

Entwicklung und Erprobung einer neuartigen Messtechnik zur weiteren Optimierung der Trocknungsleistung

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

Leistungssteigerung und Energieeinsparung durch optimale Luftführung

Durch eine optimale Luftführung in Hordendarren kann die Trocknungsleistung gesteigert und der Energieeinsatz optimiert werden. Da der zu trocknende Hopfen in der Darre stetig Wasser abgibt und somit an Gewicht verliert, verringert sich auch der Gegendruck für die Luftströmung. Es ist deshalb ein Anstieg der Luftgeschwindigkeit bis hin zum Kippzeitpunkt zu erwarten. Zusätzlich ist dieser Einfluss auch sortenabhängig. Für eine optimale Trocknungsleistung muss die Luftgeschwindigkeit stetig geregelt werden.

Ermittlung der Luftgeschwindigkeit über den Heizölverbrauch

Da punktuelle Messungen der Luftgeschwindigkeit aufgrund der Ungleichmäßigkeit bei der Trocknung nicht aussagekräftig sind, wurde nach einem Messverfahren gesucht, welches Aussagen über die durchschnittliche Luftgeschwindigkeit über die gesamte Darrfläche zulässt. Die Ungleichmäßigkeit kommt meist durch Nesterbildung oder unzureichend homogener Luftverteilung bereits im Luftverteiltrraum der Darre zustande.

Um einen aussagekräftigen Richtwert zu erhalten, wurde von Herrn Dr. Albert Heindl (Heindl GmbH, Mainburg) vorgeschlagen, die Luftgeschwindigkeit bei der Trocknung über den Heizölverbrauch des Warmluftheizgerätes zu ermitteln. Diese Methode (siehe Hopfen-Rundschau Nr. 4, 2008) reichte für eine einfache und schnelle Einschätzung der durchschnittlichen Luftgeschwindigkeit. Nachteilig war, dass die aktuelle Luftgeschwindigkeit nicht kontinuierlich zur Verfügung stand.

Neues Messsystem zur kontinuierlichen Ermittlung der Luftgeschwindigkeit

Die Firma ATEF Euringer & Friedl GmbH entwickelte in enger Kooperation mit der Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik der LfL einen Prototypen eines vollautomatischen Luftgeschwindigkeitsmessgerätes. Ziel war es, die Luftgeschwindigkeit mit höchster Genauigkeit in Echtzeit zur Verfügung zu stellen. Dies wurde durch einen eigens dafür entwickelten Mikrocontroller bewerkstelligt, welcher in der Lage ist, sämtliche Trocknungsparameter zu messen, als auch die thermodynamischen Berechnungen vorzunehmen, um die Datenfülle auf die maßgeblichen Trocknungsparameter zu reduzieren.

Neuer Trocknungsparameter „Wasserentzug“

Unter Beachtung der richtigen Luftgeschwindigkeit bedeutet eine hohe Trocknungsleistung gleichzeitig einen energetisch sehr günstigen Betriebspunkt, da extrem viel Wasser abgeführt wird. Deshalb muss die Luftgeschwindigkeit vom Befüllen bis zum Entleeren einer Darrschüttung stetig so geregelt werden, dass zu jedem Trocknungszeitpunkt ein maximaler Wasserentzug garantiert ist. Mit der neuen Messtechnik werden die äußerst wichtigen Trocknungsparameter Luftgeschwindigkeit in der Darre und der Wasserabtransport, des aus dem Hopfen in den einzelnen Horden entzogenen Wassers, kontinuierlich berechnet und über ein Display angezeigt. Als besonders praxisrelevant erwies sich der von der Firma ATEF Euringer & Friedl GmbH vorgeschlagene Parameter „Wasserentzug“, der in der Einheit ml Wasser pro m² Darrfläche und Minute dargestellt wird. Mit den thermodynamisch

berechneten Parametern „Luftgeschwindigkeit“ und „Wasserentzug“ kann künftig jede Darre zu jedem Zeitpunkt anhand der abgelesenen Werte beurteilt und geregelt werden.

Erste Messungen in Praxisversuchen

Diese Messtechnik wurde zum Praxistest in mehrere Hopfendarren eingebaut und diente bereits im Jahre 2008 für Versuche zur Verbesserung und Optimierung der Trocknungsleistung und Energieeffizienz.

Bisherige Messungen in Hordendarren ergaben Windgeschwindigkeiten zwischen ca. 0,25 und 0,45 m/s. Dabei gibt es große Unterschiede bei den jeweiligen Trocknungsleistungen als auch beim anlagenspezifischen Energieverbrauch. Zahlreiche Auswertungen zeigten erste Trends, in welchem Bereich eine optimale Trocknung möglich ist.

Während der Trocknung wurde über eine Anzeige die jeweils aktuelle Luftgeschwindigkeit in m/s und der Wasserentzug in ml/m² und Minute angezeigt. Dadurch wurde es erstmals möglich, die Luftgeschwindigkeit so einzustellen, dass in der jeweiligen Versuchsdarre immer die maximal mögliche Wassermenge über die Darrabluft abgeführt wurde. Der durchschnittliche Wasserentzug der verschiedenen Versuchsdarren während der Ernte 2008 betrug 280–550 ml/m² und Minute. Die Trocknungsleistung schwankte von 4 bis über 8 kg Trockenhopfen pro m² Darrfläche und Stunde Trocknungszeit. Die geringere Trocknungsleistung wurde vor allem bei den Darren festgestellt, die in der Luftleistung zu knapp dimensioniert waren und es dadurch nicht möglich war, die Luftgeschwindigkeit im Optimum zu halten.

Je höher der durchschnittliche Wasserabtransport über die Trocknungszeit, desto höher ist die Trocknungsleistung in kg Trockenhopfen pro m² Darrfläche und Stunde Trocknungszeit.

In jeder Darre ist noch eine Leistungssteigerung und/oder Energieeinsparung möglich

Die besten Trocknungsleistungen in kg/m² und Stunde wurde bei den Darren festgestellt, bei denen die Luftgeschwindigkeit bei einer Gesamtschütthöhe über alle Horden von 110-120 cm zum Zeitpunkt der höchsten Wasserabgabe des Grünhopfens auf 0,4 m/s erhöht werden konnte. Bei den Darren mit ausreichender Luftleistung konnte die Trocknungsleistung zusätzlich noch dadurch gesteigert werden, indem die Luftgeschwindigkeit bis zum Kippen des Hopfens in der Aufschütthorde in Abhängigkeit eines maximalen Wasserabtransportes geregelt wurde. Durch die Anpassung der Luftgeschwindigkeit konnte nicht nur die Trocknungsleistung gesteigert werden, sondern auch der Energieverbrauch reduziert werden!

Bei den Darren mit knapp dimensionierter Luftleistung wurden bei einer Gesamtschütthöhe von 110-120 cm nach Befüllen der Aufschütthorde zunächst nur Luftgeschwindigkeiten von 0,25-0,3 m/s erreicht. Zusätzlich konnte nur ein leichter Anstieg der Luftgeschwindigkeit bis zum Kippen beobachtet werden.

Bei den Darren mit geringer Luftleistung konnte die Trocknungsleistung durch Verringerung der Schütthöhe gesteigert werden. In Abhängigkeit der Sorte wurde die Schütthöhe so angepasst, dass bei voller Gebläseleistung nach dem Befüllen der Aufschütthorde in kürzester Zeit eine Luftgeschwindigkeit von mindestens 0,3 m/s erreicht wurde.

Mess- und Regelgrößen für eine optimale Luftgeschwindigkeit

6) Berechnung des Wasserentzugs

5) Berechnung der Luftgeschwindigkeit über Heizölverbrauch und Temperaturdifferenz zwischen Trocknungsluft und Ansaugluft

4) Temperatur und rel. Feuchte der Darrabluft

3) Temperatur der Trocknungsluft

2) Temperatur der Ansaugluft

1) Heizölverbrauch

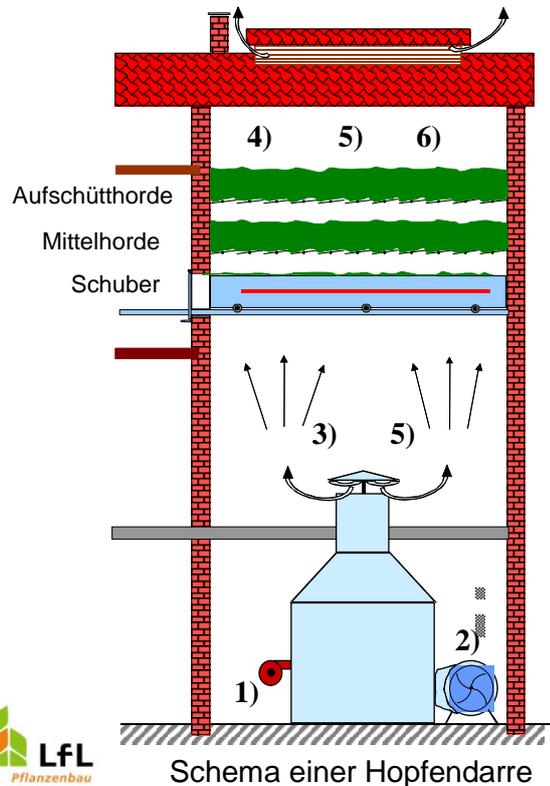


Abbildung 1 : Erforderliche Trocknungsparameter für das vollautomatische Luftgeschwindigkeitsmessgerät

Folgerung für die Praxis

Durch diese neuartige Messtechnik kann künftig der jeweilige IST-Zustand einer Hordendarre zu jedem Betriebszeitpunkt erfasst werden. Mit Hilfe der genannten Trocknungsparameter wird es somit möglich, jede beliebige Darre zu analysieren und bei Bedarf den entsprechenden Ansatzpunkt zu finden, um eine Optimierung durchführen zu können. Die Bedingungen von Darren, bei denen hohe Trocknungsleistungen erreicht werden, können auf andere Darren übertragen werden.

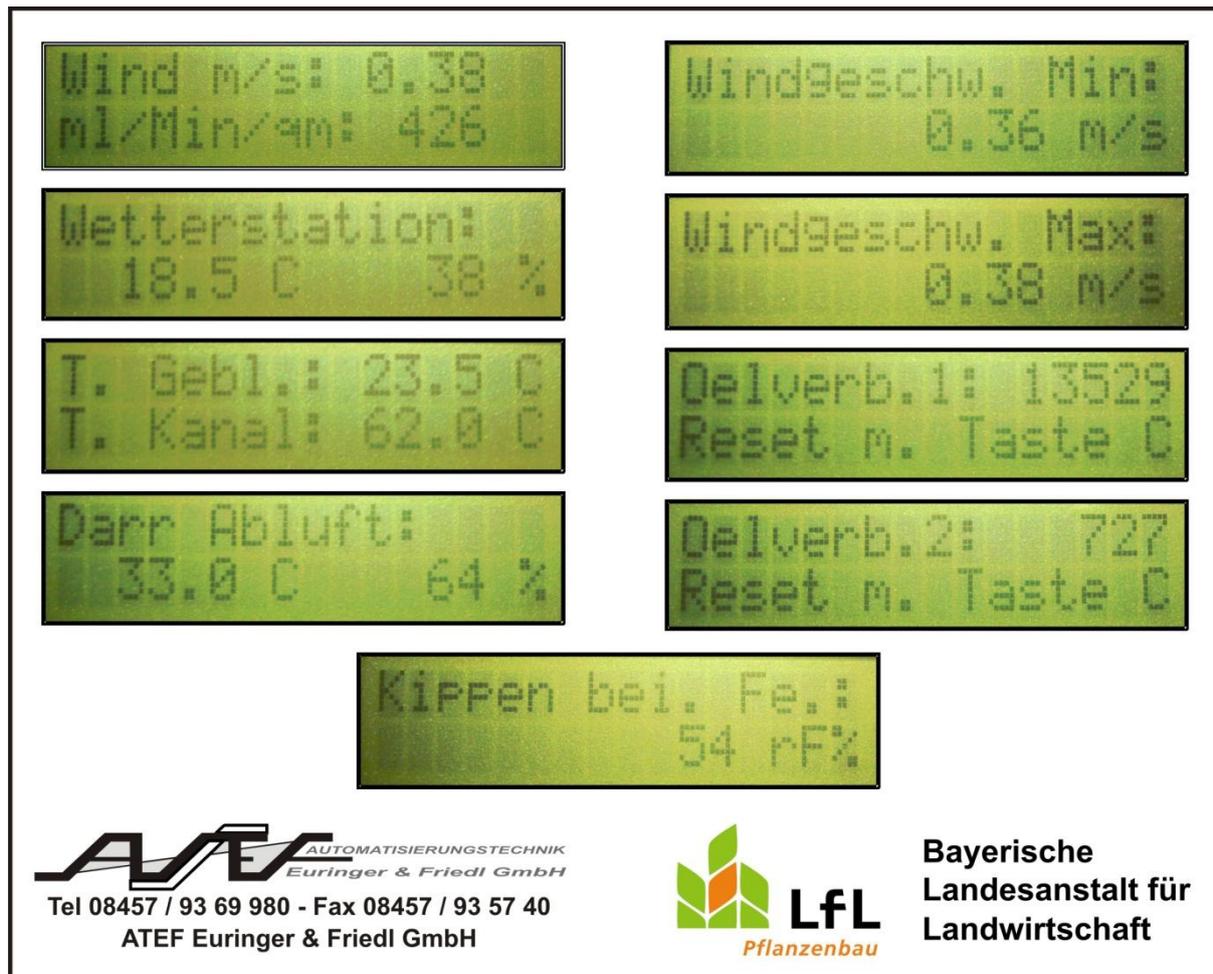


Abbildung 2: Beispielhafte Anzeige praxisrelevanter Trocknungsparameter der neu entwickelten Messtechnik