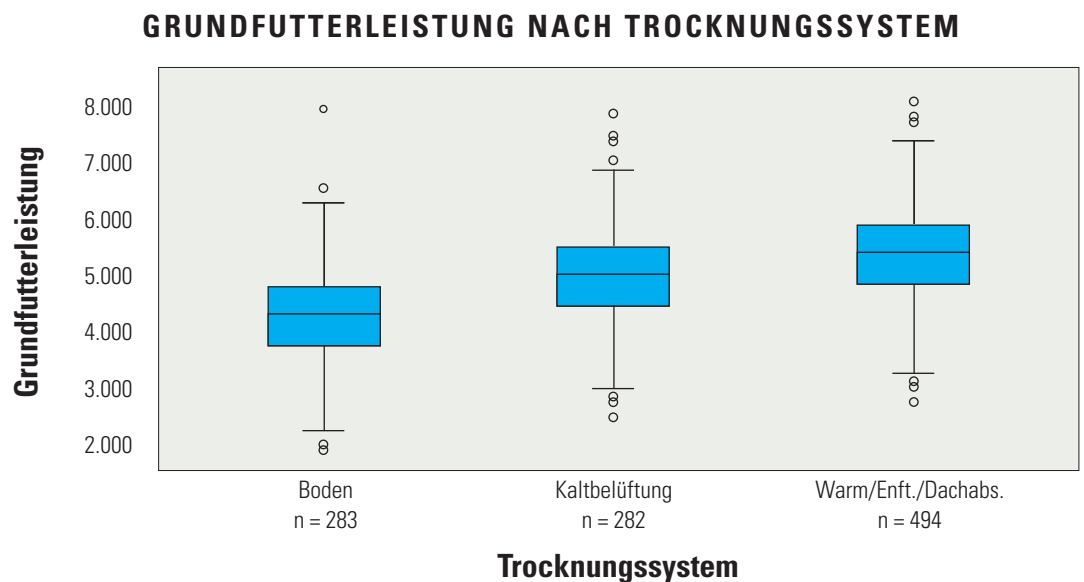
Trocknen von Heu

Trocknen ist die älteste Form der Konservierung. Durch den Wasserentzug werden ungünstige Bedingungen für das Wachstum von Bakterien und Schimmelpilzen, welche in jedem Futter (und Lebensmittel) enthalten sind, geschaffen.

Warum technische Heutrocknung?

Das teuerste Heu ist verdorbenes Heu!

Weil in der Praxis nicht immer ausreichende Schönwetterphasen auftreten, muss Heu technisch fertig getrocknet werden. Ansonsten kann der optimale Schnittzeitpunkt nur selten erreicht werden. Milchviehbetriebe die diese Möglichkeit nicht haben, erleiden deutliche Nachteile hinsichtlich ihrer Grundfutterleistung wie eine Untersuchung von 2016 unter einer Vielzahl von Betrieben zeigt:



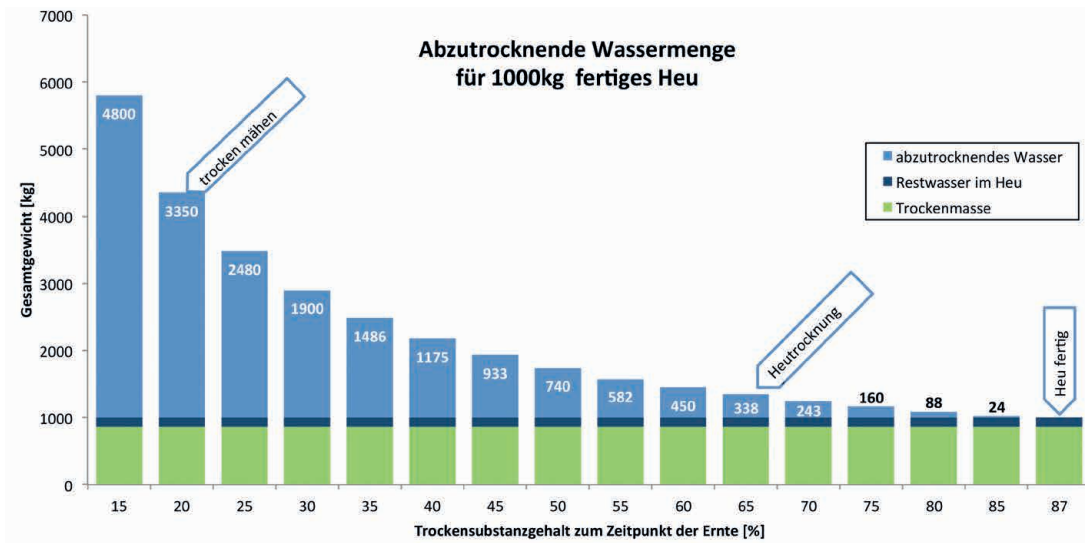
Lindner, Kittl

Deshalb sind für die gesamte Heutrocknung letztendlich nur zwei Dinge wichtig:

Das Futter muss innerhalb 80h (Ballen 60h) + Nachbelüftung vollständig auf Lagerfähigkeit (<13% Restfeuchte) getrocknet werden.

Die Schwierigkeit besteht in der großen abzutrocknenden Wassermenge und darin, alle Stellen im eingelagerten Futter zu erreichen. Für Lose- und Ballentrocknung gilt gleichermaßen, dass die Trocknungsanlage die Hälfte bis ein Drittel der gesamten Erntefläche verarbeiten können muss. Gelingt das nicht, so kann der optimale Schnittzeitpunkt nicht erreicht werden.






ABZUTROCKNENDE WASSERMENGE FÜR 1.000 KG FERTIGES HEU



Kittl (n. Wirleitner)

Der Großteil des abzutrocknenden Wassers wird von der Sonne am Feld getrocknet. Gastrocknungen oder das Trocknen von siloreifem Futter haben sich aufgrund des hohen Energieaufwands nicht bewährt.

Es gilt den idealen Zeitpunkt zu treffen, wo das Futter möglichst weit am Feld vorge-trocknet wird und andererseits die Bröckelverluste noch so gering wie möglich gehalten werden.

				
F = 80 %	65 %	40 %	30 %	< 30 %
TM=20 %	35 %	60 %	70 %	> 70 %
frisches Mähgut, einheitlich satte Farben	Anwelkgut, silbrige Verfärbung, Blätter welken vom Rand aus	feuchtes Belüftungsheu, beim Wringen kein Saftaustritt an Stängelenden, Handflächen glänzen noch	trockenes Belüftungsheu, beim Ausstreifen von Stängeln mit dem Daumen-nagel kein Saft-austritt mehr	zu trockenes Belüftungsheu, Blätter bröckeln bereits stark ab
	Silage			
	Luftentfeuchter und Warmbelüftung			
	Dachabsaugung			
	Kaltbelüftung			

n. Wirleitner

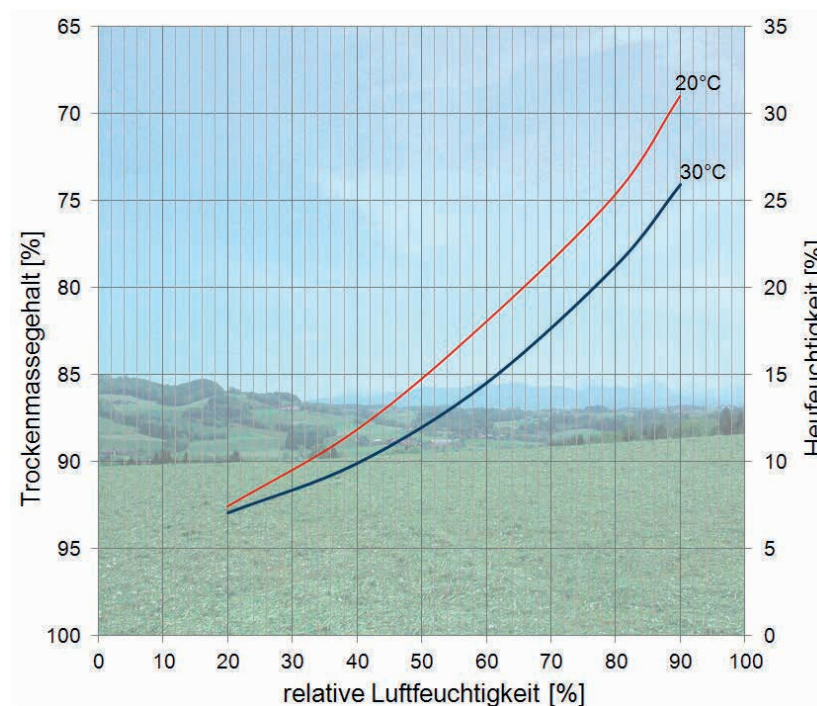
Je stärkere Technik im Einsatz ist, desto feuchter kann das Futter eingefahren werden beziehungsweise desto rascher und hochwertiger kann das Futter getrocknet werden. Besonders im Hinblick auf das Wetterrisiko haben sich moderne und schlagkräftige Heutrocknungen bewährt. Mit modernen Trocknungen sind in der Regel nur noch zwei Sonnentage für eine Ernte nötig. Dadurch werden auch die mechanische Bearbeitung, das Ausbleichen durch UV-Strahlung (Vitaminverlust) und die Wiederaufeuchtung durch Tau minimiert.

Bauformen von Trocknungsanlagen

Für die Losetrocknung und für die Ballentrocknung gibt es eine Reihe an unterschiedlichen Trocknungsanlagen. Ihre Vor- und Nachteile sollen in der folgenden Tabelle aufgezeigt werden.

ANLAGENTYP	TROCKNUNGS-LEISTUNG	SICHERE KONSERVIERUNG	TROCKNUNGS-KOSTEN	KOMFORT
Kaltbelüftung	- -	- -	- -	- -
Kaltbelüftung mit Dachabsaugung	+ -	+ -	++	+ -
Warmbelüftung	++	++	+ -	+ -
Entfeuchtertrocknung	++	++	+ -	++
Warmbelüftung mit Dachabsaugung	++	++	++	++
Entfeuchtertrocknung mit Dachabsaugung	++	++	++	++

FEUCHTEGLEICHGEWICHT (TROCKNUNGSGRENZE)



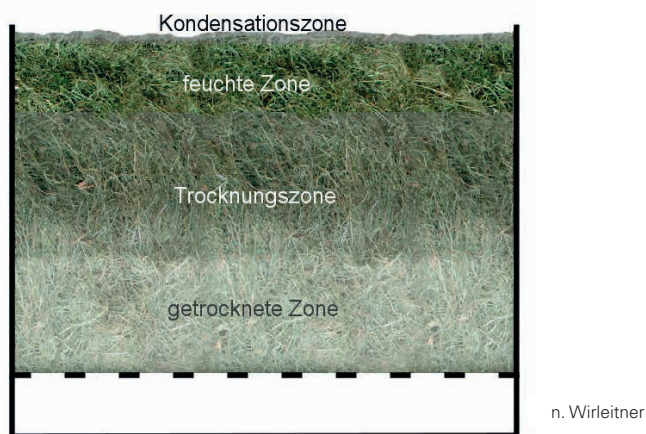
Belüften führt nicht immer zu einer Trocknung!

Wirleitner (n. Segler)

Bei Regenwetter ist trotz Belüftung mit Außenluft keine Trocknung von Heu bis zur Lagerfähigkeit möglich. Es gibt nämlich einen Gleichgewichtszustand zwischen der Feuchtigkeit eines Trockengutes und der relativen Luftfeuchtigkeit. Zum Trocknen von Heu auf Lagerfähigkeit von rund 87% Trockenmasse ist bei 20 °C beispielsweise eine maximale Luftfeuchtigkeit von höchstens 50% Voraussetzung. Bei 80% relativer Luftfeuchtigkeit ist nur eine Trocknung bis etwa 76% Trockenmasse möglich. Ist die Luft feuchter, so wird trotz Belüftung nicht mehr getrocknet. Es wird dann das Heu sogar in geringerem Umfang wieder Wasser aufnehmen. Das Belüften führt also nur dann zu einer Trocknung, wenn eine relative Luftfeuchtigkeit unterhalb der Gleichgewichtskurve herrscht. Aus Sicherheitsgründen muss jedoch belüftet werden, wenn die Temperatur im Heu durch Selbsterwärmung über 35°C steigt.

Wegen des Feuchtigkeitsgleichgewichts trocknet das Heu nicht gleichmäßig, sondern schichtweise.

SCHICHTWEISE TROCKNUNG VON HEU



Die bis zum Feuchtigkeitsgleichgewicht getrocknete Schicht wandert im Lauf der Zeit in Strömungsrichtung der Luft weiter. Bei niedriger Außentemperatur kann die feuchte Trocknungsluft an der Heustockoberfläche kondensieren und eine Schimmelbildung verursachen. Eine derartige Kondensationszone kann sich besonders auch bei Warmlufttrocknung einstellen.

Die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft

Die tatsächliche Wasseraufnahme der Luft ist von der relativen Luftfeuchte, der Temperatur, aber auch von der Feuchtigkeit des Trocknungsgutes abhängig. Theoretisch könnte z.B. ein Kubikmeter Luft bei 20°C und 70% relativer Feuchtigkeit 5,2 g Wasser bis zur Sättigung aufnehmen. In Wirklichkeit ist aber die Wasseraufnahme viel geringer: Die Erklärung dafür ist, dass sich die Luft während eines Trocknungsvorgangs abkühlt, weil die zur Verdunstung (Verdampfung) des Wassers nötige Energie von 0,68 kWh je kg Wasser entzogen wird. Aus der, mit einer Trocknung einhergehenden Abkühlung der Luft lässt sich damit die Wasseraufnahme der Luft bestimmen: 1°C Abkühlung entspricht rund 0,47 g/m³. Wegen des Wärmeentzugs der Luft ist der spezifische Energieaufwand für die Heubelüftung meist erheblich kleiner als die Verdampfungswärme. Bei Kaltbelüftung streut der Energieaufwand um 0,25 kWh/kg Wasser.

Wenn sich im Lauf eines Trocknungsvorgangs das Feuchtigkeitsgefälle des Trocknungsgutes gegenüber der Luft entsprechend dem Gleichgewichtszustand vermindert, dann

nimmt auch die Luft immer weniger Wasser auf. Insgesamt wird also auch das unter Berücksichtigung der Abkühlung mögliche („adiabatische“) Sättigungsdefizit der Luft nicht ausgeschöpft. In der Praxis kann mit einer Ausnutzung des Sättigungsdefizits von etwa 50 bis 65% gerechnet werden. Das wiederholte Beschicken einer Trocknungsanlage mit kleinen Füllmengen innerhalb weniger Tage kann den Ausnutzungsgrad verbessern.

Eine Anwärmung der Luft oder eine Entfeuchtung mit einer Wärmepumpe erhöht die Wasseraufnahmefähigkeit der Trocknungsluft beträchtlich. Während bei Kaltbelüftung bei üblichen Luftfeuchtwerten ungefähr 0,8 bis 1,1 g Wasser/m³ Luft aufgenommen werden, steigt z.B. bei 5 °C Anwärmung die Wasseraufnahme auf fast das Doppelte. Der spezifische Energieaufwand liegt bei ständiger Warmbelüftung um 1 bis 1,4 kWh je kg abzutrocknendes Wasser.

Warmbelüftung mit Heizanlagen

Die Luftanwärmung durch einen ölbefeuerten Warmluftofen oder eine Biomasseheizung ermöglicht die Trocknung während der Nacht und bei folgendem Schlechtwetter. Vorausgesetzt die Heizanlage ist stark genug, können nach der ersten Nacht wieder größere Heu-Chargen aufgebracht werden. Dabei sind allerdings beträchtliche Heizleistungen notwendig: Je 1 m³/s Luftförderleistung und 10 Grad Anwärmung beträgt die notwendige Heizleistung rund 12 kW. Für eine 100m² große Box und einer Anwärmung um 10 Grad bei 10 m³/s sind dafür etwa 120 kW Heizleistung nötig! Eine Anwärmung unter 5°C bringt eine zu geringe Steigerung der Wasseraufnahmefähigkeit bei Regenwetter. Helfen kann hier die Drosselung der Luftmenge, um besser anzuwärmen. Bei der Anwärmung sollten bevorzugt Biomasseheizungen verwendet werden. Dabei wird die Wärme über handelsübliche Wärmetauscher an die Trocknungsluft übergeben. Am Betrieb vorhandene Hausheizungen können wegen der geringen Leistungen (typisch unter 50 kW Nennleistung) nur für kleine Betriebe und Trocknungsanlagen verwendet werden. Stückholzheizungen benötigen einen großen Füllraum (ab 500l) für eine längere Laufzeit, bevorzugt sollten automatische Feuerungen mit Hackgut oder für den Notfall auch Ölöfen verwendet werden. Bei Biogasanlagen kann die Abwärme der Stromaggregate ideal zur Luftanwärmung genutzt werden, wenn die Distanz von Anlage und Heustock überbrückbar ist. Um möglichst wenig Energie zu verbrauchen, sind automatische Steuerungen, welche eine Heizung zu- und wegschalten können, von Vorteil. Diese lassen die Heizanlage nur wenn nötig laufen.



ENERGIEBEDARF ZUR LUFTANWÄRMUNG			
Luftleistung der Anlage (m ³ /h)	Heizleistung (netto) in kW zur Erwärmung der Luft um		
	1°C	5°C	10°C
20.000	7,00	35,00	70,00
25.000	8,75	43,75	87,50
30.000	10,50	52,50	105,00
35.000	12,25	61,25	122,50
40.000	14,00	70,00	140,00
45.000	15,75	78,75	157,50
50.000	17,50	87,50	175,00

n. Rossrucker

Warmbelüftung mit Luftentfeuchtung

Bei der Luftentfeuchtung wird für gute Trocknungsbedingungen der Trocknungsluft Wasser entzogen. Dies geschieht in sogenannten Luftentfeuchter Wärmepumpen. Für den Betrieb eines Luftentfeuchters wird ein Kompressor mit elektrischer Energie angetrieben. Unter guten Bedingungen wird durch die Wärmepumpe Energie wesentlich effizienter eingesetzt als durch Luftanwärmung. Einer der wesentlichen Gründe für effiziente Anlagen ist der Umluftbetrieb. Dabei wird die Abluft aus dem Heu, welche noch sehr viel (Kondensations)-Energie enthält, wieder von dem Luftentfeuchter eingesaugt und entfeuchtet. Weiters ist es wichtig für möglichst wenig Wärmeverlust aus der Trocknung zu sorgen. Dabei legt man Betonböden unterhalb von Trocknungen mit Spanplatten aus, trennt die Trocknung von anderen Gebäudeteilen mittels Rollplanen und verwendet einen Kaldachaufbau (meist als Dachabsaugung) für eine Wärmissolierung nach oben. Entlüftungsöffnungen wie z.B. eine Firstentlüftung sind erwünscht, Querdurchlüftung ist allerdings zu vermeiden (Rollplane). Eine solche Bauweise und die richtige Auslegung der Anlage sind für einen Trocknungserfolg entscheidend.



Vorteile von Anlagen mit Luftentfeuchtern sind die etwas größeren möglichen Schütthöhen frischen Futters, da bereits in der ersten Nacht und mit sehr trockener Luft getrocknet werden kann. Weiters bieten Luftentfeuchteranlagen den größten Komfort, da sie automatisiert sind und abgesehen von der Reinigung keine weiteren Arbeiten wie Brennstoffzufuhr nötig sind.

Speziell für größere Betriebe und für Betriebe im Nebenerwerb bringen Luftentfeuchteranlagen eine notwendige Zeitersparnis. Zwingend nötig für eine gute Aufbereitung der Trocknungsluft ist die Steuerung der Luftmenge die durch das Gerät strömt, da je nach Füllmenge und Trocknungsfortschritt unterschiedliche Bedingungen herrschen. Luftgeschwindigkeiten von 2-4 m/s sind einzuhalten. Um diese Luftgeschwindigkeiten weder zu unterschreiten (Vereisung) noch zu überschreiten und damit den ungewollten Weitertransport der Wassertropfen zu verursachen, wird bei manchen Anlagen ein Teil der Luft am Luftentfeuchter vorbeigeführt (Teilentfeuchtung, Bypass). Der Trend geht bei den Systemen, auch aufgrund der höheren Trocknungsleistung, in Richtung Vollentfeuchtung und regulierter Luftmenge.

Für die Dimensionierung der Anlagen sind wie für die Anwärmung der Luft große Anschlussleistungen der Geräte nötig. Grob kann man für eine brauchbare Auslegung ca. 1kW je 10 m² Boxenfläche bzw. 0,1 kW je 100kg Anwelkgewicht von Ballen nehmen. Besonders starke Trocknungen erhöhen diesen Faktor auf das Doppelte.

Warmbelüftung mit Dachabsaugung

Die Sonne trocknet am günstigsten. Was bereits am Feld von Nutzen ist, kann zum Teil auch für die Trocknung unter Dach verwendet werden, indem die Trocknungsluft durch den Zwischenraum im Dach gesaugt wird. Werden die Anlagen mit der berechneten Kanalhöhe gebaut, dann sind dabei Heizleistungen zwischen 200 und 400 W/m² Dachfläche erreichbar. Die Wirkungsgrade liegen dabei um 30-50% allerdings stehen in der Landwirtschaft große Dachflächen zur Verfügung, weshalb mit Dachabsaugungen große Heizleistungen erreicht werden können.

Die meisten Dächer eignen sich für eine Absaugung. Die Dachschräge und die Himmelsrichtung sind dabei weit weniger von Bedeutung als für thermische Solaranlagen oder Photovoltaikanlagen. Grundsätzlich gilt, je flacher ein Dach ist, desto besser eignet es sich für eine Absaugung. Das Material aus dem das Dach ist beeinflusst den Wir-

kungsgrad. Blechdächer haben die größte Wärmeleistung neigen aber zum Kondensieren. Ziegeldächer wärmen die Trocknungsluft am wenigsten gut an, weil zwischen den Platten viel Falschlufft eingesaugt wird. Faserzementdächer sind ein guter Kompromiss.

Die Kanalhöhe im Dach bestimmt die Luftgeschwindigkeit. Sie soll zwischen 4-6 m/s liegen. Mit nachstehender Tabelle kann die richtige Kanalhöhe abgeleitet aus der Ansaugfläche berechnet werden. Wird die Luft von einer Dachseite zur anderen gesaugt, so ist die Fläche durch die Länge der Ansaugöffnung zu dividieren. Wird von zwei Seiten zur Mitte hin gesaugt, muss die Ansaugfläche durch die Summe der Längen aller Ansaugöffnungen dividiert werden. Weitere Maße finden sich in der Tabelle im Anhang.

Beispiel:

Eine Dachhälfte mit 25m x 11m soll quer abgesaugt werden. Die Luftführung ist von beiden Außenseiten zur Mitte hin. Die Boxenfläche hat 100m².
 Berechnung: $2,75 / (11+11) = 0,125m = 12,5cm$ Kanalhöhe

Boxenfläche [m ²]	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Ansaugfläche [m ²]	1,1	1,65	2,2	2,75	3,3	3,85	4,4	4,95	5,5

Berechnung erfolgt ohne Abzug von Konstruktionshölzern (Bruttolängen)

Detaillierte Informationen zum Bau und zur Planung von Heutrocknungen finden Sie in der ÖKL Broschüre: „LTS 236: Heutrocknung – Technische Grundlagen für die Bauplanung“

Der Ventilator

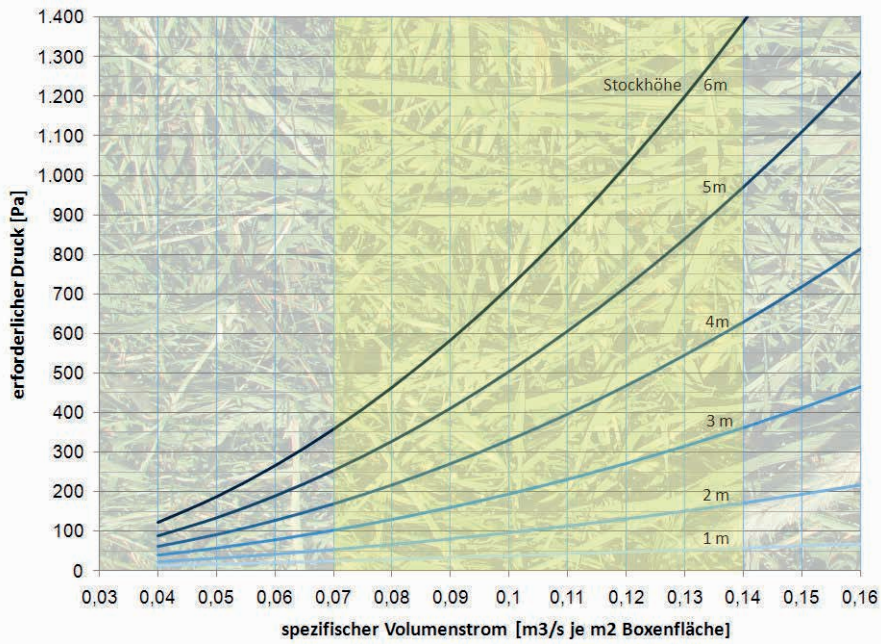


Für die Leistung des Ventilators sind Luftmenge und Luftdruck immer gemeinsam zu betrachten. Eine gewisse Boxengröße oder die Anzahl der Ballen bestimmen die Luftmenge, die Schütthöhe in der Box oder die Pressdichte der Ballen bestimmen den Luftdruck. Die Tabelle im Anhang gibt eine grobe Übersicht für die Auswahl des Ventilators. Als Faustzahl für den Leistungsbedarf kann man 1 kW je 10m² Boxenfläche ansetzen. Für die Ballenbelüftung setzt man ca. 0,1 kW je 100kg Anwelkgewicht an.

Für ein langsames Anlaufen und für die Drehzahlregelung werden heute oft Elektronische Frequenzumformer eingesetzt. Mit ihnen ist es möglich, den hohen Anlaufstrom zu reduzieren und die Drehzahl und somit Luftleistung des Ventilators stufenlos zu regulieren. So kann man bei Schönwetter viel und bei Schlechtwetter nur so viel Luft wie nötig in die Trocknung einblasen. Idealerweise übernimmt diese Drehzahlregelung die Steuerung der Trocknung. Mit Frequenzumformern kann die Leistung des Ventilator-motors auch überdimensioniert werden, dadurch reduziert sich die Oberflächentemperatur des Motors bei gleich bleibender Stromaufnahme. Dies ist vorteilhaft, weil die Motoren oft in sehr warmer Umgebung (Lüfterkammer) arbeiten müssen. Zusätzlich können Leistungsreserven unter kritischen Bedingungen abgerufen werden.

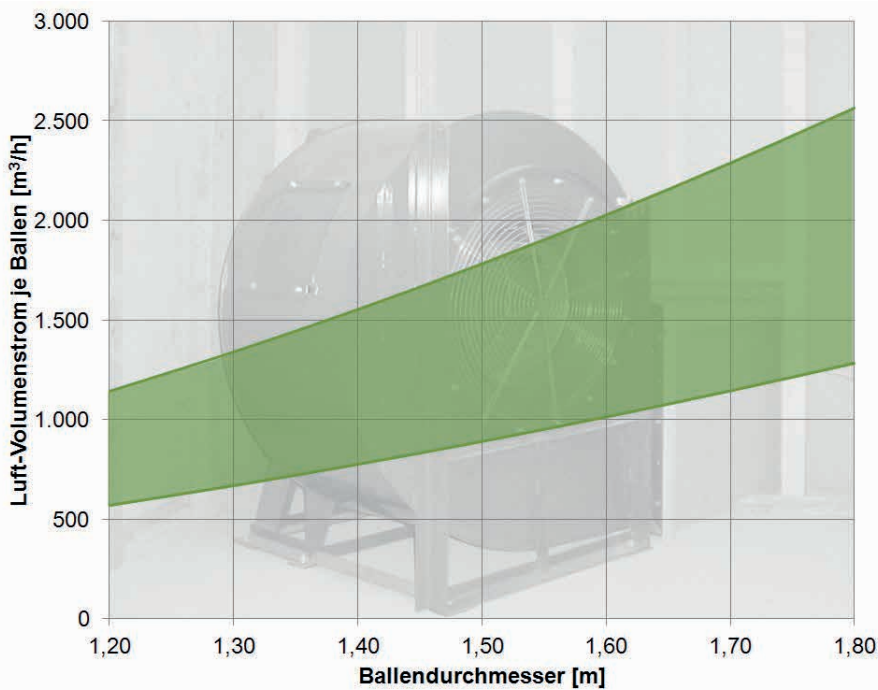
Die benötigte Luftmenge bewegt sich in der Losetrocknung zwischen 250-400 m³ je Sekunde und m² Boxenfläche. Bei Ballen liegt sie je nach Ballendurchmesser zwischen 1000-2000 m³ je Stunde und Ballen. Je nach Wettersituation und vorhandener Trocknungstechnik orientiert man sich am oberen oder unteren Wert.

STRÖMUNGSWIDERSTAND IM HEU LUFTMENGE FÜR UNTERSCHIEDLICHE BOXENGRÖSSEN



n. Wirleitner

LUFTMENGEN FÜR UNTERSCHIEDLICHE BALLENDURCHMESSER



n. Wirleitner

Der benötigte Luftdruck addiert sich aus folgender Tabelle

ZUSCHLÄGE	WERT
Je Meter Futterart: Dauerwiese	160 Pa
Je Meter Futterart: Gräser- / Kräuterreich	120 Pa
Je Meter Futterart: Kleereich	240 Pa
Dachabsaugung	120 Pa
Wärmetauscher	70 Pa
Luftentfeuchter	120 Pa
Standort des Betriebes über 1000m Seehöhe	120 Pa

Praxistipp

Die Druckwerte, welche unter normalen Bedingungen bei halb voller Box und voll gefüllter Box gemessen werden, notiert man sich in der Nähe des U-Schlauches z.B. an der Boxenwand. Werden einmal kritische Mengen eingefüllt, hilft der Vergleich mit den Normalwerten. Steigt der Druck in Richtung des doppelten Normalwertes, so kann man davon ausgehen, dass die Box zu leeren ist und neu befüllt werden muss.



Drucküberwachung mittels U-Schlauch

Kittel

Der errechnete Luftdruck darf nicht mit dem Maximaldruck des Lüfters gleichgesetzt werden. Dieser liegt typischerweise zwischen 1300 und 1900 Pa.

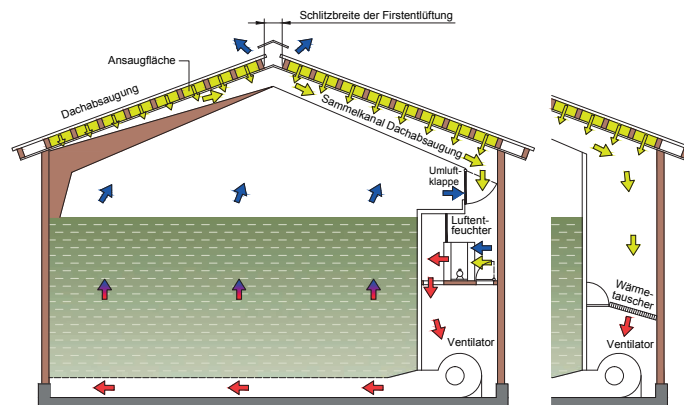
Der vom Ventilator zu überwindende Druck kann sehr einfach gemessen werden. Dafür nimmt man einen durchsichtigen Schlauch mit zwei offenen Enden. Das eine offene Ende wird knapp unterhalb des Boxenrostes und außer Reichweite von schneller Luftströmung ca. 20 cm weit durch die Boxenwand gesteckt. Mit dem zweiten Ende formt man ein U. Wird nun ein wenig Wasser eingefüllt, so drückt der Lüfter gegen das Wasser im Schlauch. Die Differenz kann mittels Lineal oder Meterstab gemessen werden. 1 cm entspricht dabei 100 Pa Druck.

Bei der Ballentrocknung kann ähnlich verfahren werden, indem ein Ballenring angebohrt wird und dort der Schlauch eingesteckt wird.

Losetrocknung

Bei der Losetrocknung handelt es sich um die am meisten verbreiteten Anlagen. Sie werden so gebaut, dass im Idealfall ein gesamter Aufwuchs in der Anlage Platz findet. Die Beschickung und Entleerung erfolgt meist mit einem Kran. Diese Anlagen haben eine hohe Toleranz bei Mengenschwankungen und können große Futtermengen aufnehmen. Weiters kann das Futter um ca. 5% feuchter eingebracht werden.

Die Auslegung erfolgt so, dass an einem Einfuhrtag zwischen 1,5m und maximal 3m Schütthöhe eingebracht werden. Besonders große Boxen (> 200m²) sollten besser unterteilt und mit einem zweiten Ventilator betrieben werden.



Quelle ÖKL

Die Befüllung der Box soll nicht in großer Eile erfolgen. Das Futter muss gleichmäßig und möglichst locker auf die gesamte Fläche verteilt werden. Dabei soll mit einer mög-

lichst großen Zange das Heu locker aufgenommen werden und mit abgesenktem Arm oder Winde, während einer Fahr- oder Drehbewegung die Zange langsam geöffnet werden. Keinesfalls das Futter an einer Position fallen lassen! Durch den Ladewagen verdichtete Stellen im Futter (Ladeaggregat oder Messer) müssen vorher z.B. durch aufnehmen und wieder fallen lassen aufgelockert werden. Dosierwalzen am Ladewagen dürfen keinesfalls bei gut vorgetrocknetem Futter eingesetzt werden.



Am Beginn der Trocknung:

Nachdem ca. ein halber Meter Heu in die Box eingelagert wurde, wird der Ventilator eingeschaltet und während der Befüllung laufen gelassen, damit das Futter nicht zusammensackt und locker in der Box bleibt. Die ersten 24 Stunden muss der Ventilator deshalb durchlaufen.

Es dürfen keine besonders hohe Schichten von frischem Futter eingebracht werden um den Ventilator nicht zu überfordern. Dabei gilt, je feuchter das Futter ist, desto weniger Futter darf in die Box eingebracht werden, jedoch soll in jedem Fall die Schicht 3 m nicht überschreiten. Für sehr junge Futterbestände und Klee (Ausnahme Luzerne) dürfen 2 m nicht überschritten werden. Darunter liegende, bereits trockene Schichten stellen nur einen relativ geringen Widerstand dar, der bei ausreichend dimensionierten Ventilatoren keine Probleme verursacht. Als sinnvolle Gesamthöhe kann eine Futterschicht von 5 m angesehen werden, in Ausnahmefällen sind bis zu 7 m möglich.

Während des Trocknens:

Die Trocknungsluft nimmt beim Vorbeiströmen Feuchtigkeit aus dem Futter auf (Verdunstung). Dabei sinkt die Temperatur der Trocknungsluft und deren Luftfeuchtigkeit nimmt zu. Dieser Unterschied lässt sich sehr gut messen. Durch den Einsatz von Temperatur und Feuchtefühlern beim Ventilator und oberhalb vom Heustock kann der Trocknungsfortschritt beobachtet werden.

LUFTFEUCHTE		BEDEUTUNG	AKTION
Ventilator	Abluft		
60%	80%	z.B. Beginn der Trocknung	Trocknung laufen lassen
45%	70%	Trocknung weit fortgeschritten	Trocknung laufen lassen
40%	42%	Ende der Trocknung	Start der Nachbelüftung
60%	>90%	Zu viel Futter in der Trocknung oder Heustock zusammengesackt	Luftdruck kontrollieren, ev. Teil des Futters austräumen und wieder einräumen
70%	60%	Kaltbelüftung – trockenes Futter wird wieder angefeuchtet	Ventilator auf Intervallbetrieb schalten

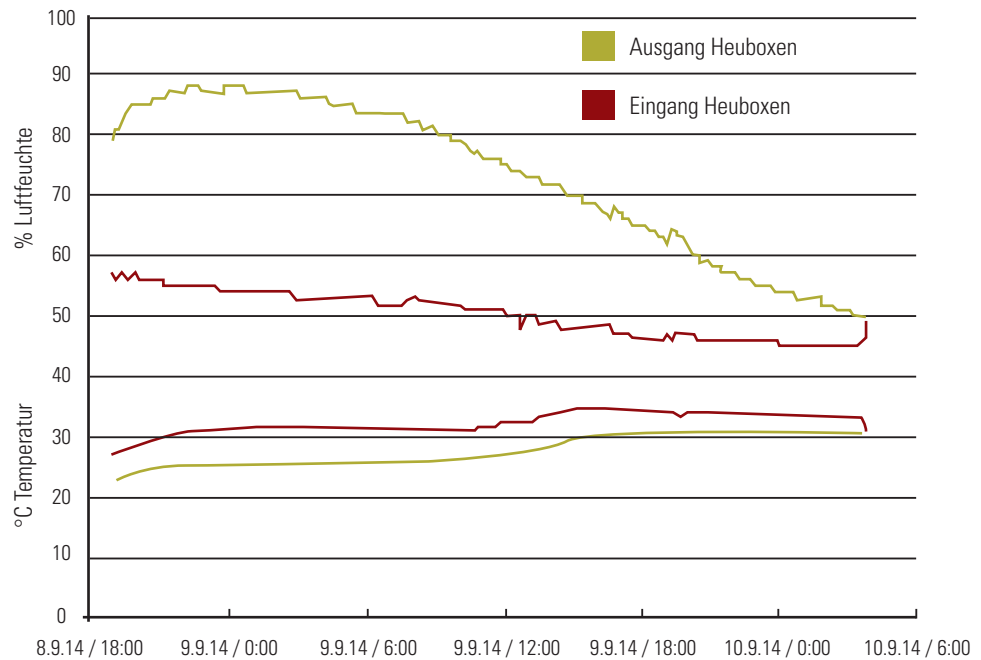
n. Kittl

Achtung: die Messgeräte messen nur einen Durchschnittswert. Es können trotzdem noch vereinzelte feuchte Stellen im Futter enthalten sein!

Sind deutliche Temperatur- und Feuchteunterschiede messbar, dann wird noch aktiv getrocknet. Zeigen die Messinstrumente nur noch geringe Unterschiede (2-3°C oder 2-3% LF) ist der Hauptteil der Trocknung abgeschlossen und es kann zum Nachbelüften übergegangen werden.

Die nachfolgende Grafik zeigt eine typische Abtrocknungskurve und das Abstellen der Anlage bei nur noch geringer Temperatur- und Feuchtedifferenz. Das Ansteigen der Temperaturkurve am Beginn der Trocknung ist ein Hinweis darauf, dass diese Anlage mit Entfeuchtertrocknung ausreichend dimensioniert wurde.

TROCKNUNGSVERLAUF ENTFEUCHTERTROCKNUNG



n. Kittl

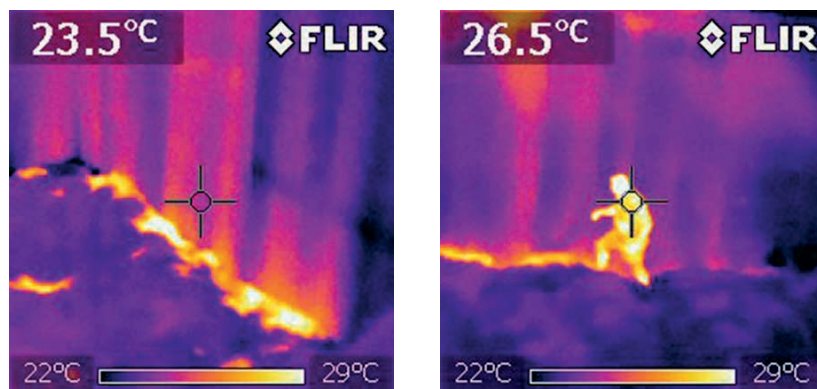
Praxistipp

Wenn man der Meinung ist, dass der Hauptteil der Trocknung abgeschlossen ist, kann man barfuß über das Heu gehen, um noch feuchte Stellen auszumachen. Dort wo noch feuchte Stellen gefühlt werden können, lässt man ein Stück von einem Taschentuch liegen. Diese Stellen können später vom Kran aus gezielt verteilt werden.

Während des Trocknens entstehen oft sogenannte Trocknungskamine. Durch diese und auch am Boxenrand kann die Luft leichter ausströmen als durch verdichtete Futterstellen. Deshalb ist es hilfreich während der Haupttrocknungsphase (z.B. Tag 1-3) die oberste Futterschicht (max. 1m) etwas umzuschichten um die Trocknungskamine zu unterbrechen. Die Haupttrocknungsphase muss für beste Qualität in weniger als 80 h abgeschlossen sein.

Der Heustock darf erst am Ende der Trocknung betreten werden, da sonst Verdichtungen entstehen. Ausnahme ist eine absichtliche Verdichtung am Rand indem – wenn nötig – dort einmal rundherum gegangen wird. Treten häufig Probleme mit Trocknungskaminen auf und lassen sich diese nicht in den Griff bekommen, kann eine Wärmebildkamera unterstützen.

TROCKNUNGSKAMINE IM FUTTER UND AM RAND



n. Kittl

Nachbelüften und fertig Trocknen

Wenn die Trocknungsluft nur noch geringe Unterschiede zwischen Ventilator und Abluft aufweist, wird auf das Nachbelüften übergegangen. Wer eine Steuerung verwendet kann auf das Nachbelüftungsprogramm umstellen. Es wird in mit immer länger werdenden Pausen der Ventilator ca. eine Stunde eingeschaltet. Wenn nach längerer Pause die Abluftfeuchte unterhalb 50% ist, kann man davon ausgehen, dass das Futter fertig getrocknet ist. Einzelne feuchtere Stellen können immer noch im Futter enthalten sein, weshalb meist auch nach dieser Zeit z.B. noch mittags der Ventilator für eine Stunde eingeschaltet wird.

Ballentrocknung

Bei der Ballentrocknung werden gepresste Rundballen, selten Quaderballen auf einer Trocknungsanlage fertig getrocknet. Dabei handelt es sich meist um stationäre Anlagen. Kleinere Anlagen sind auch in mobiler Ausführung erhältlich und nehmen während der Winterzeit keinen zusätzlichen Platz in Anspruch.

Für die Planung einer Anlage muss Klarheit über die ungefähre Anzahl der am Feld gepressten Ballen herrschen. Weiters macht es große Unterschiede für welche Tiere das Futter gedacht ist. So stellen Mutterkühe, Jungvieh, Trockensteher oder Pferde wesentlich weniger hohe Ansprüche an das Futter als laktierende Tiere. Dementsprechend rasch und hochwertig muss die Konservierung des Heus für letztere erfolgen. In der Praxis bedeutet das, dass man Ballen mit hohem Energiegehalt und höherer Restfeuchte nicht einfach über Nacht liegen lassen kann, ohne dass sie zumindest durchlüftet (gekühlt) werden. Auf einer Trocknung finden aber nie alle gepressten Ballen gleichzeitig Platz, weshalb die Anlage öfter beschickt werden muss.

Im Vergleich zur Losetrocknung müssen die Ballen am Feld länger vorgetrocknet werden. Auch bei schlagkräftigen Anlagen sollen die Ballen nicht über 35% Restfeuchte haben. Empfohlen werden 30% Restfeuchte. Die gepressten Ballen sind nicht gleich in ihrer Zusammensetzung. Dichte und Feuchteunterschiede lassen sie unterschiedlich schnell trocknen, weshalb manche Ballen früher fertig sind als andere. Bis die Ballen endgültig trocken sind, müssen sie, wie bei der Losetrocknung auch, nachbelüftet werden. Dies erfordert ein erneutes Umschichten oder eine Anlage mit entsprechend großer Anzahl an Ballenplätzen. In der Praxis wollen die Betriebe nicht oft umschichten, weshalb sie mit starker Trocknungstechnik versuchen die Ballen unter 10% Restfeuchte zu trocknen und danach hoffen, dass durch die Nachfeuchtung der Stängel die Restfeuchte nicht wieder über 13% hinausgeht. Ballen trocknen im Kern und an der Belüftungsseite zuerst. Eine Energieeinsparung kann man erreichen, wenn man die Ballen nach der halben Trocknungszeit einmal wendet, oder die Möglichkeit hat von beiden Seiten zu belüften.

Die größere Herausforderung bei der Ballentrocknung besteht in dem Arbeitsablauf (Beschicken und Entleeren) mit der Anlage. Für die Aufbereitung der Trocknungsluft gilt grundsätzlich das gleiche wie für die Losetrocknung, die Haupttrocknungsphase muss für beste Qualität aber in weniger als 60 h abgeschlossen sein.

Sind die Ballen einmal fertig getrocknet, bietet das System einige Vorteile. Die Ballen können an unterschiedlichen Stellen gelagert und verfüttert werden. Die Futtervorlage kann im Gegensatz zur Losetrocknung für mehrere Tage gemacht werden, da durch das Abwickeln der Ballen frisches Futter zum Vorschein kommt, welches noch keinen Stallgeruch angenommen hat. Weite Transportwege während der Ernte von Pachtflächen lassen sich durch das verdichtete Futter kostengünstiger überwinden.



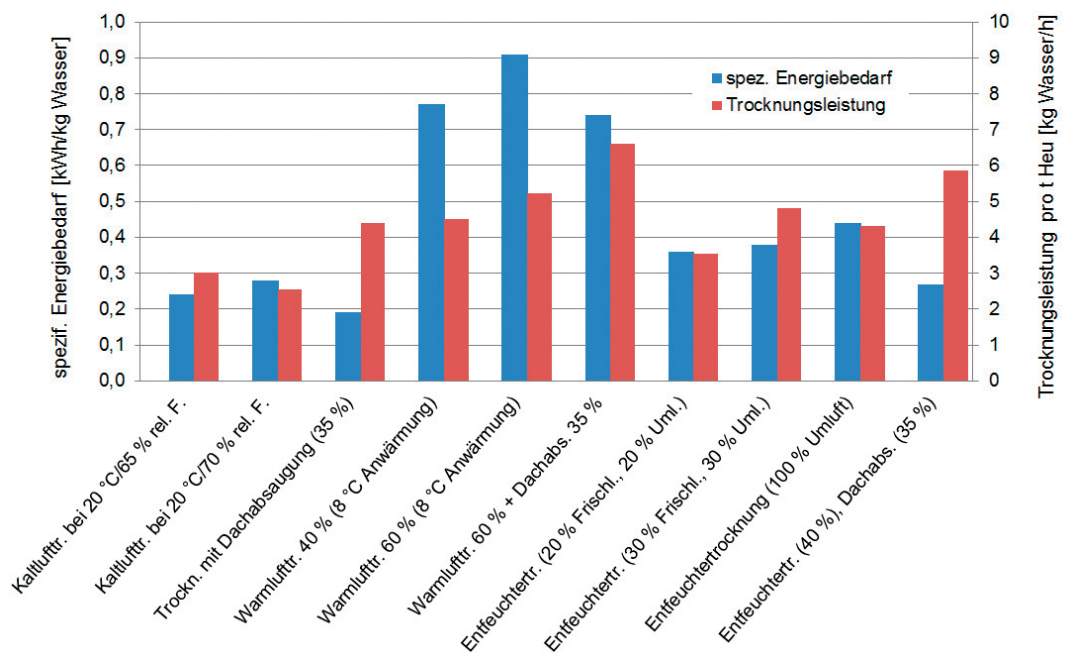
Praxistipp

Die Anlagen sollten so gebaut werden, dass alle Ballen jederzeit von der Anlage genommen werden können. Das erleichtert die Arbeit enorm. Eine große Anzahl von Ballenplätzen erspart ständiges Umschichten der Ballen, verteuert aber die Anlage.

Über den Erfolg bei der Ballentrocknung entscheidet bereits das Pressen.

Heutrocknung und Energieeffizienz

Endgültig trockenes Material erhält man nur durch Verdunsten oder Verdampfen des enthaltenen Wassers. Für 1 kg Wasser braucht man dazu bei 20 °C eine Verdampfungswärme von rund 2.250 kJ = 0,68 kWh. Diese Energie stellt also den eigentlichen Markstein für die Effizienz einer Trocknung dar.

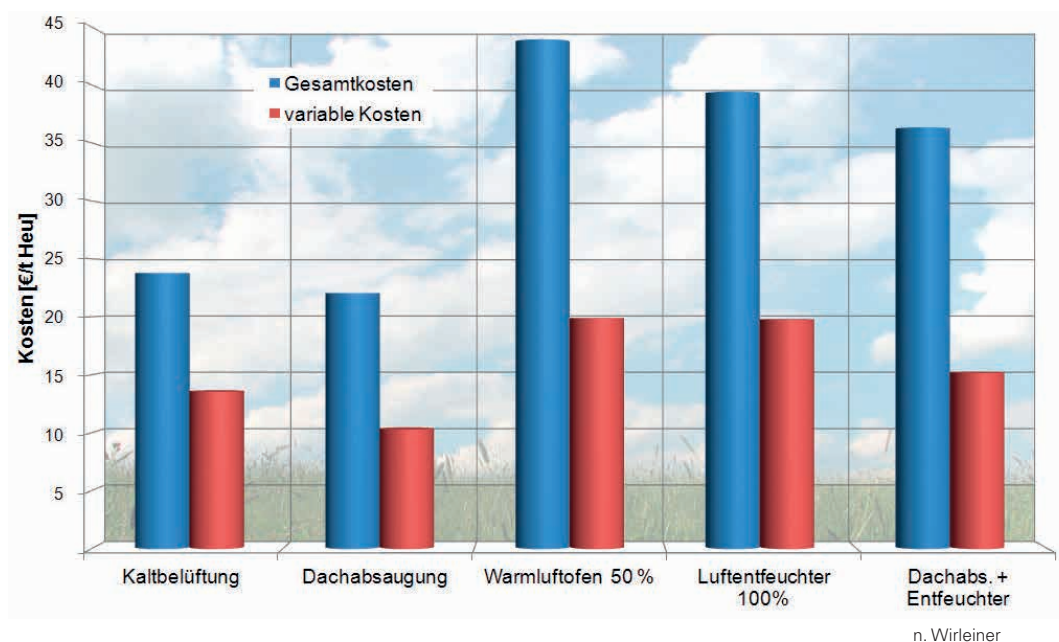


n. Wirleitner

Trocknung passiert nun aber auch in der Natur ohne merkbare Energiezufuhr. Wenn man beim Baden aus dem Wasser steigt wird es bekanntlich kalt: die zum Verdunsten des anhaftenden Wassers nötige Wärme wird einfach dem Körper und der Luft entzogen. Praktisch ist das Entziehen der Verdampfungswärme aus der Umgebung die effizienteste Art einer Trocknung mit einem theoretischen Energieaufwand von Null. Einen Haken hat die Sache aber, weil eine solche Trocknung unter normalen Bedingungen sehr langsam erfolgt. Praktisch wird man daher bei einer Trocknung mit Luft diese mit einem Ventilator umwälzen, was wieder Energie braucht. Es gibt aber noch eine Hürde: wegen eines Gleichgewichtszustandes zwischen dem Wassergehalt eines Trockengutes und der relativen Feuchtigkeit der Luft kann oft eine Endtrocknung bis zur Lagerfähigkeit gar nicht erreicht werden.

Bei Heu wäre beispielsweise für die Lagerfähigkeit um 13 % Wassergehalt eine relative Luftfeuchtigkeit zumindest unterhalb von 50 % nötig. Ohne Erwärmung oder Entfeuchtung ist diese Bedingung je nach Wetter oft nicht gegeben. Praktisch kommt also für eine wirksame Trocknung zur Energie für die Luftumwälzung noch eine weitere für die Verringerung der Luftfeuchtigkeit dazu. Je nach erwünschter Trocknungszeit schwankt dieser praktische Energieaufwand je kg abgetrocknetes Wasser in weiten Grenzen in einem Bereich deutlich unterhalb der Verdampfungswärme bis auf ein Vielfaches davon. Bei dauernder Trocknung mit Warmluft liegt beispielweise der spezifische Energieaufwand je nach Anwärmung zumindest über 1 kWh/kg Wasser. Bei der Getreidetrocknung geht man derzeit vergleichsweise von 2 kWh/kg Wasser aus. Eine Reduk-

tion des praktischen Energieaufwandes ist einerseits durch eine Verringerung der Trocknungsleistung durch geringere Anwärmung und Luftumwälzung möglich, ebenso aber auch durch Nutzung der Abwärme über Wärmetauscher oder teilweiser Rückführung der warmen Trocknungsluft, wirksamer noch über einen Wärmepumpeneinsatz. Hier ist weniger der Einsatz konventioneller Heizwärmepumpen gemeint, sondern von Entfeuchter-Wärmepumpen, die Luft vorerst in einem Verdampfer bis unter den Taupunkt abkühlen und damit entfeuchten, dann aber dieselbe Luft mit der vorher entzogenen Energie und der frei gewordenen Kondensationswärme wieder anwärmen. Je nach Einsatzbedingungen lässt sich damit der praktische Energiebedarf auf Werte deutlich unterhalb der Verdampfungswärme von Wasser drücken. Typisch ist dafür ein Aufwand im Bereich von 0,26 bis 0,45 kWh/kg Wasser.



Eine weitere Senkung des Energieaufwandes ist über die Nutzung von kostenloser Solarenergie möglich. Über vorhandenen Lagerräumen lässt sich meist ohne großen Aufwand eine Dachabsaugung einbauen. Bei einer idealen Luftgeschwindigkeit im Dachkollektor von 3 bis 6,5 m/s unterhalb einer konventionellen Dachdeckung oder unterhalb von PV-Modulen erreicht man einen thermischen Wirkungsgrad von etwa 37 % bis nahezu 50. Konkret kann über eine Dachabsaugung der spezifische Energieaufwand typischerweise auf Werte deutlich unterhalb von 0,2 kWh/kg Wasser gesenkt werden. Leider steht Solarwärme nicht immer zur Verfügung, die Errichtung eines Zwischenspeichers erfordert einen großen Aufwand.

Daher wird man im Blickwinkel der Trocknungsschlagkraft und des Feuchtigkeitsgleichgewichtes zwischen Luft und Trockengut an eine „Schlechtwetterlösung“ denken. Das kann wie erwähnt eine Erwärmung der Trocknungsluft über einen Warmluftofen oder Wärmetauscher sein, oder eine Luftentfeuchtung. Je nach gewünschter Trocknungsschlagkraft und Kombination liegen damit reale Verbrauchswerte im Bereich von 0,15 bis 1,5 kWh/kg Wasser – also in einer Spanne um das Zehnfache eines Minimalwertes. In der Praxis geht es also um eine mit beschränktem Aufwand machbare Lösung. Der Weg dazu ist in erster Linie die Nutzung der Solarenergie, konkret etwa von einer Dachabsaugung mit mindestens der doppelten bis zur fünffachen Fläche einer Trocknungsbox. Bei Luftentfeuchtung sollte erst bei Außentemperaturen über 25 °C mit Frischluft

getrocknet werden, darunter ist eine Trocknung mit Umluft, insbesondere bei gut abgeschottetem Trocknungsbereich wirksamer. Eine Umschaltklappe für Frischluft- oder Umluftbetrieb wird je nach Schön- oder Schlechtwetter umgeschaltet. In Zukunft wird man öfter an eine Kombination von Dachabsaugung, PV-Anlage oder an eine Wärmespeicherung denken müssen. Speziell bei Luftentfeuchtung ist die Anlagenauslegung ein Prüfstein für die Wirksamkeit und den Energieverbrauch. Absolute Trocknungskosten hängen natürlich nicht nur vom Trocknungsverfahren ab, sondern besonders von der Feuchtigkeit des Trockengutes. Eine Vorwelkung am Boden mit schonendem Einsatz von Heuwerbegeräten auf etwa 35 bis 40 % Wassergehalt scheint ein guter Kompromiss zwischen Energieverbrauch und Bröckelverlusten zu sein.

10 Regeln der Heutrocknung

1. REGEL

Der wesentliche Teil der Trocknung passiert am Feld!

Daher zumindest beim ersten Schnitt das Futter am Boden dreimal mit dem Kreiselzettwender bei jeweils abnehmender Drehzahl und zunehmender Schonung bearbeiten, zwischen Längs- und Querfahrtrichtung wechseln. Kreisel zum Wenden eher flach einstellen. Vortrocknungszeit normalerweise ab 24 Stunden. Meist wird am ersten Tag gemäht, am Folgetag spät nachmittags eingefahren.

2. REGEL

Jede Anlage hat ihre Grenzen! Nicht zu feucht oder in zu großen Mengen einfahren!

Schichthöhe je nach Feuchte, Futterart und Anlagenauslegung maximal zwischen 1,5 bis 4 m, die erste Schicht sollte aber mindestens 1 m hoch sein. Bei Rundballen sollte die Feuchtigkeit 30 % , sonst 40 % nicht wesentlich übersteigen. Immer vor Sonnenuntergang einfahren!

3. REGEL

Die Beschickung ist entscheidend!

Eine Schneideinrichtung mit 3 bis 6 (scharfen!) Messern im Ladewagen erleichtert die Verteilung, ist aber bei sehr jungem Futter nicht nötig. Sehr feuchtes Welkheu kann auch mit Dosierwalzen aufgelockert werden. Heu locker und gleichmäßig in der Box verteilen, Lüfter spätestens nach etwa 1/2 m Schichthöhe einschalten, Entfeuchteranlagen vorerst auf Frischluftbetrieb schalten. Ungleich feuchtes Futter auf der ganzen Fläche verteilen! Die Greiferzange etwas absenken und rüttelnd bei leichter Querbewegung öffnen. Den Heustock vorerst nur im Notfall betreten.

4. REGEL

Bei Rundballen entscheidet das Pressen!

Rundballen aus einem leicht auseinanderliegenden, lockeren Doppelschwad bei geringem Druck und hoher Fahrgeschwindigkeit pressen, so dass sich eine gleichmäßige Dichte der Ballen von innen nach außen, aber auch in Längsrichtung ergibt. Ebenso auf gleichartige Ballen einer Charge achten. Ballendichte möglichst unter 130 kg TM/m³ (= ca. 150 kg/m³ bei Lagerfähigkeit). Schneidmesser erleichtern das Öffnen der Ballen am Futtertisch. Pressdruck je nach Typ um 60 bis 80 bar, Dichteverteilung je nach Programm auf gleichmäßig einstellen, nach Bedarf Vordruckspeicher aktivieren oder ausschalten. Pressdichte anhand des Ballengewichts prüfen.

5. REGEL

Der laufende Betrieb:

Bei vorhandener Steuerung je nach Frischgutfeuchte und -Menge die Trocknungsdauer wählen. Nach dem Einschalten die Anlage mindestens 24 Stunden durchlaufen lassen. Dabei öfter die Temperatur von Heustock und Abluft prüfen und eventuelle Verdichtungsstellen oder Kaminbildungen im Auge behalten. Dazu während der Haupttrocknungsphase den obersten Meter einmal täglich umschichten.

6. REGEL

Schlechtwetterprogramm:

Bei Schlechtwetter und Kaltbelüftung muss zumindest intervallweise zur Kühlung belüftet werden. Sonst je nach Möglichkeit Warmluftofen, Heizwärmetauscher oder Luftentfeuchter einschalten. Bei Außentemperaturen unterhalb von etwa 25 °C werden Luftentfeuchter besser mit Umluft betrieben. Die Temperatur im Heu darf nie 40 °C übersteigen!

7. REGEL

Statischen Druck und Heutemperatur überwachen!

Den Heustock auf zu rasches Absetzen prüfen und den statischen Druck mit einem U-Rohr-Schlauch überwachen. Sehr hoher Druck (z.B. über 180 Pa/m Stockhöhe bei ausgewogenem Futter) vermindert den Luftdurchsatz und erhöht die nötige Trocknungszeit. Die Druckkontrolle ist besonders bei älteren Ventilatoren mit geringer Druckreserve wichtig. Auch ein starker Widerstand beim Öffnen der Lüfterkammertüre kann auf eine Überlastung der Anlage hinweisen. Bei Hinweisen auf ein abnormales „Setzen“ des Heustocks auf eine weitere Beschickung verzichten, notfalls Box räumen und feuchte Partien unten einlagern.

8. REGEL

Kondensationen vermeiden!

Oberflächliche Kondensationen im Frischluftbetrieb durch Abluftöffnungen, im Entfeuchter-Umluftbetrieb durch gute Abluftrückführung oder durch Wärmedämmung vermeiden. Eine Wärmedämmung ist besonders im Entfeuchter-Umluftbetrieb von Vorteil. Auch die Unterschaltung einer Dachabsaugung wirkt als Dämmung einer Kondensation im Gebäude entgegen.

9. REGEL

Alles im Auge behalten:

Ständig Temperatur von Trockengut und Abluft/Zuluft überwachen. Gegen Trocknungsende eventuell barfuß über Heu laufen, um auf Abtrocknung und auf mögliche Kaminbildung zu prüfen. Anhand der Abluftfeuchtigkeit lässt sich die jeweilige Feuchtigkeit des Heus grob abschätzen:

Abluftfeuchte (%)	90	80	70	60	50	40
Heufeuchte (%)	32	26	22	17,5	15	12

n. Wirleiner

10. REGEL

Endkontrolle und Nachbelüften:

Bei bereits geringer Abluftfeuchte oder geringer (z.B. 2 °C) Temperaturdifferenz zwischen Zu- und Abluft auf Intervallbetrieb mit Kaltluft übergehen. Wenn beim Wiedereinschalten nach einigen Stunden Stillstand die Abluftfeuchte unterhalb 50 % liegt, ist normalerweise die Lagerfähigkeit erreicht. Rundballen sind erst dann fertig, wenn sich ein langer Rundstahldorn ohne großen Widerstand an allen Seiten in den Ballen stoßen lässt. Feuchte Stellen sind zäh! Trotzdem ist weiter auf Selbsterwärmung zu prüfen. Bei Bedarf muss nachbelüftet werden.

Mäh- fläche (bei 2-3 Chargen je Schnitt) [ha]	empfohlene Boxen- fläche [m²]	lichte Rost- höhe [cm]	Abdeck- breite Rost [cm]	Ventilator-Volumenstrom		Mindest- querschnitt Sammelkanal [m²] (Luft- geschwindigkeit 4 m/s)	Mindest- querschnitt Druckkanal [m²] (Luft- geschwindigkeit 10 m/s)	typische Ventilator- leistung [kW]	typische Kompressor- leistung Entfeuchter [kW]
				bei halber Stockhöhe [m³/h]	bei voller Stockhöhe [m³/h]				
6 bis 8	40	41	49	15.840	10.080	1,10	0,44	5	7
7 bis 10	50	43	51	19.800	12.600	1,38	0,55	6	9
8 bis 12	60	44	53	23.760	15.120	1,65	0,66	7	10
10 bis 14	70	46	54	27.720	17.640	1,93	0,77	8	12
11 bis 16	80	47	56	31.680	20.160	2,20	0,88	9	14
12 bis 18	90	49	58	35.640	22.680	2,48	0,99	10	16
14 bis 20	100	50	59	39.600	25.200	2,75	1,10	12	17
15 bis 22	110	52	61	43.560	27.720	3,03	1,21	13	19
16 bis 24	120	53	63	47.520	30.240	3,30	1,32	14	21
18 bis 27	130	55	64	51.480	32.760	3,58	1,43	15	23
19 bis 29	140	56	66	55.440	35.280	3,85	1,54	16	24
20 bis 31	150	58	67	59.400	37.800	4,13	1,65	17	26
22 bis 33	160	59	69	63.360	40.320	4,40	1,76	19	28
23 bis 35	170	61	71	67.320	42.840	4,68	1,87	20	30
24 bis 37	180	63	72	71.280	45.360	4,95	1,98	21	31
26 bis 39	190	64	74	75.240	47.880	5,23	2,09	22	33
27 bis 41	200	66	76	79.200	50.400	5,50	2,20	23	35
28 bis 43	210	67	77	83.160	52.920	5,78	2,31	24	36
30 bis 45	220	69	79	87.120	55.440	6,05	2,42	25	38
31 bis 47	230	70	80	91.080	57.960	6,33	2,53	27	40
32 bis 49	240	72	82	95.040	60.480	6,60	2,64	28	42
34 bis 51	250	73	84	99.000	63.000	6,88	2,75	29	43
35 bis 53	260	75	85	102.960	65.520	7,15	2,86	30	45
36 bis 55	270	76	87	106.920	68.040	7,43	2,97	31	47
38 bis 57	280	78	89	110.880	70.560	7,70	3,08	32	49
39 bis 59	290	79	90	114.840	73.080	7,98	3,19	34	50
40 bis 61	300	81	92	118.800	75.600	8,25	3,30	35	52

Weitere Broschüren

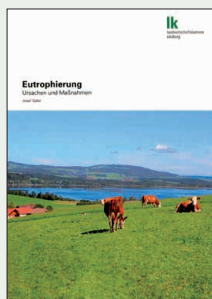
Herausgeber: Landwirtschaftskammer Salzburg
erstellt von: Dipl.-HLFL-Ing. Josef Galler
Nachstehende Broschüren, soweit nicht vergriffen,
können bestellt werden:
Tel. 0662/870571-247,

Grünlandwirtschaft heute



Eutrophierung

Ursachen u. Maßnahmen



Silagebereitung von A bis Z



Wirtschaftsdünger

Anfall · Lagerung · Verwertung · Umwelt



Grünlandnachsaat

Saatgut · Technik · Bewirtschaftung



Almbewirtschaftung

Weidemanagement · Düngung
Nachsaat · Unkrautregulierung · Almsanierung



Kalk – Basis für Bodenfruchtbarkeit

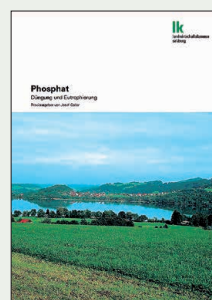
Einsatz in der Landwirtschaft



Stickstoff



Phosphatdüngung



Auswertung Bodenuntersuchung



Landwirtschaftskammer Salzburg
Betriebsentwicklung und Umwelt

5020 Salzburg, Schwarzstraße 19

Tel. +43(0)662/870571-242

Fax +43(0)662/870571-295

beu@lk-salzburg.at

www.lk-salzburg.at