

Peter Rösmann und Wolfgang Büscher

Untersuchung eines Luft-Luft-Wärmetauschers unter Praxisbedingungen

Die Lüftung von Nutztierställen führt zu Wärmeverlusten und verursacht Heizkosten. Luft-Luft-Wärmetauscher ermöglichen die Wärmerückgewinnung aus der Abluft. Dabei wird ein Teil der in der Abluft gebundenen Wärme über eine Tauscherfläche auf die Frischluft übertragen. Zur objektiven Bewertung dieser Technik wurden bereits standardisierte DLG-Prüfstandmessungen durchgeführt. Langzeituntersuchungen unter Praxisbedingungen haben bisher nur sehr selten stattgefunden. Das Institut für Landtechnik der Universität Bonn hat daher in einer Langzeitstudie einen rekuperativen Wärmetauscher in einem Ferkelaufzuchtstall untersucht.

Schlüsselwörter

Wärmerückgewinnung, Energieeffizienz, Stallklima

Keywords

Heat recovery, energy efficiency, barn climate

Abstract

Rösmann, Peter and Büscher, Wolfgang

Rating of an air-to-air heat exchanger in practice

Landtechnik 65 (2010), no. 6, pp. 418-420, 4 figures, 6 references

Barn ventilation is often associated with heat loss. This can be regulated by using appropriate heating technology during the cold season. Air-to-air heat exchanger can be used to recover some of the heat from outlet air. Thereby the system transfers some of the heat from the outlet air to incoming fresh air by heat exchange surfaces. For objective review the DLG has multiple tested this technology on test bed. Long term investigations in practice have taken place rarely. The Institute of Agricultural Engineering, University of Bonn, therefore has tested an recuperative heat exchanger in long term study which was installed in a piglet house.

■ Vor dem Hintergrund der Klimaerwärmung, immer kleiner werdender fossiler Energiereserven, großer Abhängigkeit von ausländischen Energielieferanten und stark schwankender, aber tendenziell steigender Energiepreise werden in der land-

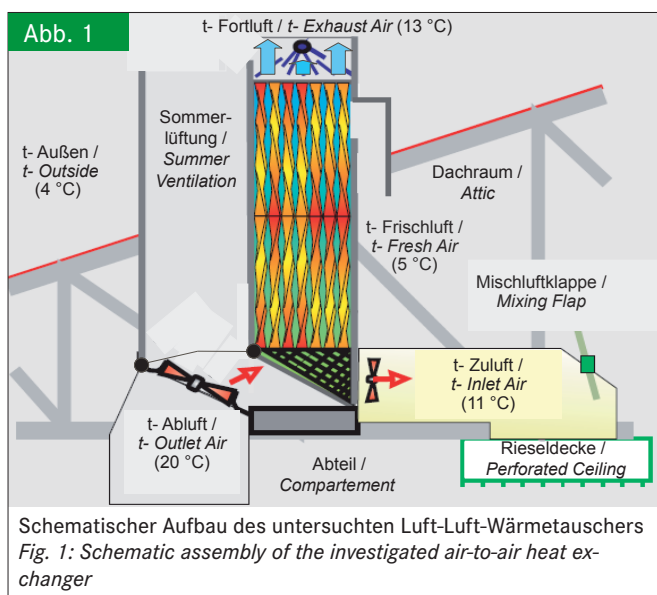
wirtschaftlichen Tierhaltung aktuell folgende Fragen intensiv diskutiert:

- Wie können die Heizkosten in der Nutztierhaltung effektiv gesenkt werden?
- Wie können fossile Energieträger effizienter genutzt werden?
- Welchen Beitrag zur Energieeinsparung kann die Wärmerückgewinnung leisten?
- Welche Wirkungsgrade erzielen Luft-Luft-Wärmetauscher unter Praxisbedingungen im Dauereinsatz?

Bei zwangsbelüfteten Warmställen werden im Winter zwischen 70-90 % der Wärmeverluste durch die Lüftung verursacht [1]. Um diese Wärmeverluste zu minimieren, wurden bereits in den achtziger Jahren Luft-Luft-Wärmetauscher in Schweineställen eingebaut. Diese konnten sich jedoch in der Praxis nicht durchsetzen, da sie aufgrund ihrer Bauart sehr wartungsanfällig und unwirtschaftlich waren (hohe Investitionskosten, geringe Primärenergiepreise) [2]. Steigende Energiepreise sowie die technische Weiterentwicklung der Luft-Luft-Wärmetauscher machen die Wärmerückgewinnung aus der Abluft für Veredelungsbetriebe in jüngster Zeit wieder interessant.

Die Kaufentscheidung des Landwirts für einen Luft-Luft-Wärmetauscher ist dabei zunächst untrennbar mit der voraussichtlichen wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit dieser Investition gegenüber alternativen Techniken verbunden. Diese hängt jedoch in hohem Maße von der Energiepreisentwicklung ab [3].

Als nicht direkt monetär zu bewertender positiver Effekt der Wärmerückgewinnung ist die Möglichkeit zur Einsparung fossiler Energieträger mit den dadurch eingesparten CO₂-Emissionen zu nennen. Für den Tierbestand ist der Einsatz eines Luft-Luft-Wärmetauschers vorteilhaft, weil durch die Anwärmung der Frischluft häufig die nach [4] geforderte Mindestluftfrate gesteigert und dadurch die Luftqualität im Tierstall verbessert werden kann. Rein objektive Bewertungen von Luft-Luft-Wärmetauschern auf Basis physikalischer Leistungsparameter wurden in Prüfstand-



messungen bereits mehrfach von der DLG durchgeführt [5; 6]. Als großer Vorteil dieser standardisierten Untersuchungsmethode ist die Reproduzier- und Vergleichbarkeit der Messungen zu nennen, denn auf dem Prüfstand können beispielsweise die Parameter Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit oder auch Luftvolumenstrom exakt eingestellt und konstant gehalten werden.

Fundierte Aussagen über die Leistungsfähigkeit von Luft-Luft-Wärmetauschern auf landwirtschaftlichen Betrieben lassen sich jedoch nicht allein von den Prüfstandmessungen ableiten, weil sich eine Vielzahl von Störgrößen wie z.B. die Verschmutzung der Tauscheroberflächen unmittelbar auf das energetische Leistungspotenzial dieser Technik auswirkt. Als zusätzliche Einflussfaktoren auf die Wärmeübertragung können beispielsweise die Verweilzeit der Ab- bzw. Frischluft im Wärmetauscher oder auch die Reinigungsintervalle des Wärmetauschers aufgeführt werden.

Das Institut für Landtechnik der Universität Bonn hat einen rekuperativen Wärmetauscher WVTL 480 der Firma Schönhammer in einem Ferkelaufzuchtstall in Gunzenhausen, Kreis Ansbach, bezüglich seines energetischen Leistungspotenzials genauer untersucht. Erste Ergebnisse zu dieser Untersuchung sollen hier vorgestellt werden.

Material und Methode

Der untersuchte Wärmetauscher (**Abbildung 1**) befindet sich stirnseitig im Dachraum eines Ferkelaufzuchtstalls mit insgesamt 2 000 Ferkelaufzuchtplätzen. Die Aufzuchtferkel werden nach dem Absetzen direkt in die neun Aufzuchtteile eingestallt und verbleiben dort bis zu einem Lebendgewicht von ca. 30 kg.

Die Abluftführung erfolgt über eine zentrale Unterflurabsaugung. Diese sammelt die warme Abluft aus den Aufzuchtteilen unter dem Zentralgang und führt sie im Winterbetrieb über den Wärmetauscher aus dem Stall. Während der Sommerlüftung wird die Abluft mittels Stellklappen an der Tauscherflä-

che vorbei direkt aus dem Stall gefördert. Die Frischluft gelangt über die Traufe in den Dachraum. Von dort wird sie über den Wärmetauscher in einen zentralen Versorgungskanal mit anschließender Einspeisung über Rieseldecken in die Aufzuchtteile geführt.

Bei dem untersuchten Luft-Luft-Wärmetauscher handelt es sich um einen rekuperativen Gegenstrom-Wärmetauscher. Rekuperatoren übertragen Wärme vom wärmeren Luftstrom durch eine Trennschicht konvektiv an den kälteren Luftstrom. Bei dem WVTL 480 wird die Frischluft auf der einen Seite durch glatte, gewendelte und aus Kunststoff bestehende Tauscherflächen von oben durch den Wärmetauscher geführt. Die warme Abluft wird in entgegengesetzter Richtung aus dem zentralen Abluftammelkanal von unten nach oben durch den Wärmetauscher geleitet. Die abgekühlte Fortluft verlässt schließlich das Stallgebäude. Die gewendelte Oberfläche vergrößert die Tauscher- bzw. Kontaktfläche zwischen der Zu- und Abluft. Zusätzlich soll durch die Verwirbelung die Wärmeleitung erhöht werden. Bei Bedarf kann die Tauscherfläche durch eine fest installierte Reinigungsanlage abluftseitig von Stallstaub gereinigt werden.

Während der Untersuchung wurden alle zehn Minuten folgende Messwerte erfasst:

- Luftvolumenströme der Zu- und Fortluft
- Relative Luftfeuchtigkeiten und Temperaturen der Frisch-, Zu-, Ab- und Fortluft
- Außentemperatur

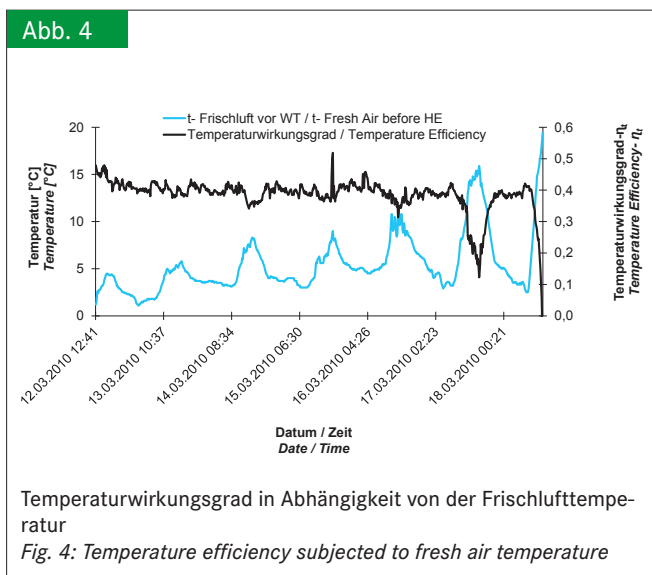
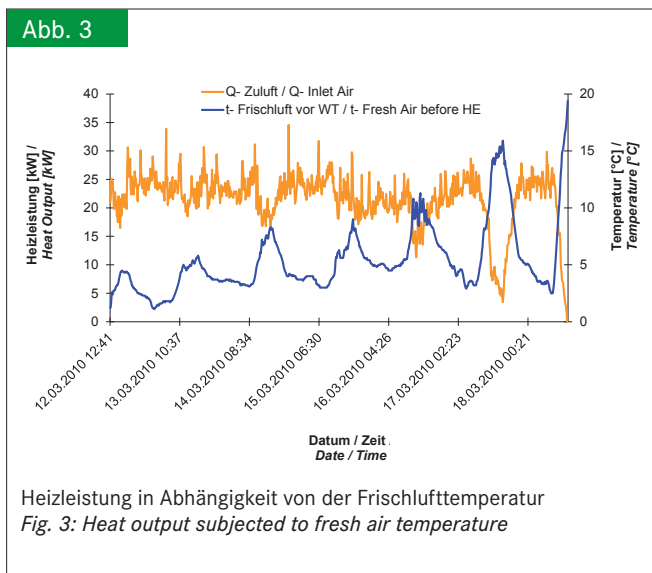
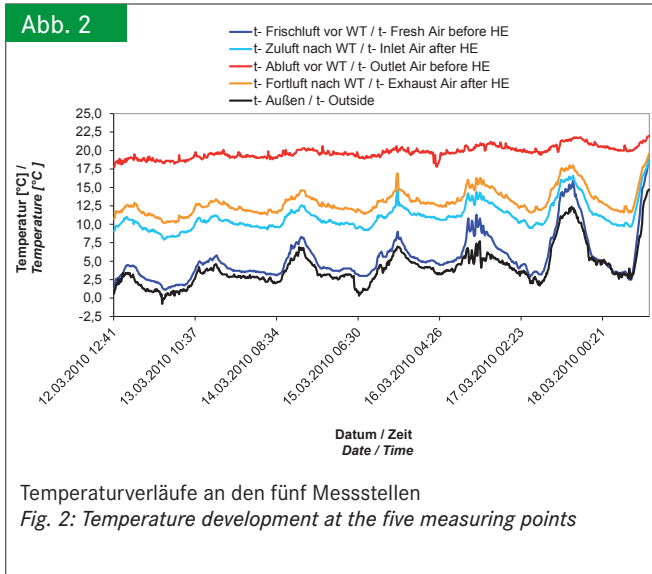
Ergebnisse

Für die Langzeituntersuchung wurde der Zeitraum Oktober 2009 bis April 2010 gewählt. Im Folgenden soll beispielhaft auf den Zeitraum 12.–18. März 2010 eingegangen werden. Die gemessenen Temperaturverläufe an den fünf Messstellen werden in **Abbildung 2** dargestellt.

Die mittlere Außentemperatur betrug $4,1\text{ °C}$. Durch die Ansaugung der Frischluft aus dem Dachraum konnte bereits die Temperatur um $1,5\text{ K}$ erhöht werden. Die in den Ferkelaufzuchtstall eintretende Zuluft erreichte nach Passieren des Wärmetauschers mittlere $11,0\text{ °C}$ und lag damit um $6,9\text{ K}$ höher als die Außentemperatur. Die Ablufttemperatur lag vor Eintritt in den Wärmetauscher bei $19,8\text{ °C}$ und kühlte sich im Wärmetauscher auf $13,0\text{ °C}$ ab. Zuluftseitig konnte die Frischlufttemperatur durch den Wärmetauscher um mittlere $5,4\text{ K}$ erhöht werden. Abluftseitig fand eine Abkühlung der Luft um $6,8\text{ K}$ statt.

Durch den in der Zuluft installierten Ventilator können während der Untersuchung die Luftvolumenströme der Zu- und Fortluft nahezu konstant gehalten werden. Diese betragen im Mittel $11\,465\text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ bzw. $11\,488\text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Auf die Reinigung der abluftseitigen Tauscheroberfläche kann in den Wintermonaten bei ausreichendem Kondensatanfall verzichtet werden, da dieses eine ausreichende Reinigungswirkung aufweist.

Abbildung 3 zeigt die auf Basis der erfassten Luftvolumenströme berechnete Heizleistung des Luft-Luft-Wärmetauschers. Im Mittel dieser Untersuchung erreichte der Wärmetauscher eine



Heizleistung von 21,6kW. Daraus ergab sich für den Untersuchungszeitraum eine zurückgewonnene Wärmemenge von 3 100kWh. Das entspricht in etwa einem Heizöläquivalent von 310l und einer Vermeidung von 820 kg CO₂-Emissionen. Der Energieverbrauch des Luft-Luft-Wärmetauschers ist hierbei nicht berücksichtigt.

Der Temperaturwirkungsgrad η_t beschreibt das Verhältnis der Zulufterwärmung zur Gesamttemperaturdifferenz zwischen Frisch- und Abluft. Er ist folgendermaßen zu bestimmen:

$$\text{Temperaturwirkungsgrad-}\eta_t = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}}$$

mit: t_{22} = t-Zuluft; t_{21} = t-Frischlufte; t_{11} = t-Abluft

Der Verlauf von η_t ist in **Abbildung 4** dargestellt. Bei einer Temperaturdifferenz zwischen Frisch- und Abluft von durchschnittlich 14,2K wird ein Temperaturwirkungsgrad von $\eta_t = 0,39$ erzielt. Ansteigende Frischlufttemperaturen gehen mit sinkendem η_t einher. Als Grund hierfür ist das kleiner werdende ΔT bei gleichbleibender Ablufttemperatur zu nennen.

Schlussfolgerungen

Die Wärmerückgewinnung aus der Abluft von zwangsbelüfteten Warmställen bietet dem Landwirt die Möglichkeit, Heizkosten zu sparen und fossile Energieträger zu schonen. Nur durch Langzeituntersuchungen in der Praxis kann das Leistungspotenzial dieser Technik hinreichend quantifiziert werden. Für hohe Wirkungsgrade von Luft-Luft-Wärmetauschern sind große ΔT zwischen Frisch- und Abluft erforderlich. Durch die Vorerwärmung der Zuluft kann die Winterluftrate erhöht und somit das Stallklima nachhaltig verbessert werden. Große Mengen an Primärenergie können auf diesem Wege substituiert werden.

Literatur

- [1] Lindley, J. A.; Whitaker, J. H. (1996): Agricultural Buildings and Structures. Hg. The Society for engineering in agricultural, food, and biological systems, 2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659, USA, pp. 347-353
- [2] Van Caenegem, L.; Wechsler, B. (2000): Stallklimawerte und ihre Berechnung. Hg. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwissenschaft und Landtechnik (FAT), pp. 64-66
- [3] Klement, S. (2001): Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes rekuperativer Wärmetauscher bei der Klimatisierung von Schweineställen am Beispiel der Mastanlage „Burkersdorfer Schweineproduktion“. VDI-MEG Schrift 372, S. 49-50
- [4] DIN 18910 (2004): Wärmeschutz geschlossener Ställe – Wärmedämmung und Lüftung – Teil 1: Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe
- [5] DLG-Prüfstelle für Landmaschinen (Hg.) (2001): DLG Prüfbericht 4961 Luft/Luft-Wärmetauscher RIMU RLTN 3 (rekuperativer Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauscher)
- [6] DLG-Prüfstelle für Landmaschinen (Hg.) (2001): DLG Prüfbericht 4962 Luft/Luft-Wärmetauscher Schönhammer WVTL 40K (rekuperativer Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauscher)

Autoren

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