Energie-optimierung am Bandtrockner

Energy Optimization on the Belt Dryer

Die derzeit extrem angespannte Situation im Energiesektor macht es erforderlich, alle energieintensiven Prozesse unter die Lupe zu nehmen. In der Hopfenproduktion betrifft dies insbesondere die Trocknung aufgrund ihres enorm hohen Heizölverbrauchs. Im Anbaugebiet Elbe-Saale stehen in fast allen der 29 Betriebe (Ausnahme ist ein Hordentrockner) für die Trocknung des Hopfens Dreibandtrockner tschechischer Bauart aus den 70er Jahren zur Verfügung. Diese gibt es in zwei Ausführungen – Typ 750 und Typ 900 –, die sich in ihrer Durchsatzleistung unterscheiden. Je Zentner getrocknetem Hopfen verbrauchen diese 20 bis 25 Liter Heizöl. Technische Verbesserungen der in die Jahre gekommenen Anlagen sind zur Optimierung des energieintensiven Trocknungsprozesses unbedingt notwendig.

Ohne etwas von dem unerwartet drastischen Anstieg der Heizölpreise in diesem Jahr und der Brisanz dieses Themas zur Ernte 2022 zu ahnen, kam Ende 2021 ein von der **Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR)** gefördertes dreijähriges Verbundvorhaben zur

The current extremely tense situation in the energy sector makes it necessary to take a close look at all energy-intensive processes. In the production of hops, this applies in particular to drying due to its enormously high fuel oil consumption. In the Elbe-Saale hop growing region, three-belt dryers of Czech design from the 1970s are used for drying the hops on almost all of the 29 farms (one tray dryer is the exception). The three-belt dryer is available in two versions – Type 750 and Type 900 – which differ in their throughput capacity. They consume 20 to 25 liters of fuel oil per centner of dried hops. Technical improvements to the antiquated equipment are absolutely necessary to optimize the energy-intensive drying process.

Without even suspecting the unexpectedly drastic rise in fuel oil prices this year and the explosive nature of this topic for the 2022 harvest, a three-year joint project on energy-optimized drying of medicinal and spice plants funded by the FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe = Agency for Renewable Resources) was completed at the end of 2021. The sub-project focusing on "ERTRAG"

Dreibandtrockner im Anbaugebiet Elbe-Saale

Three-belt dryer in the Elbe-Saale growing region

energieoptimierten Trocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen zum Abschluss. Das Teilprojekt mit dem Thema „Energieoptimierte Regelung der Trocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen (ERTRAG)“ wurde von dem renommierten Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V. (ATB), Potsdam, Arbeitsgruppe Trocknungstechnik durchgeführt *(QR-Code verweist auf die entsprechende Seite)*. Innerhalb dieses Teilprojekts wurde auch ein Konzept für die energieoptimierte Regelung der Bandtrocknung von Hopfen entwickelt, das in der Ernte 2021 technisch umgesetzt und erfolgreich erprobt werden konnte.

Diese neuartige Regelung sollte an einer Praxisanlage getestet werden, wobei die Steigerung der Energieeffizienz im Vordergrund stand. Hierfür stand ein Bandtrockner vom Typ 750 im Zentrum des Hopfenanbaugebietes Elbe-Saale zur Verfügung. Im ersten Projektjahr 2019 galt es, diesen Bandtrockner einer trocknungstechnischen und energetischen Analyse zu unterziehen. Die Ermittlung des Istzustandes ergab starke Schwankungen im Wassergehalt der Abluft mit entsprechend negativen Auswirkungen auf die Trocknungsleistung. Während die Zulufttemperatur mithilfe der SPS-Steuerung auf relativ konstante 70 °C eingestellt war, folgte der Wassergehalt der Zuluft den Schwankungen des Wassergehaltes der von außen angesaugten Frischluft, die den typischen Tagesgang des Luftzustandes der Außenluft widerspiegeln.

Aufbau des Umluftkanals mit Umluftventilator

Das vom ATB in 2019 erarbeitete Regelungskonzept sah vor, den Wassergehalt der Trocknungsluft (Zuluft) durch Zumischung feuchter Abluft (Umluft) konstant zu halten. Das ATB schlug dem Betreiber der Trocknungsanlage mehrere anlagen- und regelungstechnische Maßnahmen zur Betriebsoptimierung vor. Im Sommer 2021 wurde daraufhin ein Umluftkanal mit regelbarem Umluftventilator installiert.
Abbildung 1 zeigt den schematische Aufbau des Dreibandtrockners, Abbildung 2 das Fließbild der Anlage mit Umluftkanal. Dieser Umluftkanal wurde im Heizungsraum der Trocknungsanlage errichtet (Abbildung 3), in dem der Heizölbrenner, der Wärmetauscher und die Hauptlüfter untergebracht sind.

Der Zuluftventilator ist auf beiden Ansaugseiten offen, wodurch beidseitig Luft aus der Halle angesaugt wird. Die Umluft wird auf der in Förderrichtung rechten Seite des Hauptlüfters 1 (Abbildung 3) angesaugt und vermischt sich dort mit der Hallenluft.

(Energieoptimierte Regelung der Trocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen = energy-optimized control of drying of medicinal and spice plants) was carried out at the renowned Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy (ATB), Potsdam, by the Drying Technology Working Group (QR code refers to the corresponding website). As part of this sub-project, a concept for energy-optimized control of the belt drying of hops was also developed, which was technically implemented and successfully tested during the 2021 harvest.

This novel control system was tested on a practical plant, with the focus on increasing energy efficiency. A Type 750 belt dryer was used for this purpose in the center of the Elbe-Saale hop growing region. In the first project year of 2019, the task was to analyze this belt dryer with regard to drying technology and energy efficiency.
The actual condition was determined to be highly variable in the water content of the exhaust air, with corresponding negative effects on the drying performance. While the supply air temperature was set to a relatively constant 70°C with the help of the PLC control system, the water content of the supply air followed the fluctuations in the water content of the fresh air drawn in from outside, reflecting the typical daily variation of the condition of the outside air.

Configuration of the Recirculation System with Recirculation Fan

The control concept developed by the ATB in 2019 envisaged keeping the water content of the drying air (supply air) constant by mixing in humid exhaust air (circulating air). The ATB proposed several plant and control engineering measures to the operator of the drying plant to optimize operations. As a result, an air recirculation system with controllable recirculation fan was installed in the summer of 2021.

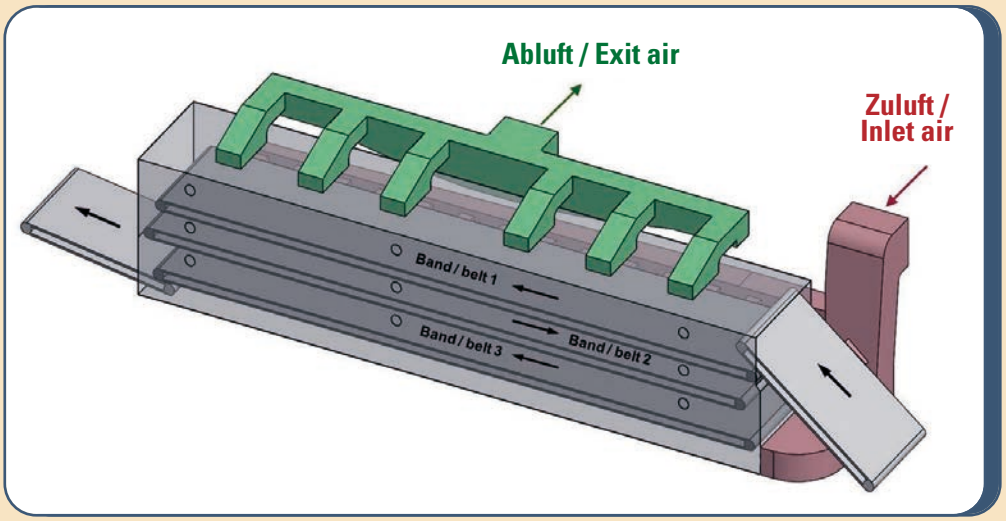
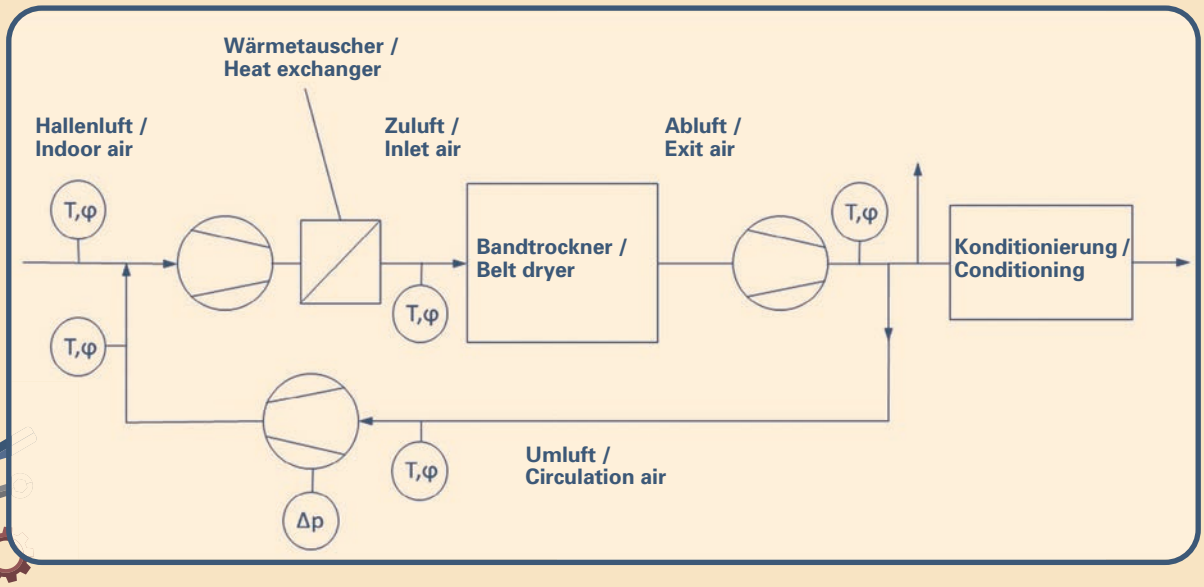


Abbildung 1: Schema des Dreibandtrockners Typ 750

Figure 1: Diagram of the Type 750 three-belt dryer

Abbildung 2: Vereinfachtes Fließbild des Bandtrockners mit Umluftkanal

Figure 2: Simplified flow diagram of the belt dryer with recirculation system



Auf der linken Seite des Zuluftventilators wird dagegen ausschließlich Hallenluft angesaugt. Zusätzlich eingebaute Sensoren (Abbildung 2) messen die Luftzustände der angesaugten Hallenluft, der Zuluft am Trocknereintritt, der Abluft sowie der Umluft vor dem Umluftventilator und vor dem Zuluftventilator. Ein Sensor am Ansaugstutzen des Umluftventilators ermöglicht die Berechnung des Umluftvolumenstroms.

Erprobung und Ergebnisse zur Funktionalität

Der von der Prozesssteuerung (Abbildung 4) geregelte Umluftvolumenstrom variiert erwartungsgemäß umgekehrt proportional zum gemessenen Wassergehalt der Frischluft. Im Vergleich zu den Messungen des Ausgangszustands in 2019 und 2020 während des Trocknerbetriebs ohne geregelten Zuluftzustand sind die Zuluftbedingungen (Wassergehalt) für den Trocknungsprozess mit dem neuen Regelungskonzept deutlich stabiler. Der geregelte Zuluftzustand wirkte sich positiv auf den Zustand der Abluft nach der Bandtrocknung aus. Über längere Zeitabschnitte, in denen der Zuluftzustand durch den Teilumluftbetrieb nahezu konstant gehalten werden konnte, zeigte auch der Abluftzustand relativ konstante Werte.

Infolge des zeitlich stabileren Trocknungsprozesses beobachtete der Anlagenbetreiber zunehmend geringere Schwankungen im Wassergehalt der Hopfendolden nach der Trocknung. Letztendlich wirkte sich der geregelte Teilumluftbetrieb damit positiv auf den gesamten Trocknungsprozess im Dreibandtrockner aus.
Dies führte dazu, dass der Anlagenbetreiber gegen Ende der Trocknungskampagne die Konditionierungsanlage außer Betrieb nehmen konnte, weil der Hopfen zunehmend konstante Gutfeuchten nach der Trocknung erreichte, die für die anschließende Lagerung bereits optimal waren.

Durch Rezirkulation von feuchtebeladener, energiereicher Abluft und Zumischung dieser Umluft in den Zuluftstrom des Trockners konnte eine Einsparung thermischer Energie von 5 – 10 % rechnerisch nachgewiesen werden. Dagegen sank die Entfeuchtungsleistung des Trockners infolge der regelungstechnischen Erhöhung der Zuluftfeuchte von 6 g/kg auf 10 g/kg (Berech-

Figure 1 shows the layout of the three-belt dryer, Figure 2 the flow diagram of the air recirculation system. This air recirculation system was installed in the boiler room of the drying plant (Figure 3), where the fuel oil burner, the heat exchanger and the main fans are located.

The supply air fan is open on both intake sides, drawing air from the hall on both sides. The recirculated air is drawn in on the right-hand side of main fan 1 (Figure 3) in the conveying direction and mixes there with the hall air.

However, on the left side of the supply air fan, only hall air is drawn in. Integrated sensors (Figure 2) measure the condition of the inlet air, the supply air at the dryer inlet, the exhaust air and the recirculated air in front of the recirculation fan and in front of the supply air fan. A sensor on the recirculation fan intake allows the recirculation air flow rate to be calculated.

Function Testing and Results

As expected, the recirculation air flow rate regulated by the process control system (Figure 4) varies inversely proportional to the measured water content of the fresh air. Compared to the measurements of the initial condition in 2019 and 2020 during dryer operation without controlled supply air condition, the condition of the supply air (water content) for the drying process is much more stable with the new control concept. Control of the condition of the supply air had a positive effect on the condition of the exhaust air after belt drying. Over longer periods of time, during which the supply air condition could be kept almost constant by the partial recirculation operation, the exhaust air condition also showed relatively constant values.

As a result of the more stable drying process over time, the plant operator observed increasingly smaller fluctuations in the water content of the hop cones after drying. Ultimately, the controlled partial air recirculation operation had a positive effect on the entire drying process in the three-belt dryer.
This resulted in the plant operator being able to take the conditioning plant out of operation towards the end of the drying period because the hops reached increasingly constant good moisture contents after drying which were already optimum for subsequent storage.

Abbildung 3:
Umluftventilator (rechts) und Ansaugstutzen des Zuluftventilators (links)

Figure 3:
Recirculation fan (right) and intake manifold of the supply air fan (left)

nungsbeispiel) um lediglich 2 %. Diese Änderung der Entfeuchtungsleistung ist vernachlässigbar gering. Mit Hilfe des neuen Regelungskonzeptes konnte eine wesentliche Störgröße der Trocknerregelung – der schwankende, witterungsabhängige Außenluftzustand – eliminiert werden.
Der Trocknungsprozess wurde insgesamt verbessert und für den 24-Stunden-Betrieb teilautomatisiert. Die komplette Steuerung ist in ein Home-Netzwerk integriert. Störungs- und Überschreitungsmeldungen kommen per Nachricht auf das Handy.

Die Reduzierung des hohen Energieverbrauchs der Trocknung stellt auch weiterhin eine große Herausforderung für Forschung und Entwicklung dar. Aufbauend auf den positiven Betriebserfahrungen mit dem geregelten Teilumluftbetrieb können weitere Optimierungen der Bandtrocknungsanlage durchgeführt werden. Hierfür steht das ATB Potsdam gern beratend oder als Projektpartner zur Verfügung.

Fazit / Conclusion:

Mit der teilautomatisierten Regelung wird Trocknungsenergie eingespart. Die Trocknungszeit verkürzt sich und der Trocknungsprozess läuft im optimalen Bereich.
Das heißt, es wird eine größere Hopfenmenge im optimalen Zustand getrocknet.

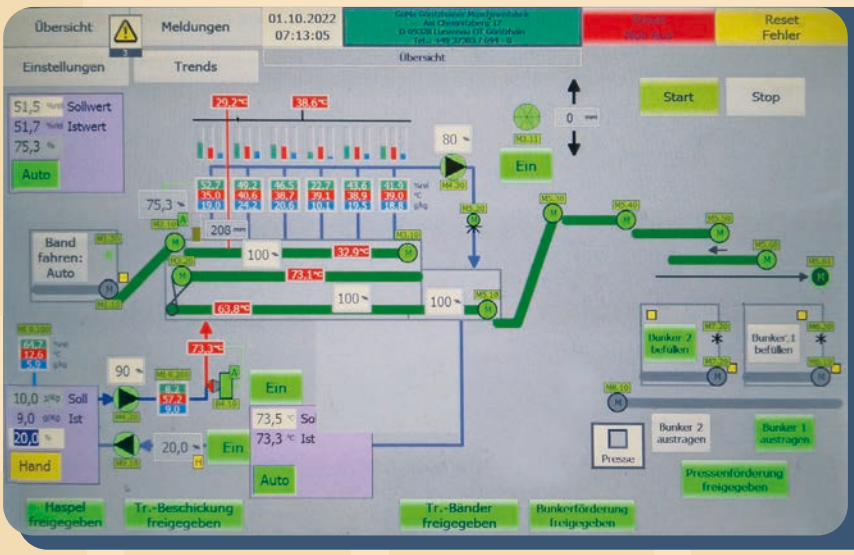
The semi-automated control system saves drying energy. The drying time is shortened and the drying process runs in the optimum range.
This means that a larger quantity of hops is dried in optimum condition.

By recirculating moisture-laden, energy-rich exhaust air and mixing this recirculated air into the supply air flow of the dryer, a saving of thermal energy of 5-10% could be demonstrated. In contrast, the dehumidification performance of the dryer decreased by only 2% as a result of the controlled increase in supply air humidity from 6g/kg to 10g/kg (by way of example). This change in dehumidification performance is negligible. With the help of the new control concept, it was possible to eliminate a major disruptive variable in the dryer control system – the fluctuating, weather-dependent condition of the outside air.
The drying process was improved overall and partially automated for a 24-hour operation. The complete control system is integrated into a home network. Fault and limit violation notifications are sent as messages to the cell phone.

Reducing the high energy consumption of drying continues to be a major challenge for research and development. Further optimization of the belt drying system can be carried out on the basis of the positive operating experience with controlled partial air recirculation. The ATB Potsdam is available for this in an advisory capacity or as a project partner.

Autoren und Grafiken:
Dr.-Ing. Jochen Mellmann, Dipl.-Ing. Teodor Teodorov,
Dr.-Ing. Thomas Ziegler – Leibniz-Institut für
Agrartechnik und Bioökonomie e. V. (ATB), Potsdam

Fotos: Angela Werner und Reiner Joachim
Titelillustration: macrovector – Fotolia.com und Pokorny Design



Auf diesem Foto ist der Touchscreen der Prozesssteuerung abgebildet.

This photo shows the touch screen of the process controller.