

Ergebnisse der stallklimatischen Prüfung in einem Folienstall für Mastschweine

Dr. agr. S. Hoy/OVR Prof. Dr. sc. med. vet. G. Mehlhorn, Karl-Marx-Universität Leipzig, Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin
Dr. med. vet. K. Hörügel/Dipl.-Landw. F.-O. Laasch, ZGE Industriemäßige Schweinezuchtanlage Niedergoseln, Bezirk Leipzig

1. Problemstellung

Für eine intensive, kontinuierliche Tierproduktion unter den gegebenen klimatischen Bedingungen und volkswirtschaftlichen Voraussetzungen der DDR sind auch künftig mehr denn je Ställe erforderlich, die eine optimale Nutzung tierischer Leistungspotenzen bei geringsten Verwertungsverlusten an Futtermaterie ermöglichen und in denen technische Energieträger zur Regulierung des Wärmeaustauschs nicht notwendig sind. Der im Jahr 1976 durch die ZGE „Industriemäßige Schweinezuchtanlage“ (ISZ) Niedergoseln entwickelte und gebaute Folienstall stellt eine Möglichkeit der praktischen Realisierung dieser volkswirtschaftlichen Zielsetzungen dar. Die erreichten guten Produktionsergebnisse waren Veranlassung, mit Hilfe eines umfangreichen Untersuchungsprogramms, das gemeinsam vom Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock, Bereich Technologie der Schweineproduktion, dem Wissenschaftsbereich Tierhygiene und Strahlenbiologie der Karl-Marx-Universität Leipzig und der ZGE „ISZ“ Niedergoseln getragen wird, eine wissenschaftliche Fundierung der bislang empirisch erhobenen Aussagen zum Folienstall zu erbringen.

Das Ziel des vorliegenden Beitrages besteht darin, erste Ergebnisse der stallklimatischen Prüfung im Folienstall für die Mast von Schweinen vorzustellen.

2. Charakteristik des Folienstalls

Die Kurzbeschreibung des Folienstalls ist Tafel 1 zu entnehmen. Nach etwa 5 Jahren Bewirtschaftung befindet sich der Stall in einem augenscheinlich guten Zustand. Die Außenwände aus Folie sind stabil, witterungs- und stallluftbeständig.

3. Stallklimatisches Prüfprogramm

Die stallklimatische Prüfung im Folienstall erfolgte auf der Grundlage des Standards TGL 32761 [1]. In Anlehnung an diesen Standard, der als Gesamtprüfzeitraum ein Jahr vorsieht, umfaßte der Zeitraum der Messungen zwei Mastdurchgänge (138 bzw. 155 Tage) im Winter/Frühling (5. Dezember 1980 bis 27. April 1981) und im Sommer/Herbst (27. Mai bis 28. Oktober 1981). Die verwendeten Prüfparameter und Meßgeräte sowie der Auswertemodus sind in Tafel 2 zusammengefaßt. Die Meßorte (M) für die Verlaufs- bzw. Kurzzeitmessungen waren im Rasterschema in einer Höhe von rd. 1,20 m über den Buchten angeordnet (M 1 bis M 3, M 4 bis M 6). Die Auswertung der kontinuierlich erfaßten Parameter Temperatur und relative Luftfeuchte erfolgte auf der Basis der 2-h-Werte, die auf Lochkarten übertragen wurden. Nach Programmen des ORZ der Karl-Marx-Universität Leipzig wurden Tagesmittelwerte, -maxima, -minima, und -amplituden berechnet. Danach erfolgte eine Häufigkeitsanalyse zum Auftreten von Klimawerten in vorgegebenen Bereichen. Für die in Kurzzeitmessungen erhobenen Ergebnisse wurden die statistischen Maßzahlen (\bar{x} , s,

Tafel 1. Kurzbeschreibung des untersuchten Folienstalls

Länge: 42,00 m
Breite: 8,00 m Achsmaß
Höhe: 2,00 m von OK Fußboden bis Ende Stützen

Tragende Konstruktion:

Betonstützen 240 mm mit Bohrlochgründung; Dachbinder aus Stahl I 140 mit Zugband; 25 % Dachneigung; Pfetten für die Dacheindeckung und Unterkonstruktion aus Kantholz

Außenwände:

Holzrahmenkonstruktion 70 mm × 70 mm, umwickelt mit Gittergewebefolien, so daß ein abgeschlossener Luftraum von 70 mm Tiefe entsteht; obere Außenwandteile als Lüftungsflügel zu öffnen; Giebelwände massiv gemauert

Dachhaut:

Wellasbest oberhalb und unterhalb der Pfetten, dazwischen 60 mm dicke Kamilitplatten

Ausrüstung:

Zweihellige Aufstallung mit 20 Mastbuchten 008 vom VEB LIA Cottbus (240 Tierplätze); 1 Reihe Vollspaltenböden, 1 Reihe Teilspaltenböden; Futtergang und Kontrollgänge entsprechend der Normbreite; Trogausbildung mit Steinzeughalbschalen

Fütterung:

von Hand mit Schaufel vom handgezogenen Futterwagen

Wasserversorgung:

Zapfenselbstränken

Entmistung:

Schleppschaufelanlage unterflurig; an der Nordseite Güllebecken in der Größe 8 m × 6 m × 2 m; nutzbare Tiefe 1,40 m

Lüftung:

neben der Schleppschaufelanlage Unterflurlüftungskanal, 2 Ablüfter in der Giebelwand

Beleuchtung:

künstliches Lichtband im First (6 × 2 Leuchtstofflampen 65 W)

Stallängsachse in Nord-Süd-Richtung

Max., Min.) ermittelt und Korrelationsberechnungen (Korrelationskoeffizient nach Spearman) angewendet, um den Zusammenhang der Stallklimaelemente an verschiedenen Meßorten im Stall zu überprüfen. Um die Abhängigkeit von Stalllufttemperatur und Stallluftfeuchte vom Außenklima (Außenlufttemperatur, relative Außenluftfeuchte) nach-

zuweisen, wurde ebenfalls die Berechnung der Korrelationskoeffizienten nach Spearman auf der Grundlage der 2-h-Werte herangezogen. Die Rechnung erfolgte mit und ohne Lag-Verschiebung (1 Lag $\hat{=}$ 2 h), um die Dynamik des Stallklimas in Abhängigkeit vom Außenklima einschätzen zu können. Außerdem wurde die Häufigkeitsverteilung

Tafel 2. Parameterplan

Parameter	Methode, Meßgerät ¹⁾	Auswertung
Außenklima:		
Außenlufttemperatur t_a	Wetterhütte, Vm, Thermohygrograph, zusätzlich Angaben vom Meteorologischen Dienst	Tagesmittelwert Tagesmaximum Tagesminimum Tagesamplitude
Außenluftfeuchte ϕ_a		
Luftgeschwindigkeit v_a	Angaben vom Meteorologischen Dienst	Tagesmittelwert
Luftdruck		
Windrichtung		
Niederschlagsmenge		
Bewölkungsgrad Sonnenscheindauer		
Stallklima:		
Stalllufttemperatur t_i	Vm, Thermohygrograph	Tagesmittelwert Tagesmaximum Tagesminimum
Stallluftfeuchte ϕ_i		
	Km, Aspirationspsychrometer nach Assmann	Tagesamplitude prozentuale Verteilung auf festgelegte Bereiche
CO ₂		
	Km, Hitzdrahtanemometer	statistische Maßzahlen
Luftgeschwindigkeit v_i		
Beleuchtungsstärke E	Km, Luxmeter Pu 150	
CO ₂		
NH ₃		
	Km, Handbalgpumpe mit Prüfröhrchen	
CO ₂		
NH ₃		

1) Vm Verlaufs- bzw. Kurzzeitmessung, Km Kurzzeitmessung (1mal wöchentlich) nach TGL 32761

Tafel 3. Stallklimaparameter im untersuchten Foliestall bei Winter-, Übergangs- und Sommerzustand / des Außenklimas (nach [1])

Stallklimaparameter	Außenlufttemperatur t_e		
	Winter $t_e < 0^\circ\text{C}$	Übergangszeit $0^\circ\text{C} < t_e < 20^\circ\text{C}$	Sommer $t_e > 20^\circ\text{C}$
mittlere Stalllufttemperatur in $^\circ\text{C}$	10,6	17,4	22,0
mittleres Maximum der Stalllufttemperatur in $^\circ\text{C}$	13,9	20,0	26,8
mittleres Minimum der Stalllufttemperatur in $^\circ\text{C}$	7,5	14,9	17,2
mittlere Stallluftfeuchte in %	78,2	75,4	71,1
mittleres Maximum der Stallluftfeuchte in %	84,8	82,4	87,9
mittleres Minimum der Stallluftfeuchte in %	72,7	67,3	50,0
Luftgeschwindigkeit in m/s	0,13	0,12	0,52
CO ₂ -Konzentration (Volumenanteil) in %	0,22	0,19	0,11
NH ₃ -Konzentration in ppm	8	5	6

Tafel 4. Zusammenhang zwischen Außenklima- (t_e , φ_e) und Stallklimaparametern (t_i , φ_i): Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman (r)

geprüfte Abhängigkeiten	r_1	r_2	Signifikanz
t_i (M 1): t_e	0,48	0,88	0,05
t_i (M 4): t_e	0,69	0,90	0,05
φ_i (M 1): φ_e	0,48	0,79	0,05
φ_i (M 4): φ_e	0,41	0,68	0,05
t_i (M 1): t_i (M 4)	0,92	0,90	0,05
φ_i (M 1): φ_i (M 4)	0,76	0,74	0,05
Lag-Verschiebung (1 Lag = 2 h)			
t_i (M 1): t_e	0,43		0,05

r_1 Winter/Frühling (Mastversuch 1)
 r_2 Sommer (Mastversuch 2 – Vormast)

der Windrichtung im Untersuchungszeitraum berechnet.

4. Ergebnisse

Auf eine ausführliche Ergebnisdarstellung soll an dieser Stelle verzichtet werden. Einzelergebnisse sind den Urlisten im Wissenschaftsbereich Tierhygiene und Strahlenbiologie der Karl-Marx-Universität Leipzig zu entnehmen.

Nach dem Standard TGL 32761 erfolgt die stallklimatische Prüfung von Ställen auf der Grundlage von 3 charakteristischen Außenklimazuständen:

- Winter: Außenlufttemperatur im Tagesmittel unter 0°C
- Übergangszeit: Außenlufttemperatur im Tagesmittel 0 bis unter 20°C
- Sommer: Außenlufttemperatur im Tagesmittel über 20°C .

Annähernd diese Forderungen erfüllende Außenklimasituationen wurden in den Untersuchungszeiträumen 4. bis 13. Januar, 7. bis 16. März sowie 5. bis 14. Juli 1981 festgestellt. Die Einzellemente des Stallklimas in diesen 3 Perioden sind in Tafel 3 zusammengefaßt. Die Ergebnisse der Korrelationsberechnung zum Zusammenhang zwischen Außenklima- und Stallklimaparametern können Tafel 4 entnommen werden.

Statistische Maßzahlen und prozentuale Verteilung der Stalllufttemperatur und der relativen Luftfeuchte für die beiden Mastdurchgänge sind aus Tafel 5 ersichtlich. Die Verteilung wurde für den Meßpunkt M 1 berechnet. Zwischen den Meßorten M 1 und M 4 trat eine Differenz von lediglich $0,2\text{ K}$ im Temperaturmittelwert bzw. von 4 % im Feuchtemittelwert (Mastdurchgang 1) auf. Die auf der Basis der 2-h-Werte berechneten Korrelationskoeffizienten für die Stalllufttemperatur

($r = 0,92$) und für die relative Luftfeuchte ($r = 0,76$) an den beiden Meßorten M 1 und M 4 sind statistisch gesichert ($\alpha = 0,05$). Die im Raster (M 1 bis M 6) durchgeführten Kurzzeitmessungen der Stalllufttemperatur wiesen im Mittelwert und in den Extremwerten nahezu Übereinstimmung bei Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Meßpunkten von 0,70 bis 0,99 auf. Die Ergebnisse zur Kurzzeitmessung der Luftgeschwindigkeit, der Kohlendioxid- und Ammoniakkonzentration sowie der Beleuchtungsstärke weist Tafel 6 aus.

5. Diskussion

Beim Vergleich der im Standard TGL 32761 festgelegten Perioden – Winter, Übergangszeit, Sommer – tritt die zu erwartende deutliche Abhängigkeit der Stallklimaparameter im Foliestall vom Außenklima zutage, die wie folgt zu charakterisieren ist. Im Winter (Außenlufttemperatur im Tagesmittel unter 0°C) wird eine Stalllufttemperatur im Mittel von etwa 10°C realisiert. Im Sommerzustand liegt die Stalllufttemperatur im Mittel der geprüften Periode bei 22°C , wobei darauf hinzuweisen ist, daß die Außenlufttemperatur nicht während des gesamten Prüfzeitraums von 10 Tagen 20°C überschritt.

In umgekehrter Weise verhält sich die relative Luftfeuchte im Stall (Winter 76 %, Übergangszeit 75 %, Sommer 71 %). Im Vergleich zur Wintersituation sind im Sommer wesentlich höhere Amplituden der Stalllufttemperatur und der relativen Luftfeuchte im Stall festzustellen. Diese Tatsache ist auf die Regulierung der Lüftungsflügel des Foliestalls zurückzuführen: Im Winter werden die Außenwandteile geschlossen und größere Fugen abgedichtet, so daß eine gedämpfte Schwingung der Stallklimaparameter gegenüber den Außenklimawerten entsteht. Im Sommer hingegen waren fast während des gesamten zweiten Mastdurchgangs die oberen Wandsegmente geöffnet. Damit im Zusammenhang stehen auch die Ergebnisse der Messung der Luftgeschwindigkeit (Winter $0,13\text{ m/s}$, Sommer $0,52\text{ m/s}$) und der Schadgase (Winter CO₂ = $0,22\%$, NH₃ = 8 ppm , Sommer CO₂ = $0,11\%$, NH₃ = 6 ppm).

Die unterschiedliche Wirkung des Außenklimas auf das Stallklima in Abhängigkeit von der Stellung der Lüftungsflügel kommt in den berechneten Korrelationskoeffizienten (Tafel 4) zum Ausdruck. Während im Winter die Stalllufttemperatur ständig 10 bis 20 K oberhalb der Außenlufttemperatur lag, waren im Sommer nur relativ geringe Differenzen von etwa 5 K nachzuweisen. Mit Entfernung der Fugenabdichtung und Öffnen der Seitenwandsegmente wurde der Unter-

schied zwischen Außenluft- und Stalllufttemperatur geringer. Die Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang von t_e und t_i sowie φ_e und φ_i unterscheiden sich bei den Mastversuchen deutlich voneinander. Die Dynamik des Stallklimas ist somit im Sommer in viel stärkerem Maß vom Außenklima abhängig ($r = 0,68 \dots 0,90$) als im Winter ($r = 0,41 \dots 0,69$). Ein wesentlicher Grund für das nur geringe Bestimmtheitsmaß der Wirkung der Außenlufttemperatur auf die Stalllufttemperatur im Winter (zwischen 23 und 50 % der Veränderungen von t_i können aus der Änderung von t_e erklärt werden) ist im Einfluß der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit zu sehen. Die Klimadaten an 3 ausgewählten Tagen sollen diesen Zusammenhang belegen:

8. Januar

$\bar{t}_e = -10,1^\circ\text{C}$, $v_e = 2,6\text{ m/s}$, Windrichtung: Südwest, $\bar{t}_i = 9,7^\circ\text{C}$

9. Januar:

$\bar{t}_e = -3,0^\circ\text{C}$, $v_e = 8,4\text{ m/s}$, Windrichtung: Südwest, $\bar{t}_i = 6,4^\circ\text{C}$.

14. Januar:

$\bar{t}_e = -2,1^\circ\text{C}$, $v_e = 10,1\text{ m/s}$, Windrichtung: Südsüdwest, $\bar{t}_i = 5,2^\circ\text{C}$.

Bei der Analyse der Windrichtungshäufigkeit im Mastversuch 1 wurde ermittelt, daß Süd-südwest (27,2 % aller Werte) die Hauptwindrichtung darstellt. An 74 % aller Untersuchungstage traf der Wind aus NW bis SSW frontal auf die Stalllängswand. Somit gestaltet sich das Stallklima im Foliestall in Abhängigkeit von Außenlufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Dabei wird das Stallklima innerhalb des Foliestalls in der linken Buchtenreihe (westliche Stallwand) offensichtlich stärker als in der rechten Buchtenreihe (östliche Stallwand) beeinflusst. An einer Reihe von Tagen bildete sich an der linken Foliwand Kondenswasser. In Kurzzeitmessungen wurden an den Meßpunkten M 1 bis M 3 (linke Buchtenreihe, westliche Stallwand) geringfügig niedrigere Temperaturen im Vergleich zu M 4 bis M 6 (rechte Buchtenreihe) festgestellt. Für diesen Zusammenhang spricht auch der niedrigere Korrelationskoeffizient zwischen t_e und t_i am Meßpunkt M 1 (linke Buchtenreihe) ($r = 0,48$) gegenüber Meßpunkt M 4 ($r = 0,69$). Diese Aussage wurde durch Ergebnisse von Rauchröhrchenversuchen bestätigt, in denen die Raumlufttemperatur sichtbar gemacht wurde. Es zeigte sich, daß die Hauptströmungsrichtung der Luft im Foliestall von der linken Wandseite zur Stallmitte hin verlief, wobei die Luftdurchspülung in der linken Buchtenreihe besser war.

Der nach Lag-Verschiebung zwischen Außenluft- und Stalllufttemperatur am Meßpunkt M 1 ermittelte Korrelationskoeffizient von $r = 0,49$ stimmt mit den Korrelationskoeffizienten ohne Lag-Verschiebung überein. Diese Tatsache kann dahingehend interpretiert werden, daß die Außenlufttemperatur innerhalb von 2 h unter Berücksichtigung der o. g. Mitwirkung von Windgeschwindigkeit und -richtung die Stalllufttemperatur beeinflusst.

Innerhalb des Stalls gestaltet sich – mit Ausnahme des erwähnten geringfügigen Temperaturgefälles von der rechten zur linken Stallwand – eine einheitliche stallklimatische Situation ohne meßbare Extreme.

Bei einer tierhygienischen Einschätzung des Stallklimas im Foliestall ist von der Einhaltung der Optimalbereiche von Temperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit bzw.

Tafel 5. Statistische Maßzahlen und Einhaltung der optimalen bzw. produktiven Bereiche nach Standard TGL 29084 [2] der Stalllufttemperatur t_i und der relativen Luftfeuchte φ_i .

Mastversuch	t_i	\bar{x}	Min.	Max.	φ_i	\bar{x}	Min.	Max.	Einhaltung des optimalen Bereichs	produktiven Bereichs
Mastversuch 1 (Winter/Frühling)		12,8 °C	0 °C	26 °C		74,2 %	40 %	95 %	17 %	93 %
									81 % (17 % Überschreitung, 2 % Unterschreitung)	
Mastversuch 2		20;1 °C	9 °C	32 °C		74,6 %	37 %	99 %	56 %	97 %
									60 % (35 % Überschreitung, 5 % Unterschreitung)	
Endmast		16,8 °C	6 °C	30 °C		74,1 %	37 %	99 %	50 %	100 %
									70 % (26 % Überschreitung, 4 % Unterschreitung)	
TGL 29084									optimaler Bereich t_i	produktiver Bereich t_i
Mastschwein 35 bis 70 kg									18...25 °C	10...28 °C
Mastschwein 70 bis 120 kg									16...25 °C	5...28 °C
									$\varphi_i =$	50...80 %

des produktiven Temperaturbereichs sowie der Überschreitung der MTK-Werte für die Schadgase nach dem Standard TGL 29084 [2] auszugehen.

Zwischen den beiden Mastversuchen bestehen deutliche Unterschiede in den statistischen Maßzahlen und in der prozentualen Verteilung von Stalllufttemperatur und relativer Luftfeuchte. Dabei muß vor allem die niedrige mittlere Stalllufttemperatur im Versuch 1 (12,8 °C) kritisch gewertet werden. Besonders zu Versuchsbeginn, als 35 kg schwere Schweine aus dem Gruppenaufzuchtstall in den teilbelegten Folienstall umgestallt wurden, ließ sich die untere Grenze des produktiven Temperaturbereichs ($t_i = 10$ °C) nicht einhalten (Tagesmittelwerte zwischen 7 und 1 °C). Zu lediglich 16 % des Gesamtzeitraums lag die Stalllufttemperatur im Optimalbereich. Die Autoren sind der Auffassung, daß im Winter die stallklimatische Situation durch eine bessere Fugenabdichtung (vor allem zwischen Oberkante Wandsegmente und Wellasbestplatten) verbessert werden kann. Bei eventueller Nachnutzung dieses oder ähnlicher Projekte sollte die Stallängsachse in die Hauptwindrichtung gelegt werden, um das Eindringen von Kaltluft einzuschränken.

Deutlich günstiger aus tierhygienischer Sicht gestaltete sich das Stallklima im Sommerversuch. Obwohl auch hier der Temperaturoptimalbereich nur zu 50 % eingehalten wurde, bewegte sich die mittlere Stalltemperatur im Optimalbereich bzw. an dessen Untergrenze. Bei der relativen Luftfeuchte wurden zwischen 17 und 35 % der auswertbaren 2-h-Werte oberhalb der 80-%-Grenze festgestellt. Diese Werte sind vor allem im Sommerversuch auf die hohe Außenluftfeuchte (an Regentagen), nicht jedoch auf ungenügend abgeführte, im Stall entstandene Wasserdampfmenzen zurückzuführen.

Die Luftgeschwindigkeit im Stall überschritt im Winterversuch den vorgegebenen Bereich von 0,1 bis 0,3 m/s nicht. Die höheren

Tafel 6. Ergebnisse der Kurzzeitmessungen von Stallklimaparametern

Parameter	Meßpunkt	Meßtage	$\bar{x} \pm s$	Max.	Min.
Versuch 1					
Luftgeschwindigkeit in m/s	M 1	14	0,14 ± 0,1	0,55	0,03
	M 4	14	0,13 ± 0,1	0,25	0,02
CO ₂ (Volumenanteil) in %	M 1	12	0,21 ± 0,1	0,40	0,07
	M 4	12	0,20 ± 0,1	0,33	0,07
NH ₃ in ppm	M 1	11	12 ± 8	28	3
	M 4	11	8 ± 8	30	3
Beleuchtungsstärke in lx	M 1	13	300 ± 229	822	62
	M 6	x			
Versuch 2					
Luftgeschwindigkeit in m/s	M 4	12	0,32 ± 0,3	1,00	0,09
	M 4	14	0,13 ± 0,0*	0,22	0,08
CO ₂ (Volumenanteil) in %	M 4	14	0,13 ± 0,0*	0,22	0,08
	M 4	14	4 ± 1	7	3
NH ₃ in ppm	M 4	14	4 ± 1	7	3
	M 4	14	4 ± 1	7	3
Beleuchtungsstärke in lx	M 1	12	450 ± 324	1 144	38
	M 6	x			

Geschwindigkeiten der Stallluft im Sommerversuch können als günstig bezeichnet werden, da sie für einen Kühleffekt bei hohen Stalllufttemperaturen sorgen.

Die Kohlendioxid- und Ammoniakkonzentrationen in der Stallluft stiegen – mit jeweils einer Ausnahme – nicht über die in [2] festgelegten MTK-Werte. Dies ist ein Hinweis darauf, daß auch im Winter durch Fugenlüftung sowie durch die Unterflurlüftungsanlage, deren Wirksamkeit in den Versuchen jedoch nicht überprüft wurde, ein ausreichender Luftwechsel realisiert wird. Bedingt durch die Ausführung der Außenwände in lichtdurchlässiger Folie konnten an nahezu allen Meßtagen hohe Beleuchtungsstärkewerte gemessen werden, die eine mittlere Intensität im Stall von 300 lx ergaben. Über die Ergebnisse der Mast- und Schlachtleistung, die pathologisch-anatomischen Befunde nach der Schlachtung sowie betriebswirtschaftliche Aspekte der Schweinemast im Folienstall wird in gesonderten Publikationen berichtet werden. Erst aus der zusammenfassenden Wertung aller Teilergebnisse kann – unter Berücksichtigung volkswirtschaftlicher Gegebenheiten – eine Entscheidung über die weitere Anwendung dieses Projekts getroffen werden.

6. Schlußfolgerungen

- Die erwiesene Abhängigkeit der stallklimatischen Situation vom Außenklima – vor allem von Außenlufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit – erfordert Konsequenzen bei der Bewirtschaftung des Stalls. So sind im Winter Maßnahmen zur Abdichtung von Fugen in der Luvseite des Stalls durchzuführen.
- Bei der eventuellen Nachnutzung dieses oder ähnlicher Projekte ist bereits bei der Standortwahl auf eine windgeschützte Lage zu achten. Es wird empfohlen, die Längsachse des Stalls in die Hauptwindrichtung zu projektieren.
- In der Übergangszeit ist eine tägliche Re-

gulierung der Lüftungsflügel in Abhängigkeit von der Stalllufttemperatur erforderlich (Absinken der Außenlufttemperatur in der Nacht!), die ohne großen Aufwand möglich ist. Im Sommer können bei geöffneten Lüftungsflügeln ohne technische Energie eine gute Durchspülung des Stalls und damit eine Kühlwirkung bei hohen Außenluft- und Stalllufttemperaturen erzielt werden.

- Bei Berücksichtigung der gegebenen Hinweise kann der produktive Temperaturbereich nach dem Standard TGL 29084 für die Haltungstufen Mastschweine 35 bis 70 kg und 70 bis 110 kg im Sommer-, Winter- und Übergangszustand des Außenklimas annähernd eingehalten werden. Dabei ist zu beachten, daß die Produktion mit landwirtschaftlichen Nutztieren unter den stallklimatischen Bedingungen des produktiven Temperaturbereichs Leistungsminderungen einschließt. Dieser Gefahr kann durch vorzugsweise Haltung von Endmasttieren sowie durch zweckmäßige Gestaltung der Futtermittelform in den Wintermonaten teilweise begegnet werden. Aus tierhygienischer Sicht ist jedoch die Durchbrechung des Prinzips „alles rein, alles raus“ nicht zu befürworten.

7. Zusammenfassung

Die Ergebnisse der stallklimatischen Prüfung in einem Folienstall für Mastschweine lassen die Feststellung zu, daß die stallklimatische Situation deutlich vom Außenklima beeinflusst wird, wobei neben der Außenlufttemperatur vor allem der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit große Bedeutung zukommen. In Abhängigkeit von der Stellung der Lüftungsflügel sowie von Außenwandundichtigkeiten (Luvseite) wirkt dabei das Außenklima in unterschiedlichem Maß auf das Stallklima ein, so daß hiermit der Ansatz gegeben ist, in bestimmten Grenzen eine Re-

Effektive Nutzung der Wärmeenergie aus der Abluft von Zellenverdichtern

Dipl.-Ing. M. Rettig, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Tierproduktion
 Dipl.-Ing. H. Bühner, KDT/Ing. D. Neugebauer, KDT, VEG Milchproduktion Blankenfelde, Bezirk Potsdam

Verwendete Formelzeichen

K_{vs}	Volumenstrom bei 100 % Ventilhub und 100 kPa Druckabfall
\dot{Q}_{WU}	übertragener Wärmestrom
T_B	Betriebszeit
t_A	Ablufttemperatur
t_W	Wassertemperatur
\dot{V}_E	Wasservolumenstrom an der Euterbräuse
\dot{V}_L	Luftvolumenstrom
\dot{V}_W	Kühlwasservolumenstrom
ΔQ_W	Wärmeenergiezuwachs
Δt_W	Temperaturzunahme des Kühlwassers

1. Problemstellung

In Milchproduktionsbetrieben gibt es verschiedene sekundäre Wärmeenergiequellen, wie z. B. Milch, Abwasser, Gülle und Abluft, die zur Warmwasserbereitung oder Heizung verwendet werden können. Es genügt jedoch nicht, Anlagen zur Sekundärenergie-nutzung einzusetzen, ohne Untersuchungen zu ihrer Nutzungswürdigkeit durchzuführen. Im Extremfall kann sich gegenüber der beabsichtigten Energiebedarfssenkung eine Erhöhung einstellen bzw. der Investitions- und Instandhaltungsaufwand die Energieeinsparung übersteigen.

Bei der Wertung der Abwärmequellen sind neben der anfallenden Wärmemenge auch das Temperaturniveau sowie tages- und jahreszeitliche Abhängigkeiten zu beachten. Ein weiteres Problem bildet der anlagentechnische Aufwand für die Wärmeversorgung von Verbrauchern aus den Abwärmequellen. In diesem Beitrag soll eine Lösung mit hohem Wirkungsgrad zur effektiven Nutzung der Wärmeenergie aus der Abluft von Zellenverdichtern in Melkanlagen vorgestellt werden.

2. Möglichkeiten der Nutzung

Auf der Landwirtschaftsausstellung der DDR 1981 in Markkleeberg wurden zwei Neuerer-vorschläge vorgestellt, die gleichzeitig auch Vertreter zweier Grundprinzipien sind.

Der Vorschlag des VEB Landtechnischer Anlagenbau (LTA) Mihla, Betriebsteil Exleben, für den Zellenverdichter VZ 40/130 V sah vor, daß in einem über dem Gerät angebrachten 50-l-Behälter befindliche Wasser auf rd. 60 °C innerhalb einer Melkzeit zu erwärmen. Dazu wird die Abluft zur Wärmeübertragung und Ölabscheidung durch entsprechende Kammern im Wasserbehälter geleitet. Ausgehend von den o. g. Daten wird die mittlere Abgastemperatur nach dem Wärmeübertrager zwischen 40 bis 50 °C lie-

Fortsetzung von Seite 463

lung des Stallklimas vorzunehmen (Abdichten der Fugen im Winter, Öffnen der Lüftungsflügel im Sommer).

Weitere Untersuchungen sind erforderlich.

Literatur

- [1] TGL 32761 Stallklimatisches Prüfprogramm für Anlagen der Tierproduktion. Ausg. Dez. 1975, verbindlich ab 1. Januar 1976.
- [2] TGL 29084 Stallklimagestaltung. Ausg. 1981, verbindlich ab 1. Januar 1982. A 3595

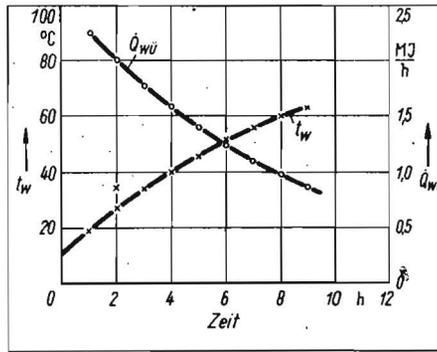


Bild 1. Zeitlicher Verlauf der Abwärmenutzung am Beispiel des Neuerervorschlags des VEB LTA Mihla

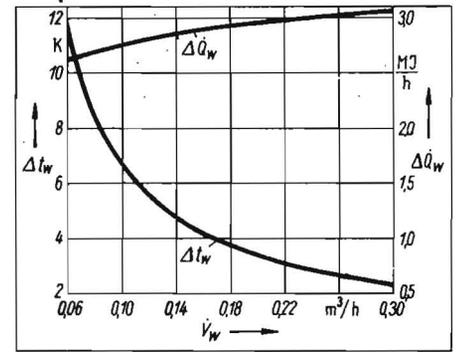


Bild 2. Wärmeenergiezuwachs ΔQ_W und Temperaturzunahme Δt_W des Kühlwassers am Beispiel des Neuerervorschlags der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg [1]

gen. Bild 1 zeigt den zeitlichen Verlauf der Erwärmung des Speicherinhalts. Vereinfachend wurde bei der Errechnung der Kurvenverläufe eine konstante Temperaturdifferenz von 20 K zwischen Abluft- und Speichertemperatur angenommen. Transmissions- und Strahlungswärmeverluste am Speicher wurden vernachlässigt.

Der von der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg realisierte Vorschlag, der ebenfalls für den Zellenverdichter VZ 40/130 V genutzt werden kann, basiert auf dem Prinzip, daß Wärmeübertrager und Ölabscheider einen ständigen Wasserdurchlauf durch das Spiralrohr des Wärmeübertragers erfordern. Die im Wasser erreichte Temperaturerhöhung hängt vom Wasservolumenstrom ab (Bild 2). Bei beiden Lösungen besteht besonders in der Warmlaufphase der Zellenverdichter die Gefahr der Unterschreitung des Taupunkts der Abgase und damit der Verunreinigung des Öls mit Wasser.

Andere Neuerervorschläge verwenden keine speziell entwickelten Geräte zur Wärmeübertragung, sondern nutzen übliche

Warmwasserbereiter und leiten die gesamten Abgase der Zellenverdichter durch das Heizregister der Boiler, entsprechen also im Grundprinzip dem Vorschlag des VEB LTA Mihla. Diese Lösungen bedingen jedoch eine extreme Überdimensionierung der wasserseitigen Übertragerfläche.

Aufgrund des hohen Temperaturniveaus der Abluft der Zellenverdichter und des nicht vorhandenen Kälteprozesses sollte hier auf den Einsatz von Wärmepumpen verzichtet werden.

3. Weiterentwicklung der Nutzung der Abwärme an Zellenverdichtern

3.1. Ausgangspunkte

Die Reaktionen interessierter Betriebe auf die von der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg vorgestellte Lösung zeigten, daß ein Gerät zur Wärmerückgewinnung nicht ausreicht, wenn eine konkrete Anlage zur Verwendung der gewonnenen Energie fehlt. Die alleinige Auslegung für die Zellenverdichter VZ 40/130 V schränkt die Anwen-

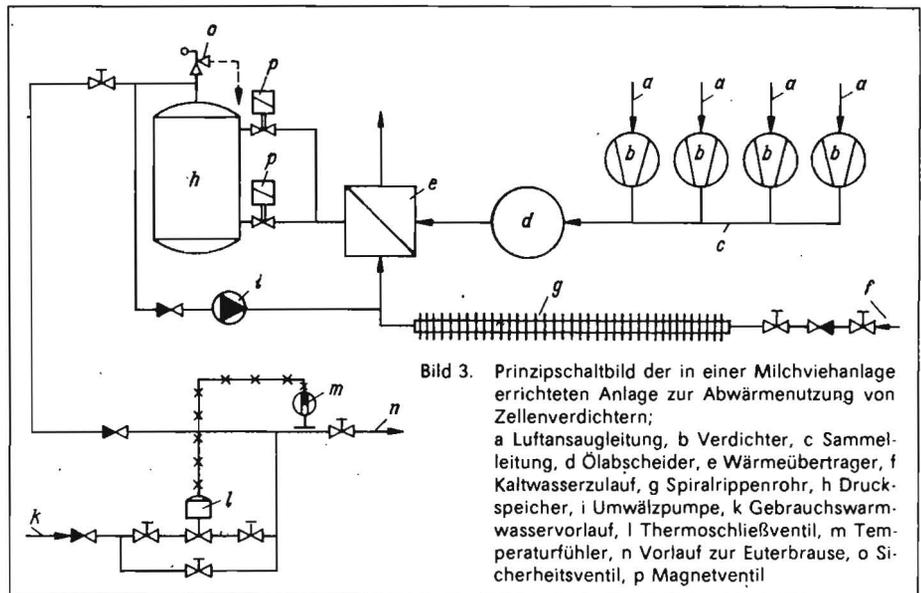


Bild 3. Prinzipschaltbild der in einer Milchviehanlage errichteten Anlage zur Abwärmenutzung von Zellenverdichtern; a Luftansaugleitung, b Verdichter, c Sammelleitung, d Ölabscheider, e Wärmeübertrager, f Kaltwasserzulauf, g Spiralrippenrohr, h Druckspeicher, i Umwälzpumpe, k Gebrauchswarmwasservorlauf, l Thermoventil, m Temperaturfühler, n Vorlauf zur Euterbräuse, o Sicherheitsventil, p Magnetventil