

# Anwendungsmöglichkeiten und Ergebnisse der Wärmerückgewinnung in der Tierproduktion

Prof. Dr. sc. techn. U. Mittag, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik  
Dr.-Ing. C. Lankow, KDT, Bezirksinstitut für Veterinärwesen Rostock  
Dipl.-Ing. P. Brumme, KDT, VEB Landtechnischer Anlagenbau Rostock, Sitz Sievershagen  
Ing. O. Jörn, KDT, VEB Energiekombinat Rostock, Bezirksstelle für rationelle Energieanwendung

## 1. Rationelle Energieanwendung in der Tierproduktion mit dem Schwerpunkt Wärmerückgewinnung

In der DDR ist die Energiewirtschaft zu einem Haupteinflussfaktor für die Entwicklung der Volkswirtschaft und des Lebensniveaus der Bevölkerung geworden. Da Energieträger aber nur begrenzt zur Verfügung stehen, sind beträchtliche Anstrengungen in den kommenden Jahren notwendig, um die energetische Basis weiter zu stärken. Hauptquelle für die Sicherung des Energiebedarfs der Volkswirtschaft ist die rationelle Energieanwendung und -umwandlung. Einschließlich der Nutzung der Sekundärenergie soll damit das im Fünfjahrplanzeitraum gesteckte Ziel erreicht werden, 80 Mill. t Rohbraunkohle-Äquivalent zusätzlich zu erschließen. Der spezifische Energieeinsatz ist in der gesamten Volkswirtschaft jährlich um durchschnittlich 4 bis 5 % zu senken.

Der Energieverbrauch der Landwirtschaft in der DDR ist, bedingt durch die fortschreitende Intensivierung der Produktion, in den letzten Jahren ständig gestiegen. So steht der Bereich der Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft im Energieverbrauch an dritter Stelle in der gesamten Volkswirtschaft. Einen nicht unerheblichen Anteil am Energieverbrauch der Landwirtschaft beanspruchte die Tierproduktion mit etwa  $46 \cdot 10^3$  TJ im Jahr 1987. Von diesem Verbrauch entfallen rd. 62 % auf die Erzeugung von Wärme, 21 % auf elektrische Antriebe und Beleuchtung sowie 17 % auf mobile motorische Antriebe, d. h. flüssige Treibstoffe. Deshalb sind Überlegungen zur Erhöhung der Effektivität der betrieblichen Energiewirtschaft sowie gründliche Analysen der Energieumwandlungs-, Energiefortleitungs- und Energieanwendungsprozesse und der möglichen Nutzung des Sekundärenergiepotentials dringend erforderlich. Die Energieabnehmer sind verpflichtet, zur Einsparung von Energieträgern bei volkswirtschaftlich vertretbaren Aufwendungen verstärkt die Sekundärenergie entsprechend den Rechtsvorschriften zu nutzen.

## 2. Sekundärenergienutzung durch Wärmerückgewinnung aus Stallabluft

### 2.1. Anforderungen an die Wärmerückgewinnung

Zur Gewährleistung optimaler Umgebungstemperaturen in Stallgebäuden auch unter ungünstigen Außenklimabedingungen sind besonders im Aufzuchtbereich und bei Tieren im Vormastbereich erhebliche zusätzliche Wärmemengen erforderlich, um die im Winter negative Wärmebilanz auszugleichen. Die notwendige Wärmemenge ergibt sich aus der Gleichung der Raumlast (Heizlast):

$$\dot{Q}_{R,H} = \dot{Q}_{Ti} - \dot{Q}_{Tr} - \dot{Q}_{LTA}$$

$\dot{Q}_{R,H}$  Heizlast in W

$\dot{Q}_{Ti}$  Wärmeproduktion der Tiere in W

$\dot{Q}_{Tr}$  Transmissionswärmelast in W

$\dot{Q}_{LTA}$  Lüftungswärmelast in W.

Selbst wenn man davon ausgeht, daß alle bekannten Maßnahmen zur Stabilisierung des Stallklimas, wie

- Gewährleistung des bautechnischen Wärmeschutzes der Gebäudehülle (nach Standard TGL 35 424 „Bautechnischer Wärmeschutz“),
- Einhaltung des Mindestaußenluftförderstroms zur Abführung von Schadstoffen und überschüssigen Feuchtemengen (Außenluftfrate im Winter nach Standard TGL 29 084 „Stallklimagestaltung“),
- ausreichende Tierbelegung entsprechend dem gewählten Haltungsverfahren bei Einhaltung der erforderlichen Aktionsflächen, Verkehrsflächen und sonstiger Funktionsflächen,

realisiert werden, lassen sich in vielen Produktionsabschnitten die zur Erzielung hoher und stabiler Tierleistung erforderlichen Stallklimawerte nicht einhalten. Durch den Einsatz von Systemen zur Wärmerückgewinnung aus Stallabluft kann ein Teil der mit der Fortluft entweichenden Lüftungswärme für die Erwärmung der Zuluft genutzt werden. Zwei wesentliche Prinzipien werden gegenwärtig bei der Stallklimatisierung eingesetzt.

Bei *Rekuperatoren* wird der Wärmeaustausch durch eine feste Wand realisiert, die im Idealfall die Vermischung von Zuluft und Abluft verhindert. Wo aus tierhygienischen Gründen entsprechende Forderungen gestellt werden, gebührt diesem Prinzip der Vorrang.

Beim *Regeneratorprinzip* erfolgt die Wärmeübertragung über eine Speichermasse, die z. B. durch Umschalten der Luftströme abwechselnd von Abluft oder von Zuluft durchströmt wird. Eine Rückführung von Bestandteilen der Stallluft (Schadstoffe, Feuchtigkeit, Keime) ist dabei unvermeidbar.

Der übertragene „trockene“ Wärmestrom läßt sich theoretisch wie folgt bestimmen:

$$\dot{Q} = k A (t_{AB} - t_{AU});$$

$\dot{Q}$  übertragener Wärmestrom in W

$k$  Wärmedurchgangswert in  $W/m^2 \cdot K$

$A$  Wärmeübertragerfläche in  $m^2$

$t_{AU}$  Temperatur der Außenluft in  $^{\circ}C$

$t_{AB}$  Temperatur der Abluft in  $^{\circ}C$ .

Durch die Bauart des Wärmeübertragers und die eingesetzten Werkstoffe läßt sich der Wärmeübertragungsgrad beeinflussen. Man kann ihn durch Messung der Ein- und Ausgangstemperaturen auch experimentell bestimmen. Der Temperaturübertragungsgrad, bezogen auf die Außenluft und bei annähernd gleicher Zu- und Fortluftmenge, beträgt:

$$\Phi_1 = \frac{t_{ZU} - t_{AU}}{t_{AB} - t_{AU}}$$

$\Phi_1$  Temperaturübertragungsgrad

$t_{ZU}$  Temperatur der Zuluft in  $^{\circ}C$ .

Er kann bei den verschiedenen Wärmerück-

gewinnungssystemen Werte von  $\Phi_1 = 0,5 \dots 0,8$  annehmen.

Für die Auswahl eines bestimmten Wärmerückgewinnungssystems sprechen außer dem Wärmeübertragungsgrad noch andere Gesichtspunkte, wie

- Zuverlässigkeit und Funktionssicherheit
- wartungsarmer Betrieb
- geringer Instandhaltungsaufwand
- gute Reinigungs- und Desinfektionsmöglichkeit
- vielseitige Anpassung an lüftungstechnische Anlagen
- niedriger Investitionsaufwand und Elektroenergiebedarf
- geräuscharmer Betrieb.

### 2.2. Anwendungsbereiche der Wärmerückgewinnung

Wärmerückgewinnung stellt im Winter und z. T. auch in der Übergangsjahreszeit eine energieökonomische Maßnahme zur Stallklimaverbesserung und eine Maßnahme zur schonenden Bewirtschaftung von Stallgebäuden dar. Sie ist vor allem dort wirtschaftlich, wo

- Tierverluste reduziert werden sollen
- die Tiergesundheit zu verbessern ist
- eine bessere Futtermittelverwertung bei höheren Tierleistungen gefordert wird
- auch bei niedrigen Außenlufttemperaturen eine ausreichende Abführung von Schadstoffen und überschüssigen Feuchtemengen gewährleistet werden soll
- eine gute Durchströmung des Aufenthaltsbereichs der Tiere mit gleichmäßig erwärmter Zuluft erforderlich ist.

Durch die Aufstellung von Wärmebilanzen – das Verfahren ist in verschiedenen Projektierungsempfehlungen [1] veröffentlicht worden – läßt sich mit ausreichender Genauigkeit nachweisen, wo der Einsatz der Wärmerückgewinnung sinnvoll ist.

Bei langjährig genutzten Stallgebäuden mit stark geschädigter Bausubstanz muß mit wesentlichen Minderungen des bautechnischen Wärmeschutzes gerechnet werden bzw. macht sich eine vorherige bauhygienische Sanierung der Stallgebäude erforderlich. Ein unkontrollierter Luftaustausch muß weitestgehend vermieden werden, stellt doch die Abluft das wesentliche zu nutzende Wärmepotential dar.

Am Beispiel von Schweinemastställen ist dargestellt worden, wann Wärmerückgewinnung sinnvoll ist. Zugrunde gelegt wird im ersten Beispiel ein in Mischkonstruktion errichtetes Stallgebäude mit unterschiedlichen Gebäudebreiten entsprechend den gewählten Haltungsformen (s. a. Tafel 1).

Die Gebäudehüllen erfüllen die Mindestanforderungen an den bautechnischen Wärmeschutz. Die Varianten 3 und 4 stellen ausgeführte Lösungen dar, die Varianten 1 und 2 berücksichtigen die ebenfalls im Angebot befindlichen Gruppenbuchten mit Vollspaltenboden bei stationärer bzw. mobiler Futter-

Tafel 1. Einfluß der Haltungsform auf die Belegungsdichte bei Mastschweinen (Einphasenmast)

Variante	Haltungsform	Bezeichnung der Bucht	Aufstallung	Gebäudeabmessungen m	Anzahl der Tierplätze	Stallgrundfläche m <sup>2</sup> /Tpl.
1	Gruppenbucht, Fließfütterung	005/006	4reihig	12 × 60	672	1,07
2	Gruppenbucht, Feuchtfütterung	007/008	4reihig	15 × 60	672	1,34
3	Gruppenbucht, Feuchtfütterung	L 119	3reihig	15 × 60	504	1,79
4	Gruppenbucht, Feuchtfütterung	L 119	4reihig	18 × 60	672	1,61

Tafel 2. Einsatz der Wärmerückgewinnung bei Mastschweinen (Einphasenmast, Einstallungsmasse 35 kg, Außenlufttemperatur -11°C, Stalllufttemperatur 16°C)

Variante	Wärmelast $\dot{Q}_R$ kW	Transmissionswärmelast $\dot{Q}_{Tr}$ kW	Lüftungswärmelast $\dot{Q}_{LTA}$ kW	Temperaturübertragungsgrad $\Phi_i$	zusätzliche Heizlast $\dot{Q}_H$ kW	Heizgrenztemperatur $t_{gr}$ °C
1	-27,09	-48,52	-42,41	0,64	-	-1
2	-31,80	-53,23	-42,41	0,70	-2,11	2
3	-27,31	-43,42	-31,77	0,70	-5,07	4
4	-35,34	-56,77	-42,41	0,70	-5,65	2

Tafel 3. Einsatz der Wärmerückgewinnung in Abhängigkeit von der Lebendmasse bei Mastschweinen (Einphasenmast)

Belegungsfall	durchschnittliche Tiermasse kg	Stalllufttemperatur °C	Anzahl der Tierplätze	Wärmeproduktion der Tiere kW	Mindestaußenluftförderstrom m <sup>3</sup> /h
1	35	17	624	57,41	3 625
2	50	16	616	67,76	4 698
3	70	14	608	83,90	6 119
4	115	11	600	117,60	8 898

Tafel 4. Auslegungsparameter der Wärmerückgewinnung zu den Belegungsfällen 1 bis 4 entsprechend Tafel 3

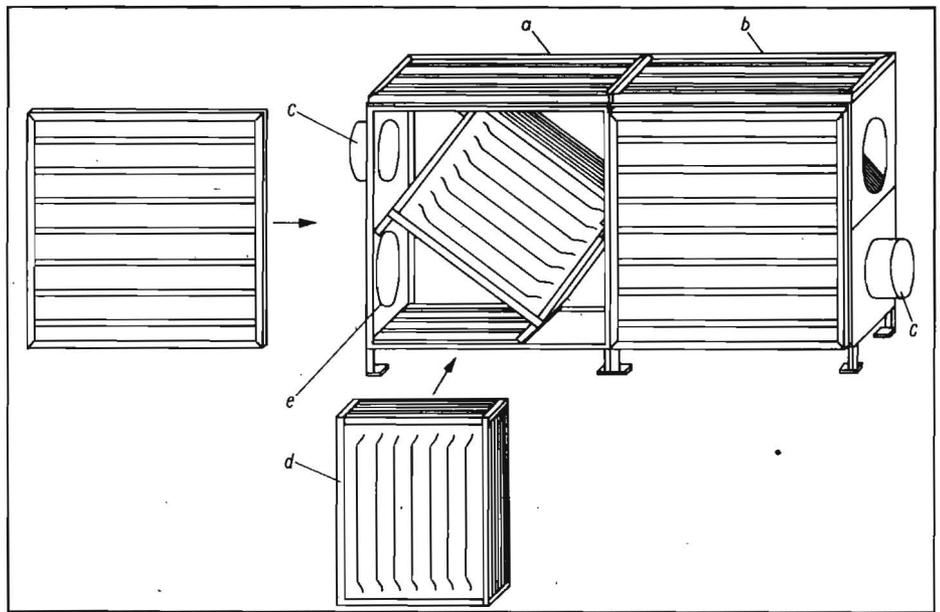
Belegungsfall	Wärmelast $\dot{Q}_R$ kW	Transmissionswärmelast $\dot{Q}_{Tr}$ kW	Lüftungswärmelast $\dot{Q}_{LTA}$ kW	Temperaturübertragungsgrad $\Phi_i$	Heizgrenztemperatur $t_{gr}$ °C
1	-26,06	-39,62	-43,85	0,59	-3
2	-25,20	-37,91	-55,05	0,46	-4
3	-17,65	-34,47	-67,08	0,26	-9
4	0,81	-29,34	-87,45	-	-

verteilung. Es war nachzuweisen, ob bei Einphasenmast in der Einstallungsphase (durchschnittliche Lebendmasse der Tiere 35 kg) die Einhaltung optimaler Stallklimabedingungen auch im Winter möglich ist. Die Wärmebilanz aller Stallgebäude ist negativ. Durch Einsatz von Wärmerückgewinnungssystemen mit einem Temperaturübertragungsgrad  $\Phi_i = 0,7$  läßt sich das Wärmedefizit bei Variante 1 vollständig, bei Variante 2 bis zu einer Außenlufttemperatur von  $-10^\circ\text{C}$  ausgleichen. Bei den Varianten 3 und 4 ist zusätzlich zur Wärmerückgewinnung die Zuführung technischer Wärme erforderlich, oder die Stalllufttemperatur wird bei Außenlufttemperaturen von  $-11^\circ\text{C}$  nur  $12^\circ\text{C}$  betragen können. Dies liegt noch unterhalb des zulässigen Temperaturbereichs nach Standard TGL 29 084 und kann eventuell toleriert werden, wenn ausreichend Einstreu vorhanden ist. Diese Forderung sollte bei der Gruppenbucht L 119 im Interesse der Tierhygiene ohnehin gestellt werden. Die ungünstigste Aufstallungsvariante ergibt sich bei 3 Buchtenreihen. Aufgrund der zwei Futtergänge, von denen einer nur einseitig genutzt werden kann, steigt der Bedarf an Stallgrundfläche auf  $1,79\text{ m}^2/\text{Tier}$  an. Bereits ab einer Heizgrenztemperatur von  $4^\circ\text{C}$  muß dem Stall zusätzlich Wärme zugeführt werden (Tafel 2). Die Wärmerückgewinnung läßt sich hierbei besonders effektiv einsetzen, weil die Lüftungsheizlast fast die Hälfte der Wärmeverluste umfaßt. Mit steigender Lebendmasse wird das vorhandene Wärmepotential der Tiere schließlich ausreichen, um auch ohne Wärmerückgewinnung oder Heizung optimale Stalllufttemperaturen einhalten zu können. Dazu wurden die Stalleinheiten des Angebotsprojekts für 6000 Mastschweine theoretisch untersucht und entsprechende Stallklimauntersuchungen am Standort Walkendorf, Bezirk Neubrandenburg, in Ställen mit und ohne Wärmerückgewinnung durchgeführt. Die Aufstallung entspricht der Variante 2 in Tafel 1, die Ställe haben aber eine Länge von 54 m und sind fensterlos. Außerdem schließen sie einseitig an einen Verbinder an. Die Stalltüren bleiben im Winter geschlossen. Es wurden 4 Belegungsfälle untersucht und die Parameter für die Wärmerückgewinnung und die Außenluftförderströme ermittelt (Tafeln 3 und 4).

Aus den Untersuchungen sind folgende Schlußfolgerungen möglich: Mastschweine im Vormastbereich bis zu einer Lebendmasse von etwa 70 kg sind besonders bei Haltungsverfahren mit einem Flächenanspruch  $> 1,30\text{ m}^2$  Stallgrundfläche/Tierplatz nicht in der Lage, die Wärmeverluste durch das Bauwerk und durch die Lüftung auszugleichen. Die Wärmerückgewinnung aus Stallabluft stellt allein oder in Verbindung mit einer zusätzlichen Heizung eine auch energieökonomisch sinnvolle Maßnahme zur Gewährleistung optimaler Stallklimabedingungen im Winter und in der Übergangsjahreszeit dar.

Es ist zweckmäßig, die überschüssigen Wärmemengen im Endmastbereich zum Vorheizen und Erwärmen der frisch belegten Stalleinheiten zu nutzen. Dies erfordert technische Lösungen der Wärmerückgewinnung, die eine unzulässige Keim- und Schadstoffübertragung ausschließen. In engem Zusammenhang mit der Wärmerückgewinnung muß das Problem der Stalllüftung gesehen werden. Die Wärmerückgewinnung erlaubt den Austausch größerer Luftmengen, ohne

Bild 1. Aufbau des ZKWÜ-Containers;  
 a Wärmeübertragereinheit I (EKWÜ-Container),  
 b Wärmeübertragereinheit II (EKWÜ-Container),  
 c Ventilator, d Wärmeübertragerkassette,  
 e Anflanschmöglichkeit für Lüftungsteile



die Stalllufttemperatur unzulässig absinken zu lassen. Deshalb ist es zweckmäßig, Wärmerückgewinnung auch oberhalb der Heizgrenztemperatur zu betreiben. Dem ist eine Grenze gesetzt, wenn die Stallluftfeuchte unter den zulässigen Bereich ( $\varphi_{l, \text{grenz}} \approx 50\%$ ) absinkt. Durch eine Feuchtebilanz läßt sich dieser Grenzfall bestimmen.

Der Einsatz der Wärmerückgewinnung bei Ställen zur Aufzucht von Tieren, wie Abferkel- und Absatzferkelställen, sowie von Kälber- und Rindermastställen ist ebenfalls sehr effektiv.

### 3. Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung nach dem Rekuperatorprinzip am Beispiel des ZKWÜ-Containers

#### 3.1. Aufbau des Geräts

Der Zweistufen-Kompakt-Wärmeübertrager-Container (ZKWÜ-Container) ordnet sich als Wärmerückgewinnungseinrichtung in die rekuperativen Verfahren der Wärmerückgewinnung ein. Kennzeichnend für diese Verfahren ist eine Trennwand zwischen zwei Stoffströmen, die gleichzeitig Übertragungsfläche ist. Nach [2] werden die Rekuperatorbauformen nach der Form der Trennwand unterschieden, so z. B. in Rohrbündel-, Rippen-, Glattrohr- und Plattenwärmeübertrager.

Der ZKWÜ-Container ist ein Plattenrekuperator, der sich aus zwei Wärmeübertragereinheiten zusammensetzt (Bild 1). Je 2 Wärmeübertragerkassetten werden als Einschübe in das Gehäuse der Wärmeübertragereinheiten in Diagonalstellung eingesetzt. Die Kassetten enthalten je 36 Wärmeübertragerelemente, bestehend aus PVC-Hart-Folie mit einer Dicke von 0,8 mm. Der Plattenabstand beträgt 8 mm. Die Elemente sind zur Stabilisierung und Vergrößerung der Übertragungsfläche wellenförmig gestaltet, mit Noppen versehen und werden durch Plastikklemmleisten zusammengehalten. Die Diagonalanordnung der Kassetten gestattet eine niedrige Bauhöhe und eine gute Zugänglichkeit der Anschlußöffnungen für die Luftleitungen.

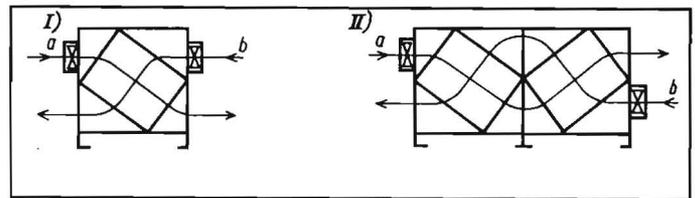
Als ZKWÜ-Container sind  $2 \times 2$  Kassetten in Reihe geschaltet, so daß sie vom Luftstrom nacheinander durchlaufen werden. Das Gerät kann aber auch als Einstufen-Kompakt-Wärmeübertrager-Container (EKWÜ-Container) genutzt werden, wenn eine geringere Wärmeübertragungsleistung gefordert wird.

Das Containertraggerüst ist mit demontierbaren wärmegeprägten Verbundelementen aus Al-PUR-Al umschlossen. An den Stirnseiten befinden sich Stahlblechplatten für den Anschluß der Luftleiteneinrichtungen und Ventilatoren, und am Boden sind Auffangwannen zur Abführung des Kondenswassers, das über einen Ablaufstutzen einer Entwässerungsleitung zugeführt wird.

#### 3.2. Einsatzhinweise

Das Gerät ist für die Aufstellung außerhalb des Stalles im Freien konzipiert. Zur Aufstel-

Bild 2  
 Prinzipdarstellung  
 der Luftführung in  
 EKWÜ-Container (I)  
 und ZKWÜ-Container  
 (II);  
 a Abluft, b Außenluft



lung ist nur eine entsprechend befestigte Aufstandfläche (Betonplatte) erforderlich. Das rekuperative Prinzip der Wärmerückgewinnung erfordert eine gleichzeitige Beaufschlagung des Containers mit Außen- und Abluft. Dieses macht den Anschluß des Containers an ein zentrales Zuluft- und Abluftsystem erforderlich. Zur Gewährleistung einer hohen Funktionssicherheit ist dafür zu sorgen, daß im Bilanzzeitraum alle notwendigen Maßnahmen zur Minimierung der unkontrollierten Wärmeverluste ergriffen werden. Beim Einsatz des Containers in Anlagen der Tierproduktion wird eine volle Auslastung der projektierten Tierplatzkapazität gefordert.

Der Container ist so in die Lüftungstechnische Anlage einzuordnen, daß eine Luftführung innerhalb des Geräts entsprechend Bild 2 realisiert wird. Die Lufttemperatur können im Bereich von  $-25^\circ\text{C}$  bis  $50^\circ\text{C}$  liegen. Während der Sommermonate kann der Container, sofern keine Notwendigkeit zur Wärmerückgewinnung besteht, zum reinen Zuluftgerät umgerüstet und das zentrale Zuluftsystem zur Luftverteilung genutzt werden.

Der Container wird auf Wunsch mit 2 Axialventilatoren LANVR 400-0/63-2,2 ausgeliefert (Schalleistungspegel beachten). Vorzugsweise sind Luftleitungen mit einem äquivalenten Rohrdurchmesser von 500 mm zu verwenden.

Durch entsprechende Abdichtungen wird eine weitestgehende Trennung von Zuluft- und Abluftstrom gewährleistet. Die Leckluft-rate (Übertritt von Abluft in die Zuluft und umgekehrt) liegt unter 5%.

Die beim Betrieb des ZKWÜ-Containers als Einrichtung zur Wärmerückgewinnung aus der Abluft erreichten Temperaturübertragungsgrade bis zu 80% lassen auf eine hohe

Effektivität der Anlage schließen. Jedoch nicht die Wärmerückgewinnungsanlage allein gewährleistet die Einhaltung optimaler Stallklimaparameter. In engerem Zusammenhang damit stehen Maßnahmen des bautechnischen Wärmeschutzes sowie die Minimierung des unkontrollierten Luftwechsels und somit Wärmeverlustes durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle. Die Wärmerückgewinnungsanlage dient nicht dem Ausgleich der ungewollten Wärmeverluste. Besonders Augenmerk ist bei der Einsatzvorbereitung des ZKWÜ-Containers auf den Zustand der Wärmedämmung im Dachbereich zu richten. Fenster, Türen und weitere Öffnungen in der Bauhülle müssen dicht verschließbar sein. Während des Prozesses der Wärmerückgewinnung mit ZKWÜ-Container darf die Zuluft- und Abluftförderung als geschlossenes System durch Falschlufteinbrüche und Wärmeverluste nicht beeinträchtigt werden. So ist die Regelung der Stalllufttemperatur vorrangig über die Änderung der Zuluft- und Abluftförderströme, die durch den Container gefördert werden, vorzunehmen.

Innerhalb der Sommermonate ist während einer Serviceperiode der ZKWÜ-Container hinsichtlich aufgetretener Farbschäden zu untersuchen. Deren Beseitigung sowie die Erneuerung der für die Dichtheit des Containers entscheidenden Dichtgummistreifen gehören neben der Pflege und Wartung der beiden Ventilatoren zu den Instandhaltungsmaßnahmen. Empfehlenswert ist die ständige Betreuung der Lüftungsanlage einschließlich Wärmerückgewinnung durch eine Arbeitskraft des Anlagenpersonals, unter deren Verantwortung der Betrieb, die Pflege und Wartung sowie die Instandhaltung erfolgen.

## 4. Ergebnisse der Einsatzprüfung des ZKWÜ-Containers in Tierproduktionsanlagen

### 4.1. Kurzcharakteristik der Versuchsanlagen

Die ZKWÜ-Container wurden in Anlagen der Schweineproduktion im Winterhalbjahr 1987/88 untersucht. Die dabei eingesetzten 4 Container wurden in die Lüftungstechnischen Anlagen folgender Ställe eingeordnet:

- Läuferaufzuchtstall für 4000 Tiere nach dem Angebotsprojekt der 1275er-Sauenanlage, Anschluß von 2 Stallabteilen mit 800 Tieren an die Wärmerückgewinnungsanlage, Lebendmassebereich der Tiere 7,5 bis 35 kg, Haltung der Tiere in Zetagigen-Gruppenaufzuchtställen

nungsanlage, Lebendmassebereich der Tiere 7,5 bis 35 kg, Haltung der Tiere in Zetagigen-Gruppenaufzuchtställen

- Läuferaufzuchtstall für 3000 Tiere, 3 Stallabteilungen mit je 750 Tieren konnten wahlweise an die Wärmerückgewinnungsanlage angeschlossen werden, Lebendmassebereich der Tiere 7,5 bis 35 kg, Haltung der Tiere in Zetagigen Gruppenaufzuchtställen
- Schweinemastanlage für 6000 Tiere nach Angebotsprojekt, Anschluß eines Stallabteils mit 600 Tieren an die Wärmerückgewinnungsanlage, Lebendmassebereich der Tiere 35 bis 115 kg, Haltung der Tiere in Mastbuchten 007/008.

### 4.2. Darstellung der Untersuchungsergebnisse am ZKWÜ-Container

#### 4.2.1. Technische Bewertung

Der ZKWÜ-Container ist zur Wärmerückgewinnung aus der Stallabluft bei Einsatz in Absatzferkelställen mit Gruppenaufzuchtställen sowie in Schweinemastställen mit negativer Wärmebilanz geeignet. Sein Einsatz bewirkt im Zusammenhang mit einem gut funktionierenden System der Zuluftverteilung eine gleichmäßige Verbesserung des Stallklimazustands im Aufstallungsbereich der Tiere und eine spürbare Verbesserung des Wärmehaushalts.

Mit dem ZKWÜ-Container können Luftdurchsätze zu- und abluftseitig von maximal 4000 m<sup>3</sup>/h realisiert werden. Bei Gleichheit beider Luftförderströme wurden Temperaturübertragungsgrade zwischen 70 % und 85 % erreicht. Ein durchschnittlicher Übertragungsgrad von 75 % bewirkte eine mittlere Erhöhung der Außenlufttemperatur um 14 bis 15 K bei einem Luftdurchsatz von rd. 3000 m<sup>3</sup>/h und einer Temperaturdifferenz zwischen Abluft und Außenluft von 20 K. Das entspricht einer Heizleistung von rd. 16 kW. Durch Verlaufsmessungen wurde nachgewiesen, daß die Forderungen des Standards TGL 29 084 für den zulässigen Temperaturbereich ständig und für den optimalen Temperaturbereich zu rd. 70 % des Meßzeitraums eingehalten wurden. Die entsprechenden Außenlufttemperaturen lagen in diesem Zeitraum im Bereich von -5,8°C bis 9,3°C. Bei Einhaltung der Lufraten gemäß Standard TGL 29 084 hätte bei diesen Außenlufttemperaturen im gesamten Meßzeitraum in den Läuferaufzuchtställen eine Zusatzheizung erfolgen müssen, wenn die Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung betrieben worden wäre.

Die weitere günstige Gestaltung einzelner Einflußfaktoren des Stallklimas, wie z. B. der Luftgeschwindigkeit bei Eintritt in den Tierbereich, der gleichmäßigen Versorgung des Aufenthaltsbereichs der Tiere mit Frischluft (Raumströmung) und der Fortleitung von Schadgasen, war zwar nicht unmittelbar auf den Einsatz der Wärmerückgewinnungseinrichtung zurückzuführen, ließ aber in der Einheit mit der Wärmerückgewinnung ein optimales Stallklima entstehen. Bei guter Zuluftführung konnten Schadgase entsprechend verdünnt und abgeführt werden. Der hohe Dichtheitsgrad des ZKWÜ-Containers ließ nur eine minimale Rückfuhr von Schadgasen in den Stall zu. Da der ZKWÜ-Container ohne Filter betrieben wurde, kam es zu erheblichen Schmutzablagerungen auf der Abluftseite (unreine Seite) des Containers (s. Abschn. 4.2.2.), die ein kontinuierliches Reinigen notwendig machen. Als Reinigungsintervall werden nach bisherigen Erfahrungen 4 bis 9 Wochen empfohlen, wobei eine genaue Festlegung dem Anlagenbetreiber obliegt. Der zeitliche Aufwand für die Reinigung des gesamten ZKWÜ-Containers beträgt rd. 2 h für eine Arbeitskraft.

#### 4.2.2. Veterinärhygienische Bewertung

Die Untersuchungen am ZKWÜ-Container wurden nach einheitlichen tierhygienischen Bewertungskriterien durchgeführt (Tafel 5). Die entsprechende Meßpunktanordnung am ZKWÜ-Container für die Beurteilung des hygienischen Zustands ist aus Bild 3 ersichtlich. Im Ergebnis dieser Funktionserprobung am ZKWÜ-Container wurde die in Tafel 6 darge-

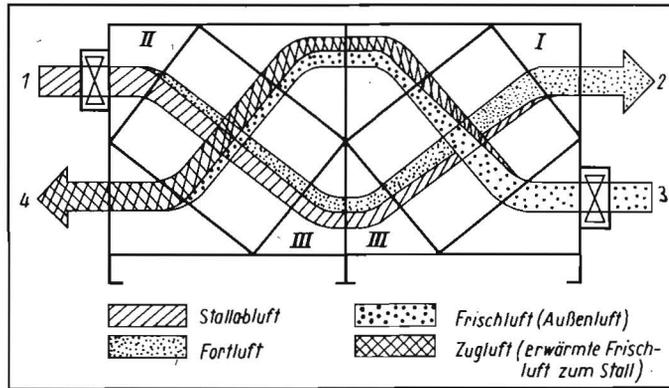


Bild 3  
Meßpunktanordnung für die tierhygienische Bewertung des ZKWÜ-Containers; 1 bis 4 Meßpunkte für die Schadgasbestimmung und Quantität der mikrobiellen Kontamination der Luft  
I, II Meßpunkte für die Quantität der mikrobiellen Kontamination der Oberflächen am Rekuperator, III Meßpunkt für die Kondenswasserbestimmung

Tafel 5. Parameter und Methoden für die tierhygienische Bewertung des ZKWÜ-Containers

Parameter	Methoden
Quantität der mikrobiellen Kontamination der Luft an der Wärmerückgewinnungseinrichtung - in der Stallabluft, die dem Rekuperator zugeleitet wird - in der Fortluft, die vom Rekuperator abgeleitet wird - in der Frischluft, die vom Rekuperator angesaugt wird - in der erwärmten Frischluft, die vom Rekuperator in die Stalleinheit gefördert wird	Impinger-Apparatur, Keimzuchtung auf Nährbodenplatten
Quantität der mikrobiellen Kontamination der Oberflächen am Rekuperator - auf der Zuluftseite (reine Luftseite) - auf der Abluftseite (unreine Luftseite)	Tupferabstriche (Watteträger) von definierten Oberflächen
mikrobielle Kontamination des Kondenswassers	bakteriologische Methoden
Schadstoffkontamination des Kondenswassers	chemische Methoden
Schadgasbestimmung am Rekuperator	Prüfröhrchen und chemische Analyse
Qualität der Dichtheit des Rekuperators	visuelle Einschätzung, Kondenswasser-austritt
Staubgehalt im Rekuperator	Schichtdickemessung, visuelle Einschätzung
Wirksamkeit der Reinigung und Desinfektion	Tupferabstriche, visuelle Einschätzung
Stabilität des Rekuperators gegenüber der Wasser-Hochdruckreinigung	n-malige Reinigung, visuelle Einschätzung
Stabilität des Rekuperators gegenüber Desinfektionsmitteln	n-malige Desinfektion, Tupferabstriche

Tafel 6. Mikrobielle Kontamination der Luft am Rekuperator

Meßpunkte	Keimzahl in lg KBE/l Luft auf Standardnährmedium	Sabouroudagar	Endoagar
1	1,95	1,50	1,00
2	1,50	1,25	0,50
3	0,75	-	-
4	0,93	-0,43	-

KBE koloniebildende Einheit

stellte mittlere Keimkontamination der Luftförderströme an den festgelegten Meßpunkten nach Bild 3 errechnet. Danach betrug die Keimrückführung 1,1% für aerobe Gesamtkeime und 1,4% für Pilze. Aus diesen Ergebnissen wird ersichtlich, daß eine geringe Keimübertragung aus der Abluft in die Zuluft erfolgt. Die Ergebnisdarstellung der mikrobiellen Kontamination der Oberflächen des Rekuperators am Beispiel der Gesamtkeimzahl auf Blutagar sagt aus, daß die stärkste Keimkontamination auf der Abluftseite (unreine Seite) mit  $1,4 \cdot 10^7$  KBE/cm<sup>2</sup> vorliegt (KBE = koloniebildende Einheit). Auf der Zuluftseite der Oberflächen (reine Seite) wurden in der 6. Woche der Betriebsphase  $10^3$  KBE/cm<sup>2</sup> ermittelt. Diese gezeigte Keimanreicherung macht eine regelmäßige Reinigung und Desinfektion des ZKWÜ-Containers in jeder Serviceperiode erforderlich. Durch das anfallende Kondenswasser im

Container werden erhebliche Mengen an Keimen und Schadgasen abgeführt. Der durchschnittlich bestimmte Anteil für NH<sub>3</sub> beträgt 54 mg/100 ml. Daraus wird ersichtlich, daß das anfallende Kondenswasser ein stark belastetes Abwasser ist und somit keine Einleitung in die Oberflächenentwässerung erfolgen darf.

Die Schadgasbestimmung der Luft am Container ergab ein analoges Ergebnis zur Keimrückführung an den untersuchten Meßpunkten nach Bild 3. Die Zuluft hat Qualitätsmerkmale, die den maximal zulässigen Immissionskonzentrationen in der Außenluft entsprechen.

Mit Zunahme der Betriebsdauer wurde in Abhängigkeit vom Staubanfall im Tierbereich eine Verschmutzung der Abluftseite des Containers bis zu einer Dicke von 3 mm festgestellt. Die Zuluftseite des Containers zeigte eine nur sehr geringe Verschmut-

zung. Diese resultiert aus der Ablagerung von Staubteilchen der Außenluft. Für die Reinigung des Rekuperatorgehäuses ist eine Kaltwasserdruckreinigung ausreichend, die Reinigung der Wärmeübertragerkassetten erfordert den Zusatz eines Reinigungsmittels. Der ZKWÜ-Container ist in die Desinfektionsmaßnahmen der Stallabteile einzubeziehen. Die Festlegungen der Liste der Desinfektionsmittel und Desinfektionsverfahren für die Veterinärmedizin sind dabei anzuwenden.

#### Literatur

- [1] Grundlagen zur Stallklimatisierung. VEB Landbauprojekt Potsdam, Katalog L 8103 RAL, Lüftung und Klimatisierung, 1981.
- [2] Marquardt, G., u. a.: Wärmerückgewinnung aus Fortluft. Reihe Luft- und Kältetechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1988. A 5662

## Entsorgung von Anlagen der Rinder- und Schweineproduktion nach technischen, pflanzenbaulichen und landeskulturellen Gesichtspunkten

Dr. sc. agr. G. Rinno/Dr. sc. agr. K. Ebert, Institut für Blotechnologie Potsdam der AdL der DDR

Der Übergang zur einstreulosen Tierhaltung in den zurückliegenden 2 Jahrzehnten hat wesentlich zur Einsparung von Arbeitskräften in der Landwirtschaft beigetragen. Besonders bei hohen Tierkonzentrationen erfordern Strohernte, Strohtransport, Strohlagung, Einstreuen und Entmisten sowie Ausbringen von Stallmist und Jauche sehr viel höhere Aufwendungen als das Häckseln und Breitblasen des Strohs bei der Getreideernte in Kombination mit Gülledüngung zum gleichen oder späteren Zeitpunkt. Auch der pflanzenbauliche Vorteil der Stalldungrotte ist naturwissenschaftlich nicht nachgewiesen. Sie führt mit Sicherheit zu Verlusten von 20 bis 30% des Kohlenstoffs und von 30 bis 40% des Stickstoffs [1]. Nun ist trotz der arbeitswirtschaftlichen Vorteile und der geringeren Nährstoffverluste in den letzten Jahren

ein Trend zur Rückkehr zum Stallmist festzustellen. Das hat folgende Ursachen:

#### Erstens:

Die einstreulose Tierhaltung hat zu leichtfertigem Umgang mit dem Rohstoff Wasser geführt. Es werden auch z. T. überhöhte Anforderungen an die tägliche Reinigung gestellt, die bei Einstreu ohnehin nicht möglich ist. Dadurch wird das anfallende Kot-Harn-Gemisch, das z. B. in der Schweineproduktion einen Trockensubstanzgehalt von 130 kg/t hat, in vielen Betrieben bis auf 20 kg/t mit Wasser verdünnt und damit die zu lagernde und auszubringende Masse um das 3fache vergrößert (Tafel 1).

Der Bedarf an Fahrzeugen, Dieselmotoren und Arbeitszeit wird also infolge Unkenntnis, mangelnder Disziplin oder ungenügender Leitungstätigkeit unnötig erhöht. Ein wir-

kungsvoller Einsatz der Gülle in der Pflanzenproduktion wird dadurch erschwert. Auch große und teure Lagerbecken sind keine Lösung, denn sie würden nur wirksam, wenn sie innerhalb der aus pflanzenbaulichen Gründen zur Verfügung stehenden Zeit geleert werden könnten. Die dafür erforderliche Transportkapazität ist jedoch nicht realisierbar.

#### Zweitens:

Bei hohem Anteil der einstreulos gehaltenen Tiere in einem Territorium (> 50%) sowie bei hohem Grünlandanteil stößt die Versorgung derjenigen Kulturpflanzen, die organische Substanz vorrangig benötigen, auf Schwierigkeiten. Gülle hat im Gegensatz zu Stallmist ein wesentlich engeres Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis. Da der Stickstoff den Gülleinsatz auf dem Ackerland begrenzt,

Bild 1. Ausschaltung von Wasserverlusten aus der Trogränke bei Milchkühen; a Trennbügel, b Spritzblech, c Halbschale, d Tritstufe, e Liegebox

Tafel 1. Wassereintrag in das Kot-Harn-Gemisch einer Schweinezuchtanlage nach Angebotsprojekt 1275

	Trockensubstanzgehalt kg/t	Anfall t/d	t/a
Kot-Harn-Gemisch	130	19	6 900
gegenwärtig: Gülle	20	126	46 000
Wassereintrag		107	39 000
erreichbar: <sup>1</sup> Gülle	45	56	20 400
notwendiger Wassereintrag		37	13 500

