



Zeitgemäße Stallkonstruktionen und Belüftungssysteme für Milchviehställe

Dipl.- agr.- Ing. Thomas Heidenreich

Grundsätze für den Stallbau

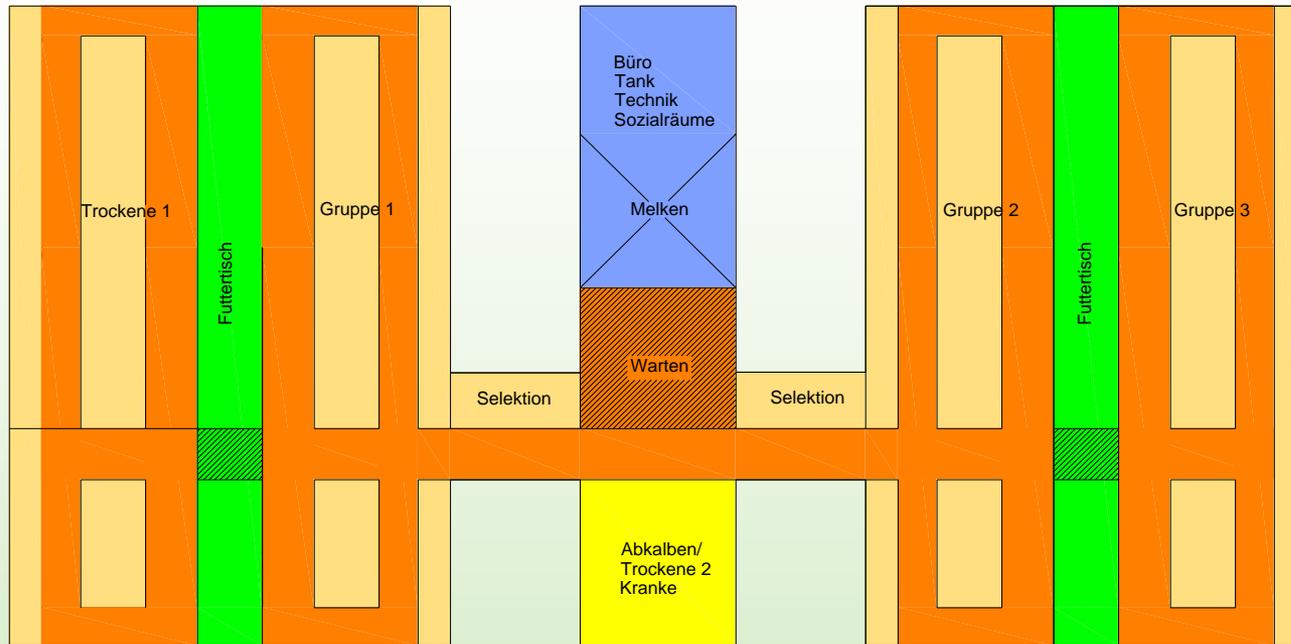
- klare Funktionsbereiche schaffen
- gerade Bewirtschaftungsachsen, kurze Wege, für Menschen barrierefrei
- keine Verfahrenswechsel in den Bewirtschaftungsachsen
- Futtertisch und Laufgänge nicht als Stichgänge gestalten
- Erweiterungsfähigkeit um mind. 100 % gewährleisten
- Leistungsgruppen ermöglichen → TMR
- Selektionsmöglichkeiten berücksichtigen
- gesonderten Behandlungsbereich einrichten
- Abkalbeboxen, Krankenboxen, Tränkkälber, insbesondere Kolostralkälber gehören grundsätzlich nicht in den Kuhstall



Planung des Melksystems

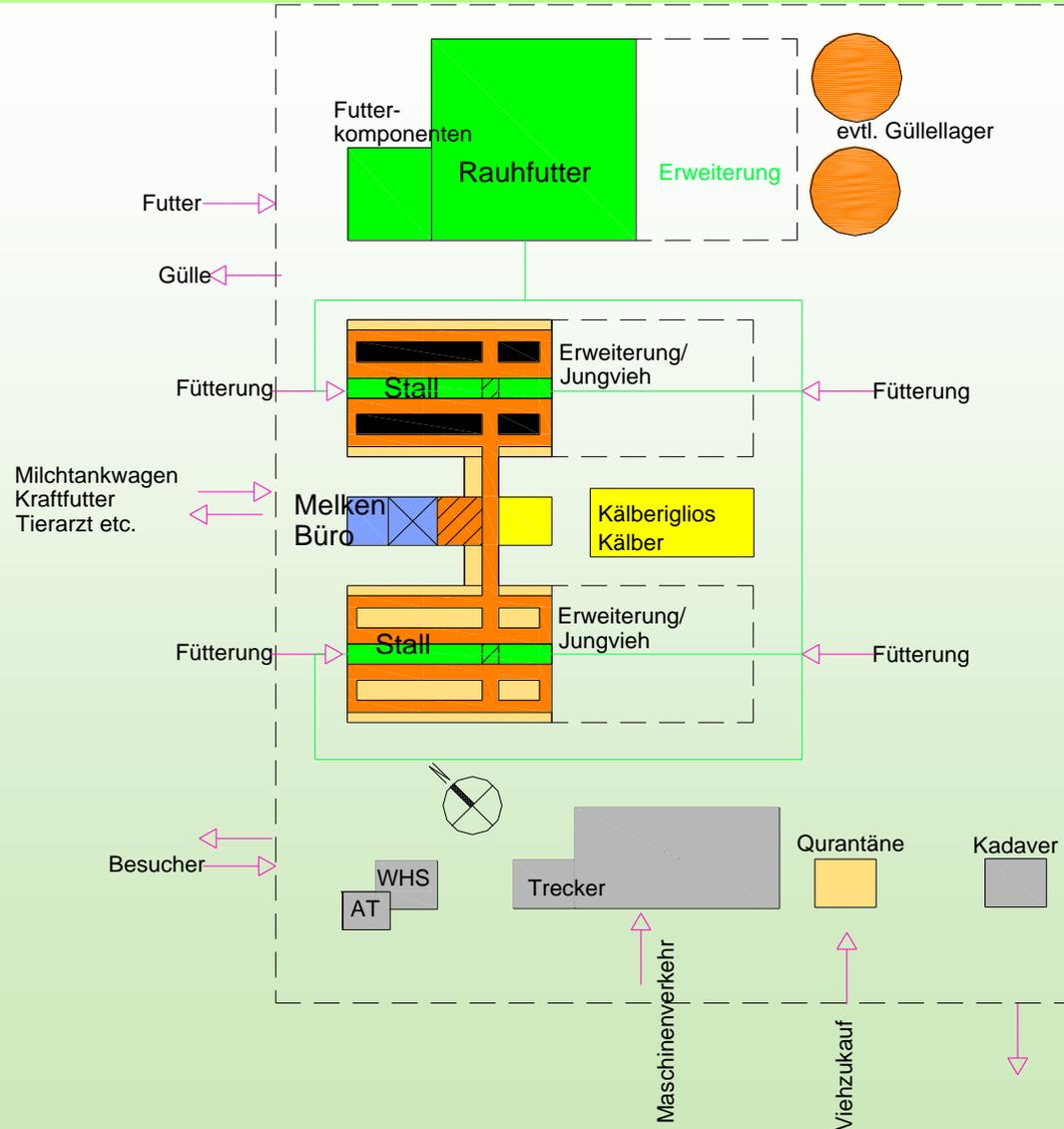
- **Anordnung des Melkhauses** - T – Form (90° quer zum Stall)
- H - Form (parallel zum Stall)
- **Art des Melkstandes** - FGM (normal, steil, Frontantrieb, Melkflurgest.)
- Side by Sidemelkstand (Melkflurgestaltung)
- Melkkarussell (Innenmelker, Außenmelker)
- **Größe des Melkstandes** - eine Person: 16, 20 ,.. 24 Melkplätze
- zwei Personen: 36, 40, ...48 Melkplätze
- zwei Personen mit Treiben:
28, 32, 36 Melkplätze
- **Beleuchtung** - Leuchtmittel (Leuchtstoffröhren, Dampf lampen)
- Anordnung (zus. Arbeitsplatzbeleuchtung)
- **Belüftung** - freie Lüftung, Zwangslüftung, Unterstützungslüft.
- **Heizung** - Fußbodenheizung, Warmluftgebläse,
Gasstrahler, Dunkelstrahler

Grundsätze für den Stallbau



Quelle: Baubrief 44

Grundsätze für den Stallbau



Quelle: Baubrief 44

Notwendige Leistungsgruppen in Abhängigkeit der Tierleistung

Herdenleistung je Kuh und Jahr	Leistungsgruppen				Trockensteher- gruppen
	1	2	3	4	
	<i>MJ NEL je kg TM der Futtermischung</i>				
6.000 kg	6,5	6,2	6,0	5,8	5,5
7.000 kg	6,9	6,4	6,1		5,6
8.000 kg	7,1	6,5	6,1		5,6
9.000 kg	7,2	6,6			5,7
10.000 kg	7,3	6,7			5,7

Quelle: Dr. Steinhöfel, Sächs. LfL, 2003



Planung Stallbau



Vor- und Nachteile der Boxenformen

Hochbox	Tiefbox
<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none">➤ bessere Hygiene➤ leichter zu reinigen➤ geringere Verschmutzung➤ wird im Sommer bevorzugt	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none">➤ hoher Liegekomfort➤ geringere Gelenkbelastungen➤ keine Hautabschürfungen➤ saubere Euter ?➤ wird $\frac{3}{4}$ des Jahres bevorzugt
<p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none">➤ schlechterer Liegekomfort➤ Hautabschürfungen➤ schmutzigere Euter ?➤ relativ hohe Gelenkbelastungen	<p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none">➤ hoher Arbeitszeitaufwand➤ schlechtere Hygiene➤ Wärme im Sommer

Verfahrensvergleich

Hochbox		Tiefbox	
Jahreskosten		Jahreskosten	
Liegematte (170 €/TPI; NND 8 Jahre)	21,25 €	Stroh (260 kg/Kuh u. a; 3,00 €/dt)	7,80 €
Strohmehl (40 kg/a; 0,18 €/kg)	7,20 €	Kalk (260 kg/Kuh u. a; 3,50 €/dt)	9,10 €
<i>altern. Sägemehl</i> (0,53 m ³ /a; 8,00 €/m ³)	4,25 €	Beladen und Mischen (10 Akmin/Kuh u. a)	2,00 €
Einstreuen (20 Akmin/Kuh u. a ; 12 €/Akh)	4,00 €	Einstreuen (10 Akmin/Kuh u. a)	2,00 €
Liegeboxenpflege (60-90 Akmin/Kuh u. a)	18,00 €	Liegeboxenpflege (245 Akmin/Kuh u. a)	49,00 €
Summe	50,45 €	Summe	69,90 €

Planung Stallbau – Tiefliegeboxen



Planung Stallbau - Hochliegeboxen



Fußbodengestaltung

➤ Beton:

- rau abgezogen → glatt
- Beesenstrich → glatt
- Rautenmuster → Qualität



➤ Betonprofilplatten: verschiedene Hersteller

➤ Gussasphalt:

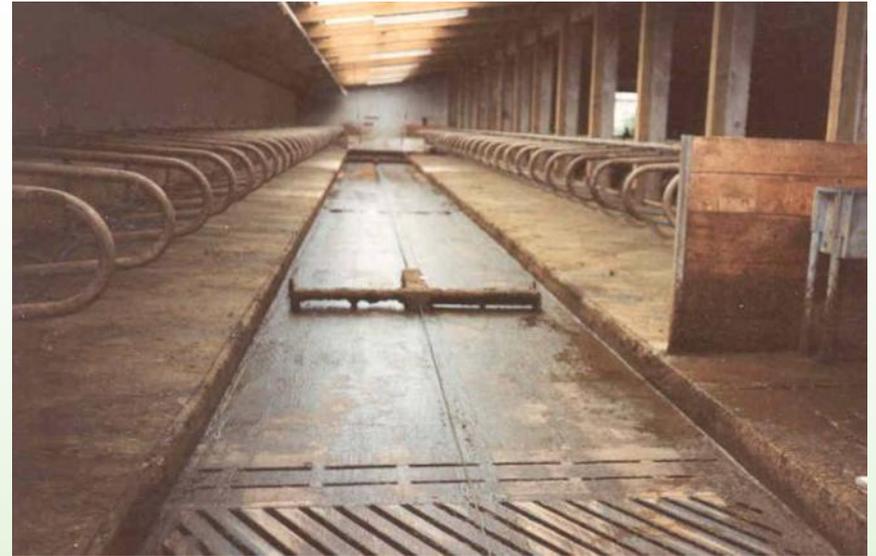
Material- und Einbauqualität → Fettbeständigkeit ?

➤ Gummiböden:

- planbefestige Böden: → Dehnung
- Spaltenböden: → Befestigung



Fußbodengestaltung - Beton



Gussasphalt und seine Tücken

- hohe gleichbleibende Rutschfestigkeit
- gute Hygiene- und Isolationseigenschaften
- viele Betriebe mit zu hoher Rauheit (Klauenraspel)
- Härte in Aussenklimaställen ?



Chemische Auswascheffekte Bitumen / Füller

Fußbodengestaltung - Gummi

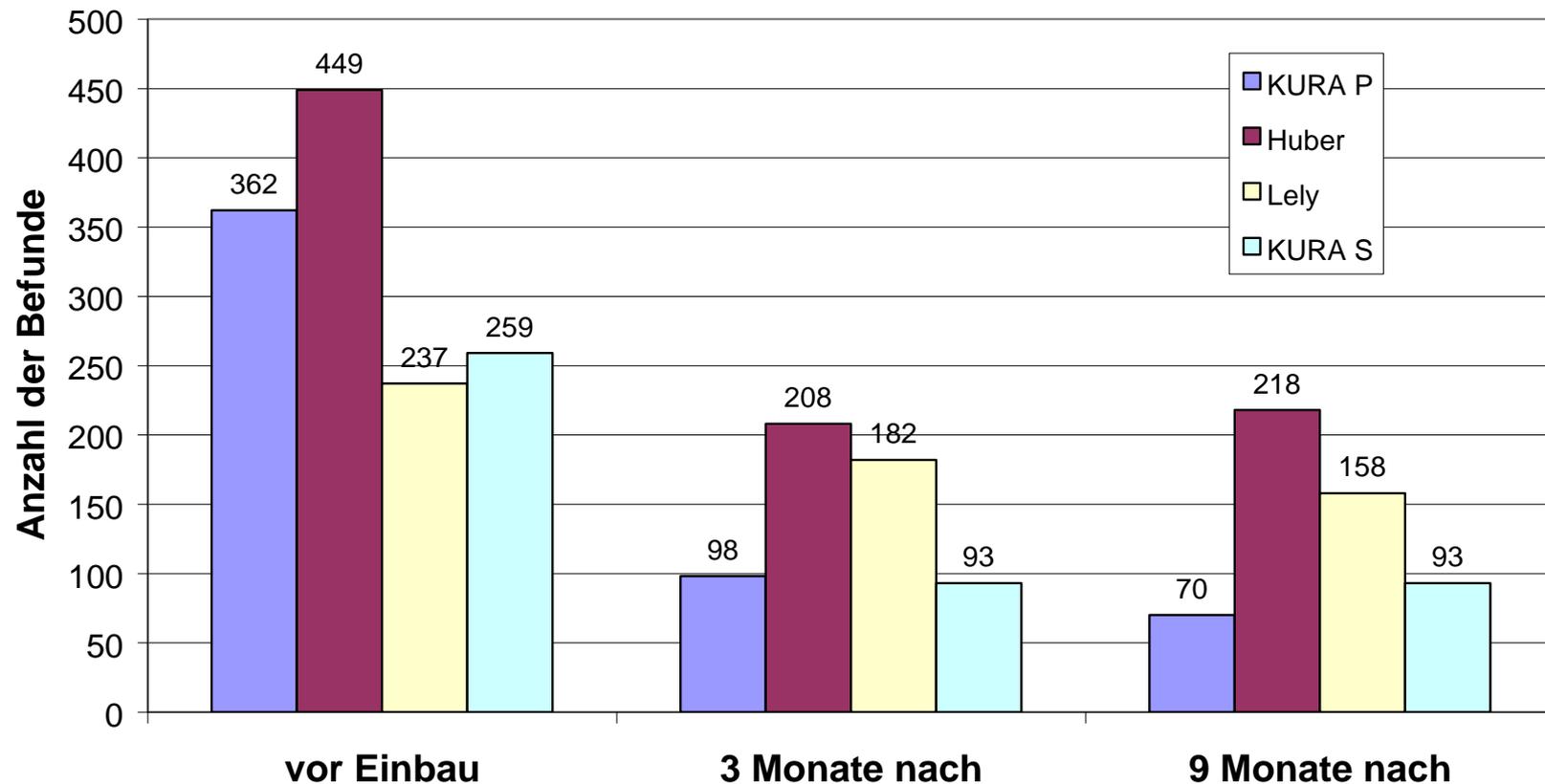


Gummibelag

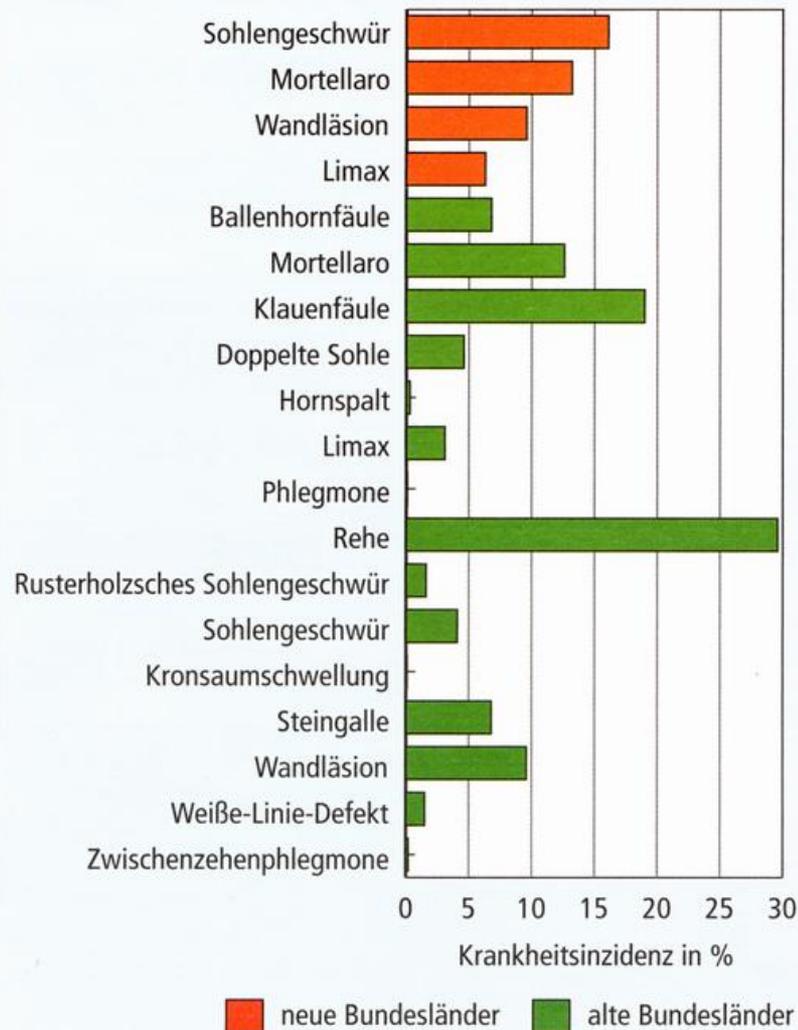
weniger mech. Klauenverletzungen

mechanisch-traumatische Befunde
bezogen auf 100 Kühe
vor, drei und neun Monate nach Einbau

Quelle: dlg-test



Infektiöse Erkrankungen bedeutsam



Ballenhornfäule und Limax auf elastischen Laufflächen häufiger

Kloo M. 2006

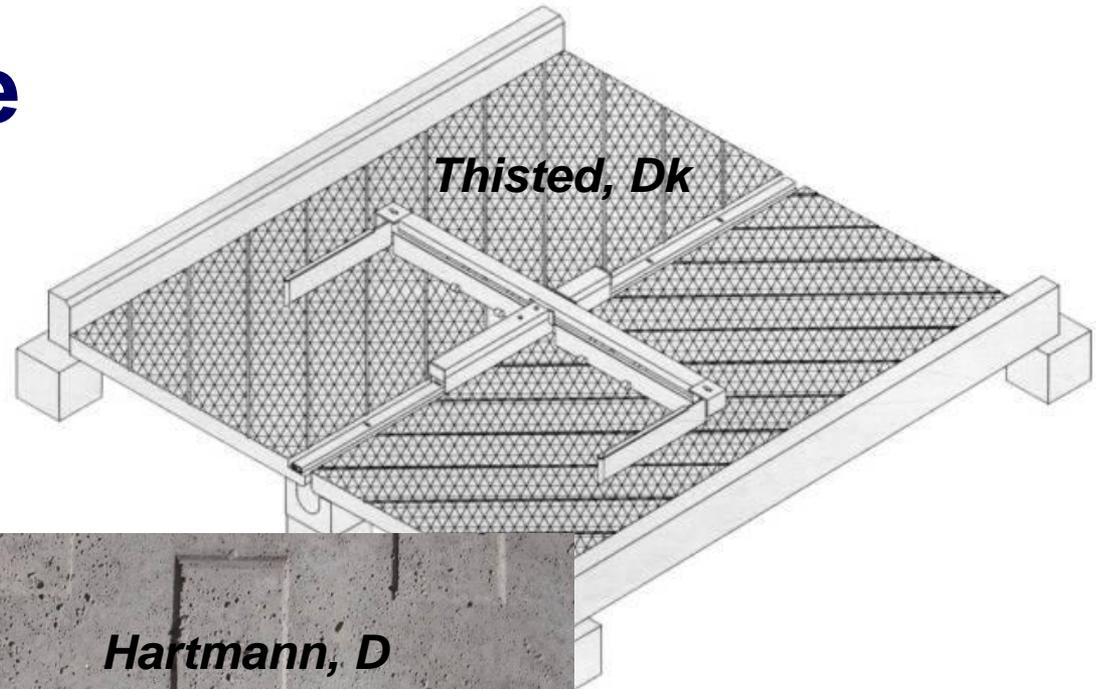
Mögliche Ursachen:

- Feuchtebedingungen
- ungünstige Belastungen des Zwischenklauenbereichs

Quelle: König S., Landmann D. 2006

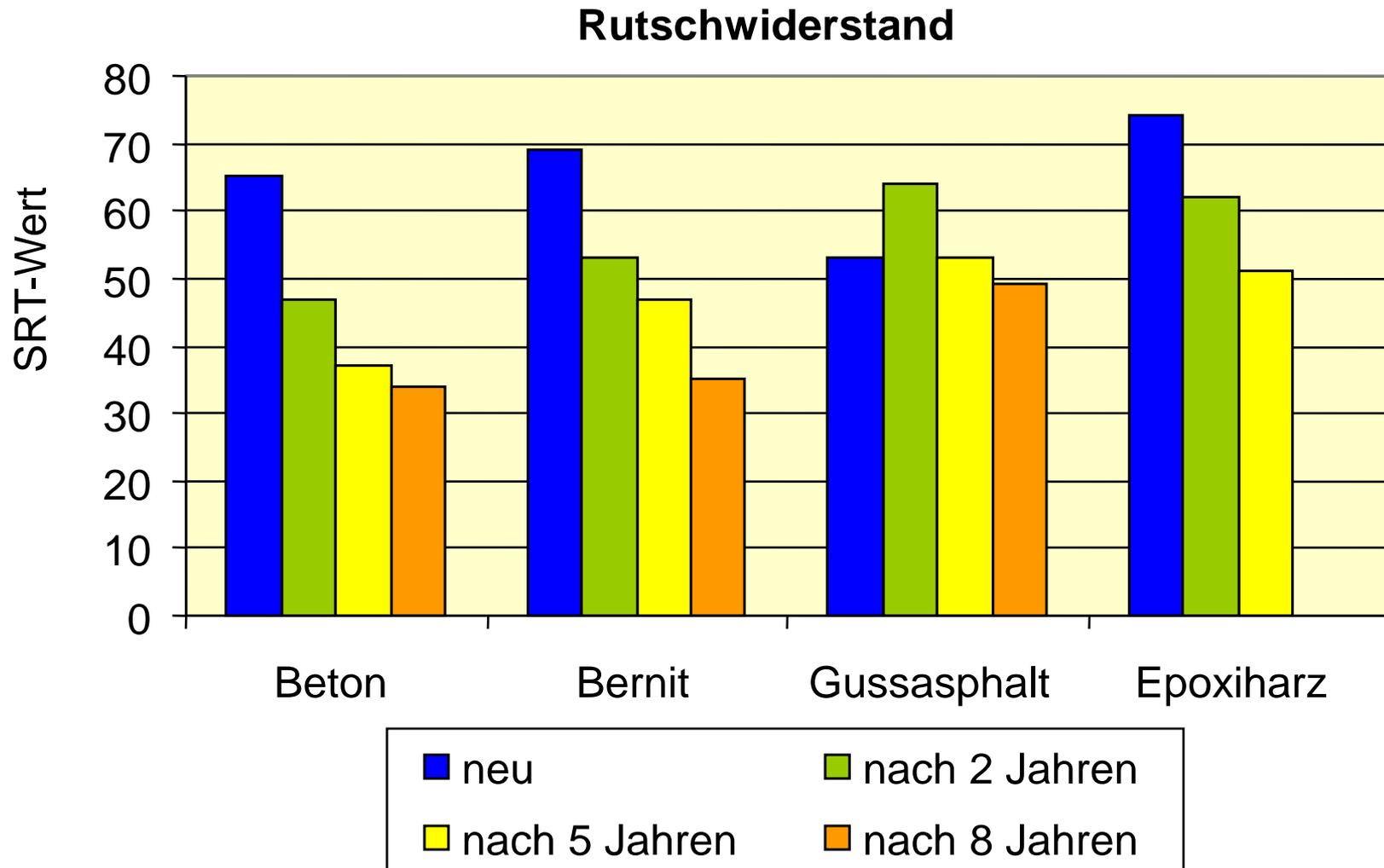
Betonelemente

- homogene, hohe Betonqualität
- optimales Profil
- gute Ebenheit



- Absätze / Kanten ?
- Rauheit der Zwischenflächen ?

Abnahme des Rutschwiderstandes



Planungsdaten Stallbau

- Liegeboxenmaße:
 - Einzelbox hoch: 2,60 - 2,70 m
 - Doppelbox hoch: 4,60 - 4,80 m
 - Einzelbox tief: 2,70 - 2,80 m
 - Doppelbox tief: 4,80 - 5,00 m
- Liegeboxenbreite: 1,20 m
- Gangmaße:
 - Fressgang plan: 4,00 m
 - Laufgang plan: 3,00 m
 - Fressgang Spalten: 3,60 m
 - Laufgang Spalten: 2,80 m

- Breite Übertrieb: $\geq 2,40$ m lichte Breite
- Liegeboxen nebeneinander: 12 - 15 (max.20) → keine Sackgassen
- Tränke, Kantenlänge: 8 - 10 cm/Kuh → 20 Kühe / 2m-Tränke,
besser: 2 x 1 m Tränke

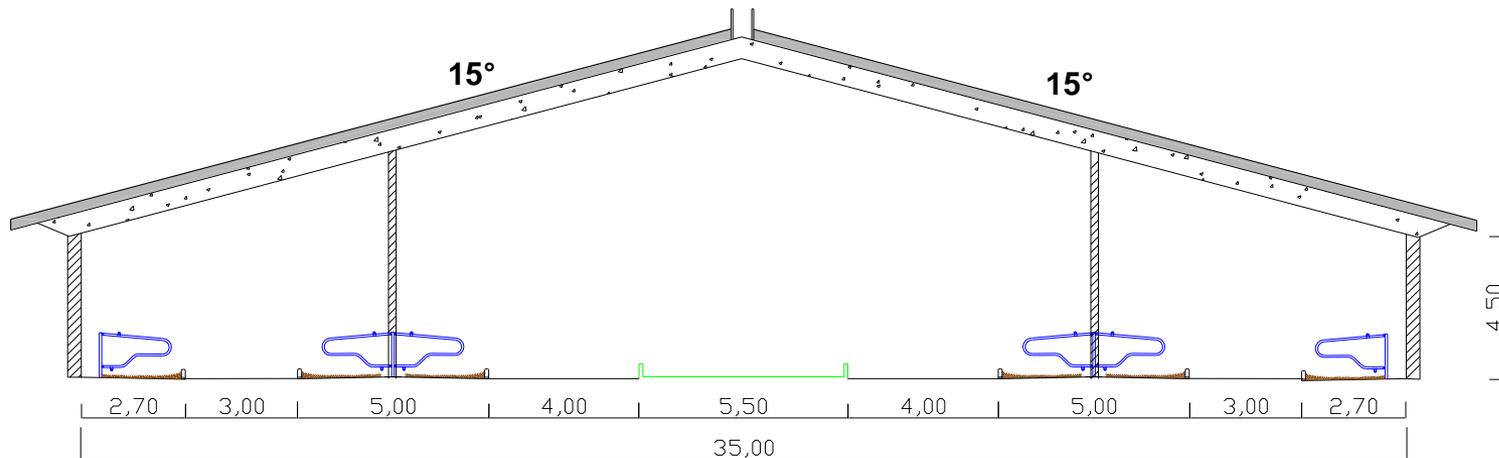
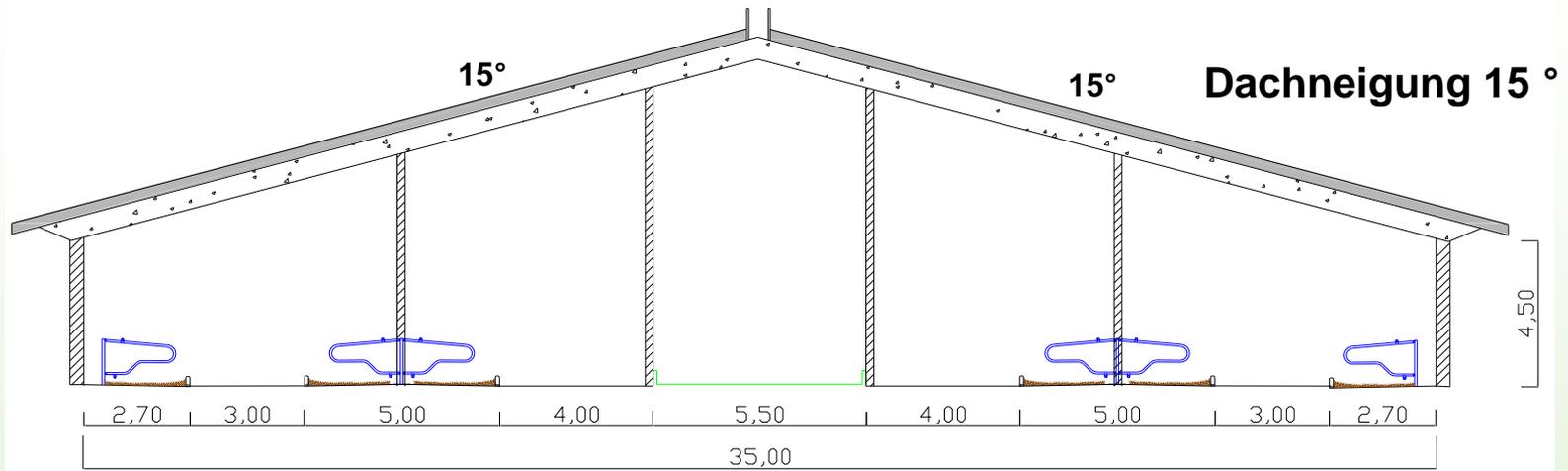
- Futtertischbreite: 5,50 – 6,00 m, mind. 2 x 1,20 m beschichtet
- Gruppengröße: 80 - 120 Kühe



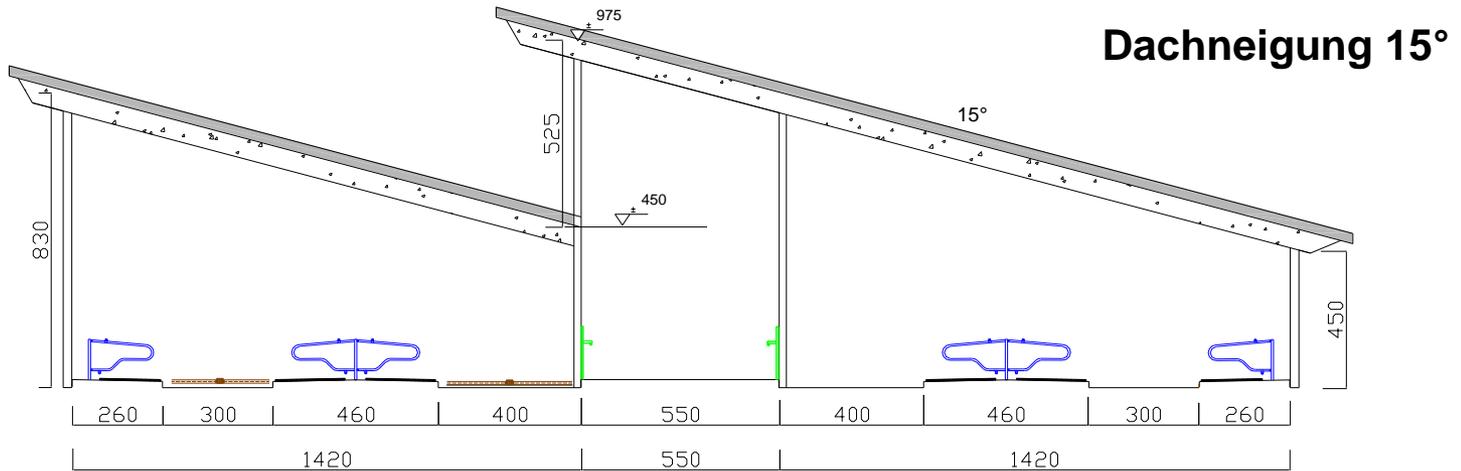
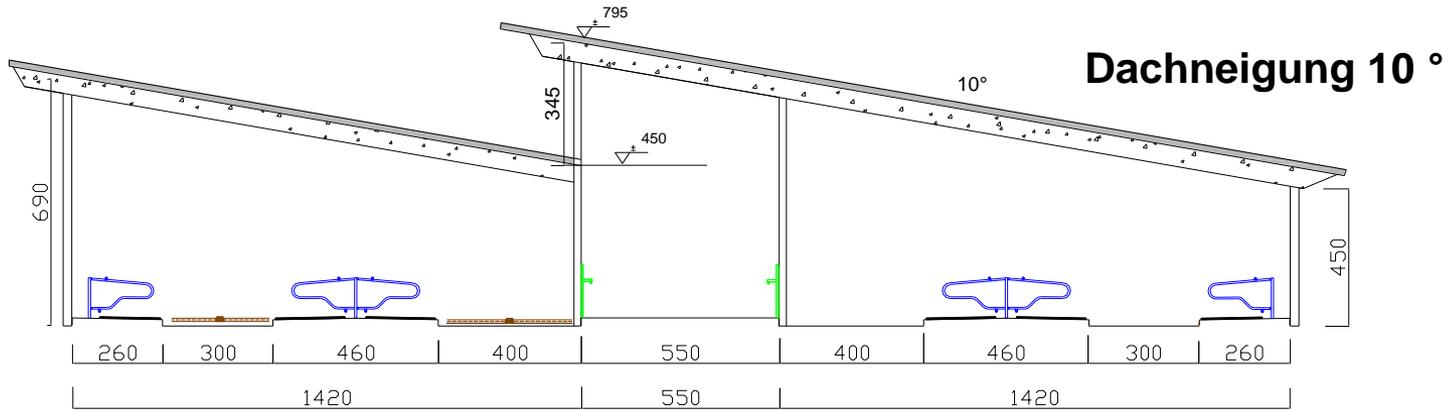
Stallbau



Gebäudekonstruktionen – 4 bzw. 2 Stützenreihen



Gebäudekonstruktionen – Sheddach



Planungsdaten Stallbau

- Traufhöhe: $\geq 4,50$ m
- Dachneigung: $10..15^\circ$
- Firstschlitzbreite: $0,3 - 0,5$ m ($0,1 \text{ m}^2/\text{Kuh}$)
- Tragwerk: Stahl oder Leimholz → Preis
- Dacheindeckung: Faserzementplatten (naturgrau, weiß)
Trapezblech → Tropfwasserbildung ?
Sandwichelemente → ca. $15\text{€}/\text{m}^2$ teurer
 - keine durchlaufenden Lichtbänder !!!
 - Verzicht auf Firstabdeckung !!!
- Stirnwandbekleidungen: Trapez(loch)blech, Spaceboard
- Tore: Futtertisch → Sektionaltore
Laufgänge → Netzrolltore, Schiebetore



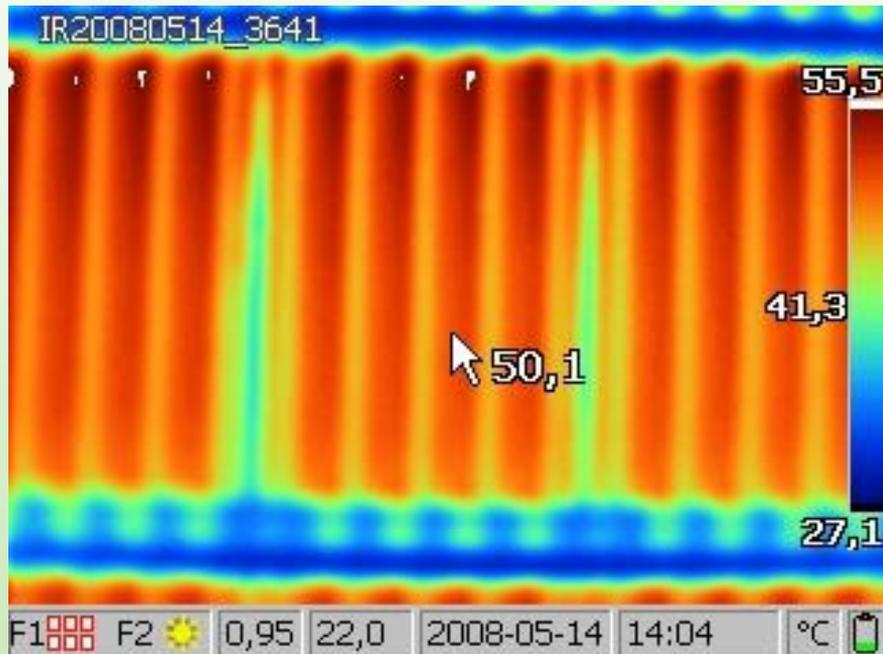
Planung Stallbau – gelochtes Trapezblech



Temperaturverhalten von Wellfaserzementplatten

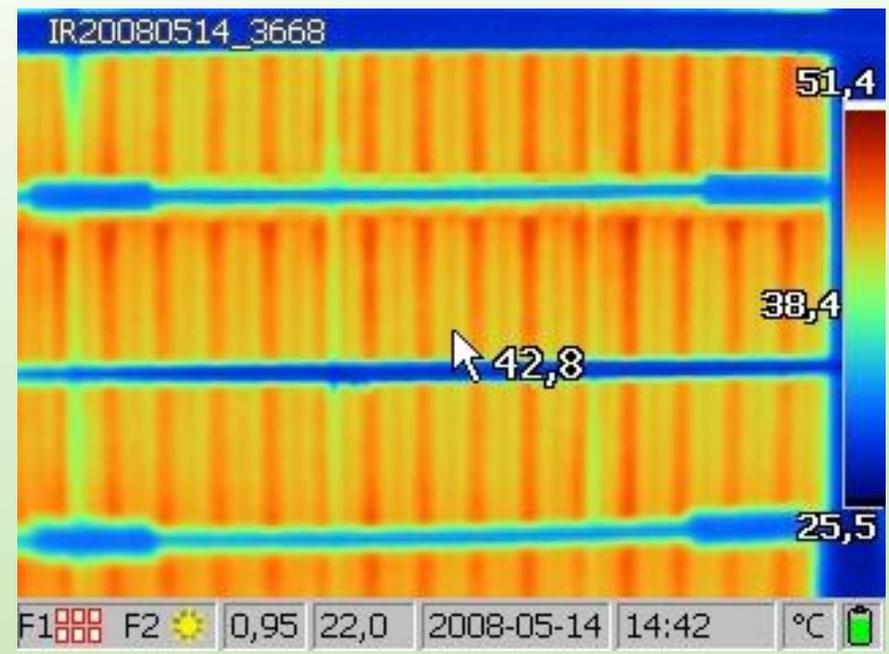
Außentemperatur: 21,8 C, Windgeschwindigkeit 1-1,4 m/s, Globalstrahlung: 515 – 382 W

Rote Platten (Westseite)



Mittl. Temperatur: 49,9 °C

Naturgraue Platten (Westseite)

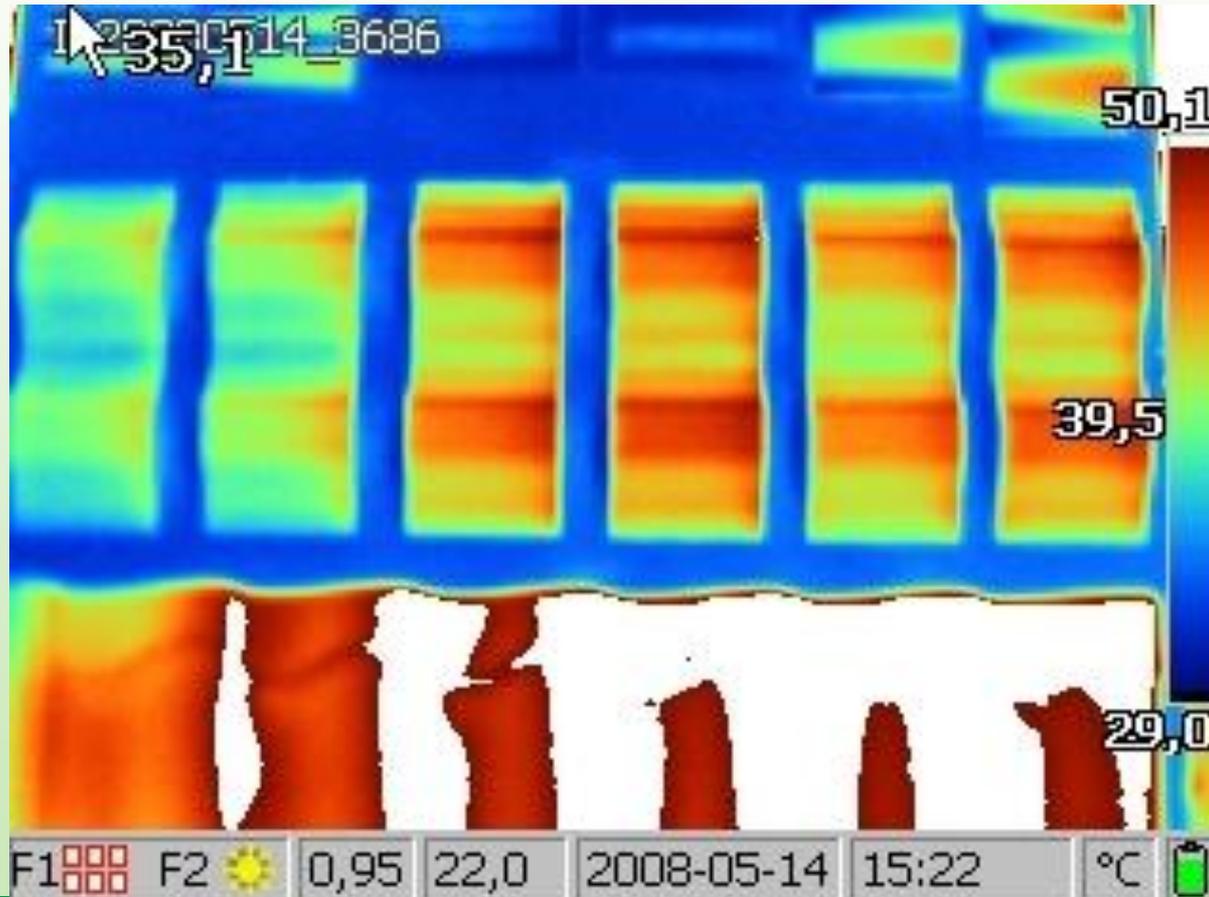


Mittl. Temperatur: 46,2 °C

Temperaturverhalten von Wellfaserzementplatten

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**



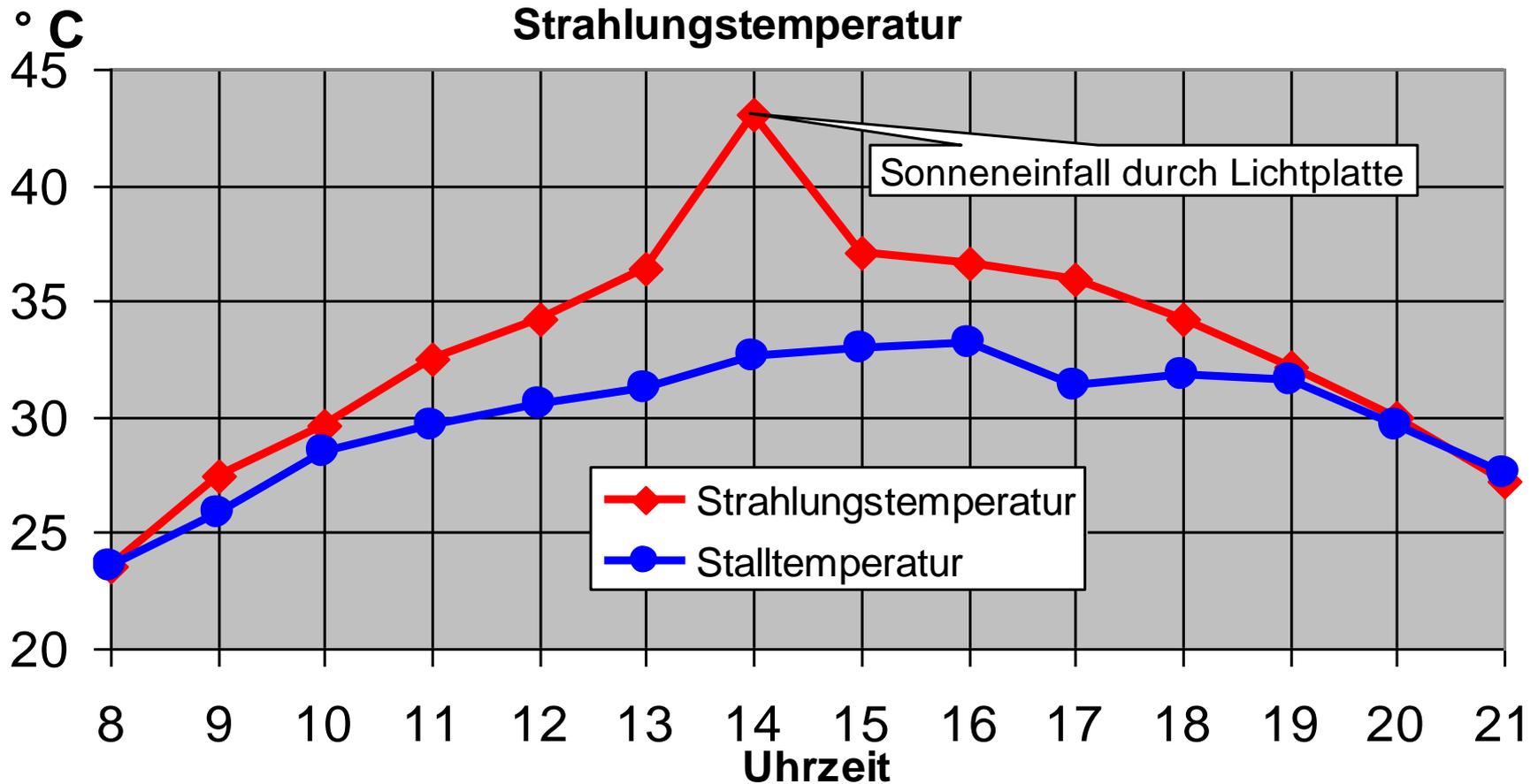
Wärmeeintrag durch ungedämmte Dächer und resultierende Luftrate je Kuh

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)



Quelle: Rudovsky



Anordnung von Lichtplatten



Empfohlene Zu- und Abluftflächen für Milchkühe

Leistung > 8.000 kg Milch/Jahr, Außenwindgeschwindigkeit 1 m/s

Wärme gedämmter Stall

einzelnd stehend Queranströmung	von anderen Gebäuden beeinflusst bzw. ungünstige Lage
0,20 m²	0,30 - 0,40 m²

Außenklimastall

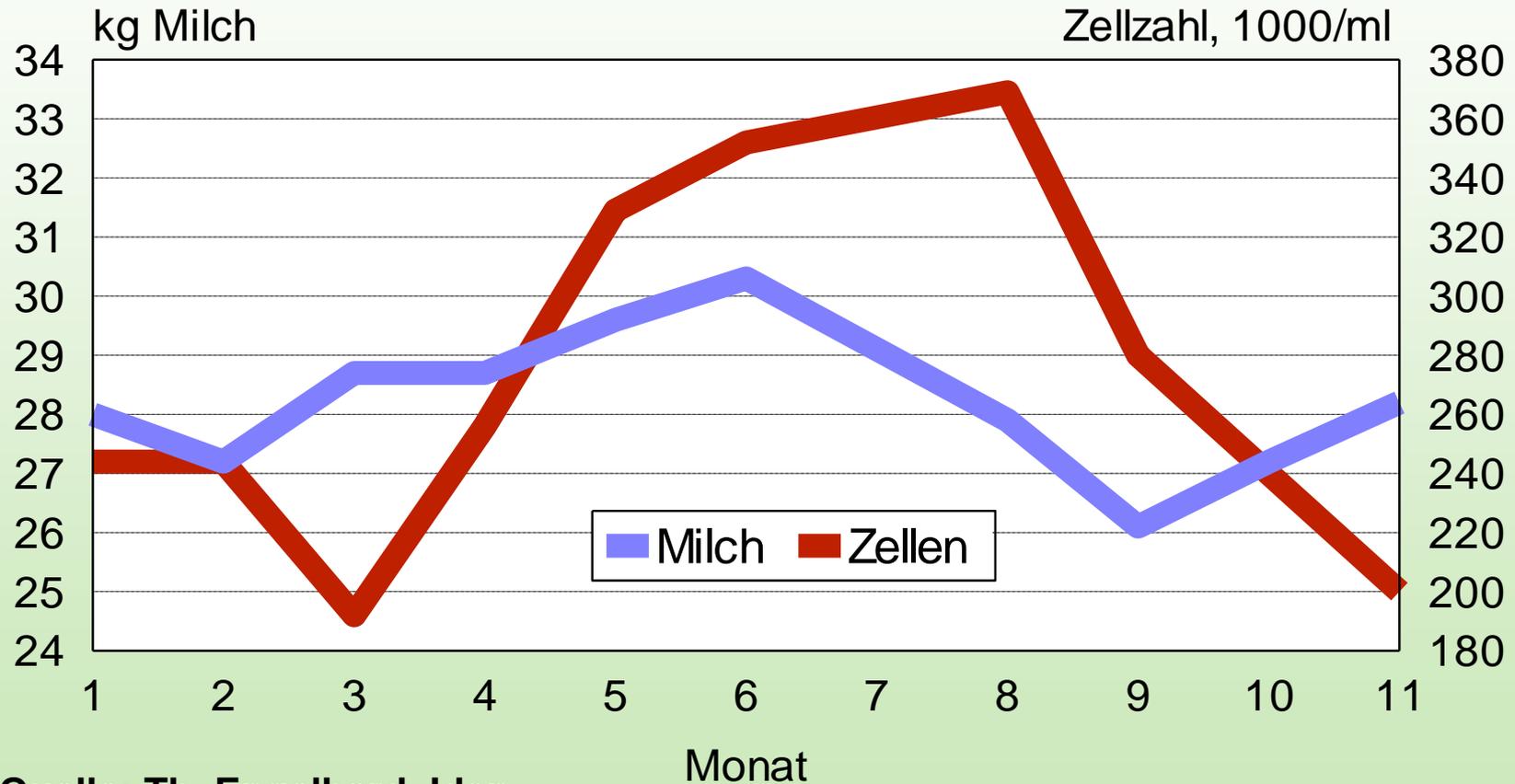
einzelnd stehend Queranströmung	von anderen Gebäuden beeinflusst bzw. ungünstige Lage
0,40 m²	0,60 - 0,80 m²



Wärmebelastung (Hitzestress) im Kuhstall

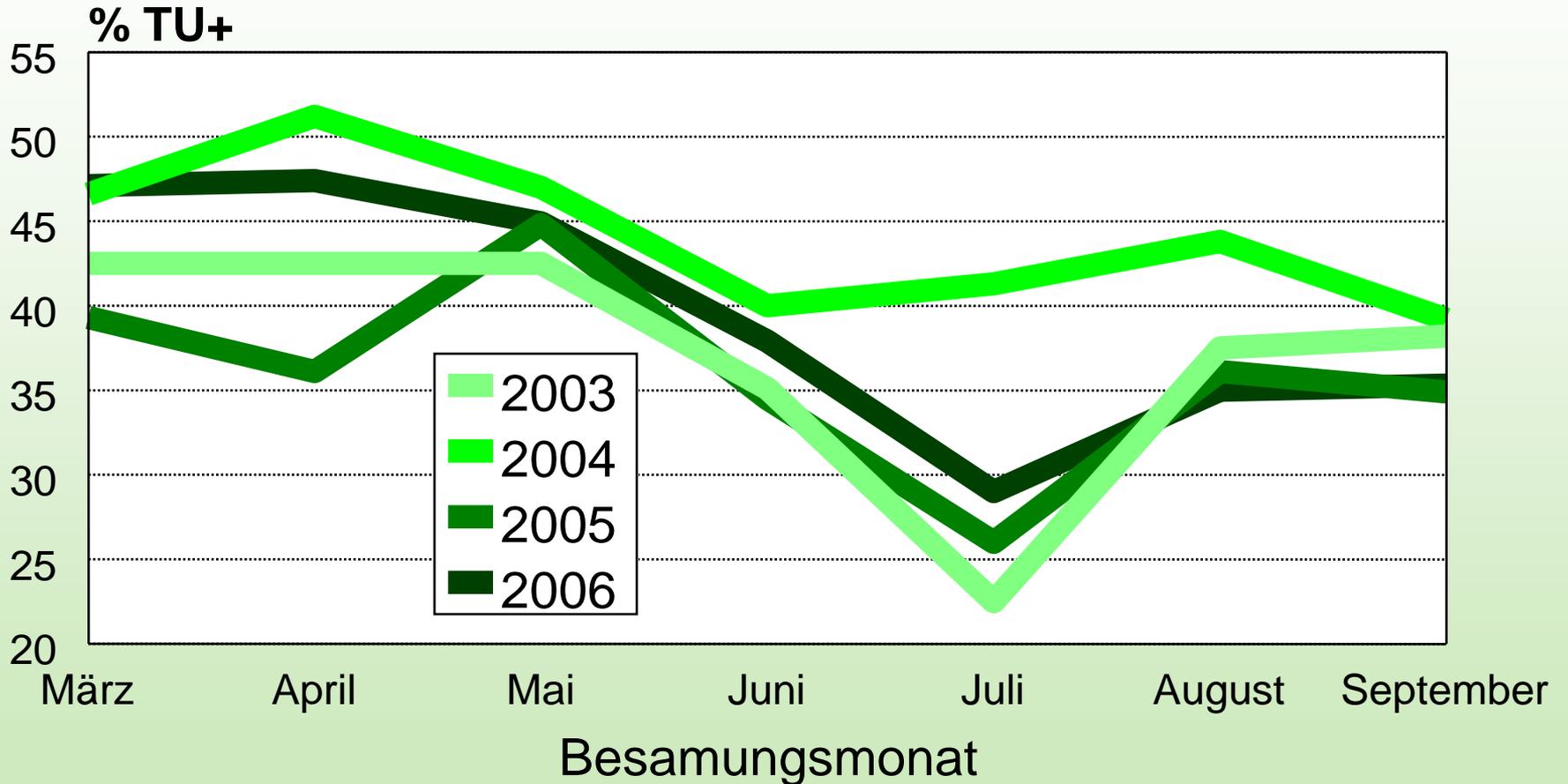


Melkdurchschnitt und Zellzahl (MLP) im Jahr 2006 in einem Praxisbetrieb in Sachsen-Anhalt



Quelle: Th. Engelhard, Iden

TU-Ergebnisse im Bestand der LLFG Iden



Quelle: Th. Engelhard, Iden

Wärmeproduktion und Wasserdampfabgabe einer Hochleistungskuh (10000 kg Milch je Jahr) im ersten 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

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 (nach amerikanischen Angaben):

- 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

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	

Quelle: Tennis Marx 2004

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

Quelle: nach R. Barnwell (1997)

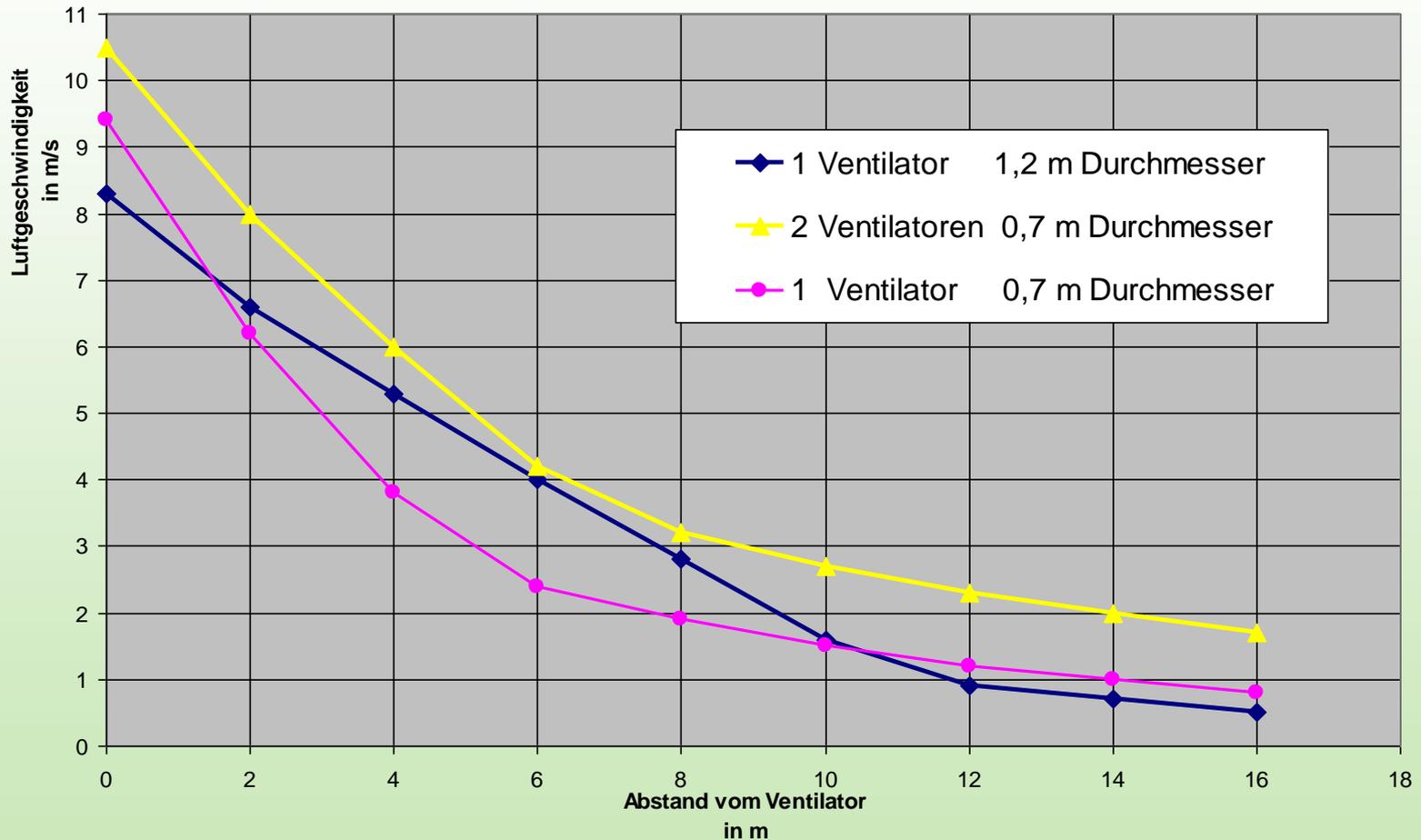
Anordnung von Einzelventilatoren



Anordnung von Ventilatoren im Block



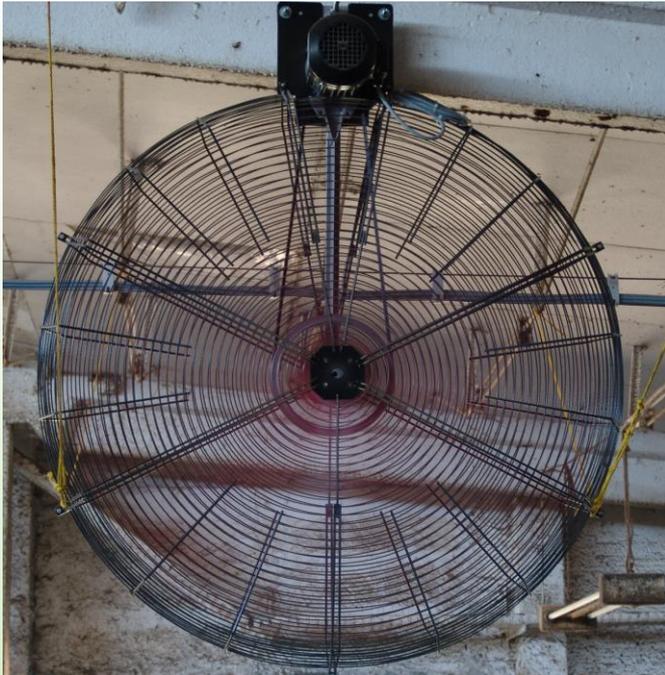
Wurfweite von Ventilatoren



Anordnung von Ventilatoren im Block



Ventilatoren im Energievergleich



Multifan 130



Ziehl-Abegg FE 071



Multifan TB6E50Q

Big-ASS-Fan 20 feet



Weitere Ventilatoren im Energievergleich



Termotecnica EOR 50



Gigola & Riccardi ES 140

Energiekostenvergleich für einen Stall mit 320 Kuhplätzen

(Einsatzzeit: 1500 h/a, Energiekosten: 15 ct/kWh, Nutzungsdauer: 8 Jahre)

Hersteller	Ventilator typ	Anzahl	Energiebedarf kW/Fan	kW gesamt*	Energiekosten gesamt in €	Energiekosten/TP*a in €	theor. Mehrinvest. in €
Vostermans -	Multivan 130	10	1,286	12,9	2902	9,07	0
		18	1,286	23,1	5197*	16,24	0
Termotecnica	EOR 50	10	1,170	11,7	2632	8,23	2160
		18	1,170	21,1	4747	14,84	3600
Gigola & Riccardi	ES 140 R/R	10	1,107	11,1	2497	7,80	3240
		18	1,107	19,9	4477	13,99	5760
Vostermans (de Laval)	DF 710	16	0,500	8,32	1872	5,85	8244
		22	0,500	11,44	2574	8,04	20988
Ziehl - Abegg	FE 071-6DQ	16	0,445	7,1	1597	4,99	10440
		22	0,445	9,8	2205	6,89	23940
Multivan	TB6E50Q	24	0,280	6,7	1507	4,71	11160
		30	0,280	8,4	1890	5,91	26460
		38	0,280	10,6	2385	7,45	22500
Big-ASS-Fan	6,10 m 4,27 m	4	1,100	4,4	990	3,09	15300
		8	0,750	6,0	1350	4,22	30780

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 – 05.11.07 ~ 5 Jahre

Verbrauch gesamt:	49098 kWh
Verbrauch je Jahr	9820 kWh
Verbrauch je Kuh* a	31,2 kWh
Verbrauch je Kuh* d (maximal)	0,71 kWh
Stromkosten/Jahr (15 ct/kWh)	1473,00 EUR
Stromkosten/Kuh	4,68 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	5,00	EUR
Summe	12,15	EUR
Milchleistungserhöhung 120 l	36,00	EUR
Fruchtbarkeitsverbesserung	15,00	EUR
Senkung der Reproduktionsrate	?	

⇒ **Ergebnis:**

38,85 EUR + X

Stallbeleuchtung



Beleuchtung – Energieeffizienz der Leuchtmittel



Lichtausbeute		
		Umrechnungs-faktor
Glühlampe	15 lm/W	4
Energiesparlampe	60 lm/W	1
Leuchtstofflampe (Standard)	60 lm/W	1
Leuchtstofflampe (3 Banden)	85 lm/W	0,7
Metall dampflampe	85 lm/W	0,7
Natriumdampflampe	120 lm/W	0,5

Lichtregime im Kuhstall

Voraussetzung:

- 200 Lux im Tierbereich
- 16 h Tagphase, 8 Stunden Nacht

Nutzen (nach Literatur):

- Leistungssteigerung von 5 – 15 %

Probleme:

- Trockensteher brauchen Kurztag
- Wirksamkeit bei 3 x Melken ???
- Fruchtbarkeit ???
- Kosten ???

Beleuchtung - Metalldampflampen



Energieverbrauch Beleuchtung

Kuhstall 320 Plätze, Stromkosten 0,15 €/kWh

	Leuchtstofflampen (Standard)		Leuchtstofflampen (3 Banden)		Halogen- Metaldampf- lampen		Natriumdampf- lampen	
Variante								
Beleuchtungsstärke (Lux)	50	80	50	80	80	150-200	80	150-200
Install. Leistung W/m ²	3	5	2,1	3,6	3,2	5	1,3	3,3
Anzahl Lampen	136	228	98	162	28	50	22	36
Leistung je Lampe (W)	58	58	58	58	250	250	250	250
Install. Leistung gesamt (kW)	7,9	13,2	5,7	9,4	7,0	12,5	5,5	9,0
Beleuchtungsdauer (h/a)	900	900	900	900	900	1600	900	1.600
Stromkosten gesamt (€)	1.065	1.785	767	1.268	945	3.000	743	2.160
Stromkosten / Kuhplatz (€)	3,33	5,58	2,40	3,96	2,95	9,38	2,32	6,75

Verfahrenskosten Beleuchtung

Kuhstall 320 Plätze, NND 20 Jahre; Stromkosten 0,15 €/kWh

	Leuchtstofflampen		Leuchtstofflampen (3 Banden)		Halogen- Metalldampf- lampen		Natriumdampf- lampen	
	50	80	50	80	80	150-200	80	150-200
Beleuchtungsstärke (Lux)	50	80	50	80	80	150-200	80	150-200
Lebensdauer d.Lampen (h)	7.500	7.500	15.000	15.000	16.000	16.000	16.000	16.000
	€/Tierplatz	€/Tierplatz	€/Tierplatz	€/Tierplatz	€/Tierplatz	€/Tierplatz	€/Tierplatz	€/Tierplatz
Investitionen	17,80	29,60	12,80	21,20	33,25	59,40	26,10	42,75
Abschreibung	0,89	1,48	0,64	1,06	1,66	2,97	1,07	2,14
Instandhaltung Material	0,11	0,18	0,06	0,08	0,13	0,38	0,03	0,28
Instandhaltung Arbeit *	0,53	0,89	0,38	0,63	0,11	0,20	0,09	0,14
Stromkosten (€)	3,33	5,58	2,40	3,96	1,69	9,00	1,52	6,75
Kosten gesamt	4,86	8,13	3,48	5,74	3,59	12,55	2,71	9,31
* 5 min/Lampe u. Jahr; 15€/Std								

Licht im Kuhstall

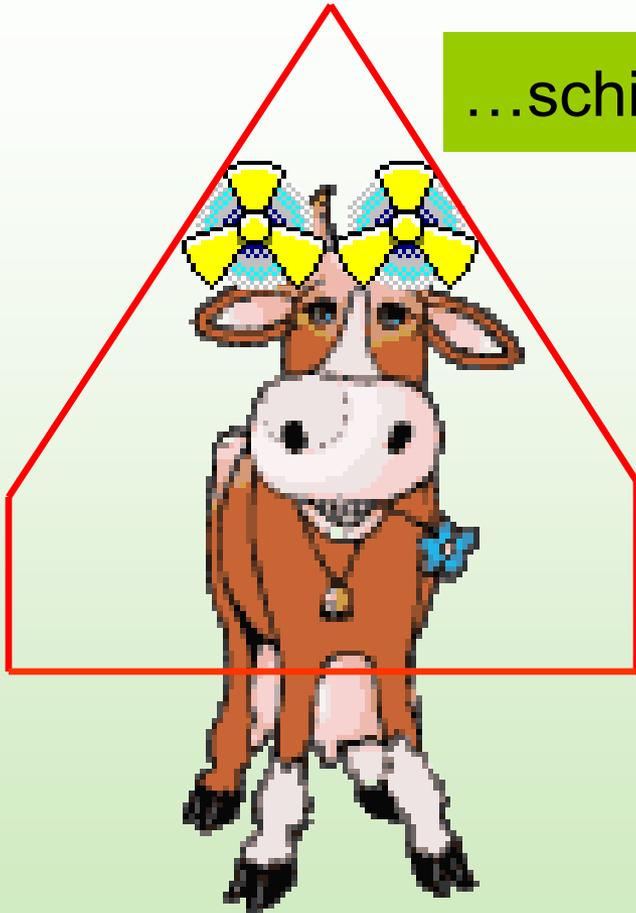
Konsequenzen für den Stallbau:

- **Mindestbeleuchtungsstärke im Stall = 80 Lux**
- **Gasdampflampen sind positiv zu beurteilen**
- **Lichtregime sind an Voraussetzungen geknüpft**

Lichtregime sind ab einer Leistungssteigerung von ca. 50 kg/Kuh *a kostendeckend !

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

...schicken wir die Kühe zum Camping...



Quelle: Puckhaber

...ans Wasser !