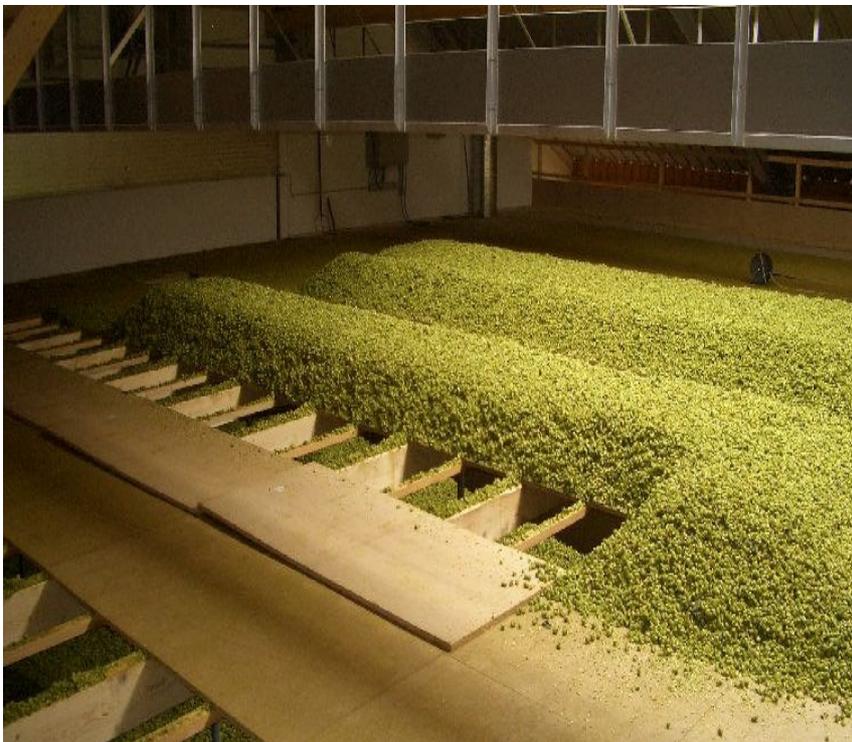


Hinweise für eine optimale Konditionierung im Hopfen



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

Hinweise für eine optimale Konditionierung von Hopfen

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

Zielsetzung

Im „Grünen Heft 2012“ (S. 101-104) sind die wesentlichen Grundsätze zur optimalen Konditionierung von Hopfen beschrieben.

Da aber nur durch das sofortige Belüften mit der richtigen Temperatur und relativen Feuchte der Belüftungsluft bei der Konditionierung von Hopfen eine optimale Homogenisierung mit einem gewünschten Wassergehalt des frisch getrockneten Hopfens erreicht werden kann, sollen nachfolgend die wesentlichen Zusammenhänge und Abläufe beim Feuchteausgleich zwischen Spindel und Doldenblätter näher erläutert werden.

Der Aufbau der Hopfendolde ist trocknungstechnisch ungünstig

Die Doldenblätter an der Spindel haben im Verhältnis zu ihrer Masse eine sehr große Oberfläche. Die Spindel mit ihrem hohen Wassergehalt hat eine verhältnismäßig kleine Oberfläche und ist dazu noch durch die Doldenblätter dem unmittelbaren Zutritt der Trocknungsluft entzogen. Deshalb muss das Wasser der Spindel während der Trocknung über das Kapillarsystem der Doldenblätter abgeführt werden.



Abb. 1: Dolden, Doldenblätter und Spindel

Die Doldenblätter trocknen schneller als die Spindel

Hat die Dolde bei einer Trocknungstemperatur von 65 °C einen durchschnittlichen Wassergehalt von 9–10 % erreicht, haben die Doldenblätter nur noch einen Wassergehalt von 4–7 % und die Spindel immer noch einen Wassergehalt von 25–35 %. Der hohe Anteil an Spindelwasser wird erst während der Lagerung auf dem Hopfenboden bzw. bei der Belüftung in der Konditionierungskammer an die Doldenblätter bis zum vollständigen Feuchteausgleich zwischen Spindel und Doldenblätter abgegeben.

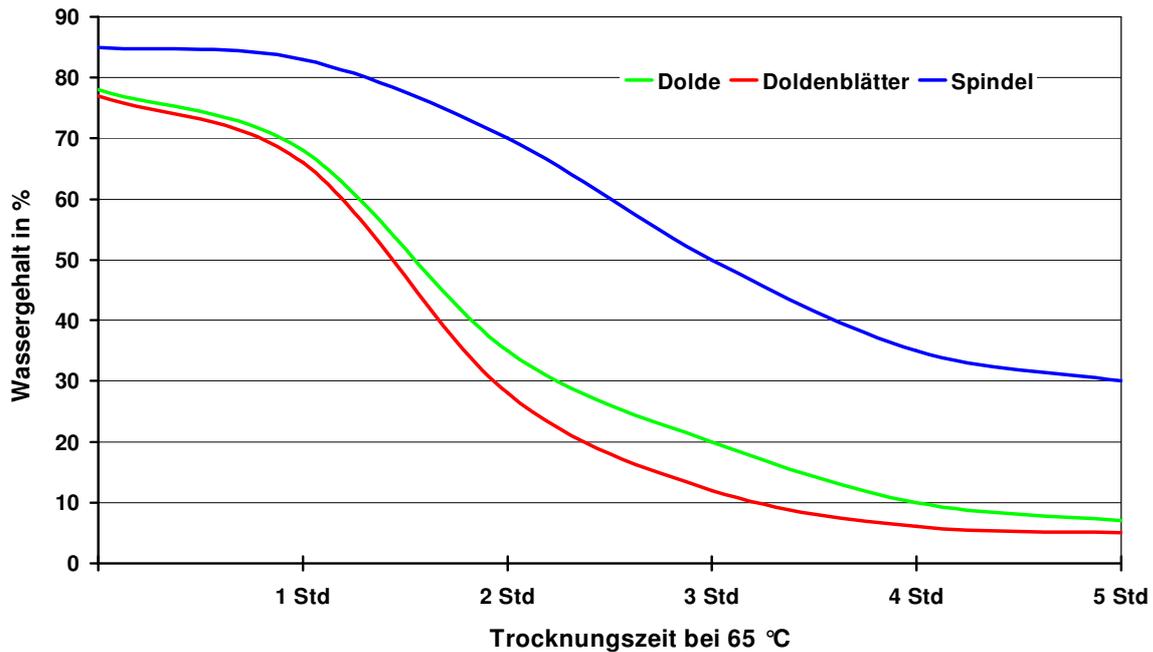


Abb. 2: Wassergehaltsabnahme während der Trocknung von Dolde, Spindel und Doldenblättern in einer Kleintrocknungsanlage

Der Feuchteausgleich innerhalb der Dolde ist temperaturabhängig

Der Ausgleich der großen Wassergehaltsunterschiede innerhalb der Dolden, zwischen Spindel und Doldenblättern beginnt unmittelbar nach der Trocknung. Dabei wird das Spindelwasser weiter über die Kapillaren an die Doldenblätter abgeführt. Zusätzlich nehmen die Doldenblätter auch Feuchtigkeit von der Umgebungsluft auf. Dieser Feuchteausgleich ist beendet, wenn die Spindel und die Doldenblätter den selben Wassergehalt erreicht haben. Bei ausgeglichenem Hopfen bleibt der Wassergehalt sehr stabil und ändert sich durch den Einfluss von Umgebungsluft oder Belüftungsluft nur noch sehr langsam. Solange Feuchteunterschiede zwischen Spindel und Doldenblätter vorhanden sind, kann durch die Umgebungsluft und durch die Belüftungsluft der Wassergehalt der Dolden verändert bzw. beeinflusst werden.

Für die Kapillarwasserbewegung von der Spindel in die Doldenblätter ist der Temperaturunterschied und der Wassergehaltsunterschied entscheidend. Je höher die Temperatur ist, desto schneller vollzieht sich der Feuchteausgleich. Deshalb ist die Feuchtigkeitsabgabe der Spindel an die Doldenblätter unmittelbar nach der Trocknung bei dem noch warmen Hopfen am größten. Mit abnehmender Doldentemperatur verringert sich der Feuchtigkeitsentzug und die Doldenblätter nehmen gleichzeitig vermehrt Feuchtigkeit von der Umgebungsluft auf. Bei kühleren Temperaturen unter 20 °C verlangsamt sich der Wasserentzug aus der Spindel so stark, dass die Doldenblätter nur noch Feuchtigkeit von der Umgebungsluft aufnehmen. Deshalb kann ein auf einen optimalen Wassergehalt von 9 % getrockneter Hopfen bei trocken warmer Witterung noch stark nachtrocknen; im Gegensatz dazu bei kühler feuchter Witterung auf einen deutlich höheren Wassergehalt ansteigen.

In der Abbildung 3 ist schematisch dargestellt, wie sich der durchschnittliche Wassergehalt der Dolden bei jeweils gleicher Ausgangsfeuchte nach der Trocknung in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur bzw. Belüftungsluft verändern kann.

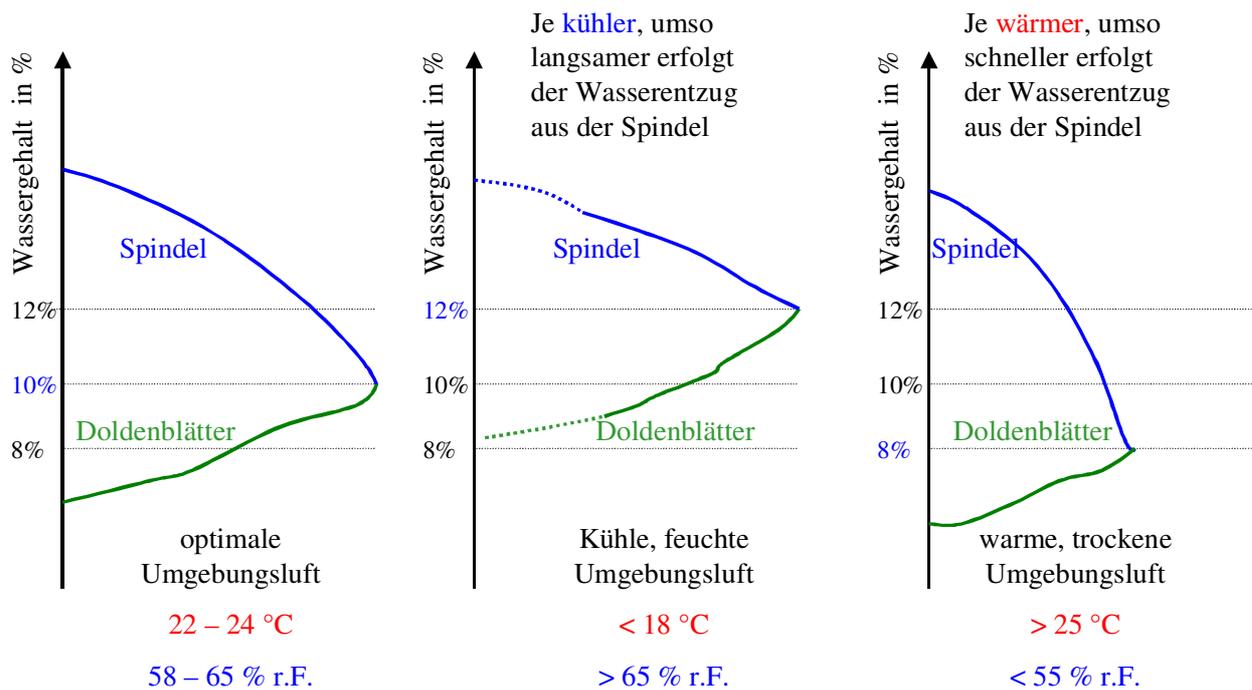


Abb. 3: Feuchteausgleich innerhalb der Dolde nach der Trocknung in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte der Umgebungsluft

Das Sorptionsverhalten von Hopfen muss für ein optimales Konditionieren bekannt sein!

Da der Hopfen ein hygroskopisches Produkt ist, ändert sich, wie oben beschrieben, dessen Wassergehalt in Abhängigkeit von der Temperatur und der relativen Feuchte der Umgebungsluft. Diese Eigenschaft des Hopfens, Wasserdampf aus der Luft aufzunehmen bzw. abzugeben, bis sich ein Gleichgewichtszustand zwischen der Hopfenfeuchte und der Umgebungfeuchte der Luft eingestellt hat, nennt man Sorptionsverhalten.

Die Sorptionsisotherme von Hopfen ist die graphische Darstellung des Sorptionsverhaltens von Hopfen. Sie stellen einen Zusammenhang her zwischen dem Wassergehalt des vollständig homogenisierten und lagerfähigen Hopfens und der relativen Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft bei einer bestimmten Temperatur. Nach den Sorptionsisothermen stellt sich beim Hopfen bei der Lagerung oder Belüftung bei einer relativen Luftfeuchte von 58-65% nach einer bestimmten Zeit ein Wassergehalt von 9-12% ein.

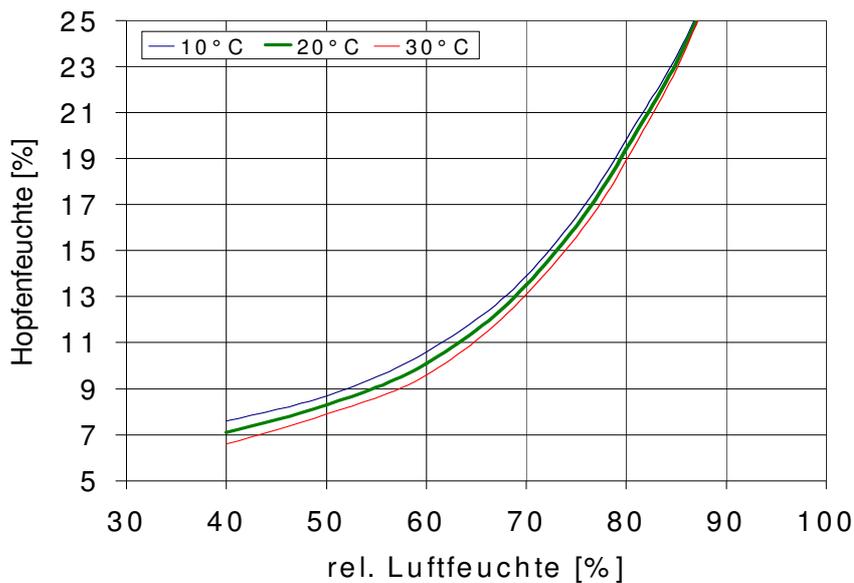


Abb. 4: Sorptionsisotherme von Hopfen

Beurteilung des Wassergehalts vor der Belüftung entscheidet über die richtige Belüftungsluft

Durch ein Messen der relativen Feuchte der Umgebungsluft des Hopfens in der Konditionierungskammer muss bereits vor der Belüftung der Wassergehalt des Hopfens beurteilt werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass zu Beginn der Belüftung das Spindelwasser über die relative Luftfeuchtigkeit der Belüftungsluft noch nicht ausreichend erfasst wird. Bei einer relativen Luftfeuchte von weniger als 45 % hat der Hopfen in der Kammer einen durchschnittlichen Wassergehalt von unter 9 %. Wird dagegen bereits am Anfang der Belüftung mit Umluft eine relative Feuchte von über 50 % gemessen, hat der Hopfen in der Kammer einen Wassergehalt von mindestens 9-10 %.

Ziel ist es den Hopfen so zu trocknen, dass sofort mit der optimalen Belüftungsluft von 20-24°C und 58-65% relativer Luftfeuchte eine Homogenisierung des Hopfens erreicht wird. Für eine gewünschte Zielfeuchte muss anhand der Sorptionsisotherme die entsprechende Temperatur und relative Feuchte der Belüftungsluft eingestellt werden.

Ist der Hopfen vor der Belüftung zu trocken, kann durch ein sofortiges Belüften mit kühlerer und feuchterer Belüftungsluft der Wassergehalt des Hopfens erhöht werden. Anschließend folgt die „Phase der Homogenisierung“ mit der optimalen Belüftungsluft.

Ist der Hopfen vor der Belüftung bereits zu feucht, muss bis zur Homogenisierung mit einer wärmeren und trockeneren Luft belüftet werden, damit garantiert ist, dass das Spindelwasser ausreichend an die Doldenblätter abgeführt wird.

Die Temperatur und relative Feuchte der Belüftungsluft muss geregelt werden

Die Regelung der Belüftungsluft in Konditionierungsanlagen erfolgt in der Praxis über Luftklappen entweder von Hand, teil- oder vollautomatisch.

Die Belüftungsvorrichtungen der Konditionierungsanlagen müssen so konstruiert sein, dass zu jedem Zeitpunkt die richtige Temperatur und relative Feuchte der Belüftungsluft für eine optimale Homogenisierung des Hopfens eingestellt werden kann. Damit auch bei höheren

Umgebungstemperaturen bei Bedarf kühle Belüftungstemperaturen eingehalten werden können, haben Praxisversuche gezeigt, dass ein korrekt auf die Anlagengröße dimensioniertes Kühl-Pad für die optimale Belüftungsluft sorgen kann. Diese „Kühl-Pads“ bestehen aus einem, in einem Rahmen senkrecht stehendem, gefalteten Papier, über welches ständig Wasser herabfließt. Bei geschickter Anordnung und Auswahl des Pads kann dieses die Funktion eines Luftbefeuchters als auch einer Kühlung übernehmen. Eine stetige Einstellung der erforderlichen Belüftungsparameter ist durch eine elektronische Steuereinheit sinnvoll.

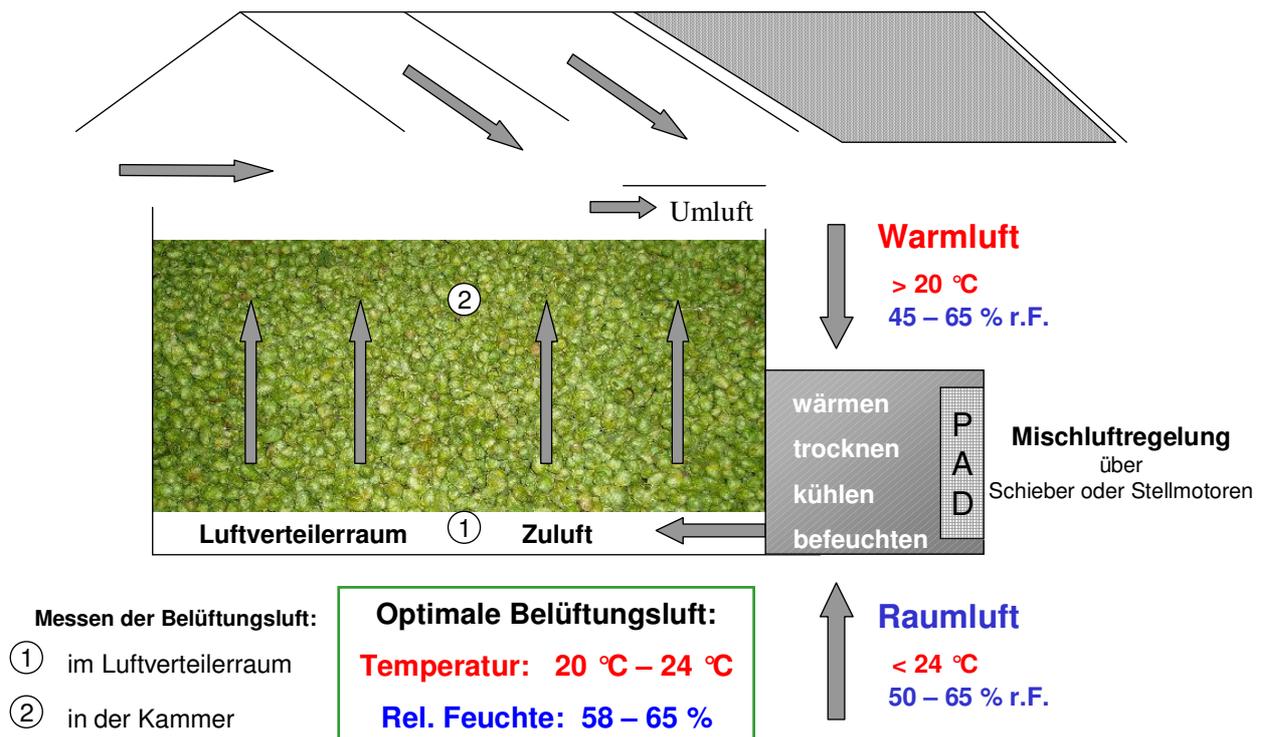


Abb. 1: Schema der Nachbehandlung von Hopfen in Konditionierungskammern

Folgerung für die Praxis

Bereits vor der Belüftung muss die Hopfenfeuchte des zu konditionierenden Hopfens beurteilt werden. Ist der Hopfen zu trocken oder zu feucht, ist über die Trocknungsdauer der Wassergehalt des Hopfens frisch aus der Darre entsprechend zu korrigieren. Solange Feuchteunterschiede zwischen Spindel und Doldenblättern vorhanden sind, verändert sich der Wassergehalt der Dolden in Abhängigkeit von der Temperatur und der relativen Feuchte der Belüftungsluft. Deshalb muss mit dem Belüftungsbeginn sofort die richtige Belüftungsluft eingestellt werden.

Die Dokumentation der wichtigsten Messwerte und Wassergehalte des Hopfens in einem Konditionierungsprotokoll, ist der erste Schritt zur Optimierung der Konditionierung.