

Vergleich verschiedener Heutrocknungsverfahren

Alfred Pöllinger, BAL Gumpenstein

1. Einleitung

Die Futterernte am Grünland ist insbesondere beim ersten Schnitt an kurze Zeiträume gebunden, um gute Futterqualitäten zu erzielen. Sie stellt in der Regel auch die erste große Arbeitsspitze für den Grünlandbetrieb im laufenden Kalenderjahr dar.

In Österreich werden pro Jahr rund 6.0 Mio. Tonnen Trockenmasse an Grünfutter geerntet. Nach BUCHGRABER, 1997 werden davon 40 % als Grassilage, 32 % als Heu und 28 % in Form von Grünfutter geerntet. Aufgrund der im Frühjahr geringeren Anzahl an möglichen Erntegelegenheiten (FORMAYER et.al., 2000; LUDER, 1982) wird der erste Schnitt überwiegend siliert, während der zweite Schnitt hauptsächlich als Grummet geerntet wird.

Wenn kurze Schönwetterperioden nicht genutzt werden können, bedeutet dies meist einen verspäteten Mähtermin und damit verbunden einen Qualitätsverlust für das Futter. Beim ersten Schnitt schwankt der Gehalt an Rohfaser von Wirtschaftsrundland (Dauerwiese) bei landesüblicher Nutzung (2 bis 3 Nutzungen/Jahr) in Österreich von 22,5 % (Ähren-/Rispschieben) bis zu 31,4 % (Ende der Blüte) (BUCHGRABER, et.al., 1998). Das bedeutet einen Qualitätsverlust des Grundfutters beim ersten Schnitt von mehr als 1 MJ NEL pro kg Trockenmasse innerhalb von zwei Wochen. Um das Potential an hoher Grundfutterqualität auch nutzen zu können, ist es erforderlich, in den kurzen Schönwetterperioden im Frühjahr die Futterernte durchführen zu können. Nicht überall steht dafür das Silierverfahren zur Verfügung. Vor allem im Berggebiet und in den Hartkäsereigeieten ist die Erzeugung hoher Grundfutterqualitäten mittels Dürrfutter (Heu und Grummet) unter den herrschenden Witterungsbedingungen oftmals schwierig. Deshalb beschäftigen sich die Landwirte bereits seit langem mit der Unterdachtrocknung von Heu. Die Technik der Heutrocknung weist eine lange Tradition mit einem reichen Fundus an Wissen (WEINGARTMANN, 2002) auf. Weingartmann meint weiters, dass grundsätzlich nicht sosehr ein Bedarf an technischen Neuerungen besteht, vielmehr müsste bekanntes Wissen nur konsequent genug angewendet werden. Weingartmann sieht auch ein gesteigertes Bewusstsein für die Konservierung durch Trocknung im Zusammenhang mit dem ökologischen Landbau. Dennoch ist der wirtschaftliche Aspekt der künstlichen Heutrocknung kritisch zu durchleuchten und vor allem im Zusammenhang mit der gesteigerten Grundfutterqualität zu diskutieren (PÖLLINGER und GREIMEL, 2000). In diesem Beitrag werden die derzeit in der Praxis gängigen Heutrocknungsverfahren hinsichtlich ihrer verfahrenstechnischen Parameter bewertet und einem Kostenvergleich unterzogen.

2. Grundsätze der Heutrocknung

Heu ist bei ca. 15 % Restfeuchte lagerfähig. Frisch gemähtes Futter weist einen Wassergehalt von rund 80 % auf, wird es bei Taunässe gemäht, liegt dieser Wert noch höher. Das bedeutet, dass bei einem Hektarertrag von 3000 kg Trockenmasse pro Schnitt rund 11.500 kg Wasser verdunstet werden müssen. Wenn das Futter nur mehr 50 % Restfeuchte beinhaltet, dann sind es immerhin noch an die 2.500 kg Wasser, die auf 15 % Restfeuchte des Futters verdunstet werden müssen (siehe Abb. 1).

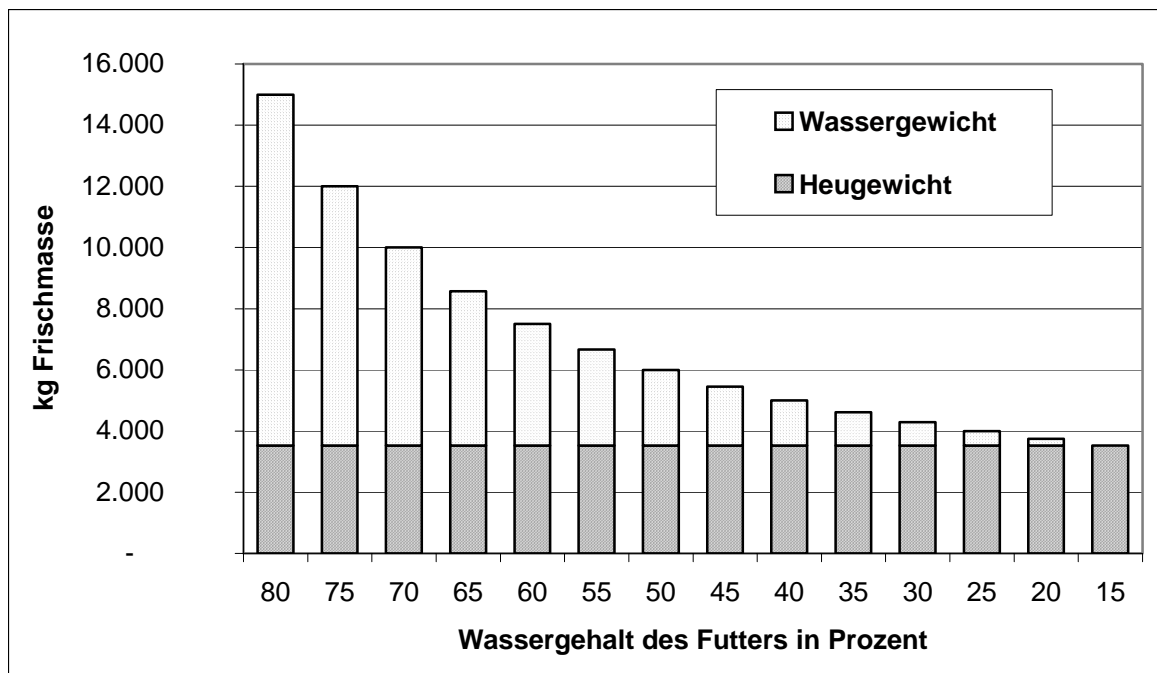


Abbildung 1: Anteil des zu verdunsteten Wassers in Bezug auf das Heugewicht bei einem TM-Ertrag von 3000 kg/ha und einem Restfeuchtegehalt im Heu von 15%.

Würde man das frisch gemähte Futter in einer Graastrocknungsanlage lagerfähig trocknen wollen, müsste man 400 l Öl und 120 kWh Strom für 1 Tonne Trockenmasse an Energie zur Verfügung stellen (BAUMGARTNER, 1991). Darum haben sich in der Praxis Anlagen durchgesetzt, die in der Lage sind, das Futter zwischen 30 und 40 % Restfeuchte auf den lagerfähigen Trockensubstanzgehalt von rund 15 % zu reduzieren. Auch wenn beispielsweise Luftentfeuchter-Trocknungsanlagen oder ölbefeuerte Anlagen technisch in der Lage sind Futter vom leicht angewelkten Zustand fertig trocknen zu können, ist es aus energetischen Überlegungen und damit auch aus Gründen der Kosten nicht sinnvoll, Futter trocknen zu wollen, das einen wesentlich höheren TS-Gehalt als 50 % aufweist. Nach wie vor ist die Sonne die beste und billigste Energiequelle um Futter zu trocknen. Allerdings muss man einschränkend dazu sagen, dass ab einem TS-Gehalt von 70 % und mehr die Bröckelverluste durch weitere Bearbeitungsgänge stark zunehmen und die Futterqualität darunter leidet. In einem Versuch der BAL Gumpenstein zum Thema Mähaufbereiter wurden die Bröckel- und Aufnahmeverluste genau erhoben. Dabei konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Mähverfahren unterschieden werden. Eine klare Differenzierung in der Höhe der Bröckelverluste brachten die unterschiedlichen Ernteverfahren mit sich. So wurde bei Silage rund 2,5 % (TS-Gehalt 35 %), bei Belüftungsheu 7,5 % (TS-Gehalt 60 %) und bei Bodenheu im Schnitt 11,0 % (TS-Gehalt 85 %) an Bröckelverlusten gemessen. Die Verwendung eines Mähaufbereiters zur Beschleunigung des Abtrocknungsprozesses am Feld zeigt auch in der Tendenz eine beschleunigte Abtrocknung in der Heubox (WEINGARTMANN, 2002). Diese Ergebnisse konnten in einem Versuch an der BAL Gumpenstein ebenfalls bestätigt werden. Hier wurde das mähaufbereitete im Vergleich zum nicht mähaufbereiteten Futter um 8 Stunden früher lagerfähig (unter 18 % TS) getrocknet. Das aufbereitete Futter neigt aber auch leichter zur Dichtlagerung, womit ein Teil des Vorteils wieder vertan ist.

3. Technische Verfahren zur Unterdachtrocknung

Für die Unterdachtrocknung von Heu stehen mehrere Systeme mit ihren spezifischen Vor- und Nachteilen zur Verfügung.

Zielschacht- und Giebelrostanlagen,

wie sie zwischen 1960 und 1980 noch stärker verbreitet eingebaut wurden, eignen sich nicht so sehr für den eigentlichen Trocknungsvorgang des Futters. Diese Anlagen eignen sich nur zum Nachtrocknen des noch nicht ganz lagerfähigen Futters. Der TS-Gehalt des Futters muss mindestens 70 % aufweisen, damit keine größeren Schimmelnester im Heustock zu befürchten sind. Für eine gute Luftführung ist einer gleichmäßigen Aufschichtung noch größeres Augenmerk zu schenken als bei der heute üblichen Boxentrocknung.

In einem Praxisversuch mit einer Giebelrostanlage wurde ein Heustock mit einem Hallenkran errichtet. Die Einlagerungsfeuchte lag beim ersten Schnitt bei rund 40 % und beim zweiten Schnitt bei rund 25 %. Das Futter mit dem höheren Feuchtigkeitsgehalt wies größere Schimmelnester auf, der zweite Schnitt wurde ohne erkennbare Futtermittelverluste am Stock fertig getrocknet.



Ingrid Bild Nr. 1526 und 1528 einfügen

Abbildung 2: Die Giebelrostanlage ist zwar günstig in der Anschaffung, der Ventilator kann für mehrer Stöcke verwendet werden, allerdings eignet sich diese Anlage ohne zusätzlicher Luftanwärmung im Wesentlichen nur zum Nachtrocknen von Heu und Grummet

Vorteile der Giebelrostanlage:

- geringe Investitionskosten (Euro 2000,-- bis 3000,-- Axialventilator), der Giebelrost kann in Eigenregie hergestellt werden
- kein baulicher Aufwand (Zuleitungen, Ableitungen,...)
- das teure Gebläse kann hintereinander für mehrere Heustöcke verwendet werden, kein Umschichten notwendig

Nachteile einer Giebelrostanlage:

- Die Anlage eignet sich in erster Linie nur zum Nachtrocknen von zu feucht eingefahrenen Heu oder Grummet – maximal 30 % Restfeuchte
- Das gleichmäßige Aufschichten für eine gleichmäßige Luftführung im Heustock ist außerordentlich schwierig
- Für die Beschickung ist ein Altbaukran oder ein Heugebläse mit automatischer Verteileinrichtung erforderlich

Boxenheutrocknung

wird die Unterdachtrocknung in einer sogenannten „Heuschachtel oder Heubox“ bezeichnet. Für die Errichtung einer Heubox gibt es ausführliche Planungsgrundlagen der FAT Tänikon (BAUMGARTNER, 1991). Die Heuschachtel

ist zwischen drei und fünf Meter hoch und hat eine Grundfläche bis zu 150 m². Die wichtigsten Merkmale sind die luftdichten Seitenwände, der richtig dimensionierte und konstruierte Lufteinlass für den Ventilator und der Gitterrost am Boden. Die Luft soll sich gleichmäßig unter dem Gitterrost verteilen können und dann ebenso gleichmäßig durch den Heustock nach oben strömen und dabei dem Futter die Feuchtigkeit entziehen. Die gleichmäßige Beschickung ist Grundvoraussetzung für eine kurze Trocknungszeit und vor allem futtermittelferme Trocknung. Die mögliche Einlagerungshöhe richtet sich nach der Einfuhrfeuchte des Futters, der Futterstruktur (1. oder weitere Schnitte, Dauerwiese – Feldfutter), der Gebläseleistung und der technischen Einrichtung zur Verbesserung der Trocknungsleistung der Luft. Mit 30 % Restfeuchte kann auf 2,0 m (max. 3,0 m) aufgeschichtet werden, bei 50 % Restfeuchte sollte die Stockhöhe 1,5 m nicht überschreiten.

Technische Verfahren zur Verbesserung der Trocknungsleistung der Luft

Die technisch einfachste Möglichkeit ist die Boxentrocknung mit Kaltluft, daneben gibt es im wesentlichen die Möglichkeit der solaren Luftanwärmung über Dachkollektoren, den Luftentfeuchter, eine Ölfeuerungsanlage oder den Anschluss an eine sehr groß dimensionierte Hackschnitzelfeuerungsanlage (80 bis 100 kW Wärmeleistung).

Die **Kaltbelüftung** ist dann sinnvoll, wenn die Möglichkeit der Luftansaugung aus einem nach Süden oder Westen geneigten Bereich vor dem Lagergebäude gegeben ist, oder die Luft aus einem aufgeheizten Dachvorraum angesaugt werden kann. In jedem Fall sollte ein Kurzschluss mit der feuchten Stockaustrittsluft vermieden werden.

Vorteile:

- geringere Investitionskosten
- geringe Trocknungskosten

Nachteile:

- wetterabhängig
- geringe Trocknungskapazität

Die Unterdachtrocknung mit solarer Luftanwärmung hat sich vor mehr als 20 Jahren entwickelt und ist in der Praxis mittlerweile gut etabliert. Mit diesem Verfahren ist ein durchschnittlicher Nutzwärmestrom von 200 W pro m² Kollektorfläche erzielbar, das bedeutet eine doppelte Trocknungsleistung im Vergleich zu einer Kaltbelüftungsanlage. Bei entsprechend günstiger Ausrichtung und Dimensionierung der Kollektorfläche, die das 2,5 fache der gewünschten Stockgrundfläche aufweisen soll, ist der Aufwand an zusätzlicher elektrischer Energie mit rd. 8 kWh je 100 kg Heu gering.

Vorteile:

- geringe Energiekosten
- hoher Eigenleistungsanteil möglich
- lange Lebensdauer der Anlage

Nachteile:

- höherer Druckverlust durch die Sammelleitung
- keine Wirkung während der Nachtstunden und bei fehlender Einstrahlung

Der Ölofen zur Luftanwärmung wurde in den 70er Jahren nach den Ölkrisen stark zurückgedrängt. Im Zusammenhang mit der Rundballentrocknung tauchte diese

Technik zur Luftanwärmung wieder auf. Mit 80 bis 120 kW (Wärmeleistung) starken Ölfeuerungsanlagen wird die Ansaugluft um 5 bis 10 ° erwärmt und durch das Trockengut geblasen. Die Luft darf allerdings besonders in den ersten Stunden des Trocknungsvorganges zu stark angewärmt werden, sonst kommt es leicht zur Rekondensation im Futter.

Vorteile:

- witterungs- und tageszeitunabhängig
- hohe Trocknungskapazität

Nachteile:

- hoher Investitionsbedarf
- hohe Trocknungskosten

Die **Luftentfeuchter-Wärmepumpe** arbeitet nach dem Prinzip eines Kühlschranks und besteht aus einem Kühl- und einem Heizregister (siehe Abb. 3). Ein Teil der angesaugten Luft wird über das Kühlregister und die gesamte Trocknungsluft über das Heizungsregister gezogen (Bypass). Neuere Geräte arbeiten meist ohne Bypass um die Entfeuchtungsleistung zu erhöhen. Am Kühlregister wird der Luft Wasser und damit auch Wärme entzogen. Das Wasser rinnt ab und die Wärme wird zur Anwärmung der Luft am Heizregister verwendet. Grundvoraussetzung für diesen physikalischen Vorgang ist ein höherer Feuchtigkeitsgehalt der Luft als 50 %. Die Gefahr der Rekondensation, d.h. der Unterschreitung des Taupunktes in den oberen Gutschichten, ist mit dieser Technik nicht so groß. Mehrere Untersuchungen der Universität für Bodenkultur haben gezeigt, dass bei zu geringe Gebläseleistung, bei gleichzeitig hoher Entfeuchtung und Anwärmung Vorsicht geboten ist. Der Trocknungsprozess wird nach wie vor ganz wesentlich vom Durchsatz des Trocknungsmediums Luft bestimmt.

Vorteile:

- witterungsunabhängig
- hohe Trocknungsleistung

Nachteile:

- sehr hoher Investitionsbedarf
- hoher Anschlusswert

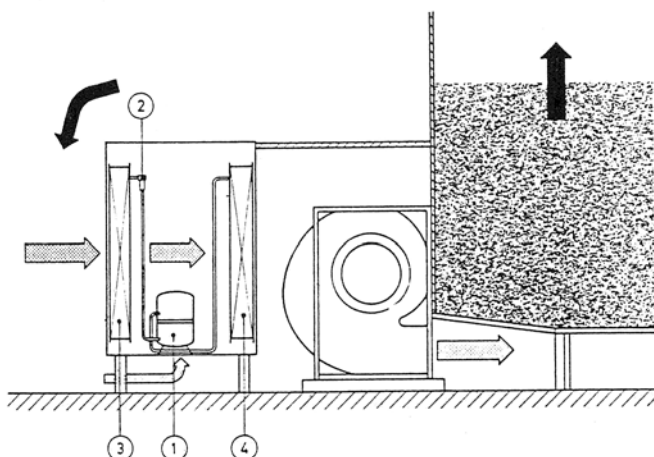


Abbildung 3: Funktionsprinzip und Aufbau einer Luftentfeuchter-Wärmepumpe (1=Kompressor, 2=Drossel, 3=Kühlregister, 4=Heizregister)

Rundballentrocknungsanlagen sind mit dem Großballenhof in den letzten fünf Jahren verstärkt am Markt aufgetaucht. In vielen Fällen gelingt es nicht, das Heu in einem lagerfähigen Zustand zu pressen. Liegt der TS-Gehalt über 18 %, ist mit größeren Futterverlusten durch Nacherwärmung und Schimmelbildung zu rechnen. Deshalb haben sich einige Trocknungs- und Gebläseherstellerfirmen auf Rundballenanlagen spezialisiert. Das Grundprinzip ist dasselbe wie bei der Boxentrocknung, Luft als Medium muss durch das Trockengut so gleichmäßig wie möglich durchgedrückt werden. Genau darin liegt bereits die größte Schwierigkeit bei diesem Verfahren. Die Rundballen sollten im Kern weich und vor allem sehr gleichmäßig gewickelt sein. Damit die Luft nicht wie bei einem Kamineffekt in der Mitte entweichen kann und die Außenzonen feucht bleiben, muss ein Deckel aufgesetzt werden, der die Luft zwingt über die Seitenflanken auch nach außen zu entweichen. Kernhart gepresste Rundballen sind zu wenden oder auf einer Anlage mit beidseitiger Belüftung (Doppelstocktrocknung) zu trocknen. Die Luftführung zu den Ballen erfolgt über betonierte Lüftungsschächte oder fertige Blechkanäle. Einzelne mobile Anlagen arbeiten mit flexiblen Luftschläuchen und Aufsetzringen.



Bild Nr. 1705

Abbildung 4: Rundballentrocknungsanlage mit doppelstöckiger Beschickungsmöglichkeit

Vorteile:

- Anlage kann auch überbetrieblich eingesetzt werden (Ballen- oder Anlagentransport)
- Nachrüstung am Betrieb ohne Probleme möglich

Nachteile:

- hohe Investitionskosten
- geringe Kapazität der Anlagen

Betriebswirtschaftliche Bewertung der Verfahren

Bezüglich der Kosten gilt allgemein, dass durch den Verfall der landwirtschaftlichen Erzeugerpreise die Beschäftigung mit den Produktionskosten wichtiger ist den je. Es gilt daher die Empfehlung, möglichst billiges und doch qualitativ hochwertiges Grundfutter in der Milchviehration einzusetzen. Die Steigerung der Qualität des Grundfutters um jeden Preis ist jedoch zu hinterfragen.

In der nachfolgenden Berechnung wird die Bodentrocknung einer Kaltbelüftung, zwei Warmbelüftungsanlagen, einer Entfeuchtertrocknungsanlage für die lose Heuboxentrocknung und einer Rundballentrocknung gegenübergestellt. Die Investitionskosten und die jährlichen Belastungen daraus sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Investitionskosten und weitere Berechnungsgrundlagen (in €)

Jährliche Fixkosten Heubox (30 J. Nutzung, Euro 7.267,-)	420,--
----------------------------------------------------------	--------

Jährliche FK Gebläse (15 J. Nutzung, Euro 7.267,-)	392,--
Jährliche FK Solaranlage (30 J. Nutzung, Euro 7.267,-)	420,--
Jährliche FK Entfeuchter (30 J. Nutzung, Euro 18.168,-)	1.634,--
Jährliche FK Rundballentr. (15 J. Nutzung, Euro 14.331,-) Ölofen, 24 Lochanlage, Anschlussverteiler, halbautom. Steuerung	1.289,--
Stromkosten je kWh Standardtarif Cent	14,50
Preis für das Energiekraftfutter je kg in Cent	15,30
Preis für das Proteinkraftfutter je kg in Cent	26,20
Milchpreis für 1 kg FCM Cent	31,40
Arbeitsstunde Euro	8,72

4 % Verzinsung f. d. ½ des eingesetzten Kapitals; 0,5 % Reparaturkosten

In einer Gegenüberstellung (siehe Tabelle 2) ist erkennbar, dass das günstigste Trocknungsverfahren die Kaltbelüftung, unmittelbar gefolgt von der solaren Unterdachtrocknung ist. Mit einem hohen Eigenleistungsanteil bei der Erstellung der Heuboxen und Solaranlage lassen sich diese Kosten um bis zu 0,73 Cent pro kg Heu senken. Bei der Rundballentrocknung wurde kein befestigter Platz und keine Überdachung eingerechnet.

Tabelle 2: Fixe, variable und gesamte Kosten der Heubelüftungsverfahren pro 100 kg Heu

	Kaltbelüftung	Solarbelüftung	Entfeuchtertr.	Rundballentr.
Fixe Kosten in Euro	1,4	2,0	4,1	2,9
Variable Kosten Euro	1,7	1,1	2,5	1,4
Gesamtkosten Euro	3,0	3,1	6,6	4,3

In dieser Aufstellung ist die Qualitätssteigerung durch die künstliche Heutrocknung noch nicht berücksichtigt. In einer umfassenden Beurteilung der Heubelüftungsverfahren unter Berücksichtigung der Frage der gesteigerten Grundfutterqualität durch die Heubelüftung im Vergleich zur Bodentrocknung (GREIMEL, 2001) konnte unter den derzeitigen Kraftfuttermittelpreisen kein positives Betriebsergebnis errechnet werden. Dennoch kommt klar zum Ausdruck, dass unter schwierigen Witterungsbedingungen auch andere, indirekt mit der Heutrocknung und Grundfutterqualität im Zusammenhang stehende Parameter, wie Tiergesundheit, Heu und Silage in der Rinderfütterung, Hartkäseerzeugerförderung, etc. einzelbetrieblich zu berücksichtigen sind.

Künstliche Heutrocknungen sind nur unter folgenden Bedingungen wirtschaftlich zu betreiben:

- Wenn ein hoher Eigenleistungsanteil möglich ist (geringe Investitionskosten)
- Bei sehr hohen Milchleistungen (>8000 kg)
- hohen Zuchtvieherlösen in Hartkäseerzeugergebieten
- geringe Energiekosten (Sondertarife)
- Kraftfuttermittelpreisen über 30 Cent/kg

Die Neuinvestition in eine Belüftungsanlage sollte nach den angeführten Bewertungskriterien gründlich überlegt werden. Nur wenn beispielsweise hohe Kraftfuttermittelpreise (Biobetriebe) und günstige Stromtarife bei hohen Milchleistungen möglich sind, dann ist der Einsatz der künstlichen Unterdachtrocknung jedenfalls anzuraten.

Literatur:

- BAUMGARTNER, J. (1996): Ballentrocknung um jeden Preis. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon.
- BAUMGARTNER, J. (1991): Die Heubelüftung von A bis Z. FAT Bericht 406. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon.
- GINDL, G. (2002): Zeitgemäße Heubereitung und Heuqualität in der Praxis. Bericht über das 8. Alpenländische Expertenforum zum Thema Zeitgemäße Futterkonservierung am 9. und 10 April 2002 an der BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning. S/67-71.
- GREIMEL, M., A. PÖLLINGER und A. STEINWIDDER (1998): Trocknungsanlagen rechnen sich immer seltener, Fortschrittlicher Landwirt, Heft 4-1998, Seite 8
- HILFIKER, J. (1989): Betriebswirtschaftlicher Vergleich zwischen Bodentrocknung und Heubelüftung. FAT Bericht 371. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon.
- MEISSER, M. und U. WYSS (1999): Qualität von unterschiedlich konserviertem Dürffutter. Agrarforschung 6 (11-12): 437-440.
- MEISSER, M. (2001): Konservierung von Feuchtheu. Agrarforschung 8 (2): 87-92.
- NIETHAMMER, F. (1987): DLG Prüfbericht; Heylo-Ölluftheritzer K 120. Nr. 3731.
- NYDEGGER, F. (1991): Sonnenkollektoren für die Heubelüftung – Planen und Realisieren. FAT Bericht 407. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon.
- NYDEGGER, F. (2001): Heutrocknung: Vergleich von fünf Verfahren. Schweizer Bauer. www.schweizerbauer.ch Artikel Nr. 04592.
- PÖLLINGER, A. (2002): Wann ist eine Heubelüftung rentabel? AgroBonus 1/2002. S/15-19.
- ROSSRUCKER, H. (1992): Die Kosten der Heubelüftung. Der Förderungsdienst – Heft 3/1992 – 40 Jahrgang S/66-70.
- WEINGARTMANN, H. (2002): Technik und Perspektiven in der Heutrocknung. Im Bericht über das 8. Alpenländische Expertenforum zum Thema Zeitgemäße Futterkonservierung am 9. und 10 April 2002 an der BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning. S/63-65.