

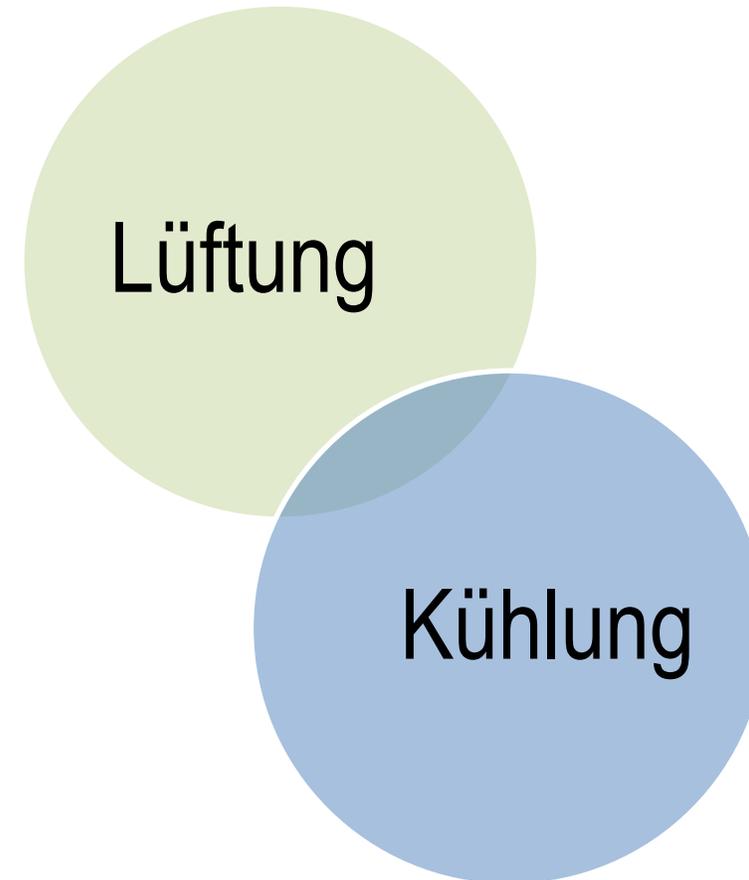
Optimale Lüftung und Kühlung in Milchviehställen

Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Johannes Zahner

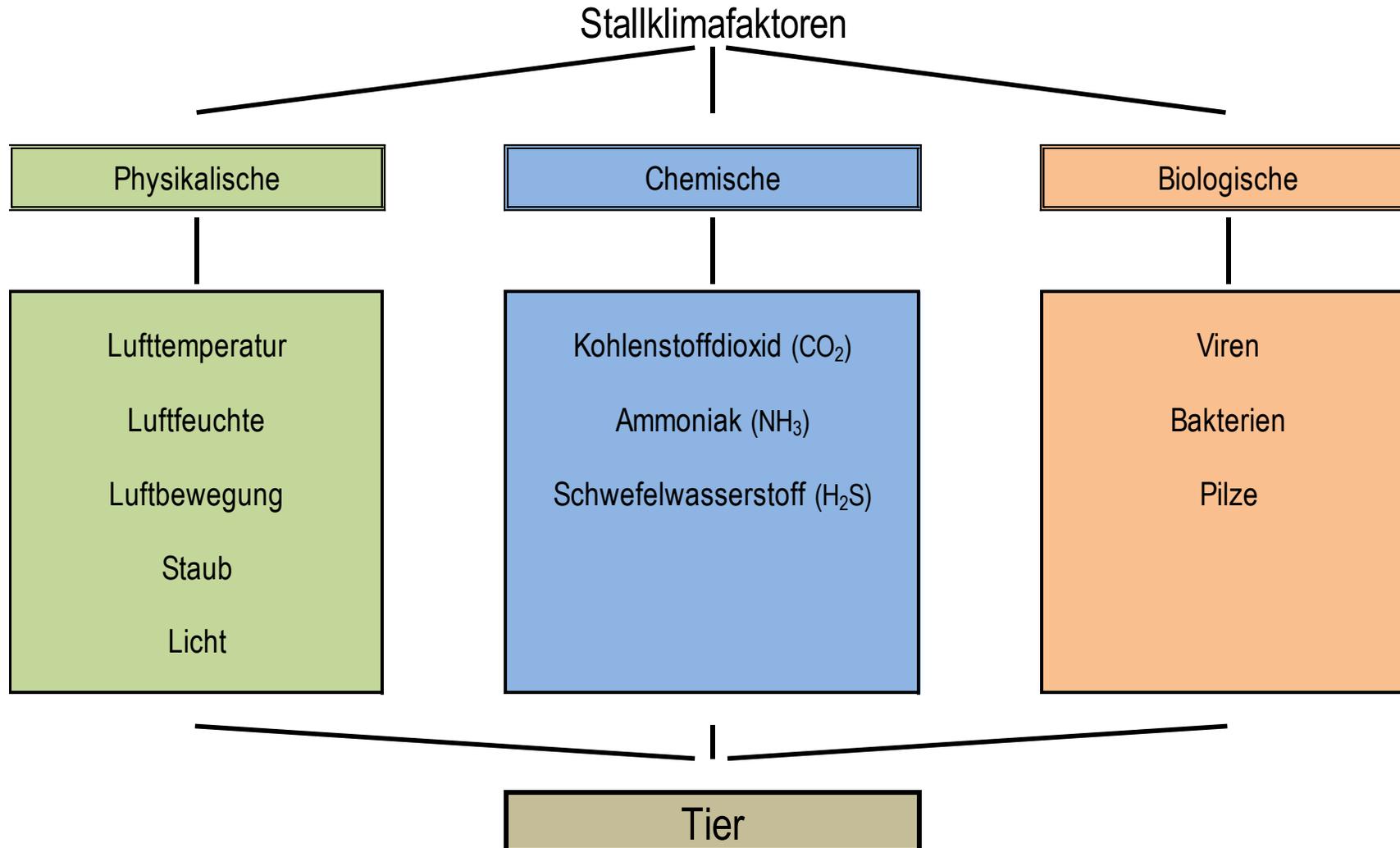
An den kleinen Schrauben drehen –
Erfolgreiche Milchproduktion ohne große Investitionen
am 26. Januar 2022

Gliederung

1. Lüftung
 2. Natürliche Lüftung
 3. Mechanische Lüftung
3. Kühlung
 4. Bauliche Möglichkeiten
 5. Ventilatoren
 6. Verdunstung



Grundlagen Stallklima



Optimaler Bereich 60 – 80 %

- > 90 %
 - Bei **hoher** Temperatur: Behinderung der Wärmeabgabe,
 - Hitzschlag
 - Bei **niedriger** Temperatur: Erhöhte Wärmeabgabe,
 - Unterkühlung

- < 50 %
 - Führt zum Austrocknen der Haut, insbesondere der Schleimhäute, Förderung von Atemwegserkrankungen

Schadgase - Maximalkonzentrationen

Schadgas	AGW (D) [ppm]	Tiersch- NutzV* [ppm]	Empfehlung** [ppm]	Geruchs- schwelle [ppm]	Dichte [kg/m ³]
Kohlendioxid (CO ₂)	5.000	3.000	2.000	geruchlos	1,83
Ammoniak (NH ₃)	20	20	10	5	0,71
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	5	5	0,5	0,1	1,42
Luft					1,20

* § 6 Allgemeine Anforderungen an das Halten von Kälbern in Ställen

** Nach „Scientific Veterinary Committee (1997), angepasst

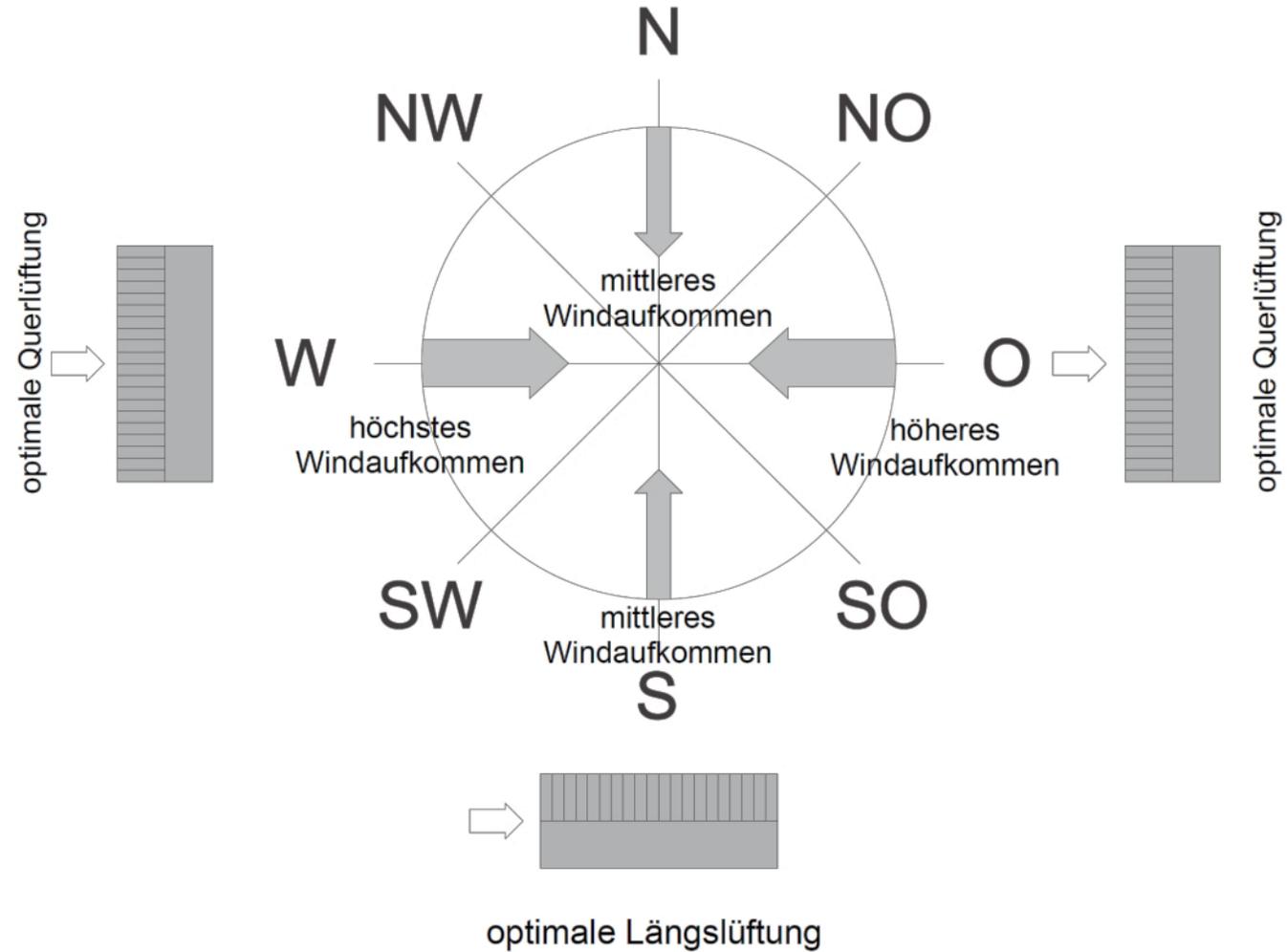
- **Im Winter:**
 - Lufttemperatur
 - Luftfeuchtigkeit in einer bestimmten Bandbreite zu halten
 - Grenzwerte für Schadgase nicht überschreiten

- **Im Sommer:**
 - Einhaltung der Luftqualität
 - Wärmeabtransport

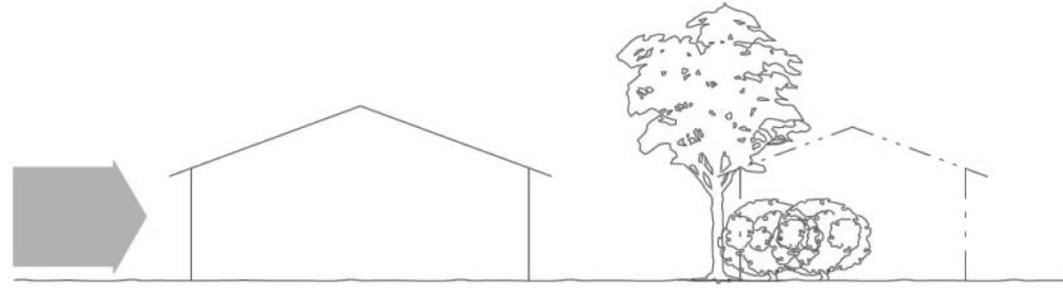
Luftraten (geschlossene, wärmegeämmte Stallanlagen)

	Milchleistung [kg]	Durchschnitt	1. Laktations- drittel	2. Laktations- drittel	3. Laktations- drittel	Trockensteher
Mindestluftwechsel [m³/h]						
	8.000	102	106	98	103	104
	10.000	107	112	102	102	102
	12.000	114	124	124	112	112
Sommerluftwechsel [m³/h]						
30 °C Δt = 4 K	8.000	328	339	313	328	333
	10.000	342	361	330	339	333
	12.000	368	401	361	360	333
20 °C Δt = 4 K	8.000	584	602	560	585	593
	10.000	608	639	589	603	593
	12.000	651	706	640	637	593

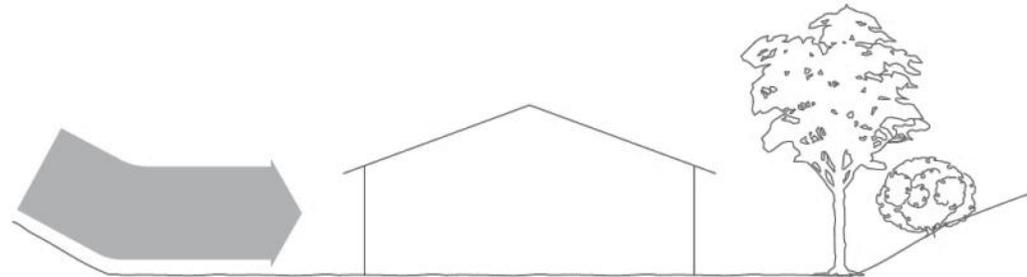
700 kg LM, nach DIN 18910



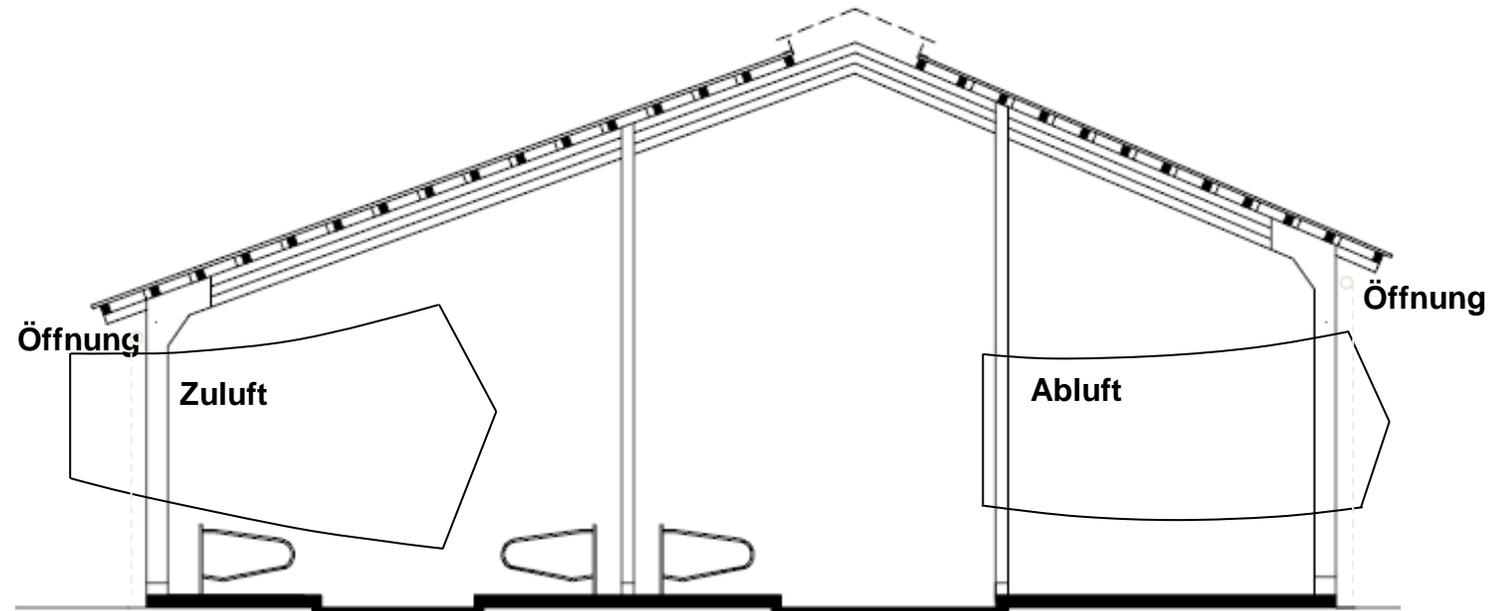
Hauptwind-
richtung



Hauptwind-
richtung

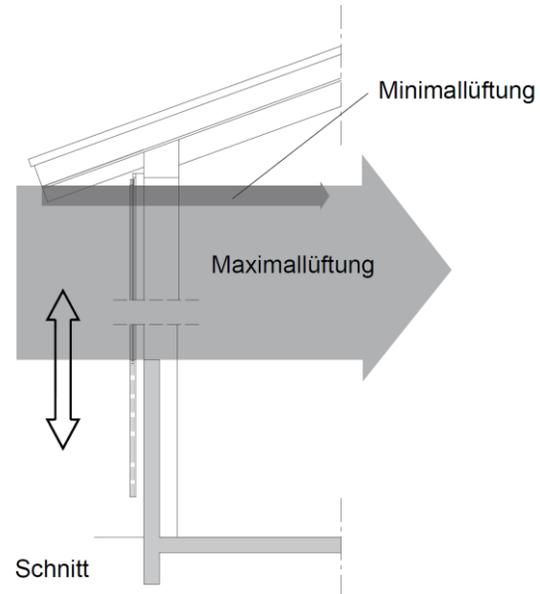


Querlüftung

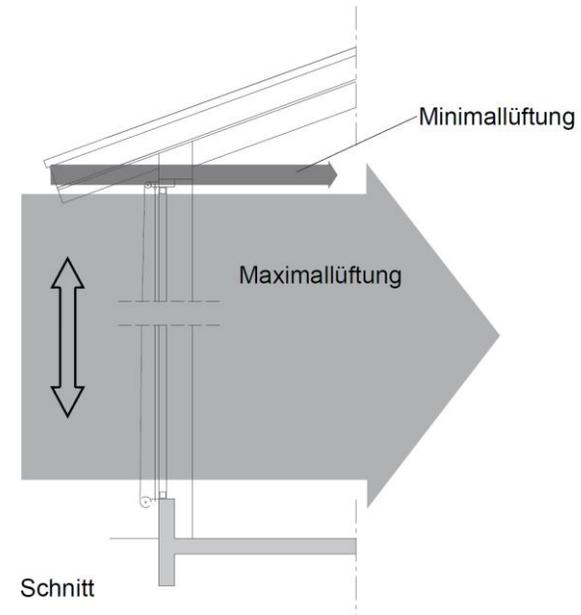


- Erfordert Wind
- Erfordert Ausrichtung des Gebäudes zur Hauptwindrichtung

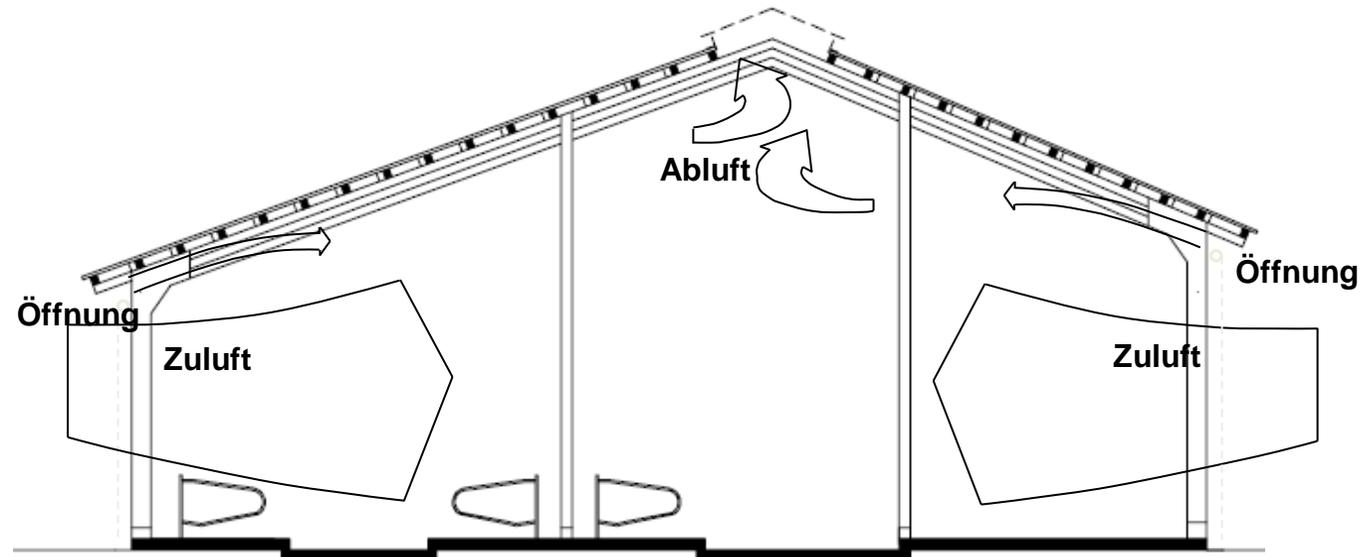
Hubfenster



Wickelsysteme



Trauf-First-Lüftung



- Erfordert Temperaturdifferenz zwischen den Luftschichten
- Erfordert Aufwärmen der Luft im Stall

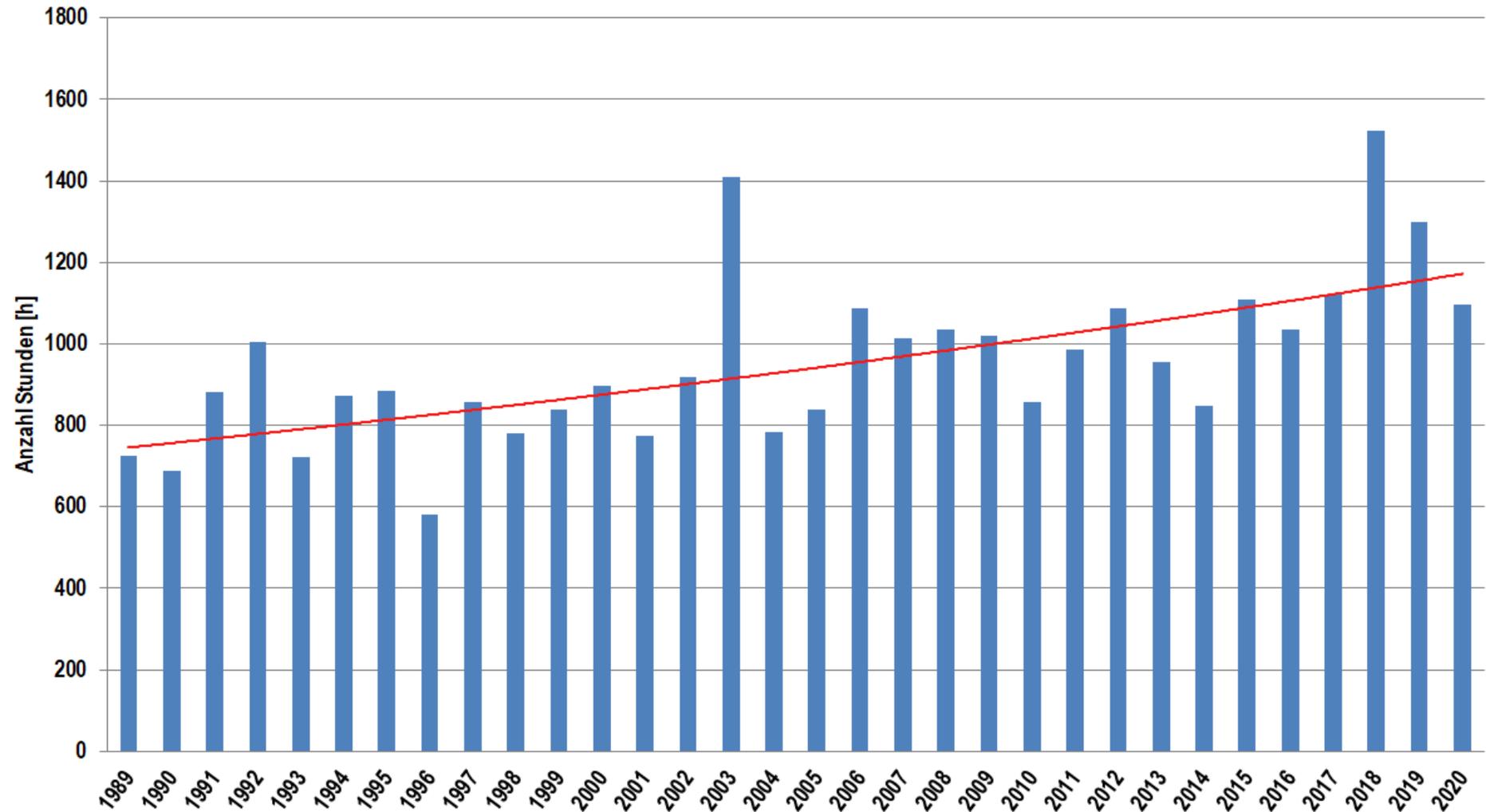
- In schlecht gelüfteten Ställen:
 - Reduzierung der relativen Luftfeuchtigkeit
 - Verbesserung der Luftqualität



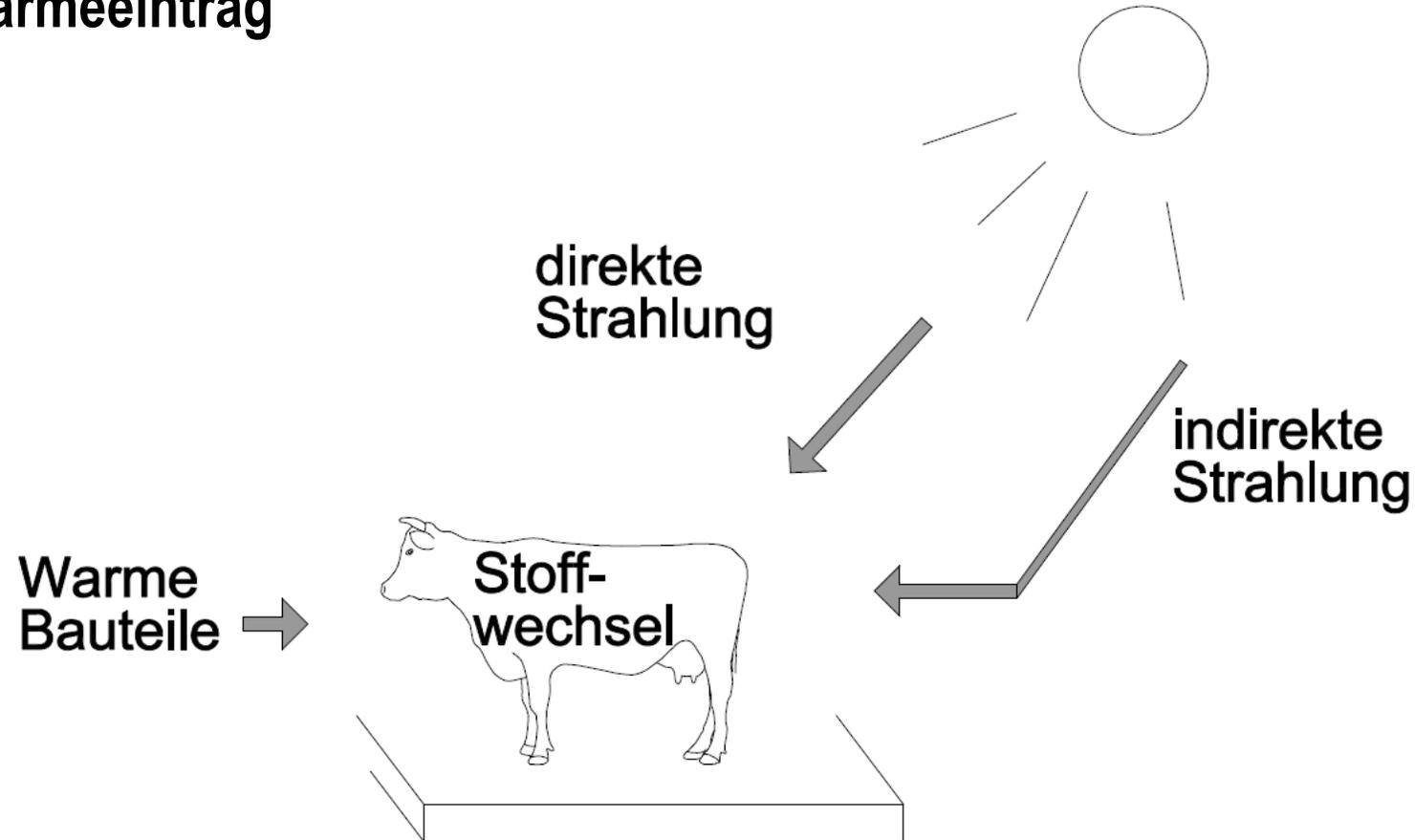
Lüftung

Kühlung

Anzahl Stunden mit THI ab 68



Wärmeeintrag

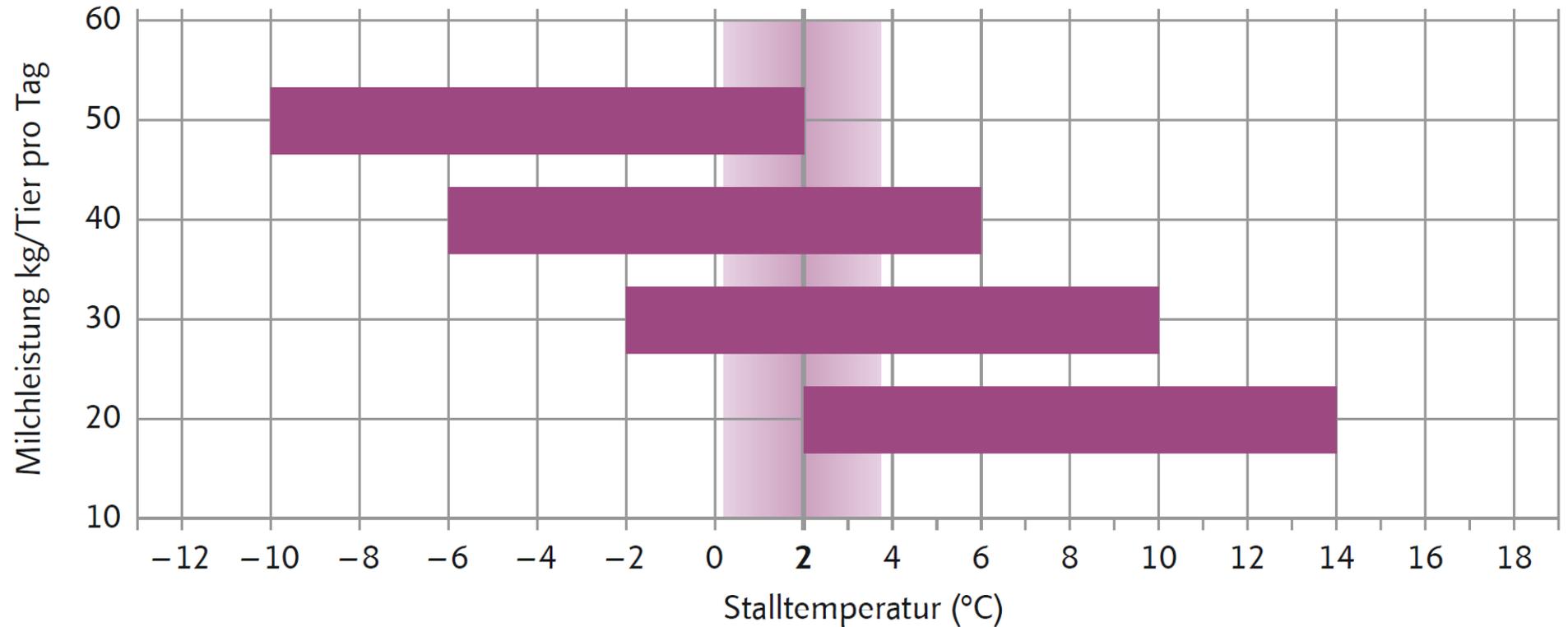


Umgebungs- temperatur in ° C	Gesamtwärme- produktion in Watt	Wärmeabgabe (sens. Wärme) in Watt	Wasserdampfproduktion (latente Wärme) in g/h
-10	ca. 3500	ca. 2800	ca. 1054
0	ca. 2200	ca. 1800	ca. 650
10	1800	1400	600
20	1730	1120	880
30	1650	540	1640
35	1490	60	2100

Berechnung nach DIN 18910 für Kühe mit 10.000 kg Milchleistung pro Jahr

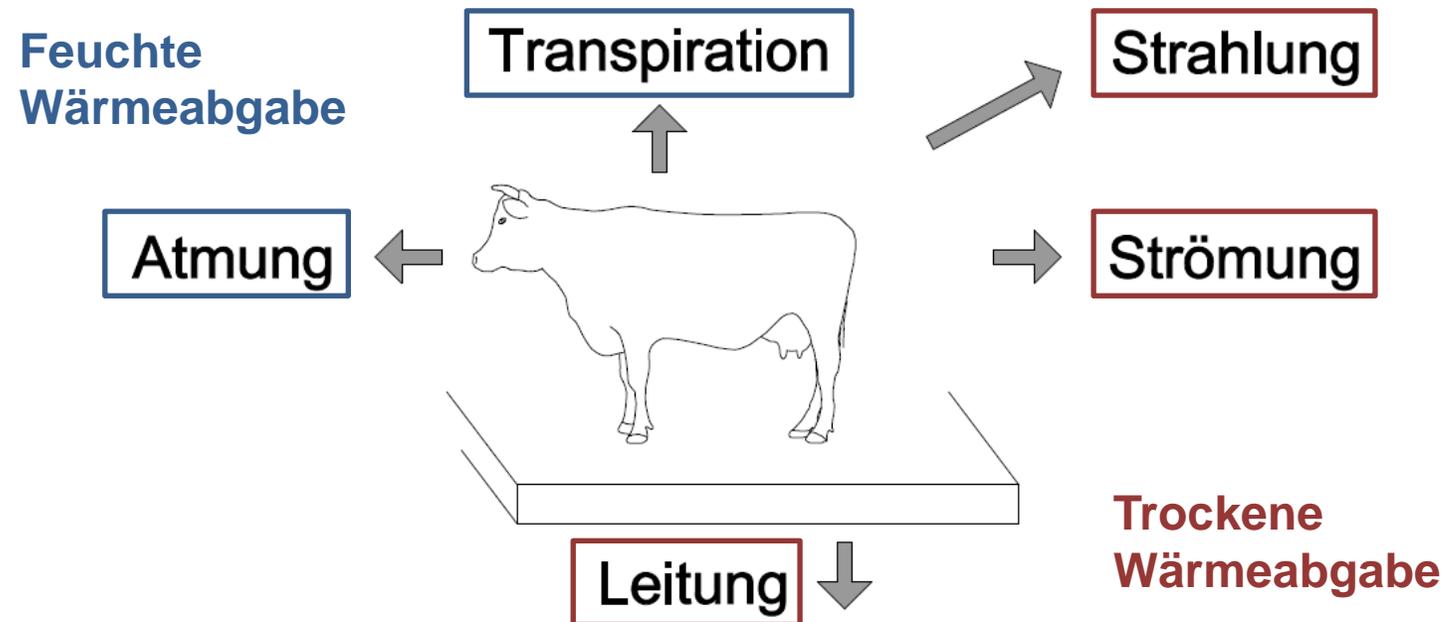
- hohe Stoffwechselleistung
 - hohe körpereigene Wärmeproduktion
(ca. 31 % der aufgenommenen Energie in Wärme umgesetzt)
- Mit steigender Milchleistung erhöht sich die Wärmeproduktion
- Thermoneutrale Zone =
 - thermischer Bereich in dem sich die Milchkuh am wohlsten fühlt;
 - kaum Energie zur Regulierung der Körpertemperatur nötig

Abbildung 3: Optimaler Temperaturbereich von Milchkühen in Abhängigkeit von deren Leistung



Quelle: eigene Darstellung (nach Berman und Meltzer, 1973 und DLG-Merkblatt, 2005, geändert)

Wärmeabgabe



Feuchte (latente) Wärmeabgabe

- Schwitzen
- Hecheln = Erhöhung Atemminutenvolumen
- Max. Wasserverdunstung liegt bei ca. 1,5 kg Wasser / Std.

Begrenzender Faktor: Luftfeuchtigkeit

Trockene (sensible) Wärmeabgabe

- Strahlung =
Abgabe von langwelliger Wärmestrahlung
- Konduktion (Leitung) =
direkte Energieübertragung von wärmere an kältere Schicht
(z.B. bei Liegen)
- Konvektion (Strömung) =
Wärmepolster um Körper durch Luftströmung abtransportiert

Begrenzender Faktor: Lufttemperatur (Grenze bei ca. 20 °C)

- Wärme kann nicht mehr im ausreichenden Maße an die Umgebung abgegeben werden
- Zeitpunkt des Beginns ist abhängig von:
 - **Tierparametern** (Milchleistung, Trächtigkeit, Rasse, etc.)
 - **Klimaparametern** (z.B. Lufttemperatur, rel. Luftfeuchtigkeit, Wärmeeinstrahlung, Windgeschwindigkeit)

- **Verhaltensanpassung**
 - aktives Suchen „angenehmer“ Plätze
 - Liegezeiten verkürzt (mehr Körperoberfläche zur Wärmeabgabe)
- **Körperoberflächen-Temperatur** steigt (erhöhte Hautdurchblutung)
- **Atemfrequenz** steigt (Verdunstungskühlung über Atemluft)
 - > respiratorischen Alkalose
 - > vermehrt Bicarbonat-Ausscheidung
 - > Kompensationsazidose

- Verhaltensanpassung
- Körperoberflächen-Temperatur steigt (erhöhte Hautdurchblutung)
- Atemfrequenz steigt (Verdunstungskühlung über Atemluft)
- Verlust von K⁺ (Schwitzen)
- Wasseraufnahme steigt
- Kortisolkonzentration im Blut steigt (**Stress**hormon)
- Herzfrequenz steigt
- Körpertemperatur steigt

- Futteraufnahme sinkt (Verringerung der Körperwärmeproduktion)
 - **Energiemangel**
 - Keine Kompensation des Energiemangels durch erhöhten Abbau von Fettgewebe
 - Vermehrte Aufnahme von leichtverdaulichen Futter (reduzierte Wärmebildung) und reduzierte Wiederkauaktivität (weniger Pufferung durch Speichel)
 - subklinische Pansenazidose
- Erhöhter Erhaltungsbedarf (Wärmeabgabe über Atmung / Schwitzen)

- Milchleistung und –inhaltsstoffe sinken
(Energiemangel und erhöhte Körpertemperatur)
- **Reproduktionsleistung** ist reduziert
(verminderte Fruchtbarkeit, abnormale Zyklen, erhöhte embryonale Sterblichkeit)
- **Krankheitsanfälligkeit** steigt
(erhöhte Zellzahlen, Mastitis, Ketose, Festliegen)
- Trockensteher (verringerte Folgelaktationsleistung, geringeres Geburtsgewicht, weniger Immunglobuline im Kolostrum)
- Färsen (Wachstum verlangsamt, geringere Körpergröße)

- Verzögerungszeit zwischen Hitzestress und Produktionsabfall ca. zwei Tage
- Kompensation über ausreichende Nachtabkühlung möglich
- Ökonomischer Schaden bis zu 400 € / Kuh / Jahr (*L. Dussert & A. Piron, 2012*)
- Einschätzung der Hitzestresssituation durch THI (Temperature–Humidity–Index)
 - Berechnung aus Lufttemperatur und rel. Luftfeuchtigkeit

THI- Diagramm:

Hitzestress in Abhängigkeit von Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit

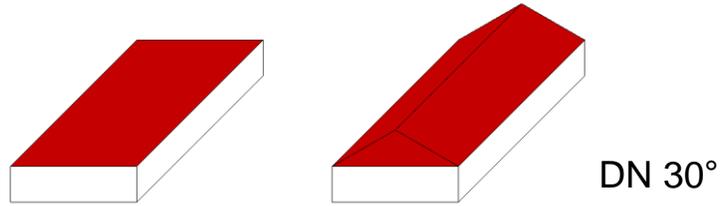
Temperatur [°C]	Luftfeuchtigkeit [rel %]																
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
16	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	61	61	61	61
17	61	61	61	61	61	61	61	61	62	62	62	62	62	62	62	62	63
18	62	62	62	62	62	62	63	63	63	63	63	64	64	64	64	64	64
19	63	63	63	63	63	64	64	64	64	65	65	65	65	66	66	66	66
20	64	64	64	64	65	65	65	65	66	66	66	67	67	67	67	68	68
21	65	65	65	66	66	66	67	67	67	67	68	68	68	69	69	69	70
22	66	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71	72
23	67	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73	73
24	68	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75
25	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77
26	70	70	71	71	72	72	73	74	74	75	75	76	76	77	78	78	79
27	71	71	72	72	73	74	74	75	76	76	77	77	78	79	79	80	81
28	72	72	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82
29	73	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	83	84
30	74	74	75	76	77	77	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86
31	75	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88
32	76	76	77	78	79	80	81	82	83	83	84	85	86	87	88	89	90
33	77	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	90	91
34	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
35	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
36	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
37	81	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	96	97	99
38	82	83	84	85	86	87	89	90	91	92	93	95	96	97	98	99	100
39	83	84	85	86	87	89	90	91	92	94	95	96	97	99	100	101	102
40	84	85	86	87	89	90	91	92	94	95	96	98	99	100	101	103	104
41	85	86	87	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	102	103	104	106

60 kein Hitzestress 68 milder Stress 72 mäßiger Hitzestress 80 starker Hitzestress 90 Gefahr

$$\text{THI} = (0,8 * \text{Temperatur}) + [(\text{rel. Luftfeuchte} / 100) * (\text{Temperatur} - 14,4)] + 46,4$$

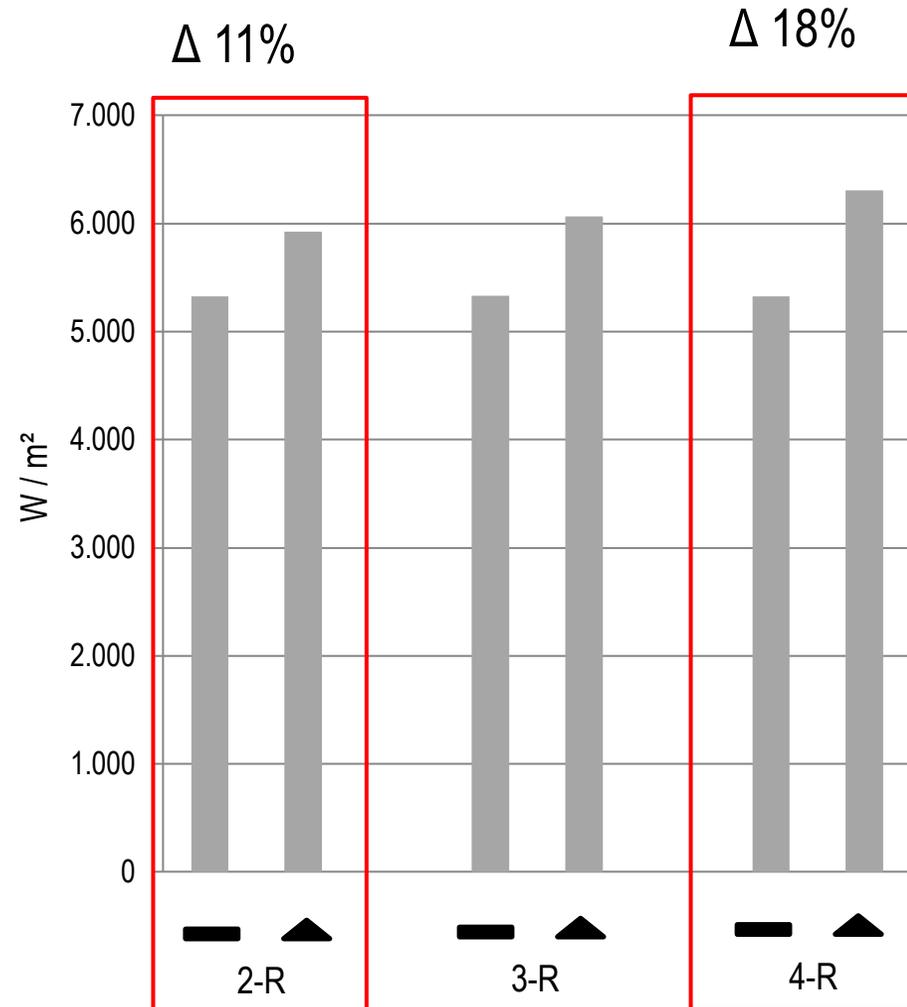
Auswirkungen von Hitzestress:

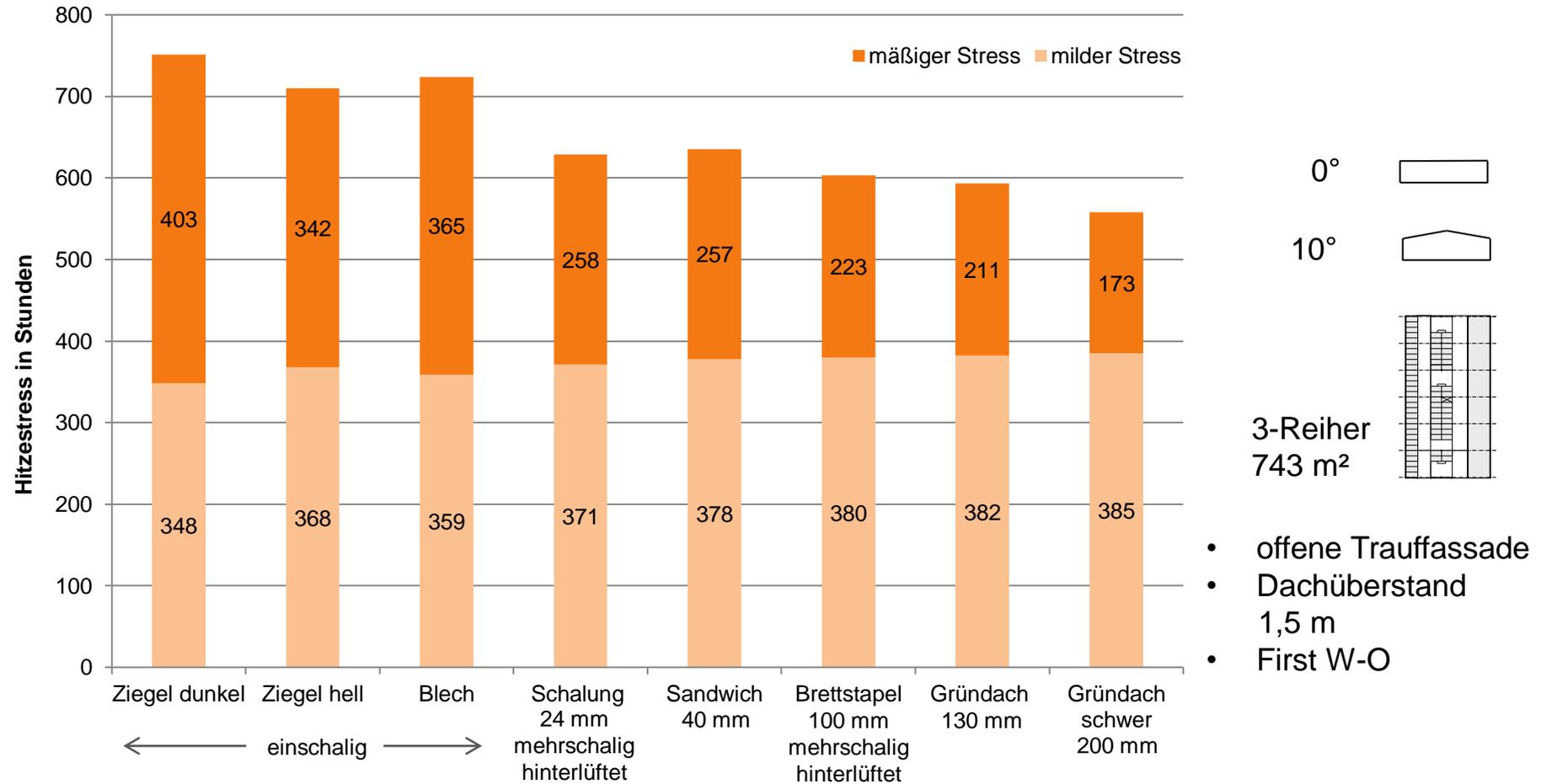
THI	Stressniveau	Symptome
Unter 68	Kein Stress	
68-71	Milder Stress	<ul style="list-style-type: none"> – Aufsuchen von Schattenplätzen – Erhöhte Atmungsrate – Erweiterung der Blutgefäße – Erste Auswirkung auf die Milchleistung
72-79	Mäßiger Hitzestress	<ul style="list-style-type: none"> – Erhöhte Speichelproduktion – Erhöhte Atmungsrate – Erhöhte Herzfrequenz – Rückgang der Futteraufnahme – Erhöhte Wasseraufnahme – Rückgang der Milchproduktion – Rückgang der Fruchtbarkeit
80-89	Starker Hitzestress	<ul style="list-style-type: none"> – Unwohlsein auf Grund der ansteigenden Symptome
Über 90	Gefahr	Todesfälle können auftreten



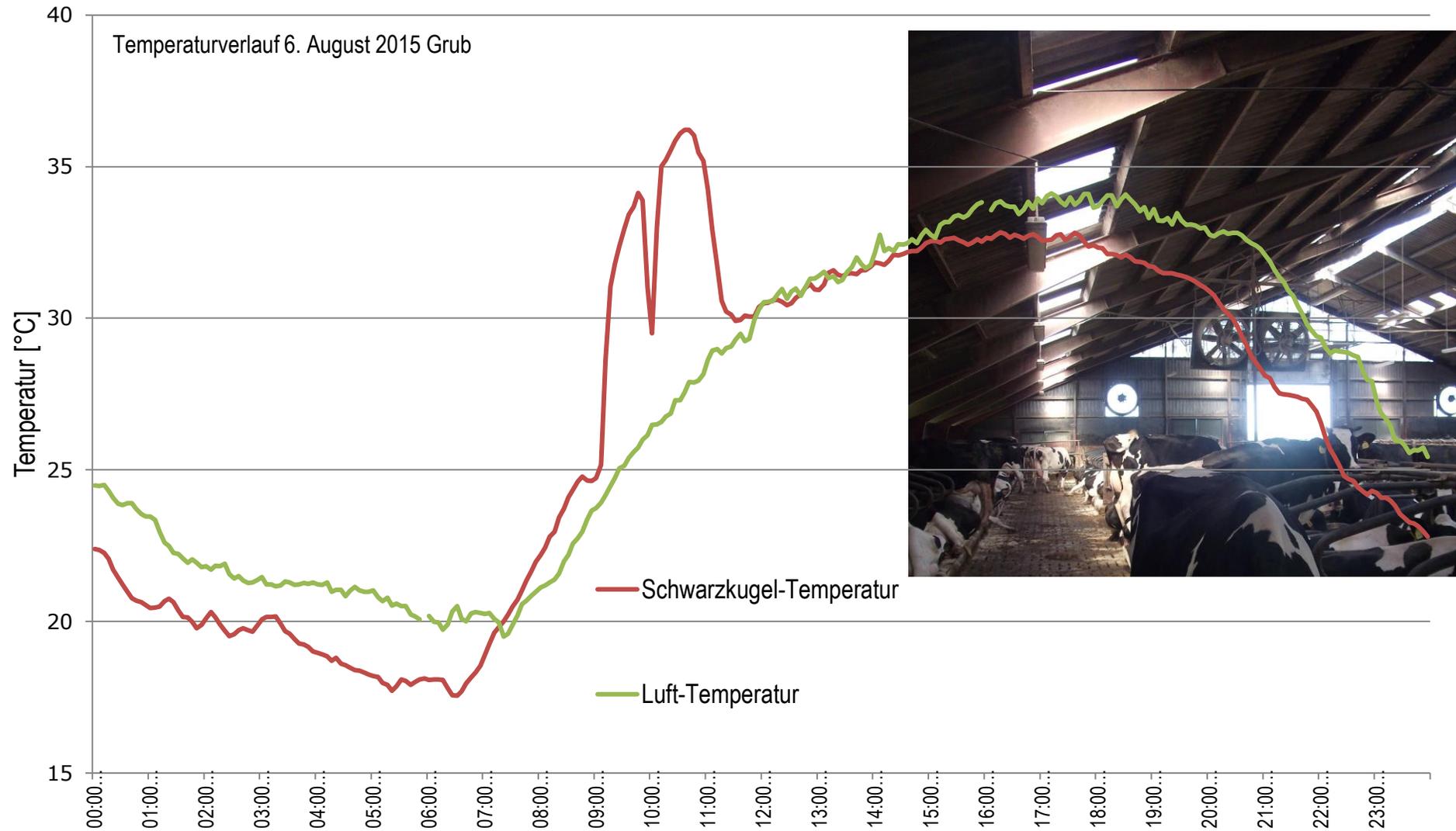
Einfluss der Dachneigung:

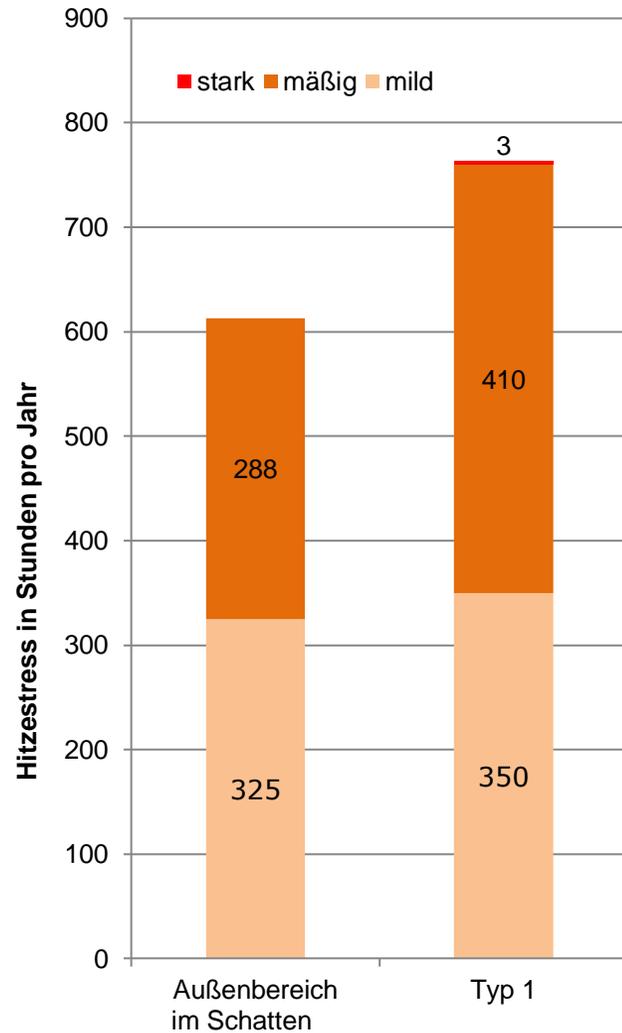
- ▶ Je flacher ein Dach geneigt ist, desto niedriger der solare Energieeintrag



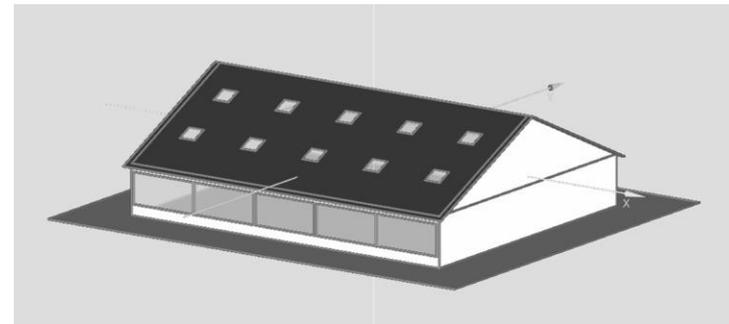


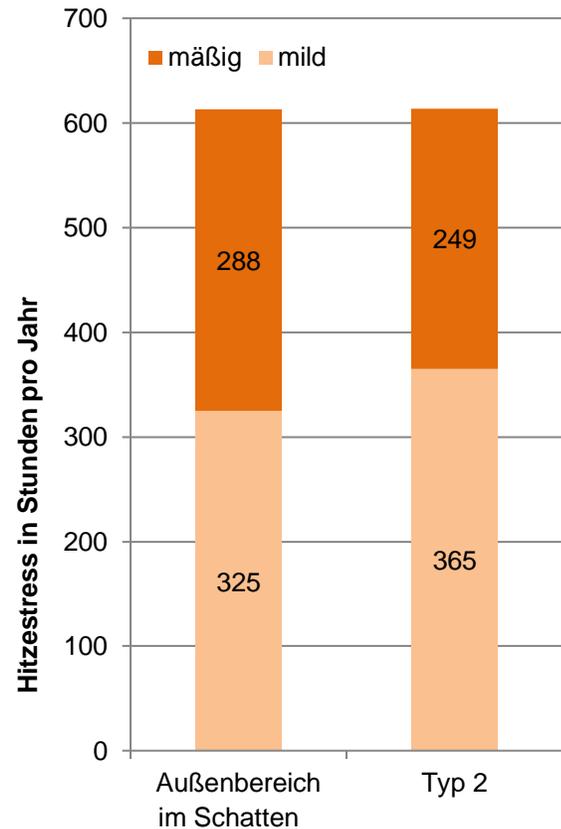
Lichtplatten



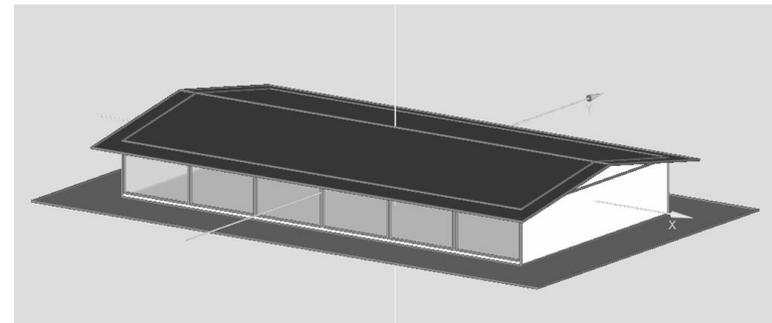


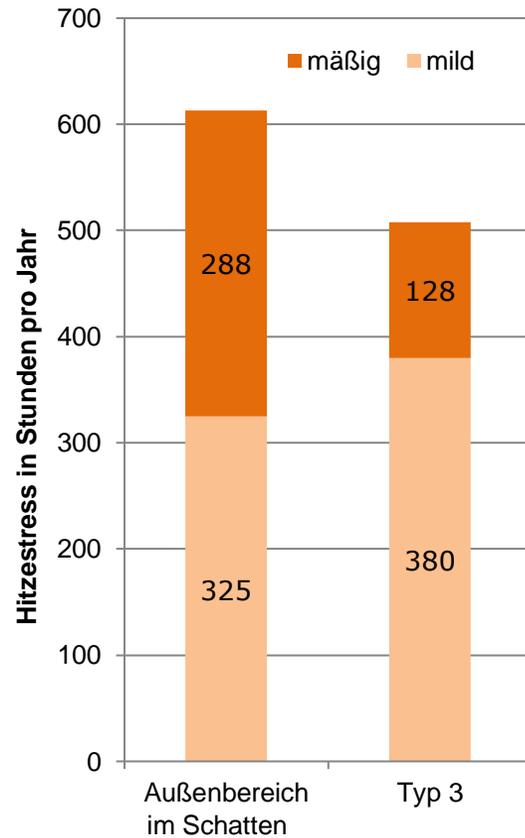
- 4- (3-) Reiher
- First in Ost-West Richtung
- einschalige Blechdeckung
- Dachneigung 25 °
- zusätzliche Dachoberlichter
- knapper Dachüberstand (0,5 m)
- eingeschränkte Belüftungsflächen



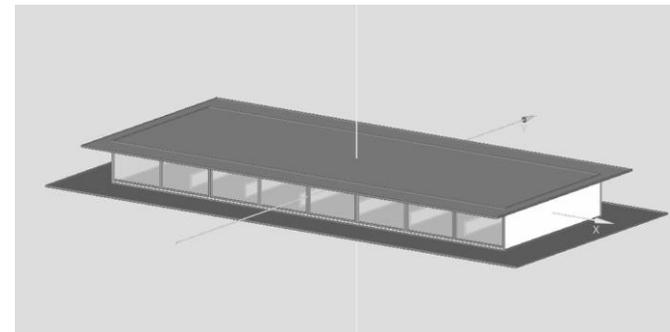


- 3-Reiher
- First in Ost-West Richtung
- zweischaliger Aufbau mit Holzschalung
- Dachneigung 10 °
- Dachüberstand 1,5 m
- optimale Belüftungsflächen



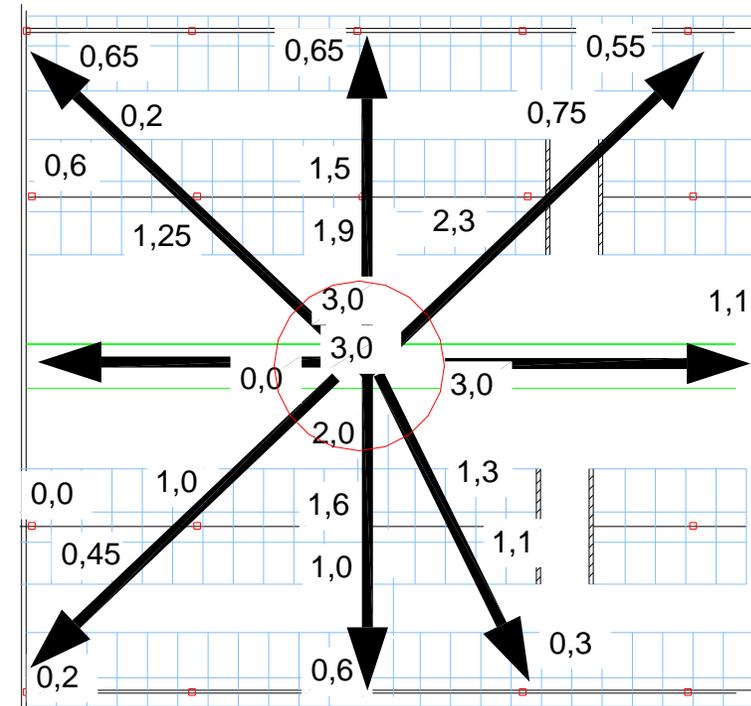
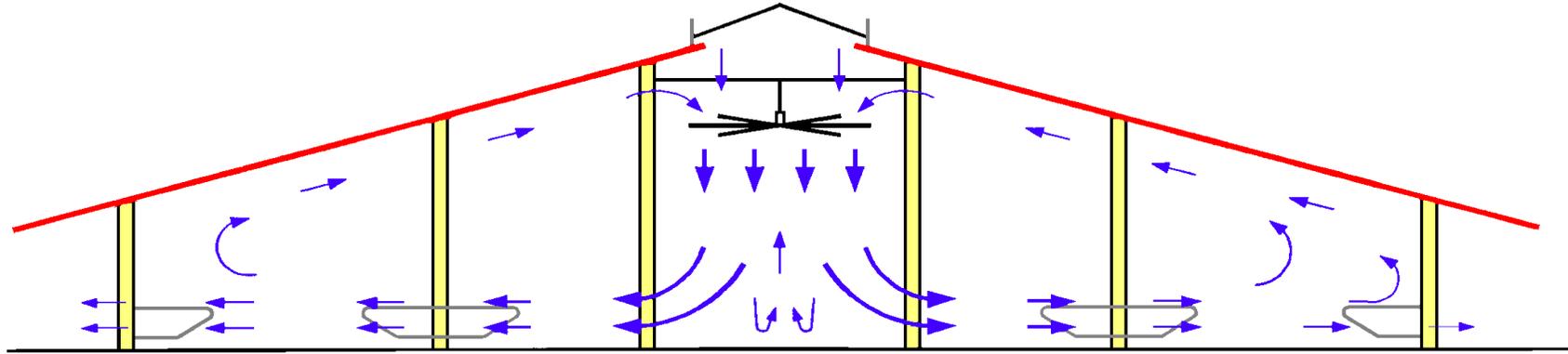


- 2-Reiher
- First in Ost-West Richtung
- schweres Gründach
- Dachneigung 3-5 %
- Dachüberstand 3,40 m
- optimale Belüftungsflächen

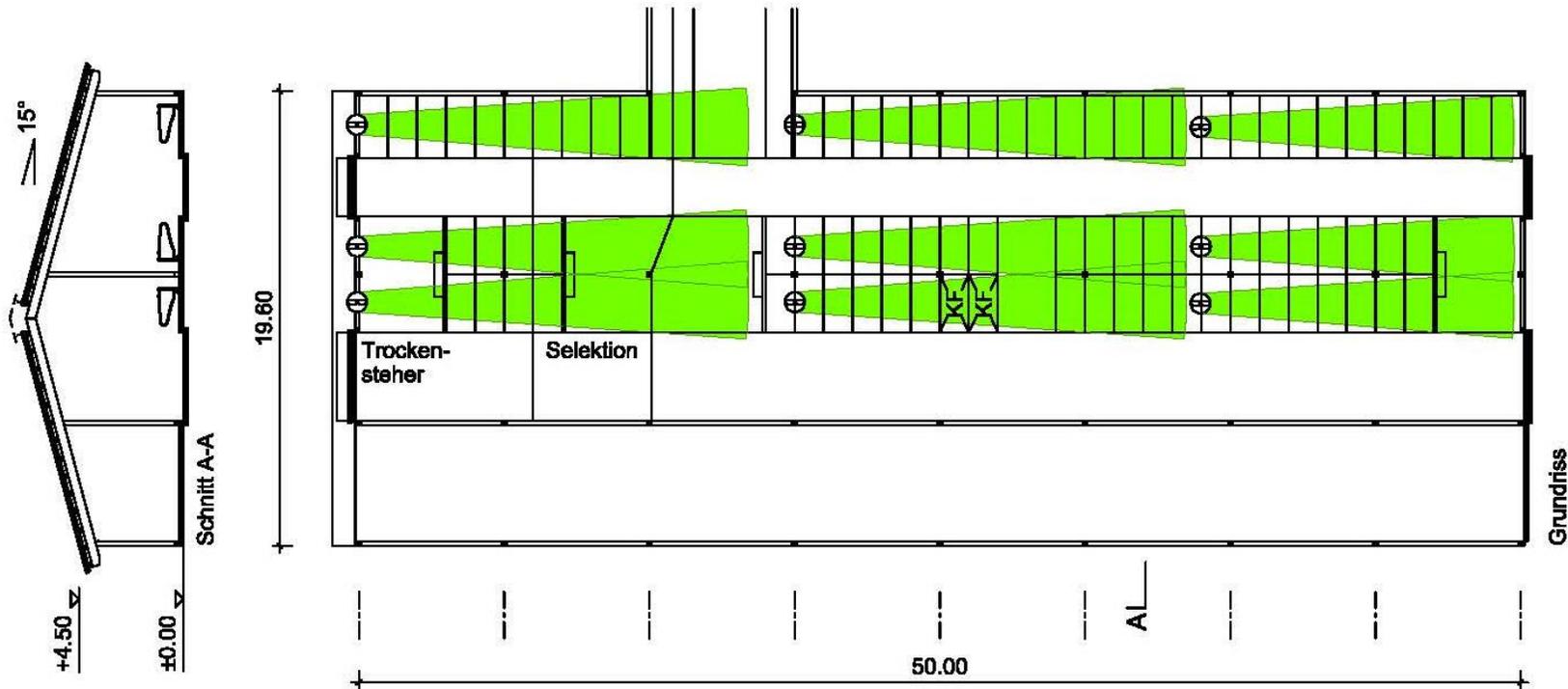


- Senkung der Wärme durch Erhöhung der Luftgeschwindigkeit
 - Luftgeschwindigkeiten von min. 2,0 - 2,5 m/s
 - Luftgeschwindigkeiten auf der Kuh nötig
 - Bis 5 m/s kein Problem für die Kuh

Vertikalventilatoren





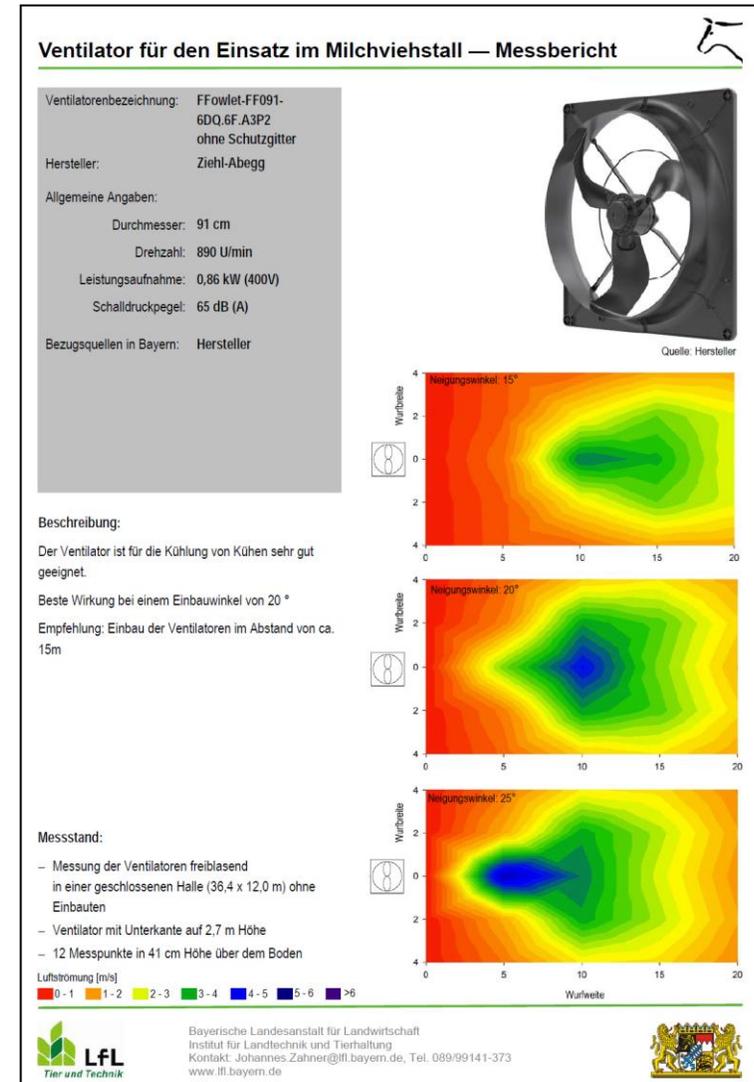


■ Vorteile

- Gezieltes Bewirken des Liegebereichs
- Geringes zusätzliches Abtrocknen der Laufflächen (Reinigung, Emission)

Ventilatoren-Messstand nach Gruber Standard

- Elektrische Leistungsaufnahme
- Durchmesser
- Drehzahl
- Durchdringung im freien Raum
- Schalldruckpegel
- Investitionsbedarf
- Wartungsaufwand



www.lfl.bayern.de/hitzestress

Zur Eingabe / Steuerung

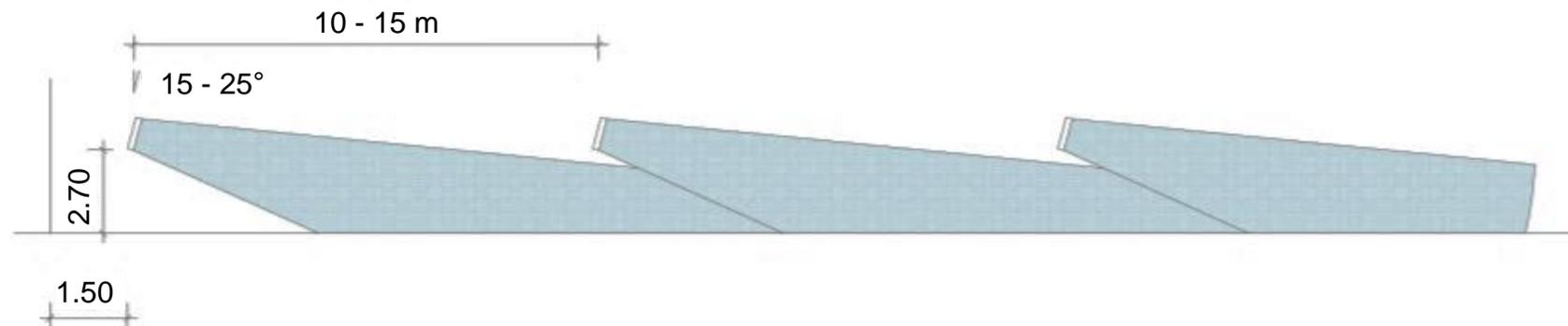
Verschiedene Ausführungsklassen

- Steuerung nach Temperatur
- Steuerung nach THI

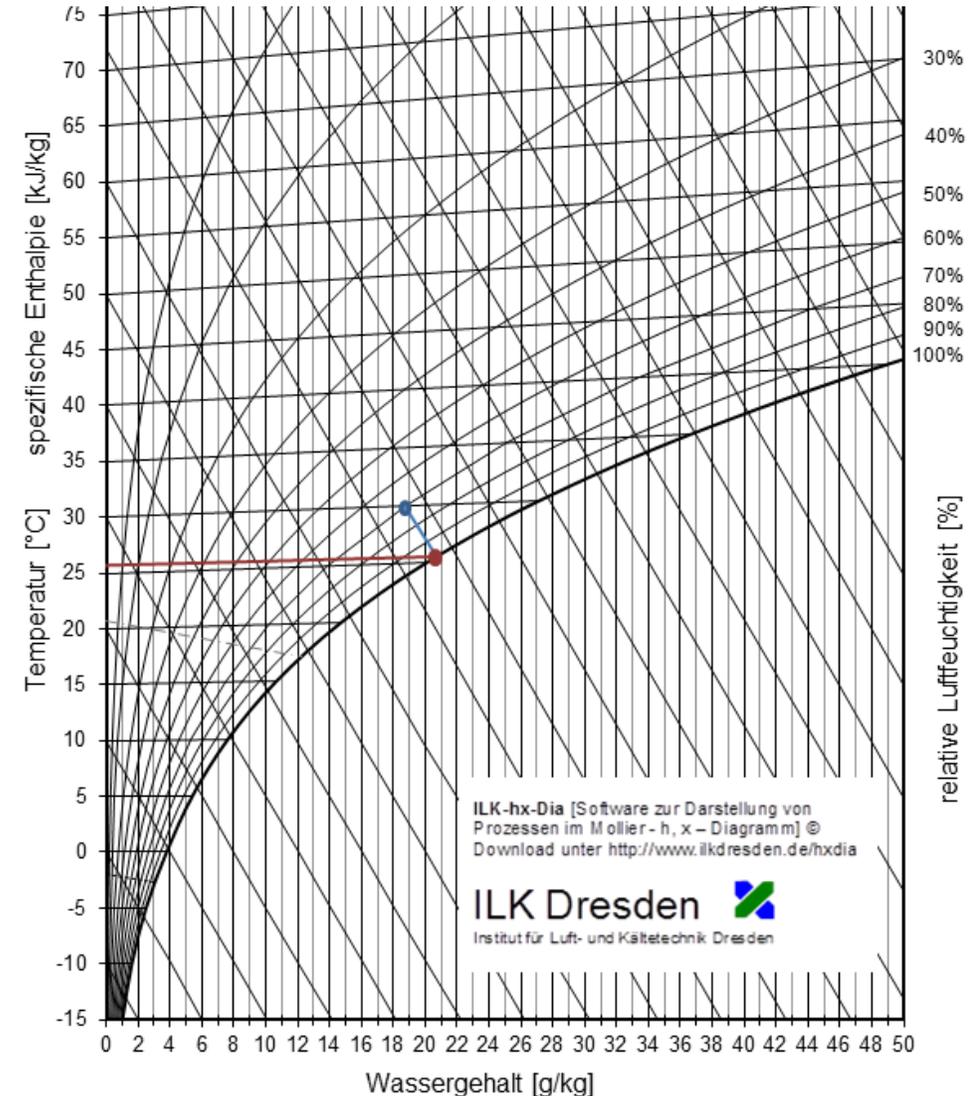


Einbauempfehlungen Ventilatoren:

- Einbau über den Liegeboxenreihen
- Wurfweite ca. 10 - 15 m
- Abstand zur Giebelwand ca. 1,5 m, oder in der Giebelwand
- Besser ohne Schutzgitter, dann Einbauhöhe 2,7 m
- Winkel ca. 15 - 25 °, je nach Einbauhöhe und Wurfweite
- Überprüfung vor Ort mit Nebelmaschine sinnvoll



- Nutzung des Phänomens der Verdunstungskälte
- Luft nur bedingt als Träger von Kälte geeignet
- Luft muss Feuchtigkeit aufnehmen können
- Wasser muss Zeit zum verdunsten haben.
- Steuerung sinnvoll



Versprühung von Wasser in die Luft

➤ **Kühlung der Luft**





➤ Direkte Kühlung der Kuh



- Faktoren:
 - Standort
 - Tropfengröße
 - Tropfengeschwindigkeit
- Steuerung
 - Zeit: z. B. 3' Beregnung, 12' Pause
 - Temperatur: ab ca. 24 °C
 - Luftfeuchtigkeit: bis max. 70 %

Danke für die Aufmerksamkeit!