

Gestaltung der Unterstützungslüftung zur Minderung von Hitzestress bei Hochleistungskühen



Thomas Heidenreich

Tauf-First-Lüftung ohne Firstabdeckung

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

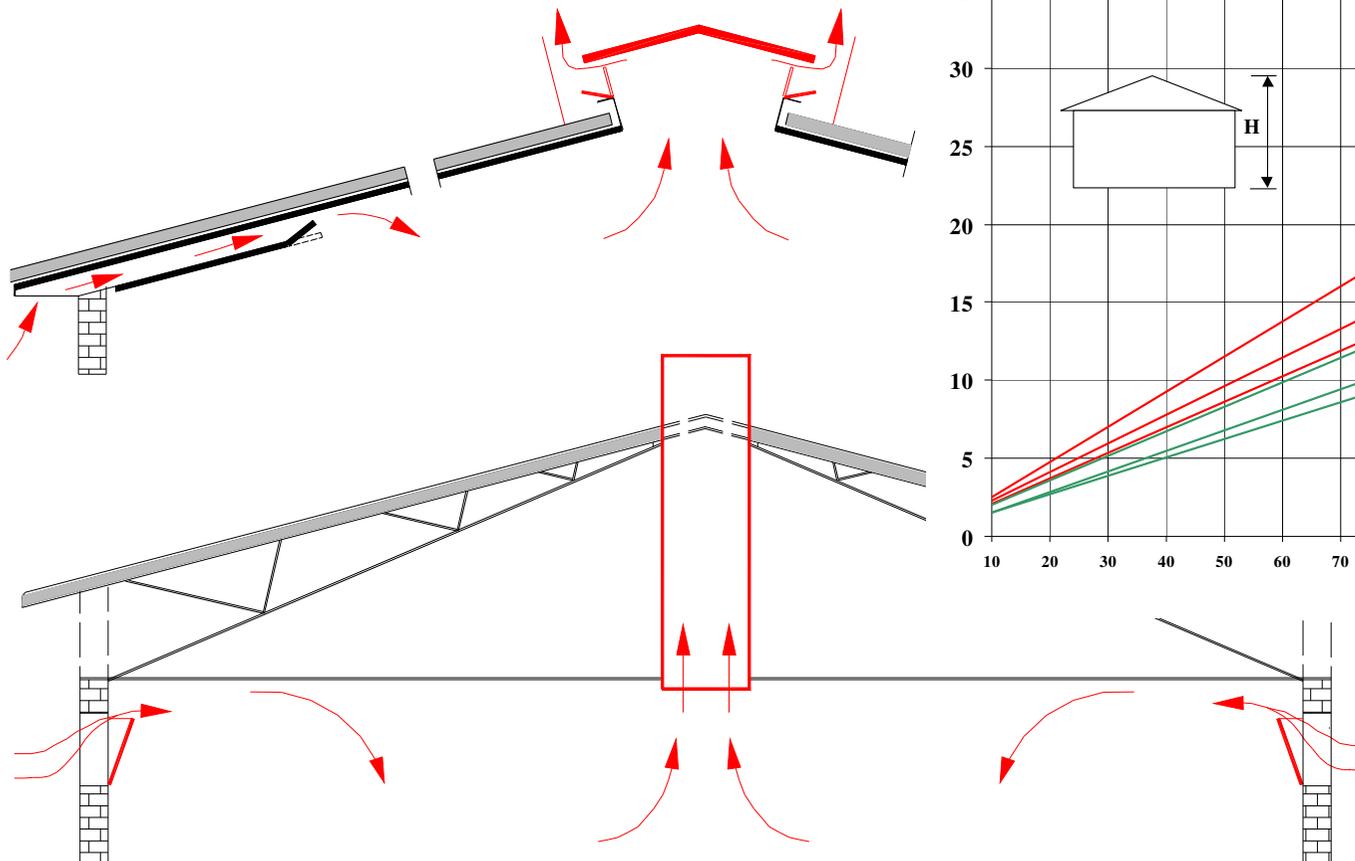


Freistaat
SACHSEN

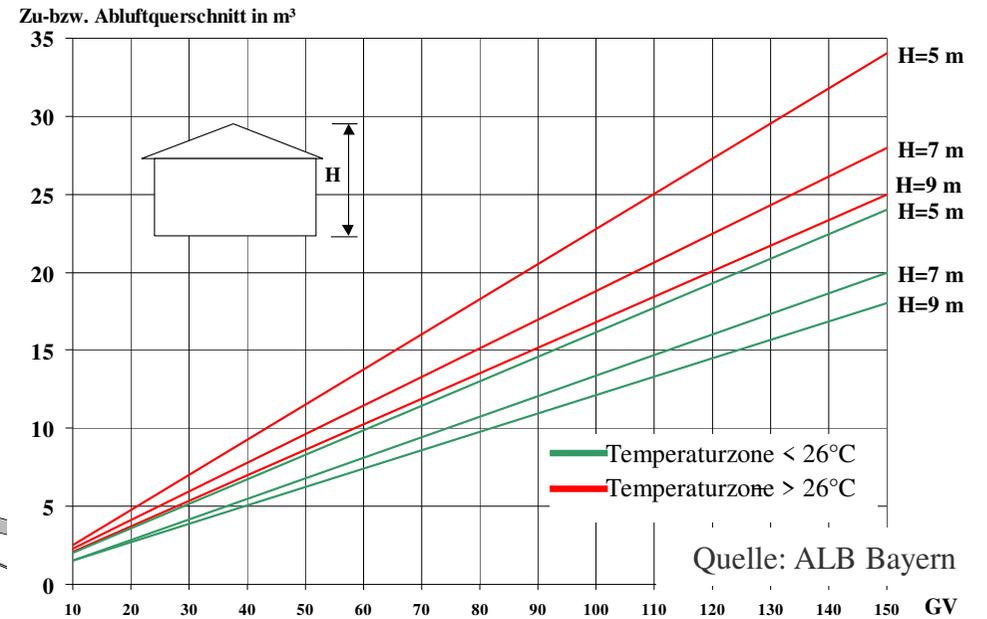


Zu- und Abluftsysteme

Trauf-First-System



Zuluftquerschnitt in Abhängigkeit von Tierbesatz, Firsthöhe und Sommertemperaturrate



Wärme- und Wasserdampfproduktion

(Hochleistungskuh: 10000 kg Milch je Jahr, erstes Laktationsdrittel)

Umgebungs- temperatur in ° C	Gesamtwärme- produktion in Watt	Wärmeabgabe (sensible Wärme) in Watt	Wasserdampfproduk- tion (latente Wärme) in g/h
-10	ca. 3500	ca. 2800	ca. 1054
0	ca. 2200	ca. 1800	ca. 650
10	1800	1400	600
20	1730	1120	880
30	1650	540	1640
35	1490	60	2100

Winterluftraten für Milchkühe in m³/h und Kuh; (700 kg LM) , Außentemperatur –10° C

Leistungsgruppe	Leistung in kg	Durchschnitt	1.Lakt. -drittel	2.Lakt. -drittel	3.Lakt. -drittel	Trocken- steher
Mindestluftrate Warmstall 15 °C	8.000	76	86	73	66	57
Mindestluftrate 10° C Stall	DIN 18910-1	-	106(45 kg)	87 (30 kg)	67 (15 kg)	-
Mindestluftrate 10° C Stall	8.000	85	97	82	73	64
Mindestluftrate 5 ° C Stall	8.000	136	155	132	118	103
Mindestluftrate 0 ° C Stall	8.000	228	329	279	250	217
0 °C Außentemp. 7 °C Stalltemp.	8.000	308	351	298	267	231

Tatsächliche Luftraten liegen zwischen 200 m³/Kuh*h und 340 m³/Kuh* Stunde !

Empfohlene Zu- und Abluftflächen für Milchkühe

Leistung 10.000 kg Milch/Jahr, Auftriebshöhe 8 m

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Winterlüftung theoretisch

Wärme gedämmter Stall 15°C innen, -10°C Außen	Außenklimastall 10°C innen, -10°C Außen
0,01 m²	0,012 m²

Winterlüftung real

Außenklimastall 0°C innen, -10°C Außen	Außenklimastall 7°C innen, 0°C Außen
0,04 m²	0,12 m²

Empfohlene Abluftfläche: 0,12 m² je Kuh ~ 50 cm Firstschlitz

Wärme- und Wasserdampfproduktion

(Hochleistungskuh: 10000 kg Milch je Jahr, erstes Laktationsdrittel)

Umgebungs- temperatur in ° C	Gesamtwärme- produktion in Watt	Wärmeabgabe (sensible Wärme) in Watt	Wasserdampfproduk- tion (latente Wärme) in g/h
-10	ca. 3500	ca. 2800	ca. 1054
0	ca. 2200	ca. 1800	ca. 650
10	1800	1400	600
20	1730	1120	880
30	1650	540	1640
35	1490	60	2100

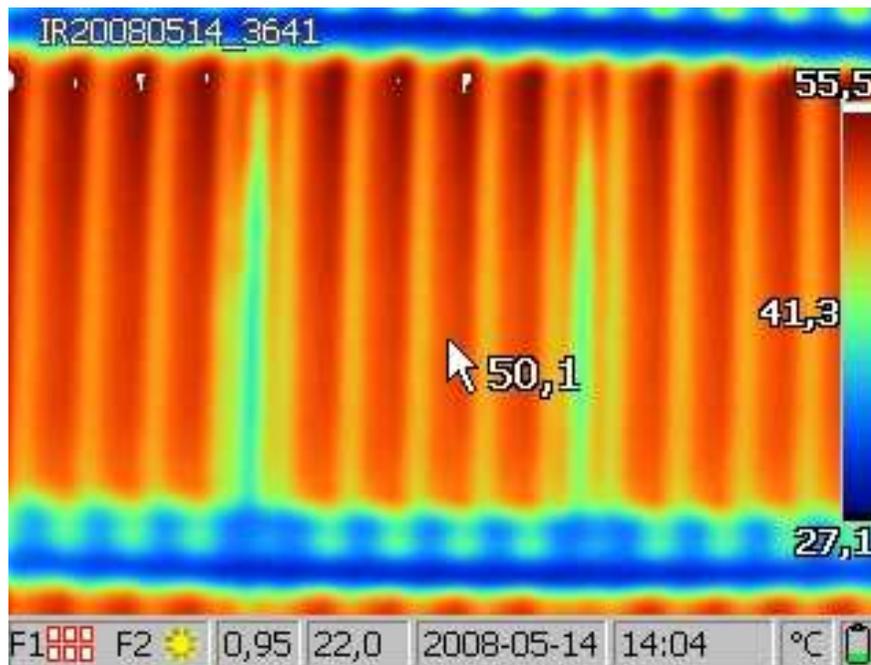
Luftraten für Hochleistungskühe (700 kg LM) nach CIGR

Leistungsgruppe	Leistung in kg	Durchschnitt	1.Lakt. -drittel	2.Lakt. -drittel	3.Lakt. -drittel	Trocken- steher
Mindestluftrate in m³/h	10.000	136	159	132	115	94
Sommerluftrate in m³/h	DIN 18910-1	320	431	344	257	250
30 °C, delta t = 3 K	10.000	477	569	473	412	334
	12.000	521	632	517	439	334
	14.000	565	696	562	466	334
22 °C, delta t = 3 K	10.000	890	1062	884	769	624

Temperaturverhalten von Wellfaserzementplatten

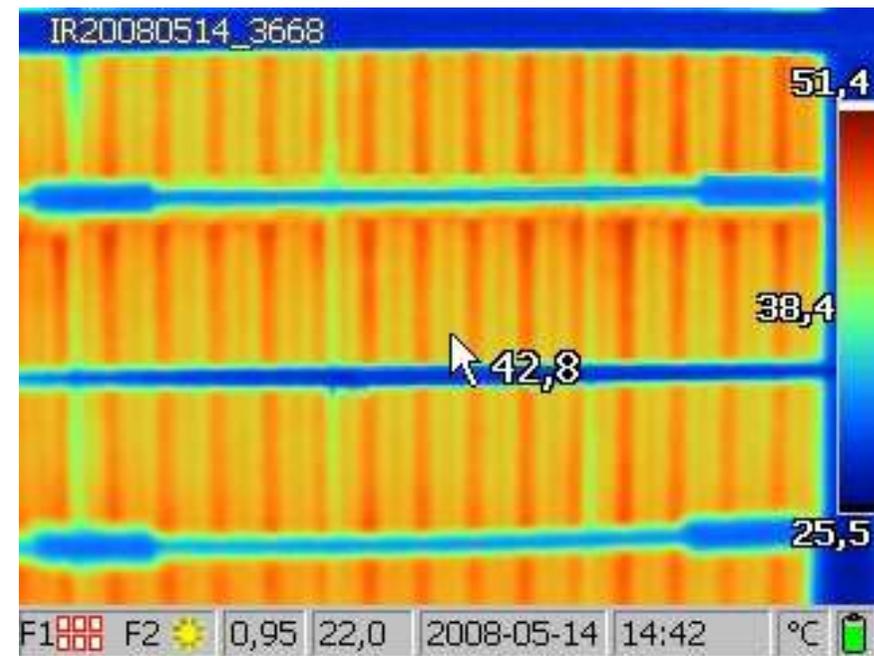
Außentemperatur: 21,8 C, Windgeschwindigkeit 1-1,4 m/s, Globalstrahlung: 515 – 382 W

Rote Platten (Westseite)



Mittl. Temperatur: 49,9 ° C

Naturgraue Platten (Westseite)



Mittl. Temperatur: 46,2 ° C

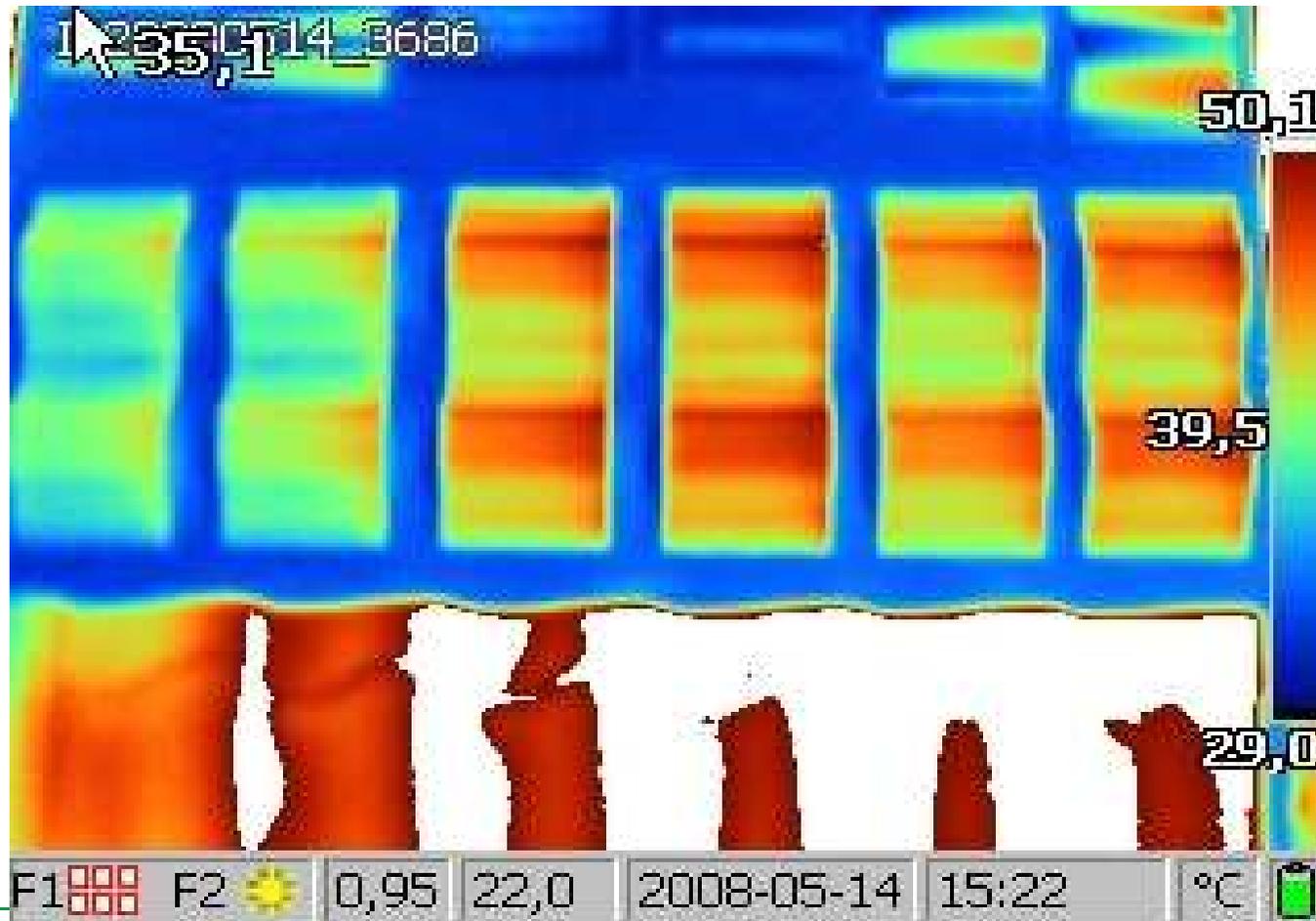
Temperaturverhalten von Wellfaserzementplatten

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Außentemperatur: 21,0 C, Windgeschwindigkeit 1-1,4 m/s, Globalstrahlung: 350 W

Grau	Rot	Braun	Schw.	Rt-br.	Grün
38,7° C	40,0° C	43,9° C	44,8° C	43,0° C	44,1° C



Wärmeeintrag durch ungedämmte Dächer und resultierende Luftrate je Kuh

Temperatur über Dach ° C	35	40	45	50	55	60
W/Kuh bei 10 m ² Dachfläche	165	330	495	660	825	990
Luftrate in m³/Kuh*h	174	348	521	695	869	1.043

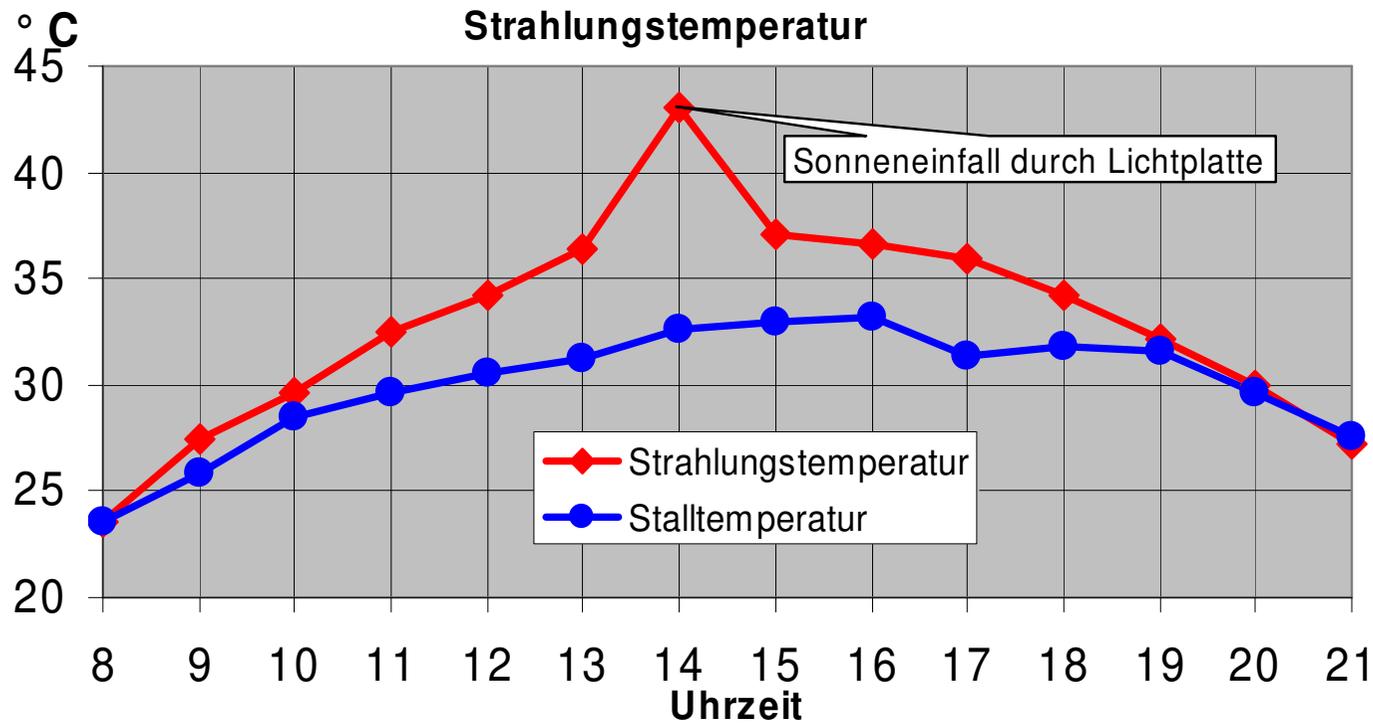
Theoretisch notwendige Luftraten für Kuhställe

	Durchschnitt	1. Lakt. -drittel	2. Lakt. -drittel	3. Lakt. -drittel	Trocken- steher
Stall ohne wärmegeämmte Decke	1.172	1.264	1.169	1.107	1.029
Stall mit wärmegeämmter Decke	477	569	473	412	334

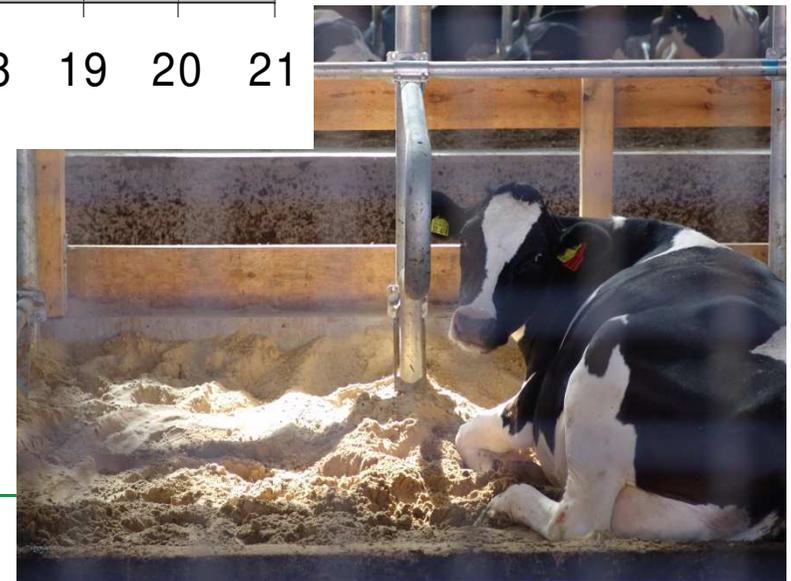
Strahlungstemperatur eines ungedämmten Daches

(Wellfaserzementplatten, rot)

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

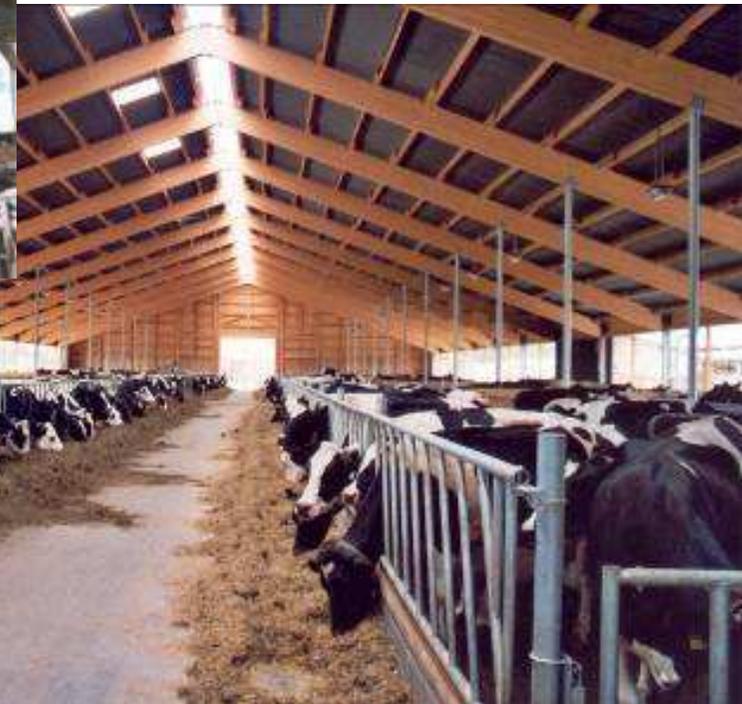


Quelle: Rudovsky



Anordnung von Lichtplatten

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Empfohlene Zu- und Abluftflächen für Milchkühe

Leistung 10.000 kg Milch/Jahr,
Außenwindgeschwindigkeit 1 m/s

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Wärme gedämmter Stall

einzelnd stehend Queranströmung	von anderen Gebäuden beeinflusst bzw. ungünstige Lage
0,4 - 0,5 m²	0,5 - 0,8 m²

Außenklimastall

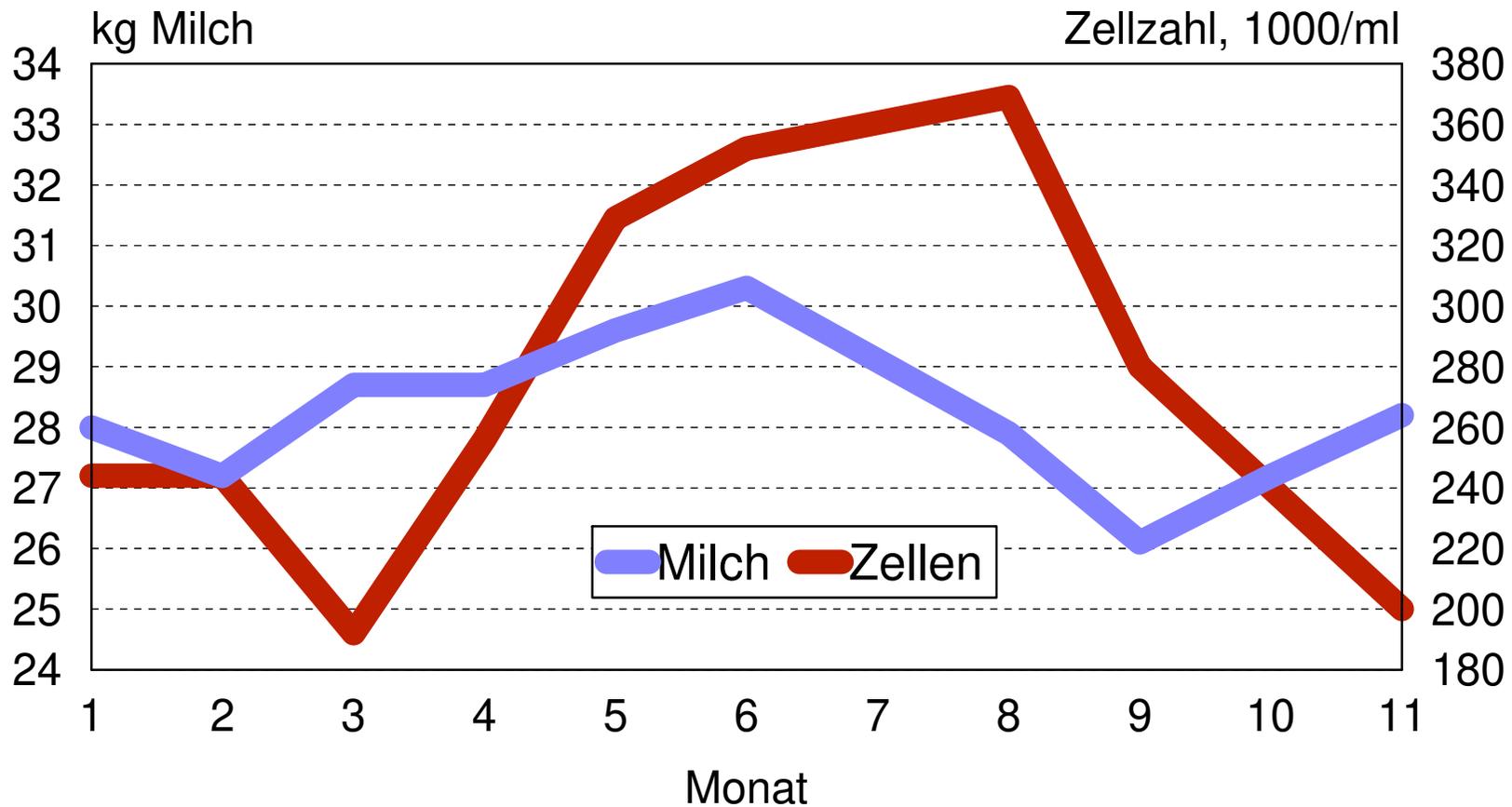
einzelnd stehend Queranströmung	von anderen Gebäuden beeinflusst bzw. ungünstige Lage
0,8 - 1,0 m²	1,0 - 1,2 m²

Auswirkung von Hitzstress

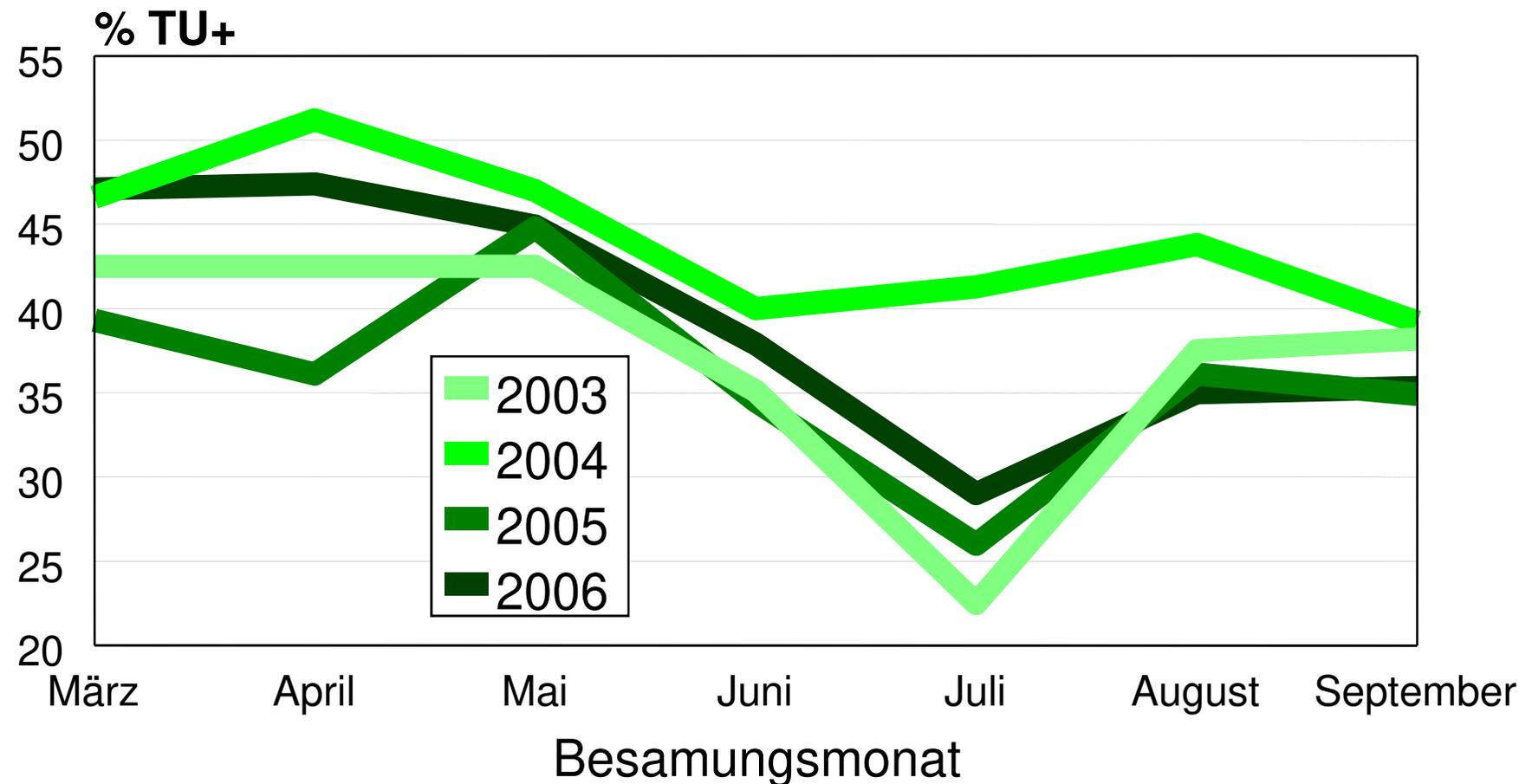
LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Melkdurchschnitt und Zellzahl (MLP) im Jahr 2006 in einem Praxisbetrieb in Sachsen-Anhalt



TU-Ergebnisse im Bestand der LLFG Iden



Tier - Temperatur - Luftfeuchte - Index

(Livestock Temperature Humidity Index)

Ambient air		Relative Humidity (%)							
Temp. °F	Temp. °C	20	30	40	50	60	70		
100	37.8	26	29	30	31	33	34		
98	36.7	26	28	29	31	32	33		
96	35.6	26	27	28	30	31	32		
94	34.4	26	27	28	29	31	32		
92	33.3	25	26	27	28	29	30		
90	32.2	25	26	26	27	28	29		
88	31.1	24	24	26	27	27	28		
86	30	23	24	25	26	27	27		
84	28.9	22	23	24	25	26	27		
82	27.8	22	23	23	24	25	26		
80	26.7	21	22	23	23	24	24		
78	25.6	20	21	22	23	23	24		
76	24.4	19	21	21	22	22	23		
Livestock Safety Index (°C)		Normal <23		Alert 24-25.5		Danger 26-28		Emergency >29	

Anzeichen und Auswirkungen von Hitzestress

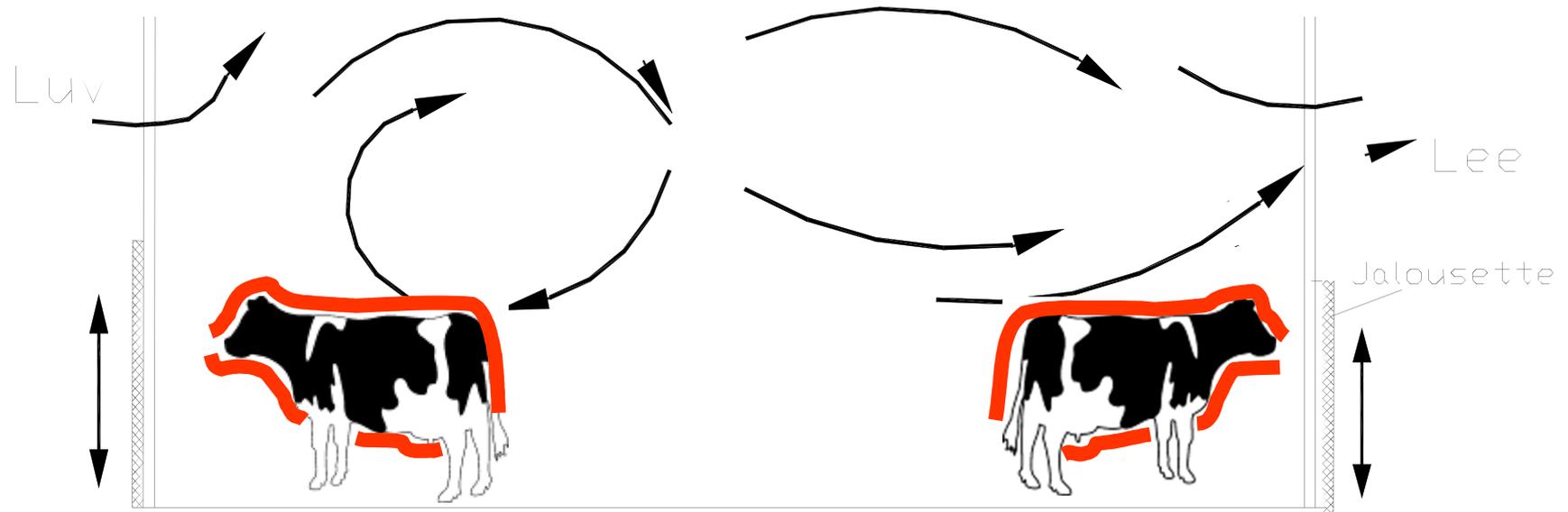
Anzeichen von Hitzestress:

- Erhöhte Atemfrequenz, bis zu 80 Atemzüge je Minute (Pumpen)
- Reduzierung der Futteraufnahme
- Erhöhung der Wasseraufnahme
- Erhöhung der Körpertemperatur auf 39 bis 40 ° C

Auswirkungen von Hitzestress:

- Abfall der Milchleistung bis zu 4 kg/d
- Geringere Östrusraten, erhöhter embryonaler Früh Tod
- bei Auftreten von Hitzestress in den letzten 3 Trächtigsmonaten:
 - geringere Geburtsgewichte der Kälber
 - Stoffwechselprobleme nach der Abkalbung
 - Milchleistungseinbußen bis zu 12 % in der Folgelaktation

Querlüftung im Milchviehstall



Kühlwirkung der Luft in K durch Nutzung der Verdunstungskälte

(Wind-Chill-Effekt)

Temperatur in °C	25		30		35	
rel. Feuchte in %	50	70	50	70	50	70
Luftgeschwindigkeit in m/s	Kühlwirkung					
0,00	0,00	-1,60	0,00	-2,20	0,00	-3,30
0,50	1,10	-0,50	2,80	-0,60	2,80	-0,50
1,00	2,80	0,60	5,00	2,20	8,40	4,50
1,50	3,90	1,70	6,60	3,90	10,60	6,20
2,00	6,20	3,90	8,30	5,00	11,70	8,90
2,50	7,30	5,10	9,40	6,10	12,80	10,60

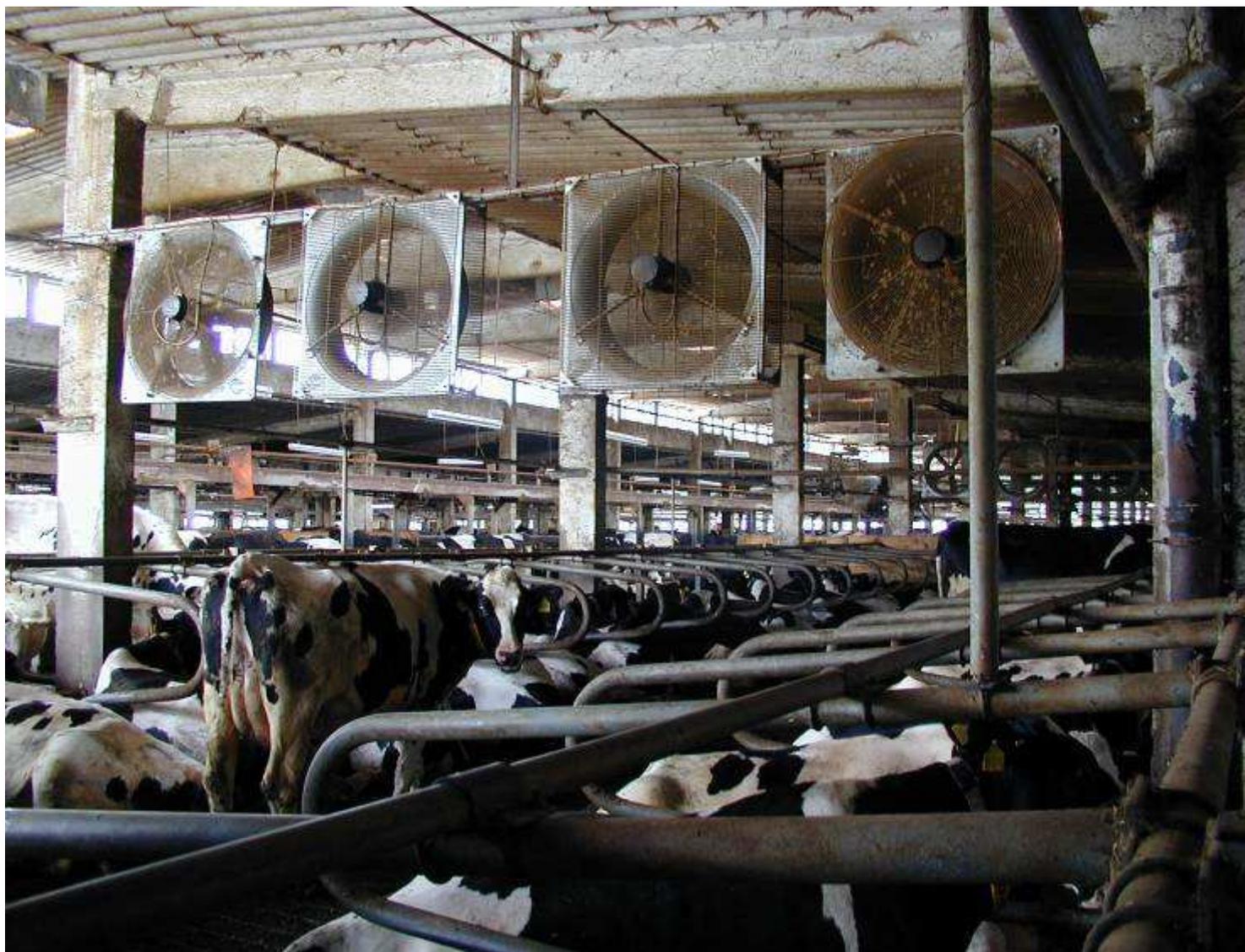
Anordnung von Einzelventilatoren

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

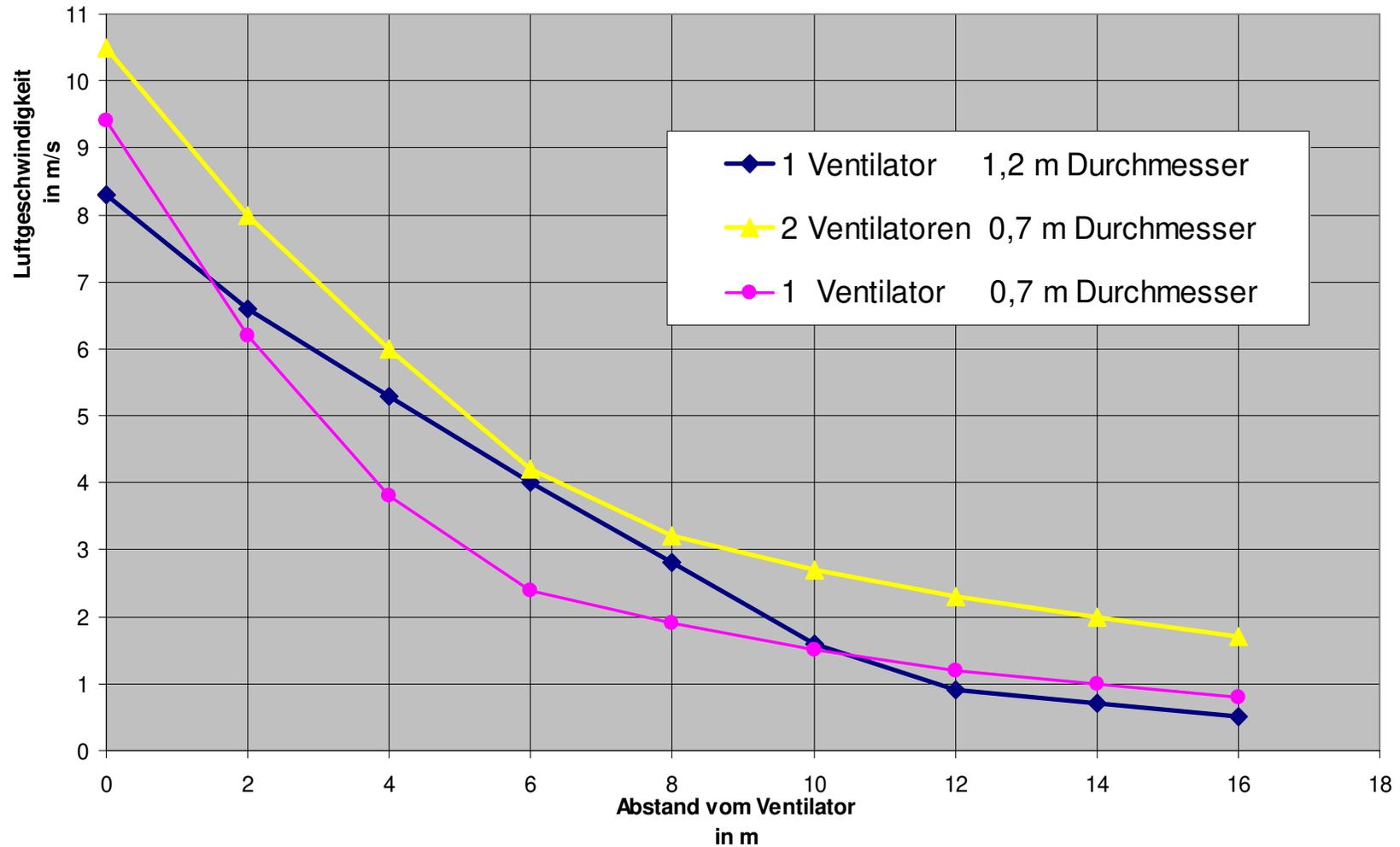


Anordnung von Ventilatoren im Block

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Wurfweite von Ventilatoren



Anordnung von Ventilatoren im Block

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

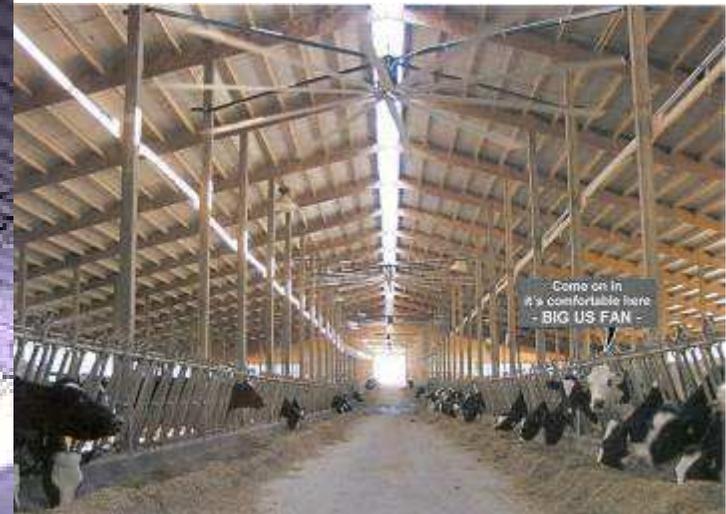
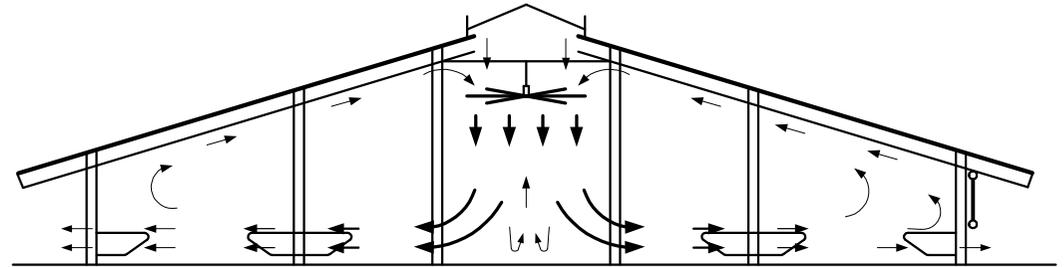


Anordnung von Ventilatoren im Block

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



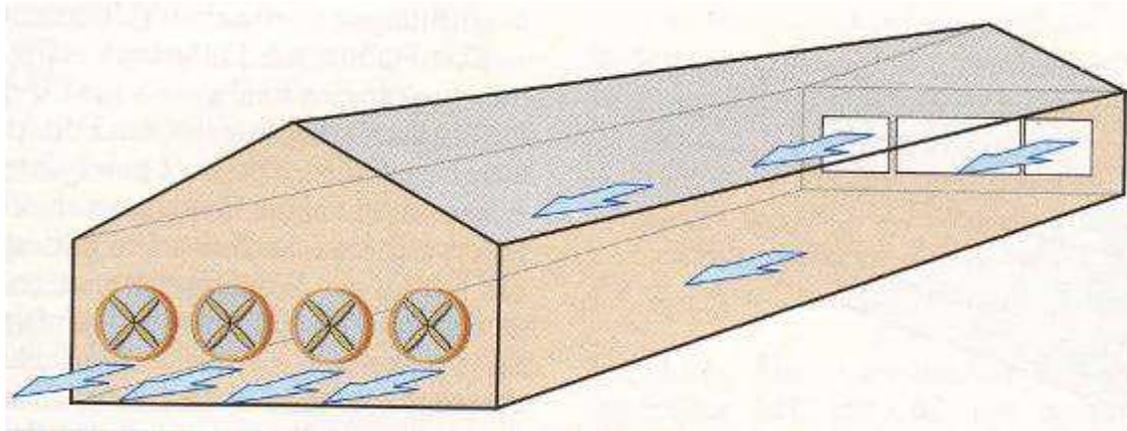
Großventilatoren (big fan)



Quelle: Arntjen

Tunnellüftung

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Quelle: Top Agrar 6/2000

Einflussfaktoren für die Ventilatorauswahl und -anordnung

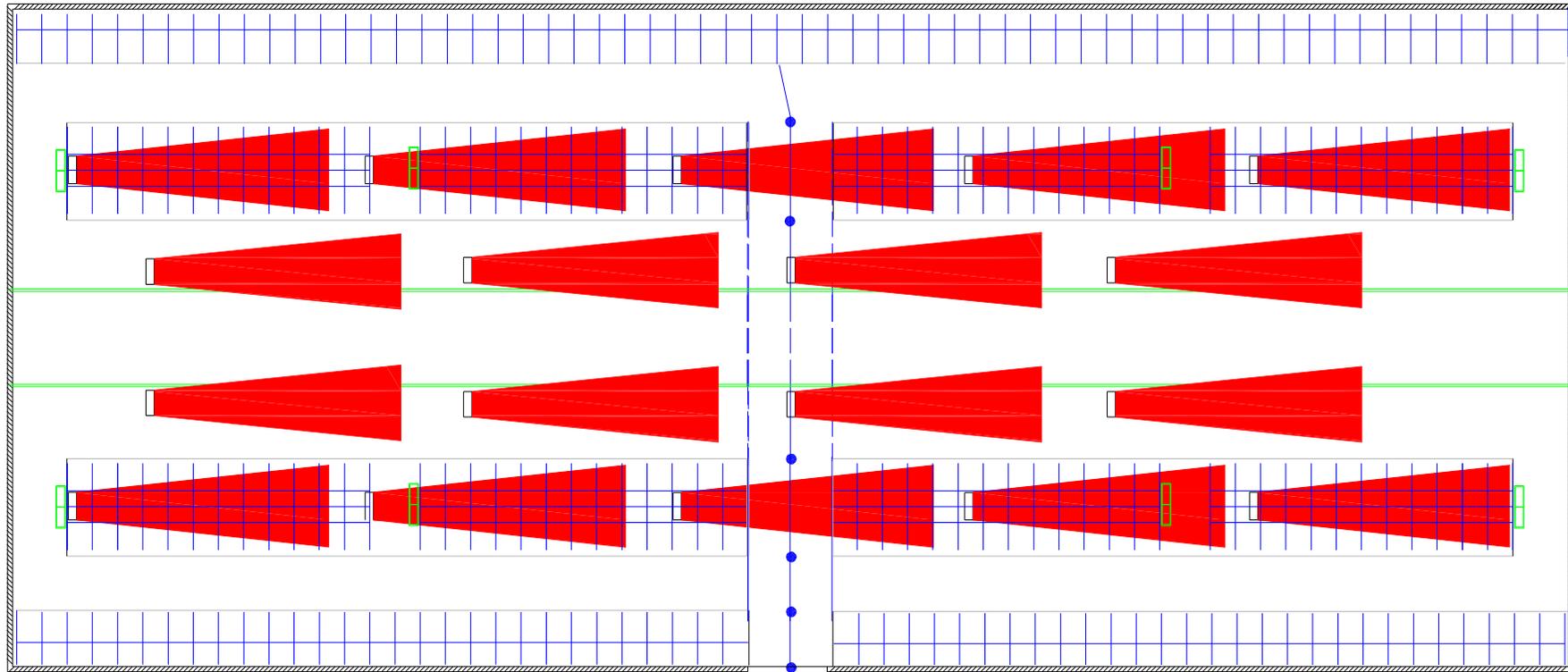
- **Stallform (wärmegeklämmt - nicht wärmegeklämmt)**
- **Stallhöhe (2,70 m Unterkante Ventilator)**
- **Stalllänge (Wurfweite, Anzahl Ventilatorblöcke)**
- **Stallbreite (Querlüftung)**
- **Lage der Wohnbebauung, Biotope**
- **Entfernung zur Wohnbebauung, Biotop
(Lärm, Geruch, Ammoniak)**
- **Preis, Energiebedarf, Haltbarkeit**

Relative Vorzüglichkeit verschiedener Ventilatorenanordnungen

Ventilatoren		Gruppe		
		I	II	III
Anordnung				
über Liegeboxen	Lüfterreihen	2	1	2
über Fressgang	Lüfterreihen	0	1	1
Ventilatoren gesamt	Anzahl	16	16	24
Milchleistung	Kg/Kuh	42,6	44,8	43,8
TS-Aufnahme	Kg/Kuh	25,2	25,2	25,5

Ventilatoranordnung - Variante 1: Multifan 130

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



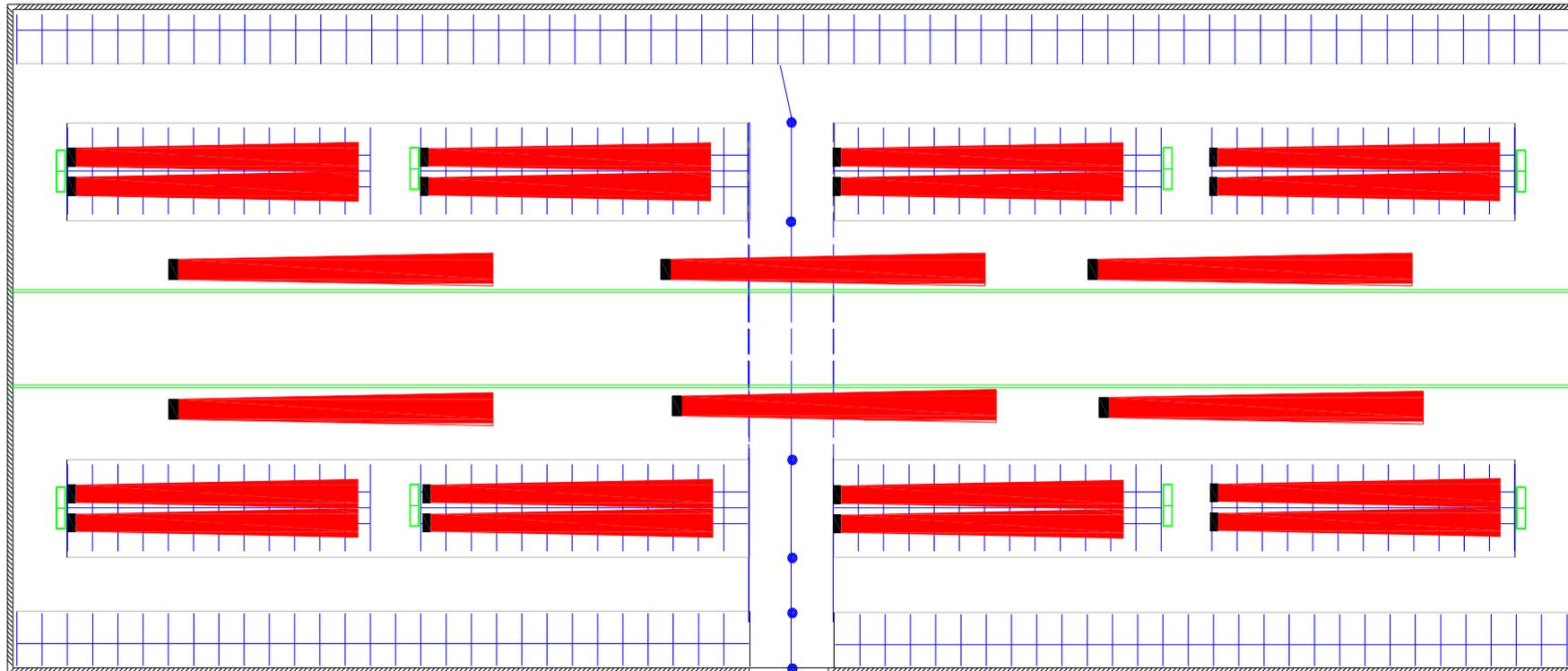
nominal: $10 \times 1,65 \text{ kW} (1,286 \text{ kW})^* = 16,5 \text{ kW} (12,86 \text{ kW})^*$ Luftrate: $448.100 \text{ m}^3 = 1404 \text{ m}^3/\text{TPI}$

optimal: $18 \times 1,65 \text{ kW} (1,286 \text{ kW})^* = 29,7 \text{ kW} (23,15 \text{ kW})^*$ Luftrate: $806.580 \text{ m}^3 = 2528 \text{ m}^3/\text{TPI}$

()^{*} gemessen

Ventilatoranordnung - Variante 2: Ziehl-Abegg FE / FF 071

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



nominal: 16 x 0,55 kW (0,445 kW)* = 8,8 kW (7,12 kW)* Luftrate: 216.000 m³ = 677 m³/TPI

optimal: 22 x 0,55 kW (0,445 kW)* = 12,1 kW (9,79 kW)* Luftrate: 297.000 m³ = 931 m³/TPI

()* gemessen

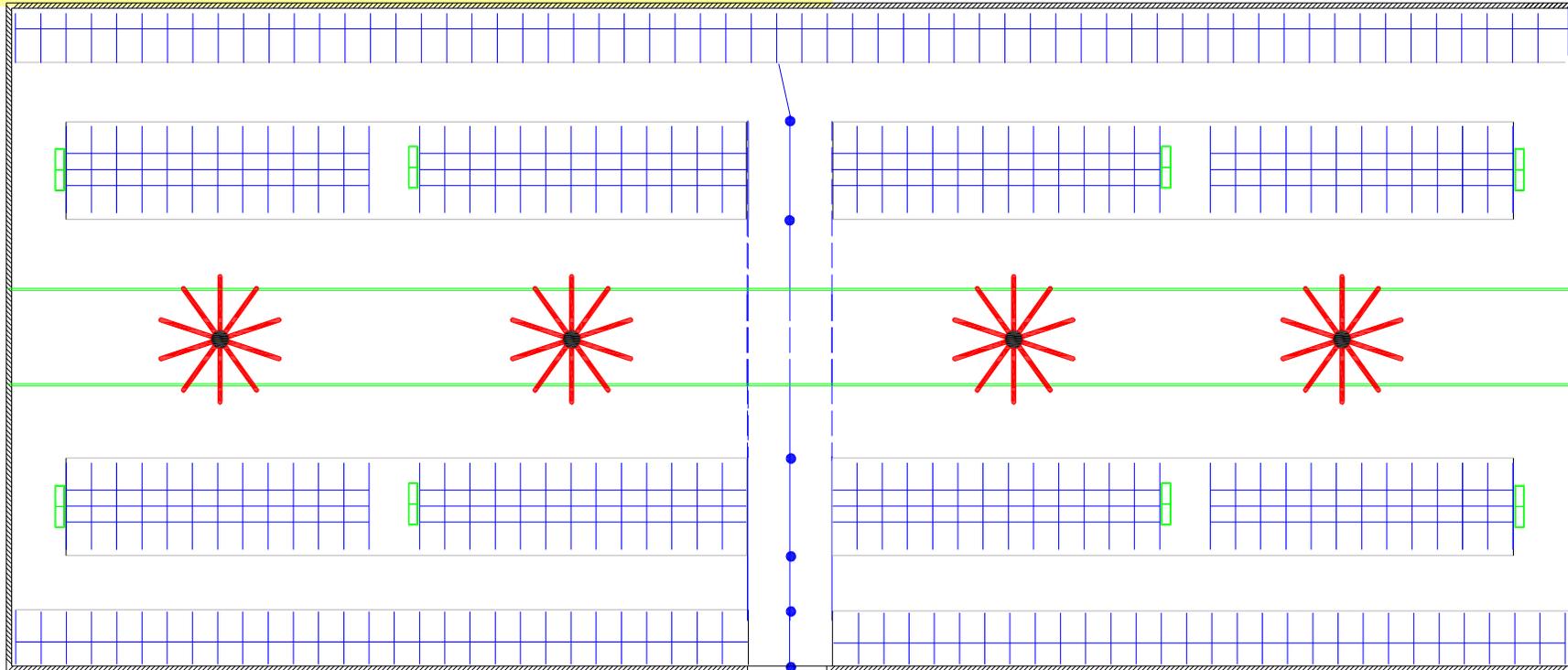
Ventilatoranordnung - Variante 2: Ziehl-Abegg FE / FF 071

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Ventilatoranordnung - Variante 3: Big ASS Fan 20 feet \varnothing 6,10 m

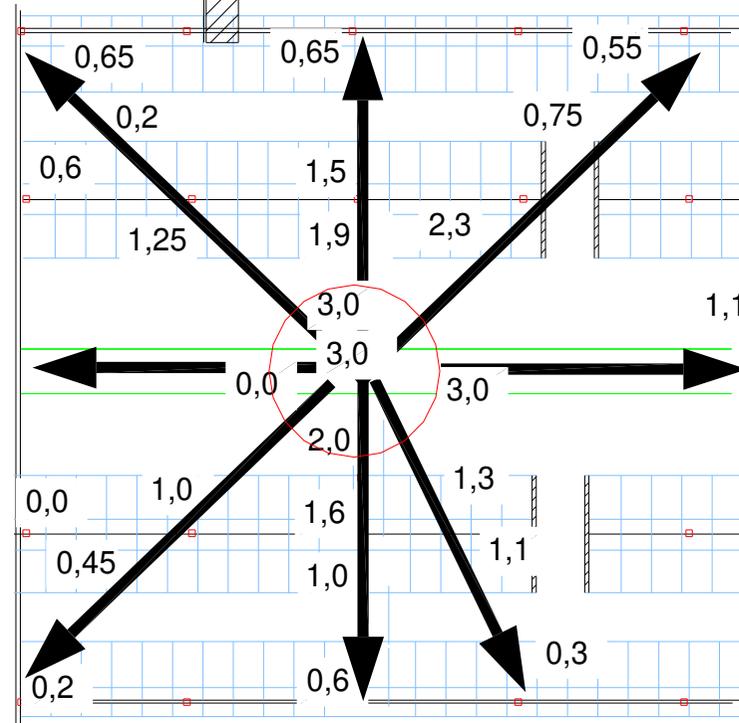
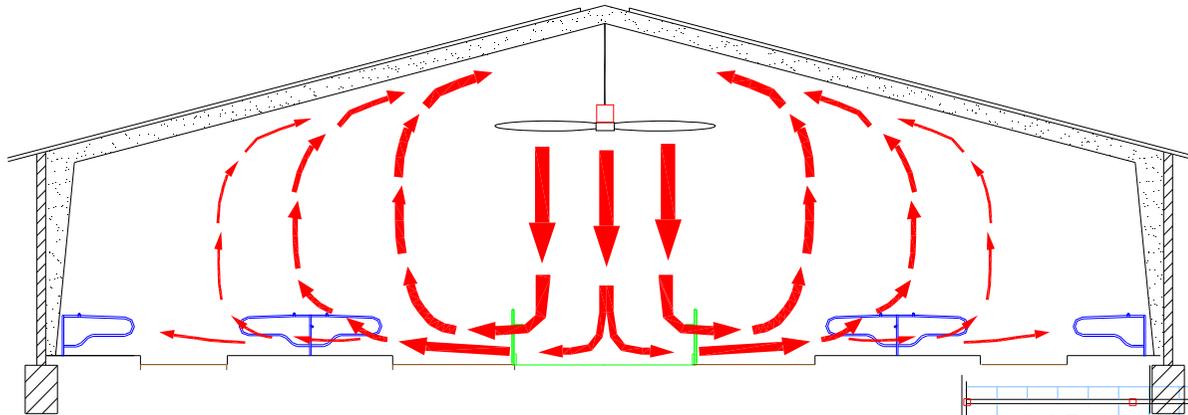
LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



nominal: 4 x 1,11 kW = 4,44 kW

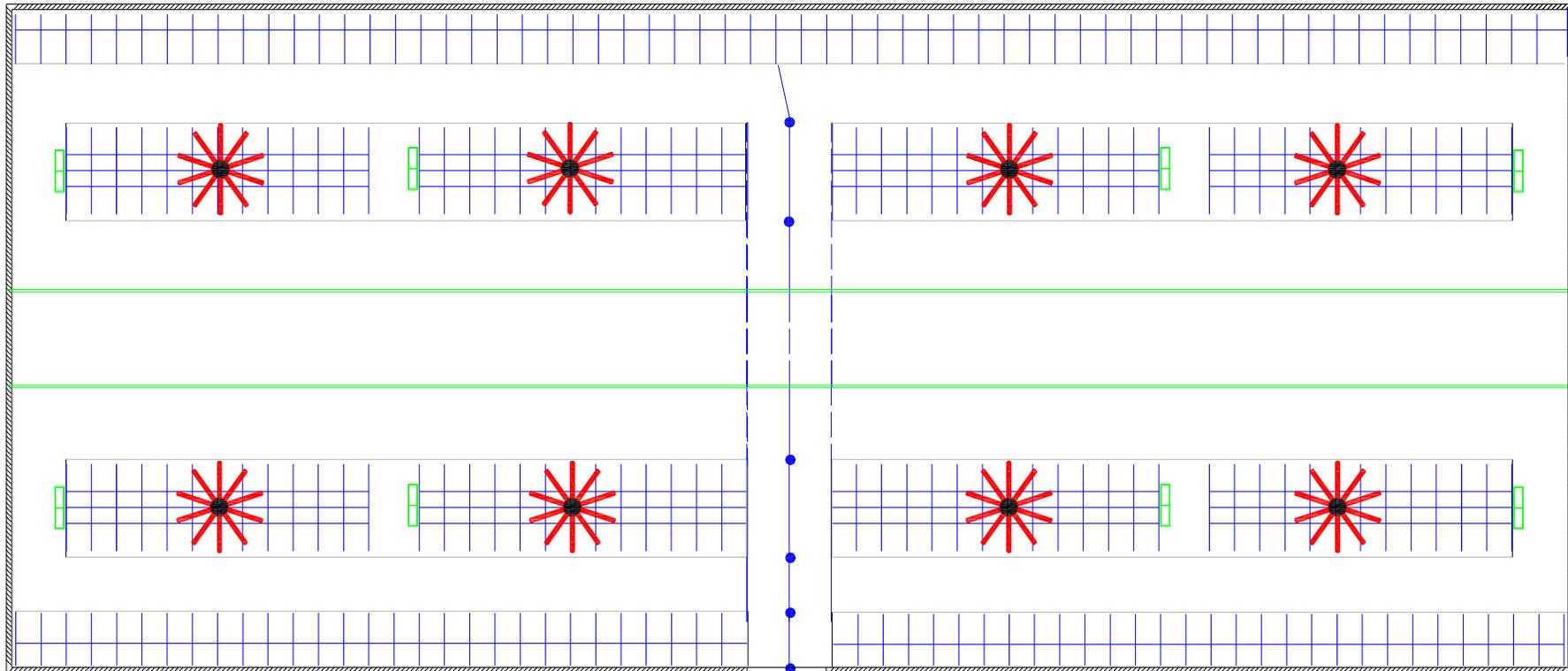
Luftrate: 1.280.000 m³ = 4010 m³/TPI

Ventilatoranordnung - Variante 3: Big ASS Fan 20 feet \varnothing 6,10 m



Ventilatoranordnung - Variante 3a: Big ASS Fan 20 feet \varnothing 6,10 m

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



optimal: 8 x 0,75 kW = 6,0 kW

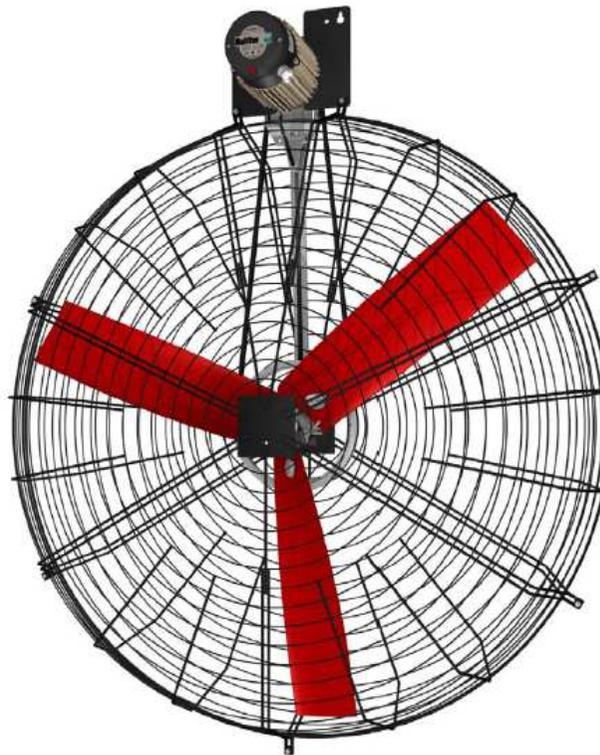
Luftrate: 1.840.000 m³ = 5935 m³/TPI

Weitere Ventilatoren im Energievergleich



Termotecnica EOR 50

Vostermans (Multifan)



Rezirkulation Basket Fan Ø 130 cm / 50"



Gigola & Riccardi ES140

Energiekostenvergleich Stall mit 320 Kuhplätzen

(Einsatzzeit: 1500 h/a, Energiekosten: 20 ct/kWh,
Nutzungsdauer: 8 Jahre)

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Firma	Typ	Anzahl	Energie- bedarf kW/Fan	kW gesamt	Energie- kosten gesamt in €	Energie- kosten/ TP*a in €	Theor. Mehrinvest. in €
Multifan	Multifan 130	10	1,286	12,9	3858	12,09	0
		18	1,286	23,1	6944	21,77	0
Termotecnica	EOR 50	10	1,170	11,7	3510	11,00	2784
		18	1,170	21,1	6318	19,81	5011
Gigola & Riccardi	ES 140 R/R	10	1,107	11,1	3321	10,41	4296
		18	1,107	19,9	5978	18,74	7733
Ziehl-Abegg	FE 071-6DQ	16	0,445	7,1	2136	6,70	13776
		22	0,445	9,8	2937	9,21	32059
Multifan	TB6E50Q	24	0,280	6,7	2016	6,32	14736
		30	0,280	8,4	2520	7,90	35395
		38	0,280	10,6	3192	10,01	30019
Big-ASS-Fan	6,10 m	4	1,100	4,4	1320	4,14	20304
	4,27 m	8	0,750	6,0	1800	5,64	41155

Energieverbrauch (Versuchsstall)

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



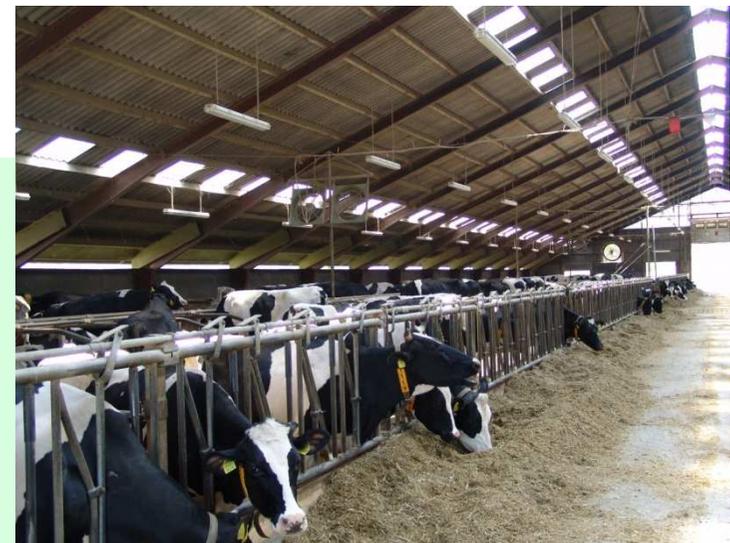
Kuhstall 326 Plätze, 315 Kühe

installierte Luftleistung: 12 Ventilatoren mit 284000 m³/h = 870 m³/Tierplatz

Anschlusswert / Tierplatz: 29,7 W

Erhebungszeitraum: 15.05.03 – 21.01.13 ~ 10 Jahre

Verbrauch gesamt:	100667 kWh
Verbrauch je Jahr:	10067 kWh
Verbrauch je Kuh* a	32,0 kWh
Verbrauch je Kuh* d (maximal)	0,71 kWh
Stromkosten/Jahr (20 ct/kWh)	2013,40 EUR
Stromkosten/Kuh	6,39 EUR



Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Investitionen	13600,00	EUR
Inv/platz	42,50	EUR
Abschreibung 12,5 % (8 Jahre)	5,30	EUR
Instandhaltung 2%	0,85	EUR
Arbeitszeitaufwand 10 h	1,00	EUR
Energiekosten	6,40	EUR
Summe	13,55	EUR
Milchleistungserhöhung 120 l	36,00	EUR
Fruchtbarkeitsverbesserung	15,00	EUR
Senkung der Reproduktionsrate	?	
Senkung der Tierarztkosten	?	

⇒ **Ergebnis:** **37,45 EUR + X**

Trächtigkeiten aus Besamungen vom 10. Juni bis 31.08.2006 in verschiedenen Ställen der Milchviehanlage Iden		
Stall, Lage, Ausstattung (Anzahl auswertbare Besamungen)	Jung- kühe	Mehrkalbs- kühe
Stall 1, Süd-Ost keine Lüfter (124)	29 %	19 %
Stall 2, Nord-West Lüfter (41)	48 %	41 %

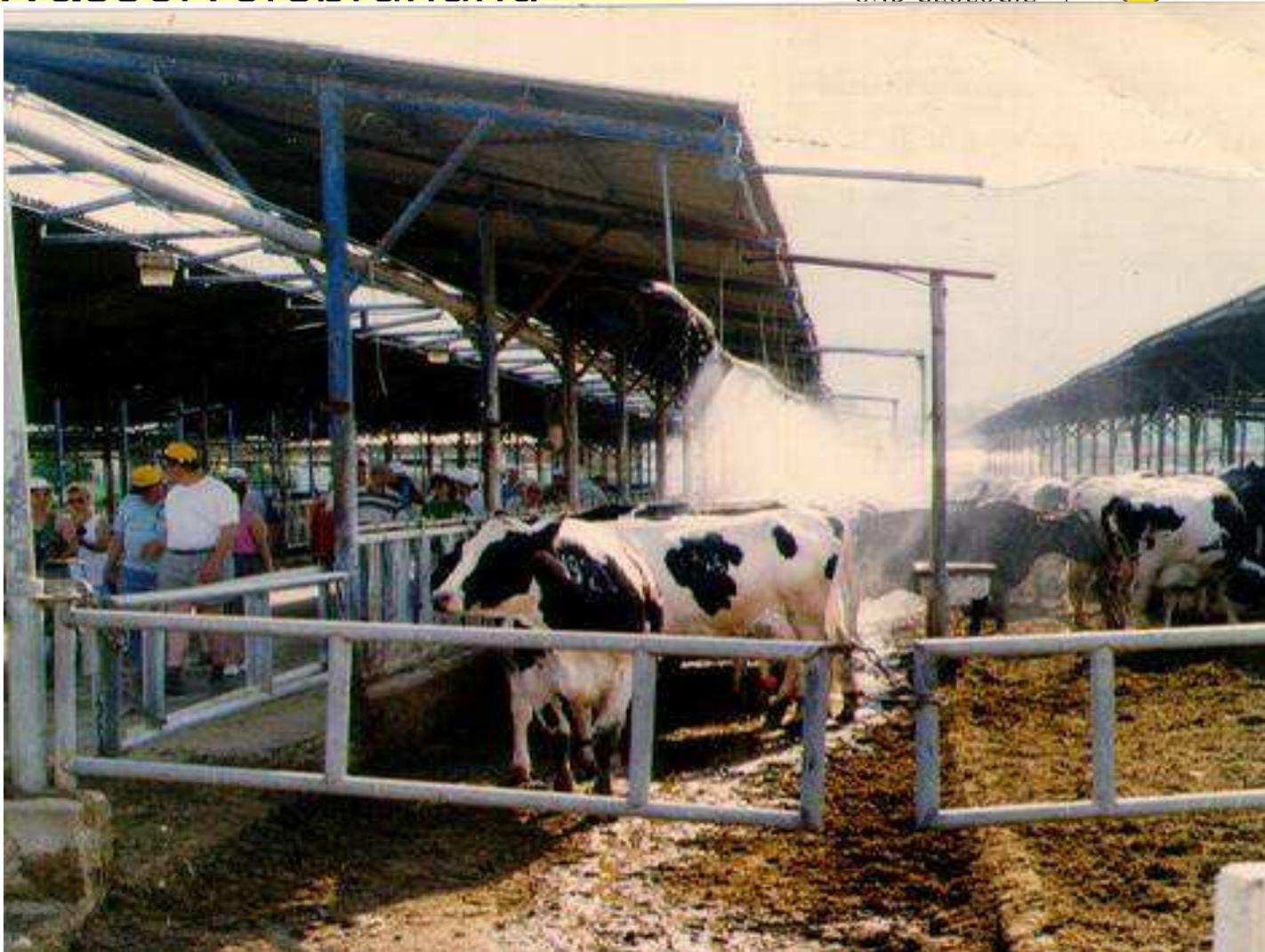
> 2.000 € Verluste

Kühlung durch Wasserversprühung

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Quelle: Rudovsky

Neuere Entwicklungen – Kühlung durch Liegematte

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Neuere Entwicklungen – Kühlung durch Liegematte

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



...und wenn das alles nichts hilft ...?

...Perpetuum Mobile oder in Wasser gehen !!!



Quelle: Puckhaber

...danke für Ihre
Aufmerksamkeit !