



# Stallklima

## Grundlagen Lüftung

# Tiere geben Wärme ab

- 🐾 Die Wärmeabgabe erfolgt über:
- die Haut (Federkleid isoliert stark deshalb vornehmlich über unbefiederte Körperteile)
  - die Atmungswege
  - Ausscheidungen
  - sowie in Form tierischer Leistung (Zunahmen, Legeleistung usw.)



# Wärmeproduktion

 Wir unterscheiden hier in:

- sensible oder freie Wärme und in
- latente, d. h. an Wasserdampf gebundene Wärme

 Wärme geben die Tiere auf verschiedene Arten ab:

# Sensible Wärmeabgabe:

-  durch Strahlung (Tier ist z. B. direkt an kalter Außenwand aufgestellt),
-  Leitung (Tier liegt auf kaltem Beton) und
-  Konvektion (Luft streicht am Tier entlang)

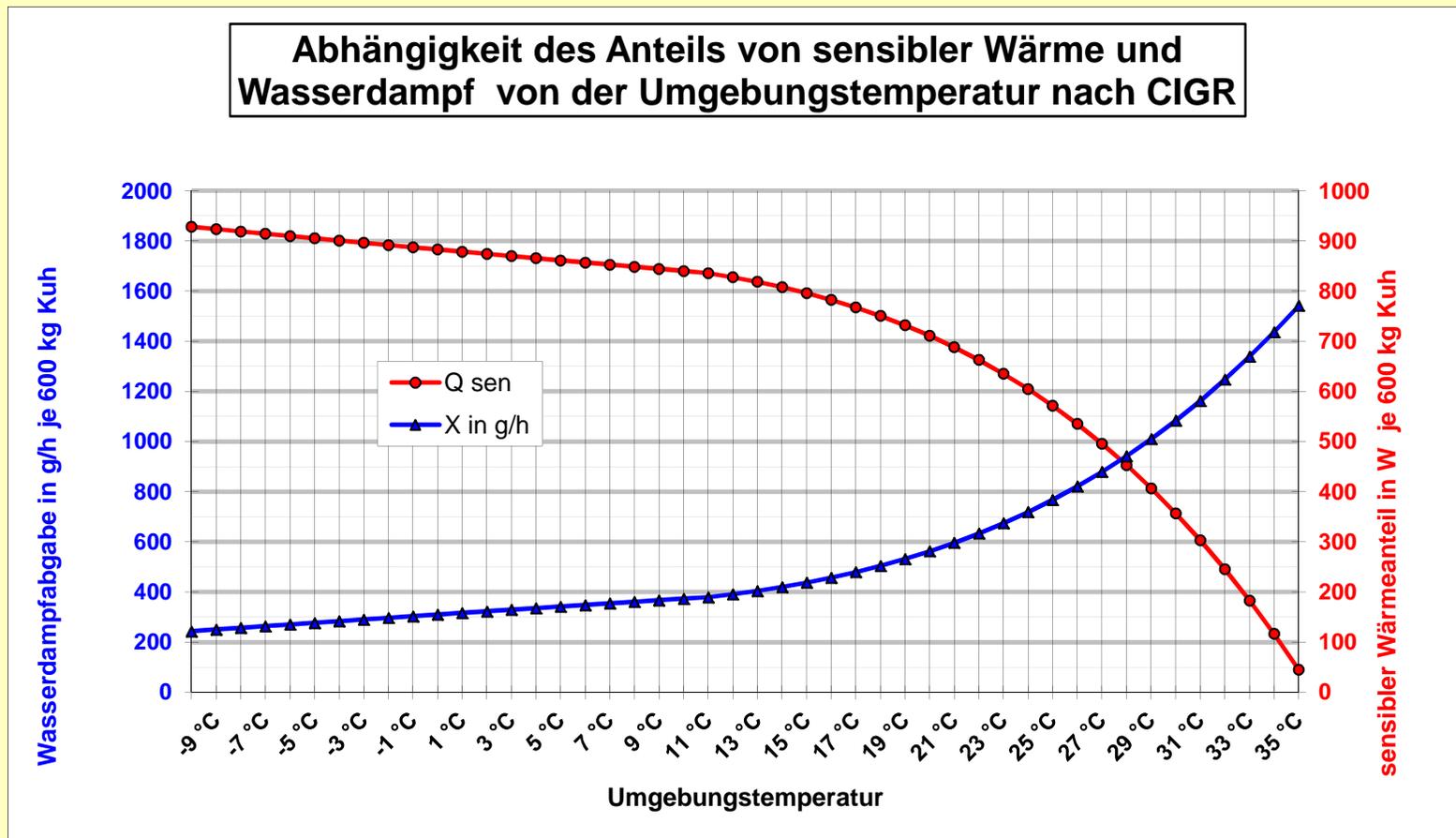
# Latente Wärmeabgabe:

- ☛ durch Atmung (Aspiration - beim Huhn größter Anteil),
- ☛ Perspiration ( Verdunstung über die trockene Haut und
- ☛ Transpiration (z.B. nasses Schwitzen – beim Schwein nahezu und bei Geflügel vollständig unmöglich) .

# Abhängigkeiten:

- Die Wärmeabgabe wird durch die Umgebungstemperatur, die herrschende Luftfeuchte und die Oberflächentemperatur der raumumschließenden Bauteile bestimmt.
- Im Sommer gestaltet sich die Wärmeabgabe in der Regel besonders problematisch!

# Gesamtwärmeabgabe:



# Begriff: Feuchte

 Mit Feuchte bezeichnet man den Gehalt eines Stoffes an Wasserdampf. Wichtig in der Meteorologie ist die Feuchte der Luft, die Luftfeuchtigkeit. Sie kann auf verschiedene Arten angegeben werden:

# Relative Luftfeuchte

 Beschreibt den „Sättigungszustand“  
(Aufnahmevermögen) der Luft.

Die Angabe erfolgt in Werten von 0 - 100 %.

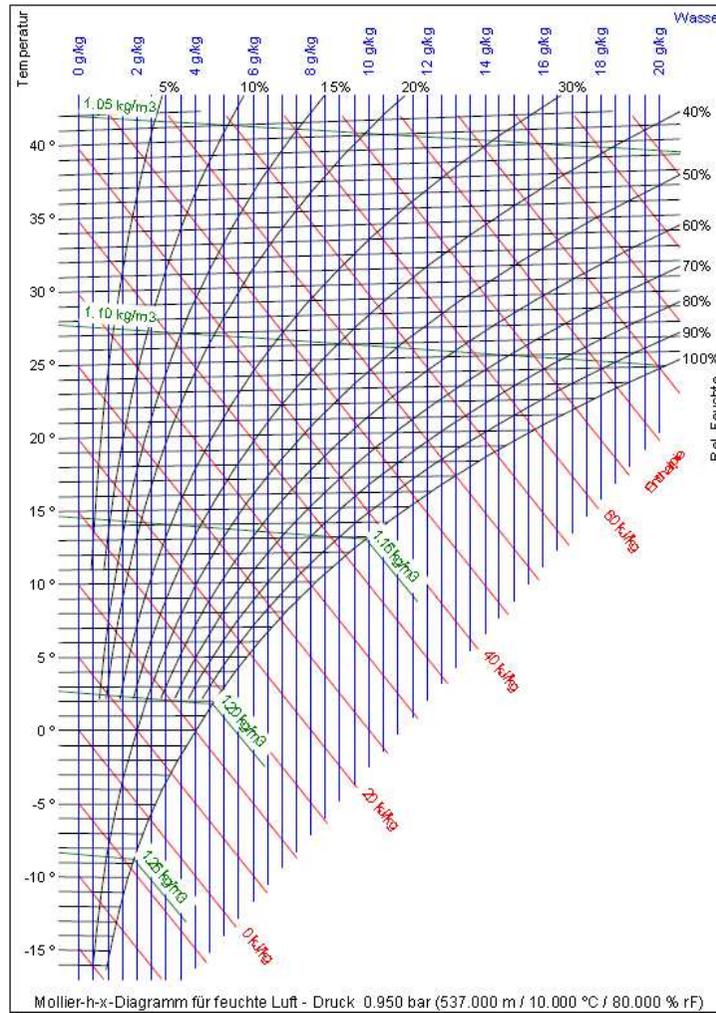
0% heißt völlig ungesättigt - 100 % heißt völlig gesättigt.

Herrscht eine Luftfeuchtigkeit von 100% so kann die Luft keinen zusätzlichen Wasserdampf mehr aufnehmen - kommt Wasserdampf hinzu kommt es zur Kondensation (Nebel)!

# Absolute Luftfeuchte

- ist ein Feuchtemaß, das die Masse des Wasserdampfs im Verhältnis zum Volumen der feuchten Luft angibt. (Einheit g/m<sup>3</sup>)
- Je höher die Temperatur desto mehr Wasserdampf kann aufgenommen werden.
- Bsp. Bei -10°C sind maximal 2,13 (1,62) g Wasserdampf im m<sup>3</sup> (kg) Luft ; bei +5°C maximal 6,78 (5,47) g Wasserdampf im m<sup>3</sup> (kg) Luft, während bei 30°C bereits maximal 31,09 (27,52) g Wasserdampf im m<sup>3</sup> (kg) Luft enthalten sein können!

# Mollier-h-x-Diagramm



# Lüftung im Winter

 Hier steht die Abfuhr von Feuchtigkeit im Vordergrund!

 Da die Außenluft wesentlich kälter als die Innenluft ist enthält sie absolut d.h. (mengenmäßig) weniger (relativ allerdings oft mehr) Wasserdampf als die Innenluft. Wird sie gegen Innenluft ausgetauscht, geht Feuchtigkeit verloren - allerdings auch Wärme!

# Lüftung in der Übergangszeit:

- 🐾 Die Kenntnis der absoluten Feuchte verdeutlicht auch warum es in der Übergangszeit besonders schwierig ist, Feuchte aus einem Stall zu entfernen.
- 🐾 Da dann der absolute Wasserdampfgehalt der Außenluft bei Nebel (Sättigung) bereits sehr hoch ist, werden große Luftraten benötigt, um Feuchtigkeit aus den Ställen zu entfernen!

# Lüftung im Sommer

- 🐾 Hier geht es ausschließlich darum Wärme und Schadgase abzuführen.
- 🐾 Da die Außenluft fast gleichwarm wie die Innenluft ist, müssen enorm große Luftmengen ausgetauscht werden. Hohe Umgebungstemperaturen stellen für Legehennen große Belastungen dar.
- 🐾 Bei hohen Enthalpiewerten ( $> 67$  kJ/kg z. B.  $25^\circ$  bei 70% LF) oder Außentemperaturen über  $38^\circ\text{C}$  besteht die Gefahr eines Überhitzens der Tiere.  
Ausreichend kühles Trinkwasser zur Verfügung stellen

# Luftzusammensetzung:

 In reiner Luft (Luft ist ein stabiles Gasgemisch) sind etwa 20,93 Vol.% Sauerstoff, 78,10 Vol.% Stickstoff, 0,040 Vol.% (400 ppm) Kohlendioxid und darüber hinaus etliche Spurengase sowie Luftverunreinigungen (z. B. Stäube) enthalten.

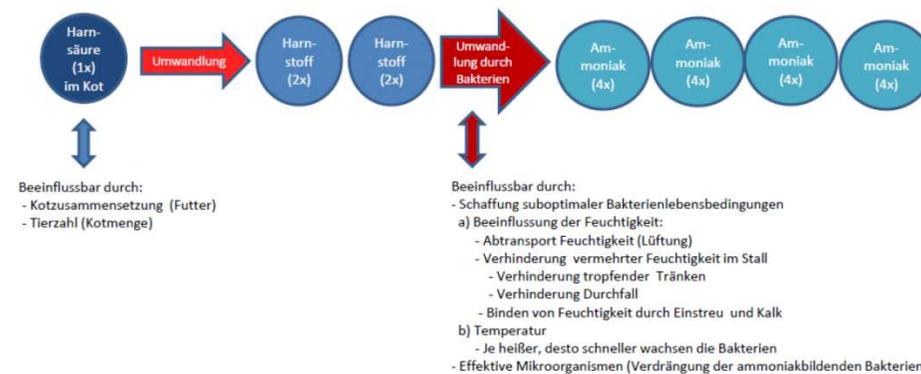
 Begriffserklärung: ppm = Parts per Million  
d. h. 0,001 % = 10 ppm

# Kohlenstoffdioxid

- 🦁 Ist ein gewöhnliches Stoffwechselprodukt.
- 🦁 Schädlich für den Menschen erst oberhalb des MAK Grenzwertes von 5.000 ppm (ab 3.000 ppm Leistungsabfall, ab 4.000 ppm Schläfrigkeit)
- 🦁 Qualitätszeiger:
  - Hoher Luftaustausch, geringer CO<sub>2</sub>-Gehalt, geringe sonstige Gase
  - Geringer Luftwechsel höherer CO<sub>2</sub> -Gehalt, höhere sonstige Gase
  - Der CO<sub>2</sub>-Gehalt unserer Atmosphäre hat sich von 295 ppm im Jahre 1900 bis auf 400 ppm im Jahre 2015 erhöht!

# Ammoniak

- 🐾 Es kommt auch in der freien Natur vor (entsteht bei Fäulnis- und Zersetzungsvorgängen), allerdings nur in einer Konzentration von ca. 0,3 ppm!
- 🐾 Ammoniak kann ein ernstzunehmendes Problem für Mensch, Tier und Umwelt darstellen.
- 🐾 Anzustreben sind Werte von  $< 10$  ppm  $\text{NH}_3$  (Grenzwert 20 ppm)



# Regelwerk „DIN 18910“

- 🐾 Gilt ausschließlich für das „Klima in geschlossenen Ställen“
- 🐾 Einschlägiges Regelwerk zur Berechnung der notwendigen Luftraten und des notwendigen Wärmeschutzes ist die aktuelle Bau Norm DIN 18910 in der Fassung vom August 2017

# Rechengrundlagen:

## Luftwechsel im Winter:

- Der zur Abführung des Wasserdampfes erforderliche Luftwechsel berechnet sich

$$\dot{m}_{L, W, X} = \sum \frac{\dot{X}_{ST}}{x_i - x_a} \text{ in:}$$

•  
in g / kg (es handelt sich um Massenströme deshalb die Punkte über m und X)

- Dies bedeutet, dass der nötige Luftwechsel die Division des insgesamt im Stall anfallenden Wasserdampfes durch die Feuchtedifferenz innen - außen ist!

# Rechengrundlagen:

## Luftwechsel im Sommer:

- Der zur Abführung der Wärme erforderliche Luftwechsel berechnet sich folgendermaßen:

- 

$$\dot{m}_{L,S} = \frac{\sum \dot{Q}_{ST,S}}{\Delta\Theta_{Zul} \cdot c_{pL}} \quad \text{in g / kg}$$

- Eine Reduzierung der Lufttemperatur um ein weiteres Grad erfordert eine Erhöhung der Luftrate um weitere 50%!!

# Umrechnung Luftmassenstrom auf Luftvolumenstrom:

$$\dot{V}_L = \frac{\dot{m}_L}{\rho}$$

Massenstrom der Luft in kg/h

Dichte der Luft in kg/m<sup>3</sup>

Temperatur	30 °C	25 °C	20 °C	15 °C	10 °C	5 °C	0 °C
Dichte	1,13 kg/m <sup>3</sup>	1,15 kg/m <sup>3</sup>	1,19 kg/m <sup>3</sup>	1,20 kg/m <sup>3</sup>	1,22 kg/m <sup>3</sup>	1,25 kg/m <sup>3</sup>	1,27 kg/m <sup>3</sup>

Volumenstrom der Luft in  
m<sup>3</sup>/h

# Sommerkennwerte:

(Faustzahlen jeweils bezogen auf eine GV)

 Rinder:  $\Delta t$  4 bzw. 3 Kelvin

 Schweine und Geflügel:  $\Delta t$  3 bzw. 2 K

Klima- zone	Kälber	Bullen	Milch- kühe	Ferkel	Mast- schweine	Zucht- schweine	Lege- hennen	Masthähn- chen
$\leq 26 \text{ }^\circ\text{C}$	180	203	201	325	407	265	<b>975</b>	<b>1650</b>
$> 26 \text{ }^\circ\text{C}$	260	270	268	500	614	178	<b>1450</b>	<b>2500</b>

\* alle Angaben in  $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{GV}$

 Bei Milchvieh ist die Milchleistung zu berücksichtigen – für eine 10.000 kg Kuh sind im 1. Laktationsdrittel bei 3 K 406  $\text{m}^3/\text{h}$  nötig!

# Wärmeschutz - Bauphysik

## 1. Oberflächenkondensat

- Von Oberflächenkondensat spricht man, wenn infolge der Unterschreitung des Taupunktes an der Oberfläche von Bauteilen Wasser ausfällt.
- Darf nicht auftreten weil es zu einer Schädigung der Bauhülle führt!

# Wärmeschutz - Bauphysik

## 2. Kernkondensat

-  Von Kernkondensat spricht man, wenn Wasser durch die Unterschreitung des Taupunktes im Kern von Bauteilen ausfällt.
-  Letztendlich führen sowohl Oberflächen- als auch Kernkondensat zu einem Durchfeuchten der Bauhülle, dadurch zu noch mehr Kondensat und weniger Wärmeschutz und letztendlich zu einer Zerstörung der Bauhülle bei einem leistungsmindernden Stallklima!

# Wärmeschutz – u-Wert

-  Er ist der Maßstab für die Güte des baulichen Wärmeschutzes.
- Er gibt an, wie viel Wärme durch eine 1m<sup>2</sup> große Fläche einer bestimmten Baukonstruktion verloren geht, wenn der Temperaturunterschied innen-außen 1 Kelvin beträgt.
  - Somit ist der U-Wert - der Wärmedurchgangskoeffizient - ein „Multiplikator“ zur Berechnung der Wärmeverluste über die Bauhülle. Je kleiner die Zahl, desto höher der Wärmeschutz.

# Wärmeschutz – u-Wert

🐾 Die Formel zur Berechnung des Wärmeverlusts lautet:

$$\approx Q_{Tr} = A * U * \Delta t$$

- d.h. Transmissionswärmeverlust = Fläche mal U-Wert mal Temperaturunterschied.
- Ist z. B. die Fläche 100 m<sup>2</sup> groß, beträgt die Außentemperatur -10°C und die Stallinnentemperatur 18°C so gehen bei einem U-Wert von 0,6W/m<sup>2</sup>\*K = 100 m<sup>2</sup>\*0,6W/m<sup>2</sup>\*K \*(18-(-10)) K = 1.680 Watt verloren!

🐾 Der Gesamtwärmeverlust durch die Bauhülle ist die Summe aller Einzelverluste!

# Baustoffe

Gleiche Dämmung bei einem U-Wert von  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Baustoff	Dicke in cm	Rohdichte in $\text{kg/m}^3$	$\lambda_R$
Polyurethan	4,6	30	0,025
Mineralwolle	7,3	40	0,040
Poroton T 12	22,0	650	0,120
Nadelholz	24,0	600	0,130
Hochlochziegel mit Lochung A	82,0	1000	0,450
Beton	384,0	2400	2,100
Sandstein	421,0	2600	2,300
Granit	641,0	2800	3,500

# Temperaturverlauf in einer Wand

- 1 Lufttemperatur
- 2 schwarze Wand
- 3 weiße Wand
- 4 Trennschicht zwischen  
- Wand und Dämmstoff

