

Wärmepumpen in der Geflügelproduktion

Prof. Dr.-Ing. G. Heinrich, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Energieumwandlung

Die Landwirtschaft hat vielfältige Traditionen zur rationellen Energieanwendung. Das Prinzip der Mehrfachenergienutzung wurde z. B. in der Tierproduktion ausgenutzt. Eine *direkte Abwärmenutzung* erfolgte bei der Wärmeversorgung der Jungtiere durch die Muttertiere (Glucke und Küken). Energetisch handelte es sich dabei um eine Reihenschaltung von Wärmeströmen. Auch das heute vielfach diskutierte Verfahren der Abwärmenutzung mit Wärmeübertragern ist aus früheren Zeiten bekannt. Eine *indirekte Nutzung der Abwärme* von Tieren für die Beheizung von Wohnräumen erfolgte im kleinbäuerlichen Betrieb häufig über eine Zwischenwand, die energetisch einen Wärmeübertrager darstellt. Aus Gründen der Abwärmenutzung waren in früheren Zeiten Tier und Mensch unter einem Dach untergebracht. Auf sehr lange Traditionen kann der Bauer bei der *direkten Sonneneinstrahlung* für Wärme- und Trocknungsprozesse zurückblicken. Der „Gewächshaus-Effekt“ war mitentscheidend für die Entwicklung des heutigen Sonnenkollektors.

Durch die Herausbildung einer industriemäßigen Tierproduktion haben sich die Bedingungen in der Landwirtschaft völlig verändert. Bei der kleinbäuerlichen Viehhaltung waren verschiedene technologische Prozesse energetisch vereint. Der Übergang zu industriemäßigen Bedingungen erforderte eine Trennung von Technologien, wie z. B. die Brut, die Jungtieraufzucht, die Eierproduktion oder die Fleischproduktion, und damit eine energetische Trennung. Durch die fehlende Abwärmenutzung ist der Primärenergieeinsatz in der Tierproduktion gestiegen. Nach wie vor fällt bei den Muttertieren beträchtliche Abwärme an, die mit dem Energieaufwand für die lüftungstechnischen Anlagen an die Umgebung nutzlos abgegeben wird. Gleichzeitig ist ein beträchtlicher Energieaufwand für die Brut und für die

Jungtiere erforderlich. Die Entwicklung des Konzentrationsprozesses ist jedoch rückläufig nicht denkbar. Deshalb müssen die energetischen Prozesse auf der Basis der industriemäßigen Produktionsmethoden zusammengeführt werden. Rationelle Energieanwendung in der industriemäßigen Tierproduktion erfordert energetische Kopplungen mit Abwärme und Umweltwärme.

Im Bild 1 sind die Arten energetischer Kopplungen mit Abwärme und Umweltwärme dargestellt. Mit Hilfe von Sonnenkollektoren erfolgt unter den heutigen Bedingungen eine Aufnahme der Sonnenstrahlung. Dabei sind Nutztemperaturen in Form von Wasserströmen im Bereich von 40°C bis 80°C möglich. Allerdings kann unter hiesigen Bedingungen eine Strahlungsaufnahme nur in der Zeit von April bis Anfang November mit vertretbarem Aufwand für die Warmwassererzeugung erfolgen. Reihenschaltungen von Energieströmen sind jedoch auch in der Geflügelproduktion von Bedeutung. Die energetisch günstigste Art der Abluftwärmerückgewinnung besteht im Umluftbetrieb, bei der die Nutztemperatur gleich der Abgabetemperatur ist. Die Möglichkeiten und Grenzen des Umluftbetriebs in der Tierproduktion sind immer noch umstritten. Eine rationelle Energieanwendung erfordert die Zulassung höherer Umluftstraten. Besonders in den ersten Lebenswochen der Küken sind energiewirtschaftliche Lösungen mit Nieder-temperaturheizung nur beim Umluftbetrieb realisierbar.

Im Bild 1 ist auch das Prinzip der Abwärmenutzung mit Wärmeübertragern dargestellt. Wenn durch diese Wärmeübertrager auch eine niedrigere Nutztemperatur als die Temperatur des abgegebenen Wärmestroms eintritt, so sind doch je nach Art der Wärmeübertragung (Regeneratoren oder Rekuperatoren) Energieübertragungsgrade von 70 bis 40% möglich. Durch-

geführte Versuche mit Wärmeübertragern haben sowohl zu positiven als auch zu negativen Erfahrungen geführt. Negative Erfahrungen liegen immer dort vor, wo keine sachgemäße und periodische Reinigung der Wärmeübertrager oder Filter erfolgte. Da die rückgewinnbare Fortluftwärme in der Landwirtschaft zu einer beträchtlichen Reduzierung des Energieverbrauchs führen kann, müssen die entsprechenden Reinigungsmethoden vervollkommen werden und vor allem ein kontrolliertes Reinigungsregime zur Anwendung kommen. Neben den Regeneratoren vom VEB Lufttechnik Gotha, den Platten-Wärmeübertragern aus Plast vom VEB Metallwaren Hohenstein-Ernstthal und dem RZ-System mit Wärmeübertragern vom VEB MAB Schkeuditz steht jetzt auch ein Platten-Wärmeübertrager aus Aluminium vom VEB Apparatebau Mylau zur Verfügung, der für die Tierproduktion geeignet ist.

Aus den Möglichkeiten zur energetischen Kopplung geht hervor, daß eine Kopplungseinrichtung von besonderem Interesse ist, bei der die Nutztemperatur höher als die Temperatur des abgebenden Wärmestroms ist. Eine solche Einrichtung ist die Wärmepumpe. Mit der Wärmepumpenanordnung vom 13. August 1981 und dem Typenprogramm an Wärmepumpen des VEB Mafa Halle wurden die Voraussetzungen für eine breite Anwendung von Wärmepumpen in der DDR geschaffen. Durch die Transformation eines beliebigen Energiestroms mit Hilfe der Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau wurden zugleich die Voraussetzungen für die Einkopplung von Umweltenergie geschaffen.

Wärmepumpenanlage in der Broileraufzucht der LPG Süplingen

In der LPG Süplingen, Bezirk Magdeburg, wurde die Anwendung einer Wärmepumpenanlage in der Broileraufzucht untersucht. Jeweils 22.000 Tiere werden in dem bekannten Aluminium-Dunkelstall mit den Abmessungen 88 m × 12 m gehalten (Bodenhaltung mit 8 cm dicker Sägespäne-Einstreuschicht). Der Stall ist mit einer ölbefeuerten Heißluftheizung ausgerüstet, und die Luft wird mit Hilfe eines Kanals längsseitig durch die Halle geführt und mit Austrittsöffnungen gegen die Wand geblasen. Die zentrale Luftheizanlage wird zur Sicherung des Mindestaußenluftanteils ab der 2. Woche zunehmend mit einer sog. Querluftanlage ergänzt. Der ölbefeuerte Heißluftofen hat eine Leistung von 200 kW mit einem jährlichen Energieverbrauch von 100 t Heizöl (≥ 112 MWh/a). Bei einem Wirkungsgrad der Ölheizung von 0,8 beträgt damit der jährliche Nutzenergiebedarf 890 MWh. Mit Hilfe der Wärmepumpenanlage soll eine Ölsubstitution erreicht werden.

Unter Berücksichtigung der Temperatur, die in den einzelnen Wochen von 33°C auf 18°C zurückgeht, wurden bei Einbeziehung der Lebendmasse und der fühlbaren Wärmeabgabe die Wärmelast und damit die Heizleistung für den Stall ermittelt.

Für die Transmissionswärmeverluste wurde ein mittlerer Koeffizient $K_m = 0,56 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ zugrunde gelegt. Durch Messungen im Stall

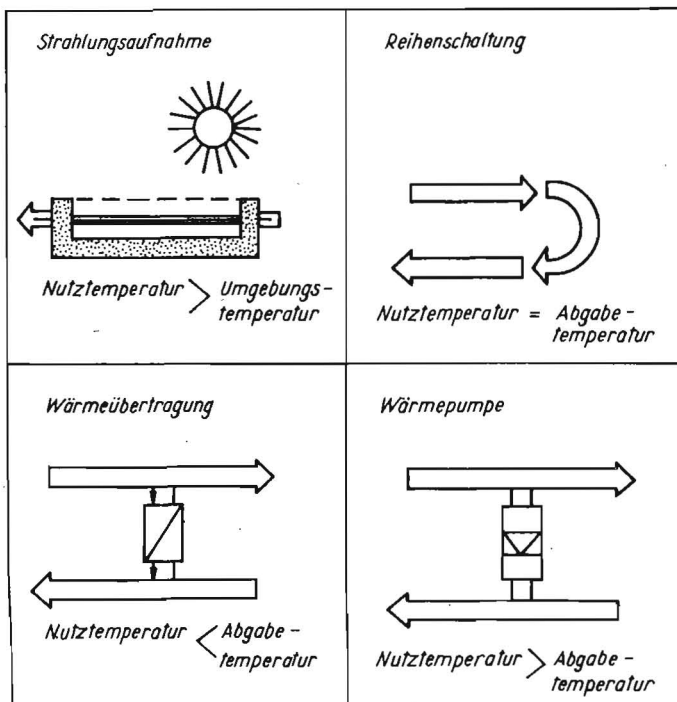


Bild 1
Energetische Kopplungen mit Abwärme und Umweltwärme

Tafel 1. Komponenten der Heizlast eines Broilerstalls

Woche t	Q_v kW	\dot{V}_L m ³ /h	Q_L kW	Q_G kW	Q_H kW	
1	48	80	—	—	9	71
2	45	75	1460	22	-20	77
3	43	72	5640	80	-40	112
4	41	68	8500	115	-53	130
5	39	65	10900	140	-74	131
6	37	62	14000	171	-102	131
7	35	58	16600	192	-117	133
8	33	55	19500	212	-141	126

durch die LPG wurde die Richtigkeit des angenommenen Wärmeverlustkoeffizienten bestätigt. Bei einer Außenlufttemperatur von -15°C ergibt sich der in Tafel 1 ersichtliche Lüftungswärmebedarf Q_L . Unter Berücksichtigung der Wärmeabgewinnung durch die fühlbare Abwärme der Tiere Q_G ist in der Tafel 1 die Heizleistung Q_H dargestellt.

Bei Zugrundelegung von 5% Verlusten ergibt sich eine maximale Heizleistung von 140 kW.

Für die Gestaltung der Heizungsanlage wurden bestimmte Grundprinzipien verwirklicht. Die Wärme wird stärker in den unmittelbaren Aufenthaltsbereich der Tiere eingebracht. Dazu wird eine Fußbodenheizung vorgesehen. In der 1. Woche wird der Nutzbereich des Stalls auf 30% der Gesamtfläche eingeschränkt, und auf diesen Bereich wird die Wärmeübertragung konzentriert.

In der 1. Woche der Belegung beträgt zwar die Heizleistung nur maximal 71 kW, jedoch ist bei einer maximalen Vorlauftemperatur von 50°C eine Raumtemperatur von 33°C abzusichern. Unter Berücksichtigung des geringeren Flächenbedarfs der Tiere in der 1. Woche wird deshalb eine lokale Heizung vorgeschlagen. In der längsseitigen Mitte des Stalls wird 30% der Fläche mit 2 Plastvorhängen quer durch den Stall abgetrennt und somit ein Raum für die Intensivheizung von 330 m^2 geschaffen. Die lokale Intensivheizung (Bild 2) erfolgt mit

- Fußbodenheizung
- Luftheizung im Umluftbetrieb
- Deckenstrahlungsheizung (für die Küken nicht angewendet).

Für die Fußbodenheizung wird eine Oberflächentemperatur von 34°C angenommen, so daß sich bei einer Einstreudicke von nur 3 cm noch eine Oberflächentemperatur von 32 bis 30°C ergibt. Damit muß die gesamte Heizleistung in der 1. Woche über die Luftheizung abgedeckt werden.

Die normale Stallheizung erfolgt über die gesamte Fläche von 1000 m^2 mit

- Fußbodenheizung
- Luftheizung im Außenluftbereich.

Kritisch ist die Übertragung der Heizleistung in der 2. Woche. Bei einem Wärmeübertragungs-

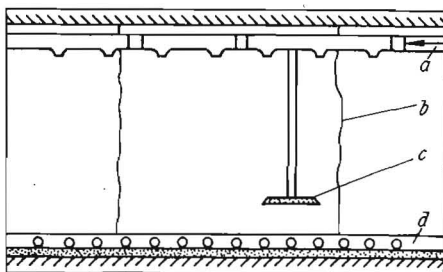
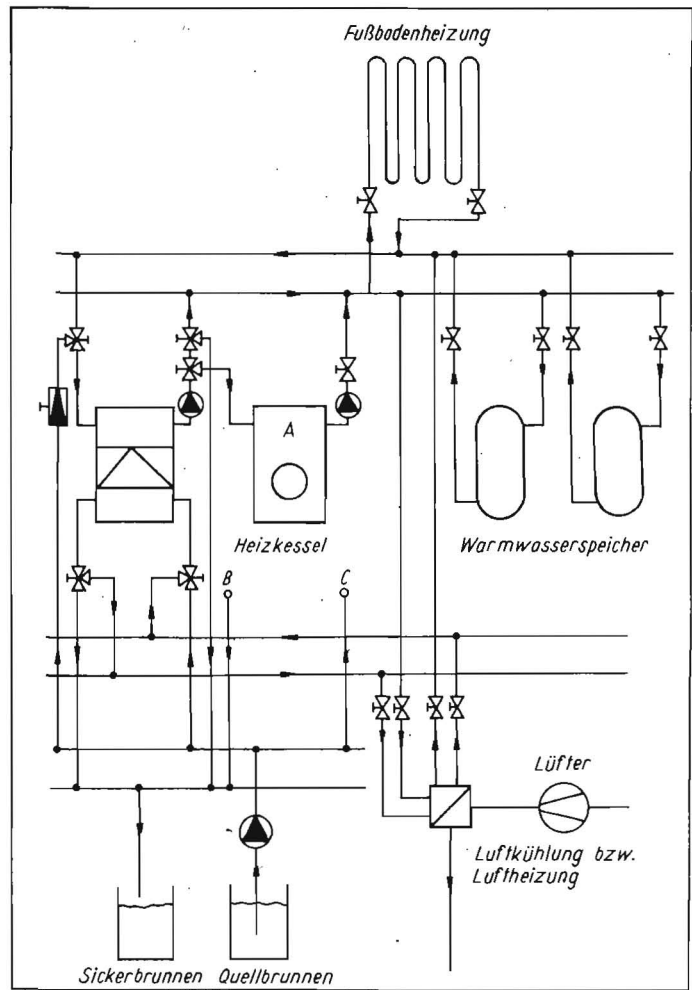


Bild 2. Lokale Intensivheizung für Jungtiere; a Luftheizung, b Abhängung, c Niederstrahlungsstrahlungsschirm, d Fußbodenheizung

Bild 3
Prinzipschaltung einer Wärmepumpenanlage für einen Broilerstall;
Variante 1: Prinzipschaltung ohne A
Variante 2: Grundform der Prinzipschaltung
Variante 3: Prinzipschaltung mit zwei Wärmepumpen anstelle A und Anschluß an Wärmequelle bei B und C



Tafel 2. Volkswirtschaftliche Beurteilung der Varianten

		Kohle- heizung	Wärmepumpe monovalent	Wärmepumpe bivalent	2 Wärmepumpen
gesellschaftlicher Aufwand	1000 M/a	165	76	87	80
volkswirtschaftlicher Aufwand an Rohbraunkohle	1/a	689	270	251	270
benötigte Arbeitskräfte	VbE	2,0	0,2	0,2	0,2
benötigte Investitionen	1000 M	400	496	482	530

koeffizienten von $14\text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ergibt sich bei einer Oberflächentemperatur von 33°C und einer Raumtemperatur von 30°C eine Übertragungsleistung durch den Fußboden von 42 kW . Damit muß über die Luftheizung eine Leistung von 113 kW übertragen werden. Bei einem Förderstrom von $8000\text{ m}^3/\text{h}$ ist dazu eine Eintrittstemperatur der Luft von 43 K erforderlich, die mit Niedertemperaturheizung nicht gesichert werden kann. Für die 2. und 3. Woche ist damit eine Mitteltemperaturheizung mit einer Vorlauftemperatur von 60°C erforderlich. Diese extremen Bedingungen treten nur in der 2. und 3. Woche bei einer Außenlufttemperatur von -15°C auf. Ab der 4. Woche kann die Heizleistung unter allen Außenlufttemperaturen mit Niedertemperaturwärme übertragen werden.

Für die Wärmepumpenanlage wurden mehrere Varianten untersucht. In der im Bild 3 dargestellten Schaltung wird ein Brunnen als Wärmequelle genutzt. Die Heizenergie kann auf die Fußbodenheizung und den Wärmeüberträger der Umluftheizung übertragen werden. Um Aussetzerbetrieb in der Elektroenergiespitzenzeit zu ermöglichen, ist das Heiznetz mit Warmwasserspeichern gekoppelt. Dieser

Teil der Schaltung ist für alle untersuchten Varianten gleich. Die Variante 1 sieht einen monovalenten Betrieb mit einer Wärmepumpe vor, die so dimensioniert ist, daß sie die gesamte Heizleistung abdecken kann. Während bei Verwendung von R 12 als Kältemittel die Raumtemperaturen immer gesichert werden können, tritt bei Verwendung einer Wärmepumpe mit Kältemittel R 22 ein Temperaturabfall unter die optimalen Werte in der 2. und 3. Woche unterhalb einer Außenlufttemperatur von -8°C auf.

Durch bivalent-parallele Schaltung der Wärmepumpe mit einem Heizkessel ist es ebenfalls möglich, die optimalen Raumtemperaturen unter allen Bedingungen zu sichern (Variante 2). Der Heizkessel kann auch durch eine zweite Wärmepumpe mit R 12 ersetzt werden, die lediglich die Spitzenlast in der 2. und 3. Woche mit erhöhter Vorlauftemperatur abdeckt (Variante 3).

Aus der Schaltung im Bild 3 geht hervor, daß die Wärmepumpe auch als Luftkühler gefahren werden kann. Die Luftkühlung erfolgt mit dem gleichen Wärmeüberträger. Nach Umstellung der entsprechenden Ventile bei Temperaturen
Fortsetzung auf Seite 309

Die Gewinnung von Hühnergülle mit hohem Trockensubstanzgehalt und deren Verwendung

Dipl.-Landw. H. Krenz, VEB Kombinat Industrielle Mast Königs Wusterhausen, Bezirk Potsdam

Die Hühnergülle ist in vielen Betrieben zu einem begrenzenden Faktor für die Konzentration von käfiggehaltenen Legehennen an einem Standort geworden.

Der Einsatz der Geflügelexkreme als Nährstoff und Humusträger zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit hat bisher Vorrang vor der Verfütterung.

Die Ökonomie des Einsatzes wird weitestgehend vom Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) der Gülle beeinflusst.

Eine Legehenne scheidet täglich rd. 120 g Kot mit einem TS-Gehalt von 25 % aus [1]. In dieser Kotmenge sind rd. 30 g Trockenmasse enthalten. Der Rest ist Wasser. Wird der Wassergehalt verändert, so verändert sich auch die Gesamtmasse der Gülle (Tafel 1). Gleiche absolute Trockenmassen weisen bei unterschiedlichem Wassergehalt große Unterschiede im Gesamtvolumen auf. Niedrige TS-Gehalte bedeuten große Mengen an zusätzlichem Wasser, das den Transportaufwand erhöht, die zu düngende Fläche mit unnötigen Fahrspuren und überflüssigem Wasser belastet. Die erforderliche Lagerkapazität nimmt zu.

Der VEB Kombinat Industrielle Mast (KIM) Königs Wusterhausen produziert jährlich rd. 40 000 t Hühnergülle mit einem TS-Gehalt von durchschnittlich 24,5 % bei einem Schwankungsbereich von 18 bis 28 %, abhängig vom Alter der Tiere, von futterbedingten Einflüssen und der Fahrweise der Entmistungsanlagen. 10 000 t Hühnergülle mit einem TS-Gehalt bis zu 22 % werden direkt auf den Acker mit dem Gülletankwagen HTS 100.27 ausgebracht. 30 000 t Hühnergülle mit hohem TS-Gehalt werden zur Feldkompostierung abgegeben. Der Transport erfolgt mit Anhängern HW 80 und HW 60. Die Entmistung der Käfiganlagen ist vom Hersteller nach dem Flüssigmistprinzip vorgesehen, wonach eine leicht fließfähige Gülle mit einem TS-Gehalt bis zu 15 % mit der bereitgestellten Entmistungsanlage gefördert werden kann. Bei einem TS-Gehalt über 15 %

Fortsetzung von Seite 308

unterhalb +8 °C ist ab der 6. Woche eine Luftkühlung erforderlich, die durch die Wärmepumpe übernommen werden kann. Beim Kühlbetrieb wird die Fußbodenheizung nicht eingeschaltet. Die Luftkühlung erfolgt solange ausschließlich mit Hilfe der zentralen Lüftungsanlage, wie damit bessere Luftverhältnisse ohne die Querlüftung abgesichert werden können. Der Förderstrom wird ebenfalls in Abhängigkeit von den sich einstellenden Bedingungen gewählt, wobei der Mindestaußenluftstrom gesichert sein muß.

Für die einzelnen Varianten ergibt sich der in Tafel 2 dargestellte volkswirtschaftliche Vergleich, wobei zur Bewertung eine Umstellung auf Kohleheizung mit berücksichtigt wurde. Die Wärmepumpenanlage wurde in Eigeninitiative durch die LPG Süplingen vorbereitet und realisiert (s. Titelbild). Sie ist im Februar 1982 in Betrieb gegangen.

A 3424

Tafel 1. Zusammenhang zwischen TS-Gehalt und Gülleanfall in der Geflügelproduktion

TS-Gehalt der Gülle		Wassergehalt der Gülle		Gesamtmasse der Gülle je Henne und Tag		Gesamtmasse je Tag bei 100 000 Hennen
%	g	%	g	%	g	t
10	30	90	270	250	300	30
20	30	80	120	125	150	15
25	30	75	90	100	120	12
30	30	70	70	83	100	10

wird die Gülle dickflüssig. Die Grenze der Pumpfähigkeit liegt nach den bisherigen Erfahrungen bei rd. 20 %. Bei der Ausbringung gibt es bis zu diesem TS-Gehalt keine Schwierigkeiten. Viele industriemäßig produzierende Geflügelbetriebe erreichen dieses Niveau noch nicht.

Maßnahmen zur Erreichung einer Gülle mit hohem TS-Gehalt

Um einen hohen TS-Gehalt zu erreichen, wurde im VEB KIM Königs Wusterhausen von Anfang an das Reinigungswasser getrennt abgeleitet, das dadurch den TS-Gehalt der Gülle nicht beeinflussen konnte.

Die Käfiganlage der Kükenaufzucht ist mit einer Nippeltränke ausgerüstet. Sie ist gegenüber der Durchlauftränke wassersparender, hygienischer und investitionsgünstiger. Die so wichtige ausreichende Wasserversorgung der Küken in den ersten Wochen ist mit diesem Tränksystem aber nicht gegeben. Eine Abhilfe stellen die tropfenden Nippel dar. Eine wassersparende Lösung sind die Kipptränken, die im Polytechnischen Zentrum Königs Wusterhausen durch die Initiative des Ingenieurbüros für Geflügelwirtschaft Berlin entwickelt wurden. Der Wasserverbrauch betrug im VEB KIM Königs Wusterhausen je Stall und Jahr mit 2,5 Aufzuchten bei tropfenden Nippeltränken 316 m³, bei der Kipptränke aber nur 17 m³.

Das Bemühen um TS-reichen Kot wird in der Längsentmistung der mehretagigen Legehennenhaltung durch Bildung verhärteter Kotplatten auf dem Boden der Kotwannen und durch Aufwallungen vor den Kotmitnehmern begrenzt. Die Kotablagerungen heben den Schaber. Dadurch kann es zu Beschädigungen des darüber liegenden Käfigbodens kommen. Die Kotaufwallungen vor dem Schaber führen zur Verschmutzung der durchgreifenden Hühnerzehen, des Käfigbodens und der abrollenden Eier.

Kotaufwallungen und Plattenbildung treten in den verschiedenen Entmistungssystemen unterschiedlich stark auf.

Bei der Längsentmistung im VEB KIM Königs Wusterhausen wurde anfänglich die Kratzerkette eingesetzt. Mit diesem System, bestehend aus einer Kette mit Kratzern im Abstand von 2 bis 3 m sowie einer Führungsschiene, konnte Kot bis zu einem TS-Gehalt von 27 % störungsfrei gefördert werden. Im VEB KIM Königs Wusterhausen waren solche Anlagen in 57 m langen Hallen bis zu 6 Jahren im Einsatz.

Längere Käfigreihen bis zu 80 m und die Qualität der Ketten veranlaßten den VEB Ausrüstungskombinat Geflügelanlagen Perleberg, zu dem System der Intervallentmistung überzugehen. Faltschaber im Abstand von 8 bis 10 m fördern hierbei den Kot. Entscheidend ist bei diesem System die Reduzierung des Instandhaltungsaufwands um 50 %.

Die Intervallentmistung arbeitet bis zu einem TS-Gehalt von 20 % ohne wesentliche Störungen. Darüber hinaus gibt es Kotablagerungen, die durch Wasserzugaben verhindert werden müssen. So wurden bei Außenlufttemperaturen von 20 bis 25 °C 400 l Wasser in eine obere Etage der Käfigreihe der 88 m langen Halle und in die mittlere Etage der Käfigreihe 350 l Wasser zugegeben, um einen TS-Gehalt von 20 % zu erhalten. In den unteren Etagen der Käfigreihen machte sich eine Wasserzugabe nicht erforderlich. Ursache für den unterschiedlichen TS-Gehalt in den einzelnen Etagen der Käfigreihen ist die Temperaturschichtung und die Luftzirkulation in der Halle. Neuerer des VEB KIM Königs Wusterhausen veränderten die Form des Faltschabers. Der untere Rand wurde etwa in 10 mm Höhe um 45° abgekantet. Im Ergebnis dieser Veränderung zieht sich der Faltschaber in den Kot hinein. Eine Reduzierung der Blatthöhe um 20 mm vergrößerte den Abstand zum darüber liegenden Käfigboden. Die Aufwallungen beschmutzen ihn nicht mehr. Es ist wieder möglich, Kot mit einem TS-Gehalt über 20 % zu fördern. Diese Neuerung wurde über 1 Jahr sowohl im VEB KIM Königs Wusterhausen als auch in der Versuchsabteilung des Forschungsinstituts für Geflügelwirtschaft Merbitz, Betriebsteil Storkow, untersucht. Gegenwärtig werden alle neu zu rationalisierenden Hallen im VEB KIM Königs Wusterhausen mit diesem Faltschaber ausgerüstet.

Die Querausbringung des TS-reichen Kotes aus der Halle erfolgt mit einer Kratzerkette, die durchgehend im Stall und auf dem Schrägförderer den Transport übernimmt. Auch in der Winterperiode funktioniert dieses System einwandfrei, wenn zum Abend die Querförderung frei von Kot ist und die Öffnung für den Schrägförderer verschlossen wird.

Gegenwärtig wird an dem Problem der Schnellbeladung der Transportfahrzeuge gearbeitet, um nur wenige und korrosionsgeschützte Fahrzeuge einzusetzen.

Lagerung und Ausbringung der Hühnergülle
Gülle, die zur unmittelbaren Verteilung auf