

# **Kosteneinsparung bei der Hopfentrocknung durch alternative Energiequellen und Wärmerückgewinnung**

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

## **Steigende Energiepreise erhöhen variable Trocknungskosten**

Für das Trocknen von Hopfen werden derzeit durchschnittlich 44 Liter Heizöl pro 100 kg Trockenhopfen benötigt. Durch die gestiegenen Ölpreise erhöhten sich die variablen Trocknungskosten bereits im Erntejahr 2006 gegenüber dem Erntejahr 2003 um ca. 250 €/ha. Mit zunehmend steigenden Energiepreisen werden alternative Energien und Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung daher wirtschaftlich immer interessanter. Zum Erarbeiten von Grundsätzen und Zusammenhängen über die Nutzung alternativer Energien bei der Hopfentrocknung wurden während der Ernte 2006 in 10 verschiedenen Hopfenbaubetrieben zahlreiche Versuche und Messungen durchgeführt.

## **Beurteilung der Wirkungsgrade alternativer Energiequellen über Öldurchflusszähler**

In den Versuchsbetrieben wurden in den Druckleitungen der Ölbrenner Öldurchflussmengenmesser eingebaut, um den Heizölverbrauch bei unterschiedlichen Trocknungsvarianten mit und ohne Einsatz alternativer Energiequellen ermitteln zu können. Zusätzlich wurde die Temperatur und Luftfeuchte der Ansaug- und Abluft bei Hordendarren und Bandtrocknern aufgezeichnet. Über die Veränderung der Ansaugtemperatur konnte die Wärmeleistung und der Wirkungsgrad der alternativen Energiequelle bei unterschiedlichen Trocknungsvarianten ermittelt werden. Das Aufzeichnen der Temperatur und relativen Feuchte der Darrabluft waren für das Einhalten von gleichen Trocknungsabläufen notwendig.

## **Je höher die Ansaugtemperatur, desto niedriger der Heizölverbrauch**

Mit steigender Temperatur der Ansaugluft verringert sich der Heizölverbrauch bei gleicher Trocknungsleistung. Mit der durch die alternativen Energiequellen erzeugten Wärme wird die Ansaugluft der Trocknung vorgewärmt und somit Heizöl eingespart. Wie viel Liter Heizöl pro Stunde Trocknungszeit eingespart werden können, ist abhängig von der Nennwärmeleistung der alternativen Energiequelle. Durch die Bereitstellung von 10 kWh Wärme kann 1 Liter Heizöl ersetzt werden. Anhand dieser Umrechnung kann sehr schnell die Wärmeleistung der alternativen Energiequelle ermittelt werden. Somit können z.B. durch eine Hackschnitzelheizung mit einer Leistung von 100 kW und bei einem Wirkungsgrad des Wärmetauschers von 90% 9 Liter Heizöl pro Stunde Trocknungszeit ersetzt werden. Die Heizleistung der Ölbrenner in den Trocknungsanlagen beträgt in Abhängigkeit von der Darrgröße 300–1500 kWh. Anhand der Heizleistung der in der Praxis eingesetzten Ölbrenner wird sehr schnell deutlich, dass durch den für die Hopfentrocknung erforderlichen hohen Energiebedarf Heizöl nur zum Teil durch die zusätzlichen alternativen Wärmequellen ersetzt werden kann.

## **Art und Positionierung der Wärmetauscher bestimmen Wirkungsgrad der Wärmeabnahme**

Die Wärmeabnahme aus Hackschnitzelheizungen oder Biogasanlagen erfolgt über Wärmetauscher. In den Versuchen wurden bei der Vorwärmung der Ansaugluft über Wärmetauscher Wirkungsgradunterschiede von 20-80 % festgestellt! Die Abweichung lag in der unterschiedlichen Art und Positionierung der Wärmetauscher. Für eine optimale Wärmeabnahme muss der Wärmetauscher so im Luftstrom der Ansaugluft angebracht sein, dass die zusätzlich erzeugte Wärme von der Ansaugluft vollständig erfasst wird. Darüber hinaus muss der Wärmetauscher auf den erforderlichen Luftdurchsatz abgestimmt sein und darf die Strömungsverhältnisse der Trocknungsluft nicht beeinträchtigen oder verändern. Es muss garantiert sein, dass in Hordendarren nach Einbau von Wärmetauschern eine optimale Luftgeschwindigkeit von 0,3-0,4m/s weiterhin eingehalten werden kann.

### **Abwärme von Stromaggregaten nutzen**

In vielen Betrieben werden zur Stromerzeugung Stromaggregate eingesetzt. Zum Erzeugen von 10 kWh nutzbarer Wärmeleistung müssen 3 Liter Heizöl aufgewendet werden. Ein Drittel der eingesetzten Energie ist elektrische Energie und 2/3 ist thermische Energie, wovon 50% ungenutzt durch Abgase verloren gehen. Die Abwärme der Stromaggregate kann direkt zur Vorwärmung der Ansaugluft verwendet werden. Somit können z.B. mit der Abwärme von einem Stromaggregat mit einer Leistung von 60 KW bei einem theoretischen Wirkungsgrad von 100 % 6 Liter Heizöl pro Stunde Trocknungszeit ersetzt werden. Wie bei den Wärmetauschern ist der erzielte Wirkungsgrad von der Positionierung des Stromerzeugers abhängig. Wird die Abwärme vollständig vom Luftstrom der Ansaugluft erfasst, können Wirkungsgrade von bis zu 90% der Wärmeabnahme erzielt werden. In der Praxis wurden in Wirkungsgradunterschiede von 10-90 % festgestellt.

### **Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung aus Hopfengebäuden**

In vielen Hopfengebäuden ist die Luft durch die Wärmeabstrahlung von den Hopfendarren und dem solaren Einfluss unter der Dacheindeckung deutlich wärmer als die Außenluft. Gelingt es über Schächte diese wärmere Gebäudeluft als Ansaugluft für die Trocknungsanlage zu nutzen, kann dadurch mit teils geringem Aufwand Energie eingespart werden. Vor einer solchen Baumaßnahme müssen aber unbedingt die brandschutzrechtlichen Vorschriften, wie der Einbau einer Brandschutzklappe und Staubfiltern eingehalten werden. Zusätzlich sind die Empfehlungen der Hersteller für Trocknungsanlagen zu beachten!

Erfolgt die Wärmerückgewinnung ohne zusätzliches Gebläse, sind unbedingt die Luftverhältnisse im Heizraum zu überprüfen. Bei Unterdruck im Heizraum braucht der Ölbrenner aufgrund der brandschutzrechtlichen Vorschriften einen eigenen Zuluftschacht!

### **Nennwärmeleistung der Ölbrenner auf erforderlichen Wärmebedarf ausrichten**

In den Versuchen konnte durch eine Erhöhung der Temperatur der Ansaugluft um 5-10 °C eine Heizölsparsnis von ca. 4-8 Liter pro 100 kg Trockenhopfen bei gleicher Trocknungsleistung erzielt werden. Dies zeigt, dass bereits durch eine Ausrichtung der Ansaugvorrichtung nach Süden der Heizölverbrauch gesenkt werden kann.

Für einen hohen Wirkungsgrad der Wärmenutzung aus alternativen Energiequellen ist es unbedingt erforderlich, dass die Nennwärmeleistung des Ölbrenners bei Bedarf auf die wärmere Ansaugluft eingestellt wird.

Derzeit sind die bei der Hopfentrocknung eingesetzten zweistufigen Heizölbrenner auf Ansaugtemperaturen zwischen 5-25°C eingestellt. Gelingt es durch den gleichzeitigen Einsatz verschiedener alternativer Energiequellen die Ansaugluft über 30°C zu erhöhen, ist eine optimale Nutzung der Wärmemenge nicht mehr garantiert. Da es bei höheren Ansaugtemperaturen keine passende Brennerstufe mehr gibt, wird es schwierig den Brenner in einem optimalen Energiebereich zu regeln. Die Folge sind starke Temperaturschwankungen, welche sich nachteilig auf die Trocknung und den Energiebedarf auswirken. Abhilfe bietet eine stufenlose Brennertechnologie, welche es ermöglicht die Heizleistung optimal auf das notwendige Energieniveau anzupassen.

### **Größte Energieeinsparung erzielbar durch Optimierung der Trocknungsleistung**

Durch ein Kippen des Hopfens in der Aufschütthorde nach Darrablufffeuchte und Entleeren mit einer elektrischen Drahtmessung im Schub er erfolgt die Trocknung gleichmäßiger und gleichzeitig wird die Gefahr einer Übertrocknung gemindert. Allein durch diese Maßnahmen konnte bereits bisher in der Praxis eine Steigerung der Trocknungsleistung von 10–15% erreicht werden. Zudem konnte eine hohe Trocknungsleistung mit einer hohen Energieeffizienz vor allem in den Versuchsbetrieben festgestellt werden, die Hopfen bei einer Schütthöhe von 30-35 cm, einer Temperatur von 63°C- 65°C und einer Luftgeschwindigkeit unter 0,4 m/s getrocknet haben. Entscheidend ist das optimale Verhältnis dieser Trocknungsparameter, welches in Abhängigkeit der Sorte unterschiedlich ist. Ziel sollte sein die Parameter so zu wählen, dass in einer Hordendarre alle Lagen möglichst lange mit

Hopfen befüllt sind. Wird der Hopfen im Schubler deutlich früher entleert als die Aufschütthorde befüllt werden kann, ist die Trocknung nicht optimiert.

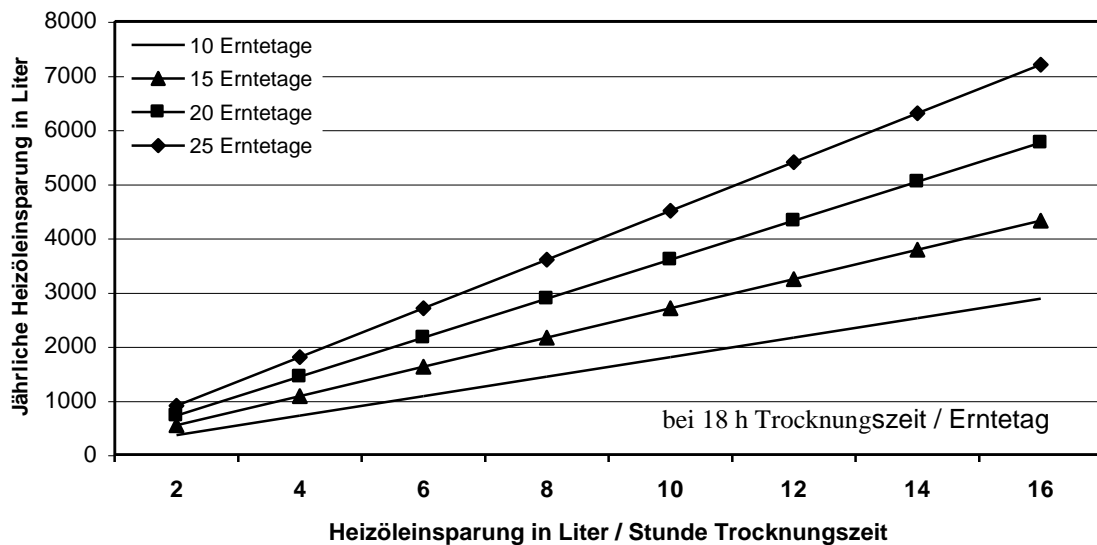
### Wirtschaftlichkeit berechnen

Grundsätzlich interessiert die Frage, wie viel Liter Heizöl pro Stunde Trocknungszeit durch eine Investition in alternative Energiequellen eingespart werden können.

*1 Liter Heizöl entspricht 10 kWh Wärme !*

Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit müssen die Kosten der eingesetzten alternativen Energiequellen, wie z.B. für Hackschnitzel oder Scheitholz angesetzt werden. Ferner ist die Wirtschaftlichkeit einer Investition abhängig von der Nutzungsdauer, der Investitionshöhe und dem Heizölpreis.

Die jährliche Einsparung an Trocknungskosten errechnet sich somit aus den eingesparten Heizölkosten abzüglich der variablen und festen Kosten für die alternativen Energiequellen.



**Abb.: Heizöleinsparung in Abhängigkeit von der Auslastung der alternativen Energiequellen**

Entscheidend ist die erzielbare Heizölsparsnis pro Stunde Trocknungszeit durch die alternative Energiequelle. Durch eine Hackschnitzelheizung mit einer Leistung von 100 KW und einem Wirkungsgrad von 80% (= 80 kWh nutzbare Wärme) der Wärmebereitstellung können 8 Liter Heizöl pro Stunde ersetzt werden. Aus der Graphik wird ersichtlich, dass in 20 Erntetagen eine jährliche Heizölsparsnis von ca. 3000 Liter Heizöl möglich ist, wenn man mit 18 h Trocknungszeit je Erntetag kalkuliert. Bei einem Heizölpreis von 0,6 €/l können somit 1800 € eingespart werden. Demgegenüber entstehen allerdings Kosten für die Bereitstellung der Wärme aus den Hackschnitzeln. Unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades des Wärmetauschers werden für die eingesparten 8 Liter Heizöl ca. 0,14 m<sup>3</sup> (1 m<sup>3</sup> Hackgut  $\cong$  70 l Heizöl) Hackgut benötigt. In diesem Fall werden folglich bei 20 Erntetagen und der zugrundegelegten Trocknungszeit von 18 h je Tag ca. 50 m<sup>3</sup> Hackschnitzel verfeuert. Bei einem Preis von 15 € je m<sup>3</sup> Hackgut entstehen somit Kosten von 750 €. Die Differenz aus den eingesparten Kosten für Heizöl und den zusätzlichen entstandenen Kosten für Hackgut ergibt somit die tatsächlich eingesparten variablen Trocknungskosten von 1050 € pro Jahr.

Anhand der jährlich eingesparten variablen Trocknungskosten kann die Wirtschaftlichkeit und die Amortisationsdauer der Investition ermittelt werden. Grundsätzlich ist aber eine Investition erst dann rentabel, wenn die Festkosten (z.B. Abschreibungen Versicherungen, Zinsansatz) aus den Umbaumaßnahmen und sonstigen variablen Kosten (z.B. Strom für Hackschnitzelheizung) die eingesparten Trocknungskosten nicht überschreiten.