

# Energetische Normative zur Aufzucht von Saugferkeln

Dr. rer. nat. B. Bresk, Institut für angewandte Tierhygiene Eberswalde-Finow

## Verwendete Formelzeichen

A	m <sup>2</sup>	Körperfläche
d	m	Schichtdicke bzw. Rumpfdurchmesser (in Anlehnung an [8] $d = 0,0925 + 0,0069 \text{ LM}$ )
K	W/(m <sup>2</sup> · K)	Wärmedurchgangszahl ( $\hat{=} \lambda/d$ )
LM	kg	Lebendmasse
Q <sub>B</sub>	W/m <sup>2</sup> , W/Tier	Wärmeverlust durch Wärmeleitung
Q <sub>H</sub>	W	Heizleistung
Q <sub>K</sub>	W/m <sup>2</sup> , W/Tier	Wärmeverlust durch Luftströmung
Q <sub>R</sub>	W/m <sup>2</sup> , W/Tier	Wärmeverlust durch Wärmestrahlung
Q <sub>S</sub>	W/m <sup>2</sup> , W/Tier	sensibler Wärmeverlust
T	K	absolute Temperatur
t	°C	Temperatur
L	Wochen	Lebensalter der Ferkel
$\alpha$	W/(m <sup>2</sup> · K)	Wärmeübergangszahl
$\lambda$	W/(m · K)	Wärmeleitfähigkeit
$\sigma$		Stefan-Boltzmann-Konstante (5,67 · 10 <sup>-8</sup> W/K <sup>4</sup> )

## Indizes

B	Boden
H	Haut
HK	Kontakt zur Haut
K	konvektiv
L	Luft
N	notwendig
O	gesamte Körperoberfläche
R	radiativ
S	sensibel

## 1. Einleitung

In der Praxis der Ferkelaufzucht werden verschiedene Methoden der Mikroklimagegestaltung angewendet, deren Wirksamkeit sich hauptsächlich im Liegebereich der Ferkel entfaltet. Tierphysiologisch begründete Vorgaben zur Wärmeenergieanwendung bei der Aufzucht von Saugferkeln existieren gegenwärtig in der DDR nicht. Nachfolgend soll anhand von in der Literatur vorliegenden Angaben versucht werden, den sensiblen Wärmeverlust von Saugferkeln modellhaft darzustellen, um daraus Schlüsse für die Vorgabe einer notwendigen Wärmeenergieanwendung zu ziehen.

## 2. Modellentwicklung

Ein lebendes Ferkel hat i. allg. eine höhere Körperinnentemperatur, als in seiner Umwelt gemessen werden kann. Diese Temperaturdifferenz bewirkt den physikalisch bedingten Wärmeverlust des Tieres. Für ein liegendes Ferkel können drei verschiedene Wärmetransportwege aus dem Körperinneren in die Umwelt angegeben werden, die auf einen Temperaturgradienten zurückzuführen sind. Der Wärmeverlust des Tieres durch Wärmeleitung (Konduktion) führt zu einer Temperaturerhöhung im Boden, der Wärmeverlust durch Wärmestrahlung (Radiation) führt zu einer Temperaturerhöhung der Luft und der Wände bzw. der Ausrüstungstechnik (Hauptanteil), und der Wärmeverlust durch Luftströmung (Konvektion) führt zu einer Erhöhung der Lufttemperatur:

$$Q_S = Q_K + Q_R + Q_B \quad (1)$$

Unter Verwendung von Wärmeübergangszahlen, der Wärmedurchgangszahl des Bodens und von Temperaturgradienten ergibt sich:

$$Q_S = \alpha_K (t_H - t_L) + \alpha_R (t_H - t_R) + K_B (t_{HK} - t_B) \quad (2)$$

Die Wärmedurchgangszahl ist eine Materialkonstante, und die Wärmeübergangszahlen sind gezielt nicht beeinflussbar, um bei sich verändernden Temperaturgradienten eine Bilanzveränderung auszugleichen. Eine Mikroklimagegestaltung ist demnach nur durch eine Einflußnahme auf folgende Parameter möglich:

- Lufttemperatur
- Strahlungstemperatur
- Bodentemperatur.

Geht man vom Niveau des sensiblen Wärmeverlustes unter thermisch optimalen Bedingungen aus, das der lebensnotwendigen Abführung der im Tier produzierten Wärme entspricht, müssen die drei Teilwärmeströme in ihrer Gesamtheit immer dem Ausgangsniveau des sensiblen Wärmeverlustes entsprechen, sollen optimale thermische Bedingungen garantiert werden.

Sinkt z. B. die Lufttemperatur, erhöht sich aufgrund des größer werdenden Temperaturgradienten der Anteil des Wärmeverlustes durch Luftströmung. Durch einen Anstieg der Strahlungstemperatur der Umwelt, der zu einer betragsmäßig äquivalenten Veränderung des Wärmeverlustes durch Wärmestrahlung führt, kann der Einfluß der absinkenden Lufttemperatur auf den sensiblen Wärmeverlust kompensiert werden. An Schweinen wurde dieser Zusammenhang experimentell nachgewiesen [1]. Da sich der Wärmeverlust durch Luftströmung und Wärmestrahlung über die selben Hautflächen vollzieht, muß bei seiner gegenläufigen, aber betragsmäßig gleichen Veränderung auf ein unverändertes Wärmeempfinden und eine unveränderte Hauttemperatur geschlossen werden.

Anders verhält es sich, wenn bei sinkender Lufttemperatur die Bodentemperatur erhöht wird, um in der Summe einen konstanten sensiblen Wärmeverlust zu erhalten. Die Wärmebilanz des Tieres bleibt zwar unverändert auf dem gleichen Niveau, doch wird auf dem einen Teil der Hautfläche ein Wärmeentzug mit einer Hauttemperaturabsenkung und verstärkter Erregung der Kälterezeptoren hervorgerufen, und auf einem anderen Teil der Hautfläche kommt es zu einem Wärmeeintrag mit einer Hauttemperaturerhöhung und verstärkter Erregung der Warmrezeptoren. Die gleichzeitige Abkühlung bestimmter Hautpartien und die kompensatorische Erwärmung anderer Hautpartien dürfte trotz unveränderter Gesamtwärmebilanz als tierhygienisch bedenklich eingeschätzt werden, besonders dann, wenn die Abkühlung ein bestimmtes Maß überschreitet.

Um Gl. (2) auf das Ferkel bzw. eine Ferkelgruppe zu beziehen, müssen die am Wärmeaustausch beteiligten Körperoberflächen eingeführt werden:

$$Q_S = A_K \alpha_K (t_H - t_L) + A_R \alpha_R (t_H - t_R) + A_B K (t_{HK} - t_B) \quad (3)$$

Alle am Wärmeaustausch beteiligten Körperoberflächen sind sehr variabel und abhängig von der Liegeposition des Einzeltieres [2], dem Liegeverhalten des Wurfes bzw. der

Tiergruppe [3] und der Liegeposition des einzelnen Tieres innerhalb der Gruppe [4]. Jede Festlegung der entsprechenden Körperoberflächen ist deshalb als eine mehr oder weniger treffende Abschätzung anzusehen. Für die Kontaktfläche zum Boden eines in entspannter Seitenlage liegenden Ferkels kann angegeben werden [5, 6]:

$$A_B = 0,0123 + 0,0068 \text{ LM} \quad (4)$$

Die gesamte Körperoberfläche eines Tieres errechnet sich nach Gl. (5) [7]:

$$A_O = 0,1 \text{ LM}^{0,63} \quad (5)$$

Nach einer planimetrischen Auswertung der photographischen Aufnahmen [2] können für gegeneinanderstrahlende Körperteile (umgeklappte Ohren, Extremitäten) von Schweinen rd. 8% der Körperoberfläche angesetzt werden. Die Berührungsflächen der liegenden Ferkel untereinander werden mit durchschnittlich 5% der Körperoberfläche angesetzt, da als Ausdruck des Wohlbefindens bei thermisch neutralen Umweltbedingungen kleinflächiger Körperkontakt anzunehmen ist. Des weiteren werden zur Festlegung der am Strahlungswärmeaustausch beteiligten Körperfläche 10% der gesamten Körperoberfläche subtrahiert, um den zwischen den Ferkeln stattfindenden Strahlungsaustausch zu berücksichtigen. Unter Voraussetzung dieser Annahmen ergeben sich die einzelnen Körperoberflächen für ein in der Gruppe liegendes Tier näherungsweise nach folgenden Beziehungen:

$$A_K = 0,790 A_O \quad (6)$$

$$A_R = 0,624 A_O \quad (7)$$

Die Spezifizierung der Wärmeübergangszahlen für Wärmeverluste durch Luftströmung und Wärmestrahlung bei natürlicher Luftströmung [8, 9, 10], d. h. ohne verstärkte Luftbewegung, wie sie für die Ferkelaufzucht zu fordern ist, ergibt Gl. (8):

$$Q_S = A_K 1,4 \left( \frac{t_H - t_L}{d} \right)^{0,25} (t_H - t_L) + A_R 4\sigma \left( \frac{T_H + T_R}{2} \right)^3 (t_H - t_R) + A_B K (t_{HK} - t_B) \quad (8)$$

Von verschiedenen Autoren wird im Term für die linearisierte radiative Wärmeübertragungszahl  $\alpha_R$  als Faktor noch der Emissionskoeffizient der Haut verwendet [10, 11]. Er liegt nach [12] im Bereich von 0,95 und 1,00 und kann demnach unter Berücksichtigung der großen Unsicherheit bei der Abschätzung der Körperflächen vernachlässigt werden.

Um quantitative Ableitungen aus Gl. (8) vornehmen zu können, müssen die Hauttemperaturen und die Temperatur der Haut an der Kontaktfläche zum Boden abgeschätzt werden. Die Haupttemperatur von Schweinen ist sehr variabel und abhängig von der Lufttemperatur und der Lage der Meßstelle auf dem Schweinekörper [12, 13].

Nach eigenen berührungslosen Messungen auf dem Rücken und den Flanken von Saugferkeln schwankt die Hauttemperatur im Bereich von 34 bis 36°C. Diese Ergebnisse ste-

hen in annähernder Übereinstimmung mit [14] und lassen die Festlegung einer Hauttemperatur von 36°C als Näherungswert gerechtfertigt erscheinen.

Erfolgt die Wärmeversorgung der Ferkel über eine Bodenheizung, kommt es beim Absinken der Lufttemperatur auch zu einem Absinken der Temperatur der Hautflächen, die Luftkontakt haben. Eine quantitative Beziehung dieser Abhängigkeit läßt sich aus gegenwärtig vorliegenden Messungen nicht ableiten. In Anpassung an regressionsstatistische Auswertungen in der Literatur vorliegende Daten zum Anstieg des Wärmeverlustes von Schweinen unterhalb thermoneutraler Temperaturen [15] wird die Hauttemperaturabhängigkeit von Saugferkeln mit-Gl. (9) festgelegt:

$$t_H = 22,5 + 0,45 t_L \quad (9)$$

Die Gleichung findet nur Verwendung bei der Ableitung des notwendigen Wärmeeintrags bei Liegeflächenheizung. Als Temperatur der Kontaktfläche Tier-Boden wird 37°C angenommen, die sich beim Liegen der Ferkel auf berührungswarmem Boden einstellt [6]. Eine weitere Differenzierung ist nicht notwendig, da diese Temperatur für die angestrebten Ableitungen von untergeordneter Bedeutung ist.

### 3. Ableitungen aus dem Modell nach Gleichung (8)

#### 3.1. Energetische Normative bei der Aufzucht mit Infrarotstrahlern

Bei Variation der Luft-, Strahlungs- und Bodentemperatur ist nach Gl. (8) eine Konstanz des sensiblen Wärmeverlustes zu fordern, sollen sich thermisch optimale Umweltbedingungen ergeben. Bei berührungswarmen Liegeflächen in der Ferkelaufzucht ist der Wärmeableitwert des Bodens mit rd. 50 W/m<sup>2</sup> anzusetzen. Dieser Wert kann bei einer Stroheinstreu von rd. 1 kg/m<sup>2</sup> auf Betonestrich [16] bzw. auf der ungeheizten elektrischen Ferkelliegefläche (Spannung 24 V, Heizleistung 160 W) [6] nachgewiesen werden. Die nach der in [17] angegebenen Methode bestimmten Wärmeableitwerte ergaben nahezu Übereinstimmung mit an lebenden Ferkeln ermittelten Wärmeableitwerten [6].

Wird der Wärmeableitwert von 50 W/m<sup>2</sup> auf die Kontaktfläche entsprechend Gl. (4) zum Boden bezogen, ergibt sich der Wärmeverlust des Tieres beim Liegen. Für ein Ferkel mit einer Masse von 2,5 kg beträgt demnach der Wärmeverlust zum Boden 1,465 W (Tafel 1). Die weiteren Wärmeströme bei absinkender Lufttemperatur sind beispielhaft für Ferkel mit einer Masse von 2,5 kg nach Gl. (8) berechnet worden und in Tafel 1 zusammengefaßt dargestellt. Mit absinkender Lufttemperatur erhöht sich der Wärmeverlust durch Luftströmung bei gleichbleibendem Wärmeverlust zum Boden. Um den angestiegenen Wärmeverlust durch Luftströmung auszugleichen, muß sich der Wärmeverlust durch Wärmestrahlung gegensinnig verändern. Ab einer bestimmten Lufttemperatur, nach Tafel 1 zwischen 26°C und 24°C, wird der Wärmeaustausch durch Wärmestrahlung negativ, d. h. das Tier absorbiert mehr Wärme über Strahlung aus der Umwelt, als es Wärme durch Strahlung an die Umwelt verliert. Diese Veränderung des Wärmeaustausches durch Wärmestrahlung ist durch den im Verhältnis zum Lufttempera-

Tafel 1. Berechnete Teilwärmeströme zur Ermittlung der notwendigen Veränderung der Strahlungsintensität beim Absinken der Lufttemperatur unter Annahme eines konstanten sensiblen Wärmeverlustes für Ferkel (Masse 2,5 kg)

$t_L$ °C	$t_H$ °C	$t_R$ °C	$Q_S$ W/Tier	$Q_K$ W/Tier	$Q_R$ W/Tier	$Q_B$ W/Tier	$\Delta Q_R$ W/Tier	$Q_{RW}$ W/m <sup>2</sup>
30	36	30,0	9,011	3,214	4,332	1,465	-	-
28	36	31,9	9,011	4,605	2,941	1,465	1,391	12,5
26	36	34,0	9,011	6,086	1,460	1,465	2,872	25,9
24	36	36,1	9,011	7,644	-0,098	1,465	4,430	39,9
22	36	38,3	9,011	9,269	-1,723	1,465	6,055	54,5
20	36	40,5	9,011	10,952	-3,406	1,465	7,738	69,7

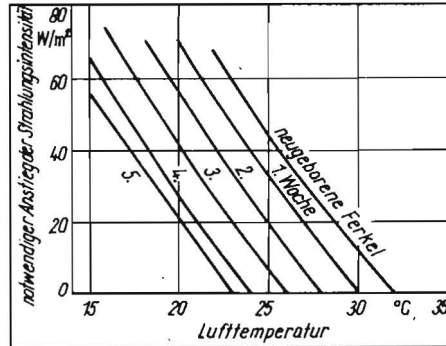


Bild 1. Zur Aufzucht von Saugferkeln notwendiger Anstieg der Strahlungsintensität der Umwelt bei absinkender Lufttemperatur unter den im Standard TGL 29 084 ausgewiesenen optimalen Temperaturbereich

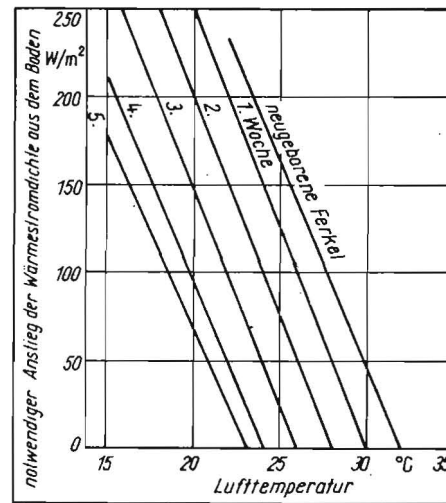


Bild 2. Zur Aufzucht von Saugferkeln notwendiger Anstieg der Wärmestromdichte aus dem Boden bei absinkender Lufttemperatur unter den im Standard TGL 29 084 ausgewiesenen optimalen Temperaturbereich

turabfall annähernd proportionalen Anstieg der Strahlungstemperatur möglich geworden (Tafel 1). Der notwendige Anstieg der Strahlungstemperaturen wurde dabei iterativ aus Gl. (8) errechnet. Das arithmetische Mittel aus Lufttemperatur und Strahlungstempe-

Tafel 2. Berechnete Teilwärmeströme zur Ermittlung der notwendigen Veränderung der Wärmestromdichte aus dem Boden beim Absinken der Lufttemperatur unter Annahme eines konstanten sensiblen Wärmeverlustes für Ferkel (Masse 2,5 kg)

$t_L$ °C	$t_H$ °C	$t_B$ °C	$Q_S$ W/Tier	$Q_K$ W/Tier	$Q_R$ W/Tier	$Q_B$ W/Tier	$\Delta Q_B$ W/Tier	$Q_{BW}$ W/m <sup>2</sup>
30	36	34,5	9,011	3,214	4,332	1,465	-	-
28	35,1	37,0	9,011	3,967	5,054	-0,009	1,474	50,3
26	34,2	39,6	9,011	4,749	5,754	-1,492	2,957	100,9
24	33,3	42,1	9,011	5,559	6,432	-2,980	4,445	151,7
22	32,4	44,6	9,011	6,392	7,090	-4,471	5,936	202,6
20	31,5	47,2	9,011	7,248	7,726	-5,964	7,429	253,6

ratur ergibt dabei annähernd 30°C, wobei die Abweichung dieses Rechenwertes von 30°C minimal ist. Bezieht man die Veränderung des Wärmeaustausches durch Wärmestrahlung auf die entsprechende Körperoberfläche, erhält man den notwendigen Anstieg der Strahlungsintensität aus der Umwelt, um optimale thermische Bedingungen für die Ferkel trotz abgesunkener Lufttemperatur zu garantieren. Die Berechnungsergebnisse für die einzelnen Altersstufen sind im Bild 1 dargestellt. Wieviel Heizenergie beim Einsatz von Infrarotstrahlern tatsächlich aufgewendet werden muß, um die im Bild 1 ausgegebenen Strahlungsintensitäten zu realisieren, ist von der konkreten technischen Lösung der Strahler abhängig.

Setzt man in Gl. (8) statt einer Hauttemperatur von 36°C eine Hauttemperatur von 35°C ein, dann verändern sich zwar die absoluten Werte der Wärmeverluste, doch bleiben die Auswirkungen auf die Veränderung der Strahlungstemperatur unter 0,3 K. Die tatsächliche Hauttemperatur ist demnach für die angestrebte Ableitung notwendiger Wärmemengen von relativ untergeordneter Bedeutung.

#### 3.2. Energetische Normative bei der Aufzucht mit beheizten Liegeflächen

Legen sich Ferkel auf eine wärmeisolierte Liegefläche mit einem Wärmeableitwert von 50 W/m<sup>2</sup>, dann stellen sich auf der Liegefläche in einer Tiefe von 10 mm Temperaturen von rd. 34°C ein [6]. Die vielfach in der Praxis angewendete Halteregelung der Bodentemperatur von 35°C ist bei Lufttemperaturen unterhalb des im Standard TGL 29 ausgewiesenen optimalen Temperaturbereichs ungeeignet, die Ferkel ausreichend mit Wärme zu versorgen. Die Temperaturen im Boden müssen höher sein als die Temperatur an der Kontaktfläche Haut-Boden, sollen die Ferkel beim Liegen aus dem Boden Wärme aufnehmen. Aus dem dritten Summanden in Gl. (8) können nach Berechnung der Werte des Wärmeverlustes durch Wärmeleitung die notwendigen Bodentemperaturen ermittelt werden. Bei einer angesetzten Schichtdicke von 0,01 m, einer Wärmeleitfähigkeit des Bodenmaterials von 0,2 W/(m·K) und einer Temperatur der Kontaktfläche

Tier-Boden von 37°C ergeben sich die in Tafel 2 ausgewiesenen erforderlichen Bodentemperaturen in einer Tiefe von 0,01 m, sollen thermisch optimale Bedingungen für die Ferkel gegeben sein. Diese Temperaturen sind von der konstruktiven Lösung der Liegefläche abhängig und variieren mit sich verändernden Wärmeleitfähigkeiten und Schichtdicken des eingesetzten Bodenmaterials. Des Weiteren führen Abweichungen der Hauttemperatur an der Kontaktfläche zum Boden von 37°C zu einer um den gleichen Betrag veränderten Bodentemperatur. Unabhängig davon ist die notwendige Veränderung der Wärmeableit- bzw. Wärmeeintragswerte, die sich aus der Absenkung der Lufttemperatur ergeben (Tafel 2). Bezieht man die in Tafel 2 ausgewiesenen Werte für den Wärmeverlust durch Wärmeleitung auf die Kontaktfläche zum Boden, erhält man den notwendigen Anstieg der Wärmestromdichte aus dem Boden in das Tier. Bei Absenkung der Lufttemperatur von 30 auf 20°C muß nach den Berechnungsergebnissen der notwendige Anstieg der Wärmestromdichte 254 W/m<sup>2</sup> betragen, um bilanzmäßig eine optimale thermische Umwelt für die Ferkel zu garantieren. Die Berechnungsergebnisse für die einzelnen Altersstufen sind im Bild 2 dargestellt.

#### 4. Diskussion

Trotz fehlender Wärmemengenvorgaben für die Mikroklimagegestaltung in der Ferkelaufzucht werden in der Praxis Infrarotstrahler und elektrisch beheizbare Ferkelliegeflächen erfolgreich eingesetzt [18]. Da die Stalllufttemperaturen im Winterhalbjahr in Aufzuchtställen i. allg. 20°C nicht unterschreiten [19] und im Sommerhalbjahr meist Temperaturen um 25°C und höher nachzuweisen sind, tritt beim Einsatz der in der DDR praxisüblichen Infrarotstrahler mit einer elektrischen Heizleistung von 250 W bzw. der elektrisch beheizten Ferkelliegeflächen mit einer Heizlei-

stung von 160 W in einem großen Zeitraum des Jahres eine Überversorgung der Ferkel mit Wärmeenergie auf. Für verschiedene Heizsysteme wurde deshalb mit unterschiedlichen Methoden versucht, eine energetische Bewertung vorzunehmen [20, 21, 22]. Das vorgestellte Modell des sensiblen Wärmeverlustes von Saugferkeln ermöglichte die Ableitung von notwendigen Strahlungssintensitäten bzw. notwendigen Wärmestromdichten aus dem Boden in das Tier, die bei allen konkreten technischen Lösungen realisiert werden müssen. Die dabei aufzuwendende Elektroenergie oder andere Energie ist vom Wirkungsgrad der konstruktiven Gestaltung der Zonenbeheizung abhängig. Bei einem Wirkungsgrad von 100% entspricht die in den Bildern 1 und 2 dargestellte notwendige Energie z. B. der Elektroenergie. Aufgrund der unvermeidlichen Umwandlungsverluste wird der tatsächliche Energieeinsatz höher sein als die errechnete notwendige Energie. Für den Einsatz der elektrisch beheizten Ferkelliegefläche wurde durch Ermittlung der Wärmeableitwerte in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung und der Lufttemperatur die Gl. (10) für die Steuerung der notwendigen elektrischen Leistung abgeleitet [6]:

$$Q_{\text{FN}} = 531 - 26,3 L - 17,1 t_L \quad (10)$$

Nach dem vorgestellten Modell müßten rd. 30 W/m<sup>2</sup> mehr Energie eingesetzt werden, was etwa einer Lufttemperaturveränderung von rd. 1 K entspräche. Die Abweichung ist demnach bei Berücksichtigung der unterschiedlichen Ableitungen als gering einzuschätzen und weist darauf hin, daß die konstruktive Lösung der elektrisch beheizbaren Ferkelliegefläche (nach unten Dämmung mit geschäumtem Polyurethan 30 mm) einen hohen Ausnutzungsgrad der Elektroenergie garantiert. Nach den Ableitungen aus dem Modell ist die Wärmeversorgung der Ferkel

über den Boden wesentlich ineffektiver als über die Strahlung. So ist bei einer Lufttemperatur von 20°C für Ferkel mit einer Masse von 2,5 kg über die Liegefläche eine Wärmestromdichte von rd. 250 W/m<sup>2</sup> notwendig, während bei der Wärmeversorgung über Infrarotstrahler nur rd. 70 W/m<sup>2</sup> erforderlich sind (Tafeln 1 und 2). Die energetische Unterlegenheit der Deckung der Wärmeansprüche über die Liegeplatzheizung ergibt sich aus dem gleichzeitigen Anstieg des Wärmeverlustes durch Luftströmung und Wärmestrahlung beim Absinken der Stalllufttemperatur. Dagegen ist bei einer Strahlungsheizung nur der angestiegene Wärmeverlust des Tieres durch Luftströmung zu kompensieren. Andererseits ist der Umwandlungsgrad der elektrischen Energie des handelsüblichen Wärmestrahlergeräts für Tiere (Infrarotstrahler) in Infrarotstrahlung gering. Nach [23] werden nur rd. 30% der elektrischen Leistung als Wärmestrahlung im Tieraufenthaltsbereich wirksam, so daß sich der theoretisch ergebende energetische Vorteil der Strahlungsheizung teilweise aufhebt.

Aus der sich bei Modellen zwangsläufig ergebenden unvollständigen Abbildung der Wirklichkeit folgt, daß eine tierexperimentelle Überprüfung notwendig ist. Die Anwendbarkeit der Strahlungs- und Liegeplatzheizung beweisen die Praxis und die Tierversuche, die z. B. eine Abhängigkeit der Einschalthäufigkeit von Infrarotstrahlern für Ferkel von der Lufttemperatur [24, 25] und von den wärmetechnischen Eigenschaften von Liegeflächenmaterialien [26] ergeben haben. Das vorgestellte Modell und die errechneten notwendigen Wärmestromdichten werden als ein Schritt zur energetischen Optimierung der Wärmeversorgung von Saugferkeln angesehen.

#### Literatur

Das umfangreiche Literaturverzeichnis kann beim Autor angefordert werden. A 5684

## Möglichkeiten des Einsatzes von höherfesten schweißbaren Baustählen in Tragkonstruktionen des landtechnischen Anlagenbaus

Dipl.-Ing. D. Scheiter, VEB Ausrüstungen Agrochemische Zentren Leipzig

### 1. Einleitung

Die Metallurgie bietet eine große Palette von Halbzeugen aus Stählen unterschiedlicher Festigkeit an. Während in den Betrieben des landtechnischen Anlagenbaus (LTA) bis jetzt fast ausschließlich normalfeste Stähle eingesetzt werden, verfügen viele Industriebetriebe (z. B. TAKRAF, Metalleichtbaukombinat) seit langem über Erfahrungen im Umgang mit höherfesten schweißbaren Baustählen (HSB) [1, 2]. Nach [2] betragen die Einsparungsmöglichkeiten gegenüber dem Massenbaustahl St 38/24 bei richtigem Einsatz von St 315 (bzw. KTS) durchschnittlich 10% (maximal 20%), von St 355 18% (33%) und von St 440 25% (47%).

Aber nicht alle tragenden Bauteile lassen sich gewinnbringend in höherfesten Stählen ausführen. So betrug z. B. in den auf Tragkonstruktionen spezialisierten und typischen Stahlbaubetrieben des Metalleichtbaukombinats im Jahr 1984 die Quote an verarbeiteten

höherfesten Stählen 33%.

### 2. Substitutionsmöglichkeiten

Der Stahlverbrauch der LTA-Betriebe läßt sich entsprechend den vielfältigen Aufgaben des landtechnischen Anlagenbaus aufschlüsseln (Tafel 1). In der Landtechnik kommt der Einsatz von HSB nur für tragende Konstruktionen in Betracht. Für nichttragende verschleißbeanspruchte Bauteile, wie Trichter, Schurren, Prallbleche u. ä., könnten zur Verlängerung der Lebensdauer theoretisch auch HSB eingesetzt werden, doch die erforderlichen dünnen Blechdicken (Feinbleche) stehen in St 355 nicht zur Verfügung.

Für Tragkonstruktionen werden in den Betrieben der Erzeugnisgruppe (EG) 5.5 „Projektierung“ entweder Eigen- oder Fremdprojekte angewendet. Am schnellsten und mit vertretbarem Aufwand können Eigenprojekte des jeweiligen Betriebs nach Substitutionsmöglichkeiten untersucht werden. Für

Fremdobjekte von anderen Betrieben der Erzeugnisgruppe wird diese Untersuchung – ggf. unter Hinzuziehung des Ursprungsbetriebs – aufwendiger, doch noch für möglich eingeschätzt. Projekte anderer Industriezweige können nur in den seltensten Fällen beeinflußt werden.

Bei den Eigenprojekten ist wie folgt zu unterscheiden:

- Serienerzeugnisse
- Einzelfertigungen größerer Dimensionen
- kleine Stahlkonstruktionen mit untergeordneter Funktion.

Für jeden dieser Fälle sollen Möglichkeiten und Grenzen der Substitution untersucht und begründet werden.

#### 2.1. Serienerzeugnisse

Bei den folgenden Untersuchungen wird von den drei HSB, die die Metallurgie anbietet, nur der mittlere, der in der Industrie z. Z. meist gebräuchliche St 355, mit der bisher-