

gen wurden im FZM Auslegevorschriften erarbeitet, die in den Katalog L/8307/RAL „Freie Lüftung in Pavillonbauten“ eingegangen sind.

Die ersten praktischen Untersuchungen richteten sich auf die Anwendung der freien Lüftung in der Rinderhaltung, da vor allem Milchvieh und Mastrinder relativ geringe Anforderungen an das Stallklima haben. Gegenwärtig werden Untersuchungen durchgeführt, die Aussagen über den Einsatz in der Schweinehaltung zulassen.

### 3. Einige Ergebnisse der praktischen Anwendung

Zu allen genannten Arten der freien Lüftung und zur Kombination der freien Lüftung mit der Zwangslüftung wurden vom FZM und den Kooperationspartnern BIV Bad Langensalza, SFT Dresden u. a. umfangreiche Untersuchungen in Praxisanlagen durchgeführt. Parallel dazu erfolgen im FZM Modellversuche, die zunächst auf die thermische Auftriebslüftung gerichtet sind. Aus der Vielzahl der vorliegenden Ergebnisse sollen in diesem Beitrag nur einige angedeutet werden.

In einem Milchviehstall mit 616 Tierplätzen und den Abmessungen  $129 \text{ m} \times 24 \text{ m} \times (3,8 \text{ m bis } 6,9 \text{ m})$  wurde die *Firstschlitzlüftung* untersucht. Durch geöffnete Tore und Fenster wird im Sommer ein ausreichender Luftwechsel erreicht. Im Winter können bei geschlossenen Toren und Fenstern  $5^\circ\text{C}$  im Stall als Tagesmittelwert gehalten werden (Bild 2). Während der Fütterung treten vor allem in der Nähe der geöffneten Tore Temperaturen unter  $0^\circ\text{C}$  auf. Durch einen regelbaren Firstschlitz könnten im Winter höhere Stalllufttemperaturen er-

reicht werden. *Mehrere Einzelschächte* wurden u. a. in einem Schweinemaststall mit 1000 Tierplätzen und den Abmessungen  $60 \text{ m} \times 21 \text{ m} \times 2,9 \text{ m}$  untersucht. Die Meßergebnisse zeigen, daß die freie Lüftung in Pavillonbauten der Schweinemast einsetzbar ist. Im Sommer ist es zweckmäßig, die freie Lüftung durch Wandventilatoren mit Düsen zu unterstützen. Der Luftwechsel des Stalles kann dadurch zwar nicht wesentlich beeinflusst werden, jedoch können die Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich erhöht und damit die Klimabedingungen unmittelbar in den Buchten verbessert werden.

Im Winter können nur bei kontinuierlicher Ein- und Ausstallung in der Einphasenmast die geforderten Temperaturen eingehalten werden. Sind nur Tiere zwischen 35 kg und 70 kg im Stall, so muß bei niedrigen Temperaturen geheizt werden.

Im Raum Erfurt wird der *Monoschacht* in den letzten Jahren verstärkt angewendet und vom BIV Bad Langensalza untersucht. Ein extremer Anwendungsfall ist ein Bullenmaststall mit 1800 Tierplätzen. Der Pavillonbau, der durch seitliche Anschleppungen verbreitert wurde, hat die Abmessungen  $124 \text{ m} \times 40 \text{ m} \times (3,1 \text{ m bis } 5,7 \text{ m})$  (Bild 3). Im Sommer reicht der Monoschacht allein nicht aus. Die geöffneten Tore und Fenster in den Seitenwänden und in der Basilika ermöglichen einen ausreichenden Luftwechsel durch den Außenwind.

Im Winter können die Stalllufttemperaturen weitestgehend im Optimalbereich zwischen  $5^\circ\text{C}$  und  $20^\circ\text{C}$  gehalten werden. Bei zu starker Abdichtung des Stallgebäudes wird der zulässige  $\text{CO}_2$ -Gehalt zeitweise überschritten.

Die *Stufendachlüftung*, die vor allem für die

freie Lüftung in Kompaktbauten der Milchviehhaltung interessant ist, wurde bereits in mehreren Anlagen in Kombination mit Zwangslüftungseinrichtungen untersucht. Sehr umfangreiche Erprobungen führte der SFT Dresden in einer 1930er-Milchviehhalde durch. Dabei zeigte sich, daß sich die Basilikabauform für die Anwendung der freien Lüftung besonders eignet. Aus den Messungen ergibt sich, daß im Winterbetrieb und im Übergangsbetrieb weitestgehend ohne Zwangslüftung gefahren werden kann. In der Sommerperiode ist die Zuschaltung dezentraler oder zentraler Zuluftöffnungen notwendig.

### 4. Schlußfolgerungen

Die bisherigen Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, daß die freie Lüftung in Pavillonbauten der Rinder- und Schweineproduktion anwendbar ist. Bemerkenswert ist, daß selbst in Kompaktbauten über lange Zeiträume des Jahres mit freier Lüftung gearbeitet werden kann.

Die erarbeiteten Auslegungsvorschriften haben sich bewährt und sind gestützt auf neuere Untersuchungsergebnisse in Praxis- und Modellanlagen weiter zu vervollkommen. Die Arbeiten in der Praxis haben gezeigt, daß die zur Verfügung stehenden bautechnischen Lösungen für Zu- und Abluftöffnungen sowohl für Neubauten als auch für Rekonstruktionen unzureichend sind. Durch die Erarbeitung und Bereitstellung geeigneter Zu- und Abluftöffnungen in Verbindung mit geeigneten Regeleinrichtungen wird sich die Anwendung der freien Lüftung und die erreichbare Qualität des Stallklimas erweitern und verbessern lassen. A 4538

## Erfahrungen bei der Wärmerückgewinnung in Anlagen der Tierproduktion

Dipl.-Ing. G. Mai/Dr.-Ing. H.-J. Müller, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

### Aufgabenstellung

Seit mehreren Jahren werden Untersuchungen zur Wärmerückgewinnung in Tierproduktionsanlagen, vorzugsweise in Schweineanlagen, durchgeführt. Einige Wärmeübertrager wurden in Laborversuchen bereits getestet, und durch Praxiseinsätze im Gesellschafts- und Industriebau ist die Funktionsfähigkeit von Wärmerückgewinnungsanlagen bewiesen worden.

Ziel der Untersuchungen des Forschungszentrums für Mechanisierung der Landwirtschaft (FZM) Schlieben/Bornim war es, die verschiedenen Wärmeübertrager auf einen Einsatz unter Stallbedingungen zu testen. Zu diesen besonderen Bedingungen gehören:

- aggressive schadstoffbelastete Stallluft
- hohe relative Luftfeuchtigkeit
- starke Staubbelastung
- Kondenswasserbildung und Einfrierproblematik.

Die Bearbeitung dieser Aufgabe erfolgt in mehreren Etappen.

### Bearbeitungsetappen

Im Jahr 1980 wurde vom Stammbetrieb für Forschung und Technik des VEB Kombinat

Luft- und Kältetechnik (SFT) Dresden zunächst das Rekuperative Zirkulationssystem (RZ-System) vorgesehen. Weitere Varianten, die als Versuchsmuster eingesetzt und erprobt wurden, waren ein Importrekuperator Econovent-Ex der Fa. Munters (Schweden), ein aus Pertinaxplatten bestehender Rekuperator sowie ein Regenerativ-Wärmeübertrager (RWÜ).

Bereits im Jahr 1980 wurde vom FZM Schlieben/Bornim angeregt, Regeneratoren mit feststehenden Speichermassen mit in die Untersuchung einzubeziehen. Dazu wurde 1981 vom SFT Dresden ein Lösungsvorschlag für GAZ-Läuferställe erarbeitet. Ebenfalls 1981 entstand ein Lösungsvorschlag zur energiewirtschaftlichen Komplexlösung, der u. a. konkrete Vorschläge zur Verringerung der Wärmeverluste von Stallgebäuden beinhaltet.

Neben der schwerpunktmäßigen Weiterentwicklung von Wechselspeicheranlagen arbeitete der SFT Dresden auf der Grundlage eines Neuerervorschlags an der Entwicklung und Erprobung eines PVC-Platten-Wärmeübertragers.

Im Jahr 1983 wurde mit einer Feldprüfung

begonnen, um in Vorbereitung der Breitenanwendung verschiedener Verfahren der Wärmerückgewinnung zu gesicherten Ergebnissen zu kommen. Die Koordinierung der Feldprüfung erfolgt durch das FZM Schlieben/Bornim. Zur Gewährleistung einer möglichst einheitlichen Versuchsdurchführung und Auswertung erarbeitete das FZM eine Rahmenprüfmethodik, die mit den zuständigen Partnern abgestimmt wurde.

Folgende Verfahren der Wärmerückgewinnung wurden für die Feldprüfung ausgewählt:

- Wechselspeicher
- Wärmerad
- Zweistufen-Kompakt-Wärmeübertrager (ZKWÜ)
- Glasrohr-Wärmeübertrager
- Wärmerohr.

Der Glasrohr-Wärmeübertrager wurde im Winter 1984/85 erprobt. Die aufgeführten Varianten wurden während der Bearbeitung durch die Aufnahme des RZ-Systems ergänzt. Die Untersuchungen erstreckten sich auf sämtliche Haltungsstufen und verschiedene Stalltypen. Die Praxiserprobungen erfolgten im Winter 1983/84 bzw. 1984/85.

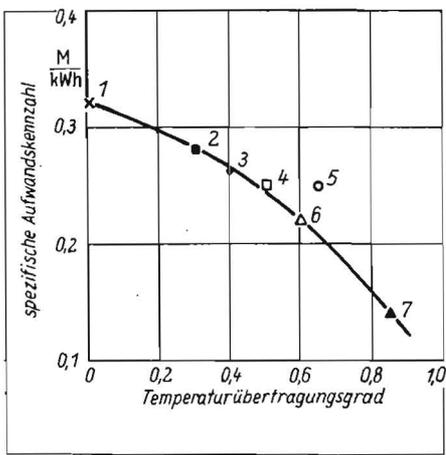


Bild 1. Zusammenhang zwischen Temperaturübertragungsgrad und spezifischer Aufwandskennzahl;  
 1 Heizhaus, 2 RZ-System Nordhausen, 3 ZKWÜ Rövershagen, 4 Wärmerohr Werbig, 5 Wärmerad Schwanebeck, 6 Wärmerohr Nordhausen, 7 Wechselspeicher Sambach

### Ergebnisse

Zusammenfassend kann zu den untersuchten Wärmerückgewinnungsanlagen unter Beachtung der spezifischen Einsatzbedingungen folgende Einschätzung gegeben werden:

#### Regeneratoren

Beim Einsatz von Regeneratoren ist zu beachten, daß neben Wärme auch Feuchte in den Stallraum zurückgeführt wird.

Diese Nebenwirkung ist bei einigen Tierarten und Haltungsstufen vorteilhaft, da bei konventioneller Heizung die Luftfeuchte im Stall oft zu niedrig ist. Ein Nachteil der Regeneratoren besteht in der Keimrückführung. Veterinärhygienische Untersuchungen von Seiten des Instituts für angewandte Tierhygiene Eberswalde und des Bezirksinstituts für Veterinärwesen (BIV) Bad Langensalza haben jedoch gezeigt, daß der Einsatz innerhalb einer Hygieneinheit unbedenklich ist.

Ein neues Erzeugnis stellt der in Kooperation zwischen dem VEB Kombinat Luft- und Kältetechnik Dresden und landwirtschaftlichen Einrichtungen entwickelte Wechselspeicher dar.

Der Wechselspeicher ist in Praxisanlagen bei der Tierart Schwein für sämtliche Haltungsstufen und bei Kälbern im K0- bis K3-Bereich sowie für unterschiedliche Stallgebäudetypen in insgesamt über 10 Versuchsanlagen eingesetzt und erprobt worden.

Das vorzugsweise für die Tierproduktion vorgesehene Gerät wird den Anforderungen hinsichtlich Frostschutz, Verschmutzung und Korrosion gerecht. Der Temperaturübertragungsgrad des Wechselspeichers erreichte höhere Werte (bis 85 %) als bei anderen Wärmerückgewinnungsanlagen.

Die Regenerativ-Wärmeübertrager (Wärmeräder) vom VEB Lufttechnische Anlagen Berlin haben sich in Schweinezuchtanlagen bewährt.

Praxisuntersuchungen erfolgten im VEG Königswartha, Bezirk Dresden, in einem Maststall mit 520 Tierplätzen, in der ZGE Mastläuferproduktion Schwanebeck, Bezirk Potsdam, in einem Abferkelstall (2 x 46 Tierplätze) und in einem Wartestall (276 Tierplätze) sowie in der Sauenzuchtanlage Polkenberg, Bezirk Leipzig, in einem GAZ-Käfigstall mit 400 Tierplätzen. Es wurden Temperaturübertragungsgrade bis zu 68 % erreicht. Voraussetzung für den Einsatz unter Stallbedingungen ist eine konsequente Wartung und Instandhaltung (z. B. Reinigung der Filter).

#### Rekuperatoren

Da bei Rekuperatoren mit direkter Wärmeübertragung die Wärme entsprechend dem Temperaturgefälle von der Abluft an die Außenluft durch eine Trennwand übertragen wird, ist theoretisch eine völlige Trennung der Luftströme gegeben, wodurch keine Keim- und Feuchterückführung entstehen kann. Die Untersuchungen haben aber auch gezeigt, daß einzelne Rekuperatoren Undichtheiten zwischen Abluft und Außenluft aufweisen, die Leckvolumenströme bewirken und damit den Übertragungswirkungsgrad senken. Die Leckvolumenströme sind durch geeignete Maßnahmen zu beseitigen.

Der Zweistufen-Kompakt-Wärmeübertrager ist eine spezielle Entwicklung für die Landwirtschaft und wird vom VEB Landtechnischer Anlagenbau Rostock/Sievershagen gebaut. Der ZKWÜ ist ein Rekuperator, bei dem die Luftströme durch zwei hintereinandergeschaltete Platten-Wärmeübertrager-

Kassetten, bestehend aus PVC-Platten, im Kreuzstrom gefördert werden. Die Erprobung erfolgte im VEG(T) Rövershagen, Bezirk Rostock, in einem GAZ-Käfigstall, in dem sich 2320 Absetzferkel befanden. Der Übertragungsgrad lag bei 60 % und wird bei Kondensatanfall um rd. 15 % erhöht. Das Gerät kann zum Einsatz empfohlen werden. Beim Betrieb ist auf die Verhinderung des Einfrierens und die Beseitigung von Verschmutzungen zu achten, da letztere den Wirkungsgrad senken.

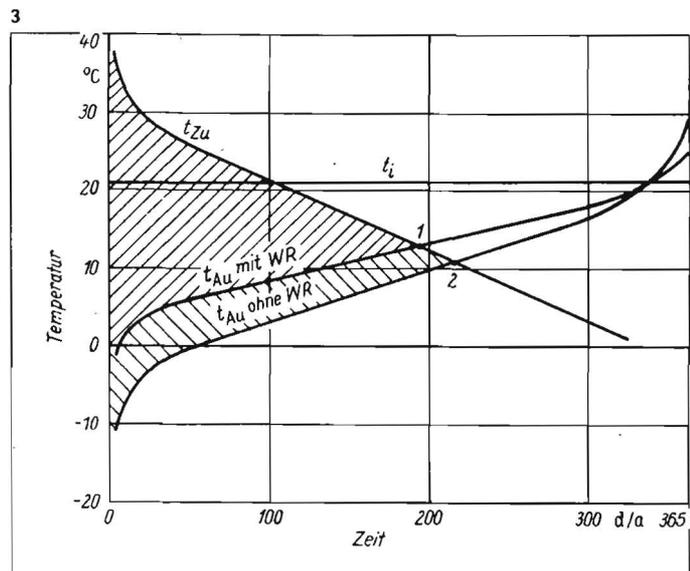
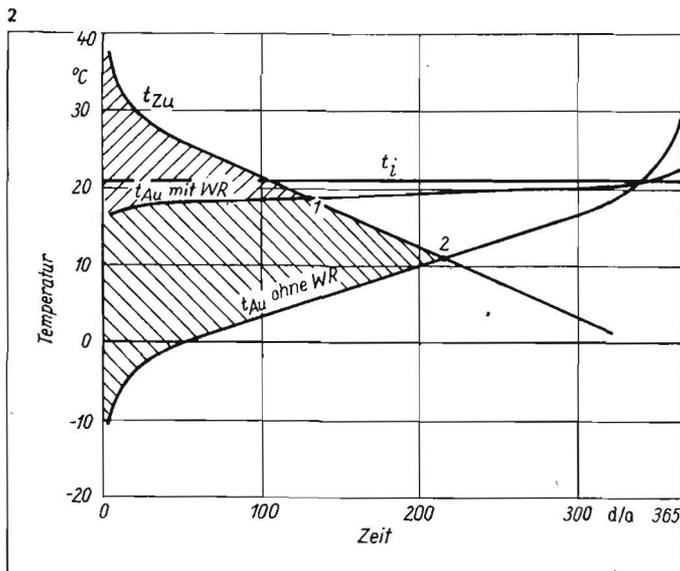
Der Glasrohr-Wärmeübertrager wird vom VEB Luft- und Wärmetechnik Görlitz hergestellt. Die Untersuchungen wurden im Winter 1984/85 durchgeführt. Glasrohr-Wärmeübertrager sind im Einsatz in einem Zwischenmaststall für Bullen (rd. 750 Tierplätze) in der LPG Herbsleben, Bezirk Magdeburg, in einem Wartestall (624 Tierplätze) in der Sauenzuchtanlage Sambach, Bezirk Erfurt, sowie in einem Maststall (1 000 Tierplätze) in der LPG Saarmund, Bezirk Potsdam. Beim Einsatz des Glasrohr-Wärmeübertragers ist ebenfalls auf die Verhinderung des Einfrierens, die ständige Beseitigung und Vermeidung von Verschmutzungen sowie auf die Gewährleistung der Kondensatabführung zu achten. Sein Wärmeübertragungsgrad beträgt rd. 50 %.

Wärmerohr-Rekuperatoren wurden in der Sauenzuchtanlage Werbig, Bezirk Potsdam, in einem Abferkelstall und in einem GAZ-Käfigabteil sowie im VEG(Z) Tierzucht Nordhausen in einem Eberzuchtstall erprobt. Der Wärmeübertragungsgrad dieses Systems liegt bei 50 %. Bei seinem Einsatz ist wiederum auf den Abbau der leichten Verschmutzbarkeit und die Bekämpfung der Korrosion zu achten. Das RZ-System ist im VEG(Z) Tierzucht Nordhausen in einem Zucht- und Mastläuferstall (2500 Tierplätze)

Bild 2. Häufigkeitslinien verschiedener Temperaturen für einen Temperaturübertragungsgrad von  $\Phi = 0,85$ ;

$t_{zu}$  Zulufttemperatur,  $t_i$  Stalllufttemperatur,  $t_w$  mit WR Frischlufttemperatur nach dem Wärmerückgewinner,  $t_w$  ohne WR Außenlufttemperatur, zwischen den Punkten 1 und 2 ist die Regelung der Heizleistung des Wärmerückgewinners notwendig

Bild 3. Häufigkeitslinien verschiedener Temperaturen für einen Temperaturübertragungsgrad von  $\Phi = 0,3$  (Legende s. Bild 2)



eingebaut und erprobt worden. Das RZ-System erfordert jedoch höhere Investitions- und Betriebsaufwendungen. Sein Wärmeübertragungsgrad liegt bei 30%. Eine weitere Möglichkeit der Wärmerückgewinnung aus der Abluft ist durch den Einsatz von Wasser-Wasser-Wärmepumpen mit vorgeschaltetem Wärmeabsorber gegeben. Hierbei wird die der Luft entzogene Wärme dem Wasser zugeführt, das für technologische und sanitäre Zwecke in den Tierproduktionsanlagen einsetzbar ist.

### Schlußfolgerungen

Die Probleme, die beim Einsatz von Wärmeübertragern in Tierproduktionsanlagen entstehen, sind sichtbar geworden. Dabei unterscheiden sich Regeneratoren und Rekuperatoren bzw. auch die einzelnen Wärmeübertrager innerhalb ihrer Gruppe in bezug auf Wartungs- und Reinigungsaufwand, Investitionen, Betriebskosten sowie Effektivität. Von Seiten des FZM Schlieben/Bornim

wurde in Auswertung der Ergebnisse der Feldprüfung der Versuch unternommen, einen Vergleich der einzelnen Wärmerückgewinnungsanlagen anhand ökonomischer Kennzahlen unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Einsatzfälle durchzuführen. Dabei wurde die im Standard TGL 190-452 (Wirtschaftlicher Energieträgereinsatz) für Wirtschaftlichkeitsberechnungen enthaltene Aufwandskennzahl zugrunde gelegt. Bei dem Vergleich der spezifischen Aufwandskennzahlen der einzelnen Wärmerückgewinnungsanlagen wird ein Zusammenhang zum Temperaturübertragungsgrad sichtbar (Bild 1). Dieser Zusammenhang ergibt sich daraus, daß bei steigendem Temperaturübertragungsgrad der Wärmebedarf des Stalls zunehmend mit Wärmerückgewinnung abgedeckt werden kann und damit der Anteil der notwendigen Zusatzheizung verringert wird (Bilder 2 und 3). In den Bildern 2 und 3 entsprechen die untere schraffierte Fläche der bereitgestellten

Wärmemenge durch Wärmerückgewinnung und die obere schraffierte Fläche der zusätzlich notwendigen Wärmemenge. Aufgrund der nachgewiesenen hohen Effektivität, Funktionssicherheit und der relativ geringen Investitionen stellt der Wechselspeicher eine Vorzugsvariante dar. Eine Weiterentwicklung und Vervollkommenung auf dem Gebiet der Wärmerückgewinnung in Tierproduktionsanlagen ist notwendig, um den noch nicht befriedigend gelösten Problemen und dem Einsatz unter Stallbedingungen Rechnung zu tragen. Es ist darauf zu achten, daß bei Rekonstruktionsmaßnahmen eine unkomplizierte Einordnung der Wärmerückgewinnungsanlagen in bereits bestehende Lüftungssysteme erfolgen kann. Da bei der Anpassung der Volumenströme an die nach Standard TGL 29084 geforderten Luftwechselzahlen Probleme auftraten, ist den regelungstechnischen Fragen besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

A 4544

## Technische Lösungen zur Wärmerückgewinnung in Schweineproduktionsanlagen und Methode ihrer ökonomischen Bewertung

Dr.-Ing. H.-J. Müller/Dipl.-Ing. G. Mai/Dr.-Ing. J. Dräger

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

### 1. Einleitung und Problemstellung

Die eingetretene komplizierte Situation auf dem Primärenergie- und Rohstoffsektor macht für das Gebiet der Stallklimagestaltung die Suche nach Lösungen zum rationellen Energie- und Materialeinsatz notwendig.

Die Stallheizung erfordert bei einigen Tierarten und Haltungsabschnitten einen erheblichen Aufwand an Wärmeenergie. Bei der Analyse der Wärmeströme, die dem Stall zugeführt werden müssen und die den Stall verlassen (Bild 1), werden die Ansatzpunkte für Energieeinsparungen deutlich.

Für den Fall der Stallheizung kommt es darauf an, die Transmissionswärmeverluste über Wände, Decke und Fußböden und die Verluste durch ungewollte freie Lüftung über Undichtigkeiten der Gebäudehülle gering zu halten sowie einen Teil der zur Frischluftversorgung der Tiere notwendigen Lüftungswärmeverluste für den Stall wieder nutzbar zu machen. Die Probleme der Transmissionswärmeverluste werden im Institut für Landwirtschaftliche Bauten der Bauakademie der DDR bearbeitet. Für die Wärmerückgewinnung aus der Stallabluft wurden in Kooperation zwischen dem Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim, dem Stammbetrieb für Forschung und Technik des VEB Kombinat Luft- und Kältetechnik (SFT) Dresden, dem Bezirksinstitut für Veterinärwesen (BIV) Bad Langensalza und weiteren Partnern technische Lösungen für die Wärmerückgewinnung erarbeitet und in Labor- und Praxisanlagen erprobt.

### 2. Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung aus der Stallabluft

Mit Hilfe von Wärmerückgewinnungsanlagen (WRGA) wird Wärme von der Stallabluft

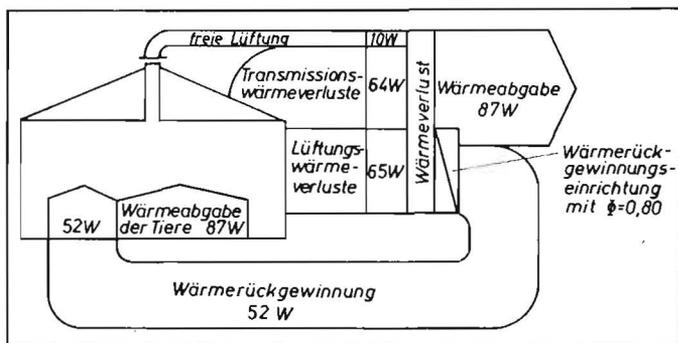


Bild 1 Vereinfachtes Wärme-flußdiagramm für einen Läuferaufzuchtstall (Angaben auf einen Tierplatz bezogen)

Bild 2. Technische Lösungsmöglichkeiten für die Wärmerückgewinnung aus der Stallabluft;

- Rekuperativer Wärmeübertrager mit Kreuzstrom-Platten-Wärmeübertrager
- Wärmerohre im Zu- und Abluftkanal
- Rezirkulationssystem mit Umwälzpumpe oder mit Wärmepumpe
- Regenerativ-Wärmeübertrager mit feststehender Speichermasse
- Regenerativ-Wärmeübertrager mit rotierender Speichermasse

