LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN

# Technische Lösungen zur Minderung von Wärmebelastung im Stall

Thomas Heidenreich, Fachtag Bauen und Technik, 17.03.2021

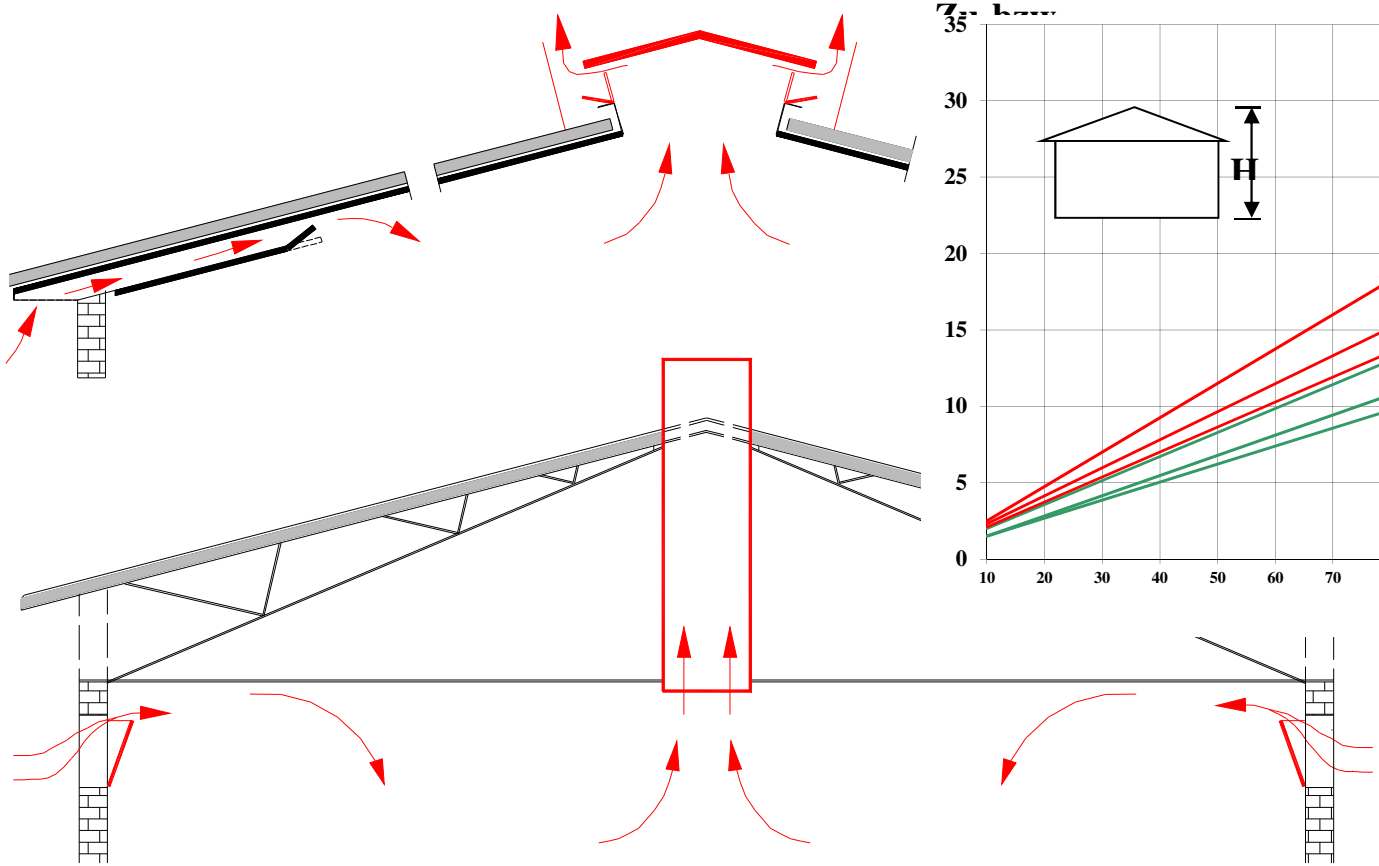
# Tauf-First-Lüftung ohne Firstabdeckung

# Zu- und Abluftsysteme

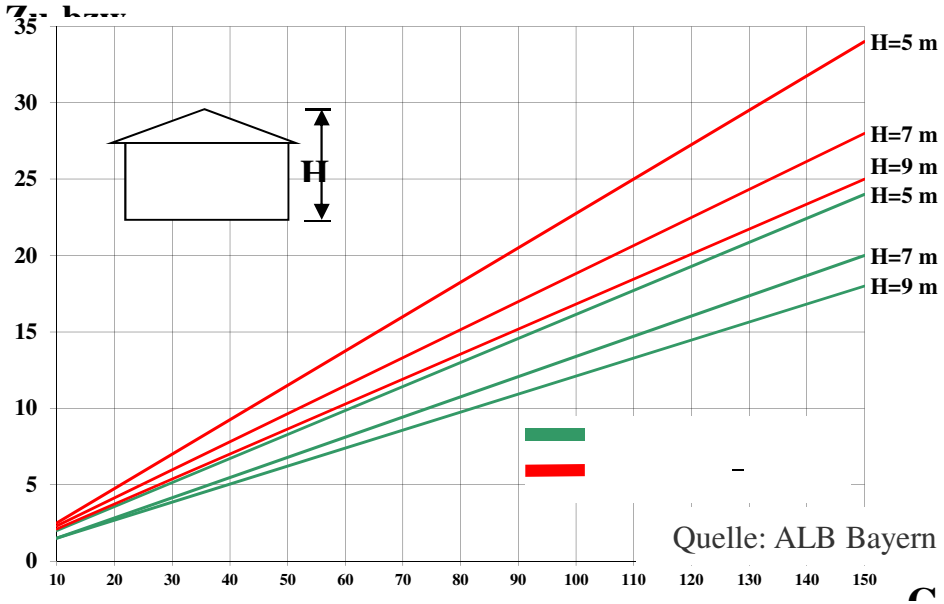
LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN

## Trauf-First-System



## Zuluftquerschnitt in Abhängigkeit von Tierbesatz, Firsthöhe und Sommertemperaturrate




Quelle: ALB Bayern

# 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

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat SACHSEN

| 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 |
| | | | | | | |
| Mindestlufttrate 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 |
| Mindestlufttrate 5 ° C Stall | 8.000 | 136 | 155 | 132 | 118 | 103 |
| Mindestlufttrate 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

Freistaat
SACHSEN

| **Winterlüftung theoretisch** | |
|---|---|
| Wärmegedämmter Stall<br>15°C innen, -10°C Außen | Außenklimastall<br>10°C innen, -10°C Außen |
| **0,01 m²** | **0,012 m²** |
| **Winterlüftung real** | |
| Außenklimastall<br>0°C innen, -10° C Außen | Außenklimastall<br>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

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN

| 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 |

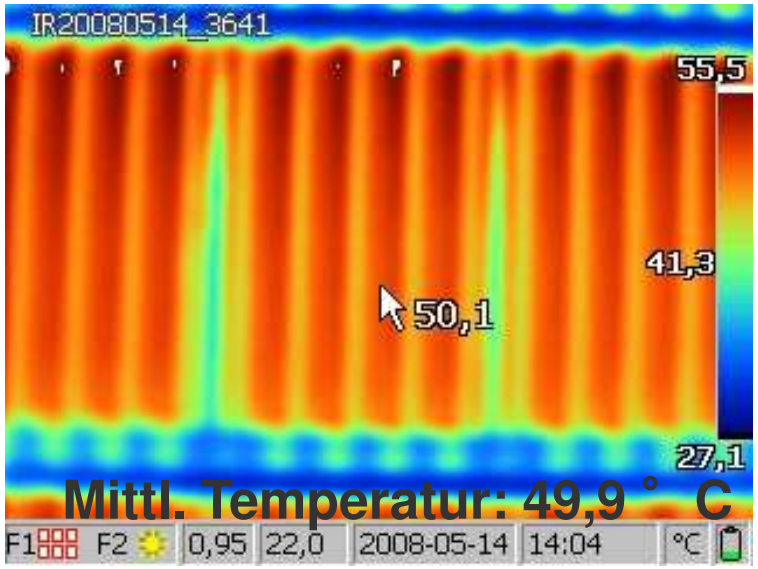
# Temperaturverhalten von Wellfaserzementplatten

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

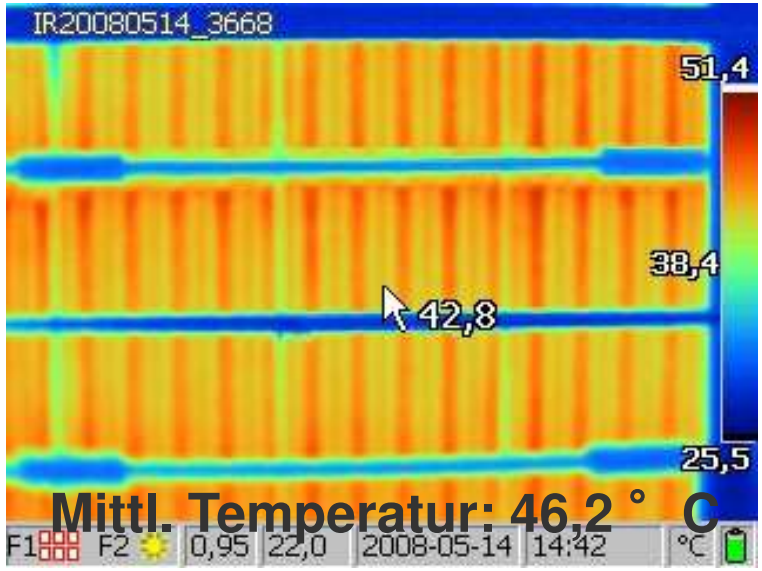
Freistaat SACHSEN

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

**Rote Platten (Westseite)**




**Naturgraue Platten (Westseite)**




## Wärmeeintrag durch ungedämmte Dächer

| **Temperatur des Daches °C** | **35** | **40** | **45** | **50** | **55** | **60** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| W/Kuh bei 15 m² Dachfläche | 248 | 495 | 743 | 990 | 1238 | 1485 |
| **Luftrate in m³/Kuh*h** | **261** | **521** | **782** | **1.043** | **1.304** | **1.564** |

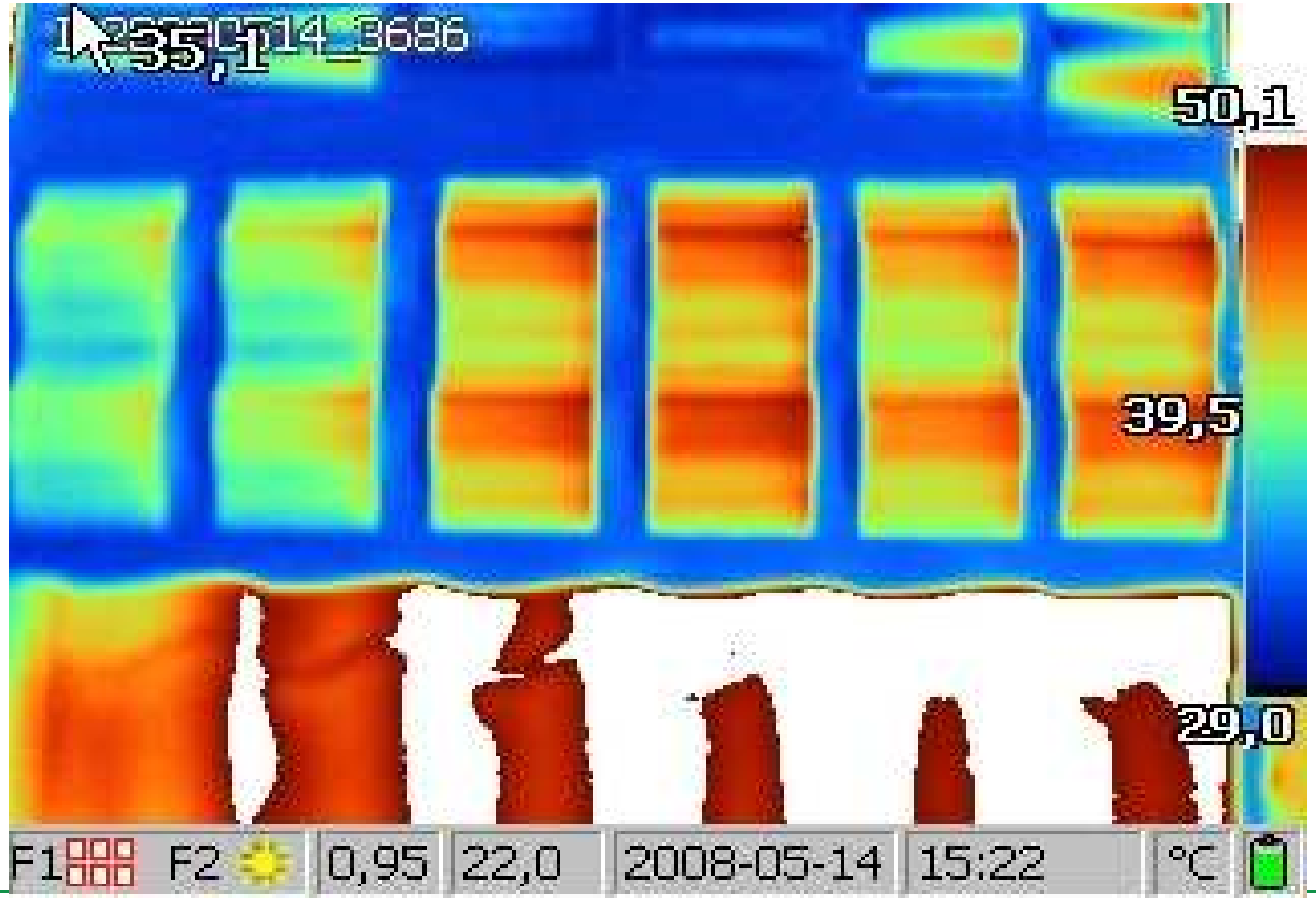
# Temperaturverhalten von Wellfaserzementplatten

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN

**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 |

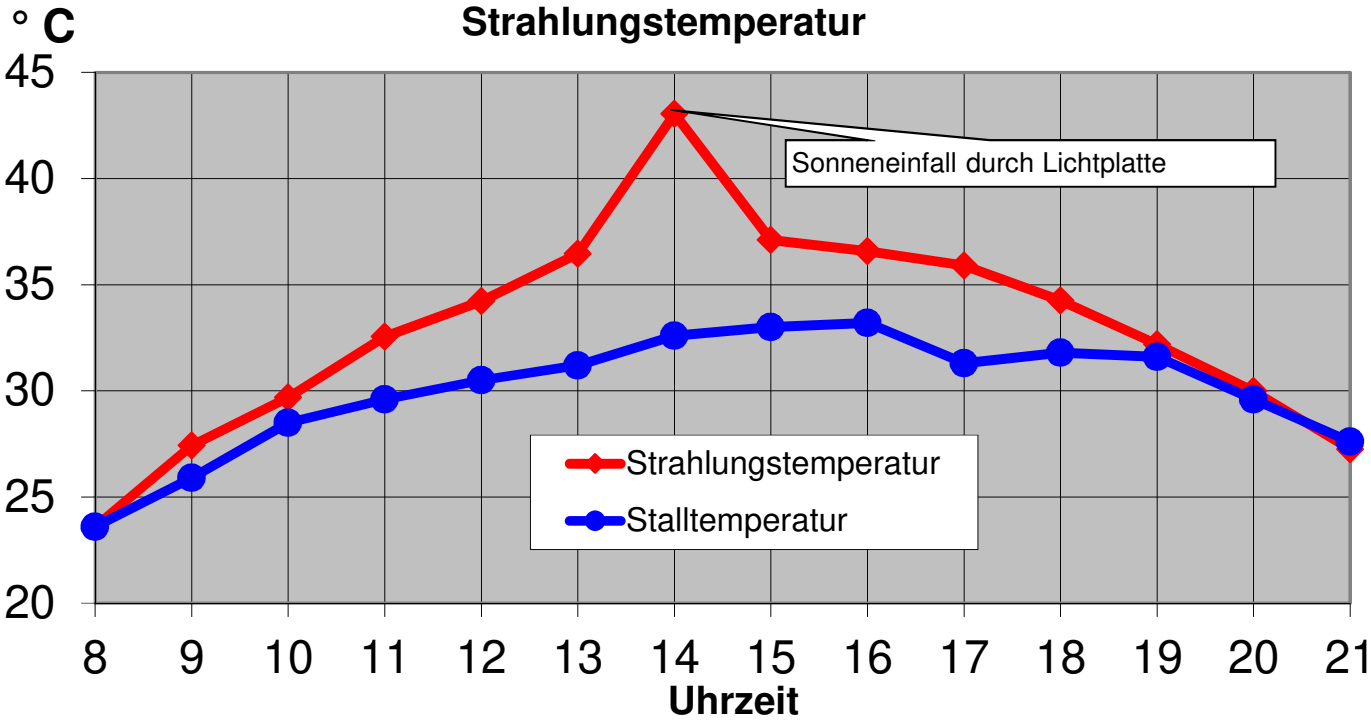


# Strahlungstemperatur eines ungedämmten Daches

(Wellfaserzementplatten, rot)

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat SACHSEN

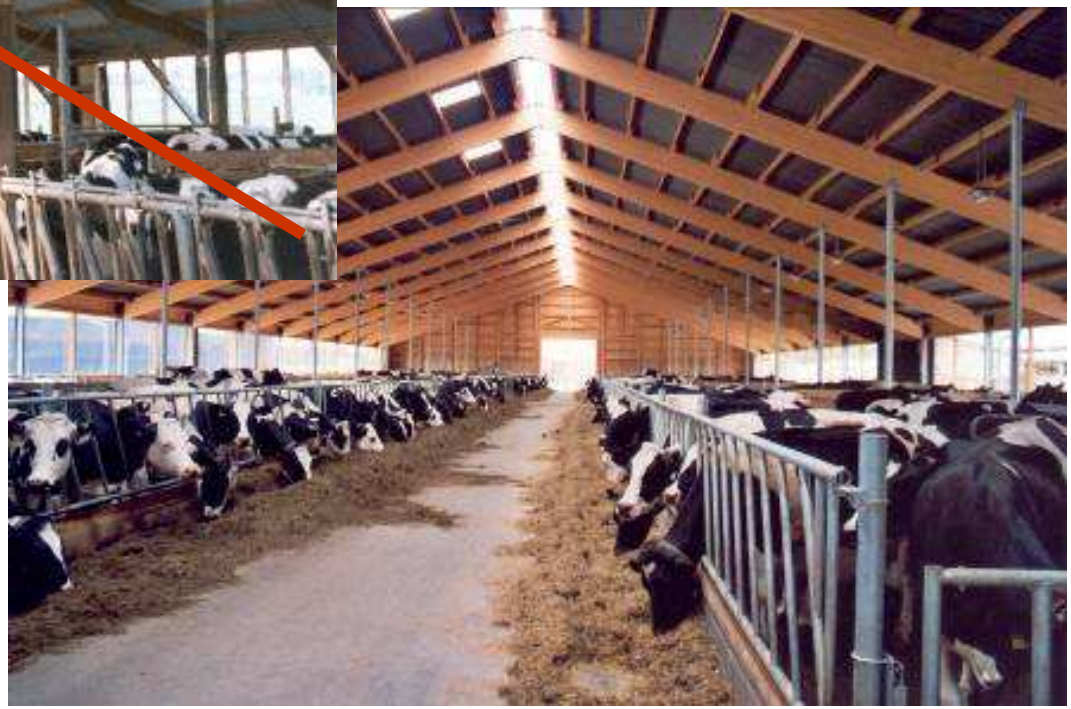



Quelle: Rudovsky

# Anordnung von Lichtplatten

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN



# Empfohlene Zu- und Abluftflächen für Milchkühe

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

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN

| **Wärmegedämmter Stall** | |
|---|---|
| einzeln stehend Queranströmung | von anderen Gebäuden beeinflusst bzw. ungünstige Lage |
| **0,4 - 0,5 m²** | **0,5 - 0,8 m²** |
| **Außenklimastall** | |
| einzeln stehend Queranströmung | von anderen Gebäuden beeinflusst bzw. ungünstige Lage |
| **0,8 – 1,0 m²** | **1,0 – 1,2 m²** |

# Jalousie von unten oder von oben öffnend, doppelt gewickelt

# Auswirkung von Hitzstress

# Anzeichen und Auswirkungen von Hitzestress



**Anzeichen von Hitzestress:**

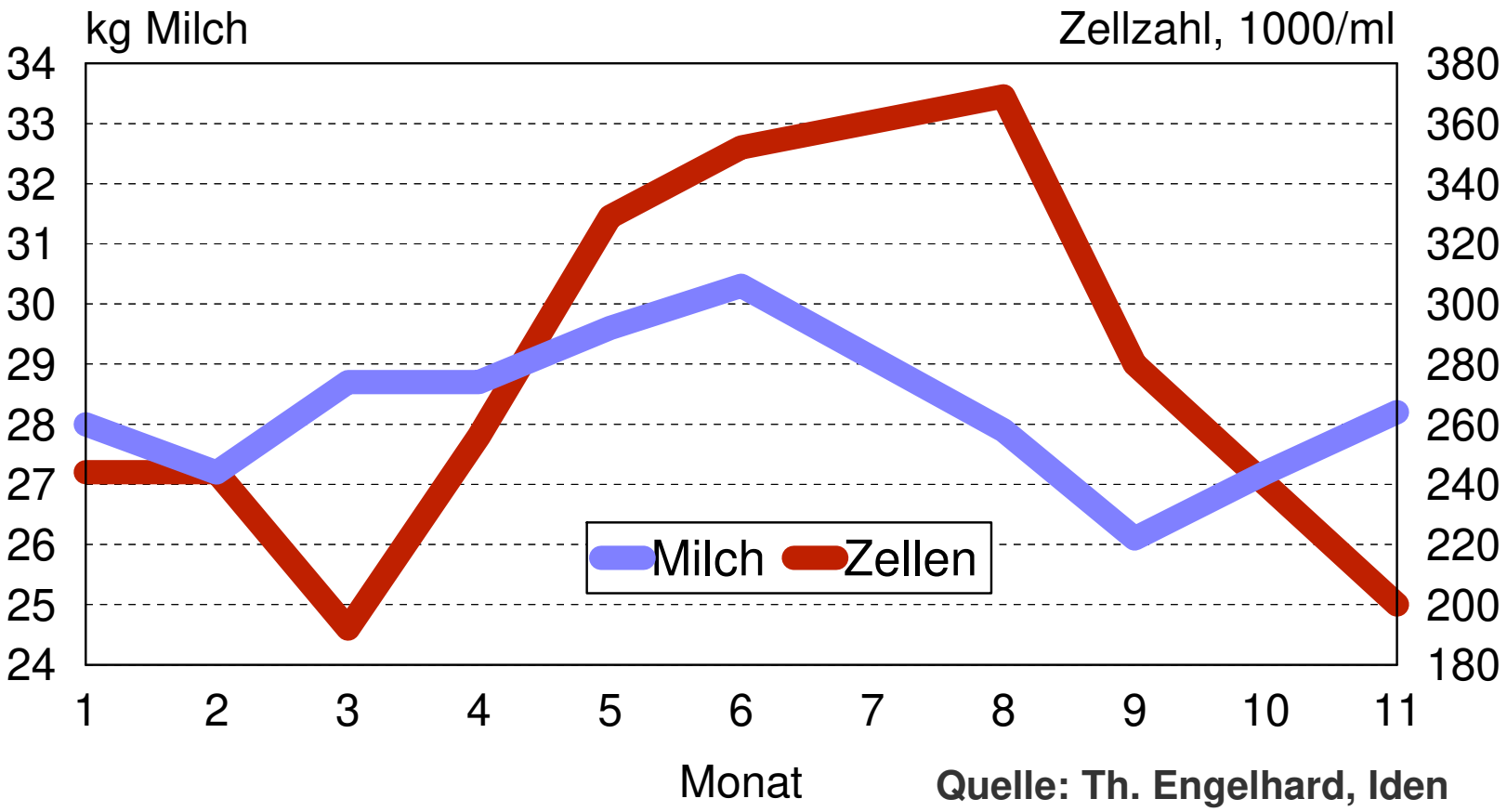
- Erhöhte Atemfrequenz, bis zu 80 Atemzüge je Minute (Pumpen)
- Reduzierung der Futteraufnahme
- Erhöhung der Wasseraufnahme
- Erhöhung der Körpertemperatur auf 39 bis 40 ° C

**Auswirkungen von Hitzestress:**

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

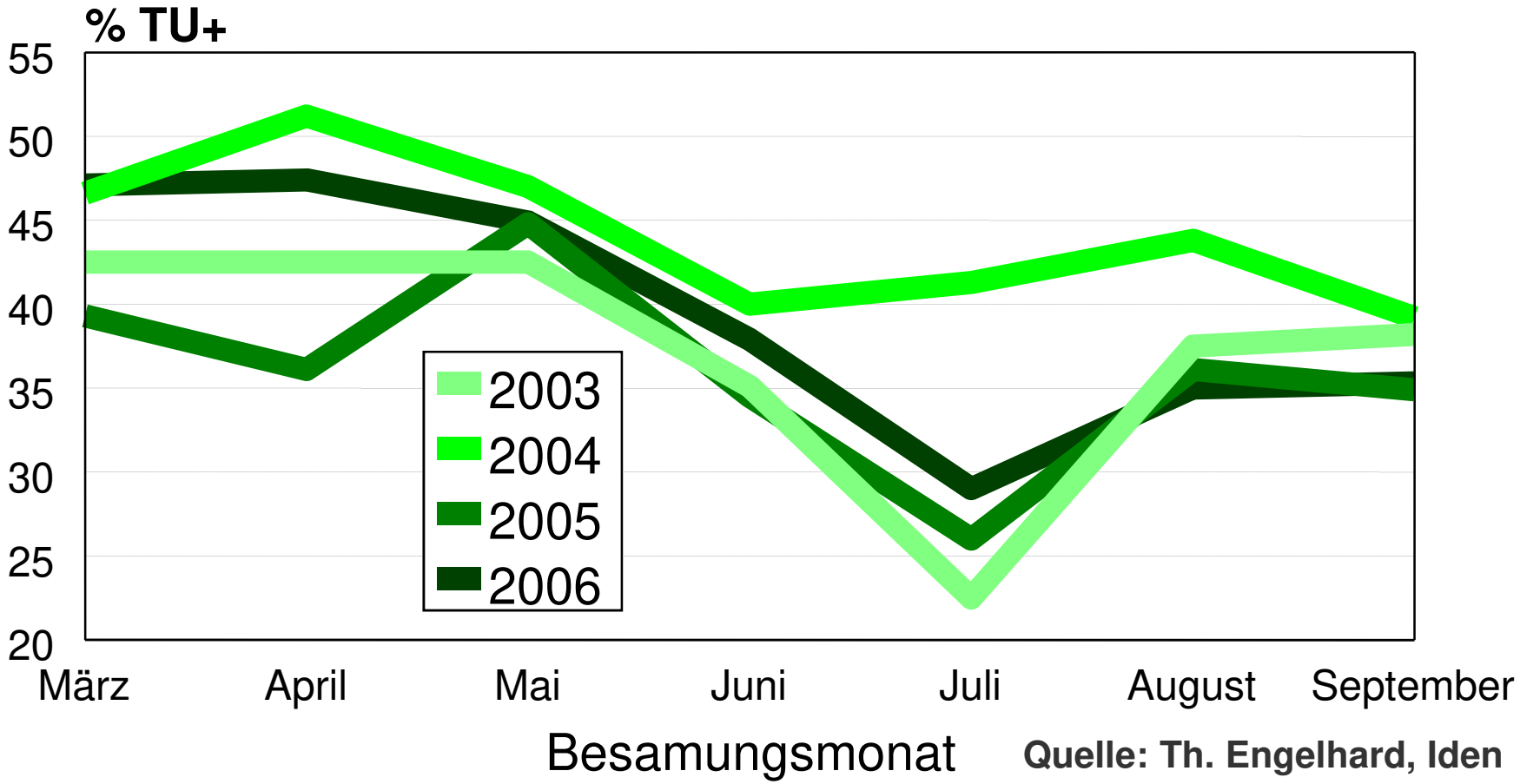
# Melkdurchschnitt und Zellzahl (MLP)

## im Jahr 2006 in einem Praxisbetrieb in Sachsen-Anhalt




**Quelle: Th. Engelhard, Iden**

# TU-Ergebnisse im Bestand der LLFG Iden




**Quelle: Th. Engelhard, Iden**

# Tier - Temperatur - Luftfeuchte - Index

(Livestock Temperature Humidity Index)

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

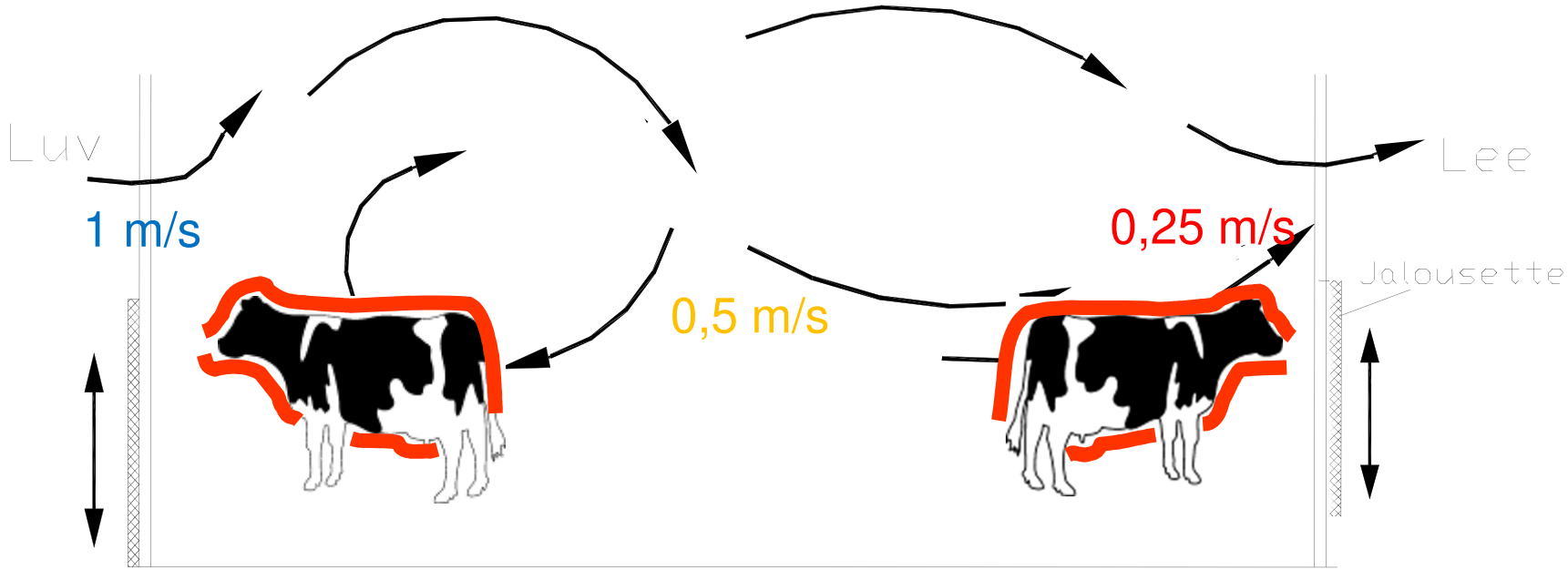
Freistaat SACHSEN

| 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 | | |

Quelle: Tennis Marx 2004

# Querlüftung im Milchviehstall





# Kühlwirkung der Luft in K durch Nutzung der Verdunstungskälte

(Wind-Chill-Effekt)

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN

| 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 |

Quelle: nach R. Barnwell (1997) relativ

# Anordnung von Einzelventilatoren

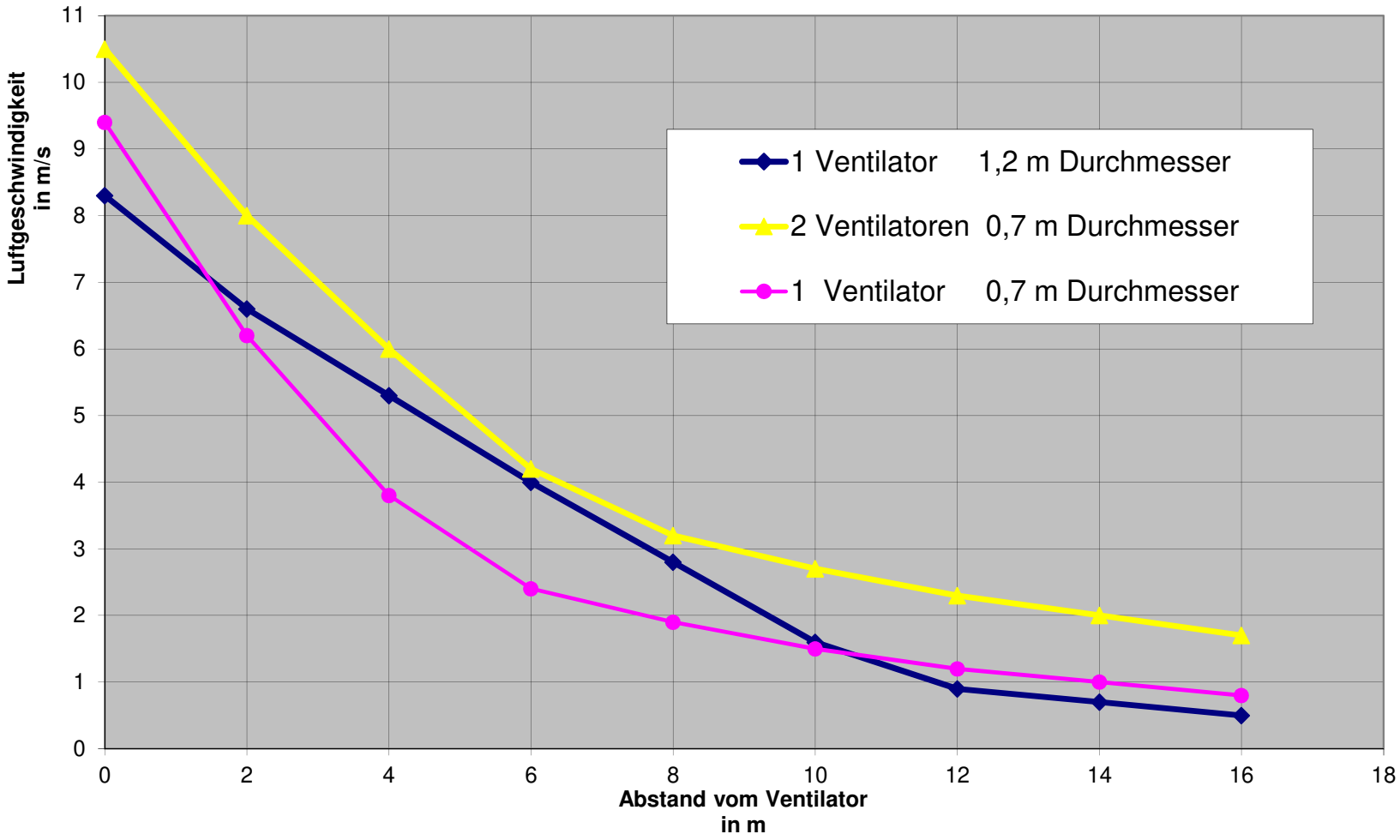
# Anordnung von Ventilatoren

# Anordnung von Ventilatoren im Block

# Wurfweite von Ventilatoren

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

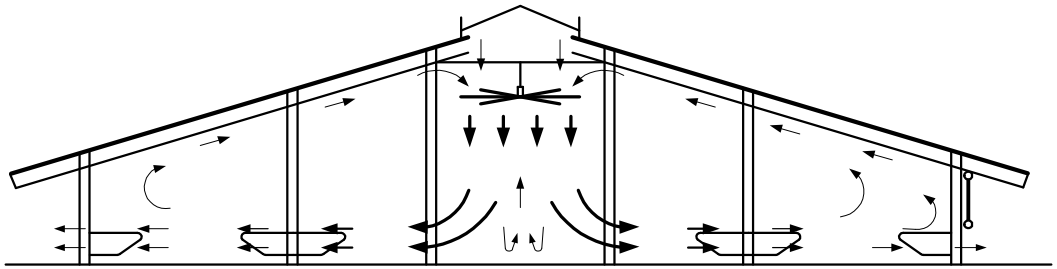
Freistaat
SACHSEN



# Anordnung von Ventilatoren im Block

# Großventilatoren
(big fan)

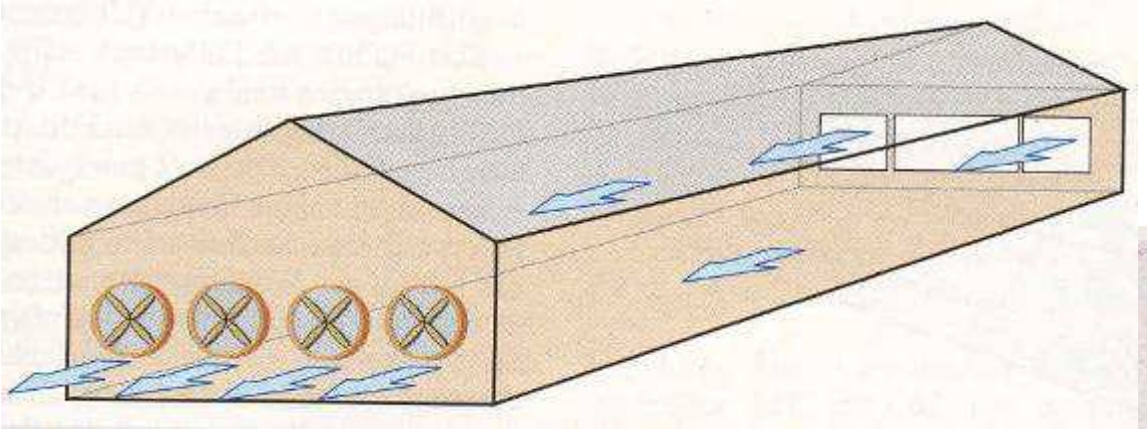




Quelle: Arntjen

# Tunnellüftung





Quelle: Top Agrar 6/2000

# Einflussfaktoren für die Ventilatorauswahl und -anordnung

- **Stallform (wärmegedämmt - nicht wärmegedämmt)**
- **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



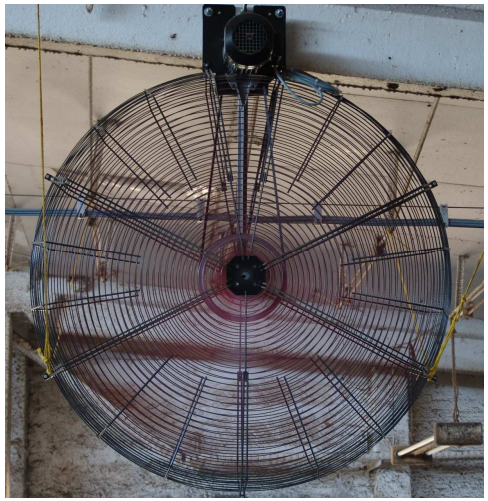
| **Ventilatoren** | | **Gruppe** | | |
|---|---|---|---|---|
| Anordnung | | **I** | **II** | **III** |
| über Liegeboxen | Lüfterreihen | 2 | 1 | 2 |
| über Fressgang | Lüfterreihen | 0 | 1 | 1 |
| Ventilatoren gesamt | Anzahl | 16 | 16 | 24 |
| Milchleistung | Kg/Kuh | 42,6 | 44,8 | 43,8 |
| TS-Aufnahme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

Quelle: Brouck, Kansas State-University

# Ventilatoren im Energievergleich

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN



Multifan 130

Ziehl-Abegg FE 071

Gigola & Riccardi ES 140

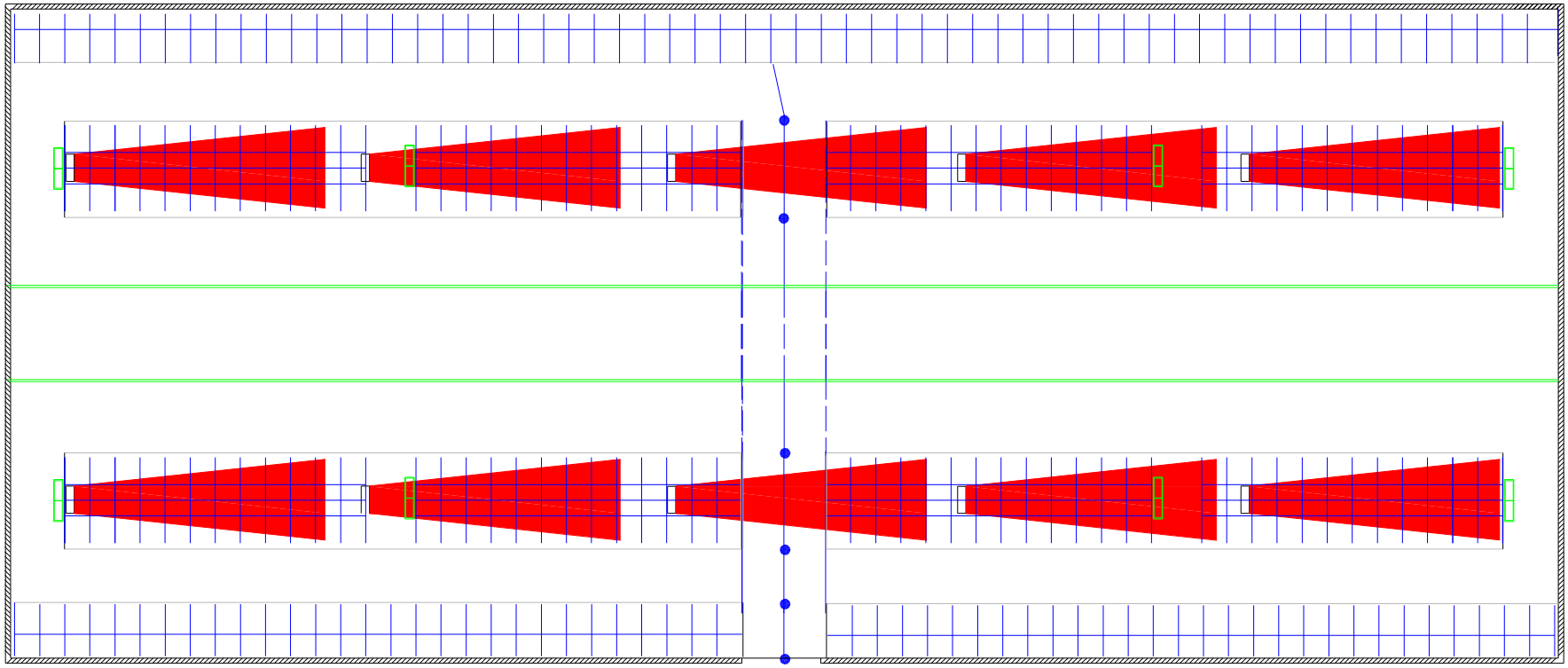
Multifan TB6E50Q

Big-ASS-Fan 20 feet

# Ventilatoranordnung - Variante 1: Multifan 130

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN



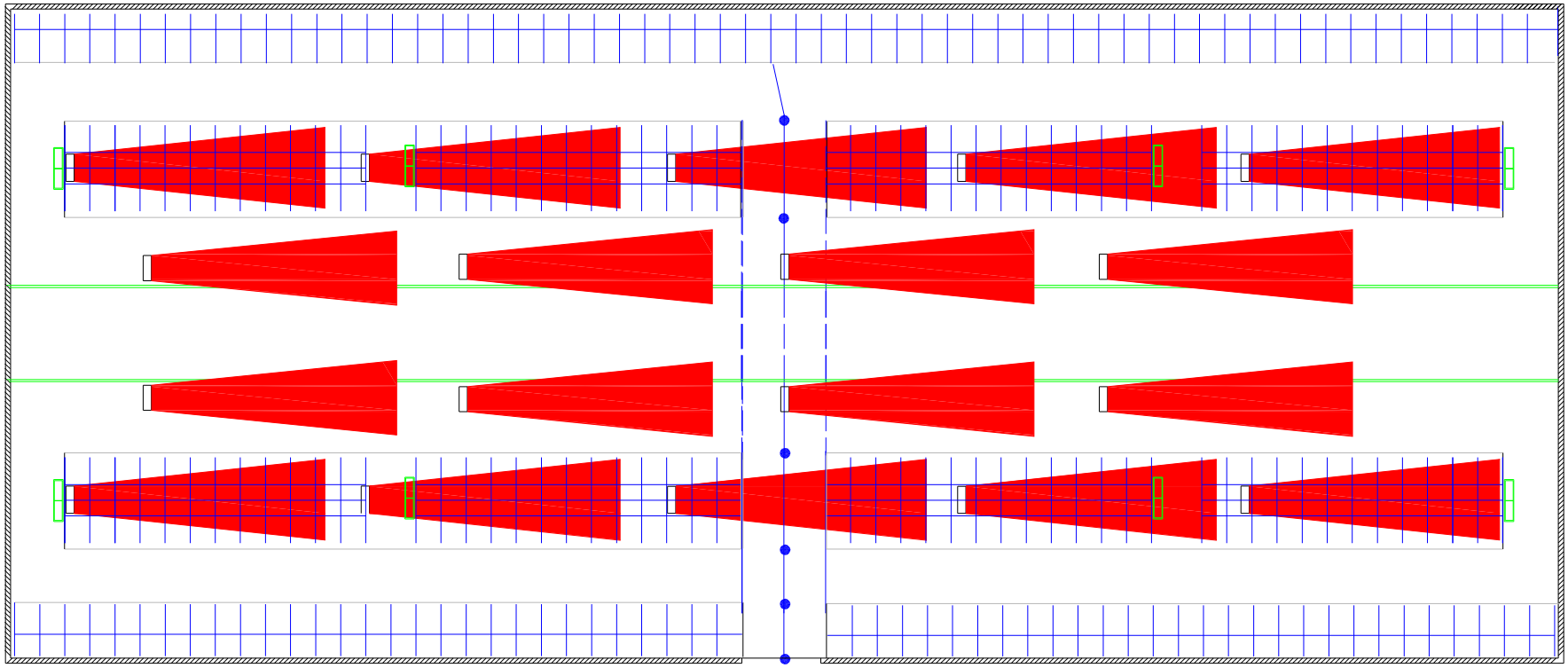
**nominal: 10x 1,65 kW (1,286 kW)* = 16,5 kW (12,86 kW)* Luftrate: 448.100 m³ = 1404 m³/TPl**

( )* gemessen

# Ventilatoranordnung - Variante 1: Multifan 130

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN



**nominal: 10x 1,65 kW (1,286 kW)* = 16,5 kW (12,86 kW)* Luftrate: 448.100 m³ = 1404 m³/TPl**

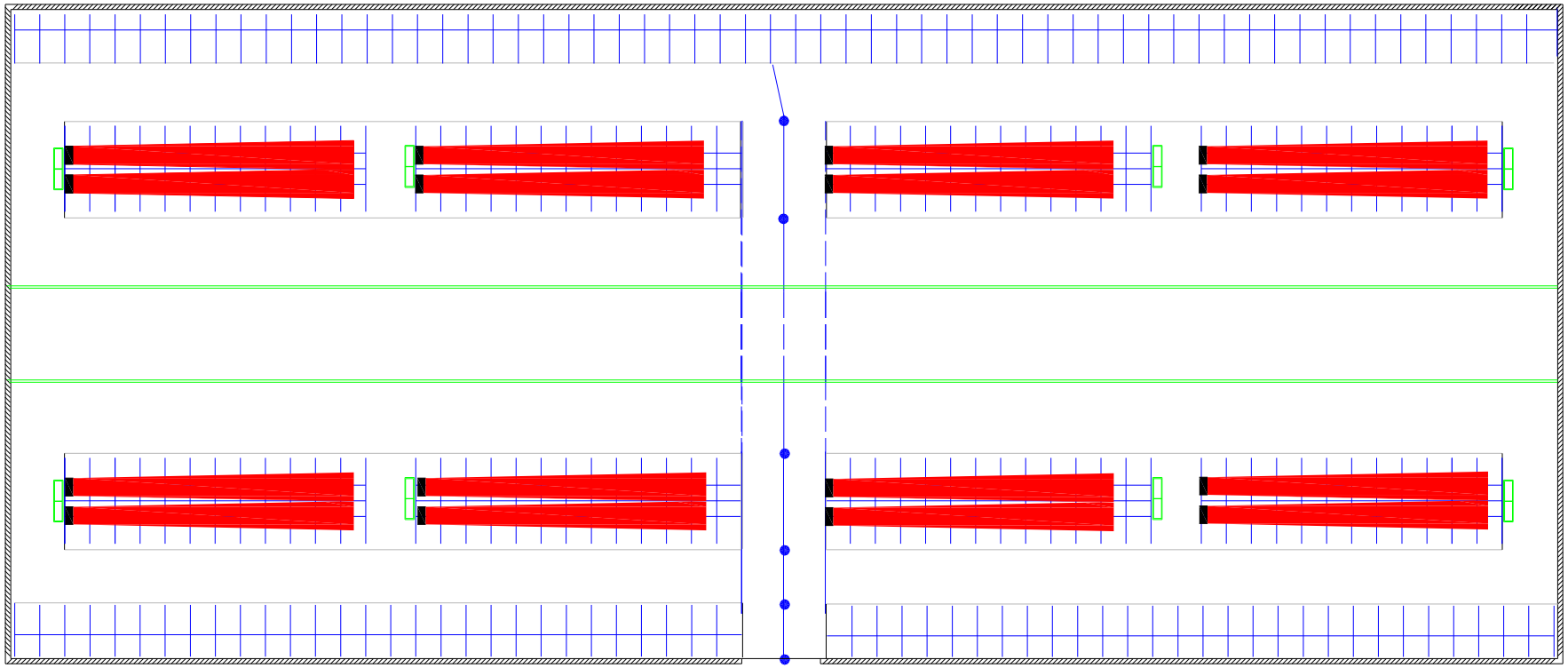
**optimal: 18x 1,65 kW (1,286 kW)* = 29,7 kW (23,15 kW)* Luftrate: 806.580 m³ = 2528 m³/TPl**

( )* gemessen

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

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat SACHSEN



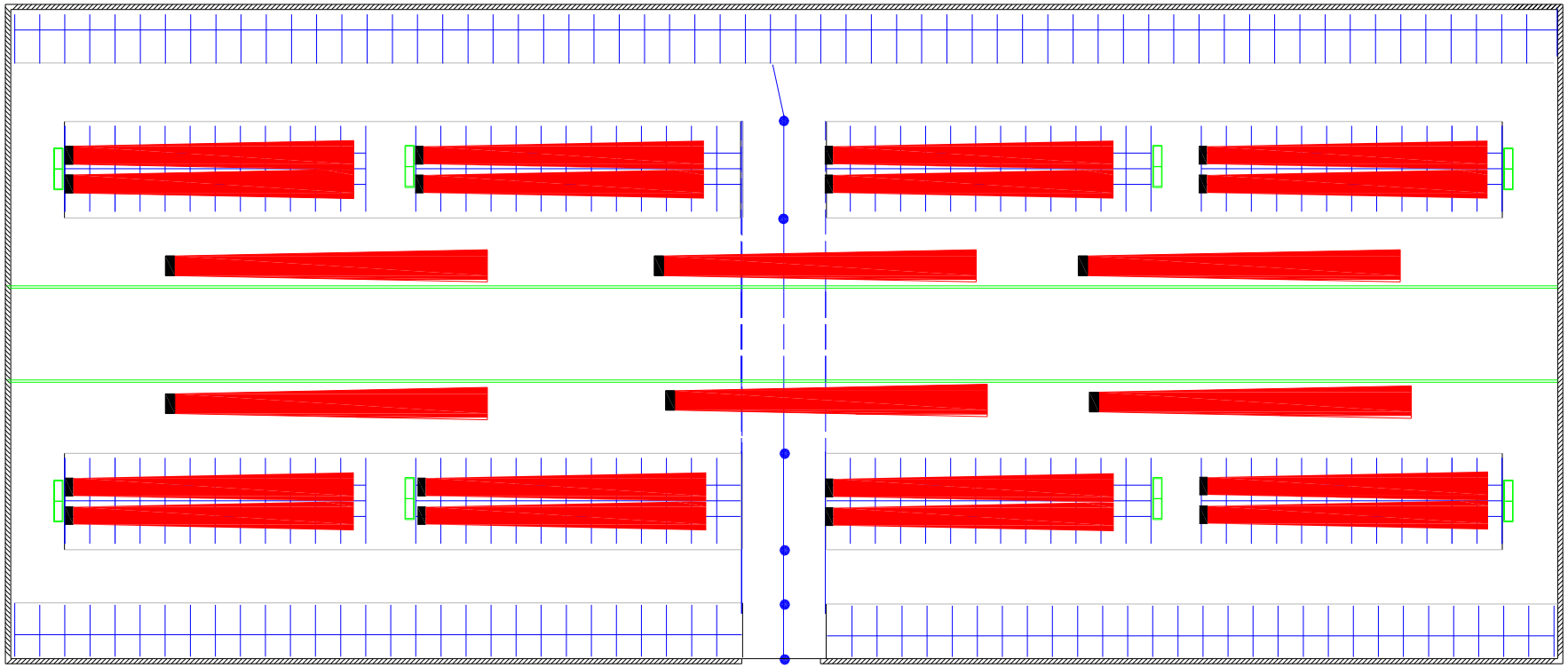
**nominal: 16 x 0,55 kW (0,445 kW)* = 8,8 kW (7,12 kW)* Luftrate: 216.000 m³ = 677 m³/TPl**

( )* gemessen

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

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat SACHSEN



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

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

( )* gemessen

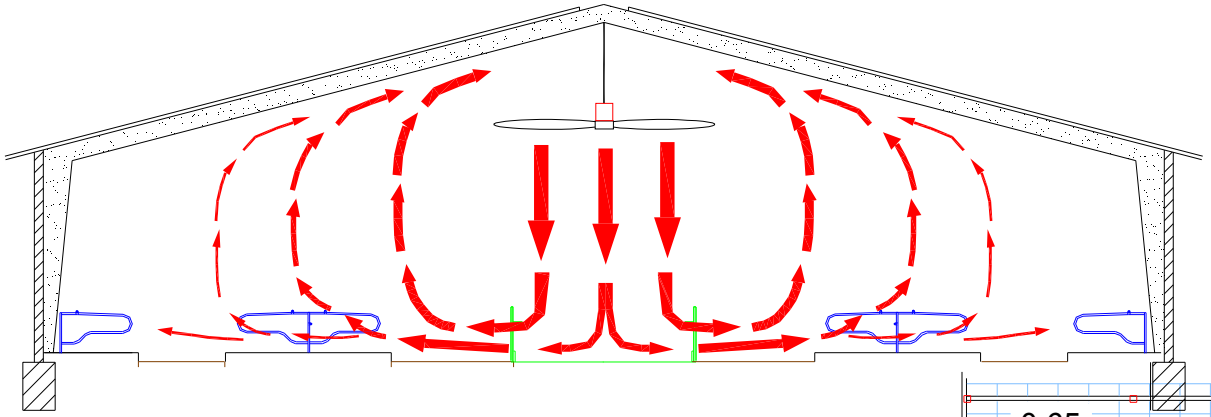
# Ventilatoranordnung - Variante 2: Ziehl-Abegg FE / FF 071

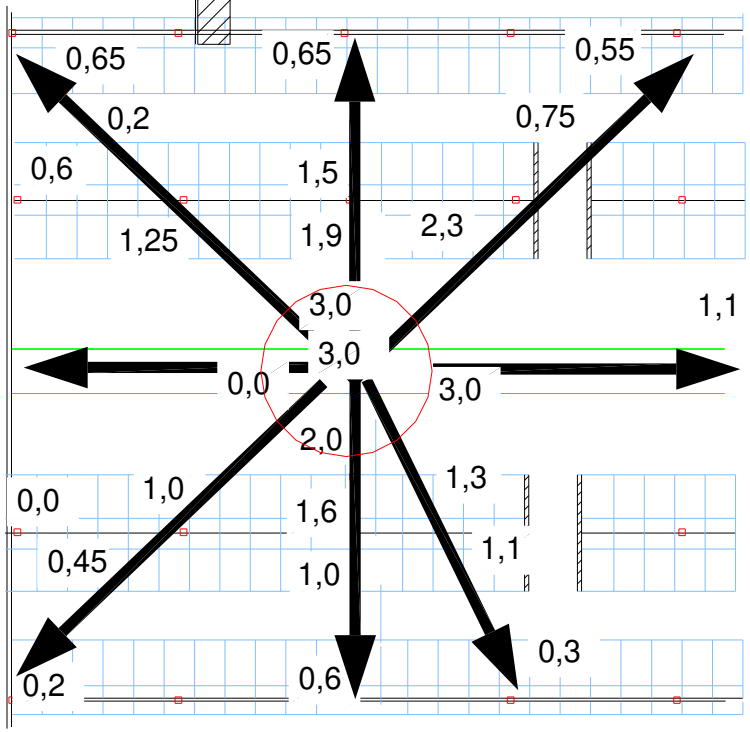
LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat SACHSEN

# Ventilatoranordnung - Variante 3: Big ASS Fan 20 feet ∅ 6,10 m



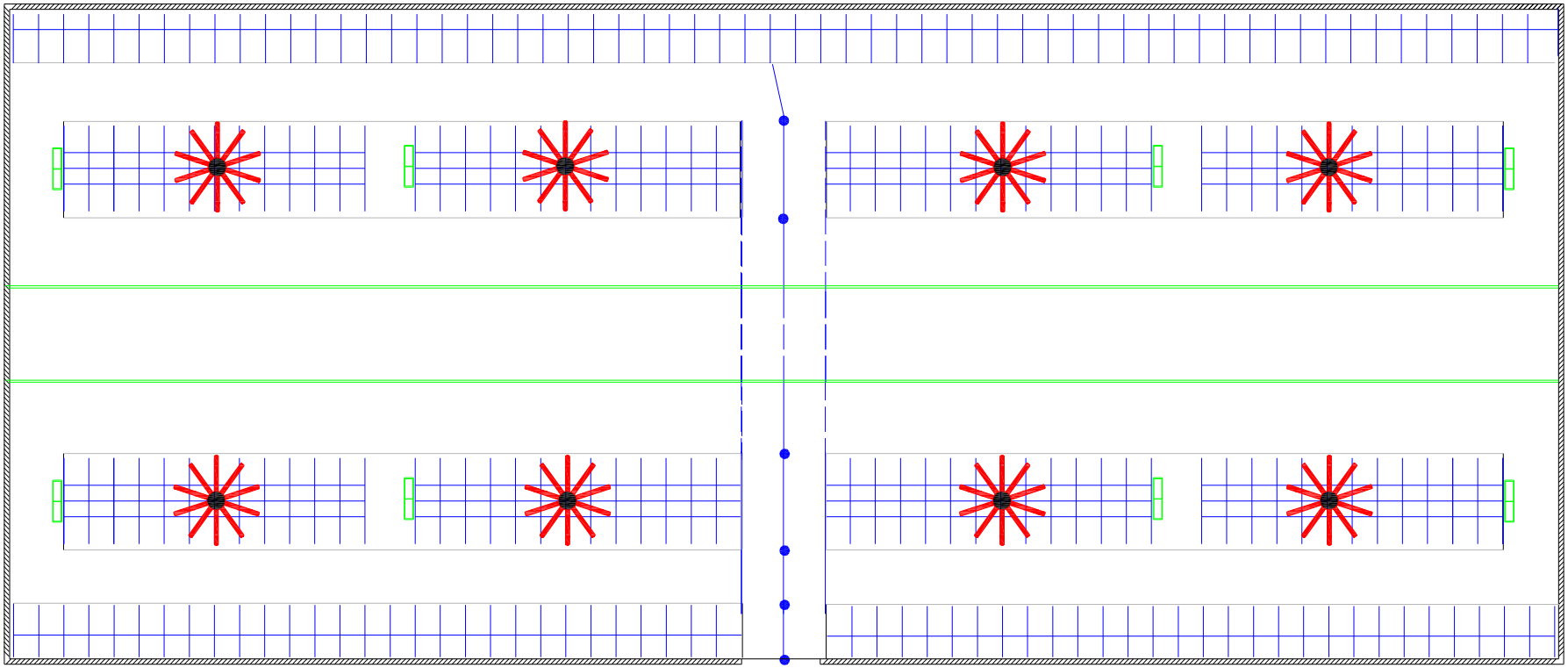




# Ventilatoranordnung - Variante 3a: Big ASS Fan 20 feet ∅ 6,10 m

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat SACHSEN



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

**Luftrate: 1.840.000 m³ = 5935 m³/TPl**

# Energieverbrauch (Versuchsstall)



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<br>Senkung der Tierarztkosten | ?<br>? | |

⇒ **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**

**Quelle: Th. Engelhard, Iden**

# Empfehlung zur Steuerung der Ventilatoren

Thermostatische Steuerung

- einstufig (bis 16 A Schaltleistung)
- mehrstufig, mit Einstellung der Schaltstufen
- mit oder ohne Schaltschütz

• Drehzahlregulierung nur bei Einzelanordnung (Frequenzumrichter)
• stall-, abteil- bzw. leistungsgruppenabhängige Regelung

Quelle: Ziehl-Abegg Werksbild

# „Neuere Entwicklungen ?“ – Schlauchlüftung

Quelle: Dr. Kopf & Oswald

Vorteile:

- Gleichmäßige Luftströmung
- Diffuse Verteilung möglich
- Strömung teilweise regulierbar
- ….

Nachteile:

- Hoher Investitionsaufwand
- Reinigung der Schläuche
- Verhältnis Schlauchlänge : Luftmenge
- Haltbarkeit?
- ….

# Schlauchlüftung-Vetsmarttubes

LANDESAM
LA

VETSMARTTUBES®
Individuelle Belüftungssysteme für Stallungen

Kälberlüftung

# Vergleich der Investitionen



Beispiel: Stall 42 m, Dreireiher, 78 Kuhplätze

**Step by step - System**

- 2 x 2 Ventilatoren
- Luftleistung: 60.000 m³
- Steuerung: 2 Stufen

- Material: 3000,- Euro
- Montage: 1050,- Euro
- Summe: 4050,- Euro

- Je Kuhplatz: 52,- Euro

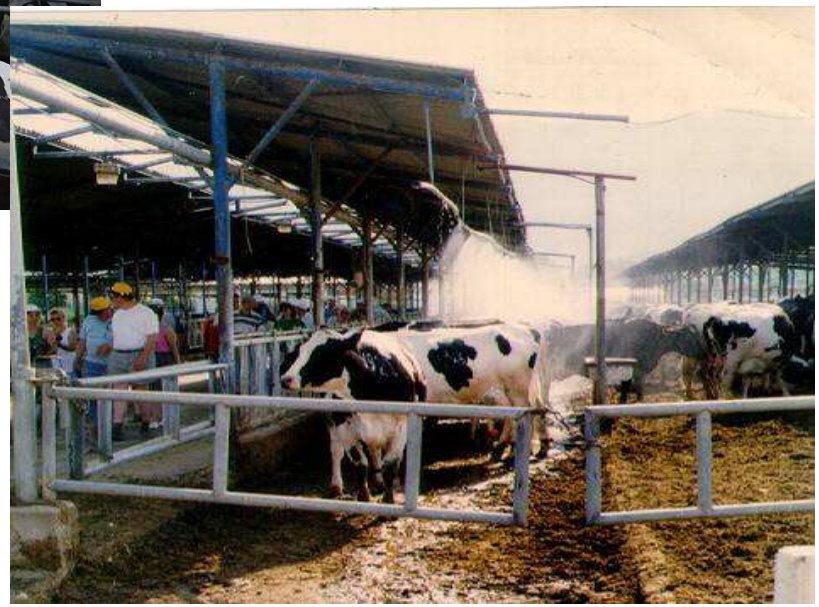
**Schlauchlüftung**

- Schlauch 42 m, Ø 65 cm
- Luftleistung: 12.000 m³
- Steuerung: stufenlos (FU)

- Material: 7500,- Euro
- Montage: ca. 1875,- Euro
- Summe: 9375,- Euro

- Je Kuhplatz: 120,- Euro

# Kühlung durch Wasserverneblung / Versprühung



Investitionen
Hochdruckvernebelung:

100 – 120 EUR / Fressplatz

Quelle: Rudovsky

# …und wenn das alles nichts hilft …?

## …Perpetuum Mobile oder in Wasser gehen !!!

…danke für Ihre Aufmerksamkeit !