

Erfahrungen mit der Heubelüftungstrocknung in Mittelgebirgslagen

Das Verfahren der Heubelüftung mit Kaltluft hat infolge seiner vielen Vorteile in den letzten beiden Jahren in einer Vielzahl von landwirtschaftlichen Betrieben Eingang gefunden. Ausgehend von einigen VEG und LPG in Mecklenburg, in denen die Eignung für den landwirtschaftlichen Großbetrieb untersucht und bewiesen wurde, hat dieses Verfahren der Heugewinnung heute schon in fast allen Bezirken unserer Republik seine Bewährungsprobe bestanden.

Wenn auch die notwendige Vorwelkperiode, die etwa zwei bis drei Tage dauert, das Belüftungsverfahren nicht vollkommen witterungsunabhängig macht, so tritt doch eine wesentliche Verkürzung der Trocknung auf dem Felde ein. Ist das vorgewelkte Heu erst einmal im Bergeraum, dann ist es dem Witterungseinfluß entzogen und eine einwandfreie Nachtrocknung im Regelfalle gewährleistet. Die Trocknungszeit ist dann neben verschiedenen Faktoren, die jedoch meist durch die Gestaltung und Auslegung der Anlage zu beeinflussen sind, eine Funktion des Wasseraufnahmevermögens der Luft, die zur Trocknung benutzt wird. Da die Trocknung einer Heuschicht in etwa 14 Tagen abgeschlossen sein muß, darf also das Wasseraufnahmevermögen der Luft eine gewisse Grenze nicht unterschreiten bzw. es müssen eine ausreichende Zahl täglicher Belüftungstunden zur Verfügung stehen. Diese Bedingungen sind – abgesehen von witterungsbenachteiligten Gebirgslagen – innerhalb der DDR immer erfüllt. Es galt jedoch, die Eignung des Belüftungsverfahrens mit Kaltluft in Gebirgslagen über 600 m NN zu untersuchen, da gerade hier das Dauergrünland oft über 50 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ausmacht und die Heuernte dort heute noch infolge der relativ hohen zu erntenden Heumenge und des schlechten Wetters acht bis zehn Wochen dauert.

Zur Durchführung der Versuche und Untersuchungen wurden im Erzgebirge die LPG „Grenzland“ in Rübenau, Kreis Marienberg und die LPG „Wolff Gyftel“ in Cranzahl, Kreis Annaberg-Buchholz ausgewählt, da beide großes Interesse an diesem Verfahren zeigten. Während Cranzahl in einer Höhe von etwa 650 m über NN liegt, befindet sich Rübenau auf dem Kamm des Erzgebirges in einer Höhe von etwa 750 m über NN.

Will man Wirkung und Eignung der Heubelüftung untersuchen, muß man die Witterungsverhältnisse analysieren, denn die meisten Faktoren, die die Belüftung beeinflussen, werden durch diese bestimmt. Zur Auswertung gelangen deshalb die vorliegenden langjährigen Klimamittelwerte und aus dem Jahre 1960 stammendes Zahlenmaterial. Da das Jahr 1960 als sehr nasses Jahr bekannt ist, sind die aufgezeichneten Witterungswerte äußerst interessant und für die Beurteilung der Heubelüftung von entscheidender Bedeutung.

Cranzahl hat nach langjährigen Messungen eine mittlere Jahrestemperatur von etwa 5 °C bei einer jährlichen Niederschlagsmenge von 900 bis 1000 mm, während die Werte für Rübenau etwa 6 °C und 1000 bis 1100 mm sind. Indessen können diese mittleren Klimawerte kein Kriterium für die Untersuchungen bilden. Wichtiger ist die Niederschlagsverteilung über ein Jahr und die Höhe der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit in jedem Monat, insbesondere in den Monaten der Heuernte. Aus Bild 1 entnimmt man, daß die Monate Juni und Juli – also die Heuerntemonate – die höchsten

Niederschlagsmengen aufweisen. Während Rübenau in der Nachbarschaft von Reitzenhain liegt, befindet sich Cranzahl in unmittelbarer Nähe von Annaberg, so daß die angegebene Niederschlagsverteilung etwa auch für diese zutrifft. Die Tabellen 1 und 2 geben die mittleren Werte der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit für verschiedene Orte des Erzgebirges wieder.

Für die Belüftungstrocknung bildet der tägliche Verlauf der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit die Grundlage für die nachfolgenden Untersuchungen. Der charakteristische Verlauf beider Klimawerte für diese Gebirgsgegenden ist in Bild 2 festgehalten. Kennzeichnend ist der starke Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit in den Nachtstunden, während diese am Tage infolge der oft intensiven Sonneneinstrahlung mitunter recht niedrige Werte erreichen kann. Sämtliche in der Zeit vom 20. Juni 1960 bis 24. Juli 1960 auf-

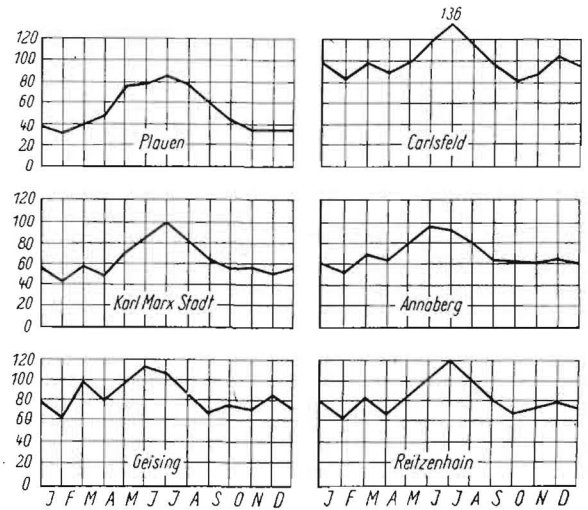


Bild 1. Niederschlagsverteilung in einigen Orten des Erzgebirges in mm

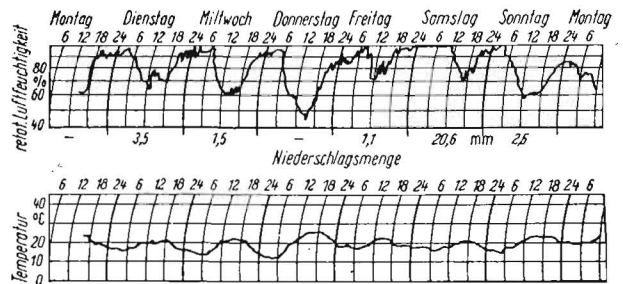


Bild 2. Charakteristischer Verlauf von Temperatur- und rel. Luftfeuchtigkeit (Cranzahl, 11. Juli bis 18. Juli 1960)

*) Landmaschinen-Institut der Universität Rostock (Direktor: Prof. Dipl.-Ing. E. PÖHLS).

Tabelle 1. Monatsmittel der Lufttemperatur in °C

Station	Seehöhe [m]	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Zeitraum
Dresden	112	1,0	0,8	4,7	8,4	14,3	16,9	19,3	18,2	14,9	10,0	5,1	1,0	1921...1938
Annaberg	621	-0,8	-1,0	2,0	5,4	14,7	13,1	15,3	14,3	11,2	6,9	2,4	-1,0	1921...1938
Rehefeld	684	-4,1	-3,2	-0,8	3,5	8,3	11,9	13,6	12,9	10,0	5,2	0,0	-3,1	1864...1920
Reitzenhain	772	-4,2	-3,3	-0,9	3,7	8,6	12,1	13,8	13,0	9,9	4,9	-0,3	-3,1	1864...1920
Fichtelberg	1214	-4,5	-5,2	-2,1	0,8	6,7	9,1	11,6	10,9	8,0	3,3	-0,8	-4,1	1921...1938

Tabelle 2. Monatsmittel der rel. Luftfeuchte in %

Station	Seehöhe [m]	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Zeitraum
Dresden	112	80	78	74	68	66	69	71	75	78	81	81	81	1881...1930
Rehefeld	684	93	92	88	82	76	76	77	82	87	92	93	93	1881...1930
Reitzenhain	772	95	93	90	83	78	77	79	85	90	94	95	95	1881...1930
Fichtelberg	1214	92	90	90	88	83	83	83	88	90	90	90	90	1881...1930

genommenen Diagramme wurden ausgewertet und die mittlere Verteilung der relativen Luftfeuchtigkeit über einen Tag festgestellt (Bild 3). Durch Auswertung der Darstellung in Bild 3 gelangt man zu Bild 4, das angibt, wieviel Tagesstunden jeweils unter einer bestimmten relativen Luftfeuchtigkeit liegen. Da die Belüftung des feuchten Heues nur bei weniger als 85 % relativer Luftfeuchtigkeit zweckmäßig

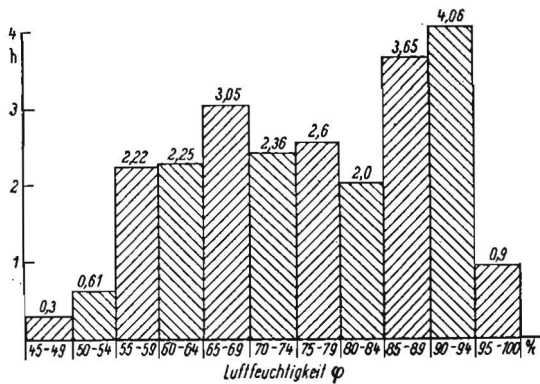


Bild 3. Verteilung der rel. Luftfeuchtigkeit über einen Tag (Mittelwerte für die Zeit vom 20. Juni bis 24. Juli 1960 Rübenaun)

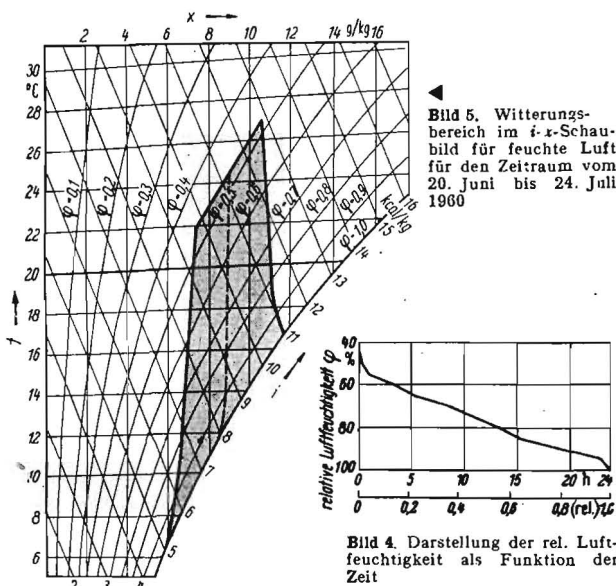


Bild 5. Witterungsbereich im i-x-Schaubild für feuchte Luft für den Zeitraum vom 20. Juni bis 24. Juli 1960

Bild 4. Darstellung der rel. Luftfeuchtigkeit als Funktion der Zeit

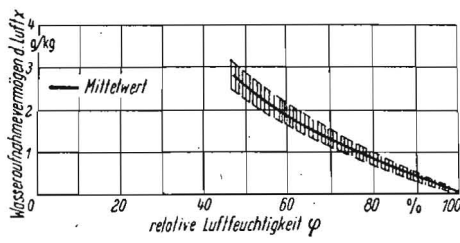


Bild 6 (links). Wasseraufnahmevermögen der Luft bei adiabatischer Zustandsänderung und 100%iger Sättigung

Bild 7 (rechts). Darstellung des Wasseraufnahmevermögens der Luft als Funktion der Zeit

Bild 8 (rechts unten). Berechnungsschema zur Ermittlung der Belüftungszeit

ist, entnimmt man dem Bild 4, daß durchschnittlich etwa 15 Stunden am Tage für die Belüftung geeignet sind.

Die Zahl der täglichen Belüftungsstunden allein sagt nicht viel über die Wirkung der Belüftung aus. Es ist vielmehr wichtig zu wissen, mit welcher mittleren Wasseraufnahme der Luft man dabei rechnen kann.

Die weitere Auswertung lehnt sich an die von MALTRY benutzte Methode an.

Um Rückschlüsse auf das Wasseraufnahmevermögen der Luft ziehen zu können, wird das i-x-Diagramm für feuchte Luft nach MOLLIER benutzt und die aus Bild 2 entnommenen Werte in dieses eingetragen (Bild 5). Damit wird der Witterungsbereich abgegrenzt, aus dem man entnimmt, daß der absolute Wassergehalt der Luft, wie die eingetragene gestrichelte Linie zeigt, im Mittel fast konstant ist und etwa 9 g/kg beträgt.

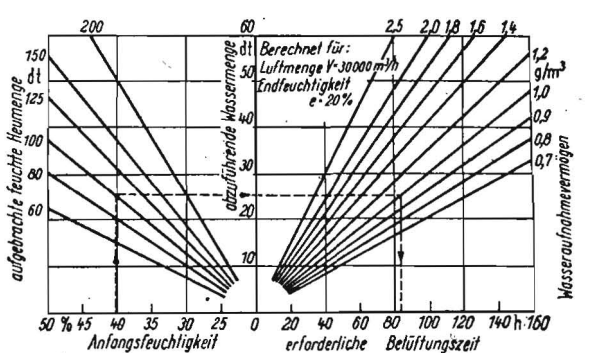
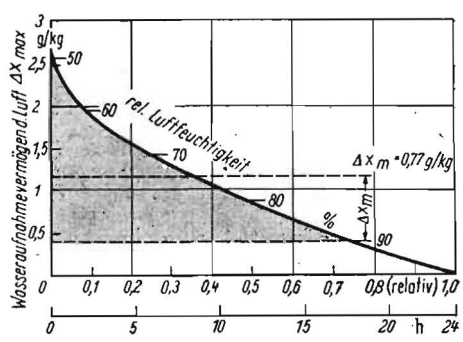
Will man nun auf das Wasseraufnahmevermögen der Luft schließen, so muß ein bestimmter Verlauf der Zustandsänderung der Luft angenommen werden. Man geht nicht fehl, wenn man diese als Adiabate

annimmt, d. h., daß die Luft allein Energie für die Wasserverdunstung liefert, wobei deren Temperatur absinken muß. Im i-x-Diagramm verläuft die Zustandsänderung dann in Richtung der Linien $i = \text{konstant}$. Während man theoretisch erwarten kann, daß sich die Luft beim Verlassen der obersten Heuschicht bis auf 100 % relativer Luftfeuchtigkeit aufgesättigt hat, stellt man in der Praxis fest, daß die Abluft im Mittel meist eine relative Feuchte von etwa 90 % besitzt. In unserem Beispiel wird jedoch mit völliger adiabatischer Sättigung der Luft gerechnet und dieser kleine Fehler später berücksichtigt. Durch Abgreifen im i-x-Diagramm erhält man das Bild 6. Hier sind nur noch geringe Abweichungen vom Mittelwert des Wasseraufnahmevermögens festzustellen und man begeht keinen großen Fehler, wenn man die schmale Fläche als Linie betrachtet und mit diesem Mittelwert weiterrechnet. Bei den vorangehenden Untersuchungen wurde der Trocknungseffekt durch die Selbsterwärmung außer acht gelassen, der bei Heufeuchtigkeiten unter 40 %, die in den meisten Fällen vorliegen, jedoch sehr gering ist.

Um die Wasseraufnahme der Luft als Funktion der Zeit darstellen zu können, werden die Kurven der Bilder 3 und 6 vereint, wodurch man Bild 7 erhält. Hier stellt die Fläche unter dem Kurvenzug das Gesamtwasseraufnahmevermögen der Luft dar, wenn sie sich bis auf 100 % relativer Feuchte sättigt. Geht man aber zu praktischen Verhältnissen über und rechnet mit 90 % relativer Abluftfeuchtigkeit, dann stellt die dunkel gefärbte Fläche die Wasseraufnahme dar. Zur Bestimmung des Mittelwertes des Wasseraufnahmevermögens Δx_m der Luft wird diese Fläche ausplanimetriert und durch die zugehörige Grundlinie geteilt. Es ergibt sich ein mittleres Wasseraufnahmevermögen von $\Delta x_m \approx 0,77 \text{ g/kg}$ bzw. $\Delta x_m \approx 0,96 \text{ g/m}^3$.

Vergleicht man den auf die beschriebene Art und Weise aus dem statistischen Material gewonnenen Wert des Wasseraufnahmevermögens im Erzgebirge mit dem für das Flachland und auch Küstengebiet zutreffenden, wo etwa 1,5 bis 2,5 g/m³ erreicht werden, so beträgt dieser nur etwa 1/2 bis 2/3 der für diese Gebiete anzunehmenden Größe. Dennoch ist er hoch genug, um Heu im Kaltluftverfahren nachtrocknen zu können. Beachtet man noch, daß im Jahre 1960 ausgesprochen schlechte Witterungsbedingungen herrschten, dann kann man mit Gewißheit annehmen, daß in normalen Jahren das Wasseraufnahmevermögen der Luft noch um einiges besser ist.

Für die Heubelüftung wird im allgemeinen der Axiallüfter SK 8 mit einer Luftmengenleistung von 30 000 m³/h eingesetzt. Ausgehend von diesem Belüftungstyp läßt sich ein vereinfachtes Berechnungsschema (Bild 8) zeichnen, das die am meisten interessierenden Größen (Ausgangsfeuchtigkeit, Heumenge, abzuführende Wassermenge, Wasseraufnahmevermögen und Belüftungszeit) enthält und das dazu benutzt werden kann, bei Kenntnis der Heumenge, ihres Feuchtigkeitsgehaltes und des für die geographische Lage des Ortes zu erwartenden



Wasseraufnahmevermögen, die notwendige Belüftungszeit zu bestimmen. Ein Beispiel ist zur Erläuterung eingetragen: Bei der Trocknung von 100 dt Heu mit einer Ausgangsfeuchtigkeit von 40% müssen 25 dt Wasser abgeführt werden, damit die Lagerfähigkeit (20% Wassergehalt) erreicht wird. Nimmt man ein Wasseraufnahmevermögen der Luft von 1 g/m³ an, so muß der Lüfter rund 83 Stunden in Betrieb gehalten werden. Rechnet man mit einer täglichen Belüftungszeit von etwa 12 Stunden, weil man in der Praxis beim individuellen Ein- und Ausschalten der Lüfter das Optimum der möglichen Belüftungszeit nicht erreicht und ein Nachtbetrieb bei günstigen Luftfeuchtigkeiten nicht durchgeführt wird, so ist zur Trocknung dieser angenommenen Heumenge der Zeitraum von 7 Tagen notwendig. Die so bestimmte Belüftungszeit stimmt etwa mit den in den beiden oben genannten Gebirgsorten gesammelten Erfahrungen überein.

Praktische Erfahrungen

Diesen theoretischen Überlegungen ging die praktische Durchführung der Belüftungstrocknung im Erzgebirge voraus. Es sei vorweg gesagt, daß trotz der schlechten Witterungsbedingungen des Jahres 1960 mit Hilfe der Belüftungstrocknung ein einwandfreies Heu gewonnen wurde. Natürlich mußte beim Aufbau der Belüftungsanlagen den besonderen klimatischen Bedingungen Rechnung getragen werden. Zwecks Erhöhung der Belüftungsintensität wurde die Anlagengröße auf nur rund 85 m² bemessen und es ist zu empfehlen, daß auch in anderen Gebirgsgegenden diese Anlagengröße bei Verwendung des SK 8-Lüfters nicht wesentlich überschritten wird. Da bekannt ist, daß an der Südfront von Gebäuden die Luft infolge der Sonneneinstrahlung trocknungsfähiger ist und man in Höhenlagen jeden sich nur bietenden Vorteil nutzen muß, wurden die Lüfter prinzipiell an der nach Süden gelegenen Gebäudeseite eingebaut. Der bekannte und bewährte Rostaufbau blieb beibehalten. Beim Einlagern von vorgewelktem Heu sollte hier mehr als woanders darauf geachtet werden, daß die Heufeuchtigkeit nicht wesentlich über 40% liegt und daß der Heustapel locker zu setzen ist. Gerade das Heu von Gebirgswiesen ist infolge des sehr hohen Anteils von Untergräsern sehr kurz und ähnelt deshalb in seinen Trocknungseigenschaften schon sehr dem langgehäckselten Wiesheu des Flachlandes. Damit sich der Luftdurchtrittswiderstand nicht unnötig erhöht, wodurch die durchgeblasene Luftmenge – wenn auch nur gering – abfällt, sollte der Heustapel nicht mehr als unbedingt notwendig betreten werden.

Auf Grund der mitunter sehr schwankenden relativen Luftfeuchtigkeit ist es sehr zu empfehlen, sich an die von Meßinstrumenten – es genügt ein Haarhygrometer – angezeigten Werte zu halten und den Lüfterbetrieb danach einzurichten. Das erfordert natürlich eine laufende Kontrolle dieser Instrumente durch die Bedienungsperson, wenn eine optimale Ausnutzung der geeigneten Stunden erfolgen soll.

Ing. J. MIKULIK*)

Einige Erfahrungen mit der Nachtrocknung von Heu durch Kaltbelüftung in der ČSSR

Die Trocknung von Heu durch Belüftung wurde in der ČSSR bereits im Jahre 1958 in die Praxis eingeführt. Die Erfahrungen des ersten Jahres waren aber trotz mancherlei Skepsis unserer Praktiker im allgemeinen günstig, so daß bereits im Jahre 1959 ungefähr 600 Anlagen in Betrieb waren, deren Zahl sich im Jahre 1960 bis auf 3000 steigerte. Daraus ist zu ersehen, daß die Heubelüftungstrocknung von der Praxis der ČSSR voll akzeptiert wurde.

In der großen Auswahl der verschiedensten Typen von Trocknungsanlagen zeigte sich der Typ mit einem flachen Rost im Baukastensystem und einem schrägen zentralen Luftleitkanal als der geeignetste. Prinzipiell stimmt diese Anordnung mit dem in der DDR als „System Gundorf“ bezeichneten Typ überein, in der technischen Ausführung unterscheidet sie sich aber in gewissen Einzelheiten. Diese Details beruhen auf den Erfahrungen, die wir im Laufe von drei Jahren in der ČSSR gewannen.

In erster Linie führten wir eine Änderung der Lüfteranordnung durch (Bild 1). In den bei uns herrschenden klimatischen Bedingungen kommen wir in gewissen Fällen nicht ohne ein Vorwärmen der Luft aus. Mit Rücksicht darauf, daß ein gleichmäßiges Vermischen der Warmluft aus den Heizgeräten mit der Normalluft bei Lüftern mit außen angebrachtem Motor technisch sehr schwierig zu lösen ist, setzten wir den Elektromotor auf die entgegengesetzte Seite, also

Für die Gebirgsgegenden erscheint es deswegen nicht unwirtschaftlich, wenn ein Belüftungsautomat den Schaltvorgang der Lüfter übernimmt. Dabei sollte ein Belüftungsautomat mit Hilfe der Schaltschütze mehrere Anlagen bedienen können.

Wie eingangs erwähnt, dauert die Heuernte in den Gebirgsgegenden heute noch acht bis zehn Wochen. Sie wird sich auch in naher Zukunft nicht sehr stark verkürzen lassen, da eine vollkommene Mechanisierbarkeit in den Hanglagen noch nicht gegeben ist und die oft sehr unterschiedliche Höhenlage einzelner Schläge innerhalb eines Betriebes die Vegetation und damit den Schnittzeitpunkt bestimmt. Infolgedessen kann hier das Umsetzen der Lüfter von Anlage zu Anlage empfohlen werden, wodurch man einmal Anschaffungskosten sparen und eine bessere Auslastung der Lüfter erreichen kann. Beim Einbau der Lüfter ist deshalb auf eine leichte Austauschbarkeit zu achten.

Die Belüftung des Heues ist nur ein Glied in der Kette der Heuerntearbeiten. Deshalb dürfen auch die anderen Arbeitsgänge, insbesondere die während der Vorwelkperiode durchzuführenden, nicht vernachlässigt werden. Hier weist die Mechanisierung besonders in den Hanglagen der Mittelgebirge noch sehr große Lücken auf. Eine Verkürzung der Vortrocknungszeit verlangt jedoch eine ausreichende Zahl von Heubearbeitungsgeräten, die auch in Hanglagen eine zufriedenstellende Arbeitsgüte aufweisen, denn man darf keinesfalls glauben, daß bei Anwendung des Heubelüftungsverfahrens die Heuwendegeräte überflüssig werden. Sehr unangenehm macht sich auch das Fehlen eines geeigneten Heuladers bemerkbar, der für Hanglagen universell einsetzbar ist. Wenn auch oft der Mähler E 062 zum Aufladen von vorgewelktem Heu benutzt wird, so bleibt doch in den meisten Fällen das Aufladen der Handarbeit vorbehalten.

Nach einjähriger Anwendung des Kaltbelüftungsverfahrens in Mittelgebirgsanlagen wurde die schon bestehende Aussage bekräftigt, daß auch unter den dort meist herrschenden schwierigen Witterungsbedingungen eine Rauhfuttertrocknung möglich ist. Das beweisen auch die Erfahrungen, die die LPG in Grünhain, Elterlein, Eibenstock, Zwönitz, Adorf, Schönbrunn u. a. gesammelt haben. Welche Bedeutung die Praxis diesem Verfahren beimißt, ist aus der Tatsache zu erkennen, daß sich z. B. die LPG „Grenzland“ in Rübenu schon heute zu den bereits vorhandenen drei Axiallüftern noch weitere neun Stück beschafft hat, die dazu beitragen sollen, die Heuernte auch in den Mittelgebirgen zu erleichtern und zu verbessern.

Literatur

GOLDSCHMIDT: Das Klima von Sachsen, Akademie-Verlag Berlin 1950
MALTRY: Der Einfluß des Klimas auf die Dimensionierung von Heubelüftungsanlagen. Vortrag, gehalten auf der wissenschaftlichen Jahrestagung der DAL 1959. A 4254

hinter den Lüfter. Einige technische Probleme, die mit der Änderung der Motorenanordnung verbunden waren, konnten wir im großen und ganzen ziemlich zufriedenstellend klären. Die Luft von den Heizgeräten wird jetzt durch eine sehr einfache Rohrleitung gefördert, wobei ihre gleichmäßige Vermischung mit Frischluft gewährleistet und die Gefahr der Motorüberhitzung beseitigt ist.

Für das Vorwärmen der Luft hat sich bei uns das direkte Ölfuerungsgerät „POV-100“ (Bild 2) mit einer Leistung von 100 000 kcal/h bisher am besten bewährt. Das Prinzip des Geräts beruht darauf, daß in einem Behälter Heizöl brennt, die Verbrennungsgase in eine Brennkammer gelangen und dort, mit der von außen angesaugten Frischluft vermischt, vollkommen verbräuen. Die heißen Gase werden durch ein Kreisgebläse angesaugt und durch eine Rohrleitung zum Lüfter der Trocknungsanlage gefördert. Die Verbrennungsgase haben eine Temperatur von 150 bis 180 °C. Die Gase sind vollkommen rein und bei einer richtigen Bedienung kann es zu keiner Funkenbildung kommen. Ein Heizgerät genügt für zwei Lüfter (Bild 3).

Für die Trocknung bei kaltem, regnerischem Wetter, besonders im Herbst, erwies es sich als sehr vorteilhaft, die eingeblasene Frischluftmenge durch einen am Schutzgitter angebrachten Blechring zu verringern (Bild 4). Dadurch wird der Trocknungseffekt gesteigert und die Gefahr der Wasserkondensation im Heu vermindert.

Der automatische Trocknungsregler, der in den Jahren 1958 bis 1959 untersucht wurde, liegt bereits in der Serienfertigung. An seinem

*) Forschungsinstitut für Landtechnik Řepl der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, Prag.