

Leistungssteigerung und Energieeinsparung bei Hordendarren durch optimale Luftführung

Jakob Münsterer, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik, Wolnzach

Die Luftgeschwindigkeit der Trocknungsluft beeinflusst die Trocknungsleistung

Das Einstellen der richtigen Luftgeschwindigkeit ist Voraussetzung für eine optimale Trocknungsleistung und hohe Energieeffizienz. Zu hohe Luftgeschwindigkeiten führen aufgrund der unterschiedlichen Lagerungsdichte des Hopfens zu einer ungleichmäßigen Trocknung und erhöhten Energieverbrauch, da die durchströmende Luft nicht ausreichend Zeit hat, Feuchtigkeit bis zur Sättigung aufzunehmen. Zu niedrige Luftgeschwindigkeiten dagegen verlängern die Trocknungszeit und verringern die Trocknungsleistung. Für das Einstellen der optimalen Trocknungsparameter, wie Temperatur und Schütthöhe, ist die Kenntnis der jeweils aktuellen Luftgeschwindigkeit in m/s während der Trocknung unbedingt erforderlich.

Neue Methode zur Bestimmung der Luftgeschwindigkeit

In Hordendarren kann die Luftgeschwindigkeit über die Regulierung des Volumenstromes entweder durch die Veränderung des Querschnittes des Ansaugkanals oder über die Veränderung der Drehzahl des Gebläsemotors eingestellt werden. Aufgrund der sich während der Trocknung ständig ändernden Strömungsverhältnisse und der insgesamt niedrigen Luftgeschwindigkeiten war bisher eine direkte Messung der tatsächlichen Luftgeschwindigkeit in m/s in der Praxis nicht möglich. Deshalb wurde während der Ernte 2007 ein Verfahren entwickelt, das die durchschnittliche Luftgeschwindigkeit pro m² Darrfläche mittels einer thermodynamischen Formel berechnet. Mit Hilfe dieser Formel, in welcher ein Wirkungsgrad des Wärmetauschers des Lufterhitzers von 90 % angenommen wurde, kann über den Ölverbrauch und die Temperaturdifferenz zwischen Ansaug- und Trocknungsluft das erwärmte Luftvolumen in m³/s berechnet werden. Dividiert man diesen Wert durch die Darrfläche in m², erhält man die durchschnittliche Luftgeschwindigkeit in m/s. Diese Zusammenhänge wurden in einer Tabelle so zusammengestellt, dass die Luftgeschwindigkeit in m/s in Abhängigkeit vom Ölverbrauch und der Temperaturdifferenz zwischen Trocknungsluft und Ansaugluft abgelesen werden kann.

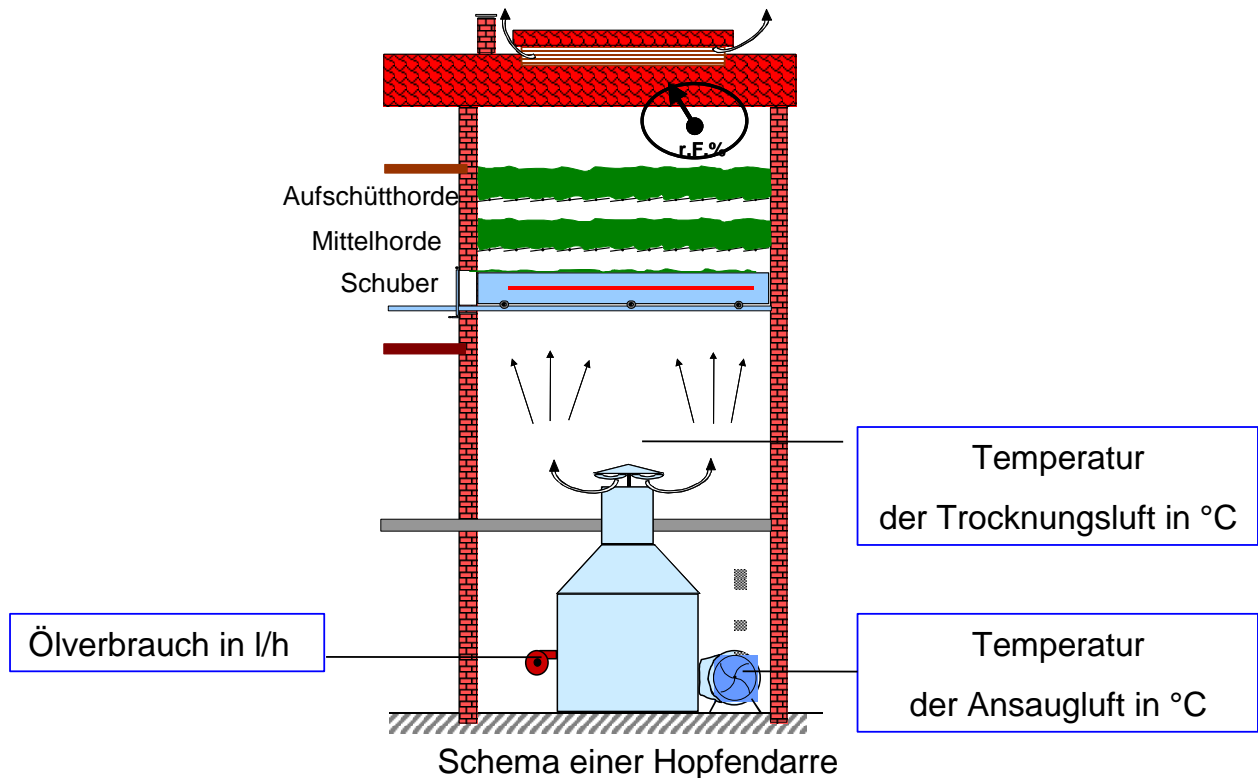


Abbildung: Messpunkte zur Ermittlung der Luftgeschwindigkeit

Ermittlung der Luftgeschwindigkeit über Ölverbrauch

In der Ernte 2007 wurden in 10 Versuchsbetrieben zur Messung des Ölverbrauchs in die Druckleitungen der Ölbrenner analoge oder digitale Öldurchflusszähler eingebaut. Zusätzlich wurde die Temperatur der zu erwärmenden Ansaugluft und der Trocknungsluft gemessen. In Trocknungsprotokollen wurden die Zeitpunkte des Befüllens der Aufschütthorde, die Kippzeitpunkte, das Entleeren des Schubers und die gemessenen Werte während der Trocknung dokumentiert. Dadurch wurde es möglich, die Luftgeschwindigkeit in m/s für definierte Trocknungsabschnitte vom Befüllen der Aufschütthorde bis zum Entleeren des Schubers mit Hilfe der Tabelle sofort zu ermitteln. Damit der Einfluss der Luftgeschwindigkeit auf die Trocknungsleistung festgestellt werden konnte, wurden in den Versuchen bei einheitlichen Temperaturen von 65 °C und Schütthöhen von 35-40 cm nur die Luftgeschwindigkeit verändert.

Maximale Trocknungsleistung durch optimalen Energieeinsatz

Die Luftgeschwindigkeit der Trocknungsluft hat einen großen Einfluss auf die Trocknungsleistung und den Heizölverbrauch. Aus den Trocknungsversuchen ergab sich eine optimale Luftgeschwindigkeit in der Aufschütthorde im Bereich von 0,38 m/s nach dem Befüllen bis 0,30 m/s zum Zeitpunkt des Kippens. Bei niedrigeren Luftgeschwindigkeiten verringerte sich der Luftdurchsatz der Trocknungsluft und somit die Trocknungsleistung. Überraschend war, dass sich die Trocknungsleistung bei Luftgeschwindigkeiten über 0,4 m/s ebenso verringerte, bei gleichzeitig deutlich höheren Heizölverbrauch. Mit Hilfe der Tabelle bekommt der Hopfenpflanzer erstmals ein Hilfsmittel an die Hand, mit dem er auf einfache Weise die durchschnittliche Luftgeschwindigkeit in m/s pro m² Darrfläche ermitteln und Korrekturen vornehmen kann. Stellt der Landwirt z.B. fest, dass die errechnete Luftgeschwindigkeit zu hoch ist, kann er die Gebläseleistung reduzieren oder den Hopfen beim nächsten Befüllen höher aufschütten. Umgekehrt kann er bei zu niedriger

Luftgeschwindigkeit die Gebläseleistung erhöhen oder wenn das nicht mehr möglich ist, die Schütthöhe reduzieren.

Damit wurde auch eine Methode entwickelt, mit der künftig eine automatische Trocknungssteuerung in der Lage ist, während des gesamten Trocknungsprozesses immer die jeweils optimale Luftgeschwindigkeit einzustellen.

Tabelle: Ermittlung der Luftgeschwindigkeit in m/s

Luftgeschwindigkeit in m/s in Abhängigkeit von Ölverbrauch und Temperaturdifferenz zwischen Trocknungsluft und Ansaugluft																														
Temperaturdifferenz zwischen Trocknungsluft und Ansaugluft in °C	Ölverbrauch in l/h u. m ² Darrfläche																													
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0									
20	0,37	0,40	0,44	0,48	0,51	0,55	0,59	0,62	0,66	0,70	0,73	0,77	0,81	0,84	0,88	0,92	0,95	0,99	1,03	1,06	1,10									
22	0,33	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,57	0,60	0,63	0,67	0,70	0,73	0,77	0,80	0,83	0,87	0,90	0,93	0,97	1,00									
24	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88	0,92									
26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,39	0,42	0,45	0,48	0,51	0,54	0,56	0,59	0,62	0,65	0,68	0,70	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85									
28	0,26	0,29	0,31	0,34	0,37	0,39	0,42	0,44	0,47	0,50	0,52	0,55	0,58	0,60	0,63	0,65	0,68	0,71	0,73	0,76	0,78									
30	0,24	0,27	0,29	0,32	0,34	0,37	0,39	0,42	0,44	0,46	0,49	0,51	0,54	0,56	0,59	0,61	0,63	0,66	0,68	0,71	0,73									
32	0,23	0,25	0,27	0,30	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41	0,43	0,46	0,48	0,50	0,53	0,55	0,57	0,60	0,62	0,64	0,66	0,69									
34	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,65									
36	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,51	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61									
38	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58									
40	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,49	0,51	0,53	0,55									
42	0,17	0,19	0,21	0,23	0,24	0,26	0,28	0,30	0,31	0,33	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,44	0,45	0,47	0,49	0,51	0,52									
44	0,17	0,18	0,20	0,22	0,23	0,25	0,27	0,28	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,50									
46	0,16	0,18	0,19	0,21	0,22	0,24	0,25	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,38	0,40	0,41	0,43	0,45	0,46	0,48									
48	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21	0,23	0,24	0,26	0,27	0,29	0,31	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,41	0,43	0,44	0,46									
50	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,25	0,26	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,44									
52	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,30	0,31	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,39	0,41	0,42									
54	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,20	0,22	0,23	0,24	0,26	0,27	0,28	0,30	0,31	0,33	0,34	0,35	0,37	0,38	0,39	0,41									
56	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,33	0,34	0,35	0,37	0,38	0,39									
58	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,34	0,35	0,37	0,38									
60	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,37									

Quelle: Münsterer Jakob - Arbeitsbereich Hopfen - IPZ 5a Tel. 08442/957-400 Fax. 08442/957-402 Stand 2007

Vorstufe zur Automatisierung

Durch die stetige Wasserabfuhr bei der Trocknung verringert sich das Gewicht des Hopfens und somit auch der Luftwiderstand in den einzelnen Horden ständig. Dementsprechend verändert sich auch die Luftgeschwindigkeit über den Trocknungszeitraum. Zur Erzielung einer optimalen Trocknungsleistung und hoher Energieeffizienz muss aber die Luftgeschwindigkeit in den für den jeweiligen Trocknungsabschnitt optimalen Bereich eingestellt werden. Dies ist nur mit einem automatischen Regelkreis zu erreichen.

Künftig kann aus der Messung des Heizölverbrauchs, der Temperatur der Ansaugluft und der Temperatur der erhitzten Trocknungsluft die aktuelle Luftgeschwindigkeit errechnet und über die Anpassung der Gebläseleistung automatisch geregelt werden.

Die Praxisversuche als auch die technische Umsetzung einer automatischen Luftgeschwindigkeitsregelung haben gezeigt, dass die beschriebene Methode der Luftgeschwindigkeitsbestimmung über den Heizölverbrauch eine Grundlage für eine Leistungssteigerung und Energieeinsparung bei Hordendarren darstellt.