

Engel F. Hessel und Herman F. A. Van den Weghe

Erdwärmetauscher zur ganzjährigen Zuluftkonditionierung im Abferkelstall

Der Einsatz eines Erdwärmetauschers (EWT) ermöglicht die Nutzung der im Erdreich gespeicherten Wärme, die im Vergleich zur Außenluft deutlich geringeren Temperaturschwankungen unterliegt. Daher bekommt der EWT zum einen durch die Energieeinsparungen, zum anderen durch die Kühlleistungen der Zuluft immer mehr Zuspruch. Gerade im Abferkelstall ist ein ganzjährig ausgeglichenes Klima für die Sau und die Ferkel sicherzustellen. In dieser Untersuchung konnte mithilfe eines EWTs die Zuluft eines Abferkelstalles effizient gekühlt oder erwärmt werden. Temperaturschwankungen im Jahres- und Tagesverlauf wurden deutlich reduziert. Der Einsatz eines Erdwärmetauschers ist eine rentable Lösung für die nachhaltige Klimatisierung von Abferkelställen.

Schlüsselwörter

Erdwärmetauscher, Hitzestress, Abferkelstall, Zuluftkonditionierung

efficiently cooled or heated resulting in a clear reduction of seasonal and diurnal variation. Earth-tube heat exchangers are a cost-efficient supplement for sustainable air conditioning of farrowing houses.

Keywords

Earth-tube heat exchanger, heat stress, farrowing house, air conditioning

Abstract

Hessel, Engel F. and Van den Weghe, Herman F. A.

Earth-tube heat exchanger for all-season conditioning of a farrowing house

Landtechnik 66 (2011), no. 3, pp. 183–186, 2 figures, 1 table, 9 references

With the aid of earth-tube heat exchanger geothermal energy can be used. Geothermal energy is characterised by clearly lower variations in temperature compared to the incoming air. Therefore the earth-tube heat exchanger becomes more popular, on one hand because of energy saving, and on the other hand because of the cooling of the incoming air. Especially in farrowing houses a balanced climate has to be provided throughout the whole year for sows and piglets. By means of earth-tube heat exchanger the incoming air was

Die Form der Wärmegewinnung mithilfe von Erdwärmetauschern (EWT) gewinnt in Europa immer mehr an Bedeutung. Der massive Anstieg des Rohölpreises Ende der 70er-Jahre hatte zu einem Umdenken in Energiefragen geführt und die Entwicklung energiesparender Systeme gefördert. So wurde 1981 in Deutschland der erste EWT für einen Mastschweine-stall in Betrieb genommen [1]. Im Zuge der weiteren Verknappung fossiler Energien und hoher Energiepreise wird die Nachhaltigkeit der Tierproduktion immer wichtiger. Fortschreitende Zucht, verbesserte Haltung und Management führen zu steigenden Tierleistungen. Dieser Anstieg bedingt einen höheren Anspruch der hochleistenden Tiere an das Stallklima. Besonders Hitzestress im Sommer muss vermieden werden.

Gerade im Abferkelstall ist ein ganzjährig ausgeglichenes Klima für die Sau wie auch für die Ferkel zu gewährleisten. Die Ansprüche an die Umgebungstemperatur sind bekanntermaßen sehr unterschiedlich. So benötigen Ferkel in den ersten 2 Wochen p. p. Temperaturen um 33 °C. Eine Raumtemperatur von 27 °C und zusätzliche Wärmequellen in Form von Ferkel-nest und Wärmelampe sind daher im Abferkelabteil notwendig. Die Optimaltemperatur der laktierenden Sau hingegen liegt im Bereich von 10–16 °C [2]. Liegen die Temperaturen über dem thermoneutralen Bereich, zeigen sich negative Auswirkungen auf Futteraufnahme, Milchleistung [3] und die gesamte Kondi-

tion der Sau, was Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit haben kann [4–6]. Durch eine Konditionierung der Zuluft mittels EWT kann Hitzestress vermieden werden.

Material Methode

Die vorliegende Untersuchung wurde in einem Abferkelstall mit 4 Abteilen à 22 Abferkelbuchten im Landkreis Osnabrück durchgeführt. Der Versuchszeitraum betrug 12 Monate.

Als EWT wurden unperforierte, gerippte Drainagerohre mit einem Durchmesser von 20 cm in 1,60–2,00 m Tiefe unter dem Abferkelstall verlegt. Am Standort befand sich Podsol-Boden mit 30 Bodenpunkten und ein Grundwasserstand von 1 m. Aufgrund des hohen Grundwasserstandes wurde beim Verlegen der Rohre auf ein Einschlemmen verzichtet. Ein Bodenaushub für 8–9 Rohre wurde mit der Erde der nächsten Grube wieder geschlossen. Die Rohre wurden ohne Abstand direkt nebeneinander verlegt. Der Abstand zwischen den einzelnen Gruben betrug 0,5 m. Insgesamt wurden 88 Rohre verlegt, entsprechend 1 Rohr/Abferkelplatz.

Die Eintrittsöffnungen des EWT lagen direkt an der Außenwand des Stalles; die Austrittsöffnungen der Rohre mündeten in einen Zuluftkanal. Von dort gelangte die Luft in fünf mit Styropor-Platten gedämmte Zuluftschächte (1 m x 1 m), die über den Abteilen verliefen. Von diesen Schächten aus waren handelsübliche KG-Rohre für die Nasenlüftung in die Abteile verlegt. Diese Rohre hatten einen Durchmesser von 0,2 m und endeten im Abteil direkt über den Köpfen der Sauen in 2 m Höhe. Die Abluft im Abteil wurde durch je einen Schacht mithilfe des Multifan Rohreinbauventilators abgesaugt. Die Absaugung wurde abteilweise durch einen Klimacomputer (FC12, Fancom, NL) anhand von Luftvolumenstrom und Temperatur geregelt. Zusätzlich war ein Frequenzregler (Frelink-4f, Vostermans Ventilation B.V., NL) zur Drehzahlregelung des Lüfters zwischengeschaltet (**Abbildung 1**).

In den ersten 4 Tagen p.p. hingen über den Ferkelnestern Infrarotlichtlampen mit 80 Watt. Darüber hinaus waren die

Warmwasserheizung der Ferkelnester und die Wärmeabgabe der Tiere die einzig zusätzlichen Wärmequellen im Stall.

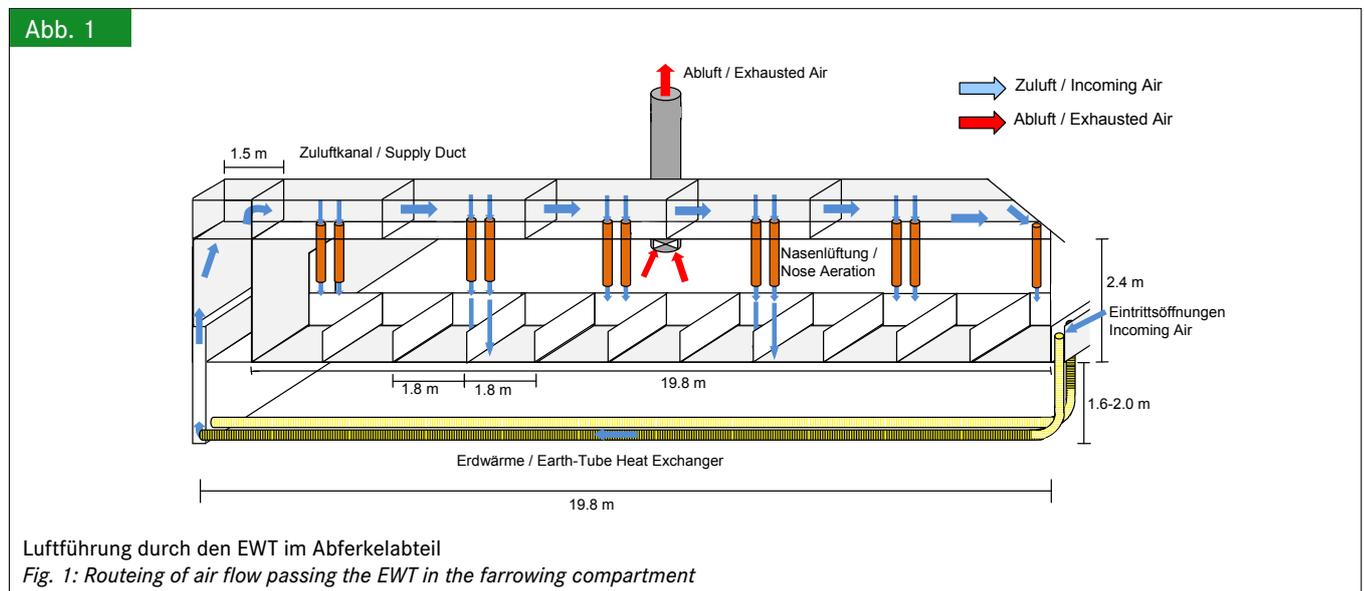
Um die Leistungen des EWTs zu quantifizieren, erfolgte stündlich die Erfassung der Lufttemperatur an drei verschiedenen Messorten. Die Außenlufttemperatur wurde 20 m entfernt vom Stall mit der WS 2000 PC-Funk-Wetterstation (Fa. ELV-Elektronik AG, D) erfasst. Die Zulufttemperaturen nach Passieren des EWTs wurden stündlich im gemauerten Zuluftkanal, an vier verschiedenen Punkten entlang des Zentralganges, gemessen. Dies wurde mithilfe eines micromec loggers (Datenlogger und Messtechnik GmbH, D) und Messfühlern (Rotronic Messgeräte GmbH, D) durchgeführt. Die Stalllufttemperaturen wurden jeweils stündlich in den Abteilen 1 und 3 erfasst. Die Tinytag Datenlogger (Fa. Gemini Data Loggers Ltd., GB) waren in der Mitte des Stalles auf 1,80 m Höhe angebracht.

Aufgrund Fehlfunktionen der Messtechnik lagen für die Außenlufttemperatur vom 2. September bis 2. Oktober 2009 und für die Zulufttemperaturen nach Passieren des EWTs vom 8. Oktober bis 4. November 2009 keine Messdaten vor.

Ergebnisse

Auf Basis der gemessenen Stundenmittelwerte lag die mittlere Außenlufttemperatur im Jahresverlauf nur 2,4 °C unterhalb der mittleren Zulufttemperaturen nach dem Passieren des Erdwärmetauschers (**Tabelle 1**). Die Standardabweichungen dieser Mittelwerte unterschieden sich jedoch erheblich. Die Außenlufttemperaturen wiesen im Jahresverlauf eine Spannweite von 49,1 K, mit einem Maximum von 35,1 °C und einem Minimum von -14 °C auf. Nach Passieren des EWT konnten diese Lufttemperaturschwankungen deutlich vermindert werden. Die Spannweite zwischen dem Maximum von 21,5 °C und dem Minimum von 6,5 °C verringerte sich auf 15,0 K.

Im Vergleich zur Außenlufttemperatur wurde während der Wintermonate die Zuluft nach Passieren des EWT um bis zu 20 °C erwärmt und in den Sommermonaten um bis zu 14 °C gekühlt. Bezugsbasis sind die Stundenmittelwerte.



Tab. 1

Mittelwert, Standardabweichung (SD), Maximum und Minimum sowie die Spannweite der Außenlufttemperatur und der Lufttemperatur im Zuluftkanal (n = 7 223 Stundenmittelwerte)¹⁾

Table 1: Mean, standard deviation (SD), maximum, minimum as well as range of the air temperature outside and in the supply duct (n = 7223 hourly means)¹⁾

| | Mittelwert Mean | SD | Maximum | Minimum | Spannweite Range |
|---|--------------------|-----|---------|---------|---------------------|
| Außenlufttemperatur Outside air temperature [°C] | 10,0 | 8,3 | 35,1 | -14,0 | 49,1 |
| Lufttemperatur im Zuluftkanal Supply duct air temperature [°C] | 12,4 | 3,8 | 21,5 | 6,5 | 15,0 |

¹⁾ Messdaten vom 2. September – 2. Oktober und vom 8. Oktober – 4. November wurden nicht berücksichtigt.
Data from September 2nd – October 2nd 2009 and from 8th October – 4th November 2009 are not included.

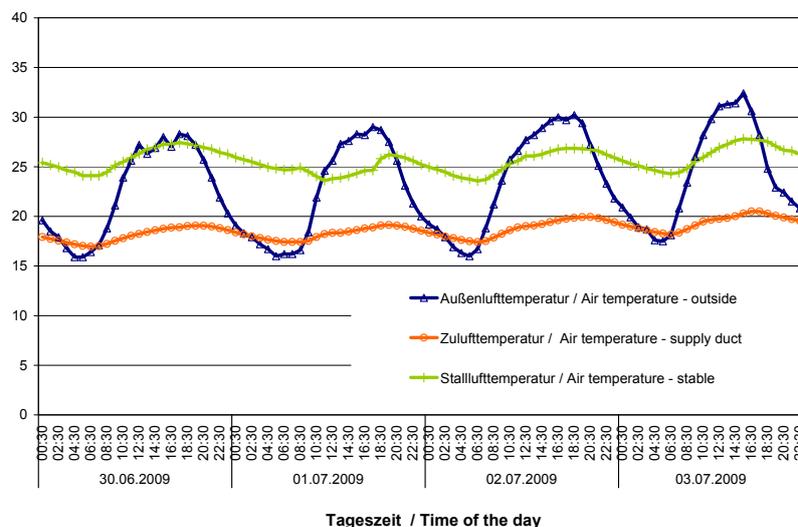
Eine 70%ige Reduzierung von Lufttemperaturschwankungen im Vergleich zur Außenluft konnte durch die Zuluftkonditionierung mittels EWT erreicht werden.

Auf Basis der Tagesmittelwerte konnte im Sommer die Zuluft nach Passieren des EWTs um bis zu 6 K gekühlt werden. Im Winter wurde eine Erwärmung der Zuluft um bis zu 14 K erzielt. Diese Lufttemperaturdifferenzen entsprechen dem von Huijben et al. [7] ermittelten Bereich. Die Autoren untersuchten die Erwärmung bzw. Abkühlung der Luft nach Passieren eines EWTs unter einem Maststall. Im Sommer wurden Lufttemperaturdifferenzen von 4–8 K und im Winter von 4–10 K im Vergleich zur Außenluft festgestellt.

Die größeren Lufttemperaturdifferenzen im Winter sind mit den geringer geförderten Luftvolumenströmen zu erklären. Geringere Luftgeschwindigkeiten führen zu höheren Lufttemperaturdifferenzen [8], da die Luftgeschwindigkeit in den Tauscherrohren einen Einfluss auf die Temperaturdifferenz zwischen der Außenluft und der Zuluft nach Passieren des EWT hat.

Neben der Erwärmung bzw. Abkühlung der Luft, ist die Abschwächung der Temperaturschwankungen der Außenluft ein weiterer Vorteil des EWTs. Dies kommt sowohl im Sommer als auch im Winter zum Tragen. Tag-Nacht-Schwankungen der Außenlufttemperatur betragen in dieser ganzjährigen Untersuchung bis zu 19,8 K. Durch die Zuluftkonditionierung mittels EWT wurden die Temperaturschwankungen im Tagesverlauf deutlich reduziert. Die maximale Tagesschwankung lag bei 3,8 K. Am Beispiel von vier aufeinander folgenden Sommertagen im Jahr 2009 (**Abbildung 2**) wurden die Lufttemperaturschwankung der Außenluft, der konditionierten Zuluft sowie der Stallluft aufgeführt. Die Außenluft wies an diesen Tagen Temperaturschwankungen von maximal 14,2 K auf. Nach Passieren der Tauscherrohre unterlag die Zuluft lediglich Temperatur-Tagesschwankungen von 2,5 K. Dies deckt sich mit dem festgestellten Niveau von Venzlaff und Mueller [9]. Die Autoren berichten von maximalen Tagesschwankungen der Temperatur von 3–4 K nach Passieren eines EWT.

Abb. 2



Außenlufttemperatur und Zulufttemperatur nach Passieren des EWTs sowie Stalllufttemperatur an vier aufeinanderfolgenden Tagen im Sommer auf Basis von Stundenmittelwerten (n = 96)

Fig. 2: Air temperature from outside and supply duct and stable air temperature on hourly basis for 4 consecutive example days during summer time (n = 96)

Schlussfolgerungen

Durch den Einsatz eines ETWs im Abferkelstall konnte eine effiziente Kühlung im Sommer und eine Erwärmung im Winter erreicht werden. Sowohl Temperaturschwankungen im Jahresverlauf als auch im Tagesverlauf wurden deutlich reduziert. Folglich ist der Einsatz eines Erdwärmetauschers eine rentable Lösung für die nachhaltige Klimatisierung von Abferkelställen. Ein EWT ist unbestritten bei Neubau mit erhöhten Investitionen verbunden. Die Installation eines EWT wird aber durch deutliche Energieeinsparungen und eine verbesserte Tiergesundheit wirtschaftlich. In den Sommermonaten sind aufgrund der gekühlten Zuluft neben der geringeren Wahrscheinlichkeit für Hitzestress der Sauen auch geringere Luftvolumenströme erforderlich. Dies führt zu Energieeinsparungen. Auch in den Wintermonaten kann Energie gespart und können Heizkosten reduziert werden. Für die Quantifizierung des Energieeinsparpotenzials werden in kurzzeit laufenden Untersuchungen mit einem Messventilator der Luftvolumenstrom ermittelt und mit Wärmemengen- und Stromzähler der Energieverbrauch registriert. Des Weiteren erfolgen Luftdruck-Differenzmessungen zwischen dem Druck der Außenluft und der Luft nach Passieren des EWTs.

Literatur

- [1] Schirz, S. (1982): „Minergie“ - Erdwärmetauscher als Stallklimagerät. DLZ 43(5), S. 781-785
- [2] Hahn, G. L. (1985): Management and housing of farm animals in hot environments. In: Yousef, M. K.: Stress physiology in livestock. no. II, Las Vegas, Nevada, CRC Press, pp. 152-171
- [3] Black, J. L.; Mullan, B. P.; Lorschy, M. L.; Giles, L. R. (1993): Lactation in the sow during heat stress. *Livestock Production Science* 35, pp. 153-170
- [4] Lynch, P. B. (1977): Effect of environmental temperature on lactating sows and their litters. *Irish Journal of Agricultural Research* 16, pp. 123-130
- [5] Stansbury, W. F.; McGlone, J. J.; Tribble, L. F. (1979): Effects of season, floor type, farrowing house temperature and snout coolers on sow and litter performance. *Journal of Animal Science* 65, pp. 1507-1513
- [6] Prunier, A.; Quesne, H.; Messias de Braganca, M.; Kermabon, A. Y. (1996): Environmental and seasonal influences on the return-to-oestrus after weaning in primiparous sows: a review. *Livestock Production Science* 45, pp. 103-110
- [7] Huijben, J. J. H.; Hoofs, A. I. J. (1997): Vergelijking van grondbuizen en grondwater-unit bij vleesvarkens. *Praktijkonderzoek Varkenshouderij*, Rosmalen, Die Niederlande
- [8] Deglin, D.; Van Caenegem, L.; Dehon, P. (1999): Subsoil heat exchangers for the air conditioning of livestock buildings. *J. Agric. Engng Res.* 73, pp. 179-188
- [9] Venzlaff, F.-W.; Mueller, H.-J. (2008): Untersuchungen zur Verbesserung der Klimagestaltung in Schweineställen bei gleichzeitiger Verringerung der Emissionen. Hg. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. http://www.mwfk.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2331.de/klima_sw.pdf, Zugriff am 28. Februar 2011

Autoren

PD Dr. agr. Engel F. Hessel ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft des Departments für Nutztierwissenschaften der Fakultät für Agrarwissenschaften an der Georg-August-Universität Göttingen in Vechta, E-Mail: earken@gwdg.de

Prof. Dr. Ir. Herman F. A. Van den Weghe ist Lehrstuhlinhaber der Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Department für Nutztierwissenschaften der Fakultät für Agrarwissenschaften und Direktor der Außenstelle Vechta der Georg-August-Universität Göttingen

Sind Sie aktiv im Bereich IT und Robotik in der Landwirtschaft?

STÄRKEN SIE IHR NETZWERK MIT DER META KNOWLEDGE BASE DES ERA-NETS ICT-AGRI

■ Im 6. EU-Forschungsrahmenprogramm wurde das ERA-NET (European Research Area Network) Programm eingeführt. Ziel: Die europäische Forschung entwickeln und stärken, in dem die Koordination nationaler, regionaler und europäischer Forschungsprogramme gefördert und finanziert wird. Derzeit gibt es 75 aktive ERA-NETS aus den unterschiedlichsten Forschungsgebieten. Im Bereich Landwirtschaft sind es 7.

ERA-NET ICT-AGRI

Das ERA-NET „Koordination der europäischen Forschung für Informations- und Kommunikationstechnologien, Automation und Robotik in der Landwirtschaft und damit verbundenen Umweltthemen“ (Akronym: ICT-AGRI – Information and Communication Technologies in Agriculture) startete im Mai 2009 und läuft bis

Juli 2013. Das Projektkonsortium besteht aus 18 Partnern und 15 Beobachtern aus 22 Ländern. Neben internationaler Kooperationen fördert ICT-AGRI auch die Entwicklung und Einführung neuer Technologien mit Forschungsausschreibungen, die aus Mitteln der nationalen Forschungsprogramme der Partnerländer finanziert werden. Verteilte personelle und finanzielle Ressourcen werden so zusammengeführt und die Wirtschaftlichkeit und Wirksamkeit der Forschung verbessert.

Meta Knowledge Base (MKB)

Das Herzstück des ERA-NET Programms ist die Datenbank MKB. Dort werden Forschungsarbeiten gesammelt und analysiert, künftiger Forschungsbedarf benannt und Akteure miteinander vernetzt. Die MKB ist für die Suche und den

Abruf von Informationen frei zugänglich; für die Erfassung ist eine Registrierung notwendig. Innerhalb des MKB gibt es zwei Bereiche. Der Bereich „Profiles“ enthält Profile von registrierten Nutzern, die auch eine Beschreibung der Expertise enthält. Der Bereich „Postings“ enthält Einträge zu Forschungsergebnissen und Forschungsvorhaben zu Automatisierungstechnik, Online-Diensten und Normen. Die ICT-AGRI Meta Knowledge Base beteiligt sich derzeit mit 450 registrierten Nutzern, 394 Profilen und 77 Postings an dem gemeinsamen Wissenspool im Bereich ICT und Robotik in der Landwirtschaft.

Profitieren Sie vom Netzwerk – besuchen Sie die MKB unter www.db-ictagri.eu. Weitere Informationen: Martin Holpp, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, martin.holpp@art.admin.ch