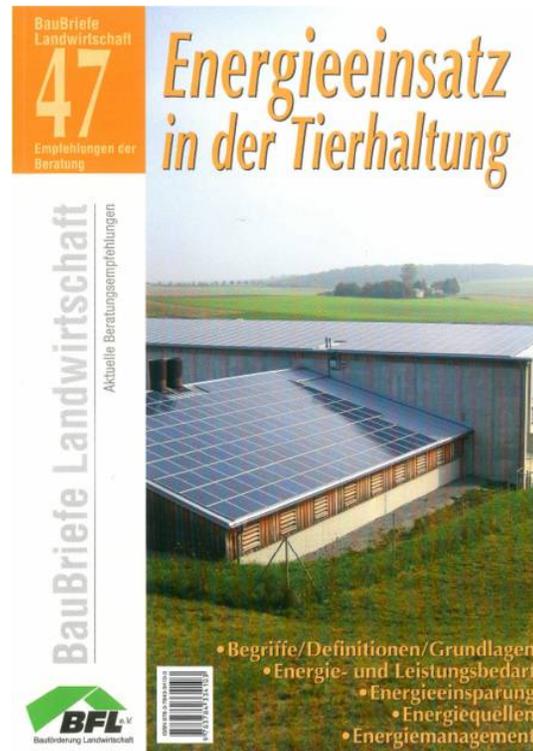


# Vortragstagung „Energieeinsparung in Bestandsgebäuden landwirtschaftlicher Betriebe“

## Lüftung optimal steuern – Heiz- und Stromkosten sparen



SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für  
Landwirtschaft, Forsten  
und Gartenbau

[www.llfg.sachsen-anhalt.de](http://www.llfg.sachsen-anhalt.de)

Dr. Manfred Weber

Zentrum für  
Tierhaltung und  
Technik

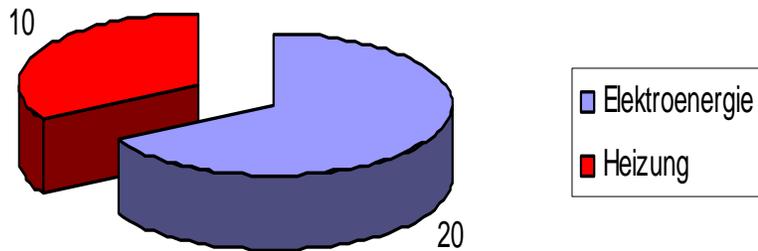
EWE

9.12.2010

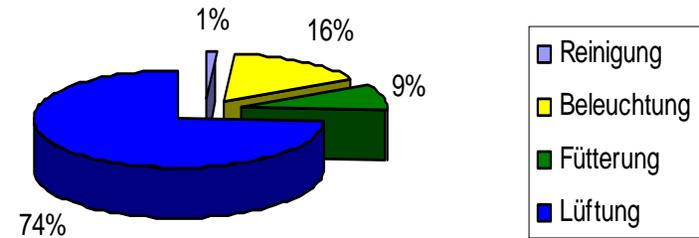
Emstek

# Wie hoch ist der Energieverbrauch im Maststall?

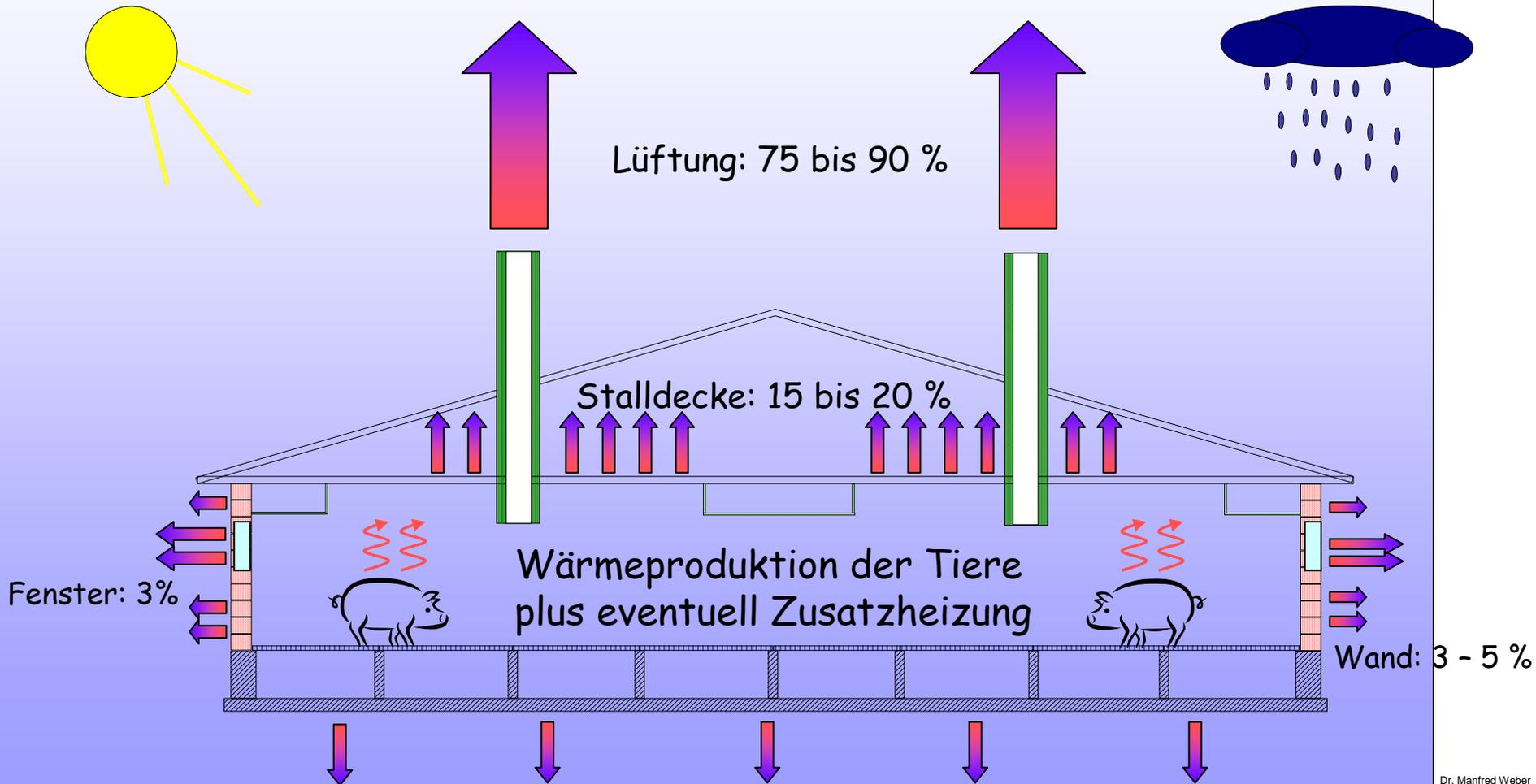
## Schweinemast [kwh/Platz]



## Schweinemast



# Wärmehaushalt eines Stalles



# Bauphysik

- Verminderung des Transmissionswärmeverlustes
  - Prüfung **aller** raumumschließenden Bauteile
  - Prioritäten setzen: 1. Decke 2. Wände 3. Fenster
- niedrige Wärmedurchgangswerte (u-Werte)

Decken	0,35	W/m <sup>2</sup> K
Wände	0,4	W/m <sup>2</sup> K
Fenster	1,3	W/m <sup>2</sup> K
Türen	1,0	W/m <sup>2</sup> K

## Zuluftsysteme

### Strahl Lüftungssysteme



### Türganglüftung



### Rieseldecke/-kanal



# Strahlungslüftung (Decken- oder Wandventile)



# Was ist zu beachten?

- Gleichmäßige Verteilung der Ventile
- Breite-Höhe-Verhältnis max. 3-3,5:1
- Strahlungsöffnung max. 12-14 m einseitig
- Decke muss glatt sein
- Beachten der Luftgeschwindigkeit im Tierbereich (max. 0,2 (0,4) m/s)

# Rieselkanal/Rieseldecke



## Was ist zu beachten?

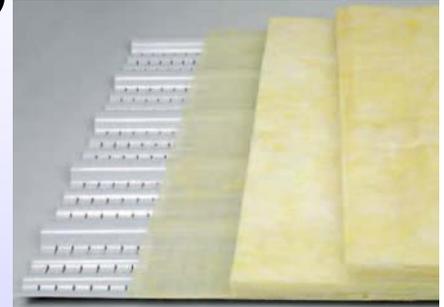
- Rieselkanäle oder doppelte Zwischendecke (50% Perforierung)
- Luftgeschwindigkeit im Kanal max. 2,5 m/s
- Abstand von der Wand mind. 1m ebenso Abstand vom Abluftventilator
- Möglichst wenige Ecken einbauen
- Zuluftelemente müssen dicht verlegt sein

# Sonderfall - diffuse Decke (GFK, Alu, Stahlblech, Heraklit)



## Was ist zu beachten?

- Zwei Lagen 4 cm Glaswolle (mit Silikon versetzt) stoßversetzt verlegen
- Als Auflage Vlies verwenden, das Staub abhält
- Ventilation ist auf mind. 120 m<sup>3</sup>/Tier auszulegen (höherer Luftwiderstände)
- Kombination mit Deckenventilen über geschlossenen Futtergängen für den Sommer möglich



- Dachraum sollte gedämmt sein

# Futtergang-, Türganglüftung



## Was ist zu beachten?

- Gangboden und Abteilabtrennungen müssen dicht sein
- pro 100 Mastschweine wird ca. 1 m<sup>2</sup> Lufteintrittsfläche benötigt
- Maximale Länge bei einseitiger Luftzuführung ca. 15 m, maximale Tiefe der Buchten 4-5 m
- Größerer Abteile müssen mehrere (max . 2-3) Gänge aufweisen
- Maximale Luftgeschwindigkeit im Gang 2,5 m/s
- Auch Unterflurzuwegung möglich (leichter Wärmetauschereffekt-etwas höherer Investkosten)

# Sonderfall - Schlitzlüftung



## Was ist zu beachten?

- Abteillängen können größer geplant werden, Buchtentiefe aber max. 4-5 m)
- Schlitz müssen beidseitig veränderbar sein und elektronisch über Lüftungssteuerung geregelt werden
- Luftgeschwindigkeit am Ventil (Winter mind. 1 m/s, Sommer bis 4 m/s) => Achtung beim Betreuer kalte Köpfe
- Auch mit Schlitz an der Wand funktionstüchtig



# Abluftsysteme. Unterflurabsaugung

- Unterflurabsaugung (40% Unterflur, 60% Oberflur) optimiert das Raumklima in der Schweinemast
- besonders bei diffuser Decke zu empfehlen (Luft wird nach unten gezwungen)
- tiefere Güllekanäle notwendig (mind 50cm von Gülleoberfläche bis Unterkante Spaltenboden)
- Achtung bei Wahl der Abluftpunkte (max. 10-15 m je Seite)

# Dimensionierung der Lüftungsanlage

Luftraten-Planungswerte für Ferkelaufzucht und Mast (5–120 kg LG)

Lebendgewicht	kg	5	10	20	30	50	100	120
Mindestluftvolumenstrom (Winter)	m <sup>3</sup> /h u. Tier	2,5	3,7	5,4	6,9	9,4	14,1	15,6
Max. Luftvolumenstrom bei $\Delta T = 2 \text{ K}$ (Sommer)	m <sup>3</sup> /h u. Tier	12	23	40	53	74	108	119
Max. Luftvolumenstrom bei $\Delta T = 3 \text{ K}$ (Sommer)	m <sup>3</sup> /h u. Tier	8	15	26	35	49	72	79

1) Praxisübliche, strohlose Haltung, Feuchtfütterung (z.B. mit Breifutterautomaten); Bodenplattenmaße je Tier (Rechenwerte) auf 1,2 m<sup>2</sup> ansteigend, Temperaturen von 28 auf 18 °C fallend; Bei kontinuierlicher Mast sollte mit der durchschnittlichen Lebendmasse (z.B. 70 kg) gerechnet werden.

## Anhaltswerte für Luftraten im Ferkel- und Mastschweineestall

	Tiergewicht kg	Minimale Luftrate / Tier in m <sup>3</sup>	Maximale Luftrate / Tier in m <sup>3</sup>
Ferkelstall	7	4	12
	15	4	28
	30	4	43
Maststall	40	6	55
	50	6	65
	70	7	75
	90	9	100
	110	11	110

Übersicht 2

# Dimensionierung der Lüftungsanlage (Beispiel)



Sommer:

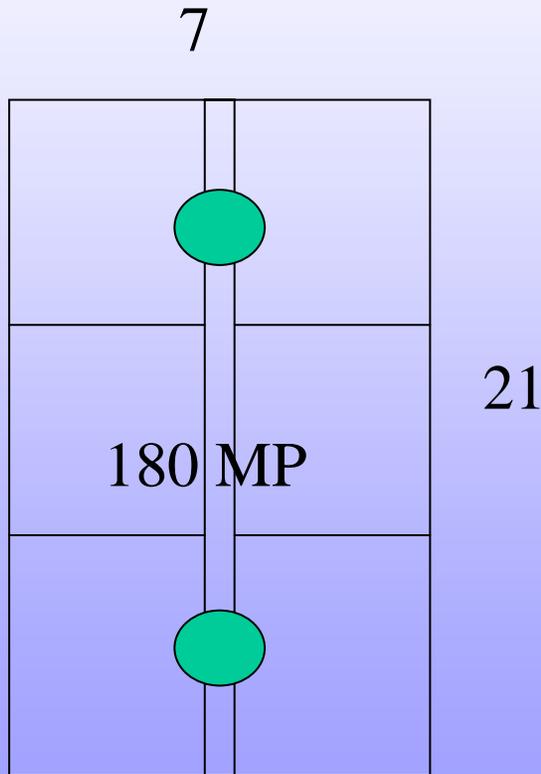
$$180 \text{ MP} \times 84 \text{ m}^3/\text{Tier/h} = 15120 \text{ m}^3$$

Winter:

$$180 \text{ MP} \times 12,6 \text{ m}^3/\text{Tier/h} = 2268 \text{ m}^3$$

7  
:  
1

# Dimensionierung der Lüftungsanlage (Beispiel)



Sommer:

$$180 \text{ MP} \times 84 \text{ m}^3/\text{Tier/h} = 15120 \text{ m}^3$$

Winter:

$$180 \text{ MP} \times 12,6 \text{ m}^3/\text{Tier/h} = 2268 \text{ m}^3$$

=> 2 Ventilatoren a 8000 m<sup>3</sup>/h

7  
:  
1

# Dimensionierung der Lüftungsanlage (Beispiel)

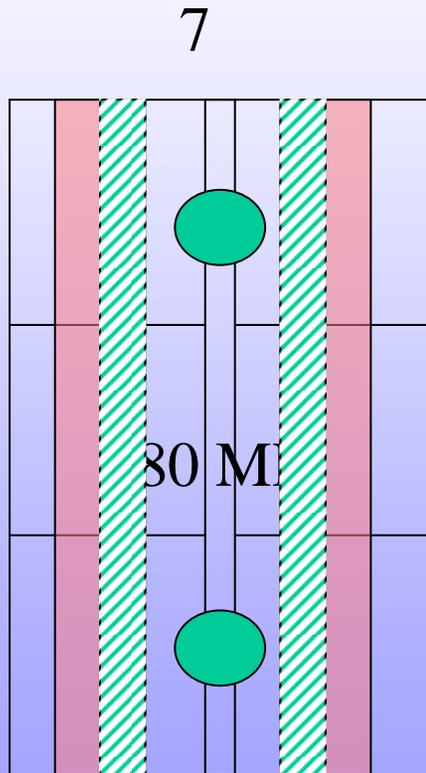
Sommer:

$$180 \text{ MP} \times 84 \text{ m}^3/\text{Tier/h} = 15120 \text{ m}^3$$

Winter:

$$180 \text{ MP} \times 12,6 \text{ m}^3/\text{Tier/h} = 2268 \text{ m}^3$$

=> 2 Ventilatoren a 8000 m<sup>3</sup>/h



21

Rieselkanäle/decke:

Lochplatte: 250 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>

$$15120 : 250 = 60,4 \text{ m}^2$$

$$2268 : 250 = 9,1 \text{ m}^2$$

2 Kanäle 1,5 m

besser

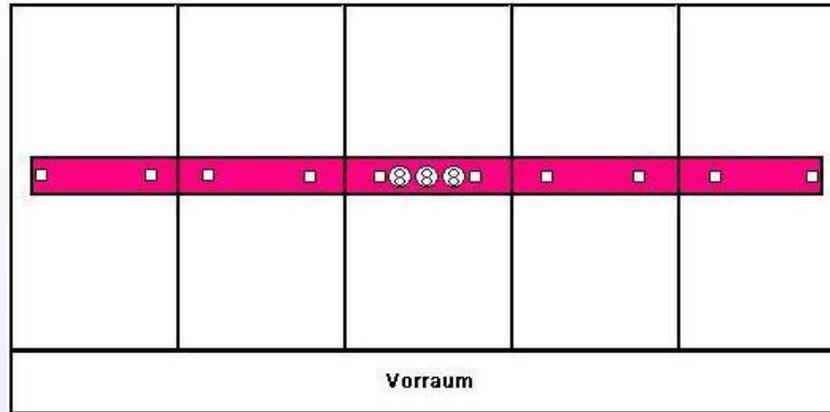
4 Kanäle 0,75 m

7

:

1

# Energieverluste durch erhöhte Luftraten



Beispiel:

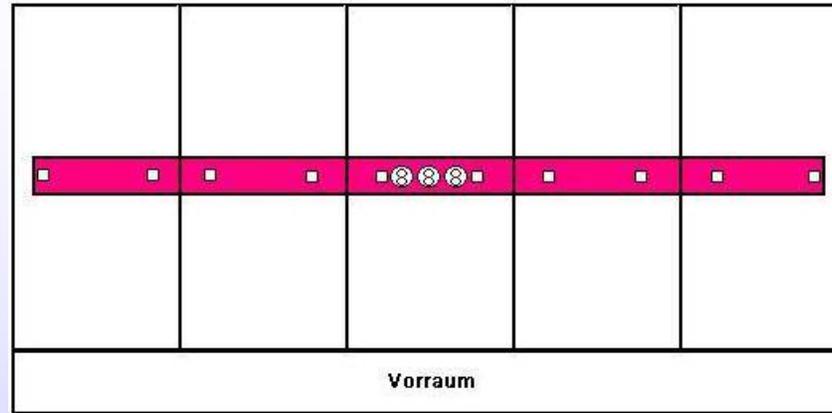
5 Mastschweineabteile je 200 Plätzen, (1000 Schweine)  
Min.- Luftrate pro Abteil je nach Belegstärke und Tiergewicht  
= 1400 - 4000 m<sup>3</sup>/h, oder 7 - 20% der Sommerluftraten

Angenommen wird eine um 600m<sup>3</sup>/h überhöhte Luftrate  
(pro Abteil ~ 3% zuviel, während der Hälfte des Jahres)

3000m<sup>3</sup>/h Luftrate je 50 W (x 24 Std x 180 Tage) = 648 kWh  
spez. Leistung

648 kWh x 0,20 €/kWh ~ **132 €**

# Energieverbrauch durch erhöhte Druckverluste



Beispiel:

Ein Lüfter der ohne Gegendruck 10.000 m<sup>3</sup>/h leistet  
schafft bei geringem Druckabfall 9.000 m<sup>3</sup>/h (Ganglüftung)  
bei erhöhtem  $\Delta P$ : 30 – 50 Pa 8.000 m<sup>3</sup>/h (Rieseldecke,..)

Angenommen wird eine Druckerhöhung von  $\sim 30$  Pa  
dabei leistet ein 63er Lüfter ca. 1000 m<sup>3</sup>/h im Maximum weniger

1000m<sup>3</sup>/h Luftrate      je 50 W      (x 24 Std x 180 Tage) = 216 kWh  
spez. Leistung

216 kWh x 0,20 €/kWh  $\sim$  **44 €**

# Wodurch kommen solche erhöhten Druckverluste zu Stande?

## 1. ) Zu geringe Lufteinlassflächen

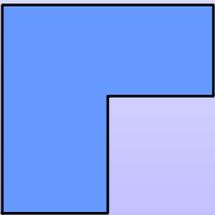
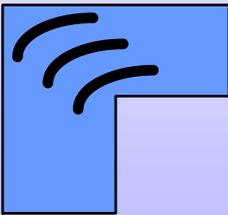
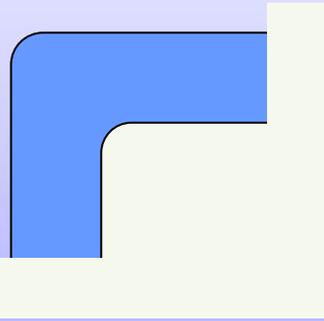
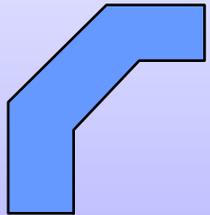
=> immer so planen, dass im Kanal max. 2,5 m/s Luftgeschwindigkeit herrscht

	Luftrate		je <b>100</b> Tiere		
	Zuluftsystem	m <sup>3</sup> /h	Zuluftquerschnitt m <sup>2</sup>	Abluftmenge m <sup>3</sup> /h	Wärmebedarf kW
Mast- schweine	Ganglüftung	90	1,00	9.000	7
	Rieselkanal	110	1,25	11.000	
Ferkel - 30kg	Ganglüftung	45	0,45	4.500	7
	Rieselkanal	50	0,60	5.000	
Sauen Wartestall	Ganglüftung	120	1,34	12.000	15
	Rieselkanal	150	1,67	15.000	
Sauen Abferkelstall	Ganglüftung	250	2,78	25.000	30 ½ Raum / ½ Nest
	Rieselkanal	300	3,33	30.000	



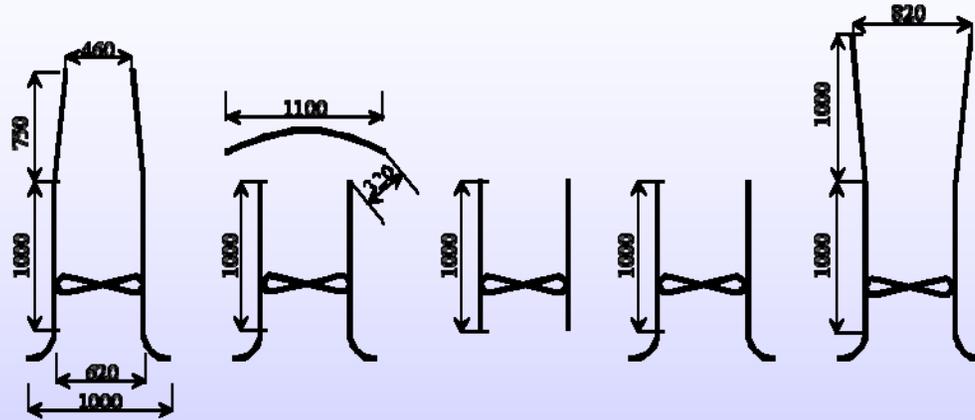
## 2. Zu viele Ecken im Kanal

Kanäle so planen, dass möglichst wenig „Ecken“  
vorhanden sind

Bauteil	Knie 90 Grad Ecken scharf	Knie 90 Grad Ecken scharf mit Leitschaufel	Knie 90 Grad Ecken schwach gerundet	Segmentbogen 90 Grad
Widerstands beiwert	 1,5	 0,2	 0,5	 0,6
Luft geschwindigkeit	<b>Gegendruck der Umlenkungen</b>			
(Zuluft) 1 m/s 2 m/s	0,9 Pa 1,6 Pa	0,1 Pa 0,5 Pa	0,3 Pa 1,2 Pa	0,4 Pa 1,4 Pa
(Abluft) 4 m/s 6 m/s	14,4 Pa 32,1 Pa	1,9 Pa 4,5 Pa	4,8 Pa 10,8 Pa	5,8 Pa 13,0 Pa

# Energieersparnis durch Wahl der Abluftkamine

## Abluftgestaltung und Energiekonsum

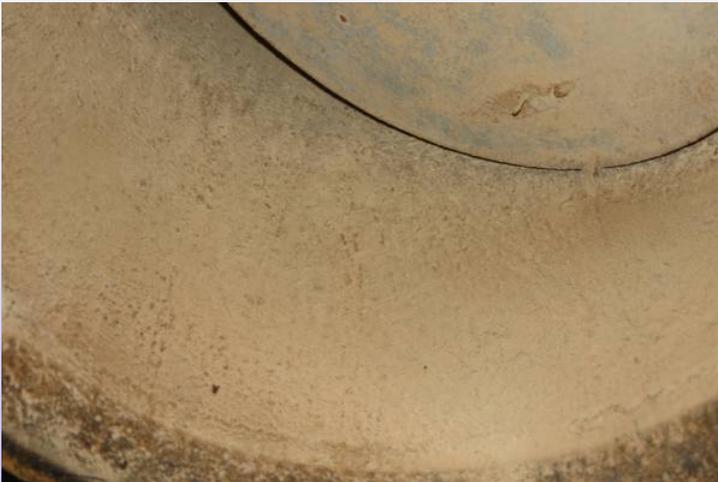


Quelle:  
S. Pedersen, DK, SJF, 1999

Drehzahl	min <sup>-1</sup>	821	814	790	805	832
Leistungs- aufnahme	W	390	390	403	401	378
Volumen- strom	m <sup>3</sup> /h %	5 870 68	6 090 71	8 620 100	9 410 109	10 930 127
Spezifischer Volumen- strom	m <sup>3</sup> /kWh %	15 050 70	15 620 73	21 390 100	23 470 110	28 920 135
Spezifische Leistungs- aufnahme	W / 1000 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> %	66,4 142	64 137	46,8 100	42,6 91	34,6 74

Bei Ø 3000 m<sup>3</sup>/h im Jahr: **347** **336** **242** **220** **184 €**

## 1.) Sauberkeit der Anlage



### *Kosteneinsparungen:*

Bei starker Verschmutzung und damit erhöhtem Stromverbrauch von 2-3 KWh pro Schwein ergeben sich höhere Kosten bei 1000 Mastschweinen von 500-1000 €

## 2. Heizungseinstellungen

## Mastschweine

Einstalltemperatur: 24 °C

Woche 6 21-22 °C

Woche 12 18-19 °C

Woche 16 17 °C

### Raumheizungssteuerung

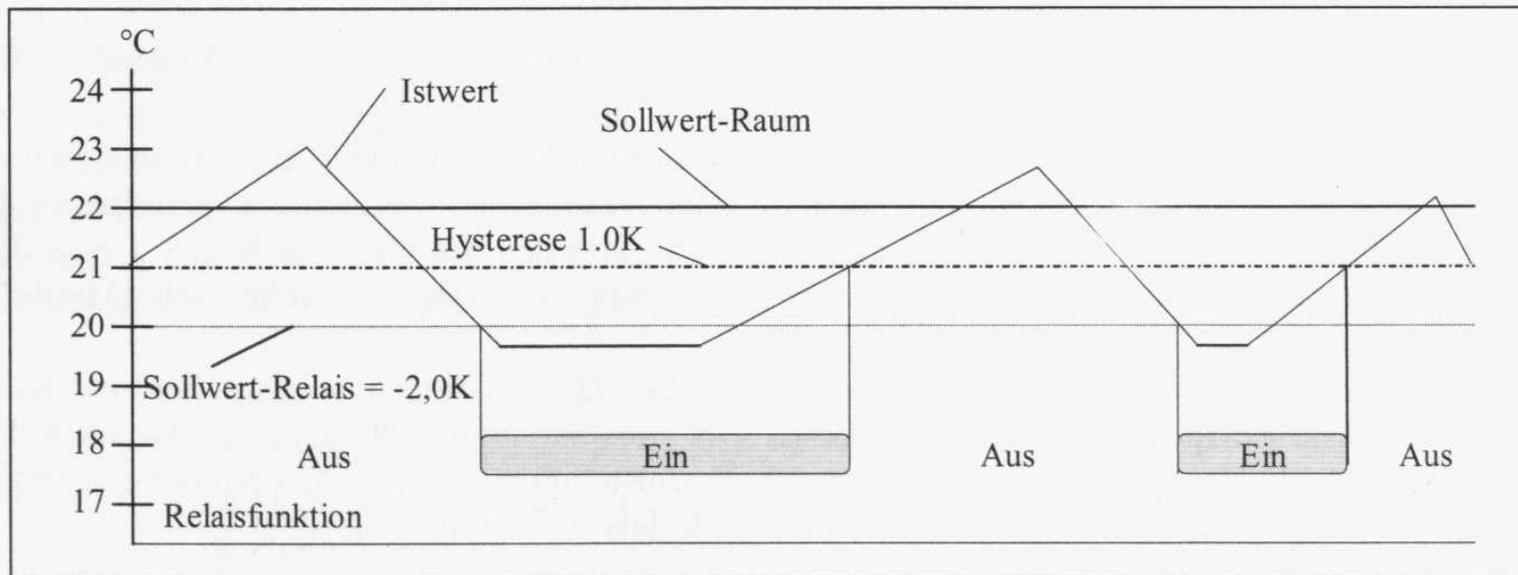


Abbildung 4.9-1 Schaltbeispiel Hysterese mit Heizungskonfiguration

Hysterese muss immer kleiner sein als der Abstand zwischen Solltemperatur und Heizungseinschaltung

### 3. ) Einstellungen Lüftungscomputer

Problem: hohe Temperatur trotz hoher Ventilatorumdrehzahl und Außentemperatur von 8°C



Einstellung:

- getrennter Steuerung der Ventilatorumdrehzahlen und der Klappenöffnung
- Ventilatorumdrehzahl: Solltemperatur 20°C
- Klappenöffnung: Solltemperatur 34,5°C

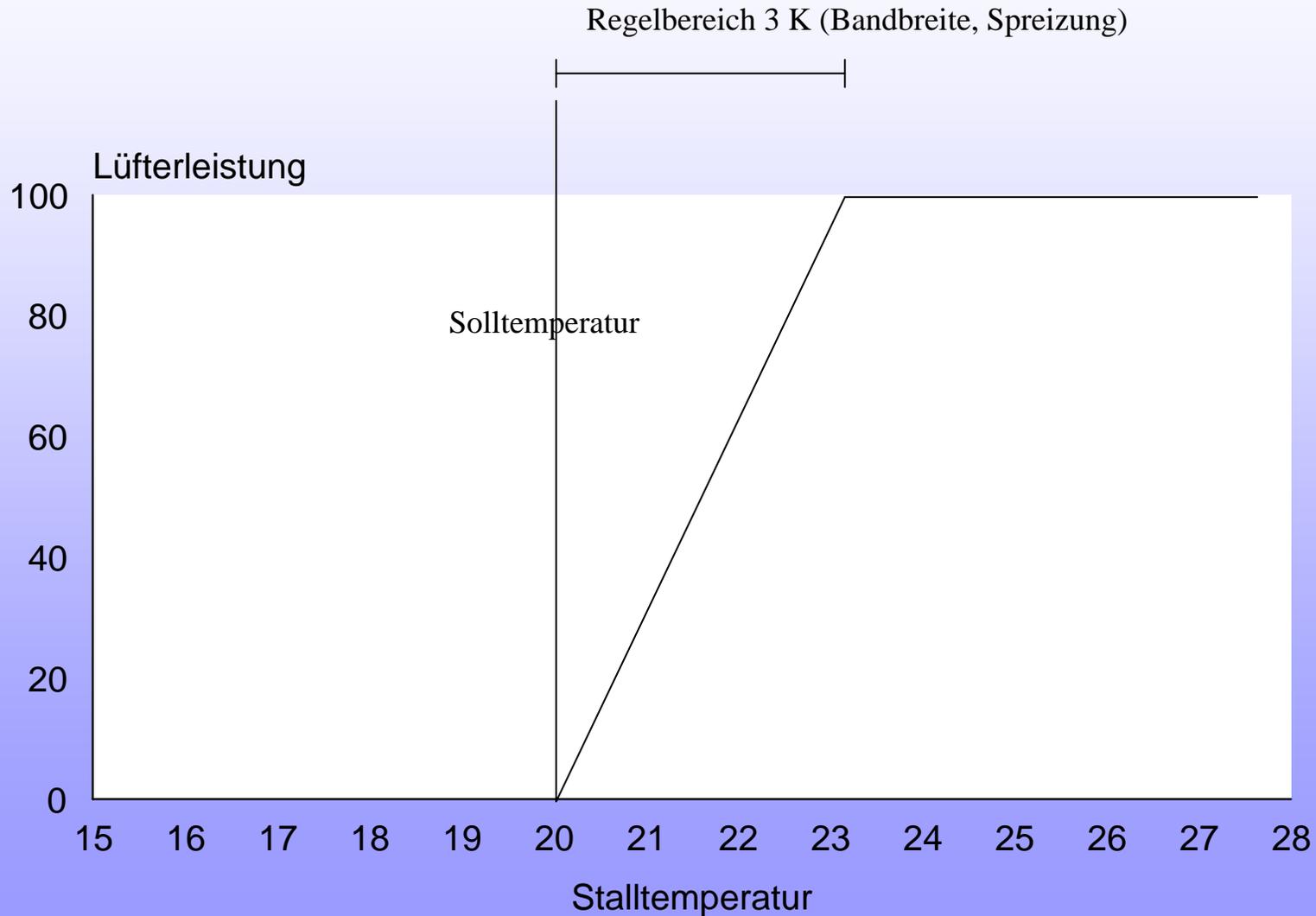
#### 4. ) Nicht Vorraum heizen, sondern Stallabteil Heizungsrohre immer isolieren

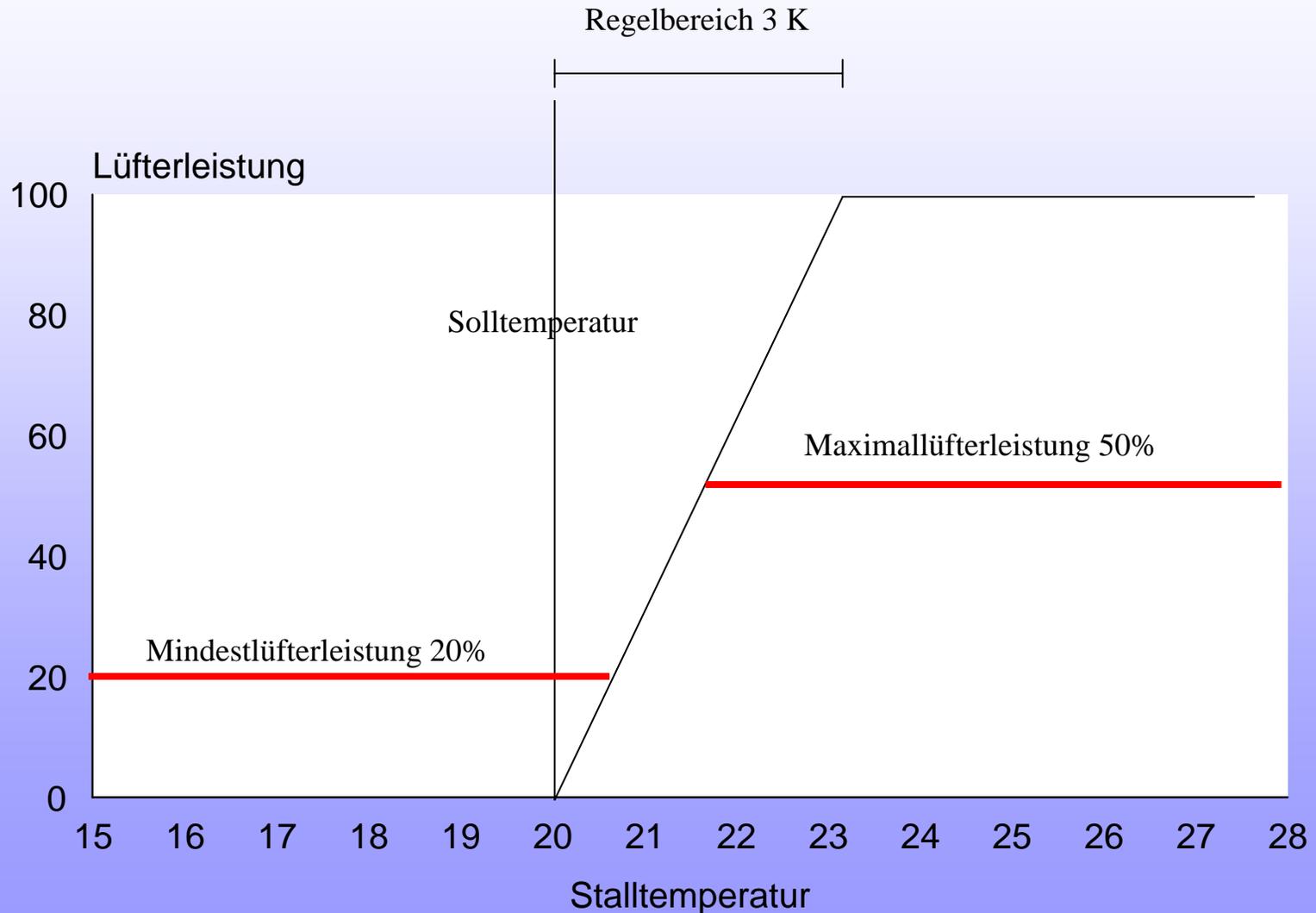
-Bei Kammstallanlagen saugen immer die Abteile die meiste Luft an, in denen die größten Tier stehen (höhere Luftraten), die aber wiederum den geringsten Wärmebedarf haben



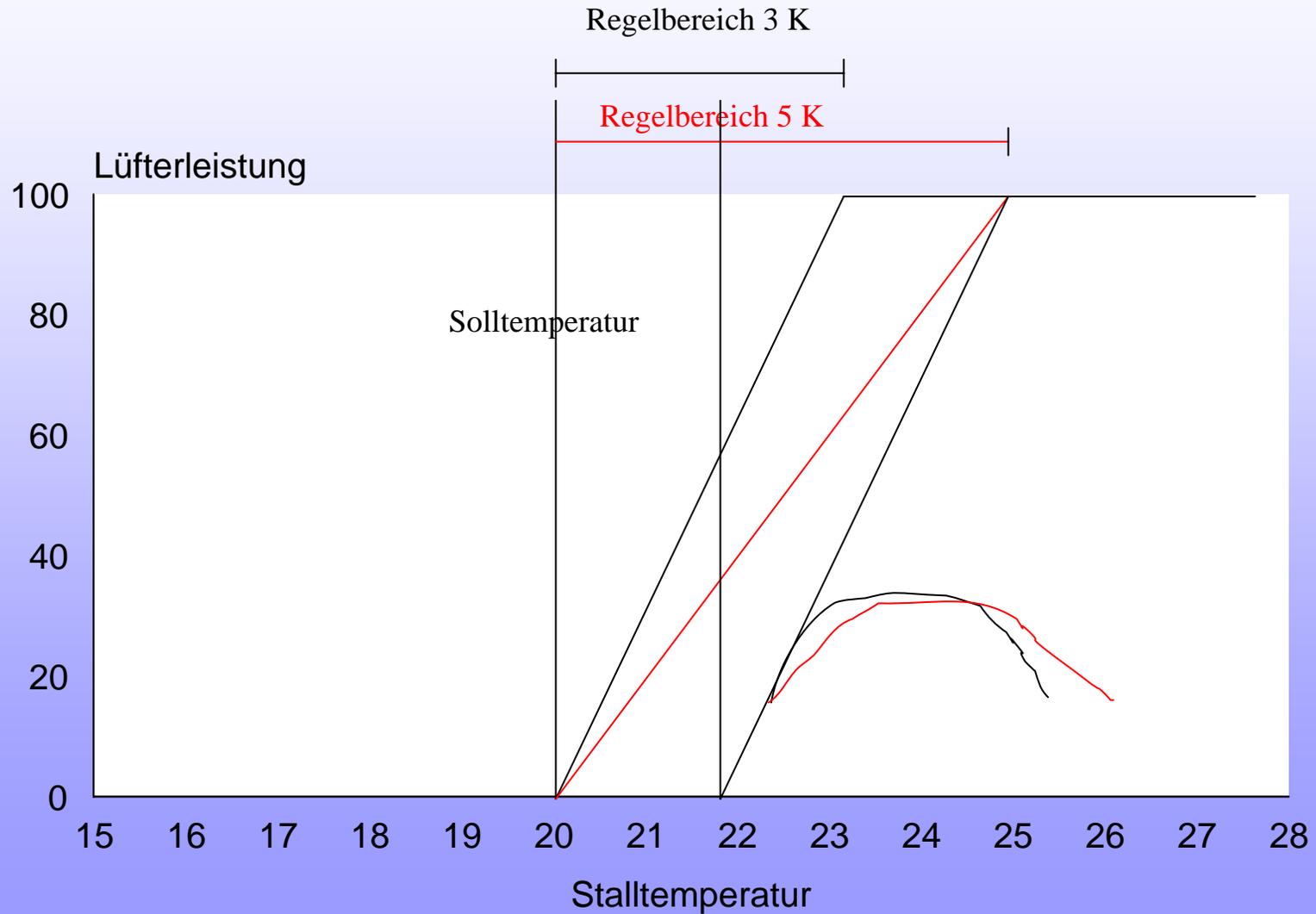
- Zentralgänge sind zumeist schlecht isoliert und verlieren viel Wärme nach außen

## 5.) Spreizung (Bandbreite) und Stalltemperatur der Außentemperatur anpassen





# Regelbereichsänderung und Temperaturanhebung



## 6.) Anbringung des Raumtemperaturmessers

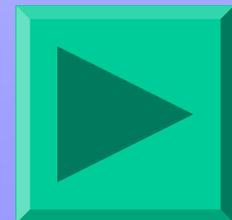
Niemals:

- Unter den Rieselkanal oder vor die Lufteinlassdüse  
=> Temperatur wird zu niedrig gemessen= hoher  
Energieverbrauch

- Sehr nahe unter die Decke  
=> Temperatur wird zu hoch gemessen=  
Ventilatoren drehen zu hoch



- Niemals an die Wand  
=> Abstrahlung der Wand (kälter oder wärmer)



## Wärmebedarf je Stallplatz und Jahr

Abferkelstall	Ferkelnestbeheizung:	680 kWh/Platz
	Raumheizung:	180 kWh/Platz
Deck- und Wartestall:		60 - 160 kWh/Platz

Sauenstall (ohne Ferkelaufzucht)	330 kWh/Platz
Sauenstall (mit Ferkelaufzucht)	990 kWh/Platz

Ferkelaufzucht:	170 kWh/Platz	= 24 kWh/Ferkel
-----------------	---------------	-----------------

Schweinemast:	70 kWh/Platz
---------------	--------------



www.agrikontakt.de

# Wirtschaftlichkeit

Effiziente Schweineproduktion: Energiekosten

Wk

02.04

08.11.08



www.agrikontakt.de

## Effizient Schweine produzieren

- Einsparpotential bei Heizung und Strom -

	Heizung		Strom		Strom+ Heizung	Einspar- potential	Summe
	Min	Max	Min	Max	Durch- schnitt	Max	6.000 Tiere/Jahr
7kg Ferkel	0,42 €	4,10 €	0,95 €	3,12 €	4,29 €	2,30 €	13.800 €
28kg Ferkel	0,45 €	3,20 €	0,41 €	2,95 €	3,50 €	2,10 €	12.600 €
115kg Mast	0,35 €	4,80 €	0,80 €	2,98 €	4,46 €	2,65 €	15.900 €

(Quelle: HDT; 2008)

### Fazit:

- Die maximalen Kosten zeigten sich in der Praxis als bis zu 14 mal so hoch wie die minimalen Kosten !
- Das Einsparpotential liegt bei deutlich über 2 € pro Tier !
- Bei 6.000 produzierten Tieren pro Jahr liegen hier über 12.000 € drin !



## Ferkelaufzucht

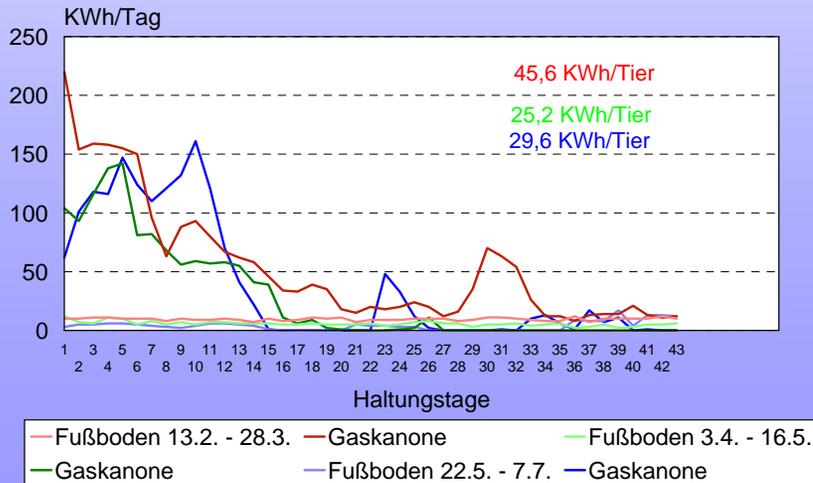
Tag 1-2	28 °C
Tag 8	26 °C
Tag 14	25 °C
Tag 21	24 °C
Tag 35	22 °C

Gültig für mit 4 Wochen  
abgesetzte Ferkel

Für frühabgesetzte Ferkel sind die  
Temperaturen in den ersten 3  
Wochen um 1-2°C zu erhöhen

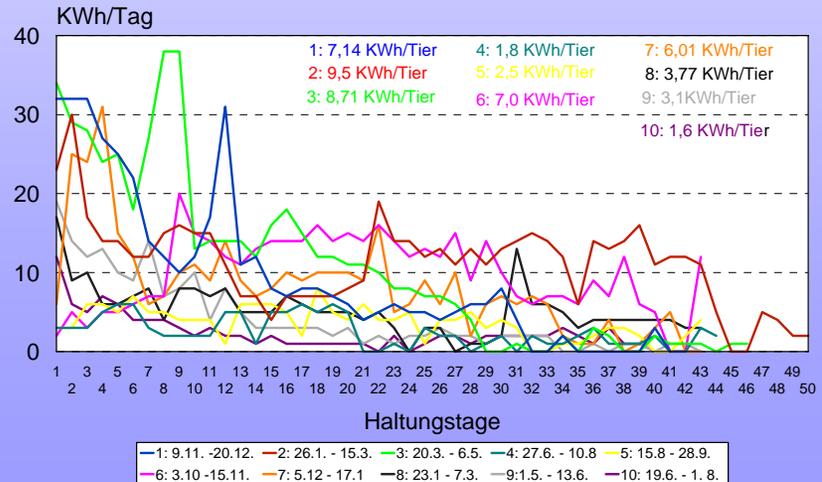


## Energieverbrauch Gaskanone plus Fußbodenheizung



## Energieverbrauch Zonenheizung

(Einzel und Durchschnittswerte)



# Praxisversuch mit Zonenheizung und Wärmetauscher



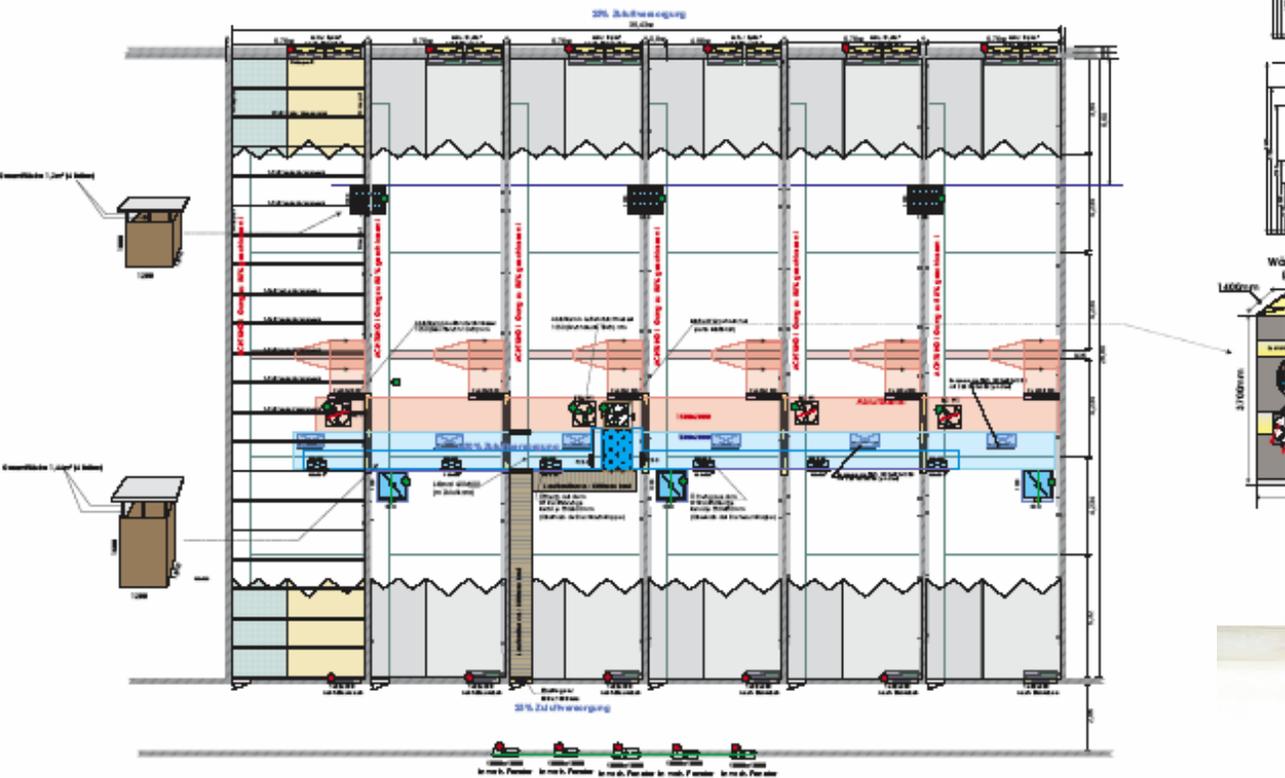
System 1:

Zonenheizung mit  
Fistaplatte, zentrale  
Abluft



System 2:

Raumheizung mit  
Wärmetauscher,  
Unterflurabsaugung,  
zentrale Zu- und Abluft,  
zentrale Abluft



# Heizungsenergieverbrauch (kWh/Ferkel)

20

Durchschnitt WT: 6,0

Durchschnitt ZH: 8,5 (10,4 und 6,4)

15

10

5

0

2007

2008

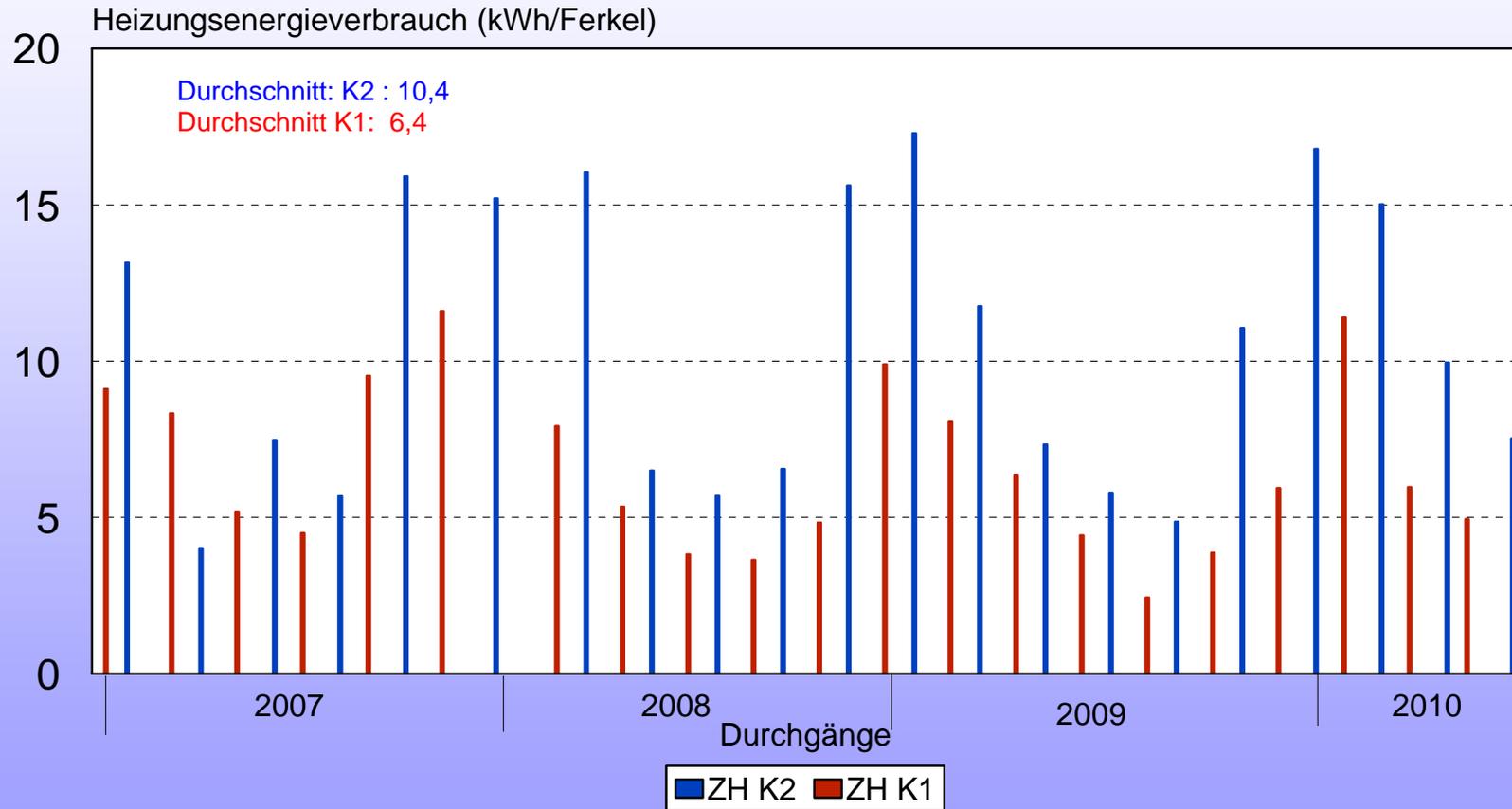
2009

2010

Durchgänge

■ Wärmetauscher ■ Zonenheizung

# Zonenheizungsabteile



# Ökonomischen Bewertung der Ferkelaufzuchtssysteme

Parameter	G-Ställe	K-Ställe
<b>Heizung</b>		
Energie je DF (kWh/DF)	8,5 (10,4; 6,4)	6,0
<b>Lüftung</b>		
Gesamtenergieverbrauch (kWh)	12991	57652
Energie je DF (kWh)	0,85	1,21
<b>Kostenrechnung (je DF)</b>		
Heizkosten (0,06 €/kWh) in €	0,51 (0,62; 0,38)	0,36
Stromkosten (0,2 kWh) in €	0,17	0,24
<b>Gesamtkosten in €</b>	<b>0,68 (0,79; 0,55)</b>	<b>0,60</b>

# Fazit

Sowohl mit der Zonenheizung (Fista-Platte), wie auch mit dem Wärmetauschereinsatz, können große Mengen an Heizungsenergie eingespart werden.

Danke  
und viel Spaß noch

