

## Stallluft-Wärmetauscher: besseres Stallklima, unwirtschaftliche Wärmerückgewinnung

Wilfried Göbel

Die Wärmerückgewinnung von Stallluft-Wärmetauschern wird in Abhängigkeit von der Tierart, dem Tiergewicht sowie der Wärmedämmung und Höhenlage des Stalles bestimmt.

- In Ställen mit *mässiger Wärmedämmung* (k-Wert  $1,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) helfen Wärmetauscher, die Wärmebilanz nur sehr geringfügig zu verbessern, da von der zurückgewonnenen Wärme zuviel durch die Wände abfliesst. *Zusatzheizungen* sind bei Ferkeln à 10 kg und Kälbern à 50 kg schon unter 6 bzw.  $7^\circ \text{C}$  Aussentemperatur und bei Mastgeflügel unter  $0,3 \text{ kg}$  immer nötig.
- Nur bei *sehr guter Wärmedämmung* des Stalles (k-Wert  $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) ersetzen Wärmetauscher bei Ferkeln, Mastkälbern und Mastgeflügel über  $0,3 \text{ kg}$  die Heizung ganz.
- In allen diesen Ställen und auch in Ställen mit schwereren Tieren gestatten sie im Winter und in der Übergangszeit einen *höheren Luftdurchsatz* und verbessern so das Stallklima.
- Lediglich in Geflügelmastställen ist der *Wärmerückgewinn* so hoch, dass der Einsatz eines Wärmetauschers wirtschaftlich sein kann.

### 1. Einleitung und Vorgehen

Wärmetauscher werden vermehrt in Ställen eingesetzt (Abb. 1). Sie übertragen einen Teil der mit der Abluft entweichenden Wärme auf die Zuluft (Abb. 2). Doch der nutzbare jährliche Wärmerückgewinn (Abb. 3) und damit ihre Wirtschaftlichkeit wurde bis heute nicht genau ermittelt. Folgende Fragen werden deshalb in diesem Bericht beantwortet:

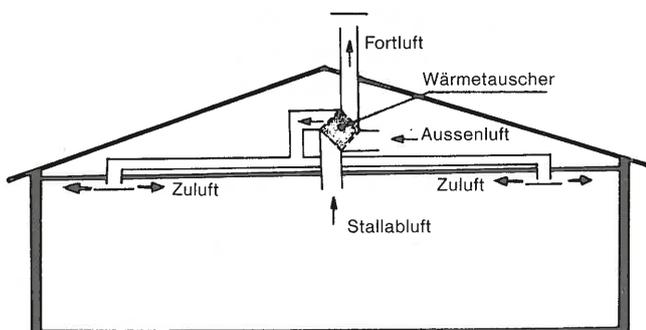


Abb. 1: Im Wärmetauscher müssen Zu- und Abluftstrom eines Stalles aneinander vorbeigeführt werden.

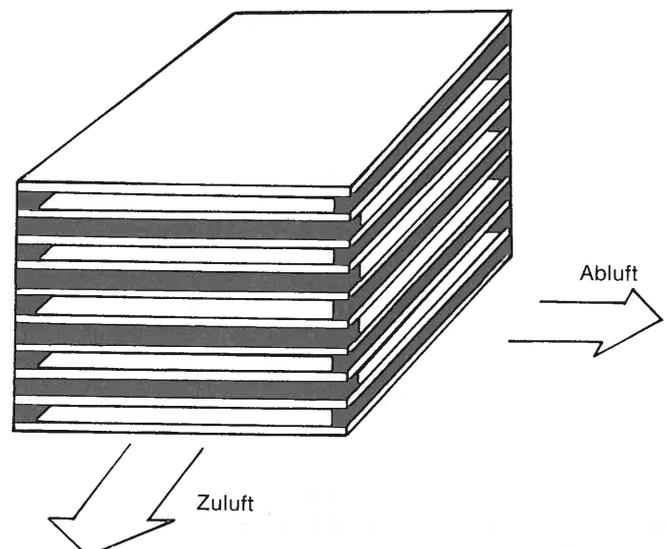


Abb. 2: Plattentaucher-Paket. Über die die beiden Luftströme trennenden Flächen wird Wärme ausgetauscht.

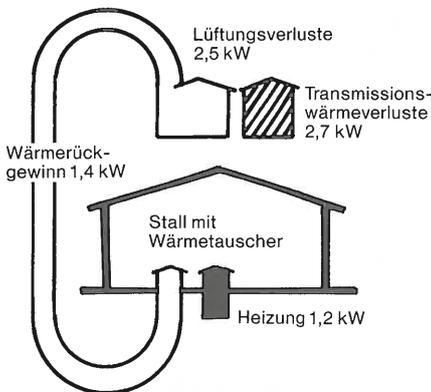
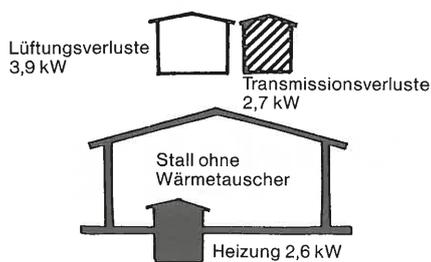


Abb. 3: Wärmehaushalt eines Ferkelstalles von 100 Tieren à 10 kg ohne und mit Wärmetauscher bei  $-10^{\circ}\text{C}$  Aussentemperatur.

- Bei welchen **Aussentemperaturen** ersetzen Wärmetauscher je nach Tierart, Tiergewicht und Wärmedämmung des Stalles die **Heizung**?
- Bei welchen Aussentemperaturen sollten Wärmetauscher in der **Übergangszeit an- bzw. abgeschaltet** werden?
- Wieweit decken Wärmetauscher den **Jahreswärmebedarf** bei unterschiedlicher Wärmedämmung des Stalles ab?
- Unter welchen Voraussetzungen sind Wärmetauscher **wirtschaftlich**?

Eine Antwort auf diese Fragen ist möglich, weil seit kurzem der **Wärmeaustauschgrad** verschiedener Wärmetauscher im Praxiseinsatz bekannt ist (5, 7, 8, 11). Demnach lassen sich bei  $-10^{\circ}\text{C}$  Aussentemperatur in Ställen über  $16^{\circ}\text{C}$  Innentemperatur rund 35% der durch die

Abluft abgeführten Wärme zurückgewinnen, wobei mit jedem Grad mehr Aussentemperatur der Rückgewinn um 1% abnimmt (7).

Bestimmt man die Wärmebilanz eines Stalles mit und ohne Wärmetauscher in Abhängigkeit zur Aussentemperatur, so erhält man die **Aussentemperaturbereiche** (4), in denen er den Heizbedarf vollständig und teilweise deckt (angenommene durchschnittliche Aussenluftfeuchte 80%).

Schliesslich kann man mit den Angaben über die **durchschnittlichen jährlichen Häufigkeiten der Tagesdurchschnittstemperaturen** (Abb. 4) den Jahreswärmebedarf und auch die durch den Wärmetauscher zurückgewonnene und zum Heizen genutzte Wärme eines Stalles als Grundlage für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ermitteln (1). Eine Berechnung nach Monatsmitteltemperaturen ist ungenau, da selbst die langjährigen Temperaturhäufigkeiten der Tagesmittel eines Monats sehr streuen, und Lüftungsverluste bei tieferen Temperaturen solche höherer Temperaturen nicht immer kompensieren.

Für alle diese Berechnungen stehen Computerprogramme zur Verfügung (6). Es werden insgesamt **sieben Modellställe** für Schweine, Kälber und Hühner unterschiedlichen Gewichtes gewählt (Abb. 5). Für die Stallausenhülle werden **durchschnittliche k-Werte** von 0,35 (sehr gut), 0,70 (gut) und 1,05  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$  (mässig) angenommen. Der Platzbedarf der Tiere und die Stallklimadaten entsprechen den Vorschriften (2, 3, 9, 10). Stallart, Stalloberfläche, Stalloberfläche zu Stallvolumen, Belegung, Stallvolumen und Stallgrundfläche je Tier, Tiergewicht und Innentemperatur sind für je-

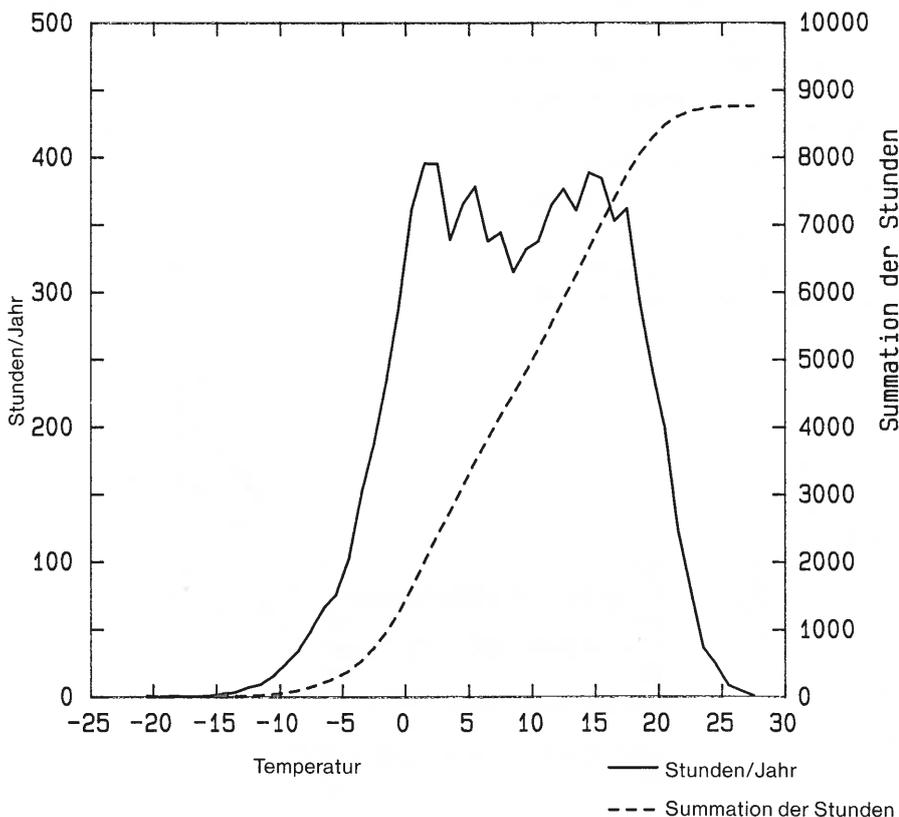


Abb. 4: Temperaturhäufigkeiten und Summation von Zürich nach 60jährigem Mittel aus Tagesmitteltemperaturen [1].

**Tabelle 1: Modellställe, Vergleichswerte, Belegung und Gewicht**

Modellstall	1	2	3	4	5	6	7
Tierart	Ferkel	Schweine		Kälber		Legeh.	Mastgef.
		Vormast	Endmast				
Stallart	Flatdeck	Buchten	Buchten	Boxen	Buchten	Etage	Bodenh.
Stalloberfl. m <sup>2</sup>	112	175	220	107	268	328	455
Stalloberfl./V	1,0	0,9	0,9	1,1	0,7	0,6	0,5
Tierzahl Stk.	100	100	100	25	75	2100	5000
m <sup>2</sup> /Tierzahl	0,5	0,8	1,1	1,7	1,9	0,26	0,17
m <sup>3</sup> /Tierzahl	1,1	1,9	2,6	4,0	5,5	0,1	0,05
A Gewicht kg	10	20	60	50	100	1,5	0,05
B Gewicht kg	20	40	60	100	150	2,0	0,3
C Gewicht kg		60					0,5
D Gewicht kg							1,0
E Gewicht kg							1,5
A Innentemper.	24	22	16	18	17	18	34
B Innentemper.	22	17	16	17	16	18	21
C Innentemper.		16					18
D Innentemper.							18
E Innentemper.							18

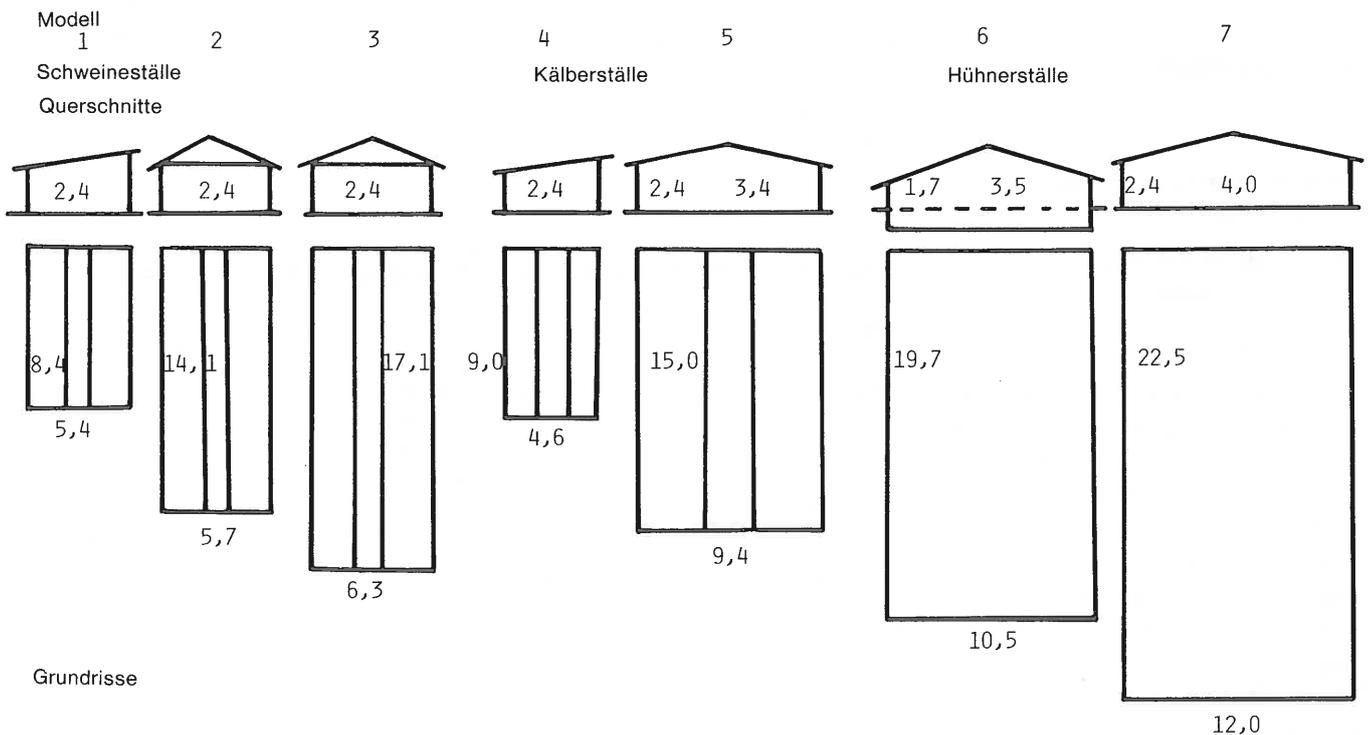


Abb. 5: Innenabmessungen der Modellställe, durchschnittliche bzw. minimale und maximale Höhe, Länge und Breite.

**Tabelle 2: Wärmetauscher als Heizungsersatz in Schweineställen**

Tierart	Gewicht kg	Anzahl	k-Wert W/m <sup>2</sup> K	Heizbeginn o. WT Aussen-temperatur in °C	mit WT
Ferkel	10	100	0,35	- 1	-10
			0,70	5	1
			1,05	8	6
	20	100	0,35	- 4	-10
			0,70	0	- 9
			1,05	3	- 2
Vormast	20	100	0,35	0	-10
			0,70	4	0
			1,05	7	5
	40	100	0,35	-12	-10
			0,70	- 7	-10
			1,05	- 4	-10
Endmast	60	100	0,35	-15	-10
			0,70	-11	-10
			1,05	- 7	-10
	80	100	0,35	-14	-10
			0,70	- 8	-10
			1,05	- 6	-10
			0,35	-15	-10
			0,70	-10	-10
			1,05	- 7	-10

den Modellstall in Tab. 1 angeben.

## 2. Ergebnisse

### 2.1 Einsatzbereiche als Heizung

Abb. 6 stellt die Wärmeleistung von 100 Ferkeln à 10 kg abzüglich der Transmissionswärmeverluste den Lüftungswärmeverlusten ohne und mit Wärmetauscher gegenüber (9). Die Transmissionswärmeverluste verringern mit abfallender Aussen-temperatur linear die Wärmeleistung der Tiere, wobei die drei schrägen Geraden von den drei unterschiedlich angenommenen k-Werten herrühren. Bei -15° C sind die Lüftungswärmeverluste zum Beispiel höher als die von den Tieren abge-

gebene Wärme. Unter Berücksichtigung der Transmissionswärmeverluste müsste je nach den drei Isolationsstufen ab 8, 5 und -1° C Aussen-temperatur geheizt werden. Wird aber ein Wärmetauscher eingesetzt, so wird der Wärmebedarf entsprechend der tiefer liegenden Lüf-

tungswärmebedarfskurve verringert. Zusätzlich geheizt werden müsste dann erst je nach Isolation ab 6, 1 und -14° C, d.h., unter -10° C, da dann der Wärmetauscher ja einfriert. In Tab. 2, 3 und 4 sind für alle Modellställe und Tiergewichtsklassen die Aussen-temperaturbereiche angegeben, die ein Wärmetauscher als Heizung überbrückt.

- Bei allen Ställen spielen das Gewicht der Tiere und der k-Wert der Aussenhülle für den Einsatz eines Wärmetauschers als Heizung die grösste Rolle. Junge Tiere verlangen mit abnehmender Aussen-temperatur zuerst (Ferkel) oder bei mässiger Isolation immer (Kälber und Mastgeflügel) eine Heizung.
- Mit zunehmender Wärmedämmung verschiebt sich der Heizbeginn nicht nur in Richtung tiefe Temperaturen, sondern ein Wärmetauscher ersetzt in einem grösseren Aussen-temperaturbereich die Heizung. Bei Ferkeln à 10 kg ist der Tauscher bei sehr guter Isolation Heizungsersatz von -1 bis -10° C, bei mässiger nur von 8 bis 6° C (Tab. 2).

**Tabelle 3: Wärmetauscher als Heizungsersatz in Kälberställen**

Tierart	Gewicht kg	Anzahl	k-Wert W/m <sup>2</sup> K	Heizbeginn o. WT Aussen-temperatur in °C	mit WT
Kälberb.	50	25	0,35	1	-10
			0,70	8	0
			1,05	immer	7
	100	25	0,35	-10	-10
			0,70	- 2	-10
			1,05	3	-10
Kälber	100	75	0,35	-12	-10
			0,70	- 4	-10
			1,05	1	-10
	150	75	0,35	unt. -15	-10
			0,70	-10	-10
			1,05	- 5	-10

**Tabelle 4: Wärmetauscher als Heizungersatz in Hühnerställen**

Tierart	Gewicht kg	Anzahl	k-Wert W/m <sup>2</sup> K	Heizbeginn o. WT Aussentemperatur in °C	mit WT
Legehennen	1,5	2100	0,35	-11	-10
			0,70	- 2	-10
			1,05	2	- 8
	2,0	2100	0,35	- 8	-10
			0,70	- 1	-10
			1,05	3	-10
Mastgefl.	0,05	5000	0,35	23	22
			0,70	immer	immer
			1,05	immer	immer
			0,35	2	-10
			0,70	immer	4
	0,3	5000	0,35	immer	immer
			0,70	immer	4
			1,05	immer	immer
			0,35	- 8	-10
			0,70	0	-10
	0,5	5000	0,35	5	- 2
			0,70	0	-10
			1,05	5	- 2
			0,35	-13	-10
			0,70	- 5	-10
1,0	5000	0,35	0	-10	
		0,70	-15	-10	
		1,05	-10	-10	
		0,35	-15	-10	
		0,70	-10	-10	
1,5	5000	0,35	- 5	-10	
		0,70	- 5	-10	
		1,05	- 5	-10	

● Eine Zusatzheizung neben einem Wärmetauscher ist bei sehr guter Isolation nicht nötig bei Ferkeln (Tab. 2), Kälbern (Tab. 3), Legehennen

und Mastgeflügel schwerer als 0,3 kg (Tab. 4), wenn man von den Stunden absieht, wenn der Tauscher einfriert.

● Bei Mastschweinen über 40 kg, Kälbern über 150 kg und Mastgeflügel über 1,5 kg ist eine Heizung und damit der Wärmetauscher als Heizung immer unnötig. Bei mässiger Isolation ist er nur während der wenigen Stunden im Winter unter -4°C als Heizung brauchbar (jährliches Stundenmittel unter -4°C 396, unter -10°C 42, Januar-durchschnittstemperatur -1°C, Mittelland, Abb. 4).

Wärmetauscher haben also bezüglich Wärmerückgewinnung enge Einsatzgrenzen. Sie sind ausser durch das Tiergewicht bereits durch die Wärmedämmung des Stalles gegeben.

## 2.2 Luftmengen und Umschaltgrenzen

Abb. 7 stellt den Luftmengenbedarf des Stalles für 100 Ferkel à 10 kg nach verschiedenen Berechnungsmassstäben in Abhängigkeit von der Aussentemperatur dar. Mit steigender Aussentemperatur ist die erforderliche Luftmenge höher. Bei tiefen

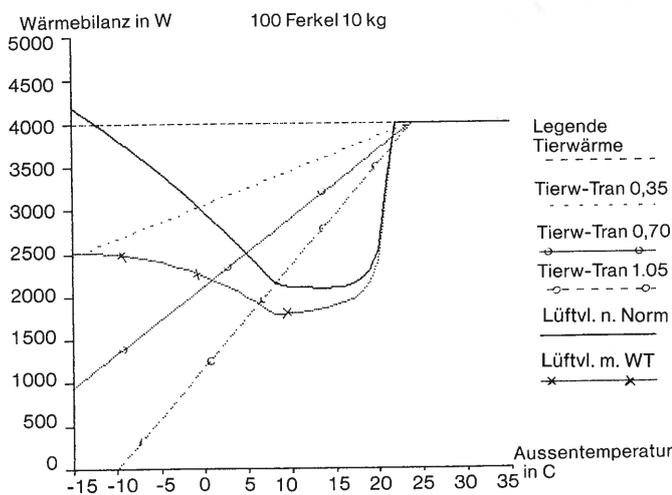


Abb. 6: Wärmebilanz eines Ferkelstalles von 100 Tieren à 10 kg in Abhängigkeit zur Aussentemperatur: Tierwärmeangebot minus Transmissionswärmeverluste bei k-Werten von 0,35, 0,70 und 1,05 W/m<sup>2</sup>K im Vergleich zu den Lüftungsverlusten ohne (Norm) und mit Wärmetauscher.

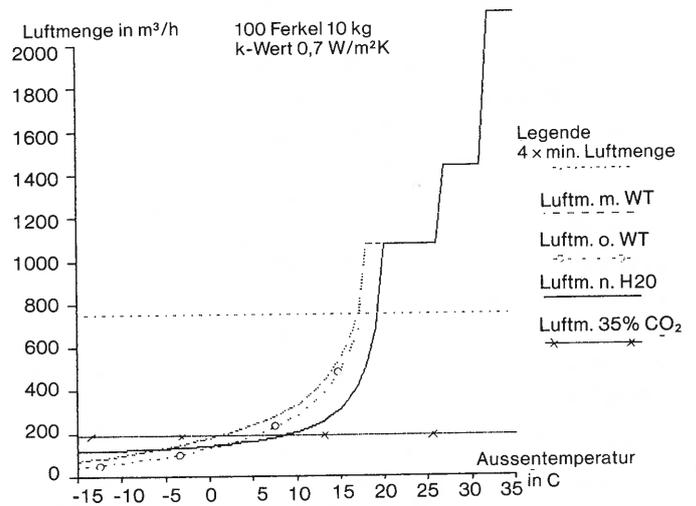


Abb. 7: Luftmengen eines Ferkelstalles von 100 Tieren à 10 kg in Abhängigkeit zur Aussentemperatur. Bei tiefen Temperaturen gilt die grössere Luftmenge aus 0,35%-CO<sub>2</sub>- oder Wasserdampf-Massstab. Die gestrichelten Kurven geben die vierfache Winterlüftungsrate bei -12°C und die Luftmengen bei gleichbleibender Innentemperatur mit und ohne Wärmetauscher an.

Temperaturen bestimmt nach Norm (9) die höhere Luftmenge nach dem 0,35%-CO<sub>2</sub>- oder Wasserdampf-Massstab die Lüftrate (dünn durchgehend gezeichnete Gerade und dick durchgehend gezeichnete Kurve). Im Sommer muss die Wärme der Tiere abgeführt werden. Dabei darf bis 27 bzw. bis 30 und über 30° C Aussentemperatur die Stalltemperatur um 4 bzw. 3 und 2° C höher sein (9). Die gepunktet gezeichnete Gerade stellt die vierfache erforderliche Winterlüftrate bei -12° C dar, während die unterbrochen gezeichneten Kurven die Lüftraten bei konstanten Innentemperaturen ohne (Normalfall, unten) und mit Wärmetauscher (oben) angeben.

Man erkennt, dass bei Minustemperaturen der Wärmetauscher rund 30% mehr Luft gestattet als die normale Lüftung. Mit wachsender Aussentemperatur nimmt die Wirkung des Wärmetauschers aber ab. Ausserdem steigt in diesem Bereich die Lüftrate wegen der kleiner werdenden Wasserdampfdifferenz von Innen- und Aussentemperatur sowieso stark an. Bei ungefähr 18° C Aussentemperatur erreicht er die vierfache Winterlüftrate. Der Wärmetauscher liefert dort kaum mehr als die normale Lüftung und nützt damit nichts mehr. Bei den anderen Ställen stellt sich der Umschaltzeitpunkt bei vierfacher Winterluftmenge bei anderen Aussentemperaturen ein. Nach Tab. 5 zeigt sich:

- Der Umschaltbereich bei Schweinen liegt zwischen 8 bis 18° C, bei Kälbern zwischen 7 bis 10° C und bei Hühnern zwischen 8 bis 27° C.
- Die hohen Aussentemperaturen gelten für die jungen Tiere. Für sie kann der Wärmetau-

scher deshalb mehr Stunden im Jahr eingeschaltet bleiben (Abb. 4).

Die Ventilatoren lassen sich in der Regel auf einen Viertel bzw. einen Drittel ihrer Luftleistung herunterregulieren. Drosselt man die Kamine bzw. die Kanäle, so verringert sich die Luftmenge weiter. In vielen Fällen genügt dasselbe Lüftungssystem auch für den Sommer, wenn das Tauscherpaket durch einen Bypass umgangen oder durch einen Spezialeinschub ersetzt wird und so Druckverluste verringert werden. Ein Ventilator kann dann mehr Luft fördern.

### 2.3 Jahreswärmebedarf

Abb. 8 stellt die Wärmebilanz nach jährlichen Temperaturhäufigkeiten für den Ferkelstall für 100 Tiere à 10 kg dar. Die von den Tieren abgegebene Wärmemenge ist entsprechend der Stundenzahl, die je nach Temperaturbereich eintritt, als

durchgehende Linie eingezeichnet. Dazu sind die Wärmeverluste – die Transmissionswärmeverluste als x-Zeichen wie auch die Transmissions- plus die Lüftungsverluste ohne und mit Wärmetauscher als gestrichelte und gepunktete Linie – eingetragen. Der durch den Wärmetauscher rückgewinnbare Wärmeanteil ist die Differenz zwischen gestrichelter und gepunkteter Kurve. Als Wärmemanko des Stalles schlägt zu Buche, was an Transmissions- und Lüftungsverlusten zusammen höher ist als die von den Tieren abgegebene Wärme. Der nutzbare Wärmeanteil ist nur das, was so als Manko erscheint und durch den Wärmetauscher zurückgewonnen werden kann.

Tab. 6 gibt den Jahreswärmebedarf, die durch den Wärmetauscher rückgewinnbare und die davon zum Heizen nutzbare Wärme für das Mittelland (Zürich 556 m ü.M.) und für das

**Tabelle 5: Aussentemperaturen, bei denen die einzelnen Tiergruppen mit Wärmetauscher die vierfache Winterlüftrate erreichen**

Tierart	Gewicht kg	Anzahl	4-Winterluftm. m <sup>3</sup> /h	Aussentemper. °C
Ferkel	10	100	750	18
	20	100	1350	14
Vormast	20	100	1350	14
	40	100	2250	10
	60	100	3150	8
Endmast	60	100	3150	8
	80	100	3800	8
Mastkälber	50	25	800	10
	100	25	1500	8
Mastrinder	100	75	4500	8
	150	75	6200	7
Legehennen	1,5	2100	3900	10
	2,0	2100	5250	8
Mastgefl.	0,05	5000	700	27
	0,3	5000	2900	12
	0,5	5000	4200	9
	1,0	5000	6900	8
	1,5	5000	9400	8

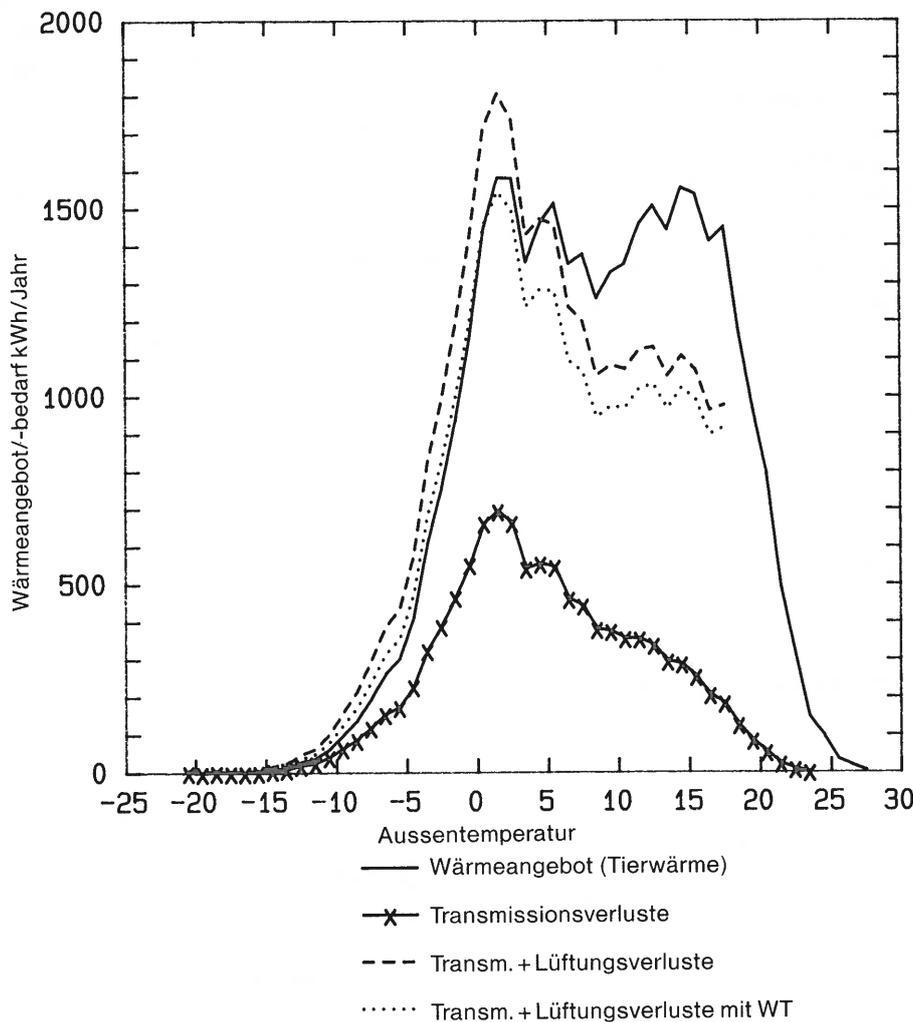


Abb. 8: Wärmebilanz eines Ferkelstalles von 100 Tieren à 10 kg nach langjährigen Temperaturhäufigkeiten (Mittelland). Das Wärmeangebot (Tierwärme) steht im Vergleich zum Wärmebedarf aus Transmissionswärmeverlusten plus Lüftungsverlusten ohne und mit Wärmetauscher.

Bergland (La Chaux-de-Fonds, 990 m ü.M.) bei einem k-Wert der Stallhülle von 0,7 W/m<sup>2</sup>K für alle Modellställe und Gewichtsklassen an.

Der Jahreswärmebedarf ist bei jungen Tieren am grössten. Zum Beispiel haben 100 Vormast Schweine à 20 kg einen Jahreswärmebedarf von 3900 kWh. Wiegen sie aber 40 kg, so besteht kein Wärmebedarf mehr. Die rückgewinnbare Wärmemenge steigt mit dem Tiergewicht, da grössere Tiere mehr Wärme abgeben und somit mehr zurückgewonnen werden kann. Hingegen fällt die zum Heizen nutzbare Wärmemenge mit dem Tiergewicht. Eine Ausnahme bildet Mastgeflügel mit 0,35 kg, da die rückgewinnbare Wärmemenge klein ist.

In Berggebieten lassen sich in manchen Fällen 100 bis 600 kWh mehr nutzen. Mastgeflügel von 0,3 kg Gewicht gestattet den grössten nutzbaren Wärmerrückgewinn, nämlich 11600 bzw. 13400 kWh im Jahr. Wärmerrückgewinne unter -10° C sind nicht möglich, da die Tauscher vereisen.

Tabelle 6: Jahreswärmemanko, durch Wärmetauscher rückgewinnbare und zum Heizen nutzbare Wärmemenge der Modellställe in unterschiedlichen Regionen in kWh

Tierart	Gew.	Anzahl	Mittelland			La Chaux-de-Fonds		
			Manko	rückgb.	nutzbar	Manko	rückgb.	nutzbar
Ferkel	10	100	2468	3598	1826	3127	4045	2205
	20	100	862	5412	751	1230	6227	1002
Vormast	20	100	3948	5714	3051	5021	6590	3698
	40	100	72	6915	15	138	8005	21
Kälberb.	50	25	2333	3065	2020	2883	3538	2406
	100	25	290	4999	231	438	5790	318
Kälber	100	75	410	14996	280	660	17369	391
Legeh.	1,5	2100	666	14854	507	1029	17144	705
Mastgefl.	0,05	5000	65400	5027	5027	71338	5613	5613
	0,3	5000	15155	13014	11626	18107	14935	13442
	0,5	5000	2269	14983	2009	3169	17310	2638
	1,0	5000	424	23501	243	705	27223	332

### 3. Wirtschaftlichkeit

Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Wärmetauschern muss den Wert der eingesparten Energie den Jahreskosten der Anlage gegenüberstellen.

Die Anschaffungskosten einer Wärmetauscheranlage liegen in der Regel über Fr. 5000.-. In den meisten Fällen ersetzt sie aber die Stalllüftung. Unter der Annahme, dass die Mehrinvestition für den Wärmetauscher 50% der gesamten Investition betragen, würde der Tauscher allein über Fr. 2500.- kosten.

Die Jahreskosten eines Wärmetauschers ergeben sich aus Zinsen (6% auf 60% der Anschaffungskosten), Abschreibung (8 Jahre) und Wartung (4% der Anschaffungskosten, einschliesslich Reparaturen, Spülwasser und Mehrstrom) zu total rund 20% der Anschaffungskosten. Damit betragen die Jahreskosten über Fr. 500.-. Auf der anderen Seite ergibt sich der Wert der Energieeinsparung aus den Energiekosten. Unter Berücksichtigung des Heizungswirkungsgrades und des Ölpreises von 40 Rappen je Liter kostet eine Kilowattstunde 6 Rappen (Strom aus Tag- und Nachtтариф gemittelt 15 Rappen). Nach Tab. 6 würden im Mittelland bei Vormastschweinen à 20 kg rund 3000 kWh durch den Tauscher zur Erwärmung des Stalles genutzt werden, was einem Wert von nur Fr. 180.- bzw. 450 entspricht. Lediglich bei Mastgeflügel à 0,3 kg könnten 11626 kWh im Laufe eines Jahres genutzt werden.

Bei aller Berechnung ist noch zu bedenken, dass die Tiere nach der Rein-raus-Methode gehalten werden und sehr schnell schwerer werden. Mastgeflügel

nimmt im Laufe von sechs Wochen von 80 auf 1600 g Gewicht zu, und der Stall steht von einer zur anderen Aufstallung eine bis zwei Wochen leer.

Bei halber Belegung kann nicht mehr Wärme zurückgewonnen werden, da weniger Lüftungswärme verloren geht. Ein Wärmetauscher würde luftleistungsmässig zwar für drei Ferkelställe nach Modell 1 reichen. Lange Zuleitungen und eine komplizierte Luftmengensteuerung würden in vielen Fällen aber alle Vorteile zunichte machen.

### 4. Klimaverbesserung

Was wird durch Wärmetauscher bezüglich Klimaverbesserung erreicht? Grundsätzlich sollte durch eine normgerechte Stalllüftung, und in manchen Fällen durch eine Heizung bei üblicher Wärmedämmung das Klima im Stall in Ordnung sein. Andernfalls bietet der Wärmetauscher folgende Vorteile:

- Bei einem **schlechten Entmistungssystem** kann ein Wärmetauscher im Winter in dem Masse, wie er mehr Luft in den Stall zu bringen imstande ist, nämlich bis zu 35%, ohne den Stall mehr als bei normaler Lüftung abzukühlen, den Geruch- und Schadgasgehalt reduzieren.
- Da die Zuluft durch den Tauscher um 10 bis 15 Grad erwärmt wird, besteht **keine Zugsfahr** mehr.
- Da ein Wärmetauscher die **relative Luftfeuchtigkeit im Stall verringert**, wird das Wohlbefinden der Tiere verbessert.
- Durch tiefere Luftfeuchtigkeit kann bei schlechter Wärmedämmung in gewissen Gren-

zen der Wärmetauscher **Bauschäden durch Kondensation oder Schimmelbildung vermeiden**.

Alle diese Vorteile sind nicht in Franken ausdrückbar. Oft sind aber einige dieser Vorteile Grund genug, einen Wärmetauscher zu beschaffen. Wärmetauscher sollten aber immer sauber sein. Andernfalls ist das Stallklima schlechter als bei normaler Lüftung.

### Literatur

- [1] Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, 1979.
- [2] FAT-Preisbaukasten, Forschungsanstalt Tänikon, November 1986.
- [3] Firmenpläne über Hühnerställe von Globogal und Kliba.
- [4] Göbel, W., Tierische Abwärme besser nutzen, Die Grüne, Zürich, 15.10.1982.
- [5] Göbel, W., Wärmetauscher im praktischen Einsatz, Blätter für Landtechnik 244, FAT, Tänikon, 1984.
- [6] Göbel, W., Stallklimaberechnung mit EDV, FAT-Berichte 289, Tänikon, 1986.
- [7] Göbel, W., Praxis-Messungen an Platten-Wärmetauschern, FAT-Berichte 301, Tänikon, 1986.
- [8] Krueger, J., Untersuchungen an Wärmetauschern im praktischen Einsatz, AEL, Bericht 9, Essen, 1986.
- [9] Schweizerische Stallklimanorm, ETH-Zürich, 1983.
- [10] Tierschutzgesetz vom 9.3.1978 mit Verordnung vom 27.5.1981, Bern.
- [11] Vogt, St., Wärmetauscher auf dem Prüfstand, Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, Nr. 7, 18.2.1984.