

Peter Rösman, Henrich Boge und Wolfgang Büscher

Energetische Untersuchung eines Luft-Luft-Rohrwärmetauschers in einem Ferkelaufzuchtstall

Besonders in den Wintermonaten müssen aufgrund hoher Temperaturansprüche von Absatzferkeln große Mengen an Heizenergie aufgewendet werden. Unter anderem aufgrund steigender Energiepreise gilt es, diese durch den Einsatz geeigneter Technik zu minimieren. Luft-Luft-Rohrwärmetauscher ermöglichen durch gezielte Steuerung der Luftströme eine konvektive Übertragung von Wärme der Abluft auf die Frischluft. Neben einer starken Amplitudendämpfung wird durch die Erwärmung der Zuluft besonders in den Wintermonaten der Bedarf an zusätzlicher Heizenergie reduziert. Um repräsentative Daten zur energetischen Bewertung dieser regenerativen Heiztechnik zu gewinnen, hat das Institut für Landtechnik der Universität Bonn einen Rohrwärmetauscher der Firma Möller GmbH in einem Ferkelaufzuchtstall genauer untersucht.

Schlüsselwörter

Energieeffizienz, Wärmerückgewinnung, Stallklima

GmbH company for the purpose of acquiring representative data of this regenerative technology.

Keywords

energy efficiency, heat recovery, barn climate

Abstract

Rösman, Peter; Boge, Henrich and Büscher, Wolfgang

Rating of an air-to-air tube-type heat exchanger in a piglet house

Landtechnik 66 (2011), no. 5, pp. 345–348, 4 figures, 8 references

Due to the high temperature requirements of weaners, especially in the winter months, there is high energy consumption for rearing piglets. Furthermore the economic trend shows increasing energy costs. Thus, it is necessary, inter alia, to evaluate particular technologies to minimize the demand of energy consumption in order to reduce the costs. Air-to-air tube-type heat exchanger offers a convective transmission of heat from waste air to inlet air by using a specific airflow-control-system. Above all the heat energy can be decreased due to the warmed up inlet air which leads to an amplitude attenuation especially in the winter months. The Institute of Agricultural Engineering from the University of Bonn has examined the air-to-air tube-type heat exchanger of the Möller

Der Wärmebedarf von abgesetzten Ferkeln ist aufgrund der geringen körpereigenen Wärmeproduktion über das ganze Jahr verteilt relativ hoch [1]. Das auszugleichende Wärmedefizit bis hin zur thermoneutralen Zone erfordert besonders im Winter einen enormen Aufwand an Heizenergie, der häufig nur durch fossile Energieträger wie z.B. Gas oder Öl gedeckt wird [2]. Für Veredelungsbetriebe stellt sich zunehmend die Frage, wie der Einsatz von Primärenergie nachhaltig reduziert und dadurch Produktionskosten eingespart werden können [3]. In gleichem Maße wird die Reduktion der CO₂-Emissionen von allen gesellschaftlichen und politischen Schichten gefordert [4]. Folglich muss eine effizientere Nutzung fossiler Ressourcen und die Weiterentwicklung regenerativer Energiesysteme angestrebt werden.

Landwirte und Stallbauunternehmen suchen deshalb gemeinsam nach Lösungen um folgende Fragen zu beantworten:

- Welche Techniken ermöglichen eine effizientere Nutzung und Einsparung von Primärenergie?
- Wie viel (primäre) Heizenergie kann durch den Wärmetauscher-Einsatz langfristig gespart werden?
- Wie effizient arbeiten Wärmetauscher im Praxisbetrieb?
- Welchen zusätzlichen Nutzen hat die Wärmetauscher-Technik für das Stallklima?

Der Raumtemperaturbedarf abgesetzter Ferkel liegt bei ca. 26 °C [5]. Der Bedarf an Heizenergie ist folglich aufgrund der großen Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Stallinnentemperatur im Winter am größten.

Zur Aufrechterhaltung eines optimalen Stallklimas unter Abführung von Schadgasen und Wasserdampf ist die Lüftung in zwangsbelüfteten Warmställen auf Basis der sogenannten Mindestluftfrate erforderlich. Daraus ergeben sich jedoch zwangsläufig Lüftungswärmeverluste, die ohne Technik zur Wärmerückgewinnung in einer Größenordnung von etwa 80 % der Gesamtwärmeverluste einer Stallanlage liegen [6].

Sind die ersten Versionen der Wärmetauscher aufgrund ihrer Wartungsanfälligkeit und Unwirtschaftlichkeit kaum in der Praxis eingesetzt worden, haben die aktuellen Modelle wichtige Neuerungen in den Bereichen Werkstoffe und Bauweise erhalten. Das Hauptargument für die Installation einer Wärmetauscher-Einheit bleibt der ökonomische Nutzen durch die Einsparung von Heizenergie. So steigt die Rentabilität der Technik mit dem Preis der Energie, die eingespart werden kann. Zusätzlich reduziert diese Technik die CO₂-Emissionen.

Eine Vorwärmung der Frischluft ermöglicht eine Erhöhung der nach DIN 18910 [5] geforderten Luftwechselrate, ohne das Komfortklima negativ zu beeinflussen. Die daraus resultierende Minderung des Schadgasgehaltes der Stallluft kann zu positiven Effekten auf die Tiergesundheit und zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen für das Stallpersonal führen.

Das Institut für Landtechnik der Universität Bonn hat im Rahmen einer Bachelorarbeit einen rekuperativen Rohrwärmetauscher der Firma Möller in einem Ferkelaufzuchtstall in Telgte, Kreis Warendorf, bezüglich seines Leistungspotenzials untersucht. Die Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt.

Material und Methode

Der untersuchte Wärmetauscher ist in einem Ferkelaufzuchtstall für insgesamt 2 400 Aufzuchtferkel installiert. Im zweiwö-

chigen Rhythmus werden jeweils 300 Absetzferkel mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von 6,0 kg in zwei Abteile eingestallt.

Der Luft-Luft-Rohrwärmetauscher ist, wie in **Abbildung 1** dargestellt, in die Konstruktion der Zwischenwände zum Zentralgang integriert.

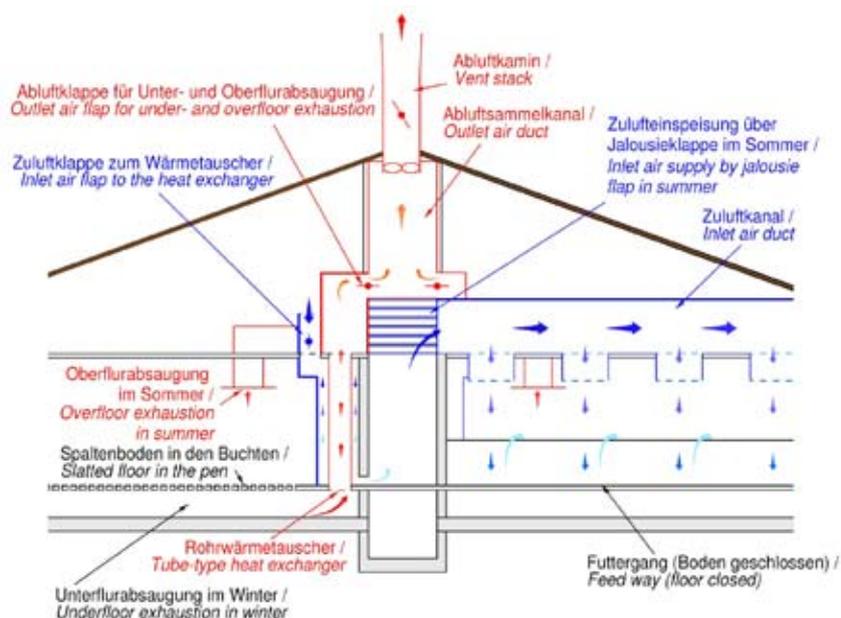
Die Abluftführung erfolgt abteilweise über eine Unterflurabsaugung. Bei einem erhöhten Lüftungsbedarf im Sommer kann ein Teil der Abluft über die zusätzlich installierte Oberflurabsaugung abgeführt werden.

In jedem Abteil wird die warme Abluft direkt durch 40 Wärmetauscher-Rohre in den zentralen Abluftsammelkanal geleitet. Die PVC-Rohre haben einen Innendurchmesser von 145 mm, eine Länge von 3 100 mm und eine Wandstärke von 2,5 mm. Die Ventilatoren des zentralen Abluftsammelkanals befinden sich an der Stirnseite des Stalles in Firsthöhe.

Die Frischluft gelangt im Tauscher-Betrieb (Winter- und Übergangszeit) zunächst über die Traufe in den Dachraum. Anschließend wird sie durch den Wärmetauscher an den Tauscher-Rohren vorbei gesaugt und gelangt von dort in den Zentralgang. Die Zuluftführung in das Abteil erfolgt mittels Gangschlitzlüftung. Im Giebel angebrachte Jalousieklappen gewährleisten im Sommer eine direkte Frischlufteinspeisung in den Zentralgang.

Der Wärmetauscher funktioniert nach dem rekuperativen Gegenstrom-Wärmetausch-Prinzip. Dabei wird ein Teil der Wärmeenergie des Abluftstromes durch eine Trennschicht (Rohrwand) konvektiv auf den kälteren Frischluftstrom übertragen. Die Abluft wird unterflurseitig in die Rohre geführt und in den Zentralkanal gesaugt. Die Frischluft aus dem Dachraum strömt in entgegengesetzter Richtung in den Wärmetauscher ein und nimmt beim Durchströmen einen Teil der Wärme aus der Abluft auf.

Abb. 1



Schematischer Aufbau des untersuchten Luft-Luft-Rohrwärmetauschers (Zeichnung: Möller GmbH, Diepholz)

Fig. 1: Schematic assembly of the investigated air-to-air tube-type heat exchanger (drawing: Möller GmbH, Diepholz)

Im Untersuchungszeitraum wurden die Temperaturen und die relativen Luftfeuchtigkeiten der Frisch-, Zu-, Ab- und Fortluft im Minutentakt von vier Datenloggern (Typ Almemo 2590, Firma Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH) aufgezeichnet. Die Bezeichnung der Messpunkte erfolgt auf Basis der VDI-Richtlinie 2071 [7]. Als Frischluft wird die in den Wärmetauscher einströmende Luft aus dem Dachraum bezeichnet. Zuluft ist die erwärmte Frischluft, nachdem sie den Wärmetauscher durchströmt hat. Abluft wird die vom Abteil abgesaugte Stallluft genannt, die in den Wärmetauscher einströmt. Die Fortluft verlässt schließlich den Wärmetauscher.

Mit den Messvorschriften der VDI-Richtlinie 2640 [8] wurden die zu- und abluftseitigen Luftvolumenströme mit einem Flügelradanemometer bestimmt. Auf Basis dieser konnten die vom Lüftungscomputer hinterlegten prozentualen Luftraten in Luftvolumenströme [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$] umgerechnet werden.

Ergebnisse

Im Folgenden soll auf einen typischen Wintertag (3.–4. März 2010) eingegangen werden. Die Temperaturverläufe an den vier Messstellen werden in **Abbildung 2** dargestellt. Die mittlere angesaugte Frischlufttemperatur betrug $-0,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Durch den Rohrwärmetauscher konnte die in den Zentralgang eintretende Zuluft um $8,2 \text{ K}$ auf $+7,4 \text{ }^\circ\text{C}$ erwärmt werden. Die Ablufttemperatur lag vor Eintritt in den Wärmetauscher bei $29,0 \text{ }^\circ\text{C}$ und kühlte sich im Wärmetauscher um $12,3 \text{ K}$ ab. Die Fortluft hatte folglich eine mittlere Temperatur von $16,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Besonders deutlich wird in der Abbildung der Effekt der Amplitudendämpfung dieses Systems, wenn die Temperaturverläufe der Frisch- und Zuluft miteinander verglichen werden.

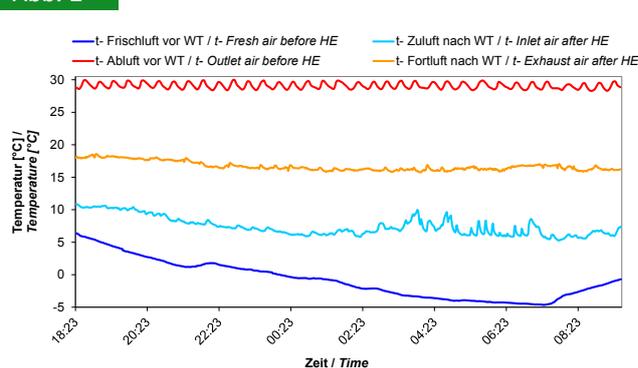
Abbildung 3 zeigt die auf Basis der ermittelten Luftvolumenströme berechnete Heizleistung des Luft-Luft-Rohrwärmetauschers. Im Mittel dieses Untersuchungszeitraums erreichte der Wärmetauscher eine Heizleistung von $21,5 \text{ kW}$. Diese schwankte in Abhängigkeit der angesaugten Frischlufttemperatur und dem Luftmassenstrom zwischen $12,2$ und $37,1 \text{ kW}$. Die höchsten Heizleistungen wurden erwartungsgemäß bei den niedrigsten Frischlufttemperaturen erzielt.

Der Temperaturwirkungsgrad η_t beschreibt das Verhältnis der Zulufterwärmung zur Gesamttemperaturdifferenz zwischen Frisch- und Abluft. Bei einer mittleren Temperaturdifferenz der Frisch- und Abluft von $29,1 \text{ K}$ wird ein Temperaturwirkungsgrad des Systems von $\eta_t = 0,27$ erreicht. Steigende Frischlufttemperaturen bewirken bei relativ konstanten Ablufttemperaturen sinkende Temperaturwirkungsgrade. Im Untersuchungszeitraum schwankte der Temperaturwirkungsgrad zwischen $0,19$ und $0,41$ (**Abbildung 4**).

Schlussfolgerungen

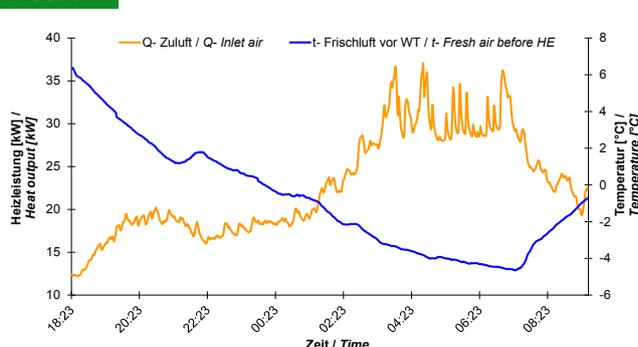
Die Wärmerückgewinnung aus der Abluft von zwangsbelüfteten Warmställen ist eine Möglichkeit, einen Teil der mit der Lüftung zwangsläufig abgeführten Wärme einer Stallanlage zurückzuführen und so nachhaltig den Aufwand an Primärenergie für das Heizen von Stallanlagen zu senken. Dadurch werden neben

Abb. 2



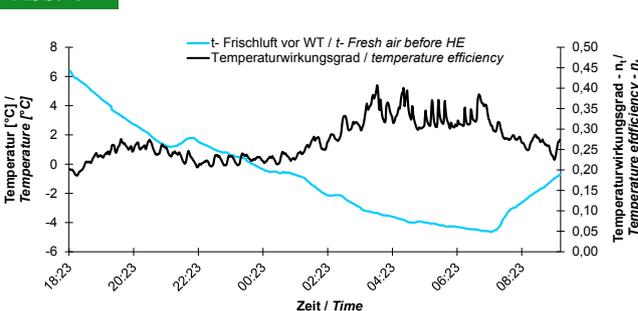
Temperaturverläufe an den vier Messstellen vom 3.–4. März 2010
Fig. 2: Temperature development at the four measuring points from march 3rd–4th, 2010

Abb. 3



Heizleistung in Abhängigkeit von der Frischlufttemperatur vom 3.–4. März 2010
Fig. 3: Heat output subjected to fresh air temperature from march 3rd–4th, 2010

Abb. 4



Temperaturwirkungsgrad in Abhängigkeit von der Frischlufttemperatur vom 3.–4. März 2010
Fig. 4: Temperature efficiency subjected to fresh air temperature from march 3rd–4th, 2010

den Energiekosten auch CO_2 -Emissionen eingespart. Für hohe Wirkungsgrade von Luft-Luft-Rohrwärmetauschern sind große ΔT zwischen Frisch- und Abluft erforderlich. Die Luftkonditionierung durch den Wärmetauscher bewirkt eine Amplitudendämpfung und somit eine wesentlich gleichmäßigere Temperatur der in den Stall eintretenden Zuluft. Zusammen mit einer möglichen Erhöhung der Luftrate wirkt sich dies positiv auf die

Tiergesundheit aus. Als Nachteile des in dieser Untersuchung verwendeten Wärmetauschers sind sowohl erhöhte Strömungswiderstände im System als auch die bauartbedingt sinkende verfügbare Nettogrundfläche im Stallabteil zu nennen.

Literatur

- [1] Kirchgeßner, M.; Roth, F.X.; Schwarz, F.J.; Stangl, G.I. (2008): Tierernährung, 12. Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main, S. 160
- [2] Büscher, W. (2009): Energieeinsatz in der Tierhaltung. Baubriefe Landwirtschaft, Baubrief 47, S. 10-15
- [3] Hassenpflug, H.-G. (2009): Energieeinsatz in der Tierhaltung. Baubriefe Landwirtschaft, Baubrief 47, S. 4
- [4] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2009): Endbericht zur Studie „Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland“, S. 3
- [5] DIN 18910: Wärmeschutz geschlossener Ställe - Wärmedämmung und Lüftung - Teil 1: Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe
- [6] Van Caenegem, L.; Wechsler, B. (2000): Stallklimawerte und ihre Berechnung. Hg. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwissenschaft und Landtechnik (FAT), S. 64-66
- [7] VDI-Richtlinie 2071 (2003): Wärmerückgewinnung in RLT-Anlagen, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [8] VDI-Richtlinie 2640, Blatt 3 (1983): Netzmessung in Strömungsquerschnitten, Beuth Verlag GmbH, Berlin

Autoren

Dipl.-Ing. agr. Peter Rösmann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, **B.Sc. Henrich Boge** ist Student, **Prof. Dr. Wolfgang Büscher** ist Leiter der Abteilung „Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung“ am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn, E-Mail: piet@uni-bonn.de



AGRI TECHNICA

The World's No.1

Erleben Sie die ganze Welt
der Landtechnik –
alles an einem Ort!



Hannover

15.–19. November 2011

Exklusivtage 13./14. November

Hotline: 069/24788-265 • E-Mail: expo@DLG.org

