

Praxis-Messungen an Platten-Wärmetauschern

Wilfried Göbel

Wärmetauscher werden seit ein paar Jahren vermehrt gebraucht, um in Ställen Wärme aus der Abluft in die Zuluft zu übertragen. In Geflügel-, Kälber-, Ferkel- und Schweinevormastställen verringern oder decken sie den Wärmebedarf. In anderen Ställen gestatten sie einen grösseren Luftdurchsatz.

Im Winter 1984/85 wurden vier zufällig ausgewählte Fabrikate würfelförmiger Platten-Wärmetauscher im Praxiseinsatz gemessen: Zwei Stegplatten- und zwei Wellplattentauscher. Ein Jahr später wurden mit etwas verfeinerter Messmethode zwei dieser Typen in anderen Ställen gemessen und noch ein fünftes Fabrikat in die Untersuchung eingeschlossen.

- Diese Tauscher gewannen bei null Grad Aussentemperatur und 2000 m³/h Luftleistung rund 25% der durch die Abluft abgeführten Wärme zurück.
- Luftmengenveränderungen um 1000 m³/h nach oben oder nach unten verringern bzw. erhöhen bei gleichbleibenden Aussentemperaturen den Wärmeaustauschgrad um rund 5%.
- Ebenso verändert sich der Wärmeaustauschgrad bei zu- und abnehmender Aussentemperatur je Grad um rund -1 bzw. +1%.

1. Vorgehen

Im Winter 1982/83 wurden bereits fünf Anlagen der verbreitetsten Wärmetauschertypen im Praxis-Einsatz gemessen (1). Aber alle werden entweder in ihrer damaligen Bauweise nicht mehr hergestellt (Stegplatten-, Alumanplatten- und Folientau-

scher) oder fanden keine weitere Verbreitung (Faltenbalg- und Glasrohrtauscher). Dafür gab es folgende Gründe:

- Glasrohrtauscher sind schwer und leicht zerbrechlich.
- Faltenbalgtauscher sind teuer, fördern nicht gleich viel Luft in beiden Richtungen und lassen sich nur auf Dächern montieren.
- Folientauscher sind zwar billig, aber leicht zu verletzen.

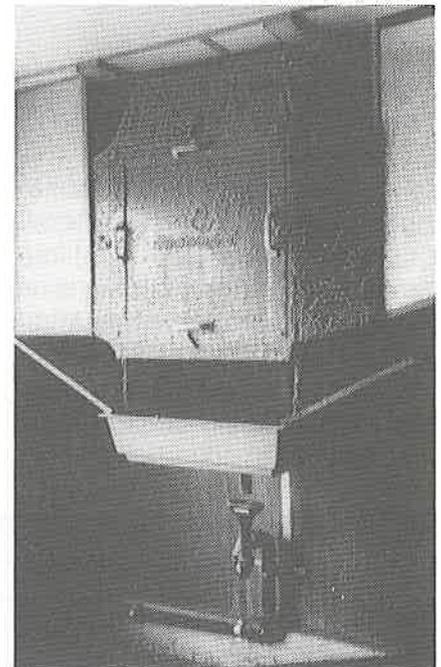


Abb. 1: Wellplatten-Wärmetauscher im Hühnerstall mit Kondens- und Spritzwasserabfluss.

Sie gewinnen im Vergleich zu anderen Tauschern weniger Wärme zurück.

- Alumantauscher liessen besonders im Hinblick auf Korrosionsbeständigkeit zu wünschen übrig.
- Die ersten Stegplattentauscher wurden nach dem Ge-

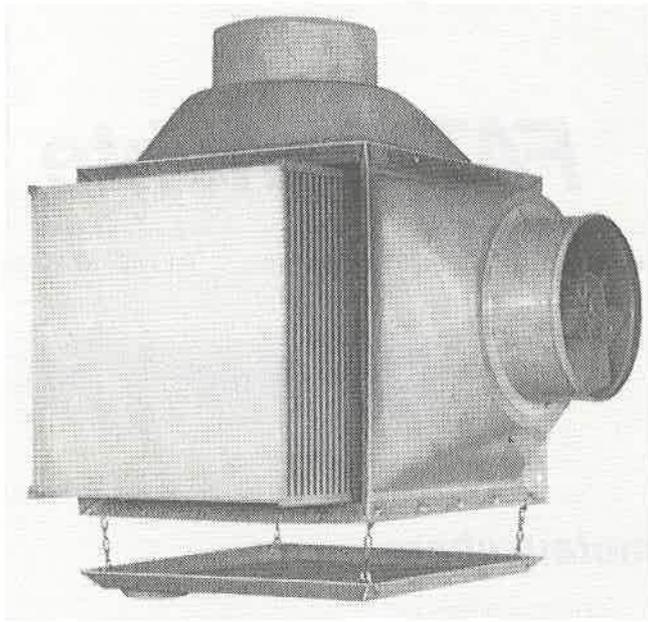


Abb. 2: Wärmetauscher mit herausnehmbarem Stegplatten-Tauscherpaket und Kondenswasser-Auffangwanne.

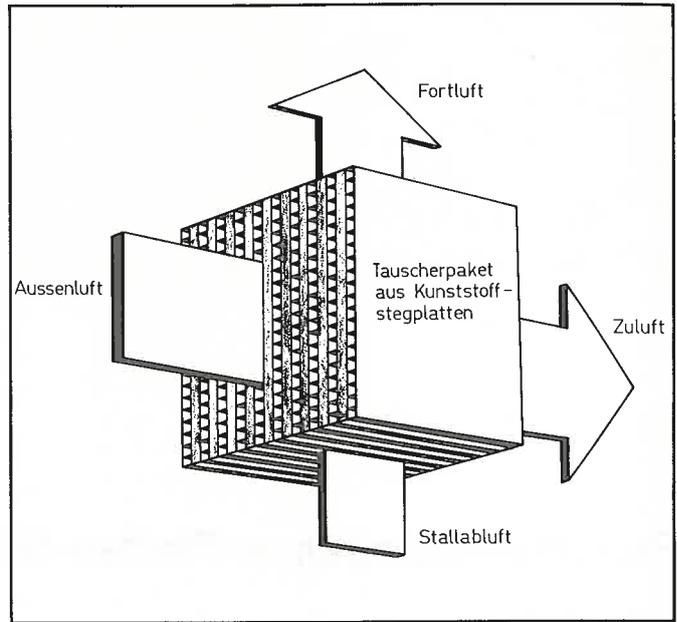


Abb. 3: Stegplattenpaket eines Wärmetauschers mit den Luftbezeichnungen.

genstrom-Prinzip gebaut und waren damit zu schwer und zu teuer.

Es scheinen sich jetzt Wärmetauscher durchzusetzen, die einige dieser Nachteile nicht haben. Neue Wärmetauscher sind allgemein korrosionsbeständiger, einfacher, billiger und besonders aber wartungsfreundlicher. Wartungsfreundlich sind

nur Tauscher mit einem leicht zugänglichen, im Kreuzstrom betriebenen Platten-Tauscher-Paket. In der Regel ist es herausziehbar, um es von Hand abzuspritzen zu können (Abb. 1, 2 und 3). Das in der Regel würfelförmige Kunststoffplatten-Tauscher-Paket wird im Sommer ganz entfernt und durch einen einfachen Einsatz ersetzt, so

dass dieselben Ventilatoren die erforderliche grössere Sommerluftfrate liefern.

Die Leistung der sieben Wärmetauscher wurde nach der in der Literatur beschriebenen Methode gemessen bzw. berechnet (1, 3, 4): **Kurzzeitmessungen** zur Bestimmung des Wärmeaustauschgrades bei veränderter Luftmenge, die sich steuern lässt; **Langzeitmessungen** (über eine Woche) zur Bestimmung des Wärmeaustauschgrades bei veränderter Aussentemperatur, die sich nicht steuern lässt (Abb. 4).

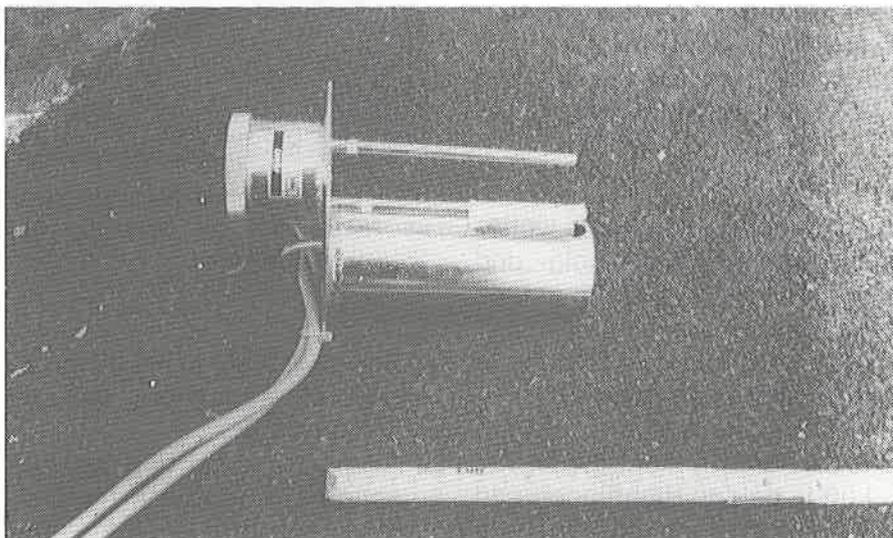


Abb. 4: Taupunkttemperatur-Messvorkehrung zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit bei mehr als 1m/s Luftgeschwindigkeit. Pt100-Temperatursonde, die mit einem Strumpf überzogen ist, der in ein Wasserreservoir reicht.

2. Untersuchte Tauscher

Tab. 1 gibt Auskunft über die Konstruktion der Tauscher. Grosse Unterschiede bestehen zwischen den einzelnen Fabriken mit Ausnahme der Kunststoffplattenart (Steg- oder Wellplatten), der Tauscherfläche (25

Tabelle 1: Wärmetauscher-Konstruktionsangaben

Anlage	Tauscher- typ	Bau- weise	Abmes- sungen cm	Gewicht kg	Tausch- fläche m ²	Platten- abstand mm	Luftquer- schnitt m ²	2 Venti- latoren max. kW
1984 / 85								
A	WRK 25	Stegpl.	60.60.60	25	25	8	0.17	0.7
B	AN 60	Wellpl.	66.66.70	33	30	12	0.22	0.9
C	WPT 645	Wellpl.	60.60.70	25	30	11	0.20	0.6
D	KKW 42	Stegpl.	70.70.70	22	42	8	0.24	0.7
1985 / 86								
E	KKW 42	Stegpl.	70.70.70	22	42	8	0.24	0.9
F	WPT 645	Wellpl.	60.60.70	25	30	11	0.20	0.6
G	SCH 4060	Stegpl.	2x40.60.60	25	30	10	0.18/0.24	1.8

bis 42 m²) und der Stromaufnahme nicht. Man beachte auch den Plattenabstand, der bei 8 bis 12 mm liegt. Erfahrungsgemäss führen geringere Abstände zu Verstopfung, grössere verringern den Wirkungsgrad. (Die vollständigen Kosten betragen je nach Ausstattung der Anlage mit Kanälen und Spritzdüse Fr. 7'000.- bis 11'000.-.)

Tab. 2 enthält Angaben über die Einbaumstände. Die Tauscher C und F stehen in Mastgeflügeställen. Drei Tauscher erhalten die Luft nicht von aussen, son-

dern aus dem Dach- bzw. Lagerraum. Mit Ausnahme von einem waren alle im Stall montiert. In diesem Ausnahmefall kann bei fehlender Isolation der Wärmeverlust des Tauschers theoretisch 0,5 kW betragen.

Zu beachten ist auch die Stellung des Tauschers. Ein Fabrikant stellt das Tauscherpaket auf eine Kante (D und E). Wegen grösserer Verschmutzungsgefahr im Hühnerstall sind die Tauscher C und F mit Spritzdüsen ausgerüstet (automatische Schaltung 5 Minuten/Stunde).

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Allgemeines

Tab. 3 enthält Angaben zu den Messvoraussetzungen aller Anlagen bei den Kurzzeitmessungen. Die Messvoraussetzungen unterscheiden sich in Bezug auf Luftstrom- und Aussentemperaturbereich sowie die Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen, weshalb die Ergebnisse keinen Vergleich unter den Tau-

Tabelle 2: Wärmetauscher-Einbauangaben

Anlage	Tierart (*)	Tier- zahl	Inbetrieb- nahme	Stand- ort	Luftan- saugung	Stellung	Luft- verteiler	Wartung	Stall- temperatur
1984 / 85									
A	MS 80kg	108	Okt. 84	Stall	aussen	■	Kanal	Hand	20
B	MS 70kg	140	Dez. 84	Stall	aussen	■	Folie	Hand	18
C	MGF 0,4	5000	Sept. 84	Stall	Dachr.	■	Folie	Düsen	26
D	MS 80kg	130	Dez. 84	Stall	aussen	◆	T-Rohr	Hand	20
1985 / 86									
E	MS 50kg	80	Jan. 86	Stall	aussen	◆	Kanal	Hand	18
F	MGF 1,6	5000	Okt. 85	Dachr.	Dachr.	■	Kanal	Düsen	23
G	MS 40kg	90	Okt. 85	Stall	Lagerr.	■	Kanal	Hand	20

*) MS = Mastschweine, MGF = Mastgeflügel

Tabelle 3: Messvoraussetzungen für die Kurzzeitversuche

Anlage	Zuluftbereich m ³ /h	Aussentemperaturbereich Grad	Temperaturdifferenzbereich: innen - aussen Grad
1984 / 85			
A	1216 - 2921	4,0 - 6,3	15,6 - 11,1
B	339 - 2255	0,2 - 2,4	20,8 - 16,8
C	1240 - 2391	0,0 - 3,4	23,0 - 16,8
D	643 - 1954	-6,0 - -1,8	24,6 - 19,6
1985 / 86			
E	1240 - 4000 *)	-6,2 - 4,3	24,2 - 15,2
F	1250 - 2520 *)	-2,2 - -1,8	25,1 - 24,0
G	450 - 3300 *)	1,4 - 5,8	18,1 - 14,3

*) mehrmals eine Kurzzeitmessung

schern zulassen. Zum Beispiel ist die Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen bei den Tauschern B, C und D um rund 50% grösser als bei A.

Der Aussentemperaturbereich, bei dem gemessen wurde, schwankt von -6 bis +6 Grad. Die minimale Luftleistung, bei der gemessen wurde, variierte im Extremfall von einer zur anderen Anlage um beinahe 1000 m³/h, da an der Steuerung nichts geändert wurde. Doppelt so hoch ist diese Differenz bei der maximalen Luftleistung, wobei die Anlagen E, F und G nicht ganz ausgefahren wurden. Zuluft- und Abluftmenge waren jeweils ungefähr gleich gross.

Bei den Schweineställen, die im letzten Winter gemessen wurden (Anlagen A, F und G), wurde ungefähr die vierfache Winterluftfrate als maximale Luftleistung der Tauscher erreicht. Ohne Tauscherpaket (Sommerzustand) werden bei gleicher Stromaufnahme 50 bis 100% mehr Luft erwartet. Bei den Geflügelmastställen wurde das normale Lüftungssystem zum Wärmetauscher zugeschaltet.

Die Abb. 5 bis 9 stellen die Ergebnisse der Untersuchung dar. Die unterschiedlichen Abhän-

gigkeiten von Wärmeaustauschgrad zu Luftmenge oder Aussentemperatur usw. können als Geraden abgebildet werden.

3.2 Kurzzeitversuche

Nach Abb. 5 liegt bei der Anlage A der Temperatureaustauschgrad in Abhängigkeit zur Luftmenge um 50 bis 100% höher als der Wärmeaustauschgrad (5). Für die Wärmehaushaltsberechnung eines Stalles ist nur der Wärmeaustauschgrad von Bedeutung.

Die untersuchten Wärmetauscher gewinnen bei ungefähr

null Grad Aussentemperatur im Luftmengenbereich zwischen 500 und 4000 m³/h 40 bis 15% der mit der Abluft fortgeführten Wärme zurück (Abb. 6). Bei allen Wärmetauschern geht mit zunehmender Luftmenge der Wärmeaustauschgrad zurück, nämlich im Bereich von 1 bis 15% je 1000 m³/h Luftleistung. Im Mittel kann man rund 5% je 1000 m³/h ansetzen. Dieses Ergebnis unterscheidet sich etwas von früheren Untersuchungen bei mehrheitlich im Gegenstrom durchflossenen Tauschertypen (1), bei denen der Wärmeaustauschgrad in Ab-

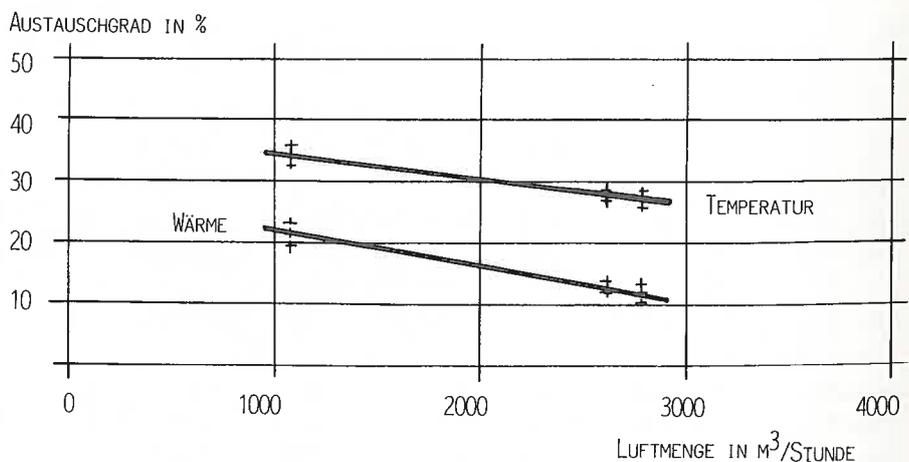


Abb. 5: Wärme- und Temperatureaustauschgrad des Tauschers A in Abhängigkeit von der Luftmenge.

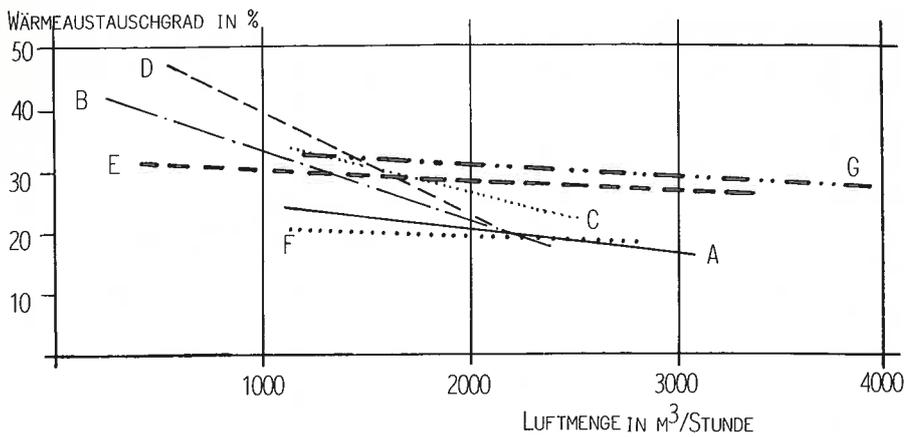


Abb. 6: Wärmeaustauschgrad in Abhängigkeit von der Luftmenge bei den Wärmetauschern A bis G.

hängigkeit zur Luftmenge mehr oder weniger konstant blieb.

Die Geraden der Anlagen A und F (Abb. 6) bilden den unteren Abschluss der Geradenschar aller Anlagen. Wegen der sehr kleinen Temperaturdifferenzen zwischen innen und aussen und der hohen Aussentemperatur ist bei Anlage A ein geringer Wärmerückgewinn zu erwarten (Tab. 3). Doch woran liegt der gleich tiefe Wärmerückgewinn bei der Anlage F, obwohl bei ihr ein hoher Temperaturunterschied zwischen innen und aussen besteht? Der gleiche Wärmetauscher wie bei Anlage F steht in der Anlage C (Tab. 1), die einen sehr guten Wärmeaustauschgrad aufweist. Allerdings war dort der Tauscher weniger verschmutzt. Das unterstreicht die Bedeutung sauberer Tauscher für die Höhe des Wärmerückgewinnes.

Die Anlagen E und G weisen selbst bei hoher Luftmenge, nämlich bei über 3000 m³/h, noch einen hohen Wärmeaustauschgrad auf. Als Grund dafür kommt in Frage: Das Tauscherpaket der Anlage E wird gegenüber dem Tauscher der Anlage D, der von demselben Fabrikanten stammt, durch eine grössere Vorkammer gleichmässiger angeströmt. Beide Tauscherpakete stehen

auch als einzige auf einer Kante (Tab. 2). Das Tauscherpaket der Anlage G ist als einziges nicht würfelförmig.

Die Geraden der Anlagen B und D fallen wegen hoher Steigung auf. Beide Geraden fangen bei sehr kleinen Luftmengen an. Mit kleiner werdender Luftmenge kann der Wärmerückgewinnungsgrad mehr als erwartet zunehmen. Bei Anlage D war dazu die Aussentemperatur

beim Messen sehr tief, weshalb auch ein höherer Wärmeaustauschgrad zu erwarten ist (Tabelle 3).

Der starke Einfluss unterschiedlicher Temperaturdifferenzen zwischen innen und aussen bzw. hoher Stalltemperaturen wird bei der Betrachtung der Wärmetauscherleistungen in Abhängigkeit zur Luftmenge noch deutlicher (Abb. 7). Die Geraden für die Anlagen A und C liegen am weitesten auseinander. Die Anlagen C und F besaßen bei den Messungen die höhere Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen und damit das höhere Wärmeaufnahmevermögen. Bei einer Luftleistung von 1000 m³/h lassen sich mit den untersuchten Anlagen im Mittel rund 4 Wh je m³ Luft und bei 2000 rund 3 Wh je m³ zurückgewinnen.

3.3 Langzeitversuche

Die Abhängigkeit von Wärmeaustauschgrad zu Aussentemperatur ist für die Wärmeaus-

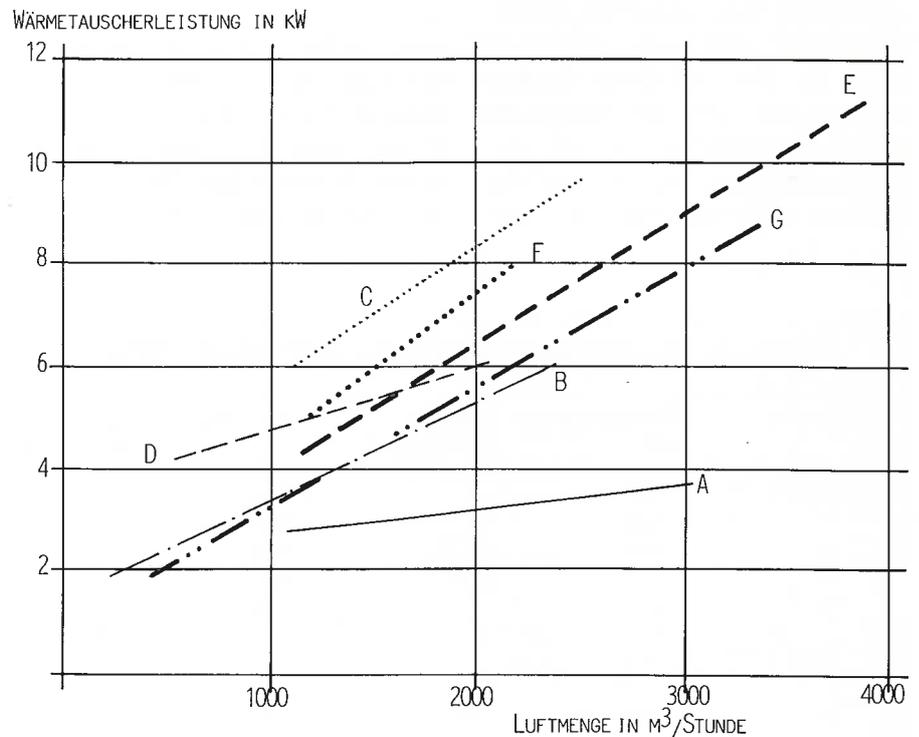


Abb. 7: Wärmetauscherleistung in Abhängigkeit von der Luftmenge bei den Wärmetauschern A bis G.

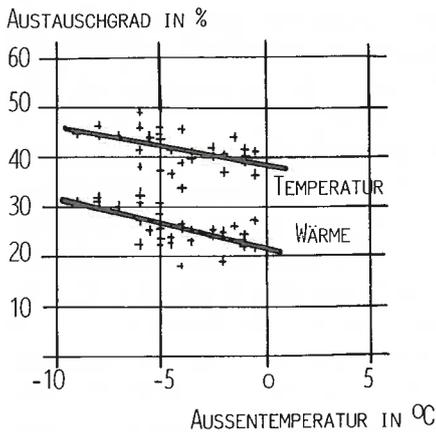


Abb. 8: Wärme- und Temperatúraustauschgrad des Tauschers A in Abhängigkeit von der Aussentemperatur.

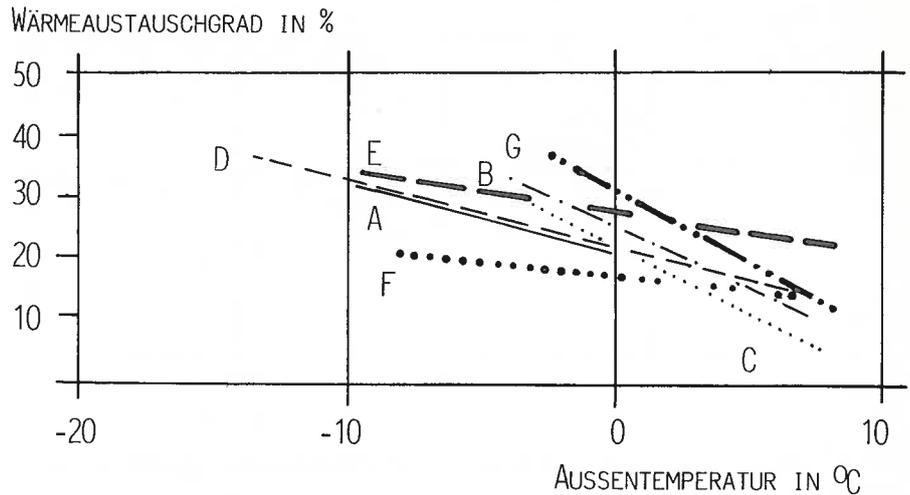


Abb. 9: Wärmeaustauschgrad in Abhängigkeit von der Aussentemperatur bei den Wärmetauschern A bis G.

haltsberechnung eines Stalles am wichtigsten. Nach Abb. 8 liegt auch der Temperatúraustauschgrad in Abhängigkeit zur Aussentemperatur um 50 bis 100% höher als der Wärmeaustauschgrad. Die Geraden aller sieben Anlagen für die Abhängigkeit von Wärmeaustauschgrad zu Aussentemperatur liegen dicht beieinander, obgleich die Ställe je nach Tierart, -belegung und -gewicht unterschiedlich viel Luft verlangen (Abb. 9). Bei null Grad werden rund 20 bis 30% der durch die Abluft abgeführten Wärme zurückgewonnen. Dabei ist der Einfluss unterschiedlicher, von

der Aussentemperatur abhängiger Luftmengen mit eingeschlossen.

Alle Geraden fallen mit zunehmender Aussentemperatur ab. Ihre Abnahme liegt im Bereich von 0,3 bis 2,3% je Grad. Als Rechenwert kann man je Grad 1% ansetzen. Die obersten Geraden sind die der Anlage G und E, die untersten die der Anlage C und F. Das überrascht nicht, denn bei den Anlagen G und E war die erforderliche Luftmenge geringer als in den anderen Schweinemastställen A, B, und D mit den grösseren und mit mehr Tieren (Tab. 2). Bei den Anlagen C und F überwiegt of-

fenbar der Nachteil der grösseren Verstaubung (Mastgeflügelstall) den Vorteil der höheren Temperaturdifferenz.

3.4 Weitere Ergebnisse

Bei den Tauschern A und B wurde die **Stromaufnahme** bei maximaler Leistung gemessen. Sie stimmte mit den angegebenen Werten in den Prospekten genau überein.

Keiner der ersten vier Wärmetauscher (A bis D) lieferte mehr als 3000 m³/h bei maximaler Drehzahl. Freiblasend sind für die entsprechenden Ventilatoren 5000 bis 8000 m³/h ange-

Tabelle 4: Maximalwerte einiger Tauscherkenngrössen

Anlage	Energiegewinn kW	Energieverhältnis	Wh/m ³ Luft	Luftleistung/m ³ aus Tauscherfläche	Geschwindigkeit m/sec	Luft m ³ /Wh Strom
1984 / 85						
A	4,0	12,8	2,6	117	4,8	8,0
B	7,5	17,2	6,9	75	2,9	5,1
C	9,6	20,7	5,5	80	3,3	8,0
D	6,1	6,1	7,5	46	2,3	5,6
1985 / 86						
E	17,7	20,1	5,5	84	5,6	9,1
F	8,2	19,2	4,5	95	4,7	10,5
G	10,0	5,5	3,7	110	5,1	3,7

geben. Der Tauscher G mit rund doppelt so hoher Stromaufnahme wie die anderen erreichte bei 60% seiner Drehzahl 3800 m³/h (Tab. 1).

Bei -8 bis -10 Grad Aussentemperatur kann das Kondenswasser der Fortluft im Tauscher gefrieren und ihn ausser Funktion setzen. Das Drosseln der Zuluftmenge oder das zeitweilige Abstellen des Tauschers bietet etwas Abhilfe. Ein vollständig eingefrorener Tauscher benötigt Stunden, um ohne Klopfen frei von Eis zu werden. Falls Stallabluft der Aussenluft beige mischt wird (Umluft), wird das Einfrieren zwar in den meisten Fällen verhindert, aber dafür eine zusätzliche Verschmutzung des Tauschers auf der Zuluftseite verursacht.

Tab. 4 enthält die Maximalwerte einiger Tauscherkenngrössen aller sieben Anlagen. Auch diese Tabelle darf nicht zum Vergleich der Tauscher benutzt werden, da die Messvoraussetzungen zu unterschiedlich waren. Sie gibt aber an, in welchem Bereich sich die Maximalwerte der Kenngrössen bewegen.

Wärmetauscher von mittlerer Grösse leisten bei maximalem Luftdurchsatz 5 bis 15 kW. Die abgegebene Energie (Wärme) kann bis zu 20mal höher als die aufgenommene sein (Strom). Unter allerbesten Voraussetzungen können je Kubikmeter Zuluft bis zu 7 Wh zurückgewonnen werden. Das Verhältnis maximale Luftmenge in m³/h zu Tauscherfläche in m² darf 120 nicht übersteigen. Die je Kubikmeter Zuluft zurückgewonnene Energie nimmt sonst noch mehr ab (Anlagen A und G). Die höchste Luftgeschwindigkeit im Tauscher überschreitet 6 m/s nicht (bei früheren Messungen 10 m/s [2]). Je Wh Stromverbrauch liefern Tauscher bis zu 10 m³ Luft.

In einem weiteren FAT-Bericht werden Ergebnisse darüber mitgeteilt, wieviel Wärmerückgewinn in dem einen oder anderen Stall in Abhängigkeit von der Aussentemperatur zu erwarten ist und in welchem Fall der Einsatz eines Wärmetauschers wirtschaftlich ist.

Literatur

- [1] Göbel, W., Kohler, R., Rist, M.: Wärmetauscher im praktischen Einsatz. Blätter für Landtechnik 244, FAT, Tänikon, 1984.
- [2] Göbel, W., Rist, M., Kohler, R.: Wärmetauscher – was leisten sie? Landfreund 3, Bern, 1984.
- [3] VDI-Richtlinie 2071: Wärmerückgewinnung in raumlufttechnischen Anlagen, Begriffe und technische Beschreibungen, Düsseldorf, 1978.
- [4] Richtlinie 2080: Luft-Durchfluss-Messregeln, Düsseldorf, 1984.
- [5] Vogt, St.: Wärmetauscher auf dem Prüfstand. Bayrisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, Nr. 7, München, 1984.

Allfällige Anfragen über das behandelte Thema, sowie auch über andere landtechnische Probleme, sind an die unten aufgeführten kantonalen Maschinenberater zu richten. Weitere Publikationen und Prüfberichte können direkt bei der FAT (8356 Tänikon) angefordert werden.

ZH	Schwarzer Otto, Landw. Schule Weinland, 8408 Wülflingen	Tel. 052 - 25 31 24
BE	Brunner Samuel, Bergbauerschule Hondrich, 3702 Hondrich	Tel. 033 - 54 11 67
	Herrenschwand Willy, Landw. Schule Seeland, 3232 Ins	Tel. 032 - 83 32 32
	Hofmann Hans Ueli, Landw. Schule Waldhof, 4900 Langenthal	Tel. 063 - 22 30 33
	Marthaler Hansueli, Landw. Schule Langnau, 3552 Bärau	Tel. 035 - 2 42 66
	Marti Fritz, Landw. Schule Rütli, 3052 Zollikofen	Tel. 031 - 57 31 41
	Mumenthaler Rudolf, 3752 Wimmis	Tel. 033 - 57 11 16
LU	Moser Anton, Landw. Schule Schüpfheim, 6170 Schüpfheim	Tel. 041 - 76 15 91
	Schäli Ueli, Landw. Schule Willisau, 6130 Willisau	Tel. 045 - 81 33 18
	Wandeler Erwin, Bühistrasse, 6207 Nottwil	Tel. 045 - 54 14 03
	Widmer Norbert, Landw. Schule Hohenrain, 6276 Hohenrain	Tel. 041 - 88 20 22
	Zurfluh Hans, Hochweg, 6468 Attinghausen	Tel. 044 - 2 15 36
UR	Fuchs Albin, Landw. Schule Pfäffikon, 8808 Pfäffikon	Tel. 055 - 48 33 45
SZ	Müller Erwin, Landw. Schule Obwalden, 6074 Giswil	Tel. 041 - 68 16 16
OW		
NW	Isaak Franz, Breitenhaus, 6370 Stans	Tel. 041 - 63 11 22
ZG	Müller Alfons, Landw. Schule Schluethof, 6330 Cham	Tel. 042 - 36 46 46
FR	Krebs Hans, Landw. Schule Grangeneuve, 1725 Posieux	Tel. 037 - 82 11 61
SO	Tschumi Fredi, Landw. Schule Wallierhof, 4533 Riedholz	Tel. 065 - 22 93 42
BL	Ziörjen Fritz, Landw. Schule Ebenrain, 4450 Sissach	Tel. 061 - 98 18 97
SH	Kant. landw. Bildungszentrum Charlottenfels, 8212 Neuhausen	Tel. 053 - 2 33 21
AI	Pavlovic Vojslav, Marktgasse 10, 9050 Appenzell	Tel. 071 - 87 13 73
AR	Berger Daniel, Werdweg 10, 9053 Teufen	Tel. 071 - 33 26 33
SG	Haltiner Ulrich, Landw. Schule Rheinhof, 9465 Salez	Tel. 085 - 7 58 88
	Pfister Theophil, Landw. Schule Flawil, 9230 Flawil	Tel. 071 - 83 16 70
	Steiner Gallus, Landw. Schule Flawil, 9230 Flawil	Tel. 071 - 83 16 70
GR	Stoffel Werner, Grabenstrasse 1, 7000 Chur	Tel. 081 - 21 33 48
AG	Müri Paul, Landw. Schule Liebegg, 5722 Gränichen	Tel. 064 - 31 52 52
TG	Monhart Viktor, Landw. Schule Arenenberg, 8268 Mannenbach	Tel. 072 - 64 22 44
TI	Müller Antonio, Ufficio consulenza agricola, 6501 Bellinzona,	Tel. 092 - 24 35 53
	Landwirtschaftliche Beratungszentrale, Maschinenberatung, 8307 Lindau	Tel. 052 - 33 19 21

FAT-Berichte erscheinen monatlich und können auch in französischer Sprache im Abonnement bei der FAT bestellt werden. Jahresabonnement Fr. 35.-, Einzahlung an die Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, 8356 Tänikon, Postcheckkonto 30 - 520.