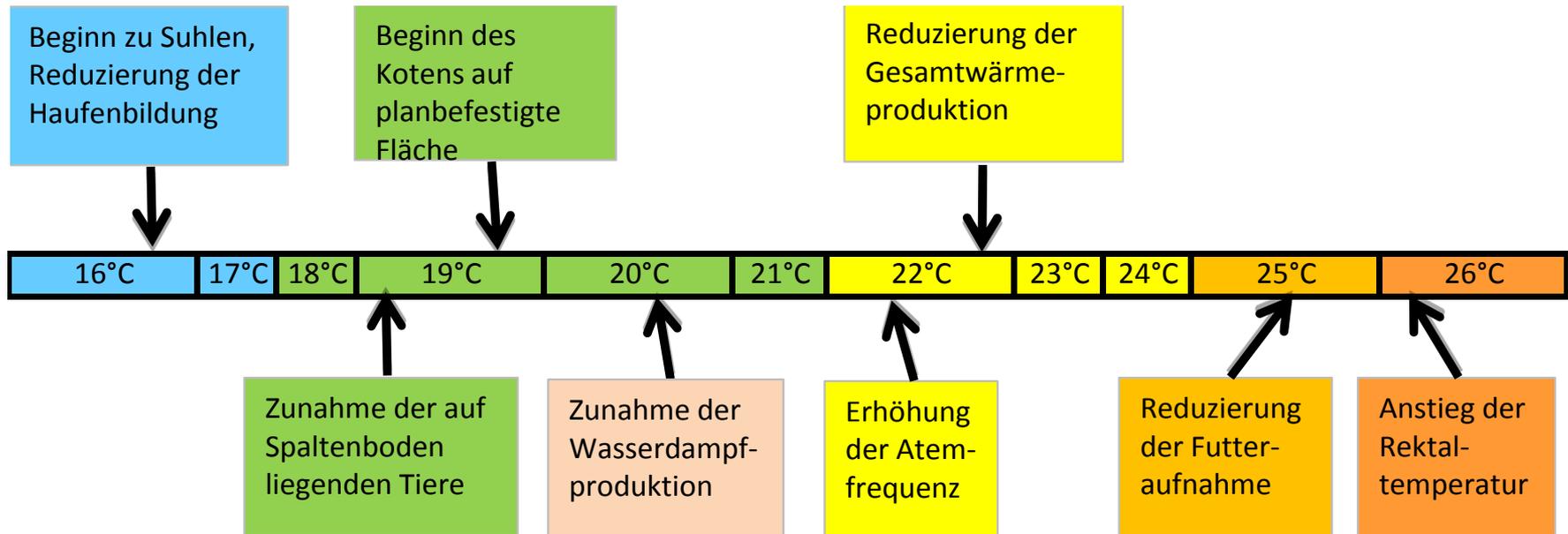


Optimierung des Stallklimas durch Wärmetauscher und Kühlsysteme



Thermoverhalten von Mastschweinen



Wirkung von Hitzestress

- Saugferkel ● Erdrückungsverluste steigen;
- Aufzuchtferkel ● Futteraufnahme sinkt;
Mastschweine ● Schlechtes Wachstum;
Tiere legen Suhlen an;
- Sauen ● Reduzierte Ovulation;
Umrauschen / kleine Würfe;
- Eber ● Spermaqualität sinkt.

Bauliche Maßnahmen zur Vermeidung von Wärmeeinträgen

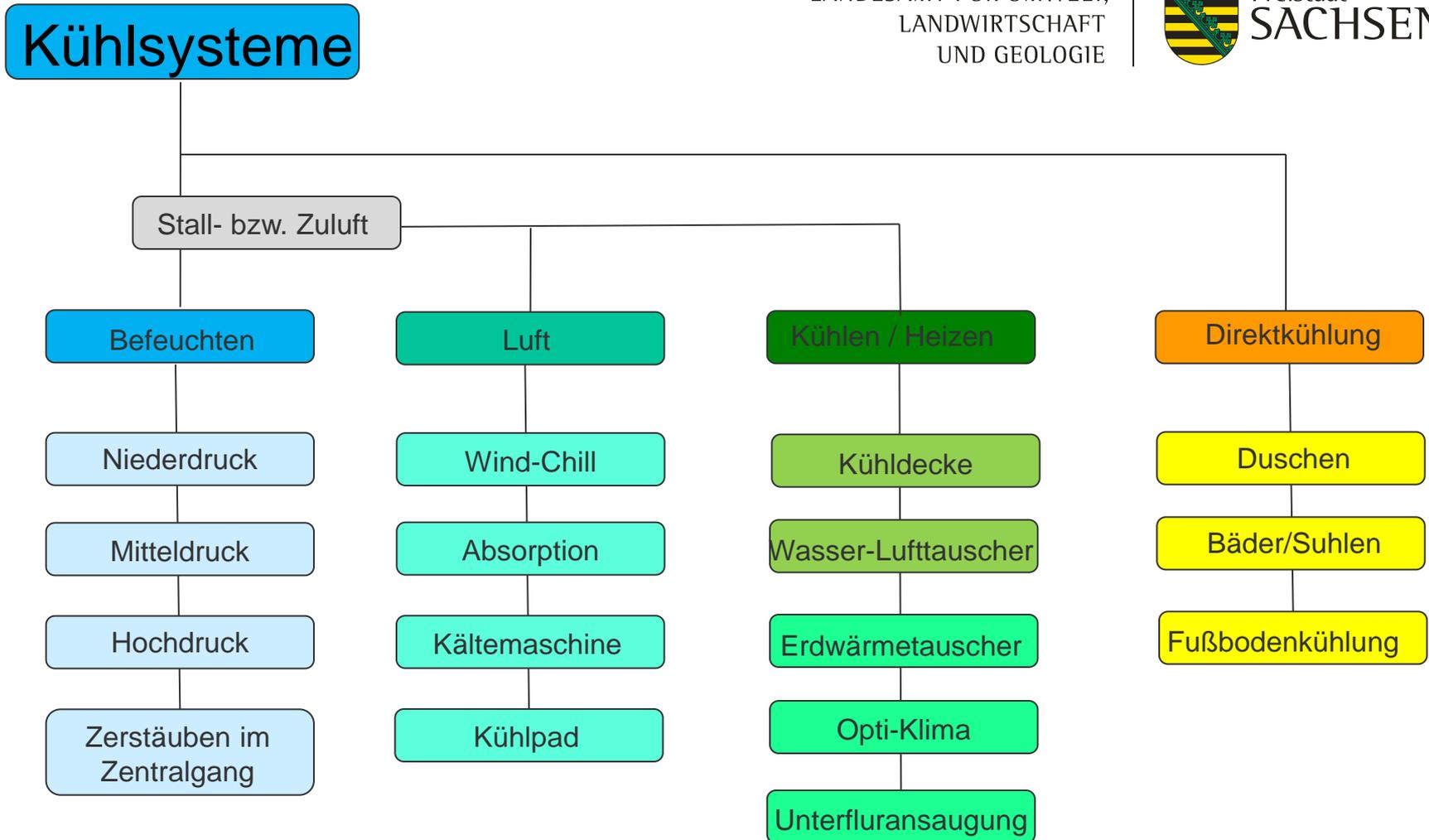
- Beschattung; Photovoltaik
- Dach- und Wandbegrünung;
- Helle Dacheindeckungen;
- Dach / Decke dämmen;
- Niedrige u-Werte der Wandflächen;
- Beschattung von Zuluftflächen;

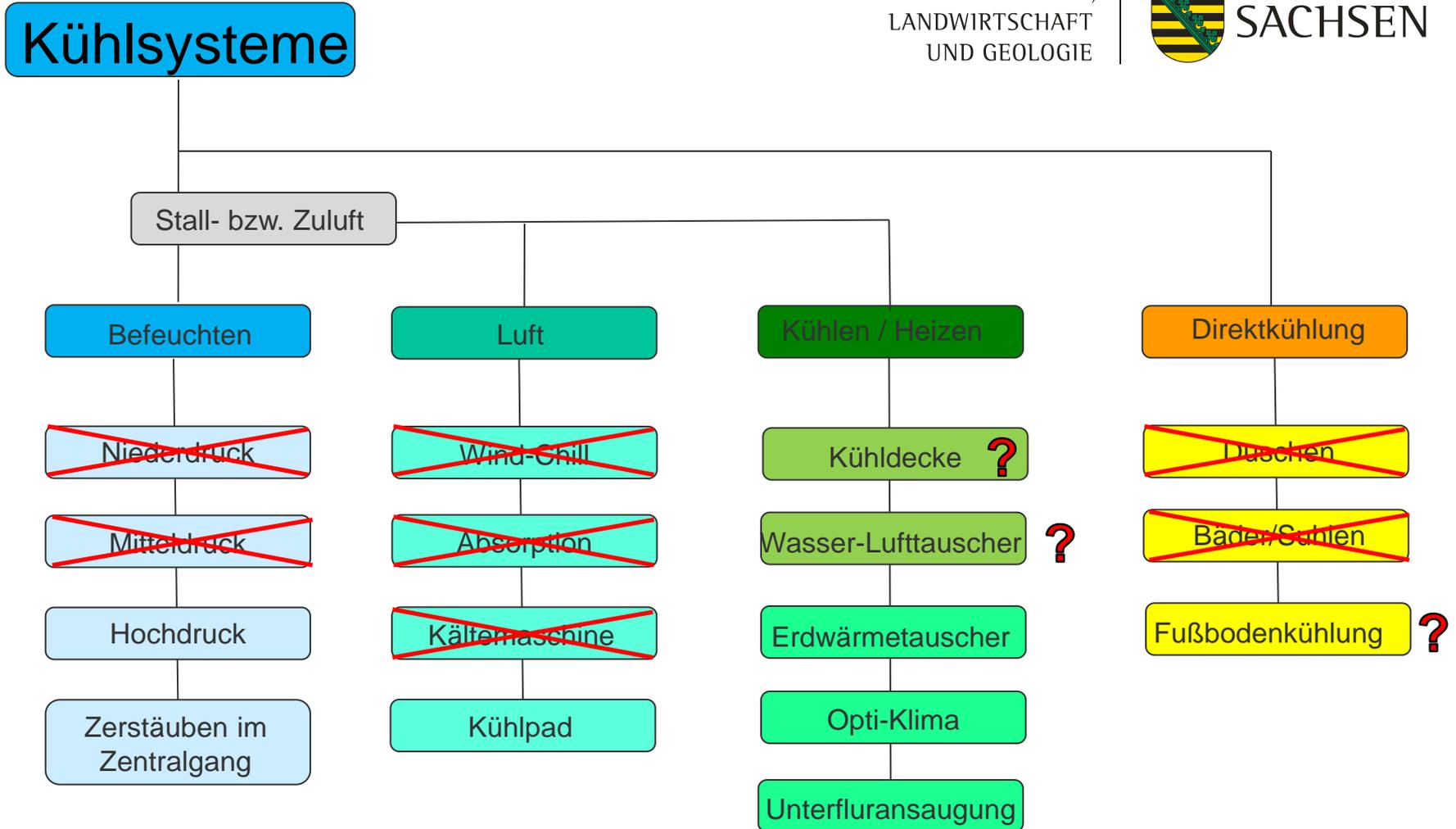


einfache Maßnahmen zur Minderung von Wärmeeinträgen

- Dachbewässerung;
- Ansaugen über Zentralgang;
- Befeuchtung von Gängen;
- Süd- / Westfenster beschatten;
- Lüftungseinstellungen prüfen;
(Regelbereichserhöhung,
Absenkautomatik)





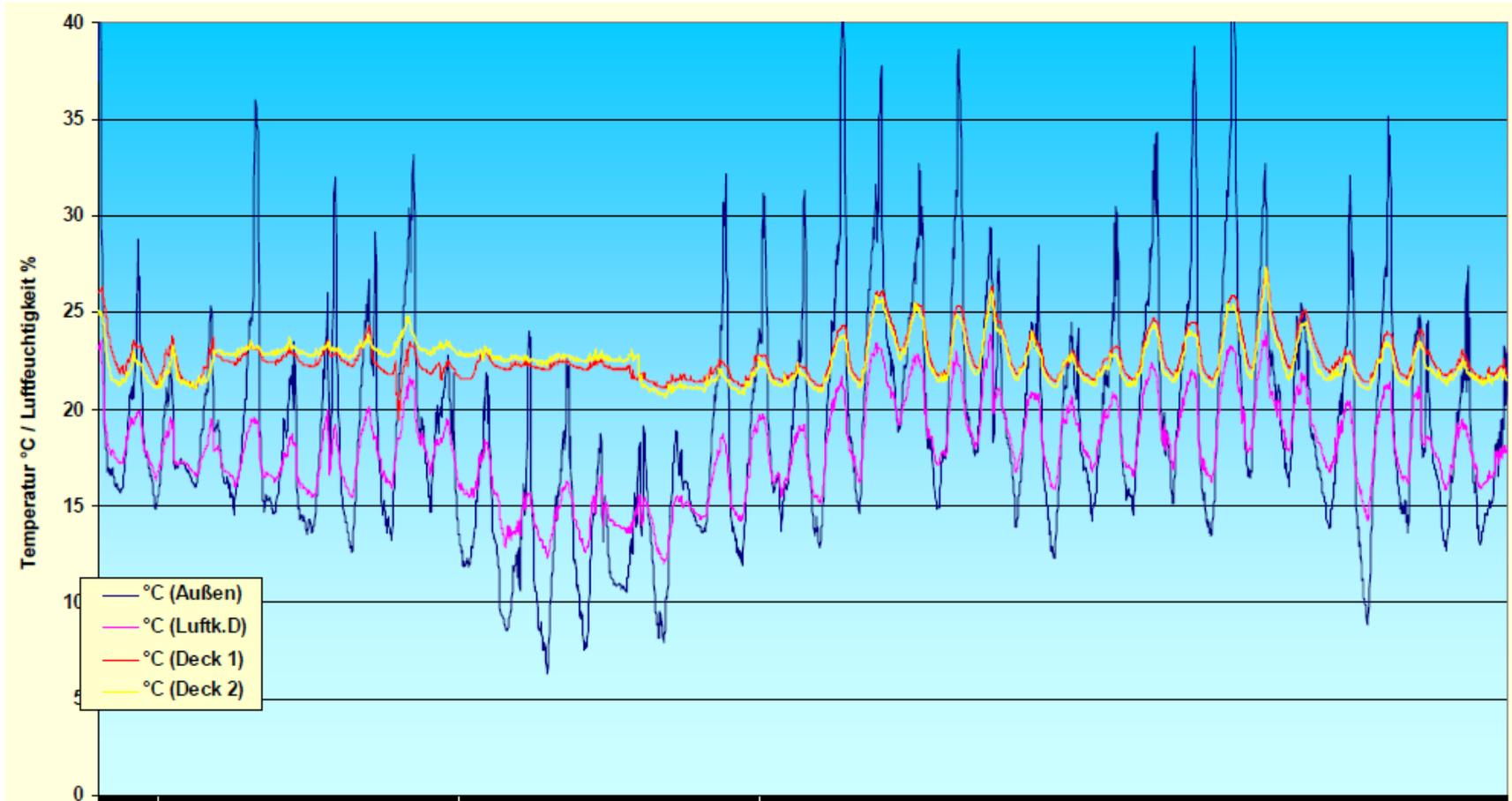




Luftkühlung im Förderkreis Stallklima

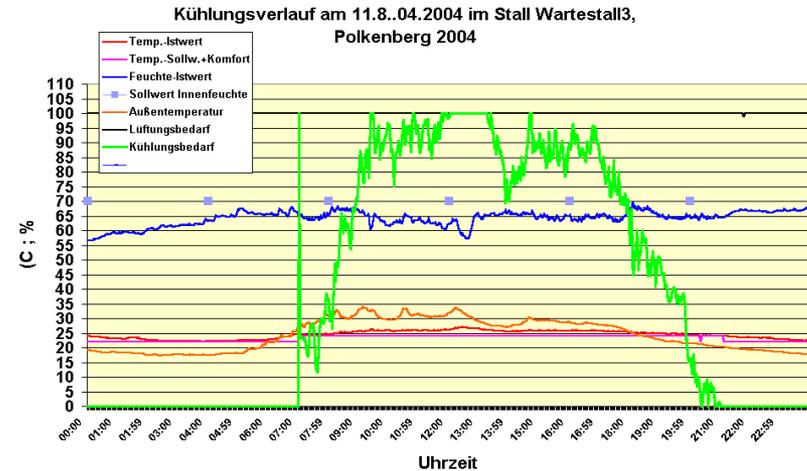
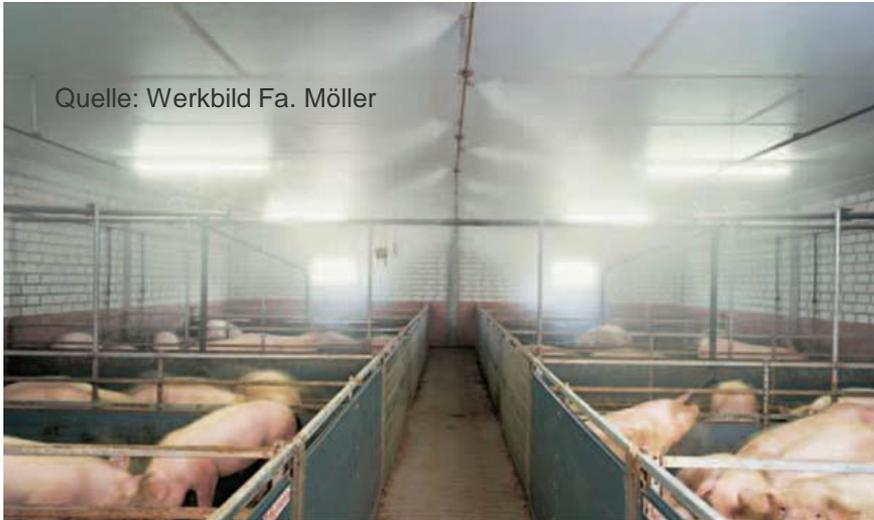
2003 Schierbaum:	Zuluftkühlung über Unterflur
2004 Jais:	Kühldecke in einem Stall für Zuchtsauen
2005 Jeß:	Modulstall mit Opti-Klima
2006 Feller:	Kühlmöglichkeiten im Stall
2007 Venzlaff:	Erdwärmetauscher und Unterflurzuluft
2007 van Caenegem:	Alternative zum Erdwärmetauscher (Abferkelstall)
2008 Geißler:	Unterflurzuluftkühlung
2010 Feller:	Leistung eines Erdwärmetauschers
2010 Geißler:	Unterflurzulufführung
2010 Brede:	Planung von Kühlsystemen

Datenbasis



Quelle: Geißler 2010

Hochdruckvernebelung

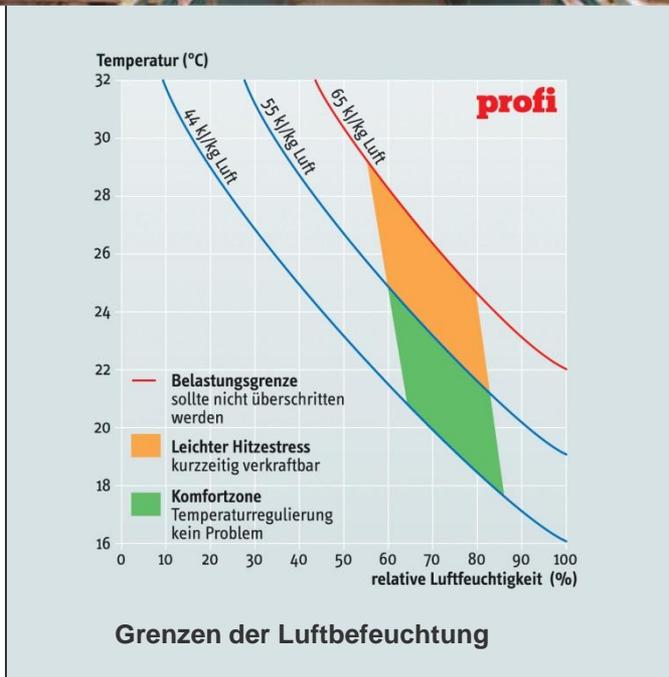


Quelle: Rudovsky 2004

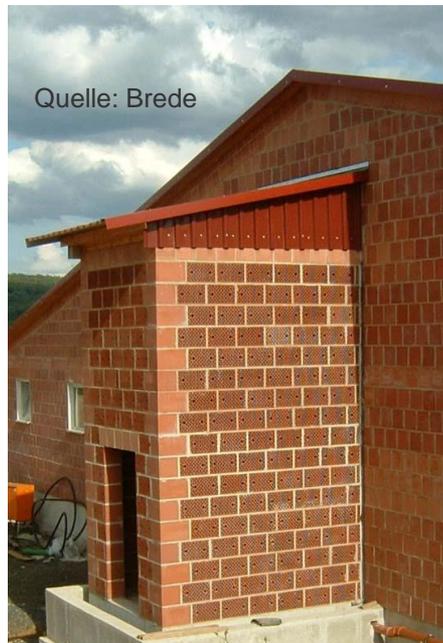
Differenz Außen- Stalltemperatur

Stall Nr.	Mittelwert K	Maximum K
2	3,5	7,6
3	1,6	5,5
10	3,5	7,6
11,1	2,9	7,1
11,2	3,1	8,6

Kühleffekt 3 - 4 K

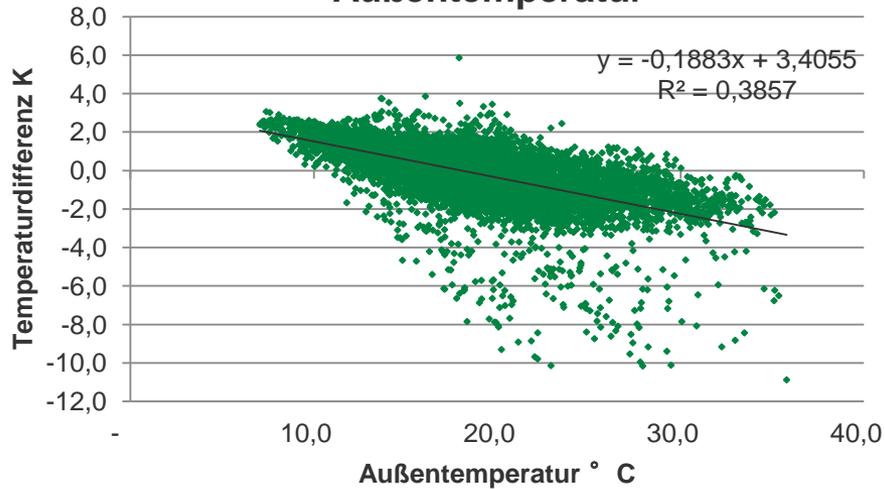


Luftkühler / Kühlpad



Zuluft über Zentralgang

Differenz der Zulufttemperatur zur
Außentemperatur



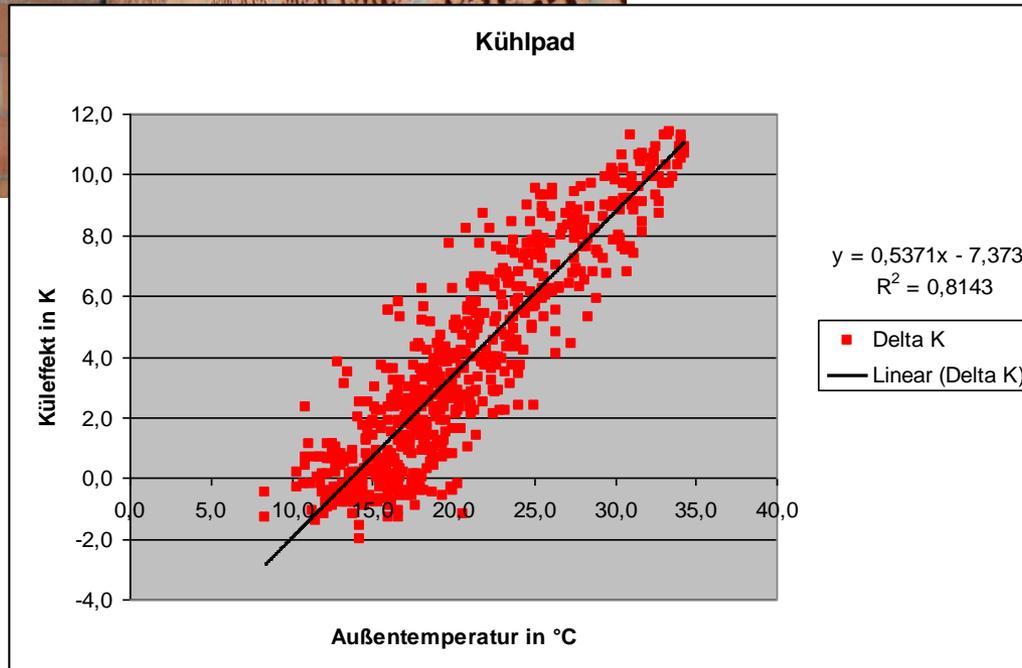
Außentemperatur	Abkühlung	Zulufttemperatur
-	5,0	0,0
-	3,9	3,9
5,0	2,8	7,8
10,0	1,7	11,7
15,0	0,6	15,6
20,0	0,5	19,5
25,0	1,6	23,4
30,0	2,7	27,3
35,0	3,9	31,1

Quelle: Pommer 2014



Kühlpad

Quelle: Brede 2010



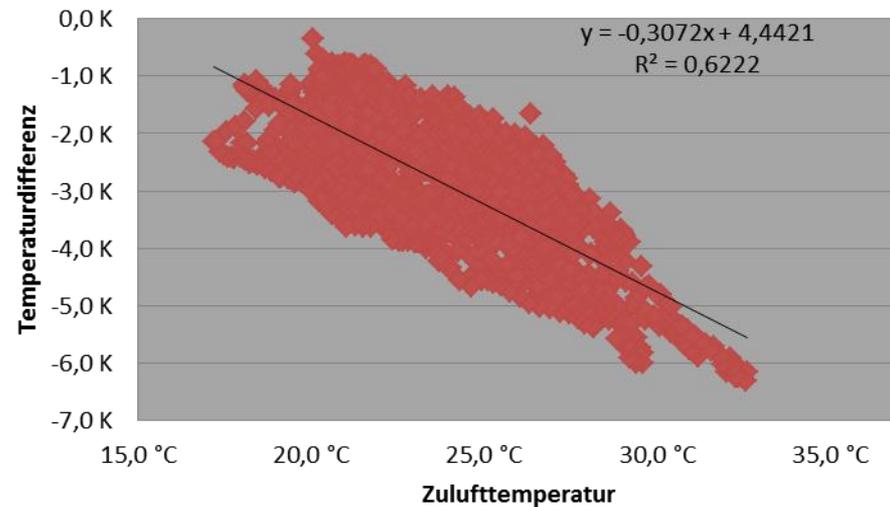
AT in °C	Kühleffekt K
15	0,7
16	1,2
17	1,8
18	2,3
19	2,8
20	3,4
21	3,9
22	4,4
23	5,0
24	5,5
25	6,1
26	6,6
27	7,1
28	7,7
29	8,2
30	8,7
31	9,3
32	9,8
33	10,4
34	10,9
35	11,4
36	12,0
37	12,5
38	13,0
39	13,6
40	14,1

Pericooler

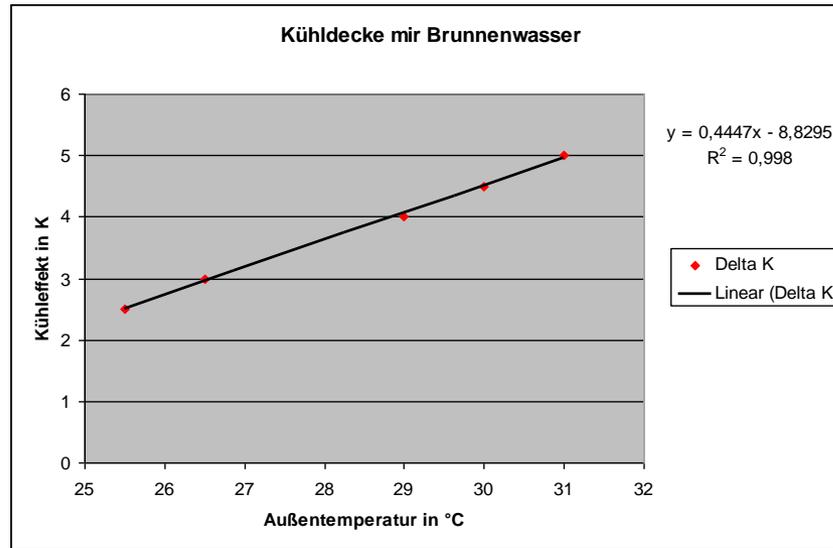


Temperatur Saugseite °C	Abkühlung K	Temperatur Druckseite °C
20,0	- 1,7	18,3
22,0	- 2,3	19,7
24,0	- 2,9	21,1
26,0	- 3,5	22,5
28,0	- 4,2	23,8
30,0	- 4,8	25,2
31,0	- 5,1	25,9
32,0	- 5,4	26,6
33,0	- 5,7	27,3
34,0	- 6,0	28,0
35,0	- 6,3	28,7

Temperaturdifferenz am Pericooler

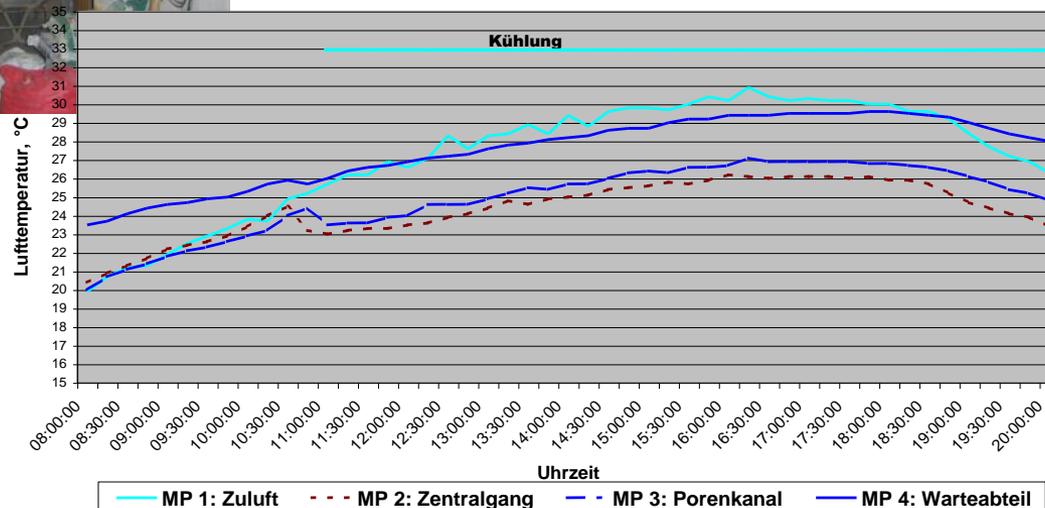


Kühldecke mit Brunnenwasser



AT in °C	Kühleffekt in K
22	1,0
23	1,4
24	1,8
25	2,3
26	2,7
27	3,2
28	3,6
29	4,1
30	4,5
31	5,0
32	5,4
33	5,8
34	6,3
35	6,7
36	7,2
37	7,6
38	8,1
39	8,5
40	9,0

12. August 2004



Quelle: Jais 2004

Heizen und Kühlen mit Wasser - Luft - Wärmetauscher



Quelle: Reventa Werksbild



Wasser – Luft –
Wärmetauscher mit
Ventilator (saugend)

Erste Ergebnisse:

- Heizleistung ca. 30 kW (bei VL/RL t = 80/60)
- Kühlleistung Brunnenwasser ca. 5 kW (bei VL/RL t = 13/18)
- Reduzierung der Luftrate auf 50 % möglich
- Abkühlung der Luft im Umluftverfahren um ca. 5 – 8 K
- Wasserverbrauch 0,5 – 1,3 m³ je Gerät und Stunde

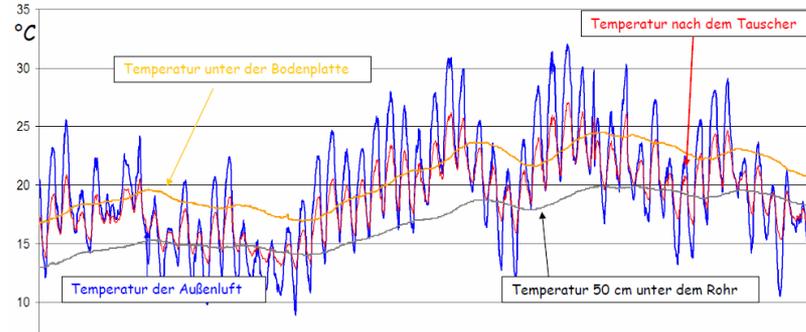
Erdwärmetauscher



Quelle: LSZ Boxberg

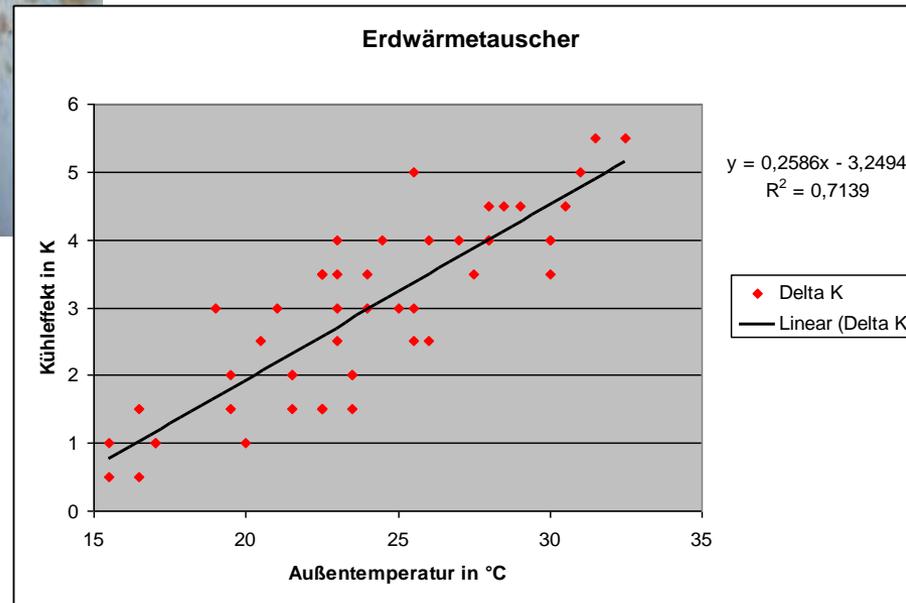


Erdwärmetauscher

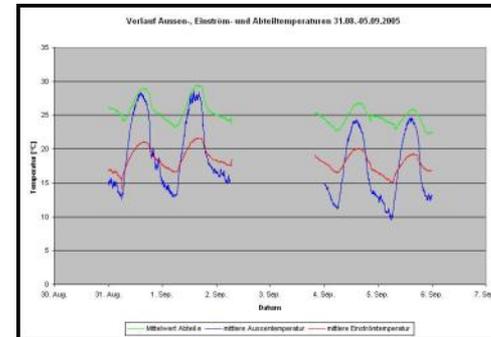
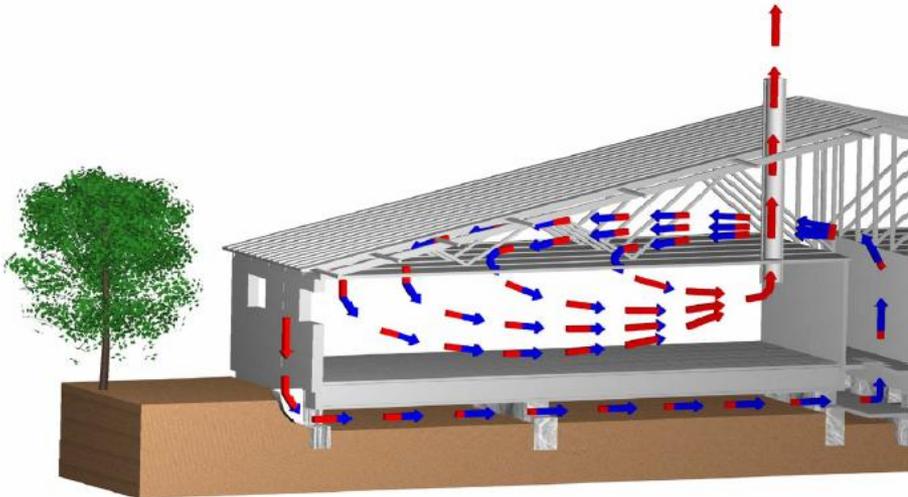


Quelle: Feller 2010

AT in °C	Kühleffekt K
15	0,6
16	0,9
17	1,1
18	1,4
19	1,7
20	1,9
21	2,2
22	2,4
23	2,7
24	3,0
25	3,2
26	3,5
27	3,7
28	4,0
29	4,3
30	4,5
31	4,8
32	5,0
33	5,3
34	5,5
35	5,8
36	6,1
37	6,3
38	6,6
39	6,8
40	7,1

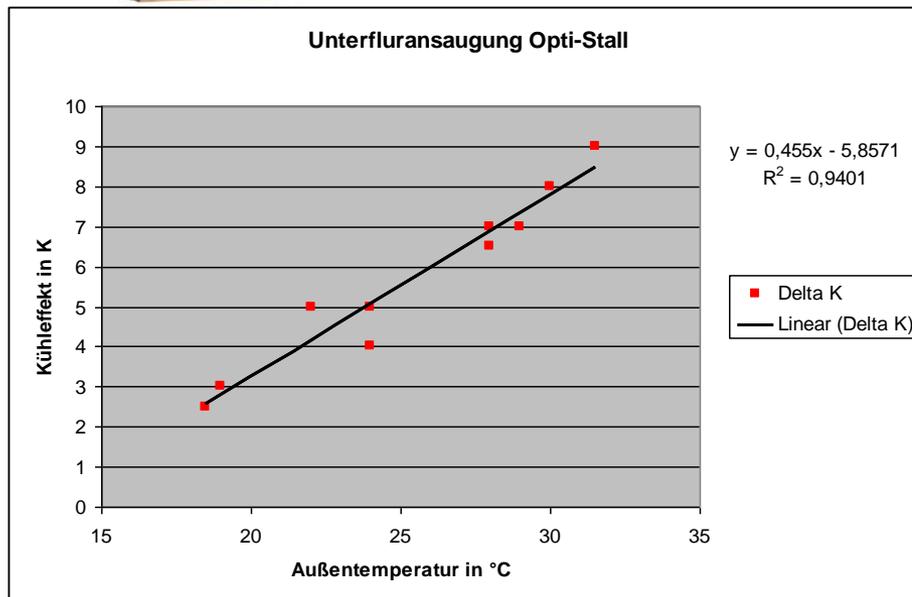
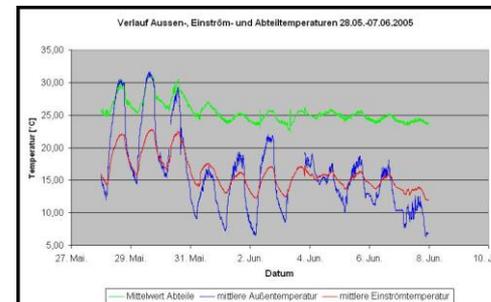


Modulstall mit Opti-Klima

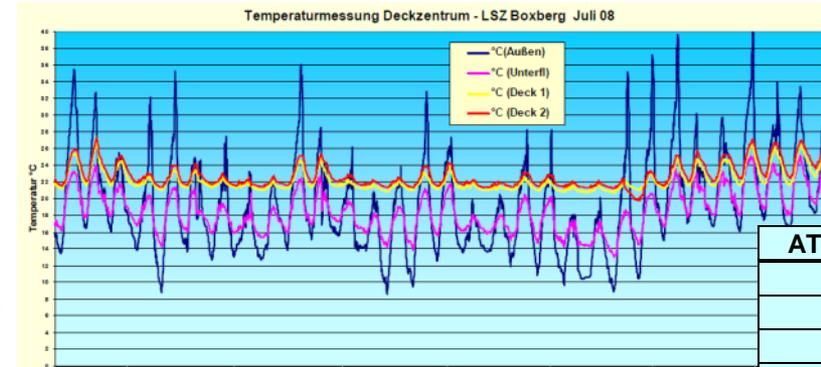


Quelle: Jeß 2005

AT in °C	Kühleffekt K
15	1,0
16	1,4
17	1,9
18	2,3
19	2,8
20	3,2
21	3,7
22	4,2
23	4,6
24	5,1
25	5,5
26	6,0
27	6,4
28	6,9
29	7,3
30	7,8
31	8,2
32	8,7
33	9,2
34	9,6
35	10,1
36	10,5
37	11,0
38	11,4
39	11,9
40	12,3

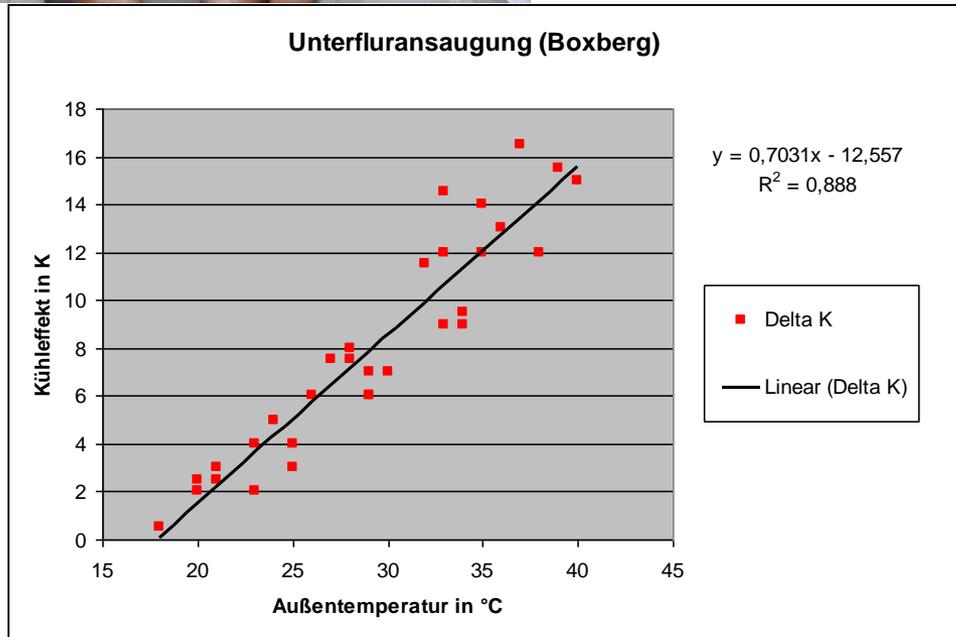


Unterflurzuluft



Quelle: Geißler 2010

AT in °C	Kühleffekt K
15	-2,0
16	-1,3
17	-0,6
18	0,1
19	0,8
20	1,5
21	2,2
22	2,9
23	3,6
24	4,3
25	5,0
26	5,7
27	6,4
28	7,1
29	7,8
30	8,5
31	9,2
32	9,9
33	10,6
34	11,3
35	12,1
36	12,8
37	13,5
38	14,2
39	14,9
40	15,6



Ausgangssituation

DIN 18910-1:

Luftmassenstrom im Sommer

Eine vereinfachte Berechnung der Luftmassenströme über die Wärmestrombilanz kann vorgenommen werden, wenn zur Abführung der Wärme von einer Lufttemperatur von **30° C** ausgegangen wird und die zulässige Erhöhung der Temperatur der Stallluft über Außentemperatur (*entsprechend Sommertemperaturzone von 2 bzw. 3 K*) angesetzt wird.

Der erforderliche Luftmassenstrom wird wie folgt berechnet:

$$\dot{m}_{L,S} = \frac{(r \times \sum \Phi_{ST,S}) - \Phi_{T,E}}{\Delta\theta_{zul} \times c_{p,L}}$$

- $\dot{m}_{L,S}$ der Massenstrom der Luft im Sommer, in Kilogramm je Stunde (kg h⁻¹);
- r der Korrekturfaktor für den Anteil sensibler Wärme, der je nach Haltungsform durch Verdunstung in latente Wärme umgewandelt wird (siehe Tabelle 14);
- $\sum \Phi_{ST,S}$ der Strom sensibler Wärme, summiert für den gesamten Stall, im Sommer bei einer Lufttemperatur von 30 ° C nach den Tabellen 8 bis 12, in Watt (W);
- $\Phi_{T,E}$ der Transmissions-Wärmestrom über die Bodenplatte ins Erdreich (s. 6.3.2.2.1), in Watt (W);
- $\Delta\theta_{zul}$ die zulässige Temperaturdifferenz zwischen Stall- und Außenluft nach Tabelle 19, in Kelvin (K);
- $c_{p,L}$ die spezifische Wärmekapazität der Luft bei konstantem Druck, in Wattstunden je Kilogramm und Kelvin ($c_{p,L} = 0,28 \text{ Wh kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

Zur Bemessung der Stalllüftungseinrichtungen lassen sich die ermittelten Luftmassenströme in Luftvolumenströme umrechnen:

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

- \dot{V}_L der Volumenstrom der Luft, in Kubikmetern je Stunde (m³ h⁻¹);
- \dot{m}_L der Massenstrom der Luft, in Kilogramm je Stunde (kg h⁻¹);
- ρ die Dichte der Luft, in Kilogramm je Kubikmeter (kg m⁻³)



TierschutzNutzV

§ 22 Allgemeine Anforderungen an Haltungseinrichtungen für Schweine

- (1) Schweine dürfen nur in Haltungseinrichtungen gehalten werden, die den Anforderungen der Absätze 2 bis 4 entsprechen.
- (2) Haltungseinrichtungen müssen so beschaffen sein, dass
 1.
 4. eine geeignete Vorrichtung vorhanden ist, die eine Verminderung der Wärmebelastung der Schweine bei hohen Stalllufttemperaturen ermöglicht.

Zuluftkühlung - Rechengrößen

- Außentemperatur: 30° C
- Stallinnentemperatur max. 30 ° C
- $\Delta T = 3 - 8$ K
- Korrekturfaktor (sensible Wärme) $r = 0,93$ (überwiegend feuchter Boden)
- keine Anrechnung des Transmissionswärmestroms durch die Bodenplatte
- keine Anrechnung von Wärmespeicherung der Bauteile

Luftratenberechnung

Betrieb:	Zuluftkühlung	Variante:	1	24.09.2012		
Stall:	Förderkreis Stallklima					
<u>Luftratenberechnung Schwein</u>						
Tiergruppe:	Schweinemast <input type="text"/>	Tierzahl:	1	Stck.		
Lebendmasse Einstallung:	28 kg	Lebendmasse Ausstallung:	115 kg			
Temperatur Einstallung:	24 °C	Temperatur Ausstallung:	18 °C			
Wintertemperaturzone:	-12 °C	Temperaturdifferenz	2 K			
relative Luftfeuchte:	70 %	Zulufttemperatur	30 °C			
Minimalluftrate Winter:	7 m ³ /h	Maximalluftrate Sommer:	126 m ³ /h			
Lüftungskurve						
Lebendmasse d. Tiere kg	30	40	50	70	90	115
Stalltemperatur in °C	23,9	23,2	22,5	21,1	19,7	18,0
Mindestluftrate in m ³ /h	7	9	10	12	14	16
Sommerluftrate in m ³ /h	57	68	78	95	110	126

Abferkelbereich

Luftraten in m³

	Sau	10 Ferkel	Summe	% von DIN
DIN 18910-1*	240	238	478	100
Delta T = 3K	227	224	451	94
Delta T = 4K	183	181	364	76
Delta T = 5K	157	155	312	65
Delta T = 6K	137	136	273	57
Delta T = 7K	124	123	247	52
Delta T = 8K	112	111	223	47

Berechnungsbasis: 1 Sau (260 kg) mit 10 Ferkeln (8 kg) * $\Delta T = 2 \text{ K}$

Besamungs- und Wartebereich

Luftraten in m³

	Besamungsbereich	Wartebereich	% von DIN
DIN 18910-1*	181	198	100
Delta T = 3K	171	186	94
Delta T = 4K	138	150	76
Delta T = 5K	118	129	65
Delta T = 6K	104	113	57
Delta T = 7K	93	102	52
Delta T = 8K	85	92	46

Berechnungsbasis: 1 Sau (260 kg)

* $\Delta T = 2 \text{ K}$

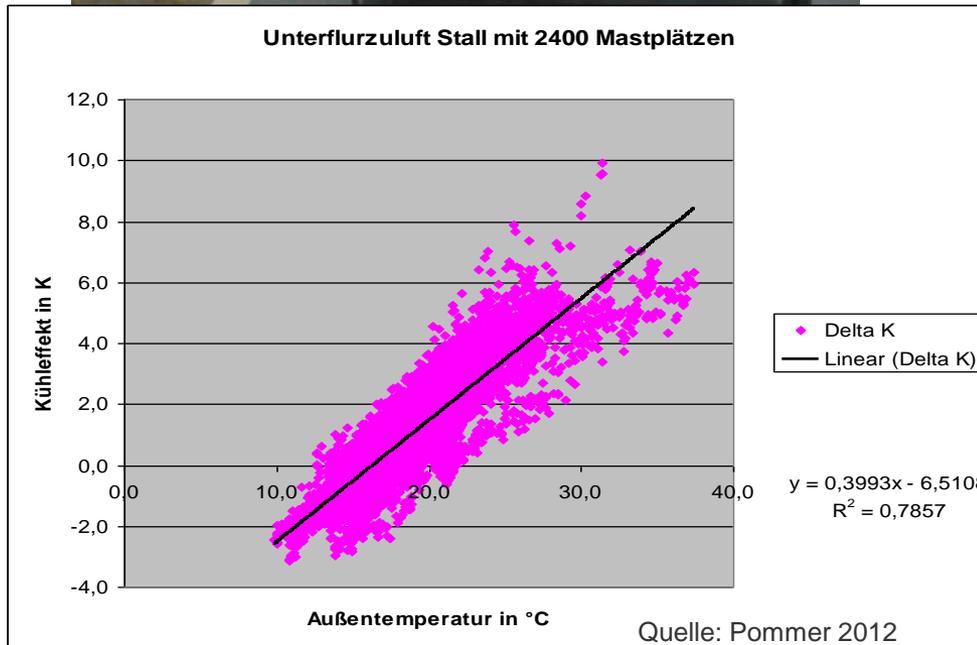
Ferkelaufzuchtbereich und Schweinemast

Luftraten in m³

	Ferkelaufzuchtbereich (28kg)		Schweinemast (115 kg)	
	Luftrate	% von DIN	Luftrate	% von DIN
DIN 18910-1*	55	100	126	100
Delta T = 3K	52	95	119	94
Delta T = 4K	42	76	96	76
Delta T = 5K	36	65	82	65
Delta T = 6K	31	56	72	57
Delta T = 7K	28	51	65	52
Delta T = 8K	26	47	59	47

Berechnungsbasis: 1 Aufzuchtferkel (28 kg); 1 Mastschwein (115 kg) * $\Delta T = 2 \text{ K}$

Unterflurzuluft im Sommer

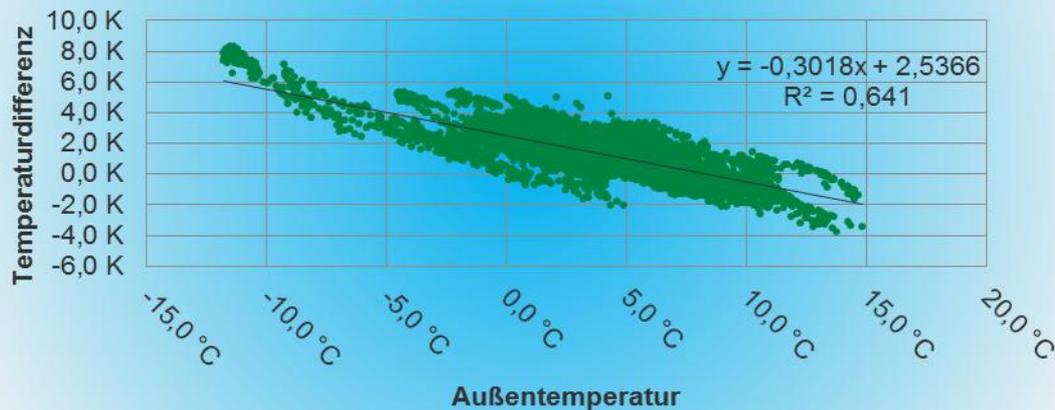


AT in °C	Kühleffekt in K
15	-0,5
16	-0,1
17	0,3
18	0,7
19	1,1
20	1,5
21	1,9
22	2,3
23	2,7
24	3,1
25	3,5
26	3,9
27	4,3
28	4,7
29	5,1
30	5,5
31	5,9
32	6,3
33	6,7
34	7,1
35	7,5
36	7,9
37	8,3
38	8,7
39	9,1
40	9,5

Unterflurzuluft im Winter



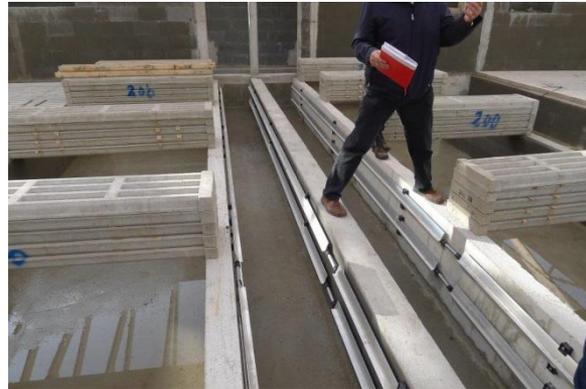
Vorwärmeeffekt im Zentralkanal im Winter 2013/14



Außen- temperatur	Temperatur- erhöhung	Kanal- temperatur
°C	K	°C
-12,0	6,5	-5,5
-11,0	6,2	-4,8
-10,0	5,8	-4,2
-9,0	5,5	-3,5
-8,0	5,2	-2,8
-7,0	4,8	-2,2
-6,0	4,5	-1,5
-5,0	4,2	-0,8
-4,0	3,8	-0,2
-3,0	3,5	0,5
-2,0	3,2	1,2
-1,0	2,8	1,8
0,0	2,5	2,5
1,0	2,2	3,2
2,0	1,8	3,8
3,0	1,5	4,5
4,0	1,2	5,2
5,0	0,9	5,9
6,0	0,5	6,5
7,0	0,2	7,2
8,0	-0,1	7,9
9,0	-0,5	8,5
10,0	-0,8	9,2

Unterflurzuluft im Jungsauenaufzuchtstall

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Schweinemast bei reduzierten Stalltemperaturen

Luftraten in m³

	Schweinemast IT = 29 °C		Schweinemast IT = 28°C	
	Luftrate	% von DIN	Luftrate	% von DIN
DIN 18910-1*	126	100	126	100
Delta T = 3K	178	141	356	283
Delta T = 4K	128	102	192	152
Delta T = 5K	103	82	135	107
Delta T = 6K	86	68	108	86
Delta T = 7K	76	60	91	72
Delta T = 8K	59	47	78	62

Berechnungsbasis: 1 Mastschwein (115 kg)

* $\Delta T = 2 \text{ K}$

Unterflurzuluft

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT

Freistaat
SACHSEN



Kühlmöglichkeiten sind in Zukunft absolut notwendig!

→ Klimaerwärmung

- Zu allererst sind Kühlmöglichkeiten bei hochtragenden Sauen (Abferkel-/ Wartebereich) zu schaffen!

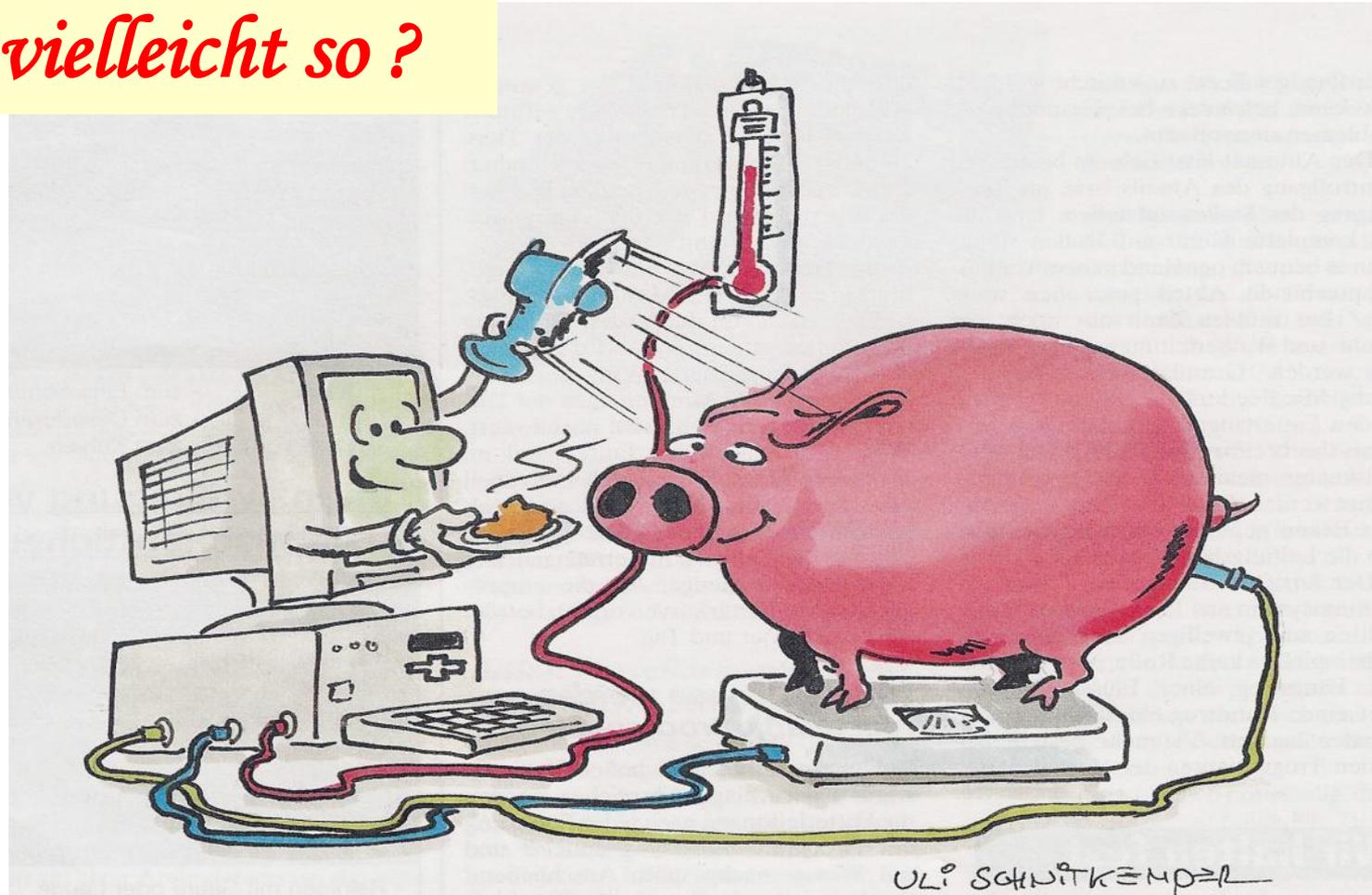
Einfache Kühlmöglichkeiten:

- Beschattungselemente einsetzen!
- Direkte Sonneneinstrahlung durch Fenster vermeiden!
- Ggf. Kühlung des Daches?!
- Möglichkeiten prüfen, Luft im Sommer aus dem Zentralgang zu ziehen!

Was ist nachrüstbar?:

- Nachrüstung von Kühleinrichtungen ist möglich – (Hochdruckverneblung, Kühlpads, Wasser-Luft-Erhitzer (Kühler))
- Bei Neu- oder Umbau: Bau von Erdwärmetauschern prüfen (z.B.: Unterflurzuluft)

*In Zukunft
vielleicht so ?*



Danke für Ihre Aufmerksamkeit !

Beispiel: Schweinemast (Daten: Boxberg)

Minimale Dimensionierung der Lüftungsanlage

Delta T = 8,5 K bei AT = 30° C

Außen- temperatur in °C	Kühleffekt in K	Zuluft- temperatur in °C	Luftrate in m ³	Delta T theor. in K	Stallinnen- temperatur in °C
30	8,5	21,5	56	8,5	30,0
31	9,2	21,8	56	8,5	30,3
32	9,9	22,1	56	8,3	30,4
33	10,6	22,4	56	8,2	30,6
34	11,3	22,7	56	8,1	30,8
35	12,1	22,9	56	8,1	31,0
36	12,8	23,2	56	8	31,2
37	13,5	23,5	56	7,9	31,4
38	14,2	23,8	56	7,8	31,6
39	14,9	24,1	56	7,7	31,8
40	15,6	24,4	56	7,6	32,0

Berechnungsbasis: 1 Mastschwein (115kg)

Beispiel: Schweinemast (Daten: Boxberg)

Optimale Dimensionierung der Lüftungsanlage

Delta T = 5 K bei AT = 30° C

Außen-temperatur in °C	Kühleffekt in K	Zuluft-temperatur in °C	Luftrate in m ³	Delta T theor. in K	Stallinnen-temperatur in °C
30	8,5	21,5	82	5,9	27,4
31	9,2	21,8	82	5,8	27,6
32	9,9	22,1	82	5,7	27,8
33	10,6	22,4	82	5,7	28,1
34	11,3	22,7	82	5,6	28,3
35	12,1	22,9	82	5,5	28,4
36	12,8	23,2	82	5,5	28,7
37	13,5	23,5	82	5,4	28,9
38	14,2	23,8	82	5,3	29,1
39	14,9	24,1	82	5,3	29,4
40	15,6	24,4	82	5,2	29,6

Berechnungsbasis: 1 Mastschwein (115kg)