

Bild 3. Kennlinienfeld zur Ermittlung der nutzbaren Wärmeleistung des Abwärmesystems

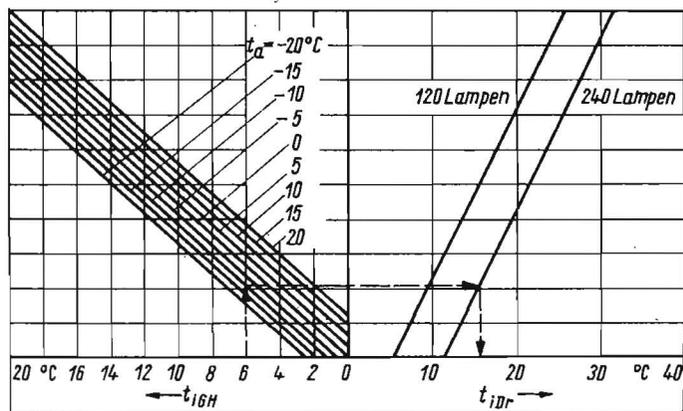


Bild 4. Kennlinienfeld zur Ermittlung des nutzbaren Temperaturniveaus des Abwärmesystems

Tafel 1. Energetische Kenngrößen des Abwärmesystems

Kenngröße	Belichtungszeitraum				
	Dezember	Januar	Februar	März	April
nutzbare Lüftungswärmeleistung	8,6	8,4	8,4	8,7	9,2
nutzbares Abwärmepotential	5 332	4 687	3 763	4 046	3 312
Elektroenergieverbrauch	124	112	90	93	72
Leistungszahl	43	42	42	44	46
Temperaturerhöhung des Zuluftstroms	7,8	7,6	7,6	7,9	8,3

5. Zusammenfassung

Zur Rückgewinnung und Anwendung von Abwärme aus der Zusatzbelichtung von Jungpflanzen wurde eine technische Lösung entwickelt und als Praxislösung erprobt. Auf Grundlage lösungsspezifischer Eingangsgrößen kann die Betriebscharakteristik des Abwärmesystems für Auslegungs- und Dimensionierungszwecke beschrieben werden.

In meßtechnischen Untersuchungen wurden die projektierten Leistungsparameter der vorliegenden Praxislösung bestätigt. Das für einen automatisierten Betrieb entwickelte Re-

gelungssystem wurde in seiner Grundstruktur erläutert. Die Anwendungsbedingungen der Lösung

sind durch eine hohe Leistungszahl und geringe Investitionskosten für das Gesamtsystem gekennzeichnet. A 5606

Zulufttemperaturbeeinflussung mit Hilfe eines Erdreichwärmeübertragers in einem Putenstall

med. vet. G. Paar/Ing. J. Blankenburg/Ing. R. Reinz, Bezirksinstitut für Veterinärwesen Bad Langensalza, Bezirk Erfurt
 J. E. Sittel/H. Böttger/P. Schmidt, LPG „Vor dem Halñich“ Behringen, Bezirk Erfurt

1. Einleitung

Zur Senkung des spezifischen Energieaufwands für eine optimale Stallklimagegestaltung gilt es, weitere Möglichkeiten der Sekundär-Alternativenergienutzung zu erschließen und diese hinsichtlich ihrer Eignung für eine den tierphysiologischen Erfordernissen entsprechende Zuluftaufbereitung zu untersuchen.

Während die bekannten Verfahren ausschließlich auf eine Erhöhung der Stalllufttemperatur im Winter ausgerichtet waren, gab es bisher keine ökonomisch vertretbare Lösungsvariante, mit deren Hilfe durch eine Absenkung der Zulufttemperatur im Sommer eine Verbesserung der Stallklimasituation und die Vermeidung möglicher Havariesituationen infolge hyperthermischer Lastverhältnisse vorrangig in Geflügelställen erreichbar sind. Nach neueren Erkenntnissen können jedoch die Temperaturverhältnisse im Erdreich mit Hilfe eines Erdreichwärmeübertragers sowohl zur Erwärmung als auch zur Abkühlung der Zuluft ausgenutzt werden.

2. Aufbau von Erdreichwärmeüberträgern

Die Temperaturen im oberflächennahen Erdreich erreichen Werte von 2 bis 18°C. Dabei treten die größten Schwankungen in einer Tiefe von 0,1 m auf, wogegen in einer Tiefe von 2,3 m die Temperatur zwischen 6 bis 13°C variiert [1].

Andere Autoren geben für eine Tiefe von 2 m Erdreichtemperaturen von 5 bis 15°C an, wobei die niedrigeren Werte zu Beginn des Frühjahrs, die höheren Werte Ende des Sommers festzustellen sind.

Erdreichwärmeübertrageranlagen bestehen aus Wärmeübertragerrohren, die im Erdreich verlegt sind und über Sammelleitung und Ansaugschacht mit der Außenluft in Verbindung stehen.

In [2, 3, 4] werden Erdwärmeübertrageranlagen beschrieben, bei denen die Rohre in einer Tiefe von 1,5 bis 3 m verlegt wurden, wobei ausnahmslos ein einetägiger Aufbau erfolgte.

Wenn sich auch die Wirkung des Erdreichwärmeübertragers mit zunehmender Verle-

getiefe verbessert, ist diese jedoch aus ökonomischen Gründen auf etwa 2 m zu begrenzen [5].

Die Übertragerrohre in den beschriebenen Beispielen haben Durchmesser von 120 bis 300 mm. Der Abstand dieser Drainagerohre untereinander variierte von 0,3 bis 0,8 m und erreichte bei einer Anlage sogar 3 m [5]. Die Rohrlänge schwankte zwischen 32 m [6] und 80 m [7].

Die notwendige Anzahl der Drainagerohre ergibt sich aus deren Durchmesser sowie der zu fördernden Zuluftmenge und der Luftgeschwindigkeit in den Rohren.

Ist der Rohrquerschnitt zu gering für den Transport der erforderlichen Luftmenge, dann vergrößert sich die Luftgeschwindigkeit und somit der dynamische Druck, der von den Lüftern aufgebracht werden muß. Das bedeutet eine Erhöhung des Elektroenergieverbrauchs, wodurch sich das Verhältnis zwischen Nutzen und Aufwand reduziert [8].

Die Luftgeschwindigkeit in den Rohren sollte

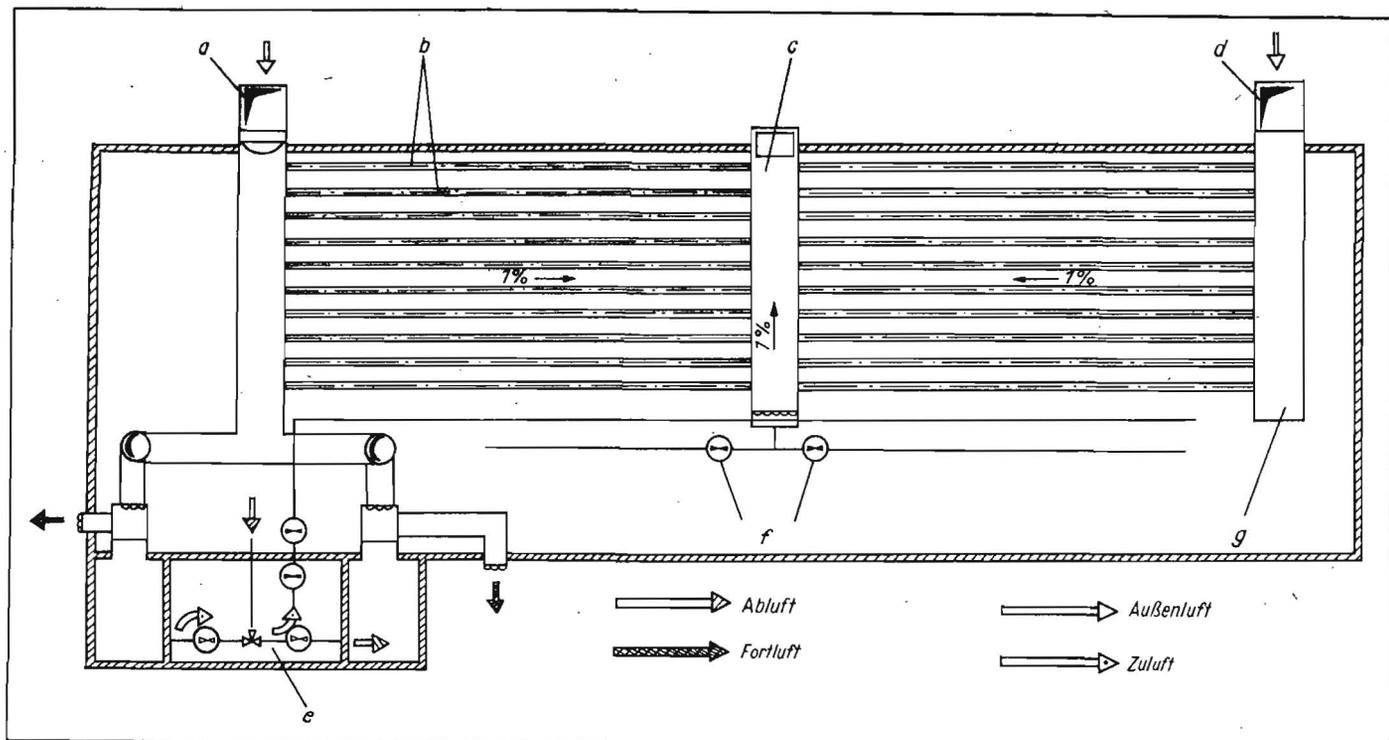


Bild 1. Grundriß des Putenstalls mit Prinzipdarstellung der Lüftungsanlage mit Erdreichwärmeübertrager; a Ansaugschacht (Sommer), b Wärmeübertragerrohre, c mittlerer Sammelkanal mit Pumpenschacht (Sommer), d Ansaugschacht, e Lüfterzentrale mit Thermospeicher (Winterluftanlage), f Zuluftventilatoren mit Zentralrohr (Sommerluftanlage), g Sammelkanal

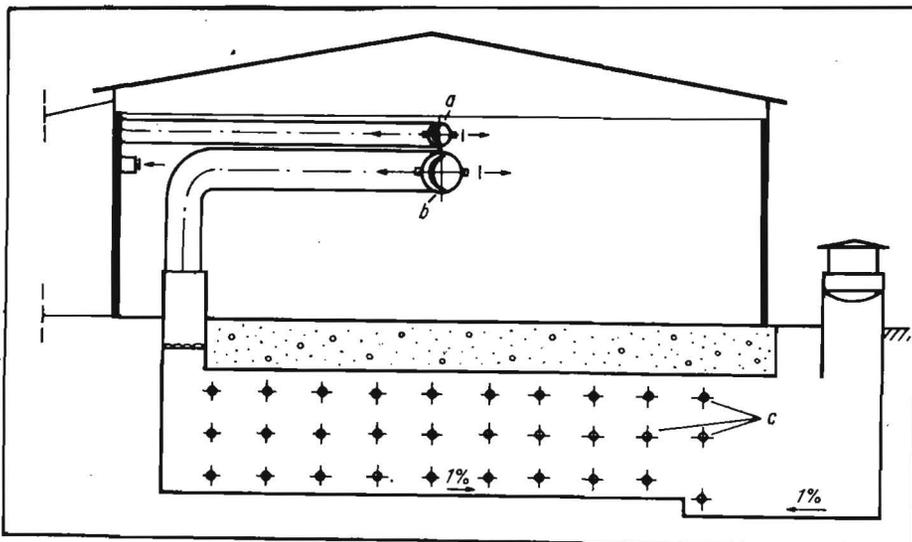


Bild 2. Querschnitt des Putenstalls mit Erdreichwärmeübertrager und Zuluftanlage; a Zuluftrohr (Winter), b Zuluftrohr (Sommer); c Wärmeübertragerrohre

einen Wert von 5 m/s nicht überschreiten, da sonst der Luftwiderstand in den Rohren zu groß wird und sich die Bedingungen für den Wärmeaustausch verschlechtern. Bei richtiger Auslegung der Wärmeübertrageranlage ist mit einem Druckverlust von 80 bis 100 Pa durch den Erdreichwärmeübertrager zu rechnen [9].

3. Untersuchungsobjekt

Der prinzipielle Aufbau des Erdreichwärmeübertragers für einen Putenmaststall (2500 Tierplätze, Einstreuhaltung) ist in den Bildern 1 und 2 dargestellt. Danach besteht der Wärmetauscher aus 30 ungeschlitzten Drainagerohren mit einer Nennweite von 115 mm. Der Abstand zwischen den in drei Ebenen angeordneten Rohren beträgt 1 m. Die Gesamtlänge des Wärmeübertragers erreicht 45 m, die Tiefe 3 m.

Weitere Besonderheiten dieser Anlage sind:

- Kombination des Erdreichwärmeübertragers mit einem Thermo-Wechsel-Speicher
- Anordnung des Erdreichwärmeübertragers unter dem Putenstall

- Teilung des Erdreichwärmeübertragers in zwei Einheiten, um während des Sommers die Zuluftmenge bei gleichbleibendem Strömungswiderstand verdoppeln zu können.

Die Lüftungsanlage wurde so ausgelegt, daß im Winter die notwendige Mindestluftmenge, im Sommer jedoch nur 50% des für diesen Zeitraum erforderlichen Zuluftvolumenstroms gefördert werden.

Die Zuluftventilatoren für die Winter- und Sommerluftanlage sowie des Thermospeichers werden temperaturabhängig über Temperaturregler und Zeitschaltuhren gesteuert. Während des Betriebs im Winter und teilweise in der Übergangsperiode wurde durch den Zentrallüfter der Winterluftanlage Zuluft angesaugt, die über den rechten Sammelkanal in den Erdwärmeübertrager eintrat, diesen durchströmte und von der Lüfterzentrale über eine zentrale Zuluftleitung im Stall verteilt wurde. Bei Bedarf war eine weitere Aufheizung durch Einsatz eines Thermospeichers möglich. Im übrigen Zeitraum wurde die Zuluft durch zwei in der Stallmitte installierte Ventilatoren gefördert.

Dabei gelangte sie über die beiden äußeren Sammelkanäle in den Wärmeübertrager, wurde am Ende des mittleren Kanals zusammengeführt und ebenfalls über eine Zentralluftleitung in den Stall eingeblasen. Die Stalllüftungsanlage des zum Vergleich herangezogenen Kontrollstalls bestand ebenfalls aus einer zentralen Zuluftanlage mit Thermospeicher (Winterbetrieb) sowie aus einer dezentralen Abluftanlage. Zur letzteren gehörten sicher im Stallfirst installierte Ventilatoren, die gruppenweise in der Übergangs- und Sommerperiode in Betrieb genommen wurden und maximal auf 120% der standardisierten Sommerluftmenge ausgelegt waren. Die beiden untersuchten fensterlosen Ställe mit den Abmessungen 51 m × 12 m × 4 m dienen der Aufmast von Puten. Mit einem Alter von 6 bis 8 Wochen und einer mittleren Lebendmasse von 1,8 kg/Tier erfolgt die Einstellung unter Beachtung des „Alles rein – alles raus“-Prinzips, und nach 10 bis 12 Wochen Mastdauer wird die Ausstattung mit rd. 6 bis 6,5 kg Lebendmasse je Tier vorgenommen. Bei Bodenhaltung auf Einstreu betrug die Belegungsdichte 2400 Puten je Stall. Die Tiere wurden über Ventiltränken und Rohrflutungsanlagen versorgt.

4. Ergebnisse

4.1. Sommer

4.1.1. Zulufttemperaturbeeinflussung

Eine deutliche Wirkung des Erdreichwärmeübertragers war erst bei Überschreitung der Tagesmittelwerte der Außenlufttemperatur von 15°C zu erkennen.

In dem in Tafel 1 erfaßten Prüfzeitraum erreichte bei Tagesmittelwerten der Außenlufttemperatur von 14,8 bis 26,6°C die Zulufttemperatur Werte von 11,6 bis 16,8°C. Die Absenkung der Temperatur der Zuluft gegenüber der Außenluft variierte von 2,3 K bis 9,8 K. Der Tagesgang der Außenlufttemperatur war dadurch charakterisiert, daß sie die relativ gleichmäßig verlaufende Zulufttemperatur immer überschritt. Als Maximum der täglichen Temperaturschwankung der Außenluft wurden 17 K gemessen. Demgegenüber hatte die Zulufttemperatur eine hohe Konstanz. Die Tagesschwankungen erreichten Werte von 1 bis 5 K.

Im Bild 3 ist der zeitliche Verlauf der Außen- und Zulufttemperatur dargestellt. Auch hier ist die geringere Schwankung der Zulufttemperatur erkennbar. Sank die Temperatur der Außenluft auf niedrigere Werte, so verringerte sich die Differenz zwischen beiden Temperaturkurven deutlich, da zwar die Zulufttemperatur der Schwankung der Außenlufttemperatur folgte, jedoch durch das Erdreich stark gedämpft wurde.

4.1.2. Kühlleistung

des Erdreichwärmeübertragers

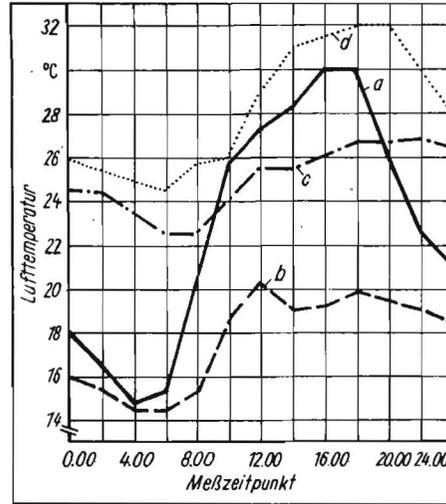
Die Berechnung der Kühlleistung des Erdreichwärmeübertragers basierte auf der Ermittlung der Enthalpiedifferenz beider Luftströme (Außenluft- und Zuluftvolumenstrom). Unter Beachtung eines Luftvolumenstroms von 15000 m³/h ergab sich in den interessierenden Zeiträumen eine Kühlleistung im Tagesmittel von 20 bis 85 kW (Bild 4).

4.1.3. Stalllufttemperatur

Die Beeinflussung der Stalllufttemperatur soll am Beispiel eines heißen Sommertages dargestellt werden. An diesem Tag mit einer maximalen Außenlufttemperatur von 30°C sank die Zulufttemperatur bis 20,2°C an. Die maximale Zulufttemperaturabsenkung erreichte 11 K. Der Tagesgang der Außenlufttemperatur beeinflusste zwar auch die Stalllufttemperatur im Versuchs- und Kontrollstall, erstere unterschied sich jedoch in der

Bild 5

Verlauf der Außenluft-, Zuluft- und Stalllufttemperatur an einem Sommertag; a Außenlufttemperatur, b Zulufttemperatur, c Stalllufttemperatur im Versuchsstall, d Stalllufttemperatur im Kontrollstall



Tafel 1. Tagesmittelwerte der Außenluft- und Zulufttemperatur sowie deren Schwankung im Tagesverlauf im Sommer

Meßzeitpunkt	Außenlufttemperatur		Zulufttemperatur		Temperaturdifferenz K
	\bar{x} °C	Schwankung K	\bar{x} °C	Schwankung K	
30. Juni	26,6	10	16,8	4	9,8
1. Juli	22,2	6	14,4	1	7,8
2. Juli	16,0	6	12,5	1	3,5
3. Juli	16,6	6	12,5	3	4,1
4. Juli	16,3	9	12,6	3	3,7
5. Juli	17,5	12	11,6	5	5,9
6. Juli	16,8	16	12,8	5	4,0
7. Juli	21,2	17	16,3	3	4,9
8. Juli	18,3	5	14,5	2	3,8
9. Juli	14,8	7	12,5	4	2,3

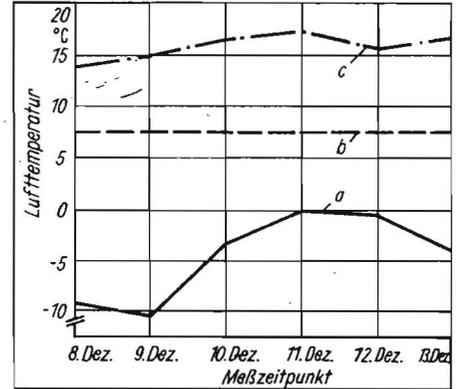


Bild 6. Außenluft-, Zuluft- und Stalllufttemperaturverlauf im Winter; a Außenlufttemperatur, b Zulufttemperatur, c Stalllufttemperatur im Versuchsstall

Höhe des Temperaturniveaus von der des Kontrollstalls (Bild 5).

Zum Zeitpunkt des Außenlufttemperaturpiks überschritt die Lufttemperatur im Kontrollstall diesen noch bis um 2 K. Demgegenüber lag die Lufttemperatur im Versuchsstall in der Zeit der höchsten Belastung durch die Außenlufttemperatur bis 5,5 K unter dem Temperaturniveau des Kontrollstalls.

4.2. Winter

4.2.1. Zulufttemperaturbeeinflussung

Im Bild 6 sind die Tagesmittelwerte der Außenluft- und Stalllufttemperatur sowie der Temperatur des Zuluftstroms im Winter aufgezeichnet.

Bei einem minimalen Tagesmittel von -10,5°C (Tagesschwankung -9 bis -12°C) am 9. Dezember und einer mittleren Zulufttemperatur von 7,4°C wurde mit 17,9 K die größte Temperaturerhöhung der Zuluft nach Durchströmen des Erdreichwärmeübertragers erzielt. Der Thermospeicher war während dieser Zeit nicht in Betrieb, da die Stalllufttemperatur die Einschalttemperatur von 13°C nicht unterschritt.

Die Erdreichtemperatur, gemessen in einer Tiefe von 2 m und in einer Entfernung von 20 m, lag am 8. Dezember bei 8,2°C und sank bis zum 15. Dezember auf 7,5°C ab.

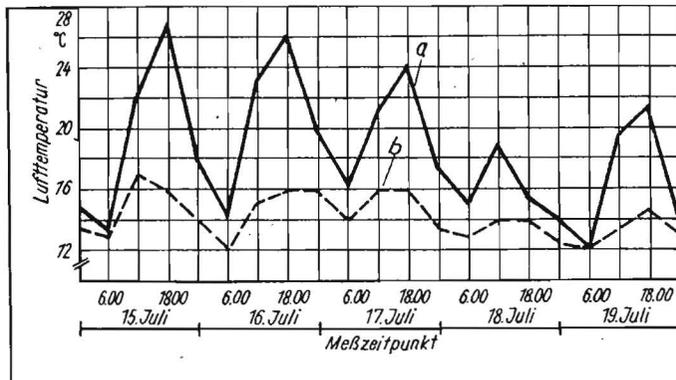
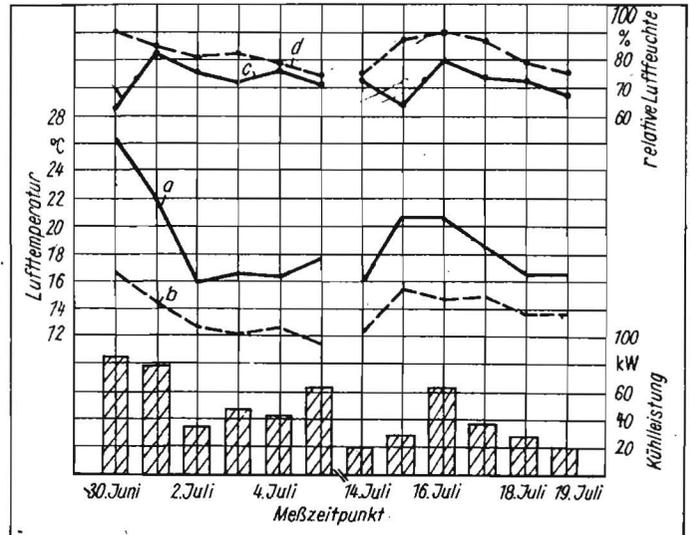


Bild 3. Außenluft- und Zulufttemperaturverlauf im Sommer; a Außenlufttemperatur, b Zulufttemperatur

Bild 4. Mittlere Kühlleistung des Erdreichwärmeübertragers; a Außenlufttemperatur, b Zulufttemperatur, c relative Außenluftfeuchte, d relative Zuluftfeuchte



4.2.2. Heizleistung

des Erdreichwärmeübertragers

Auf Basis einer mittleren Zulufrate von 5000 m³/h wurde eine Heizleistung berechnet, die im Tagesmittel von 26,2 kW bis 44,4 kW schwankte. Der Maximalwert erreichte 46,6 kW.

4.2.3. Stalllufttemperatur

Die registrierten Temperaturwerte der Außenluft sowie der Stallluft im Versuchs- und Kontrollstall sind als Wochenmittelwerte in Tafel 2 zusammengestellt. Während im Kontrollstall durchgängig der Thermo-Wechsel-speicher in Betrieb war, kam dieser im Versuchsstall nur wenige Stunden zum Einsatz. Hier erfolgte die Zulufrührung ausschließlich über den Erdreichwärmeübertrager. Anhand der Wochenmittelwerte der Stalllufttemperatur ist erkennbar, daß diese im Versuchsstall immer auf einem höheren Niveau lagen. Die Differenzen schwankten zwischen 0,5 K und 3,0 K. Die Einhaltung des Optimalbereichs der Stalllufttemperatur [10] als Tagesmittel wurde im Versuchsstall häufiger registriert als im Kontrollstall. Von den 42 Tagesmittelwerten wurden vier (9,5%) im unteren zulässigen Temperaturbereich ermittelt. Im Optimalbereich verblieben 37 Tagesmittelwerte (88,1%), ein Wert (2,4%) überschritt diesen sogar. Im Kontrollstall verliefen 23 Tagesmittelwerte (54,8%) im Optimalbereich, 19 Werte (45,2%) erreichten nur den unteren zulässigen Bereich der Stalllufttemperatur.

5. Schlußfolgerungen

Die Anwendung eines Erdreichwärmeübertragers stellt eine wirksame Variante einer Alternativenenergienutzung dar, um ohne Zuführung von Fremdenergie durch Ausnutzung des Temperaturbeharrungsvermögens bzw. der Wärmekapazität des Erdreichs im Winter eine Erhöhung, im Sommer eine Absenkung der Zulufttemperatur zu erreichen und somit den Wärmehalt des Zuluftstroms besser den Lastbedingungen des Stalls angleichen zu können.

Die relativ hohe Heizleistung des Erdreichwärmeübertragers ist u. a. auch auf die spezielle Anordnung des Wärmeübertragers unter dem Putenstall zurückzuführen, da hierdurch ein großer Teil der in der Einstreu entstehenden und ansonsten ungenutzt über den Fußboden in das Erdreich abgeleiteten Wärmemenge vom Zuluftstrom im Erdreichwärmeübertrager erfaßt und in den Stall transportiert wird. Aus energieökonomischer Sicht dürfte diese Anordnung die Vorzugsvariante darstellen, wobei allerdings die erhöhten Bauaufwendungen exakt abzuwägen sind.

Tafel 2. Wochenmittelwerte der Außenluft- und Stalllufttemperatur im Versuchs- und Kontrollstall im Winter

Meßzeit- raum	Außenlufttemperatur			Stalllufttemperatur					
	\bar{x} °C	\bar{x} max °C	\bar{x} min °C	Versuchsstall			Kontrollstall		
				\bar{x} °C	\bar{x} max °C	\bar{x} min °C	\bar{x} °C	\bar{x} max °C	\bar{x} min °C
1. Woche	-4,2	-2,6	-5,7	15,9	17,6	14,3	13,3	14,4	12,9
2. Woche	5,5	7,3	3,3	18,9	21,0	16,6	15,9	17,2	14,3
3. Woche	1,5	2,7	-0,4	16,0	18,8	14,4	15,0	15,3	14,6
4. Woche	4,9	6,9	2,9	16,5	17,9	14,9	14,9	15,4	14,4
5. Woche	0,9	3,4	-1,6	15,8	16,9	13,9	15,3	15,7	15,0
6. Woche	-1,5	0,9	-3,6	15,7	17,4	13,9	14,8	15,3	14,0

Beachtlich ist die erreichte Kühlleistung an den einzelnen Sommertagen, die mit maximal 84,5 kW ausgewiesen wurde. Dies führte zu einer Temperaturabsenkung der Stallluft im Versuchsstall bis zu 5,5 K gegenüber dem Kontrollstall.

Dieses Ergebnis hat eine große Bedeutung für die Vermeidung von Havarie-situationen in Geflügelställen während der heißen Jahreszeit.

So entstehen an Tagen mit einer Außenlufttemperatur über 30°C in den dicht belegten Geflügelställen bedrohliche Stallklimabedingungen, die durch eine hohe Stallraumtemperatur gekennzeichnet sind. Dabei können besonders in der Endphase der Mast gehäuft Tiervverluste durch Herz-Kreislauf-Versagen infolge Hyperthermie auftreten. Die nachgewiesene Temperaturniedrigung der Stallluft verringert die thermische Belastung der Tiere, wodurch deren Regelmechanismen zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur weniger stark gefordert werden, so daß die normalerweise hierfür aufzuwendende Energie für die Nutzleistung zur Verfügung steht und somit der bekannte hitzebedingte Leistungsabfall der Tiere abgeschwächt wird.

Neben der Heizleistung und Kühlleistung des Erdreichwärmeübertragers hat auch die relativ hohe Konstanz der Temperatur, der Feuchte und des Wärmehalts des Zuluftstroms eine nicht zu unterschätzende Bedeutung für die Gestaltung eines angeglicheneren Stallklimas, indem vorrangig große Temperaturschwankungen wirkungsvoll vermieden werden.

Aufgrund der ermittelten Temperaturwerte beim Einsatz eines Erdreichwärmeübertragers können derartige Anlagen zur Zuluftaufbereitung in Ställen für Geflügelaufzucht und -mast (ab der 6. Lebenswoche), für ferkelfüh-

rende Sauen, für Absatzferkel, für Mast-schweine und für Kolostral- sowie Tränkkälber angewendet werden.

Literatur

- [1] Rosvel, L.: Erdreichtemperaturen bei Wär- entzug mittels Wärmepumpe. Heizung, Lüftung, Haustechnik, Düsseldorf 26(1975)11, S. 393-396.
- [2] Seufert, H.; Stingl, W.: Die Erde als Klimateilnahme. DLG-Mitteilungen, Frankfurt a. M. 98(1983)11, S. 649-650.
- [3] Schirz, S.: Erdwärmetauscher regelt das Stallklima. Schweinezucht und Schweinemast, Hannover 31(1983)3, S. 51-53.
- [4] Stingl, W.: Erdspeicher zur Klimatisierung von Schweineställen. KTBL-Schrift, Darmstadt (1985)302.
- [5] Barbari, H.; Chiappini, K.: Underground air cooling (Unterirdische Luftkühlung). 10. Internationaler CIGR-Kongreß, Sammelband der Vorträge, Budapest (1984) S. 388-396.
- [6] Paar, G.; Reinz, R.; Blankenburg, J.; Werner, H.: Einsatzprüfung einer Erdwärmetauscheranlage zur Stallklimagestaltung in einem Kälberstall. Tierzucht, Berlin 40(1986)12, S. 563-565.
- [7] Muehling, A. J.; Goetsch, W. D.: Tempering ventilation air with earth-tube heat exchangers in swine production (Temperierte Zuluft mit Erd-Röhren-Wärmetauscher in der Schweineproduktion). 10. Internationaler CIGR-Kongreß, Sammelband der Vorträge, Budapest (1984) S. 397-404.
- [8] Brückner, K.: Bautechnische Möglichkeiten der Erdwärmennutzung zur Stallklimatisierung. Ingenieurhochschule Wismar, Diplomarbeit 1986.
- [9] Mannebeck, H.; Tiedemann, H.: Erdwärmetauscher heizen und kühlen die Stallluft. Schweinezucht und Schweinemast, Hannover 34(1986)10, S. 312-316.
- [10] TGL- 29 084 Stallklimagestaltung. Ausg. Juli 1986. A 5612

Hinweis für unsere Leser im Ausland

Wir bitten alle Bezieher unserer Zeitschrift außerhalb der DDR, die Erneuerung des Abonnements für das Jahr 1990 vorzunehmen. Die Zeitungsvertriebsstellen Ihres Landes finden Sie auf Seite 48.

Redaktion agrartechnik