

# Voraussetzungen zur Gestaltung energieökonomischer Anlagen der Tierproduktion

Dozent Dr.-Ing. S. Kühnhausen, KDT/Dr.-Ing. Olga Schilling/cand. ing. A. Knispel, KDT  
Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Tierproduktion

## 1. Aufgabenstellung

### 1.1. Grundsätzliche Bemerkungen

Bei der Gestaltung des gesellschaftlichen Reproduktionsprozesses vollziehen sich zum Teil Veränderungen der Maßstäbe in der Energiewirtschaft. Jede gestaltete Anlage sollte in der heutigen Zeit eine energieökonomisch optimierte Lösung darstellen. Besonders bei stationären Anlagen spielt das eine große Rolle. Neben den funktionellen Abhängigkeiten innerhalb einer Maschinenkette eines Maschinensystems hat eine Vielzahl von weiteren Einflußfaktoren eine mehr oder weniger große Bedeutung in der Gesamtenergiebilanz.

Der gegenwärtige Prozeß der Erneuerung und Erweiterung der Produktion vollzieht sich maßgeblich auf dem Wege der Rationalisierung und Rekonstruktion. Die vorhandenen Grundfonds sollen immer besser genutzt werden, und es besteht der Zwang zur material- und energieökonomischen Anlagengestaltung.

Energieintensive Prozesse findet man in vielfältigem Umfang in Tierproduktionsanlagen. Gerade die Verfahren zur Gewährleistung optimaler Raumklimabedingungen (Heizung, Lüftung) fallen unter diese Kategorie. Betrachtungen zum Raumklima bzw. Stallklima beinhalten stets energetische Aspekte. Sie sollten sich im wesentlichen auf folgende Schwerpunkte konzentrieren [1]:

- Gewährleistung einer hohen tierischen Produktion
- Gewährleistung des Erhalts der Stallkonstruktion bei hoher Energieökonomie
- Optimierung des Stallklimas (Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen).

Die Gewährleistung der tierischen Produktion bedingt den Erhalt der Stallkonstruktion und eine Optimierung des Stallklimas mit dem Ziel einer Kostensenkung und Energieeinsparung. Hier liegt der enge wechselseitige Zusammenhang begründet, der zwischen dem energieoptimierten Baukörper und der energieökonomisch gestalteten Lösung der Ausrüstungstechnik besteht. Der objektiv bestehende Widerspruch zwischen der Nutzungsdauer der Gebäude (50 bis 60 Jahre) und der Nutzungsdauer der technischen Ausrüstung (10 bis 15 Jahre) bestärkt diese Tatsache.

### 1.2. Energieoptimierte Raumbilanz

Zur Bewertung der Raumbilanz (Wärmelast/Stofflast) gibt es zwei Betrachtungsschwerpunkte:

- Untersuchung der Lösungen der Ausrüstungstechnik (z. B. Raumklimotechnik)
- Lösungen der Lüftungs- und Klimatechnik
- Lösungen der technischen Innenausrüstung
- verfahrenstechnische Lösungen (landwirtschaftliche Technologie)

- Untersuchung der bautechnischen Lösung

- bautechnische, -konstruktive und -physikalische Lösung.

Aus der Sicht einer energetischen Bewertung des gesamten Komplexes des Stallklimas sind die gemäß Standard [2] fixierten Stallklimaparameter (Lufttemperatur, Luftbewegung, Luftzusammensetzung und relative Luftfeuchte) sowie eine Vielzahl von mittelbar und unmittelbar wirksamen Einflußfaktoren [3] zu nennen (Bild 1). Diese Wechselwirkungen Stallklima - Tier werden im wesentlichen

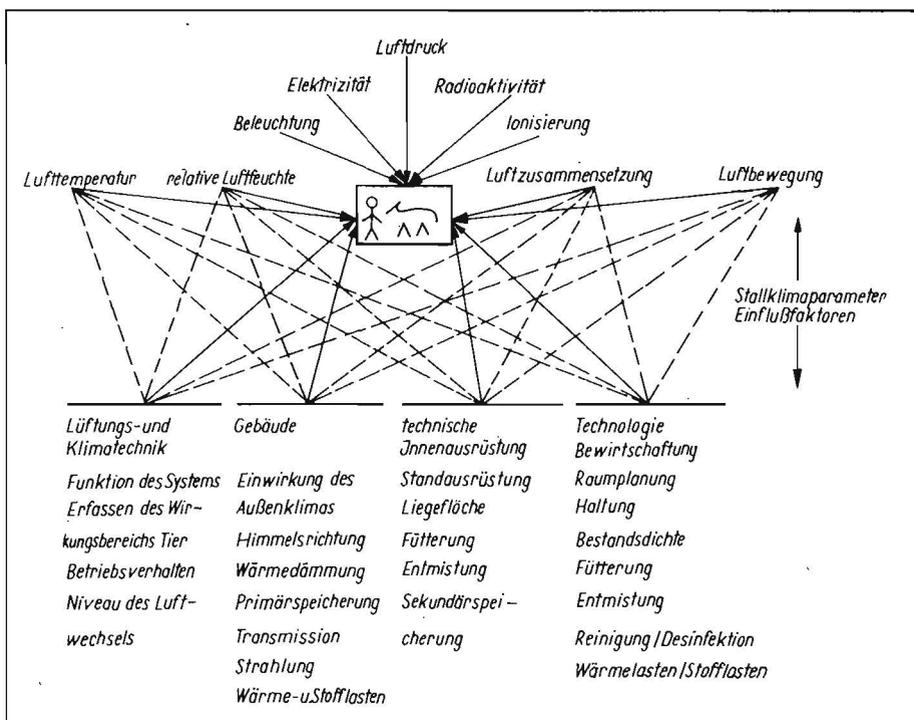
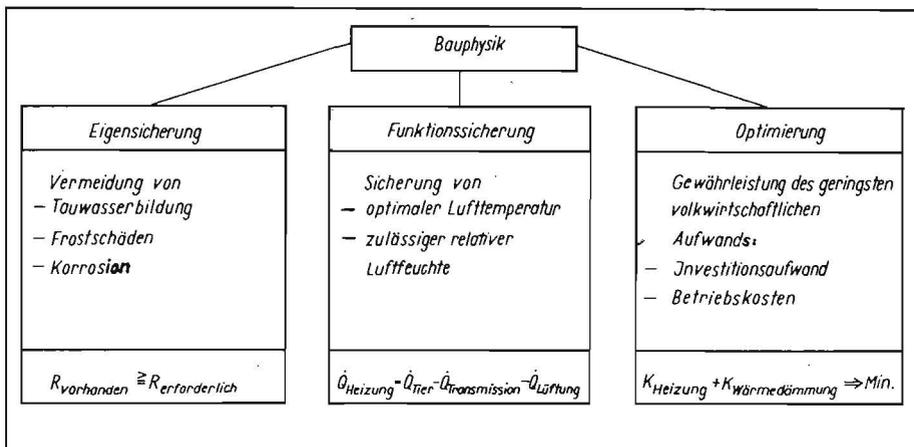


Bild 1. Stallklimaparameter und Einflußfaktoren in Wechselwirkung untereinander und auf den Menschen sowie das Tier (nach [3]);

- Einwirkungen auf Tier und Mensch
- - - Wechselwirkungen zwischen Stallklimaparameter und Einflußfaktoren

Bild 2. Bauphysikalische Wechselwirkungen zwischen Stallklima und Stallgebäude; R Wärmedurchlaßwiderstand, Q Wärmestrom, K Kosten



Fortsetzung von Seite 53

chungen wurde nachgewiesen, daß der Arbeitskräftezeitbedarf für die zootecnischen Grundarbeiten des Arbeitsabschnitts „Fütterung“ um 37% gesenkt und 5 bis 8 MWh/a Elektroenergie eingespart werden können. Durch die Weiterentwicklung und durch Verbesserungen im Fertigungsprozeß der Futterabgabeelemente kann der Arbeitskräftezeitbedarf speziell für Kontrolltätigkeiten und Arbeiten zur Beseitigung von Funktionsstörungen weiter gesenkt werden.

chen mit dem Begriff Stallklima beschrieben.

Dagegen kann man die Wechselwirkungen zwischen Stallklima und Stallgebäude in den Bereich der Bauphysik einordnen. Hier stehen vor allem drei Aufgaben (Bild 2):

- Eigensicherung des Gebäudes
- Funktionssicherung des Stalles
- Optimierung der Stallanlage.

Die sehr komplex wirkenden und in ihrer Mannigfaltigkeit gestalteten Wechselwirkungen bau- und raumklimatischer Prozesse unterstreichen die notwendige zusammenhängende Betrachtung der Aufgabenstellung.

Das Ziel vorliegenden Beitrags besteht darin, Nutzer sowie in der Planung und Vorbereitung von Investitionen tätige Ingenieure anzuregen, nicht mit zum Teil vorgefaßten Meinungen und Restriktionen versehene Lösungsvorschläge als „Billiglösung“ zu gestalten, sondern mit einem bewußt angewendeten Handlungsschema energieökonomisch optimale Lösungen zu realisieren.

## 2. Methodische Aspekte

### 2.1. Grundsätzliche Bemerkungen

Zur Planung und Vorbereitung von Maßnahmen der Rationalisierung und Rekonstruktion sind grundfondswirtschaftliche Untersuchungen zweckmäßig. Diese Untersuchungen sollten auf alle bauphysikalischen und ausrüstungstechnischen Gegebenheiten ausgerichtet sein. Durch Analyse und Bewertung (Messung der Bewertungsgrößen des Istzustands und Dokumentation der Ergebnisse) können nur energieökonomisch richtige Schlußfolgerungen gezogen werden. Diese Schlußfolgerungen sind die Basis für Aufgabenstellungen in Vorbereitung der Planung und Realisierung weiterer Maßnahmen.

### 2.2. Analyse und Bewertung

#### stallklimatischer Lösungen

Energieökonomisch günstige und konstruktiv einfach gestaltete Lösungen (Funktionsfähigkeit vorausgesetzt) sind sicherlich immer gewünscht. Der sich gegenwärtig vollziehende Einsatz von Lösungen nach dem Prinzip der freien Lüftung bei hoher Tierkonzentration ist nur eine Lösung material- und energiesparender Anlagen. Eine ganzjährige Stallhaltung und eine stabile Güte des Stallklimas erfordern mitunter – besonders in Aufzuchtbereichen – Lösungen der mechanischen Lüftung. Auch beim Einsatz von Anlagen der Wärmerückgewinnung sind meist mechanische Lüftungsprinzipie erforderlich. Das Spektrum von Systemlösungen ist sehr breit. Aus diesem Grund ist ein systematisches Herangehen und Bewerten zur optimalen Anlagengestaltung notwendig. Für die Systematisierung, den Vergleich und die Bewertung von Stalllüftungssystemen können folgende Kriterien aufgeführt werden:

- quantifizierte Aussagen zum Aufbau, zur Funktion und zur Wirkungsweise der Prinziplösungen (Beschreibung, Skizzen)
- Darstellung des landwirtschaftlich-technologischen Verfahrens
- Angaben zur Raumgeometrie und zu den Randbedingungen
- Aussagen zur Raumströmung/Raumdurchströmung sowie Bewertung des Stallklimas im Tierbereich
- reproduzierfähige Bewertung der ermittelten Stallklimaparameter, Einflußfaktoren und Randbedingungen
- Vor- und Nachteile sowie ökonomischer

Nutzeffekt und vor allem Art und Weise des Betriebens der Anlage

- Darstellung der Anwendungsgrenzen der Systemlösung, bezogen auf das landwirtschaftlich-technologische Verfahren, auf die Lastverhältnisse (Wärmelast, Stofflast) und auf die Regelung
- Hinweise über die Möglichkeiten zur Einbindung von Systemlösungen der Wärmerückgewinnung.

### 2.3. Analyse und Bewertung

#### bauphysikalischer Prozesse

Die Hauptkriterien für die Bewertung der Qualität der Umfassungskonstruktion von Stallgebäuden ergeben sich aus den Anforderungen an das Gebäude im Zusammenwirken mit den Heizungs- und Lüftungssystemen. Die Stallklimaparameter sind während der kalten und warmen Jahreszeit im optimalen Produktionsbereich zu halten, und die Erhaltung des Gebäudes sowie sein Schutz vor Bauschäden sind zu gewährleisten. Daraus ergeben sich folgende Betrachtungsschwerpunkte:

- Vermeidung von zu hohen Transmissionswärmeverlusten während der Heizperiode
- Einfluß der äußeren Wärmebelastung auf ein Gebäude im Sommer
- Feuchtetransport durch die Umfassungskonstruktion (Wasserdampfdiffusion, Weterschutz).

Aus diesen Schwerpunkten lassen sich drei Kriterien ableiten, die die Energieökonomie beeinflussen [4]:

- Gestaltung eines Mindestwärmeschutzes durch optimale Bemessung des Wärmedämmvermögens der Bauteile
- Gewährleistung eines Wärmespeichervermögens zur Ausbildung einer effektiven Temperaturamplitudendämpfung und Phasenverschiebung (besonders im Sommer)
- Gewährleistung einer Luftdurchlässigkeit der raumumschließenden Bauteile.

## 3. Meßgrößen, Meßmethoden, Meßmittel, Randbedingungen

### 3.1. Prozesse der Stalllüftungstechnik

Damit Außenklimaerwirkungen nur geringen Einfluß auf das Stallklima nehmen können, müssen die Schwankungen der Einflußgrößen entweder durch richtige Stallklimaregelung und/oder die Ausführung der Gebäudehülle gedämmt werden. Dabei muß überprüft werden, ob die Forderungen nach optimalem Stallklima mit wärmedämmenden Maßnahmen effektiver als durch Stallklimaregelung vorgenommen werden können. Die Aufgabe der lüftungstechnischen Einrichtungen besteht darin, die Sauerstoffversorgung am Tier zu gewährleisten, die vom Tier abgegebene Wärme-, Wasserdampf- und Schadstoffmenge vom Tier und aus dem Raum zu transportieren und die Anforderungen an die Bauhygiene zu gewährleisten. Aufgrund der unterschiedlichen Lastverhältnisse (Wärmelast, Stofflast) im Sommer und im Winter sind diese Prozesse für die Festlegung der Luftvolumenströme (Lufrate je Tier) von besonderem Interesse. Stallklimatische Untersuchungen haben deshalb folgende Schwerpunkte:

- Messung thermischer Größen (Lufttemperatur)
- Messung stofflicher Größen (relative Luftfeuchte, Schadstoffgehalt)
- Messung strömungstechnischer Größen (Luftgeschwindigkeit, Raumströmung)
- Erfassung der wesentlichen Randbedingungen.

### 3.2. Prozesse der Bauphysik

Das Gebäude hat die Aufgabe, als Mittler zwischen Außen- und Raumklima zu fungieren (Vermeidung des unmittelbaren Außenklimaeinflusses auf das Raumklima). Während der Gebäudenutzung sind die Maßnahmen der Bauhygiene zu gewährleisten und alle arbeitswirtschaftlichen Bedingungen des Betriebs zu erfüllen. Über das Gebäude wird der Stoff- und Wärmetransport zwischen Außen- und Raumklima beeinflusst.

Der Wärmeaustausch (Wärmetransport) wird durch Temperaturdifferenz, Wärmedämmeigenschaften sowie Flächenanteile der Bauteile bestimmt. Die gesamten Wärmeverluste durch die Außenbauwerkteile sind hauptsächlich von der Wärmedämmung der einzelnen Bauteile (Wand, Decke, Fenster, Tore) bzw. von den Baustoffen, die für ihre Herstellung angewendet werden, abhängig. Bei Bauteilen mit ungünstiger Wärmedämmung kann es bei der Unterschreitung der Taupunkttemperatur zur Kondensatbildung kommen. Derselbe Effekt entsteht durch Ausbildung von Wärmebrücken in Außenwänden, Decken, Streifenfundamenten und Ringankern. Diese Bauteile müssen deshalb die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes erfüllen.

Bei der Beurteilung des Wärmeschutzes wird nicht nur die Wärmeleitfähigkeit (die Wärmedämmung bestimmende Größe), sondern auch das Wärmespeichervermögen und indirekt auch die Wasserdampfdiffusion eines Baustoffs herangezogen (besondere Bedeutung hat die Wärmespeicherung in Mastställen). Die Wärmespeicherung und Wärmeabgabe während des Tages und der Nacht führt sowohl im Sommer als auch im Winter durch Abschwächung und durch Verschiebung der Temperaturmaxima (Phasenverschiebung) zu ausgeglichenen Temperaturverhältnissen im Stallraum.

Die bauphysikalischen Meßgrößen lassen sich zu drei Komplexen zusammenfassen:

- Geometrie der Bauteile der Umfassungskonstruktion
- Wärmetransport und -speicherung
- Stofftransport und -speicherung.

Bei der Durchführung der Messungen zur Lüftungstechnik und Bauphysik sind, um reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen, bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung Gemeinsamkeiten und Besonderheiten festzulegen und zu beachten (z. B. gemeinsames Erfassen einzelner Parameter und Verwendung zu verschiedenen Zwecken der Berechnung).

### 3.3. Durchführung der Messungen

Aus der Vielfalt der für die Stallklimagestaltung und die Bauphysik zu bestimmenden Größen sind die wesentlichsten in Tafel 1 dargestellt. Grundsätzliche Festlegungen zur Durchführung stallklimatischer Messungen sind im Standard TGL 32761 [5] enthalten. Neben den dort dargestellten Prüf- und Erfassungsgrößen, Prüfzeiträumen und -perioden, der Meßpunktanordnung sowie der Aufbereitung und Auswertung der Meßergebnisse sind für die o. g. Komplexuntersuchungen zur energieökonomischen Anlagengestaltung und bauphysikalischen Sanierung weitere Festlegungen erforderlich.

## 4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Der Zwang zur energie- und materialökonomischen Anlagengestaltung sowie zu einer

Tafel 1. Meßgrößen zur Quantifizierung der Einflüsse des Stallklimas und der Bauphysik

Meßgröße	Meßbereich	Art der Messungen	Meßfühler, Meßgerät/ Registriergerät	
Außenlufttemperatur	°C	- 30...40	} Kurzzeitmessung Langzeitmessung (Sommer, Winter, Übergangsperiode)	
Raumlufttemperatur	°C	0...40		
Oberflächentemperatur des Bauteils innen	°C	0...40		
Oberflächentemperatur - des Bauteils außen	°C	- 30...100		
Temperaturdifferenz der Oberflächen, eine Wand (innen, außen)	K	0...40	Kurzzeitmessung	Thermoelementenkette mit Motorkompensator
Luftgeschwindigkeit	m/s	0,1...0,5	Kurzzeitmessung	Anemograph, Schalenkreuzanemometer, Hitdrahtanemometer
Windrichtung		0...360°	Langzeitmessung	Wetterfahne mit Kompensationsbandschreiber
Wärmedurchlaß- widerstand	m <sup>2</sup> · K/W	0,1...3,0	} Kurzzeitmessung	· Meßeinrichtung WD 75 · Hilfwand (Wärmeflußmesser)
Wärmestromdichte	W/m <sup>2</sup>	1,5...150		
Materialfeuchte (Volumenanteil)	%	1...30	einmal im Winter (unmittelbar vor der Wärmedurchlaßwiderstandsmessung)	gravimetrisch oder Elektrodenpaare mit Feutron-Feuchtemesser Typ 2126
relative Luftfeuchte innen, außen	%	20...100	Kurzzeitmessung (Sommer, Winter, Übergangsperiode)	Aspirationspsychrometer
Schadgaskonzentration CO <sub>2</sub> (Volumenanteil)	%	0,1...0,5	} Kurzzeitmessung	Prüfröhrchen mit Gasspürgerät WG-61
NH <sub>3</sub>	ppm	5...50		
H <sub>2</sub> S	ppm	1...10		
Taupunkttemperatur	°C	0...40	Kurzzeitmessung	Pt 100 mit Heizspirale/ Motorkompensator

1) nur für Außenluft- und Raumtemperatur

sorgfältigen und umfassenden Bauhygiene bzw. bautechnischen Sanierung ergibt sich aus den veränderten Bedingungen. Beide Sachprobleme sind sehr eng miteinander verflochten. Deshalb sind die aufgeführten Maßnahmen nur im unmittelbaren Wechselverhältnis zueinander zu planen, zu prüfen, zu messen sowie zu bewerten und die daraus erforderlichen Maßnahmen zur Rekonstruktion bzw. Rationalisierung festzulegen. Die Ermittlung des Istzustands sollte gegenwärtig nicht mit globalen Beschreibungen erfolgen, sondern durch aktive Detailmessungen und -bewertungen. Nur so können die vorhandenen Grundmittel lange erhalten und die Maßnahmen zur Rekonstruktion und Sanierung auf die Schwerpunkte orientiert werden. Dabei können die Erkenntnisse zum Stand der Technik unmittelbar in die zu gestaltenden baulichen und anlagentechnischen Lösungen einfließen.

**Literatur**

- [1] Runov, B. A., u. a.: Energosporegajuščaja tehnologija sozdanija mikroklimata na fermach (Energiesparende Technologie zur Mikroklimagestaltung in Ställen). Mechanizacija i elektrifikacija sel'skogo chozajstva, Moskau 56 (1986) 2, S. 39-43.
- [2] TGL 29084 Stallklimagestaltung. Rinder, Schafe, Schweine und Geflügel. Aug. Juli 1986.
- [3] Kühnhausen, S.: Beitrag zur lokalen Klimagestaltung von Milchvieheinzelplätzen. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Tierproduktion, Dissertation A, 1981 (unveröffentlicht).
- [4] Arndt, H.; Kleber, K.: Wärmeschutztechnische Aspekte bei Umfassungskonstruktionen. Bauforschung-Baupraxis, Berlin (1986) 186.
- [5] TGL 32761 Stallklimaprüfung. Aug. Juli 1986.

A 5170

## Ergebnisse und Schlußfolgerungen bei der rationellen Energieanwendung in Geflügelanlagen

Dipl.-Ing. K. Hackel, KDT, VEB Ingenieurbüro für Geflügelwirtschaft Berlin

Der sparsame Einsatz von Wärme- und Elektroenergie steht auch im VE Kombinat Industrielle Tierproduktion im Mittelpunkt intensiver Bemühungen. Wichtige Beiträge leisteten dabei der VEB Ingenieurbüro für Geflügelwirtschaft Berlin und das Institut für Geflügelwirtschaft Merbitz sowie die Betriebe des VE Kombinat Industrielle Tierproduktion. Anliegen war es, neue, energiesparende Lösungen zu schaffen, die Betriebe bei der Rekonstruktion und der richtigen Nutzung der vorhandenen Anlagen zu unterstützen und nachzuweisen, daß auch bei z. T. erheblich vermindertem Energieeinsatz die Produktionsleistungen der Tiere bei gleichem Futtermittelverbrauch stabil gehalten werden können.

Wegen der komplexen Aufgabenstellung bedurfte es intensiver Untersuchungen und interdisziplinärer Zusammenarbeit.

**1. Bautechnische Sanierung der Ställe**

Das Ziel der bautechnischen Sanierung besteht darin, die projektierten und angestrebten Parameter hinsichtlich Wärmedämmung, Dichtheit der Ställe und bauphysikalischer Erfordernisse zu gewährleisten bzw. wiederherzustellen. Die Notwendigkeit der bau-

technischen Sanierung ergibt sich aus 20jähriger intensiver Nutzung der Ställe, wobei das Hauptproblem meist die mangelhafte Kaldachbelüftung ist. Dabei beginnt der Kreislauf bei der Bildung von Kondensat an der Dachhaut und führt zur Durchfeuchtung des Dämmstoffes, was den Wärmehaushalt besonders des unbeheizten Stalles völlig verändert. Aufsteigende feuchte Luft aus dem Stallraum begünstigt zwar die Situation, ist aber nicht alleinige Voraussetzung für diesen Prozeß. Zur Kondensatbildung im Dachraum kommt es auch, wenn die Decke dicht ist. Entscheidend ist die Temperaturdifferenz zwischen der Luft im Dachraum und der Außenluft, die von der Funktion der Kaldachbelüftung bestimmt wird.

**2. Verbesserung der Lüftungstechnischen und Heizungstechnischen Anlagen**

Die Maßnahmen sollen vor allem dazu beitragen, vorgegebene bzw. definierte Luftströme und Luftvolumenströme exakt einzuhalten, die Luft- und Wärmeverteilung zu verbessern und den Aufwand an Luftleitetelementen aus Gründen der Materialeinsparung und der Reinigung und Desinfektion zu senken.

Die Maßnahmen dazu stehen in engem Zusammenhang zueinander, auch zur Bauhülle und zum Maschinensystem bzw. Haltsverfahren. In allen Untersuchungen wurde bestätigt, daß die Einhaltung der jeweiligen Mindestluftströme neben der Qualität der Bauhülle im Heizbetrieb die entscheidende Voraussetzung für die rationelle Energieanwendung ist. Die Bedeutung aller anderen Faktoren und Maßnahmen für die rationelle Energieanwendung ist deutlich geringer.

Die Luftströme können aber nur exakt eingehalten werden, wenn die lufttechnische Anlage diese Einstellung ermöglicht, die Luft gut im Stall verteilt wird, d. h., daß sie einerseits alle Tiere erreicht und andererseits die Bauhülle dicht ist, so daß der unkontrollierte Eintritt von Außenluft vermieden wird. Eine gute Luftverteilung ist bei einer Lüftungsanlage meist gleichbedeutend mit guter Wärmeverteilung.

Die Umstellung auf Warmwasser-Heizungssysteme, die sich aus der Energieträgerumstellung und der Energieträgersubstitution ergab, brachte aber auch neue Möglichkeiten bei den Heizungsanlagen. So hat es sich als vorteilhaft erwiesen, einen Teil der Wärme mit örtlichen Heizflächen zuzuführen.