

# Untersuchungen zur notwendigen Heizleistung des „Wärmestrahlgeräts für Tiere“

Dr. rer. nat. B. Bresk/OVR Dr. sc. med. vet. J. Stolpe/Dipl.-Ing. U. Rehmann  
 Institut für angewandte Tierhygiene Eberswalde-Finow

## Verwendete Formelzeichen

$A_g$	m <sup>2</sup>	Platzbedarf einer Ferkelgruppe
	10 Tiere	liegend
L	Wochen	Lebensalter
LM	kg	Lebendmasse
$Q_H$	W	Heizleistung
$Q_{Hn}$	W	notwendige Heizleistung
r	dm, mm	Radius; Entfernung zum Strahlungszentrum
$T_G$	K	absolute Globetemperatur
$t_G$	°C	Globetemperatur
$t_L$	°C	Lufttemperatur
$T_R$	K	absolute Strahlungstemperatur
$\bar{t}_R$	°C	durchschnittliche Strahlungstemperatur
$t_{Rn}$	°C	notwendige Strahlungstemperatur
$t_U$	°C	Umweltemperatur
v	m/s	Luftgeschwindigkeit

## 1. Einleitung

Rationeller Energieeinsatz in der Ferkelaufzucht erfordert eine gesteuerte Energiezuführung in den Liegebereich der Tiere. Der Heizenergieaufwand muß dabei tierphysiologischen Erfordernissen entsprechen, die vom Alter bzw. von der Lebendmasse der Tiere und von stallklimatischen Bedingungen, wie z. B. der Luftgeschwindigkeit, den wärmetechnischen Eigenschaften der Liegefläche und der Lufttemperatur, abhängig sind. Über die Ableitung des notwendigen Heizenergieaufwands bei einer bestimmten technischen Lösung der Mikroklimagegestaltung wird im folgenden berichtet.

## 2. Material und Methode

### 2.1. Infrarotstrahler

Untersucht wurde der als „Wärmestrahler für Tiere“ vom VEB Narva Artas Arnstadt hergestellte Infrarotstrahler (IR-Strahler). Er ist bis zu einer Leistung von 250 W zugelassen. Als Strahlungsquelle wurde der vom VEB Narva produzierte Hochtemperaturstrahler „Biotherm 6000“ eingesetzt. Die untersuchte Heizleistung des Strahlers betrug 250 W, 194 W und 124 W. Sie wurde durch Veränderung der Spannung bei gleichzeitiger

Messung der Stromstärke eingestellt. Der Mindestabstand zu der Liegefläche beträgt aus brandschutztechnischen Gründen 500 mm.

### 2.2. Temperaturmessungen

Die Lufttemperatur  $t_L$  unter dem IR-Strahler wurde mit einem handelsüblichen elektrischen Aspirationspsychrometer nach ABmann gemessen, dessen Quecksilberthermometer vor einem Strahlungseinfluß geschützt sind. Die Schwarzkugel- bzw. Globetemperatur  $t_G$  wurde mit einem Gerät der tschechoslowakischen Firma Transporta ermittelt. Das Thermometer besteht aus einer hohlen Kupferkugel mit einem Durchmesser von 95 mm, die mit einem rd. 4 mm dicken schwarzen Polyurethanschäumstoff umgeben ist. In die Kupferkugel ragt ein Quecksilberthermometer, dessen kleinste Skalenteilung 0,2 K beträgt. Der Schaumstoff hat nach Angabe des Herstellers [1] den gleichen Emissionskoeffizienten wie die menschliche Haut, der nach [2] mit rd. 0,98 angenommen werden kann. Die Strahlungstemperatur  $t_R$  wird aus Globe- und Lufttemperatur sowie aus der am Meßort herrschenden Luftgeschwindigkeit v wie folgt berechnet [1]:

$$\left[ \frac{T_R}{100} \right]^4 = \left[ \frac{T_G}{100} \right]^4 + 2,77 \sqrt{v} (t_G - t_L) \quad (1)$$

Alle Messungen wurden in einem teilklimatisierten Stallraum vorgenommen. Der senkrechte Abstand zwischen der Unterkante des Lampenschirms und der Durchmesserene der Globethermometer betrug während der Messungen 420 mm. Da der Mindestabstand zu brennbaren Gegenständen 500 mm betragen muß, dürfte die gewählte Entfernung mit der zu erwartenden Ereignisebene der Wärmestrahlerabsorption durch ein liegendes Ferkel annähernd übereinstimmen. Die Messungen erfolgten in der Mitte des Strahlungszentrums, senkrecht unter dem Strahler, und im rechtwinkligen Ko-

ordinatensystem in Entfernungen von 100, 200, 400, 600 und 800 mm vom Mittelpunkt. Damit lagen auf einer Kreisfläche von rd. 2 m<sup>2</sup> 21 Meßstellen der Globetemperatur. Die Globethermometer wurden in einer Entfernung von 1800 mm von seitlichen Begrenzungsflächen und 1800 mm über dem Boden unter dem IR-Strahler postiert, damit eine von Rückstrahlung nahezu unbeeinflusste Messung erfolgen konnte. Bei Messungen direkt über dem Boden käme es zu einer Sekundärstrahlung des Bodens, die aus seiner Erwärmung resultiert, wodurch sich eine Überbewertung des IR-Strahlers ergäbe. Die Lufttemperatur wurde im Strahlungszentrum und außerhalb des Strahlungsbereichs in rd. 2 m Entfernung vom IR-Strahler gemessen.

## 3. Randbedingungen

Eine Regelung der Luftfeuchte erfolgte nicht. Sie lag bei den eingestellten Lufttemperaturen von rd. 15, 19, 23 und 27°C bei rd. 70, 50, 40 und 35%. Die Luftgeschwindigkeit betrug an allen Meßpunkten im Durchschnitt  $0,1 \pm 0,05$  m/s. Nach Veränderung der Heizleistung bzw. Lufttemperatur wurden die Globetemperaturen nach einer Einstellzeit von 90 min abgelesen.

Der Abstand zwischen 2 Globethermometern betrug mindestens 200 mm.

## 4. Ergebnisse der Temperaturmessungen und statistische Bearbeitung

Zwischen der Lufttemperatur unter dem IR-Strahler und der außerhalb des Strahlungsbereichs bestanden nur geringe Unterschiede von < 0,2 K.

Die Strahlungstemperaturen wurden für die jeweiligen Entfernungen vom Strahlungsmittelpunkt aus 4 Einzelbestimmungen arithmetisch gemittelt. Die größte Standardabweichung war bei der Entfernung von 100 mm, einer Lufttemperatur von 15°C und einer Heizleistung von 250 W mit  $\pm 1,3$  K zu verzeichnen. Im Durchschnitt aller Bestimmun-

Bild 1. Abhängigkeit der Strahlungstemperatur unter dem IR-Strahler von der Entfernung vom Strahlungszentrum, von der elektrischen Heizleistung des IR-Strahlers und von der Lufttemperatur

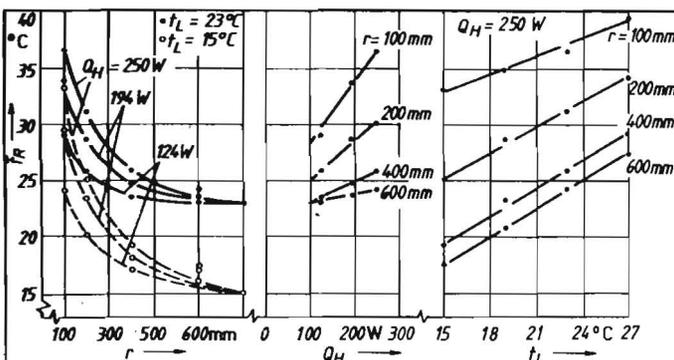
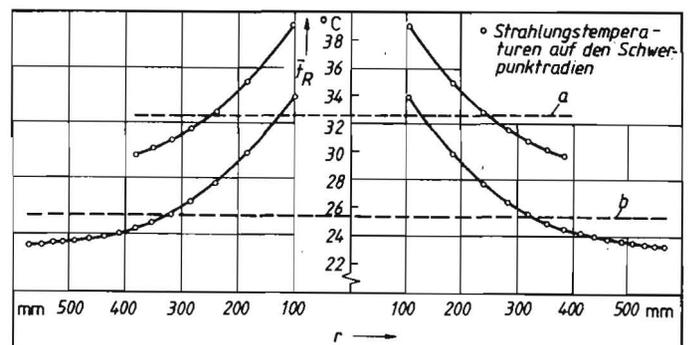


Bild 2. Abhängigkeit der Strahlungstemperatur unter dem IR-Strahler von der Entfernung vom Strahlungszentrum bei einer elektrischen Heizleistung von 250 W und verschiedenen Lufttemperaturen (Rechenwerte wurden nach Gl. (2) ermittelt):

- a)  $\bar{t}_R$  bei  $t_L = 27,0^\circ\text{C}$  und  $LM = 2,5$  kg
- b)  $\bar{t}_R$  bei  $t_L = 20,4^\circ\text{C}$  und  $LM = 8,0$  kg



Tafel 1. Luft- und Umwelttemperaturen bei der Aufzucht von Ferkeln mit und ohne IR-Strahler

L Wochen	$t_l$ optimal <sup>1)</sup>	zulässig <sup>1)</sup>	$t_l$	$t_u$	$t_l$	$t_u$	$t_l$	$t_u$
	°C		( $Q_H = 100$ W)	( $Q_H = 175$ W)	( $Q_H = 175$ W)	( $Q_H = 250$ W)	( $Q_H = 250$ W)	°C
1.	30	28	27	28	26	28	25	28
2.	28	26	25	26	24	26	23	26
3.	26	24	23	24	22	24	21	24
4.	24	22	21	22	20	22	19	22
5.	23	20	19	20	19	21	18	21

1) nach Standard TGL 29 084

gen lagen die Standardabweichungen bei den Entfernungen von 100, 200, 400, 600 und 800 mm bei rd.  $\pm 0,8$ ,  $\pm 0,5$ ,  $\pm 0,3$ ,  $\pm 0,3$  und  $\pm 0$  K. Die Strahlungstemperaturen im Mittelpunkt lagen durchschnittlich 0,3 K niedriger als die in einer Entfernung von 100 mm. Diese Ergebnisse verdeutlichen eine unsymmetrische Strahlungsenergieverteilung um das Strahlungszentrum mit geringen Differenzen, die eine Mittelwertbildung gerechtfertigt erscheinen lassen.

Die Mittelwerte der Strahlungstemperaturen zeigen Abhängigkeiten von der Entfernung vom Strahlungszentrum  $r$ , von der Lufttemperatur  $t_l$  und von der Heizleistung  $Q_H$  des IR-Strahlers (Bild 1). Zu erkennen ist eine nichtlineare Abhängigkeit der Strahlungstemperatur von der Entfernung zum Mittelpunkt des Strahlungszentrums. Dagegen scheint die Strahlungstemperatur eine lineare Abhängigkeit von der Heizleistung und von der Lufttemperatur aufzuweisen. Im multiplen Regressionsansatz wurden deshalb für die Entfernung vom Strahlungszentrum ein lineares, ein quadratisches und ein kubisches Glied gewählt. Die innere Bestimmtheit dieser Glieder erforderte die indirekte Verwendung der Entfernung  $r$  in Form von  $(r-\bar{r})$ . Der Ausdruck  $\bar{r}$  ist der Mittelwert aus den bemessenen Entfernungen in dm. Aus der Regressionsrechnung ergab sich folgende Funktion:

$$t_R = 0,794 + 0,786 t_l + 0,029 Q_H - 0,984(r - 4,2) + 0,418(r - 4,2)^2 - 0,085(r - 4,2)^3 \quad (2)$$

B = 0,96

Gültigkeitsbereich:

$$27^\circ\text{C} \geq t_l \geq 15^\circ\text{C}; 124 \text{ W} \leq Q_H \leq 250 \text{ W};$$

$$t_R \geq t_l.$$

Das hohe Bestimmtheitsmaß weist aus, daß mit dem gewählten Ansatz eine Gleichung ermittelt wurde, die die tatsächlichen Zusammenhänge mit hoher Genauigkeit beschreibt. Ein Vergleich der ermittelten und nach Gl. (2) errechneten Strahlungstemperaturen ergab eine Übereinstimmung der Mittelwerte, wobei die Abweichung des errechneten Mittelwerts im Durchschnitt  $\pm 1,3$  K betrug.

### 5. Ableitung platzbedarfbezogener durchschnittlicher Strahlungstemperaturen

Bei einer ungleichmäßigen Strahlungsenergieverteilung muß über der von den Ferkeln benötigten Liegefläche ein Mittelwert der Strahlungstemperatur gebildet werden. Bei radialer Ausdehnung des Strahlungsfelds und des Liegebereichs ist die Mittelwertbildung mit Strahlungstemperaturen vorzunehmen, die auf den Schwerpunktradien flä-

chengleicher Kreisringe auftreten würden. Um die Schwerpunktradien festzulegen, ist der Platzbedarf von Ferkeln beim Liegen in Abhängigkeit vom Alter abzuschätzen. Unter Berücksichtigung der Kontaktfläche zum Boden beim Liegen [3] und der Projektionsfläche des Umrisses eines liegenden Ferkels [4] kann mit Gl. (3) der Platzbedarf einer Ferkelgruppe von 10 Tieren angegeben werden:

$$A_B = 0,33 + 0,14 L. \quad (3)$$

Am Ende der 5. Lebenswoche liegt der Platzbedarf mit 1,03 m<sup>2</sup> um das 2,2fache höher als am Ende der ersten Woche. Daraus ergibt sich zwangsläufig bei gleicher Heizleistung des IR-Strahlers und gleicher Lufttemperatur eine unterschiedliche Strahlungstemperatur, da über unterschiedliche Flächen gemittelt werden muß. Als kleinste Flächeneinheit, für deren Schwerpunktradius eine Strahlungstemperatur nach Gl. (2) anzugeben ist, wurden 0,071 m<sup>2</sup> festgelegt. Für die 1. bis 5. Lebenswoche ergeben sich somit 7, 9, 11, 13 und 15 Schwerpunktradien. Die Strahlungstemperaturen auf diesen Schwerpunktradien sind für die Mittelwertbildung zu verwenden.

Die Anwendung der Gl. (2) erlaubt nach dem beschriebenen Verfahren bei Variation der Einflußgrößen die Berechnung durchschnittlicher Strahlungstemperaturen für verschiedene Altersstufen bzw. Lebendmassen der Ferkel. Eine Berechnungsgleichung für die sich einstellende durchschnittliche Strahlungstemperatur muß danach um die Variablen Lebensalter der Ferkel bzw. Lebendmasse erweitert werden. Eine entsprechende Verrechnung ergaben die folgenden Gl.:

$$\bar{t}_R = 5,538 + 0,786 t_l + 0,0271 Q_H - 0,973 L + 0,081 L^2 \quad (4)$$

$$\bar{t}_R = 6,443 + 0,786 t_l + 0,0271 Q_H - 0,837 LM + 0,047 LM^2. \quad (5)$$

### 6. Ableitung von Berechnungsgleichungen für die notwendige Heizleistung

Die für die Aufzucht von Ferkeln notwendige Strahlungstemperatur  $t_{Rn}$  läßt sich nach Gl. (6) errechnen [5]:

$$t_{Rn} = 64,9 - 0,845 t_l - 1,894 LM - 0,082 LM t_l - 0,005 LM^2 t_l. \quad (6)$$

Setzt man  $\bar{t}_R = t_{Rn}$ , dann kann bei Verwendung der Gl. (5) und (6) nach  $Q_H$  aufgelöst werden. Die bei Einsatz des „Wärmestrahlergeräts für Tiere“ notwendige Heizleistung  $Q_{Hn}$  für die Aufzucht von Ferkeln ergibt sich dann nach Gl. (7):

$$Q_{Hn} = 2157 - 60,2 t_l - 39,0 LM - 3,0 LM t_l + 0,18 LM^2 t_l - 1,74 LM^2. \quad (7)$$

## 7. Diskussion

Das untersuchte „Wärmestrahlergerät für Tiere“ weist eine Wärmeausstrahlung auf, die zu einer ungleichmäßigen Verteilung der Strahlungstemperatur auf der Ausdehnungsfläche eines Ferkelwurfs führt. Bedingt durch die technische Lösung werden die Ferkel eines Wurfs im Strahlungszentrum mit Wärme übersorgt, während sich im Randbereich eine relative Unterversorgung ergibt. Für 5 Wochen alte Ferkel beträgt die Differenz zwischen minimaler und maximaler Strahlungstemperatur auf dem äußeren bzw. inneren Schwerpunktradius rd. 10 K, für eine Woche alte Ferkel rd. 9 K (Bild 2).

Setzt man in Gl. (7) die Nennheizleistung von 250 W ein und löst nach  $t_l$  auf, erhält man die Stalllufttemperatur, bei der durchschnittlich optimale thermische Bedingungen für den Ferkelwurf gegeben sind. Für die 1. bis 5. Lebenswoche ergeben sich Lufttemperaturen von 27, 25,3, 23,6, 21,9 und 20,4°C. Die entsprechenden durchschnittlichen Strahlungstemperaturen betragen nach Gl. (4) 32,6, 30,6, 28,7, 26,9 und 25,5°C. Die Mittelwerte aus Lufttemperatur und durchschnittlicher Strahlungstemperatur stimmen mit rd. 30, 28, 26, 24 und 23°C mit der unteren Grenze des optimalen Temperaturbereichs nach Standard TGL 29 084 überein. Die hohe notwendige Leistung des „Wärmestrahlergeräts für Tiere“ bei relativ hohen Lufttemperaturen ergibt sich aus der flächengewichteten Mittelung der Strahlungstemperaturen. Die bei einer Heizleistung von 250 W und den angegebenen Lufttemperaturen erreichbaren Strahlungstemperaturen auf den Schwerpunktradien sind im Bild 2 dargestellt.

Überschreiten die Stalllufttemperaturen für die 1. bzw. 5. Lebenswoche 27 bzw. 20°C, kann die Leistung des IR-Strahlers gesenkt werden. Die Lufttemperaturerhöhung um 2 K läßt die notwendige Heizleistung auf rd. 100 W absinken. Im Sinn eines sparsamen Energieeinsatzes sollte der IR-Strahler erst nach dem Erreichen der unteren Grenze des zulässigen Temperaturbereichs nach Standard TGL 29 084 [6] eingeschaltet werden. Es empfiehlt sich, 100 W als Einschaltleistung anzusetzen und in Schritten von 75 W die Leistung bei einer Lufttemperaturabsenkung um 1 K zu erhöhen, bis die Nennleistung erreicht ist. Bei einem derartigen Steuerprogramm ergeben sich die in Tafel 1 ausgewiesenen Umwelttemperaturen  $t_u$ , die zwischen den unteren Grenztemperaturen des optimalen und zulässigen Temperaturbereichs liegen. Die relativ große Veränderung der notwendigen Heizleistung um rd. 75 W bei 1 K Lufttemperaturveränderung dürfte aus der punktförmigen Energieabstrahlung des „Wärmestrahlergeräts für Tiere“ und dem geringen Wirkungsgrad der Energieumwandlung in Wärmestrahlung resultieren. Für die Aufzucht von Ferkelwürfen scheint das Gerät in bezug auf seine Konstruktion verbesserungswürdig. Anzustreben wäre eine gleichmäßigere Wärmeverteilung sowie eine vollständige Umwandlung der aufgewendeten elektrischen Energie in Wärmestrahlung, wie sie z. T. durch relativ einfache technische Veränderungen möglich ist [7]. Auch die Kombination des „Wärmestrahlergeräts für Tiere“ mit Umfassungskonstruktionen des Ferkelliegebereichs aus Material mit großem Reflexionsvermögen dürfte zu einer höheren Energieausnutzung führen [8].

## 8. Zusammenfassung

Unter dem „Wärmestrahlergerät für Tiere“ wurde durch Messungen die Globetemperaturverteilung ermittelt. Die untersuchte Heizleistung des IR-Strahlers betrug 250, 194 und 124 W bei Lufttemperaturen von 23 und 15°C. Für Lufttemperaturen von 19 und 27°C erfolgte die Bestimmung der Globetemperaturverteilung bei 250 W. Die Entfernung der Durchmesserebene der Globethermometer vom Rand des Lampenschirms betrug 420 mm. Die Festlegung der Meßebeine 1800 mm über dem Boden führte zu einer annähernd rückstrahlungsfreien Messung der Globetemperatur. Aus der Globe- und Lufttemperatur sowie der Luftgeschwindigkeit wurden die Strahlungstemperaturen der Umwelt am Meßort errechnet. Die auf der Meßebeine im rechtwinkligen Koordinatensystem in Entfernungen von 100, 200, 400, 600 und 800 mm ermittelten Strahlungstempera-

turen bildeten die Grundlage der mit statistischen Methoden vorgenommenen Ableitung einer Gleichung, die die Abhängigkeit der Strahlungstemperatur von der Entfernung vom Strahlungszentrum, von der Lufttemperatur und von der Heizleistung des IR-Strahlers beschreibt. Diese Gleichung bildete in Verbindung mit der Abschätzung des Platzbedarfs liegender Ferkel die Grundlage für weitere Ableitungen und die Aufstellung einer Gleichung für die notwendige elektrische Heizleistung des IR-Strahlers in Abhängigkeit von der Lufttemperatur und dem Alter der Ferkel.

## Literatur

- [1] Transporta-Kugelthermometer: Bedienungsanleitung der Fa. Transporta, Prag 1968.
- [2] Büttner, K.: Physikalische Bioklimatologie. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1938.

- [3] Sach, W.: Die Größe der Körperauflagefläche von Ferkeln in Abhängigkeit von Lage, Gewicht und Konstitution. Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation A 1975.
- [4] Grammers, F. J.; Christison, G. J.; Cortis, S. E.: Estimating animal floor contact areas. J. Anim. Sci., Albany 30 (1970) 4, S. 552–555.
- [5] Bresk, B.; Stolpe, J.: Notwendige Strahlungstemperaturen der Umwelt bei der Aufzucht von Saugferkeln mit Infrarotstrahlern. agrartechnik, Berlin 39 (1989) 1, S. 6–8.
- [6] TGL 29 084 Stallklimagestaltung; Rinder, Schafe, Schweine und Geflügel. Aug. Juli 1986.
- [7] Nau, H.-R.; Kotrbaček, V.; Česnek, J.: Messung der Abkühlungsgröße in einem Abferkelstall. Monatshefte für Veterinärmedizin, Jena 41 (1986) 10, S. 338–341.
- [8] Barth, D.; Goldmann, S.; Siegl, O.: Möglichkeiten zur Senkung des Elektroenergieaufwands für die Ferkelliegeplatzheizung in Abferkelställen. agrartechnik, Berlin 37 (1987) 9, S. 419–420. A 5433

# Ergebnisse der Erprobung einer Warmwasser-Ferkelliegeflächenheizung in einem Abferkelstall mit bodenferner Haltung

Dipl.-Ing. N. Wolf, Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben der AdL der DDR

## 1. Einleitung

Für die Beheizung der Ferkelliegeplätze werden in der DDR fast ausschließlich elektrische Infrarotstrahler und elektrische Fußbodenheizungen eingesetzt. Volkswirtschaftliche Restriktionen zum Elektroenergieeinsatz [1] erfordern eine spürbare Reduzierung des Energieaufwands für diese elektrischen Direktheizungen. Unter den vielfältigen Möglichkeiten zur Senkung des Elektroenergieverbrauchs für die Ferkelliegeplatzheizung [2, 3] stellt die Warmwasser-Fußbodenheizung eine energiewirtschaftlich günstige Lösung und in der DDR gegenwärtig die einzige Alternative zur Ablösung der elektrischen Direktheizung dar. Bevorzugte Einsatzgebiete sind industriemäßig arbeitende Läuferproduktionsanlagen, die allein 20 bis 30 % ihres Gesamtelektroenergieverbrauchs für die Ferkelliegeplatzheizung benötigen [3, 4]. Im Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben wird an der Entwicklung einer Warmwasser-Ferkelliegeflächenheizung für die fußbodenferne Haltung gearbeitet, um zukünftig die elektrische Fußbodenheizung „Sonneberg“ [5] schrittweise abzulösen. Nachfolgend wird über Ergebnisse von Labor- und Praxisuntersuchungen und daraus abgeleitete Schlußfolgerungen berichtet.

## 2. Versuchsanlagenbeschreibung und Meßmethode

Die Warmwasser-Ferkelliegeflächenheizung wurde in einem Abferkelstall der Mastläuferproduktionsanlage nach Angebotsprojekt S111 Rövershagen, Bezirk Rostock, praktisch erprobt. Dazu wurde eine Stalleinheit mit 68 Abferkelplätzen von elektrischer Ferkelliegeflächenheizung „Sonneberg“ auf Warmwasser-Ferkelliegeflächenheizung umgerüstet. Der Stall ist mit bodenfernen Abferkel-

buchten 044 für Fahrtrogfütterung aus dem VEB Landtechnische Industrieanlagen Cottbus ausgerüstet.

Die Versuchsanlage besteht aus den Warmwasser-Fußbodenheizelementen und den Anlagen zur Heizwasserversorgung.

Da in der DDR keine geeigneten Fußbodenheizelemente verfügbar waren, wurde eine entsprechende Rationalisierungslösung geschaffen. Die technische Lösung, die nachfolgend als Ferkelnestheizplatte bezeichnet wird, besteht aus einem verzinkten, zweiteiligen Stahlblechgehäuse in dem ein einreihiger Plattenheizkörper untergebracht ist. Dabei wird die Nutzfläche durch eine Riffelblechplatte gebildet. Zur Wärmedämmung ist unterhalb des Plattenheizkörpers eine Mineralwollelage angeordnet. Der selbsttragende Baustein entspricht in seinen Hauptabmessungen 1273 mm × 633 mm × 45 mm der elektrisch beheizten Ferkelliegefläche [5] und ist in den Spaltenboden der Abferkelbucht eingeordnet (Bild 1).

Die Verteilungs- und Sammelleitungen für das Heizwasser sind oberhalb der Abferkelbuchten in einer Höhe von rd. 2,5 m verlegt. Der Anschluß der 68 Ferkelnestheizplatten erfolgt über Heizkörperregulierventile im Vor- und Rücklauf nach dem Tichelmann-Prinzip (Bild 2). Das Heizwasserversorgungssystem ist so ausgeführt, daß eine wahlweise Versorgung über das vorhandene Heizungssystem der Tierproduktionsanlage oder über eine Kleinwärmepumpe LW 18 möglich ist. Aus dem konventionellen Heizungsnetz wird nicht direkt eingespeist, sondern über einen als Wärmeübertrager fungierenden Warmwasserbereiter. Die Luft/Wasser-Wärmepumpe nutzt die Abluft aus einem Läuferaufzuchtstall als Wärmequelle. Das erzeugte Heizwasser wird in einem Pufferspeicher ge-

sammelt und von dort dem Ferkelnestheizkreislauf zugeführt.

Zur Ermittlung der wärmetechnischen Parameter der Ferkelnestheizplatte wurde ein repräsentativer Baustein unter Laborbedingungen untersucht. Dabei wurde die Warmwassererzeugung und -umwälzung mit Hilfe eines Flüssigkeits-Umwälzthermostats realisiert. Luft-, Wasser- und Oberflächentemperaturen wurden mit Thermoelementen bzw. Widerstandsthermometern gemessen und mit einem Kompensationsbandschreiber erfaßt. Für die Oberflächentemperaturmessung wurden die Thermoelemente in geeigneter Weise auf der Liegefläche der Ferkelnestheizplatte befestigt.

Zur Messung der Oberflächentemperaturverteilung wurden Handpyrometer HPN 100 eingesetzt. Hierzu wurde die Liegefläche der Ferkelnestheizplatte in eine Vielzahl gleichgroßer Meßquadrate eingeteilt. Für die Ermittlung des Heizwasserdurchsatzes wurden Wasser- bzw. Woltmanzähler genutzt. Die Laboruntersuchungen wurden ohne Tierbelegung durchgeführt.

## 3. Untersuchungsergebnisse

### 3.1. Warmwasser-Ferkelnestheizplatte

Die Praxiserprobung hat gezeigt, daß die verwendete Ferkelnestheizplatte den Wärmeansprüchen und den physiologischen Anforderungen von Saugferkeln gerecht wird. Hinsichtlich Tierverlusten und -wachstum konnten keine Unterschiede zu vergleichbaren Nachbarställen mit elektrischer Ferkelliegeflächenheizung festgestellt werden. Die geriffelte Struktur der Liegefläche gewährleistet geringe Spreiz- und Verletzungsgefahr. Auch ein Übergreifen der Wärme vom Ferkel auf den Sauenliegebereich und daraus resultierende Gesundheitsschäden der Muttertiere waren nicht nachweisbar.