

Verfasser: Ruslan Hofmann¹, Roland Folz¹, Sebastian Weber² und Siegfried Vogl-Wolf²

Firmen: ¹ Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V., Seestr. 13, 13353 Berlin, Deutschland

² WOLF Anlagen-Technik GmbH & Co. KG, Münchener Str. 54, 85290 Geisenfeld, Deutschland



Einführung

Nach der Ernte hat Grünhopfen einen Wassergehalt von 70 - 80 %, der auf ca. 10 % reduziert werden muss. Während des Hopfen-Trocknungsprozesses wird die Frischluft auf ca. 65 °C erwärmt. Die Abluft hat Temperaturen von 28 - 35 °C und eine relative Feuchte von bis zu 100 %. In konventionellen Hopfen-Trocknungssystemen wird die Luft direkt in die Atmosphäre abgeführt. Mit Hilfe der Fa. WOLF Anlagen-Technik GmbH & Co. KG wurde ein Pilot-Wärmetauscher-System in eine Hopfendarre von industrieller Größe bei einem Betrieb in der Hallertau in Deutschland integriert (Abb. 1). Durch die Erwärmung von Frischluft mit Abluft konnte der Gesamt-Energieverbrauch des Trocknungsprozesses verringert werden. Während der Ernte 2010 wurden Daten von Versuchen in industriellem Umfang analysiert, um den Wirkungsgrad des Wärmetauscher-Systems zu bewerten. Das Kondensat der Abluft mit sehr hohem Feuchtigkeitsgehalt wurde gesammelt und unter Verwendung von GC-MS analysiert.

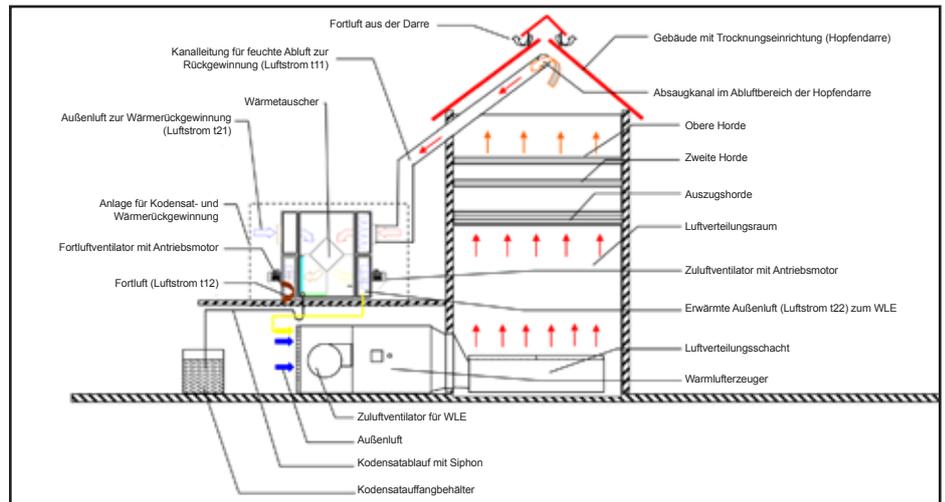


Abb. 1: Hopfendarre mit Wärme- und Kondensatrückgewinnungs-Gerät

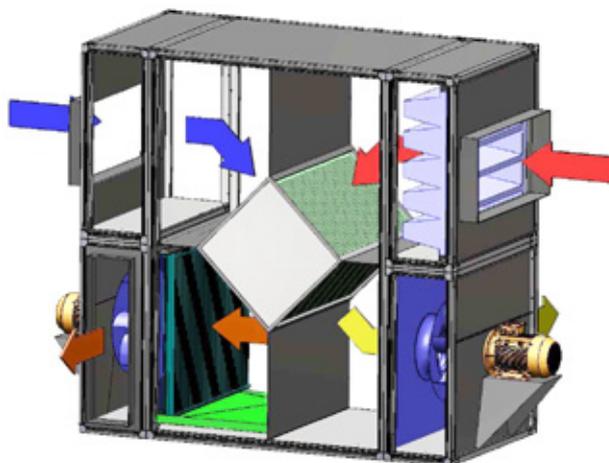


Abb. 2: 3D-Zeichnung des Wärmetauschers für Energie- und Kondensat-Rückgewinnung

Materialien und Methoden

Das Gerät war als Modul geplant (Abb. 2, Abb. 3). Integriert sind 2 Ventilatoren, der Wärmetauscher, ein Tröpfchenabscheider und eine Kondensatwanne. Der Pilot-Wärmetauscher war dimensioniert für einen Luftvolumenstrom von 10.000 m³/h. Während der Ernte 2010 wurde der Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung überwacht. Die Trocknung von 6 verschiedenen Hopfensorten war eingeschlossen. Muster von grünen und getrockneten Hopfendolden sowie das entsprechende Kondensat wurden für jede Sorte analysiert. Die Analysen enthielten HPLC und GCMS, um den Gehalt von Alpha- und Beta-Säuren sowie 8 essentiellen Hopfenölen zu bestimmen.



Abb. 3: Wärme- und Kondensatrückgewinnungs-Gerät

Ergebnisse und Diskussion

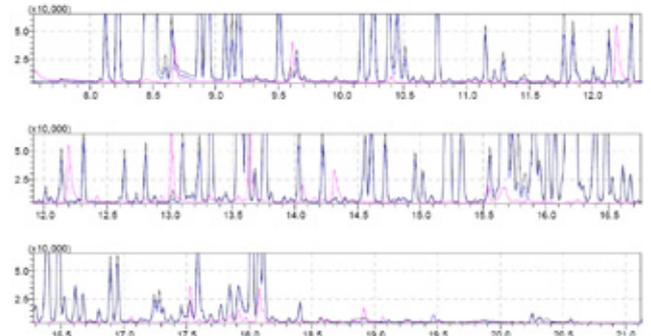


Abb. 4: Chromatogramm für Hopfensorte Hallertauer Magnum (schwarz = Grünhopfendolden; blau = getrocknete Hopfendolden; rot = Kondensat)

Eine der analysierten Sorten war Hallertauer Magnum. Während des Trocknens konnte eine Menge von 0,03 mg/ml Hopfenöl aus dem Kondensat zurückgewonnen werden. Das zurückgewonnene Hopfenöl enthielt Linalool, Geraniol, Caryophyllen und Humulen in Konzentrationen von bis zu 0,01 mg/ml. Abbildung 4 zeigt die sich überlappenden Chromatogramme für grüne und getrocknete Hopfendolden sowie Kondensat von Hallertauer Magnum. Die Ergebnisse anderer getesteter Hopfensorten waren ähnlich. Während der überwachten Erntezeit hing die gesammelte Menge von Kondensat pro Tag signifikant von den Wetterverhältnissen ab. Im Mittel wurde eine Menge von 9 kg/h Kondensat gesammelt. Die Abluft hatte eine mittlere Temperatur von 31,25 °C und 62,8 % relative Feuchte. Nach dem Wärmetauscher verließ die Luft das Wärme- und Kondensatrückgewinnungs-Gerät mit einer mittleren Temperatur von 23,16 °C und 91,7 % relativer Feuchte. Im Mittel wurde die Frischluft von 15,0 °C auf 24,4 °C erwärmt. Parallel sank die relative Feuchte von 68,9 % auf 39,0 %. Eine Gesamt-Wärmerückgewinnung von ca. 50 % wurde erzielt. Diese Zahlen führten zu einer kalkulierten Energie-Rückgewinnung von 38 kWh oder einem reduzierten Energieverbrauch von 20,8 %. Beim derzeitigen Preisniveau ergab sich eine theoretische Einsparung von 2.500,00 Euro pro Jahr.

Zusammenfassung und Perspektive

Es wurde ein Wärmerückgewinnungssystem in eine Hopfendarre nach Stand der Technik eingebaut. Der Wärmerückgewinnungsprozess ergab eine theoretische Energieeinsparung von 20,8 %. Außerdem enthält das während der Wärmerückgewinnung produzierte Kondensat essentielle Hopfenöle, die zurückgewonnen werden konnten. Für die Ernte 2011 sind weitere Versuche geplant. Möglicherweise kann mehr Öl mit einer zweiten Kondensierung oder einem spezifischen Absorbiermaterial zurückgewonnen werden.