

Nr. der Anlage	Wärmeenergieverbrauch in der Anlage	Masse an Dämpfgut	berechneter Wärmeenergieverbrauch für das Dämpfen	Anteil der Wärmeenergie für das Dämpfen
	gesamt GJ	t	GJ	%
<b>Mastanlagen mit 6000 Tierplätzen</b>				
4	1 178	628	299	25,4
13	2 032	769	367	18,6
14	4 104	1 001	477	11,6
20	2 666	1 117	532	20,0
6	1 818	2 988	1 424	78,3
9	1 962	3 131	1 493	76,5
11	2 786	3 251	1 550	55,6
16	5 618	4 485	2 138	38,1
15	6 019	9 759	4 652	77,3
<b>Mastanlagen mit 12 480 Tierplätzen</b>				
5	4 369	237	113	2,6
17	6 777	925	441	6,5
1	7 256	1 032	501	6,9
4	5 478	2 102	1 002	18,3
16	3 700	2 692	1 283	34,7
9	7 703	3 026	1 442	18,7
18	10 815	3 259	1 554	14,4
6	5 298	2 097	3 860	72,0
<b>Mastanlagen mit 25 000 Tierplätzen</b>				
6	26 891	619	295	1,1
13	11 792	2 889	1 377	11,7
9	6 119	4 650	2 217	36,2
17	11 950	5 314	2 533	21,2

Fortsetzung von Seite 258

der Ermittlung des Verbrauchs an Wärmeenergie für die Beheizung der Ställe und des Sozialtrakts in allen industriemäßigen Schweineproduktionsanlagen von gleichen Voraussetzungen auszugehen. Bereits jetzt ist aus der Vielzahl der vorliegenden Untersuchungsergebnisse erkennbar, daß die Mehrzahl der Mastanlagen mit einer hohen jährlichen Dämpfgutmenge im Wärmeenergieaufwand nicht an der Spitze ihrer Anlagenkategorie liegen, sondern sich in den Durchschnittsbereich einreihen. In der gezielten Einsparung an Energieträgern für die Heizung der Schweine-

nemastställe industriemäßiger Anlagen können noch bedeutende Reserven erschlossen werden. Auf die in den Schweineproduktionsanlagen einzuhaltenden Raumtemperaturen, wie im Standard TGL 29084 „Stallklimagestaltung“ aufgeführt, wird verwiesen.

#### 4. Zusammenfassung

In vorliegendem Beitrag wurde über repräsentative Ergebnisse der Untersuchungen des Gebrauchsenergieaufwands in den industriemäßigen Schweineproduktionsanlagen der ersten Verfahrensgeneration berichtet. Mit diesen Ergebnissen kann der gegenwärtige Stand im Energieverbrauch sowie seine Ten-

**Bild 7**  
Anteiliger Wärmeenergieverbrauch für die Futteraufbereitung (Dämpfen von Kartoffeln bzw. Küchenabfällen)

denz in der vierjährigen Entwicklung von 1978 bis 1981 hinreichend gekennzeichnet werden. Bei der weiteren analytischen Tätigkeit auf diesem Gebiet kommt es darauf an, durch Intensivmessungen Einblick in den Energieaufwand für die einzelnen Teilprozesse des jeweiligen Gesamtverfahrens zu bekommen. Derartige Messungen werden bereits seit nahezu einem Jahr in 3 ausgewählten industriemäßigen Schweineproduktionsanlagen durchgeführt.

Die gegenwärtig erkennbaren Schwerpunkte zur Reduzierung des Gebrauchsenergieeinsatzes wurden im Beitrag angedeutet. Vorrang kommt dem Abbau der großen Differenziertheit und der Verminderung des Primärenergieeinsatzes für die Wärmeerzeugung zu.

Die breite Einführung der Wärmerückgewinnung aus der Stallluft wird besonders in den industriemäßigen Schweineproduktionsanlagen mit zentralisiertem Lüftungssystem in naher Zukunft als orientierend angesehen.

#### Literatur

- [1] Malze, R.; Naumann, T.: Die Rolle und wesentliche ökonomische Wirkungen der Rationalisierung — insbesondere der Rekonstruktion — bei der Vervollkommnung der materiell-technischen Basis der Tierproduktion beim Übergang zur industriemäßigen Produktion. Akademie der Gesellschaftswissenschaften beim ZK der SED, Institut für Politische Ökonomie des Sozialismus, Dissertation 1981 (unveröffentlicht).
- [2] Laube, W.: Über Energieprobleme in der Tierproduktion. Tierzucht, Berlin 36 (1982) 11, S. 481.
- [3] Siegl, O., u. a.: Lösungsvorschläge zur rationellen Energieanwendung in der Schweineproduktion. Markkleeberg: agra-Buch, Landwirtschaftsausstellung der DDR 1982. A 3733

## Anforderungen an die Klimagestaltung in der Schweineproduktion

Dipl.-Biol. B. Bresk/Dipl.-Ing. U. Rehmann, Institut für angewandte Tierhygiene Eberswalde-Finow

### Einleitung

Tierphysiologisch begründete Anforderungen landwirtschaftlicher Nutztiere an bestimmte Umweltparameter sind im Standard TGL 29084 (Stallklimagestaltung) enthalten. Für die Nutztierart Schwein können diesem Standard die in Tafel 1 ausgewiesenen optimalen Lufttemperaturbereiche entnommen werden. Neben den optimalen Lufttemperaturbereichen sind erstmalig in einem Standard zu diesem Problemkreis Lufttemperaturen ausgewiesen, die den Optimalbereich überschreiten (Tafel 1). Diese Lufttemperaturen sind im Standard für die einzelnen Alters- bzw. Lebendmassebereiche als „produktive Temperaturbereiche“<sup>(1)</sup> ausgewiesen.

Der Definition ist zu entnehmen, daß bei der Festlegung des produktiven Temperaturbereichs bestimmte Leistungsminderungen einkalkuliert wurden, wobei innerhalb der Grenzen dieses Bereichs nach heutiger Erkenntnis keine schweren gesundheitlichen Schäden bzw. Tierverluste zu erwarten sind. Die Ausweisung dieses Temperaturbereichs darf demzufolge nicht als Empfehlung aufgefaßt werden, diese Temperaturen anzustreben. Vielmehr müssen in der praktischen Stallklimagestaltung alle Möglichkeiten genutzt werden, um innerhalb des Optimalbereichs zu produzieren, damit Leistungsverluste und Futtermehraufwendungen vorgebeugt wird. Der folgende Beitrag befaßt sich deshalb mit der Leistung-Umwelt-Beziehung von Schweinen und den sich daraus ergebenden Möglichkeiten, ohne Einsatz technischer Energie weitgehend optimale Stalltemperaturen in der Schweinemast einzuhalten.

### Volkswirtschaftlich bedeutende Tier-Umwelt-Wechselbeziehungen

Hohe tierische Leistungen können in Verbindung mit einem niedrigen Futterenergieaufwand in der Schweineproduktion nur dann erreicht werden, wenn bei der Produktionsgestaltung auch die altersspezifisch unterschiedlichen Anforderungen der Tiere an das Stallklima berücksichtigt werden. Dabei ist die Stalllufttemperatur im System der Stallklimafaktoren als Hauptkomponente anzusehen. Volkswirtschaftlich von besonderem Interesse sind die unteren Grenztemperaturen des Optimalbereichs der Tiere, da aufgrund der klimatischen Bedingungen in der DDR wesentlich häufiger die unteren als die oberen Grenztemperaturen des Optimalbereichs im Stall nicht eingehalten werden können. In der Jungtieraufzucht muß vielfach den Ställen Wärme zugeführt werden, um auch über eine Stallklimagestaltung Voraussetzungen für eine gesunde Entwicklung und damit die spätere Leistungsfähigkeit zu gewährleisten.

<sup>1)</sup> Bereich der Stalllufttemperatur außerhalb des optimalen Temperaturbereichs, in dem in entsprechender Kombination mit den anderen Stallklimakomponenten die Produktion unter Leistungsminderung landwirtschaftlicher Nutztiere möglich ist.

Tafel 1. Optimale und produktive Lufttemperaturbereiche beim Schwein (nach Standard TGL 29084)

Produktionsabschnitt	mittlere Lebendmasse kg	optimaler Temperaturbereich °C	produktiver Temperaturbereich °C
Sau mit Ferkeln	180...230	15...21 <sup>1)</sup>	15...28
Ferkel			
1. Woche	2,5	30...33	28...35
2. Woche	3,7	28...30	26...35
3. Woche	5,0	26...28	22...33
4. Woche	6,5	24...26	22...33
5. bis 8. Woche	8...17	22...25	20...31
9. bis 15. Woche	17...35	20...25	18...31
Zucht- und Mastschwein	35...70	18...25	10...28
Jungsau, Zuchtsau (tragend, güst)	70...120	16...25	5...28
Jungeber, Zuchteber	120...250	12...25	5...28

1) unterschiedlichen Temperaturansprüchen im gleichen Raum ist mit örtlichen Heizquellen zu entsprechen

Nach dem Absetzen der Ferkel von der Sau und Überwindung der damit verbundenen Umstellungsphase sinken die Anforderungen der Tiere an die Höhe der Stalllufttemperatur mit fortschreitender Entwicklung erheblich ab. In dieser und den nachfolgenden Produktionsphasen gilt es vor allem, die erhebliche Wärmeproduktion der Tiere durch geeignete ingenieurtechnische Lösungen zur Erwärmung der Stallluft zu nutzen. An die gewünschten Stoffumwandlungsprozesse im Schweinekörper, die stofflich und energetisch über die Futtermittel aufgenommen werden, ist eng die Produktion von einem bestimmten Betrag an Wärme gekoppelt. Durch diese an die Lebensprozesse gebundene Wärmeproduktion liefert das Tier als „Abprodukt“ seiner Stoffwechsellätigkeit Wärme, die bei niedrigen Außenlufttemperaturen geeignet ist, die Stallluft auf eine für die Tiere optimale Temperatur zu erhöhen. Die Wärmeproduktion landwirtschaftlicher Nutztiere ist von den Hauptfaktoren Körpermasse, Leistungsniveau und Erhaltungsumsatz abhängig, der wesentlich durch thermische Umweltfaktoren (z. B. Lufttemperatur) beeinflusst werden kann, wenn der physikalische Temperaturregulationsbereich der Tiere erschöpft ist und die Wärmeproduktion dem physikalisch bedingten Anstieg des Wärmeverlustes folgt. Aus Bild 1 ist nicht nur der Anstieg der Wärmeproduktion unterhalb einer bestimmten Lufttemperatur, sondern auch die Abhängigkeit der Lage der unteren Grenztemperatur von der Futtermittelaufnahme zu erkennen. Für Schweine konnten analoge Beziehungen von Close und Mount [2] ermittelt werden. Der Anstieg der Wärmeproduktion unterhalb des Optimalbereichs wird dabei energetisch durch

die metabolische Umsetzung der im Futter enthaltenen Nährstoffe, Kohlehydrate, Fette und Eiweiße gedeckt. Damit stehen diese Nährstoffe dem Tier nicht mehr für den eigenen Ansatz zur Verfügung und die Wachstumsleistung sinkt. Bild 1 kann ebenfalls entnommen werden, daß die Untersuchung der Wärmeproduktion eine objektive Methode ist, den Optimalbereich landwirtschaftlicher Nutztiere zu bestimmen.

Eine andere objektive Methode ist die Ermitt-

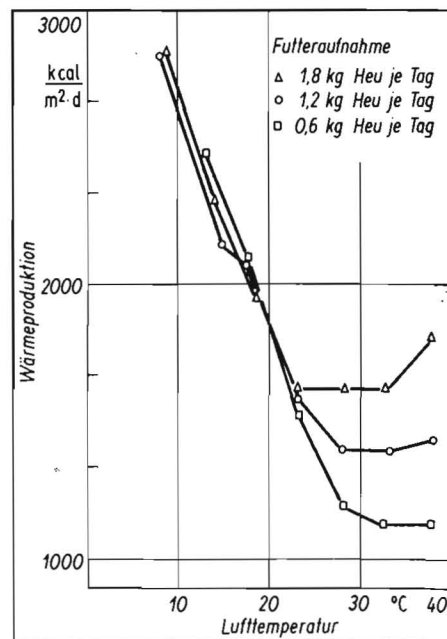


Bild 1 Abhängigkeit der Wärmeproduktion von der Lufttemperatur und der täglichen Futtermittelaufnahme am Beispiel von Schafen (nach [1])

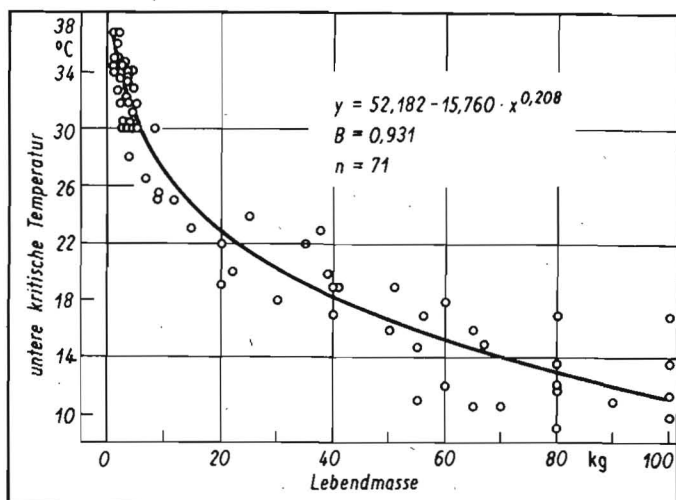


Bild 2 Untere Grenztemperatur des Optimalbereichs von Schweinen bei Ad-Libitum-Fütterung in Abhängigkeit von der Lebendmasse

lung des Wachstumsverlaufs in Abhängigkeit von der Lufttemperatur oder anderen klimatischen Faktoren [3]. Aus Untersuchungsergebnissen u. a. von Bresk und Stolpe [4, 5, 6] wurde eine Gleichung abgeleitet, die eine Berechnung der zu erwartenden Minderung der täglichen Lebendmassezunahme bei Unterschreitung des Optimalbereichs gestattet:

$$y = 2,6LM^{0,6};$$

y Minderung der täglichen Lebendmassezunahme je °C Unterschreitung der unteren Grenztemperatur des Optimalbereichs

LM Lebendmasse in kg.

Die untere Grenztemperatur des Optimalbereichs von Schweinen (Ad-Libitum-Fütterung vorausgesetzt) im Lebendmassebereich bis 120 kg kann nach der im Bild 2 ausgewiesenen Gleichung errechnet werden, die mit Hilfe einer regressionsstatistischen Verrechnung eigener und der Literatur entnommener Ergebnisse zur unteren Grenztemperatur ermittelt wurde.

Aus der angegebenen Gleichung zur Beeinflussung der täglichen Lebendmassezunahme unterhalb des Optimalbereichs, der in [7] veröffentlichten NEFs-Bedarfsgleichungen für die tägliche Lebendmassezunahme von Schweinen sowie den Angaben von Close und Mount [2] zur Abhängigkeit der unteren Grenztemperatur von der Futterenergieaufnahme läßt sich eine Mastleistungscharakteristik errechnen, wie sie im Bild 3 dargestellt ist. Diesem Bild kann entnommen werden, daß mit steigendem Niveau der täglichen Lebendmassezunahme der Energieaufwand je kg Lebendmassezunahme und die untere Grenztemperatur absinken (halbfette Linie). Unterhalb der Grenztemperatur sinkt die tägliche Lebendmassezunahme nahezu unabhängig von dem Ausgangsniveau der Einheit Temperatursenkung um einen konstanten Betrag [8]. Daraus ergibt sich der von dem Ausgangsniveau der täglichen Lebendmassezunahme abhängige Verlauf des Energieaufwands unterhalb der Optimaltemperaturen. Weiterhin ist aus Bild 3 erkennbar, daß der Aufwand an energetischen Futtereinheiten bei suboptimalen Temperaturen um so niedriger ist, je höher sich das Ausgangsniveau der täglichen Lebendmassezunahme befindet. Ein hohes Leistungsniveau senkt somit nicht nur die Anforderungen der Tiere an die Höhe der Lufttemperatur, sondern läßt auch die Auswirkungen nichtoptimaler Stallklimaverhältnisse auf die Mastleistung als relativ unbedeutend erscheinen.

Besonders nachteilig für die Futterökonomie erweist sich die Kombination von nichtoptimalem Stallklima und niedrigem Ernährungs- bzw. Leistungsniveau, da der Futter- bzw. Energieaufwand je kg Lebendmassezunahme bei niedrigen täglichen Lebendmassezunahmen steil ansteigt, wenn die Lufttemperatur die untere Grenze des Optimalbereichs unterschreitet.

### Praktische Bedeutung der dargelegten Wechselbeziehungen für die Wärmebilanz eines Schweinemaststalls

Mit steigendem Ernährungs- bzw. Leistungsniveau ergeben sich nicht nur die schon aufgezeigten Auswirkungen auf die Anforderungen der Tiere an das Stallklima, sondern durch die höhere Wärmeproduktion der Tiere gestaltet sich auch die Wärmebilanz eines Stalls günstiger, so daß selbst bei relativ niedrigen Außenlufttemperaturen noch optimale Stalllufttemperaturen eingehalten werden können. Im Bild 4 ist der Wärmebedarf eines Beispielstalls (Schweinemaststall mit 672 Tier-

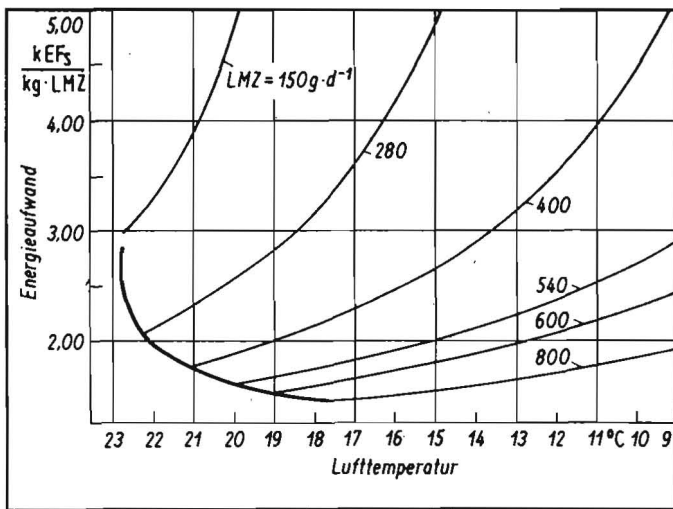


Bild 3  
Energieaufwand je kg Lebendmassezunahme in Abhängigkeit von der täglichen Lebendmassezunahme und der Lufttemperatur bei Schweinen mit einer Masse von 35 kg (die Ausgangspunkte der Kurven liegen an der unteren Grenztemperatur des Optimalbereichs für die täglichen Lebendmassezunahmen)

- zweckmäßige Lüftung zur Abführung des Wasserdampfs und der Schadgase ohne Überdimensionierung
- Vermeidung von extremen Wärmeverlusten durch die Bauteile (z.B. durchfeuchtete Decken und Wände, nichtschließende Fenster)
- Vermeidung von unnötigen feuchten Flächen im Stall.

#### Zusammenfassung

Ausgehend von dargestellten Tier-Umwelt-Wechselbeziehungen werden Berechnungen zur Beeinflussung des Futterenergieaufwands durch die Lufttemperatur und der Wärmebilanz eines Schweinemaststalls durch die Außenlufttemperatur vorgenommen. Aus den Berechnungsergebnissen folgt, daß die Mastleistung von Schweinen und die Wärmebilanz eines ungeheizten Stalls im Winterzeitraum um so günstiger gestaltet werden können, je höher das Ernährungs- bzw. Leistungsniveau der Tiere ist.

plätzen nach Angebotsprojekt) zur Aufrechterhaltung optimaler Lufttemperaturen in Abhängigkeit von der täglichen Lebendmassezunahme bei angesetzten Außenlufttemperaturen von  $-15^{\circ}\text{C}$  dargestellt. Der niedrige Wärmebedarf bei hohen täglichen Lebendmassezunahmen ergibt sich dabei sowohl aus der Senkung der Temperaturanforderung als auch aus der Erhöhung der Wärmeproduktion mit steigendem Leistungsniveau. Für Schweine mit einer Masse von 35 kg sind bei einem hohen Leistungsniveau bis zu einer Außenlufttemperatur von  $-6,5^{\circ}\text{C}$  ohne Wärmezuführung noch optimale Stalltemperaturen zu erreichen. Selbst bei einer Unterschreitung dieser Außenlufttemperatur, die nur in extremen Witterungssituationen zu erwarten ist, bleiben, wie aus Bild 3 ersichtlich, die Auswirkungen der nichtoptimalen Stalltemperaturen auf den Futter- bzw. Energieaufwand in ökonomisch vertretbaren Grenzen. In einem Stall, der mit Schweinen mit einer Masse von 80 kg belegt ist, dürften auch bei einem mittleren Leistungsniveau der Tiere die Stalltemperaturen den Optimalbereich nicht unterschreiten, da die Wärmebilanz erst unterhalb von  $-15^{\circ}\text{C}$  negativ wird.

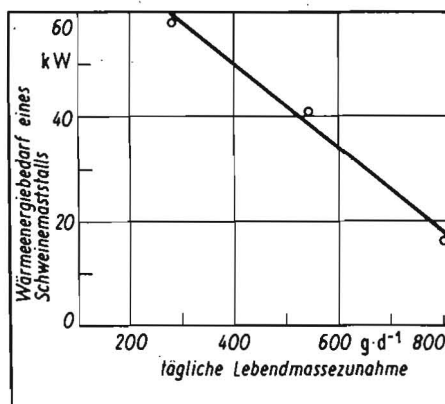
Leistungsniveau der Schweine so hoch wie möglich zu halten.

Werden zusätzlich die folgenden, von Stolpe[9] formulierten Grundsätze bei der Bewirtschaftung eines Schweinemaststalls ohne Heizung im Winterzeitraum berücksichtigt, können die klimabedingten Leistungsmininderungen auf einem Minimum gehalten werden.

Möglichkeiten, in den Wintermonaten die „indirekte Erwärmung“ des Tierbestands zu nutzen, sind

- volle Belegung des gesamten Stalls
- volle Belegung der Haltungseinheiten bei Gruppenhaltung zur Nutzung der kollektiven Wärmeregulation
- verstärkter Einsatz trockener Einstreu bzw. Nutzung trockener, wärmegeämmter Liegeflächen
- zugfreier Aufenthaltsbereich der Tiere

Bild 4. Abhängigkeit des Wärmeenergiebedarfs zur Einhaltung optimaler Haltungstemperaturen von der täglichen Lebendmassezunahme (berechnet für einen Schweinemaststall mit 672 Tierplätzen)



#### Folgerungen

Aus den Berechnungsergebnissen läßt sich erkennen, daß die Mastleistung von Schweinen während der Winter- und Übergangszeit ohne Heizung der Ställe um so günstiger gestaltet werden kann, je höher die tägliche Futter- bzw. Futterenergieaufnahme und damit die tägliche Lebendmassezunahme der Tiere ist. Hohe Wachstumsleistungen führen nicht nur zu einem relativ unbedeutenden Anstieg des Futter- bzw. Energieaufwands, sondern auch zu einer Senkung der Außenlufttemperatur, bei der die Wärmebilanz des Stalls negativ wird. Es erweist sich deshalb aus energiewirtschaftlichen und futterökonomischen Gründen als vorteilhaft, durch gezielten Futtereinsatz das

#### Literatur

- [1] Graham, C.N., u.a.: Umwelttemperatur, Energieumsatz und Wärmeregulation bei Schafen. Journal of Agricultural Science, London 52 (1959) S. 13—24.
- [2] Close, W.H.; Mount, L.E.: Auswirkungen des Ernährungsniveaus und der Umwelttemperatur auf den Energieumsatz von wachsenden Schweinen. British Journal of Nutrition, London (1978) 3, S. 413—422.
- [3] Bresk, B.; Stolpe, J.: Zur Bestimmung der kritischen Temperatur von Schweinen mittels Mastleistungsuntersuchungen. Monatshefte für Veterinärmedizin, Jena 37 (1982) 10, S. 374—380.
- [4] Bresk, B.; Stolpe, J.: Wechselbeziehungen zwischen Umgebungstemperatur, Leistung und Fütterungshöhe bei wachsenden Schweinen. Archiv Tierernährung, Berlin 29 (1979) 7/8, S. 461—467.
- [5] Bresk, B.; Stolpe, J.: Die Auswirkungen niedriger Lufttemperaturen in Verbindung mit hohen Luftgeschwindigkeiten auf die Mastleistung von Schweinen. Monatshefte für Veterinärmedizin, Jena 35 (1980) 16, S. 601—604.
- [6] Bresk, B.; Stolpe, J.: Wärmeverlust und Minderung der täglichen Lebendmassezunahme von Schweinen bei niedrigen Lufttemperaturen. Monatshefte für Veterinärmedizin, Jena 37 (1982) 17, S. 644—649.
- [7] Hoffmann, L.; Schiemann, R.; Jentsch, W.: Die Verwertung der Futterenergie durch wachsende Schweine. Energiebedarf für Wachstum und Mast von Schweinen (3. Mitteilung). Archiv Tierernährung, Berlin 29 (1979) 2, S. 93—109.
- [8] Fuller, M.F.; Boyne, A.W.: Der Einfluß der Umwelttemperatur auf das Wachstum und den Stoffwechsel von Schweinen mit verschiedenen Ernährungsniveaus. British Journal of Nutrition, London (1971) S. 259—272.
- [9] Stolpe, J.: Die Bedeutung der Stalllufttemperatur für die Leistung und Gesundheit der Tiere. Tierzucht, Berlin 35 (1981) 10, S. 472—473.

A 3700

Folgende Fachzeitschriften des Maschinenbaus erscheinen im VEB Verlag Technik:

agrartechnik; Die Eisenbahntechnik; Feingerätetechnik;  
Fertigungstechnik und Betrieb; Hebezeuge und Fördermittel; Kraftfahrzeugtechnik;  
Luft- und Kältetechnik; Maschinenbautechnik; Metallverarbeitung; Schmierungstechnik;  
Schweißtechnik; Seewirtschaft