

# 51. Viehwirtschaftliche Fachtagung HBLFA Raumberg-Gumpenstein 20. – 21. März 2024

## Auswirkungen des Klimawandels auf die Rinderhaltung

*Christian Koch*

Hofgut Neumühle

21. März 2024



## Milchviehherde am Hofgut Neumühle

[www.hofgut-neumuehle.de](http://www.hofgut-neumuehle.de)

150 Milchkühe mit weiblicher Nachzucht  
Rasse Deutsche Holstein

Gleitender Herdendurchschnitt:  
12.700 kg Milch, 4,00 % Fett, 3,45 % Eiweiß  
940 kg Fett und Eiweiß  
Zellzahl: 100.000 Zellen/ml Milch  
EKA: 24,3 Monate

ZKZ: 441 Tage



# Gliederung

- Hitzestress und dessen Auswirkungen auf die adulte Kuh
- Epigenetische Effekte des Hitzestresses – transgenerationale Effekte zwischen der Kuh und ihren Nachkommen
- Fazit



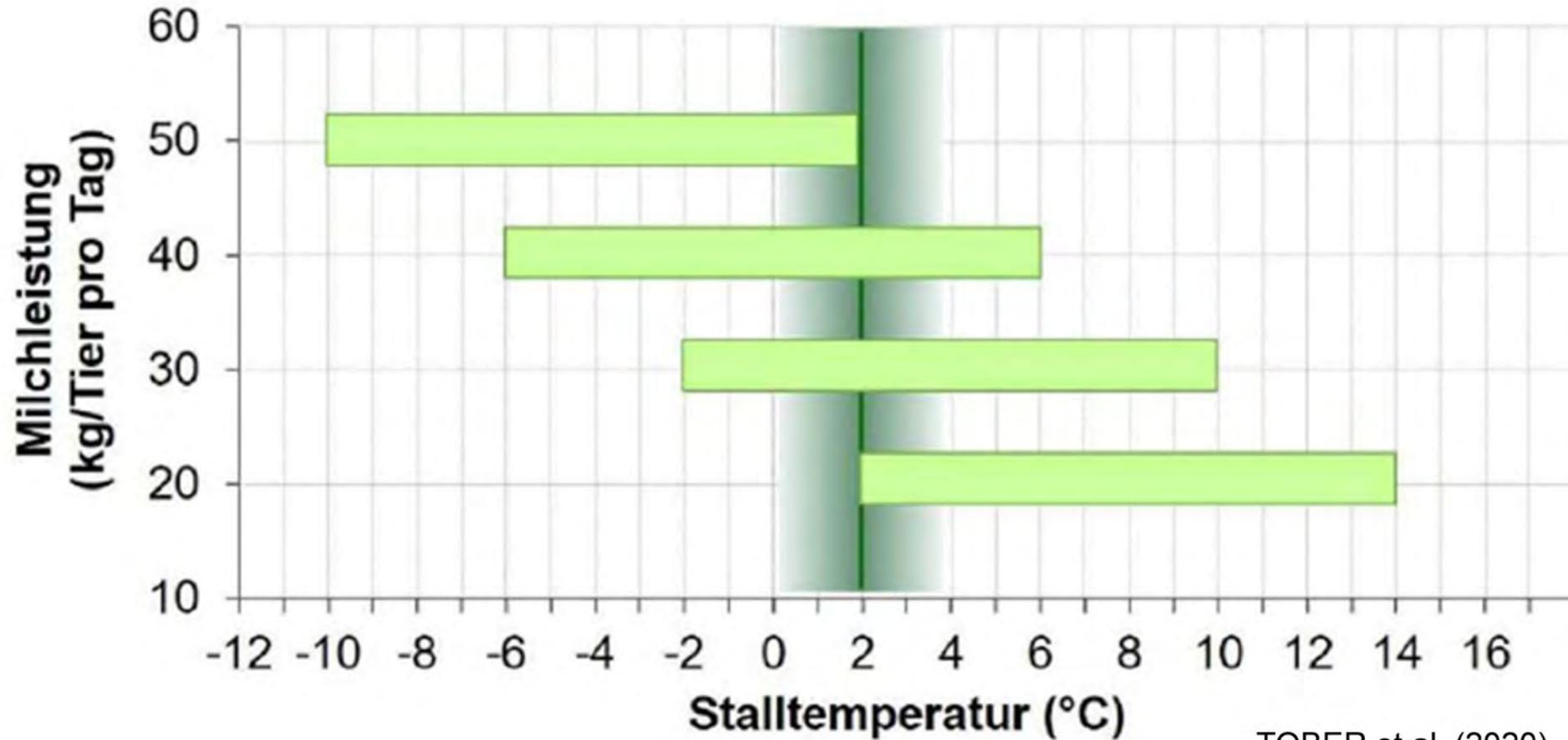
# Einschub THI als Grundlage für die Bestimmung von Hitzestress

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	94	95	96	97
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

DLG Merkblatt 450

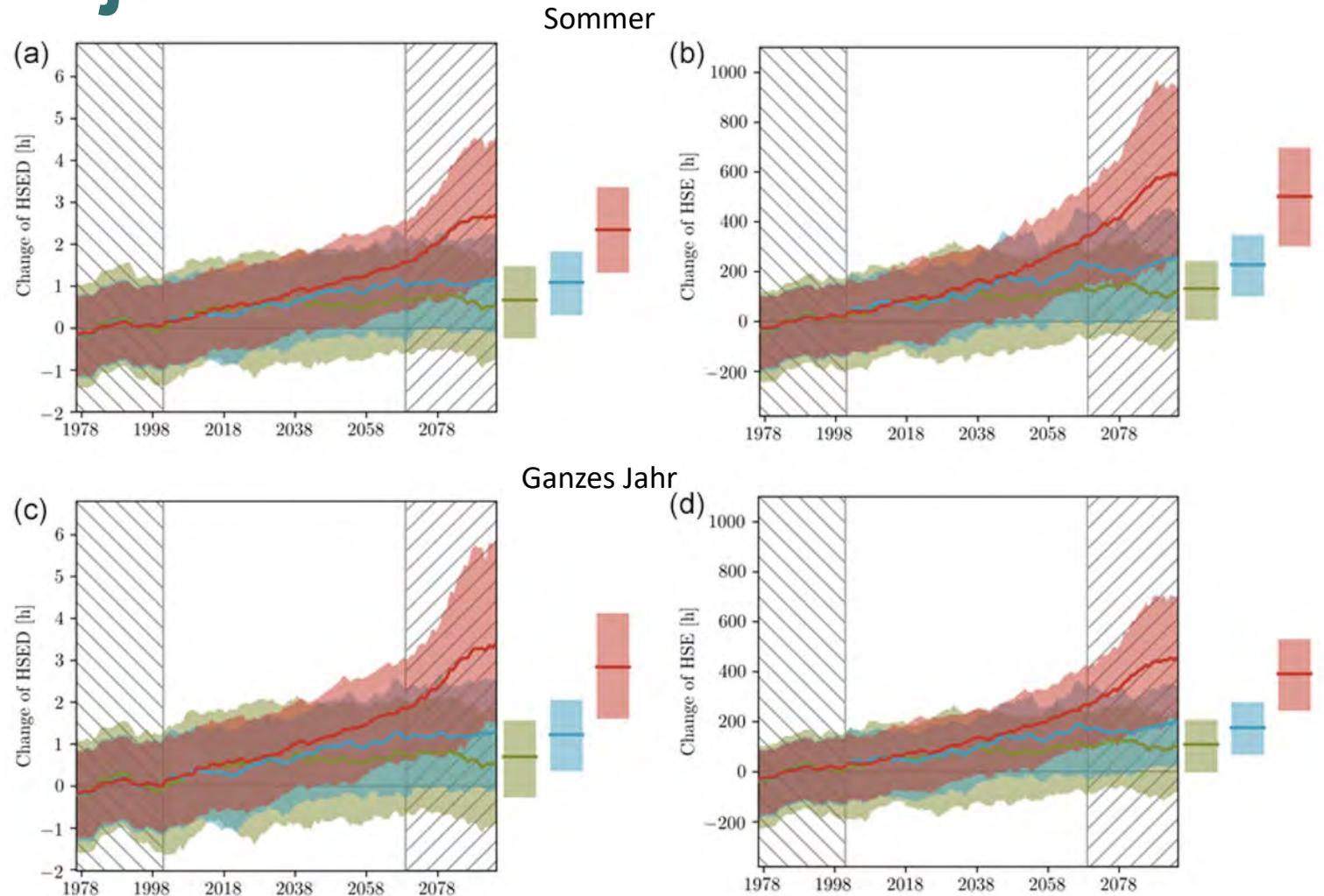
# Thermoneutrale Zone und Milchleistung



TOBER et al. (2020)

# Hitzestress bei unseren Tieren – aktueller denn je

- Verschärfender Klimawandel + steigender Lebensmittelbedarf
  - Höhere Anforderungen bei ungünstigeren Bedingungen
- Die 5 wärmsten Sommer in D (seit 1881):
  1. 2003
  2. 2018
  3. 2019
  4. 2022
  5. 1947



Hempel et al., 2019

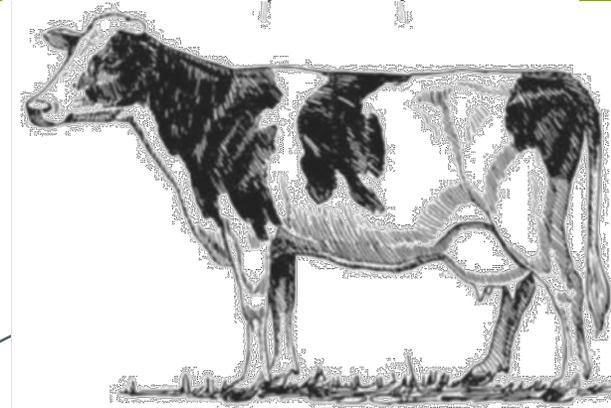
# Auswirkungen auf unsere Milchkühe

ERHÖHTE  
UMGEBUNGS-  
TEMPERATUREN



## Affektiver Zustand

- ↑ Hunger & Durst
- ↑ Frustration
- ↑ Aggression
- ↑ Unwohlsein



## Biologische Funktion und Gesundheit

- Atemfrequenz ↑
- Brunstverhalten ↓
- Milchleistung ↓

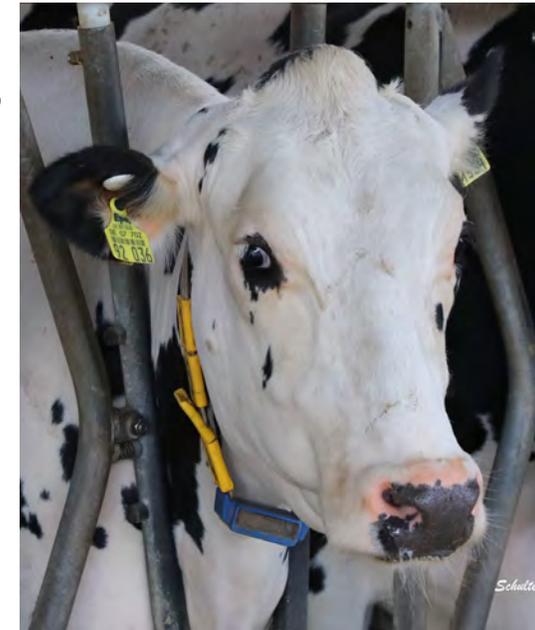
## Natürliche Lebensweise

- ↑ Evolutionäre Anpassung
- ↑ Gruppenverhalten
- ↑ Aufsuchen von Schatten

Modifiziert nach Polsky und  
von Keyserlingk, 2017

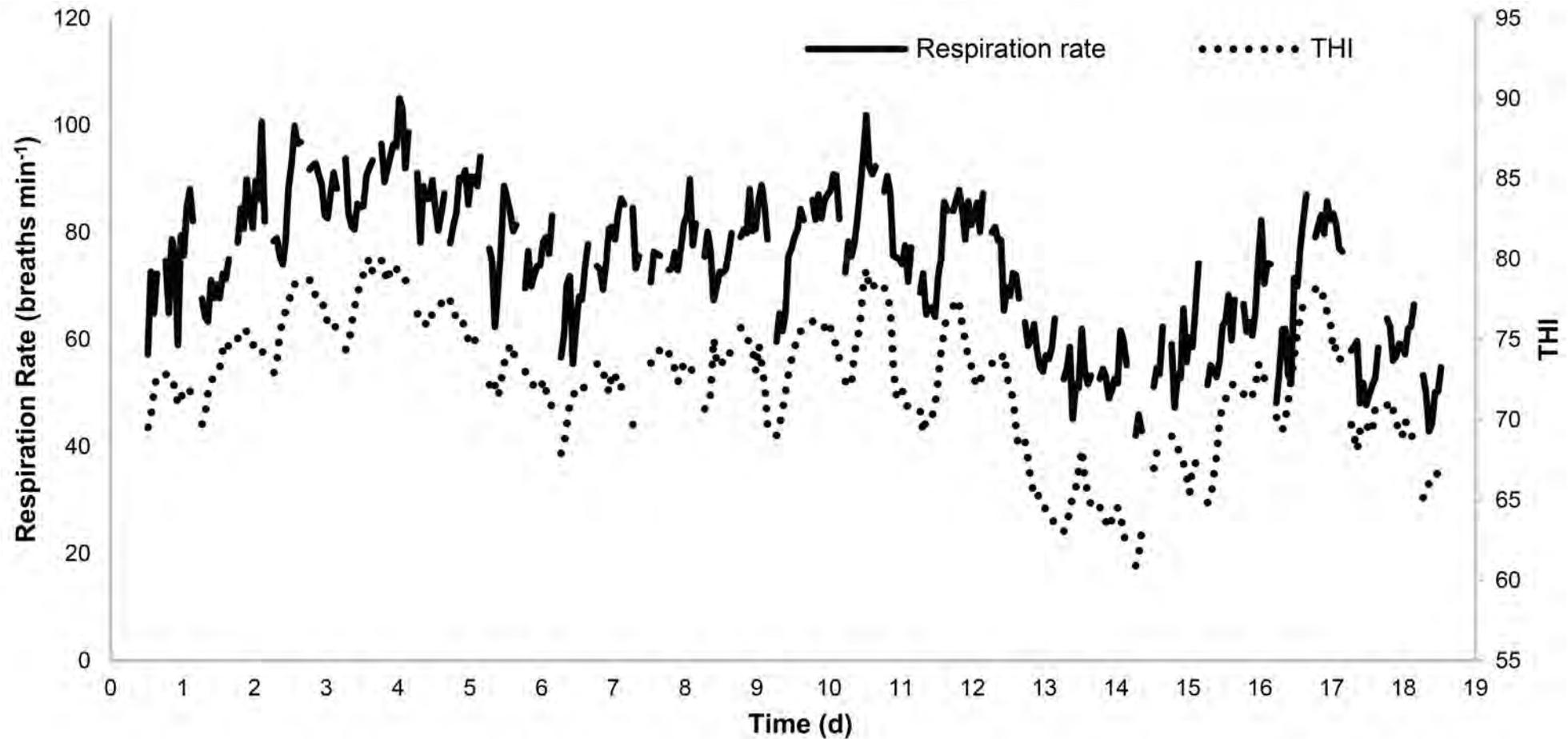
# Anzeichen von Hitzestress

- Tägliche durchschn. Milchmenge sinkt um mehr als 2 L je Kuh bei Warmwetterperioden
- Konzeptionsrate sinkt
- Anstieg der Fälle von Lahmheiten durch Sohlengeschwüre 2 Monate nach Warmwetterperiode (Stoffwechselbelastung als Ursache)
- Verändertes Verhalten der Kühe:
  - Erhöhte Atemfrequenzen
  - Verringerte Liegezeiten
  - Mehr agonistisches Verhalten/ Rangkämpfe
  - Erhöhte Frequentierung und Blockierung der Tränken



University of Wisconsin-Madison, 2022

# Anzeichen von Hitzestress – Respirationsrate

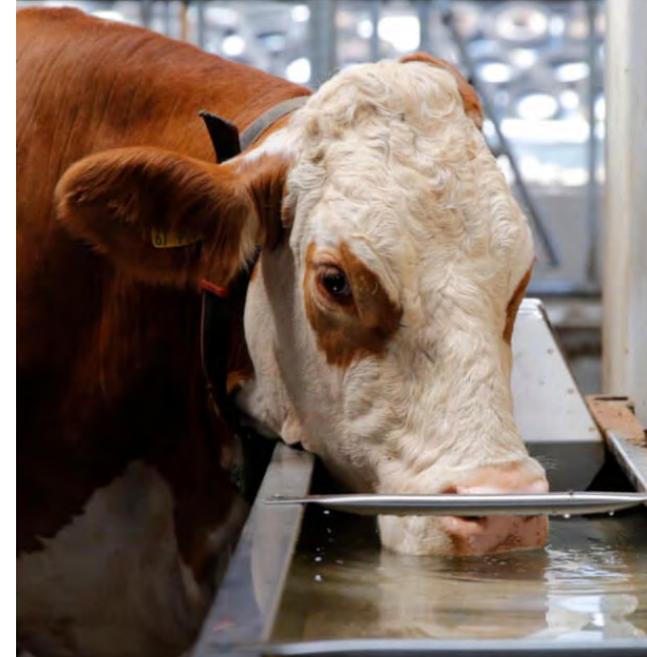


Atkins et al., 2018

# Anzeichen von Hitzestress – Liegeverhalten

# Maßnahmen zur Unterstützung der Anpassung des Tieres

- Maximierung der Wasseraufnahme und Verfügbarkeit von Kontaktmöglichkeiten mit Wasser!!!
- Anteil Kraftfutter erhöhen, mehr Rohfett einsetzen, Faser reduzieren? (Faserverdaulichkeit maximieren?)
- Erhöhung des Salzgehaltes der Ration (Ausgleich der Verluste durch Respiration)
- Einsatz von Polyphenolen, antiinflammatorische Effekte!
- Verlagerung der Fütterung zu kühleren Tageszeiten
- *Zucht – Einsatz robusterer Rassen und/oder Selektion toleranterer Tiere*



FarmCHAMPS

# Gliederung

- Hitzestress und dessen Auswirkungen auf die adulte Kuh
- Epigenetische Effekte des Hitzestresses – transgenerationale Effekte zwischen der Kuh und ihren Nachkommen
- Fazit



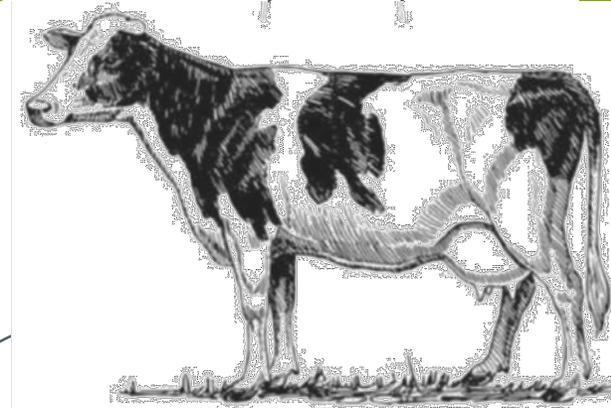
# Auswirkungen auf unsere Milchkühe

ERHÖHTE  
UMGEBUNGS-  
TEMPERATUREN



## Affektiver Zustand

- ↑ Hunger & Durst
- ↑ Frustration
- ↑ Aggression
- ↑ Unwohlsein



## Biologische Funktion und Gesundheit

- Atemfrequenz ↑
- Brunstverhalten ↓
- Milchleistung ↓**

## Natürliche Lebensweise

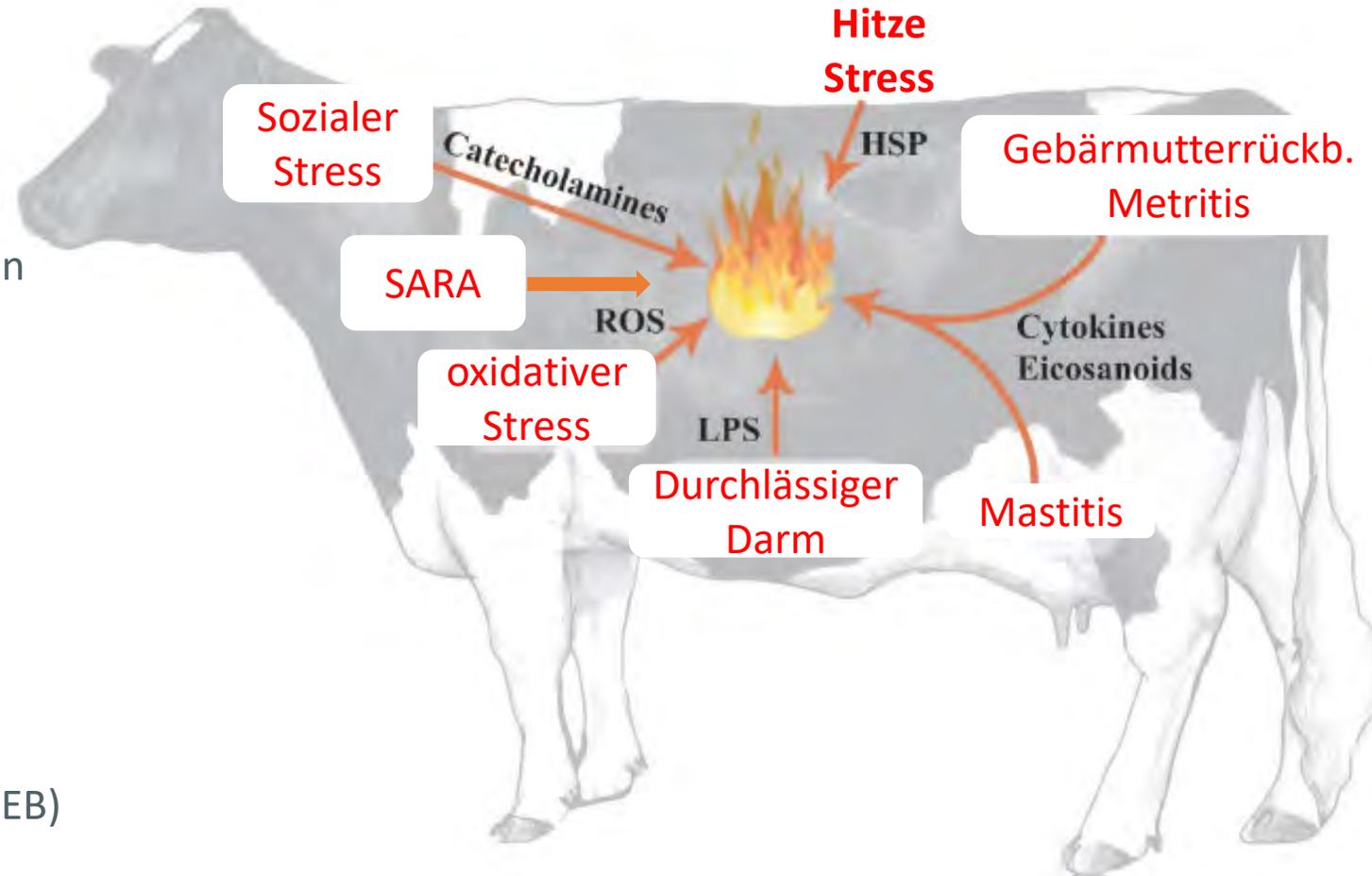
- ↑ Evolutionäre Anpassung
- ↑ Gruppenverhalten
- ↑ Aufsuchen von Schatten

Modifiziert nach Polsky und  
von Keyserlingk, 2017

# Wirkungen von Stressoren auf die Kuh

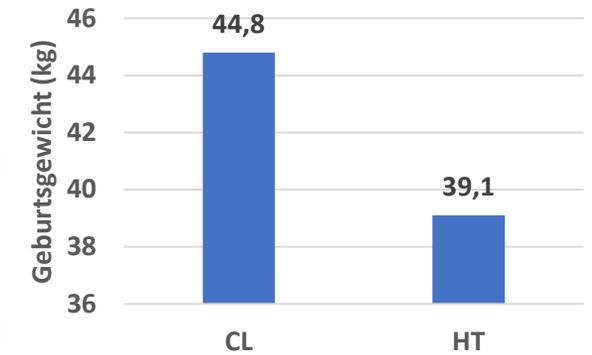
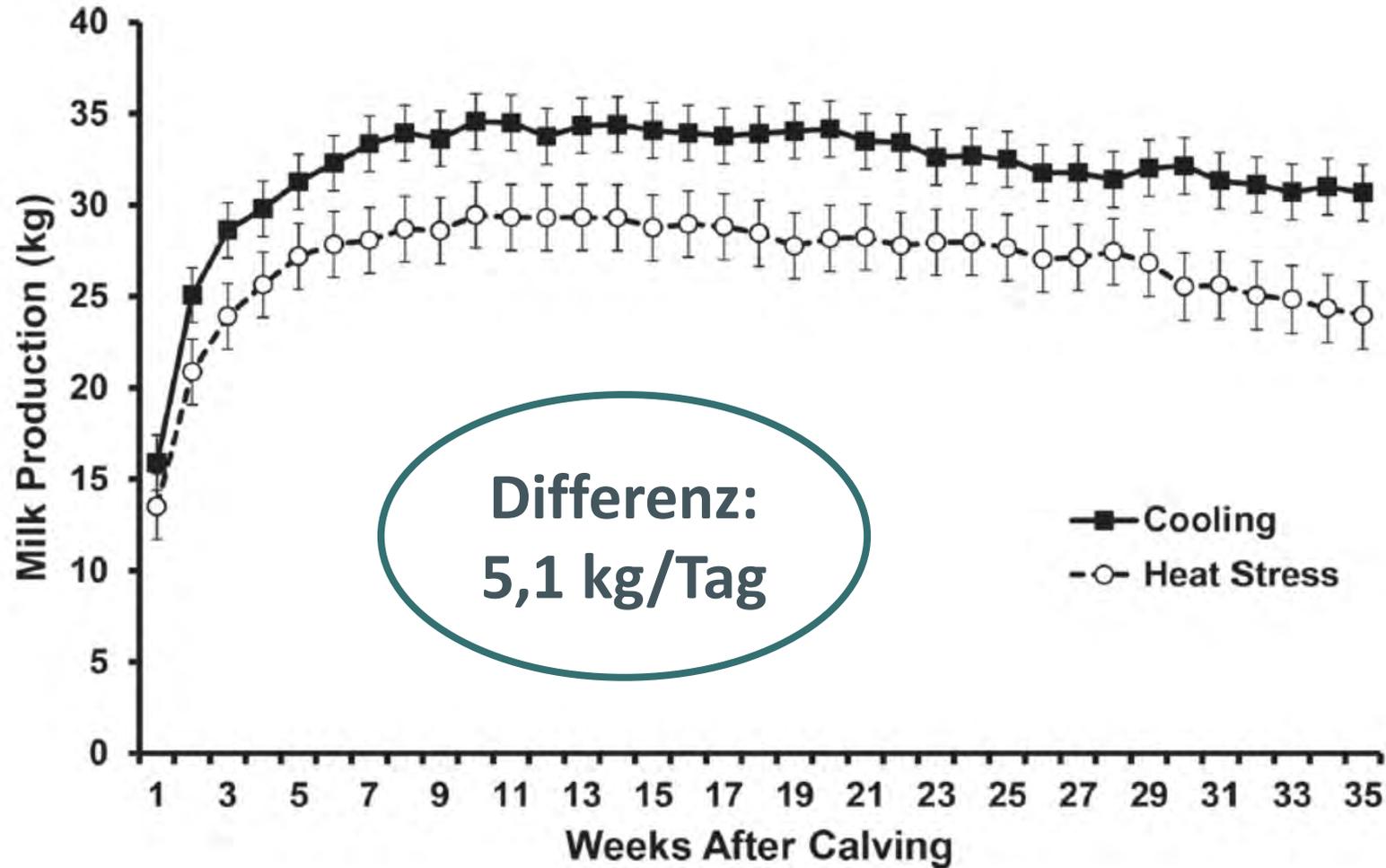
## Stressoren:

- Sozialer Stress, Hierarchien
- Hitzestress
- Geburtsstress
- Metritis
- Mastitis
- Labmagenverlagerung
- Ketose
- Milchfieber
- Pansenazidose
- Darm wird durchlässig
- Negative Energiebilanz (NEB)
- etc.



Bradford et al., 2015

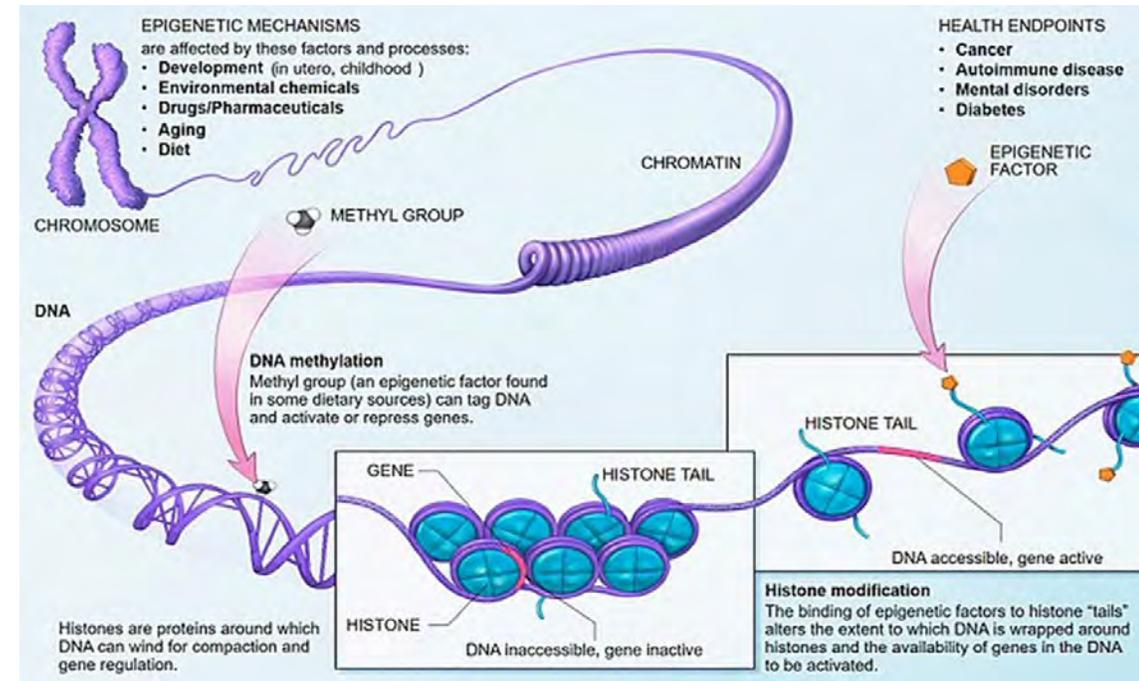
# Einfluss von 46 Tagen Hitzestress über die Trockenstehperiode



Monteiro et al., 2016

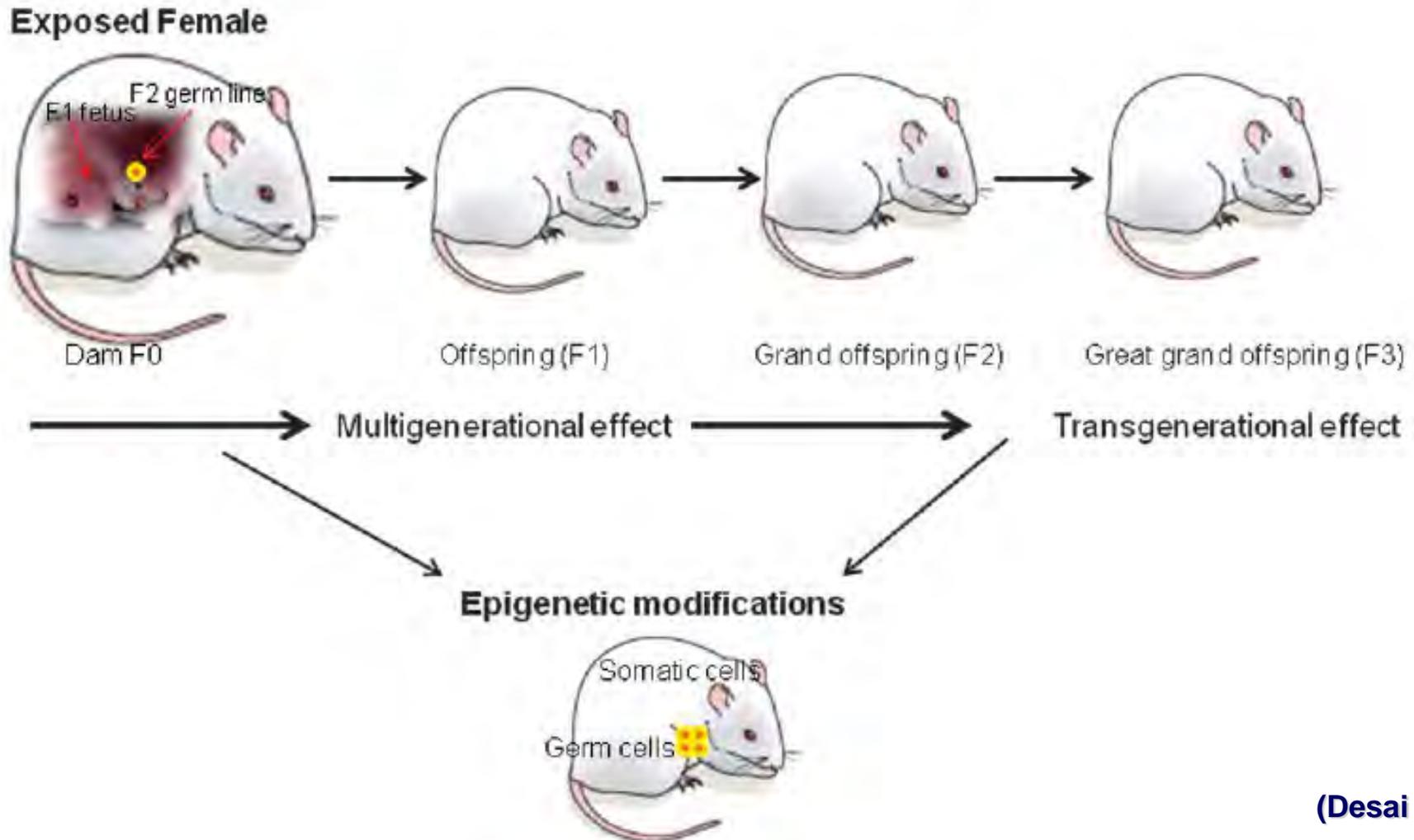
Die **Epigenetik** (altgr. ἐπί *epi* ‚dazu‘, ‚außerdem‘ und Genetik) ist das Fachgebiet der Biologie, welches sich mit der Frage befasst, welche Faktoren die Aktivität eines Gens und damit die Entwicklung der Zelle zeitweilig festlegen. Sie untersucht die Änderungen der Genfunktion, die nicht auf Mutation oder Rekombination beruhen und dennoch an Tochterzellen weitergegeben werden.

Grundlage sind Veränderungen an den Chromosomen im laufenden Lebenszyklus, wodurch Abschnitte oder ganze Chromosomen in ihrer Aktivität beeinflusst werden. Man spricht auch von *epigenetischer Veränderung* bzw. *epigenetischer Prägung*. Die DNA-Sequenz wird dabei jedoch nicht verändert. Die Veränderungen können in einer DNA-Methylierung, in einer Modifikation der Histone oder im beschleunigten Abbau von Telomeren bestehen. Diese Veränderungen lassen sich im Phänotyp, aber nicht im Genotyp (DNA-Sequenz) beobachten.



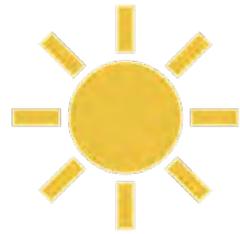
<https://en.wikipedia.org/wiki/Epigenetics>

# Transgenerationale Effekte

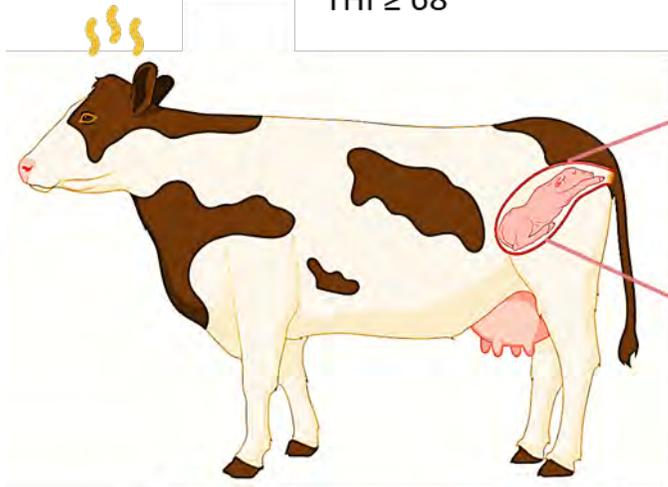


(Desai et al. 2015)

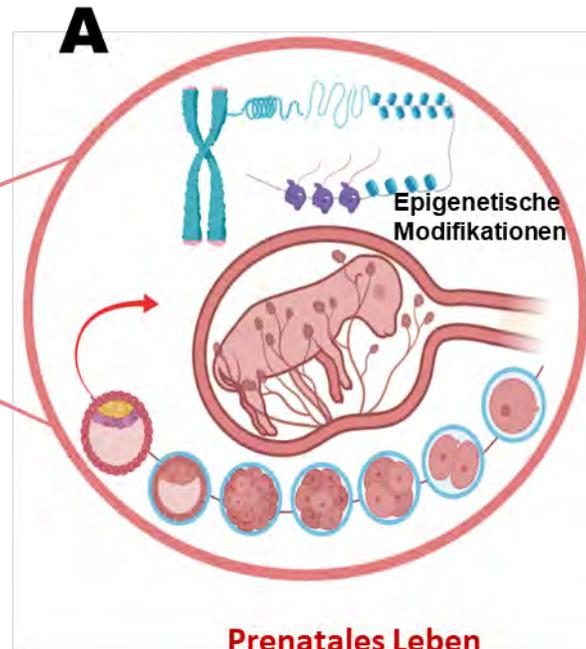
# Epigenetische Effekte von Hitzestress in der Trächtigkeit



THI  $\geq$  68



Muttertier (F<sub>0</sub>)

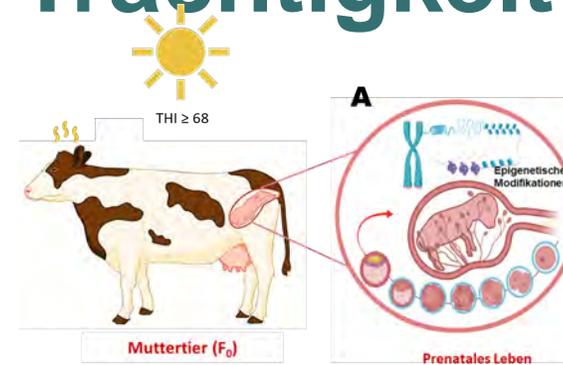


## In utero-Hitzestress

- Verringerter uteriner Blutfluss (fetale hypoxia und Unterernährung)
- Beeinträchtigte placentale Entwicklung (Verzögerung des Fötus-Wachstums)
- Beeinträchtigt uterine Umfeld
- Erhöhte Verluste von Embryonen
- Verringerte Brunstaktivität
- Verringerte Qualität der oocyten
- Beeinträchtigte Fruchtbarkeit

Ghaffari, 2022

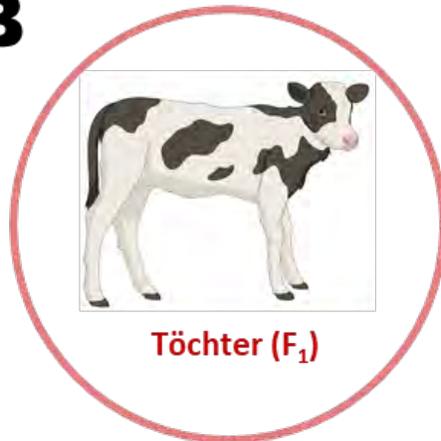
# Epigenetische Effekte von Hitzestress in der Trächtigkeit



#### In utero-Hitzestress

- Verringerter uteriner Blutfluss (fetale hypoxia und Unterernährung)
- Beeinträchtigte placentale Entwicklung (Verzögerung des Fötus-Wachstums)
- Beeinträchtigt uterine Umfeld
- Erhöhte Verluste von Embryonen
- Verringerte Brunstaktivität
- Verringerte Qualität der oocyten
- Beeinträchtigte Fruchtbarkeit

## B

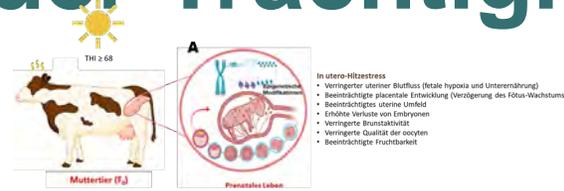


### Von hitzestressen Kühen geborene Kälber

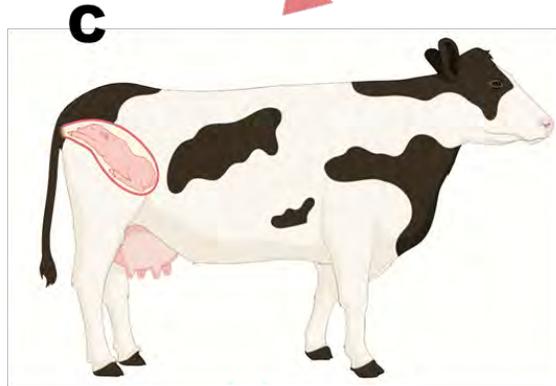
- Verringerter Körpergewicht zur Geburt und in der Pubertät
- Beeinträchtigte passive Immunität
- Beeinträchtigte Immunabwehr
- Verringerte Effizienz der IgG-absorption (AEA)
- Erhöhte jejunale Enterozytenapoptose bei der Geburt (beschleunigter Darmverschluss)
- Veränderte Entzündungsreaktion
- Veränderter Stoffwechsel in der Zeit vor dem Absetzen
- Veränderte Thermotoleranz im späteren Leben
- Verändertes Verhalten (verringerte Liegezeit, erhöhte Stehzeit)

Ghaffari, 2022

# Epigenetische Effekte von Hitzestress in der Trächtigkeit



- B** Von hitzestressen Kühen geborene Kälber
- Verringertes Körpergewicht zur Geburt und in der Pubertät
  - Beeinträchtigte passive Immunität
  - Beeinträchtigte Immunabwehr
  - Verringerte Effizienz der IgG-Absorption (AEA)
  - Erhöhte juvenile Enterozytenapoptose bei der Geburt (beschleunigter Darmverschluss)
  - Veränderte Entzündungsreaktion
  - Veränderter Stoffwechsel in der Zeit vor dem Absetzen
  - Veränderter Thermotoleranz im späteren Leben
  - Verändertes Verhalten (verringerte Liegezeit, erhöhte Stehzeit)

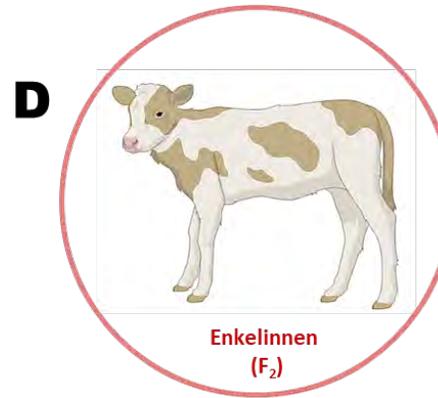


**Töchter (F<sub>1</sub>)**

## Erwachsene Kuh (F<sub>1</sub>) von hitzestresser Mutter

- Verringerte Milchleistung
- Geringere Fett- und Eiweißproduktion
- Verkürzte Nutzungsdauer (~ 1 Jahr)
- Verringerte Größe der Eierstöcke
- Erhöhtes Risiko von Totgeburten
- Erhöhte akute Hitzetoleranz (erhöhter Blutfluss der Haut)
- Beeinträchtigte Entwicklung der Milchdrüsen

## Erste Gruppe von Nachkommen (F<sub>1</sub>)



**Enkelinnen (F<sub>2</sub>)**

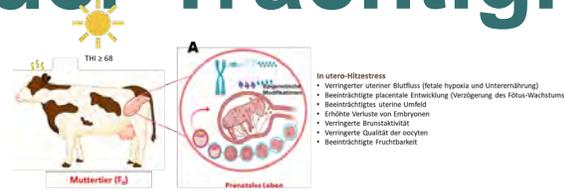
## Kälber (F<sub>2</sub>), die von F<sub>1</sub>-Töchtern hitzestresser Muttertiere abstammen

- Geringere Überlebenswahrscheinlichkeit bis zum Absetzen und zum Pubertätsalter
- Erhöhtes Alter zur ersten künstlichen Besamung

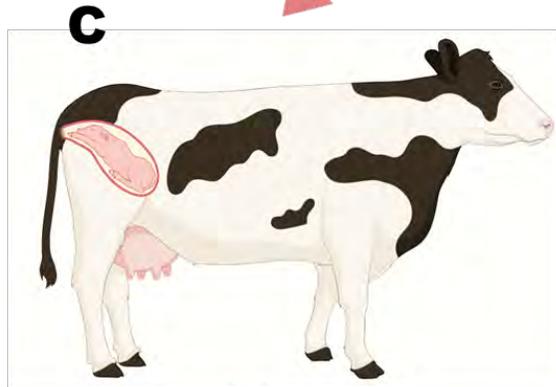
## Zweite Gruppe von Nachkommen (F<sub>2</sub>)

Ghaffari, 2022

# Epigenetische Effekte von Hitzestress in der Trächtigkeit



- B** Von hitzestressen Kühen geborene Kälber
- Verringerter Körpergewicht zur Geburt und in der Pubertät
  - Beeinträchtigte passive Immunität
  - Beeinträchtigte Immunabwehr
  - Verringerte Effizienz der IgG-Absorption (AEA)
  - Erhöhte juvenile Enterozytenapoptose bei der Geburt (beschleunigter Darmverschluss)
  - Veränderte Entzündungsreaktion
  - Veränderter Stoffwechsel in der Zeit vor dem Absetzen
  - Veränderte Thermotoleranz im späteren Leben
  - Verändertes Verhalten (verringerte Liegezeit, erhöhte Stehzeit)

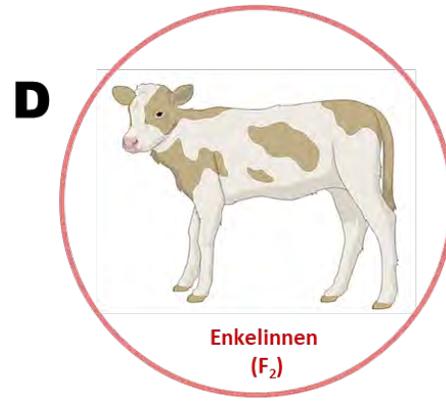


**Töchter (F<sub>1</sub>)**

## Erwachsene Kuh (F<sub>1</sub>) von hitzestresser Mutter

- Verringerte Milchleistung
- Geringere Fett- und Eiweißproduktion
- Verkürzte Nutzungsdauer (~ 1 Jahr)
- Verringerte Größe der Eierstöcke
- Erhöhtes Risiko von Totgeburten
- Erhöhte akute Hitzetoleranz (erhöhter Blutfluss der Haut)
- Beeinträchtigte Entwicklung der Milchdrüsen

## Erste Gruppe von Nachkommen (F<sub>1</sub>)



**Enkelinnen (F<sub>2</sub>)**

## Kälber (F<sub>2</sub>), die von F<sub>1</sub>-Töchtern hitzestresser Muttertiere abstammen

- Geringere Überlebenswahrscheinlichkeit bis zum Absetzen und zum Pubertätsalter
- Erhöhtes Alter zur ersten künstlichen Besamung

## Zweite Gruppe von Nachkommen (F<sub>2</sub>)



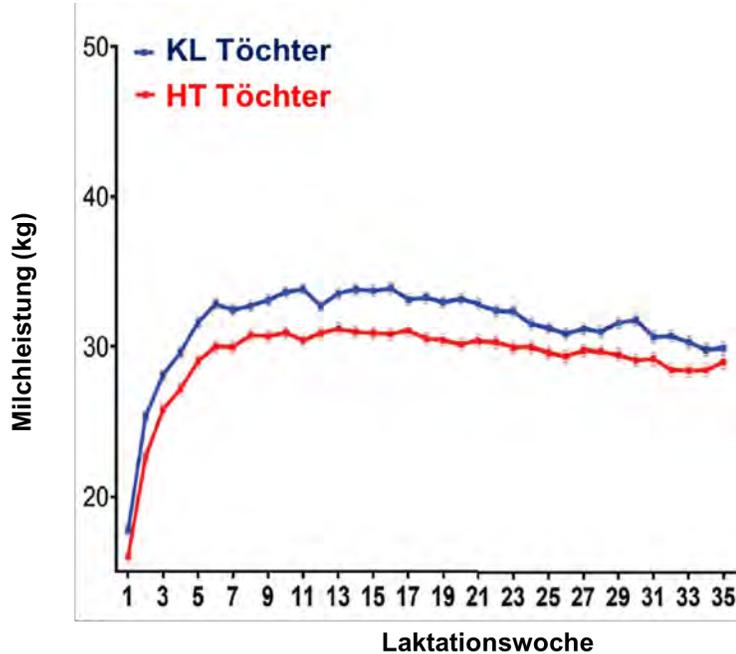
**Enkelinnen (F<sub>2</sub>)**

## Ausgewachsene Kühe (F<sub>2</sub>), die von F<sub>1</sub>-Töchtern hitzestresser Muttertiere abstammen

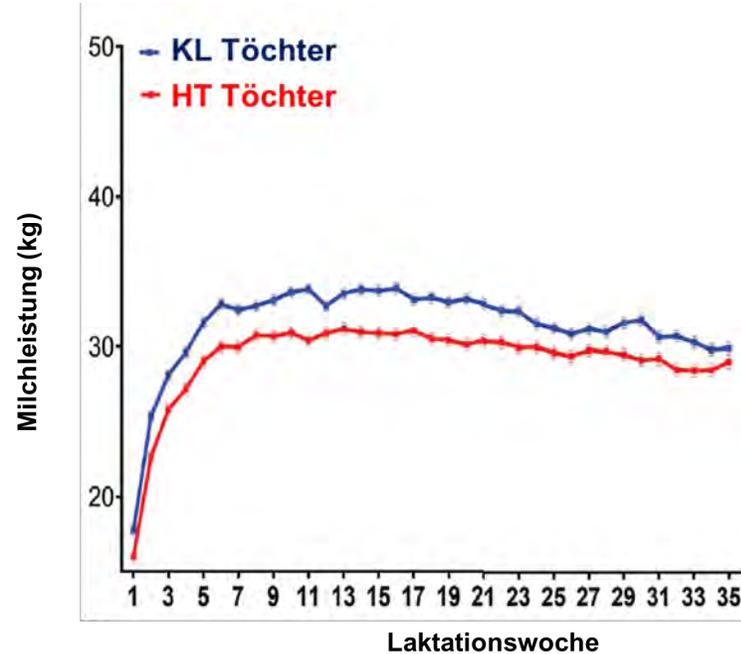
- Verringerte Milchleistung
- Geringere Fett- und Eiweißproduktion

Ghaffari, 2022

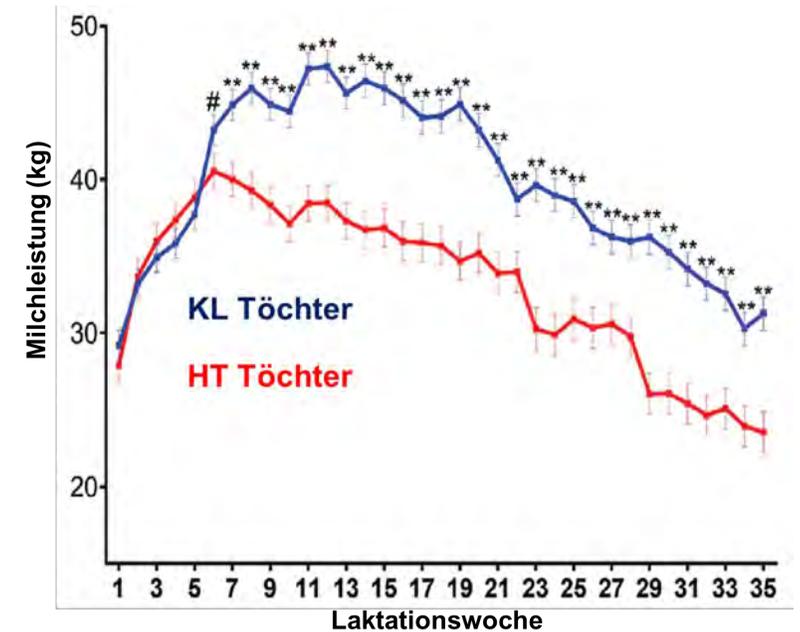
# Epigenetische Effekte von Hitzestress in der Trächtigkeit



1. Laktation



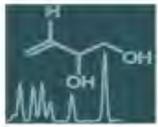
2. Laktation



3. Laktation

- Effekte auch in der 3. Generation nachweisbar

Laporta et al., 2020



Article

# A Pilot Study on Across-Generation Impacts of Maternal Heat Stress on Blood Metabolites of Female Holstein Dairy Calves

Kathrin Halli <sup>1,\*</sup> , Imke Cohrs <sup>2,†</sup>, Kerstin Brügemann <sup>1</sup> , Christian Koch <sup>2</sup> and Sven König <sup>1</sup>

Metabolites 2023, 13, 494. [Metabolites | Free Full-Text | A Pilot Study on Across-Generation Impacts of Maternal Heat Stress on Blood Metabolites of Female Holstein Dairy Calves \(mdpi.com\)](https://doi.org/10.3168/jds.2022-22890)



**J. Dairy Sci. 106:7281–7294**  
<https://doi.org/10.3168/jds.2022-22890>

© 2023, The Authors. Published by Elsevier Inc. and Fass Inc. on behalf of the American Dairy Science Association®.  
This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## Effects of temperature-humidity index on blood metabolites of German dairy cows and their female calves

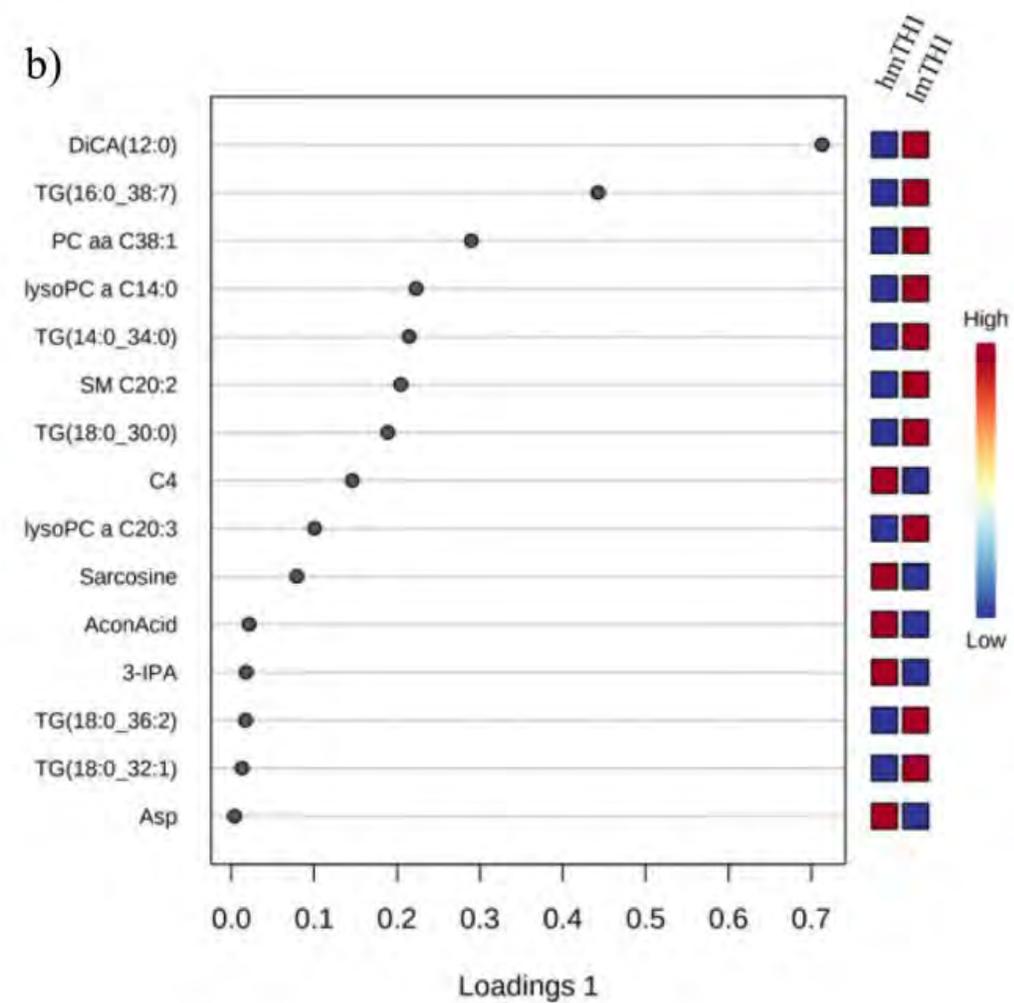
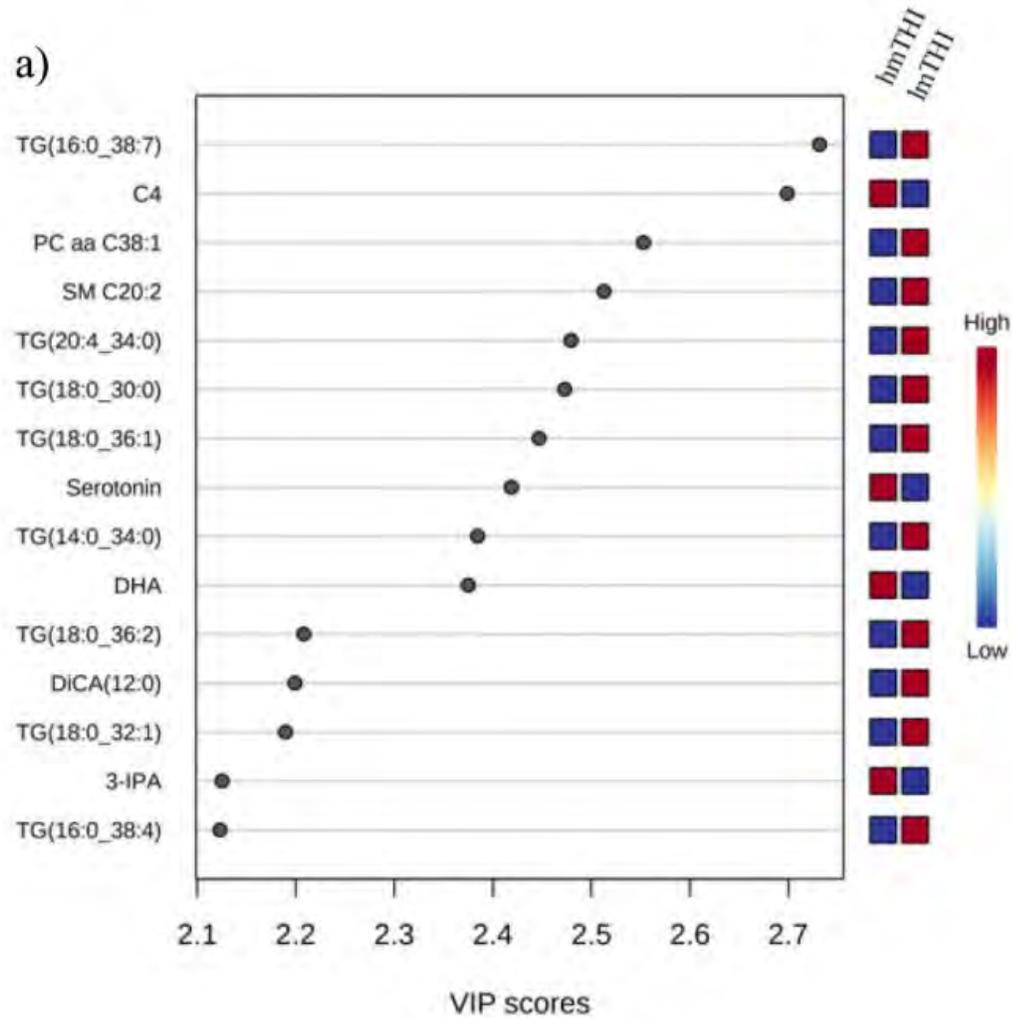
**K. Halli,<sup>1\*</sup> I. Cohrs,<sup>2†</sup> K. Brügemann,<sup>1</sup> C. Koch,<sup>2</sup> and S. König<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Animal Breeding and Genetics, Justus Liebig University, 35390 Giessen, Germany

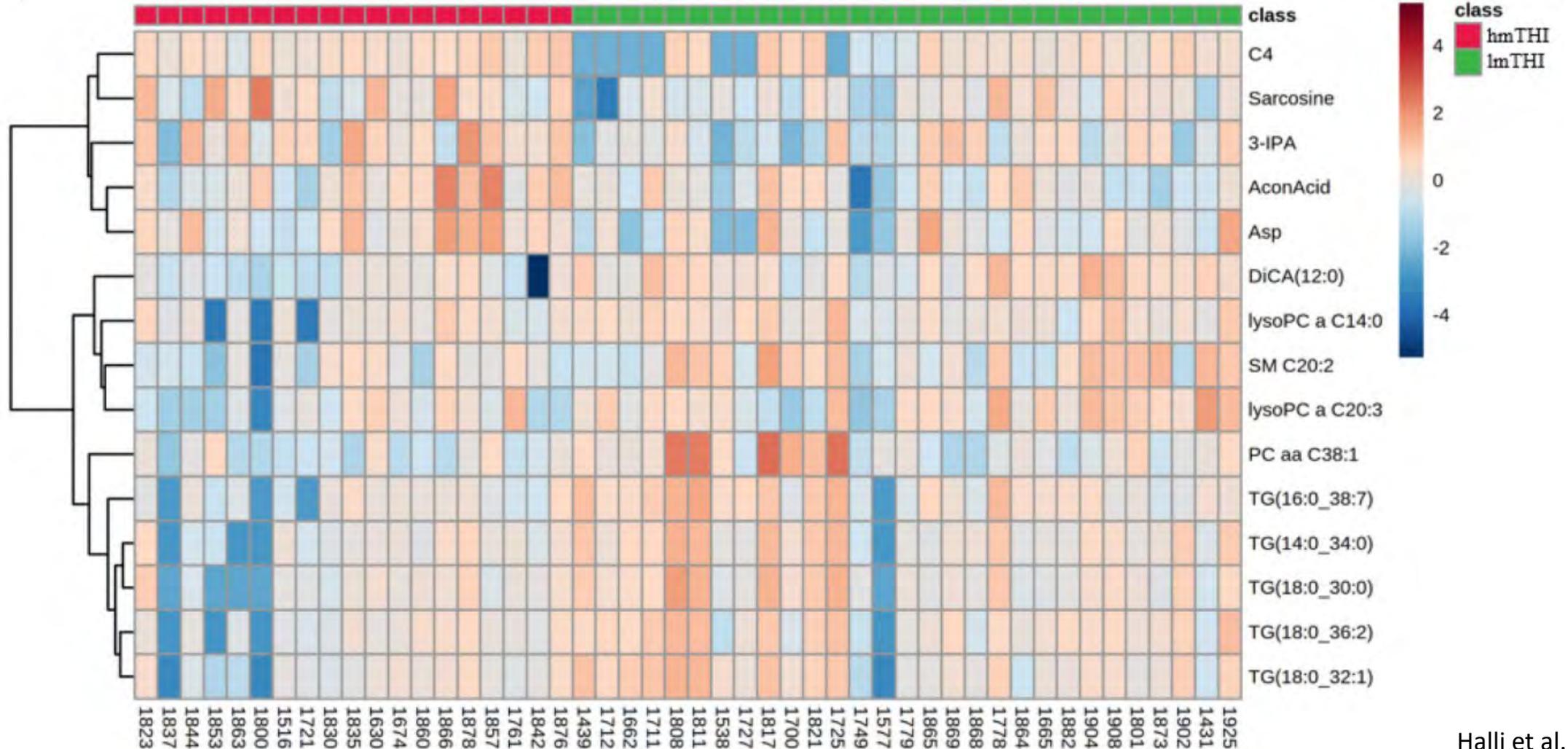
<sup>2</sup>Educational and Research Centre for Animal Husbandry, Hofgut Neumuehle, 67728 Muenchweiler an der Alsenz, Germany

[Effects of temperature-humidity index on blood metabolites of German dairy cows and their female calves - Journal of Dairy Science](https://doi.org/10.3168/jds.2022-22890)

# Einfluss von Hitzestress auf Metaboliten



# Einfluss von Hitzestress auf Metaboliten



Halli et al., 2023

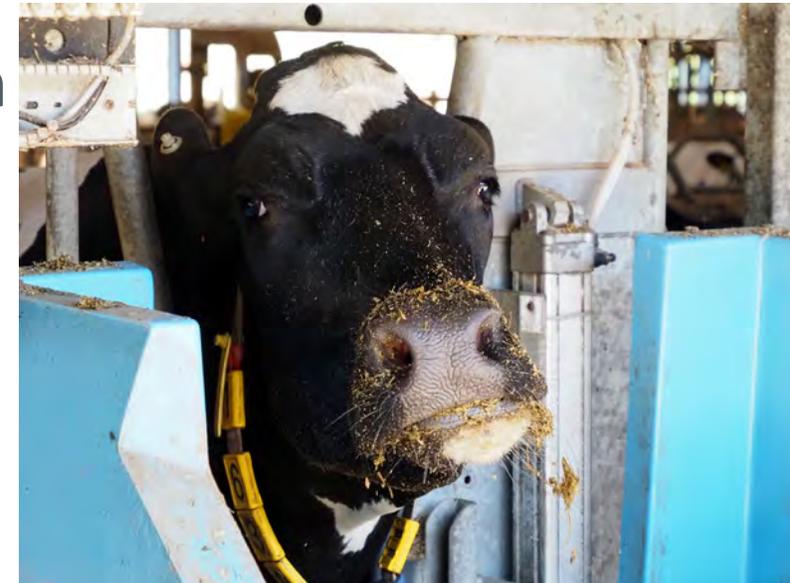
# Gliederung

- Hitzestress und dessen Auswirkungen auf die adulte Kuh
- Epigenetische Effekte des Hitzestresses – transgenerationale Effekte zwischen der Kuh und ihren Nachkommen
- Fazit



# Stress bei Kuh und Kalb – Fazit

- Hitzestress als derzeitige und zukünftige Herausforderung
  - Massive Beeinflussung des Wohlergehens und der Leistung der Kühe. Hitzestressresistentere Rassen.
- Anpassungsvermögen von Kuh und Kalb unterstützen
  - Wasser-(Milch-)versorgung essenziell!!!
- Haltungsumgebung anpassen
  - Luftzu- und abfuhr, Abkühlung der Luft, Liegefläche anpassen, Schatten anbieten
- Maßnahmen zur Kühlung der Haltungsumgebung in allen Phasen – insb. Transitphase



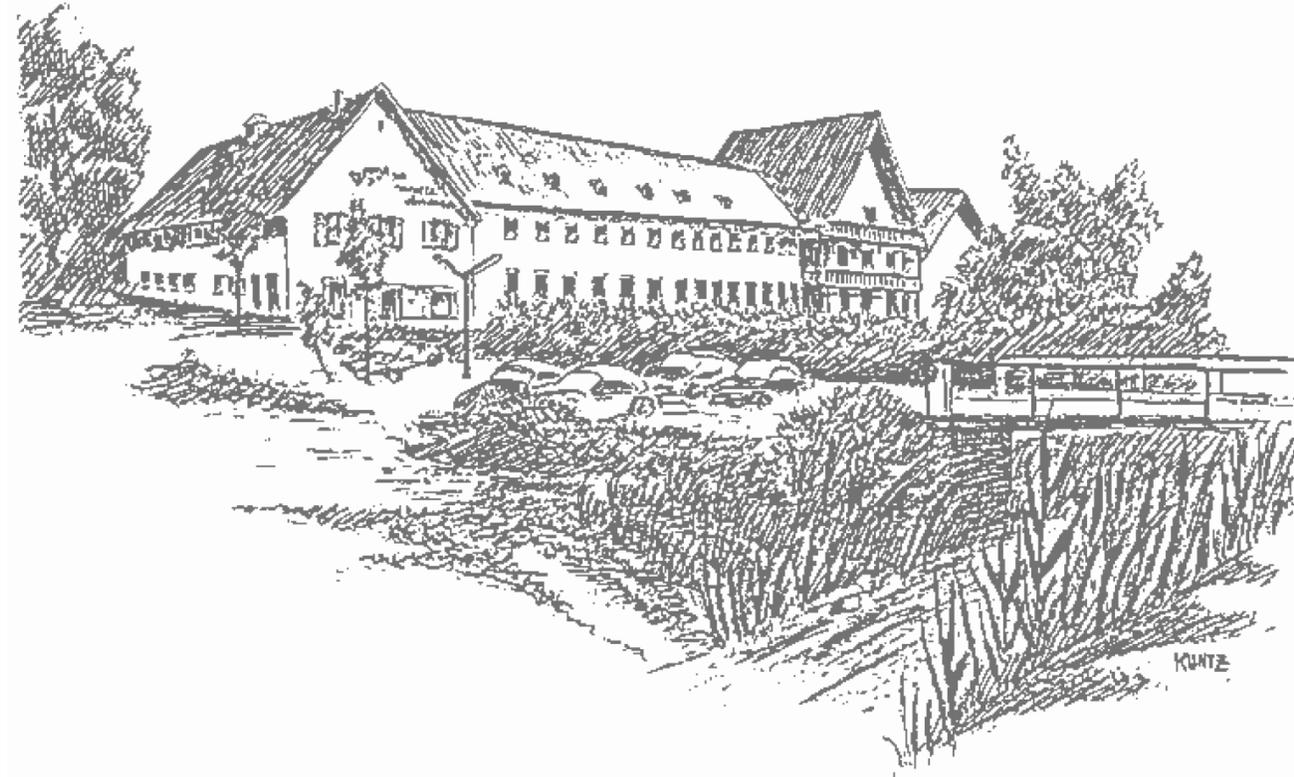
# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

*Dr. Christian Koch*

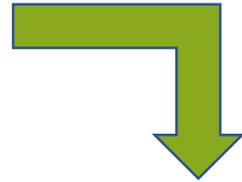
Hofgut Neumühle

[c.koch@neumuehle.bv-pfalz.de](mailto:c.koch@neumuehle.bv-pfalz.de)

Tel.: 06302 - 603 - 43



# Der Laktationsstart verursacht metabolischen Stress



Neue Justierung  
des Stoffwechsels



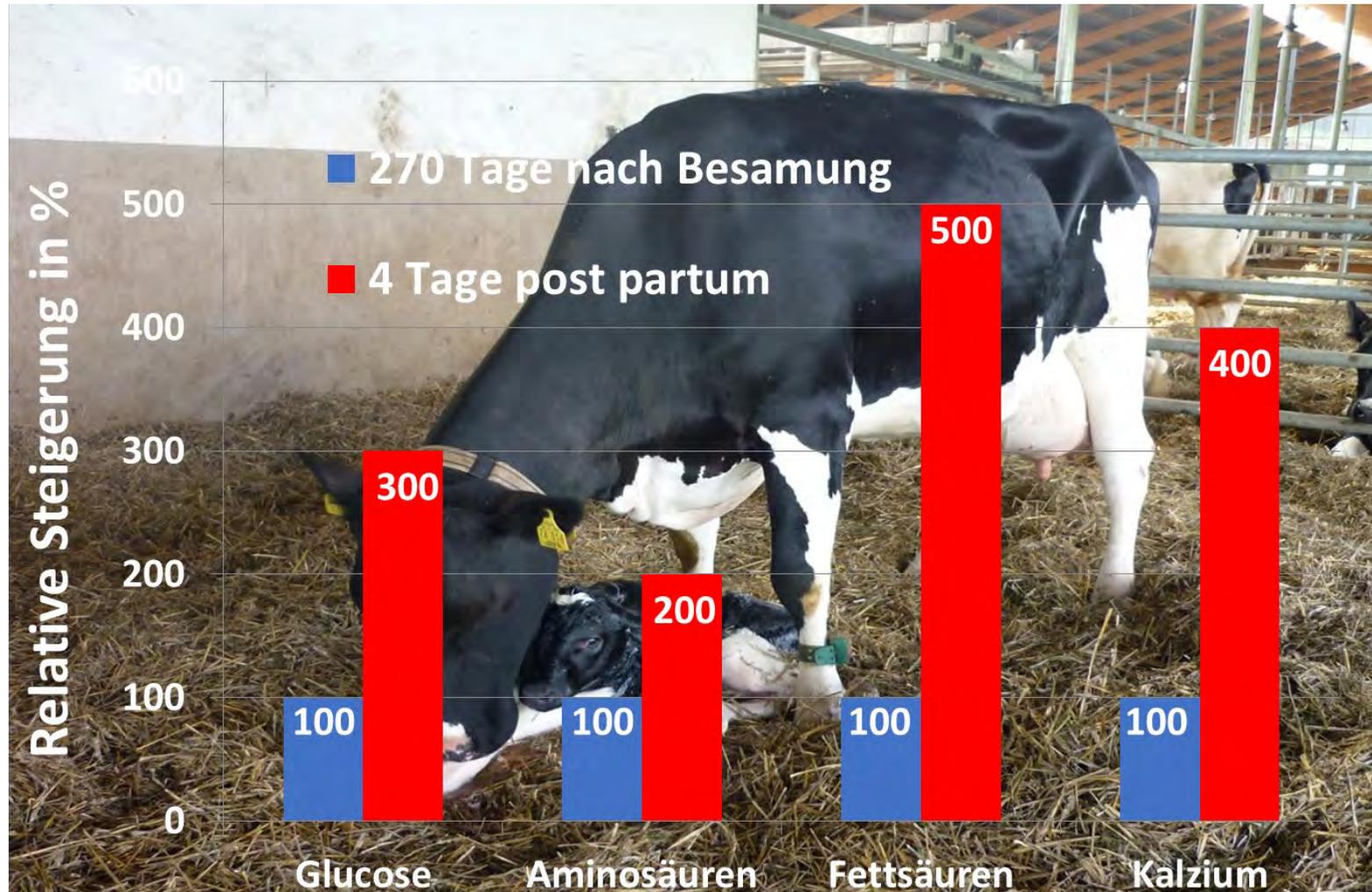
Insulin ↓  
Glucagon (↑)  
Cortisol, GH ↑



Gluconeogenese ↑  
Lipolyse ↑

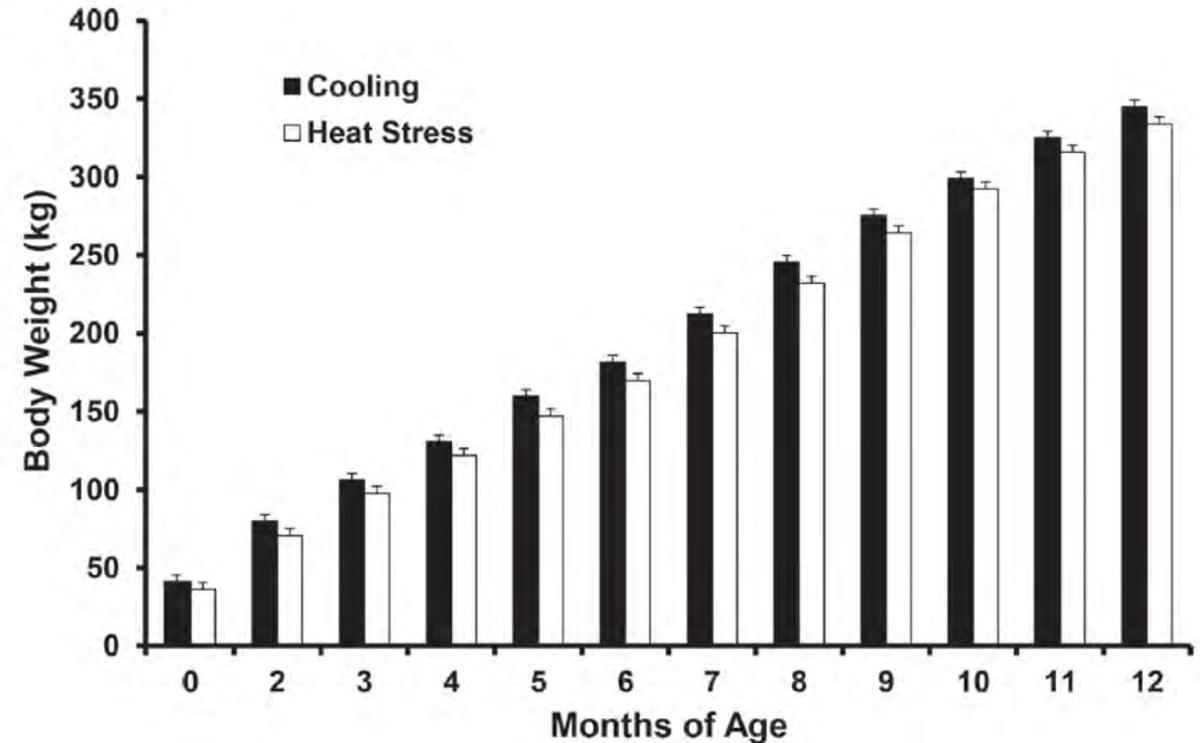
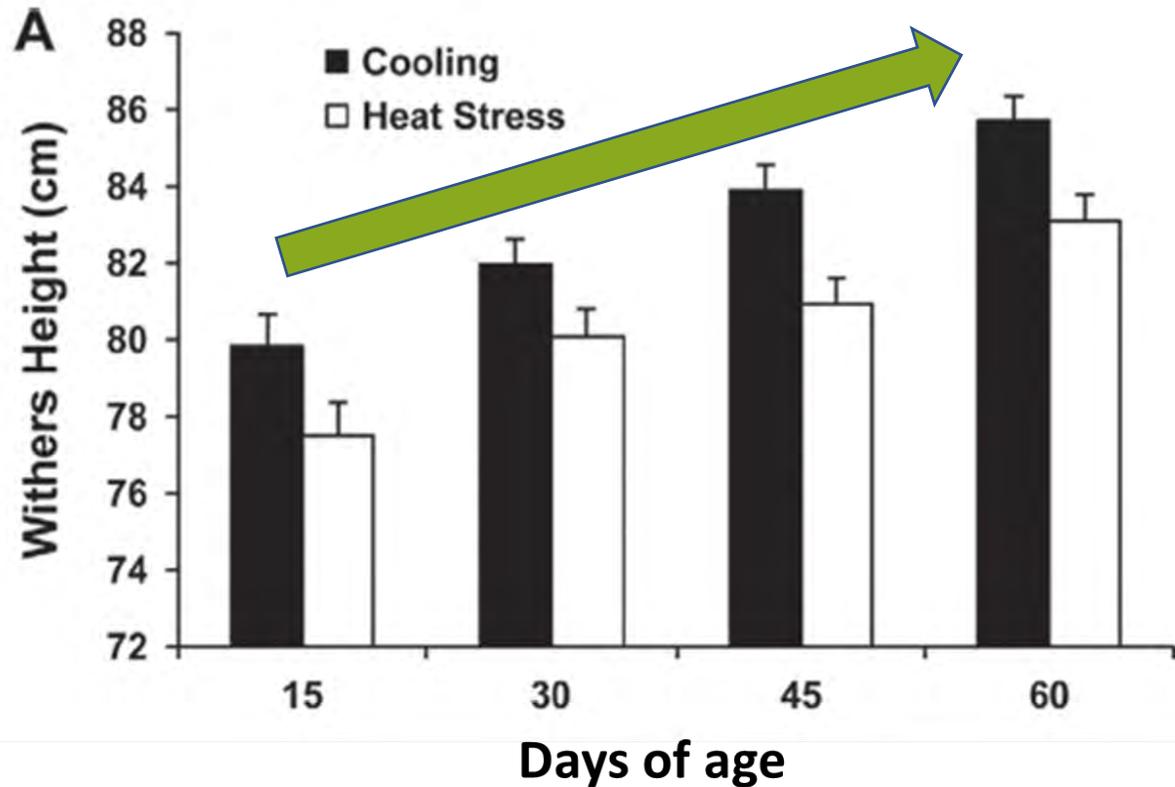
( Drackley 2002, Overton and Waldron 2004 )

# Der Laktationsstart verursacht metabolischen Stress



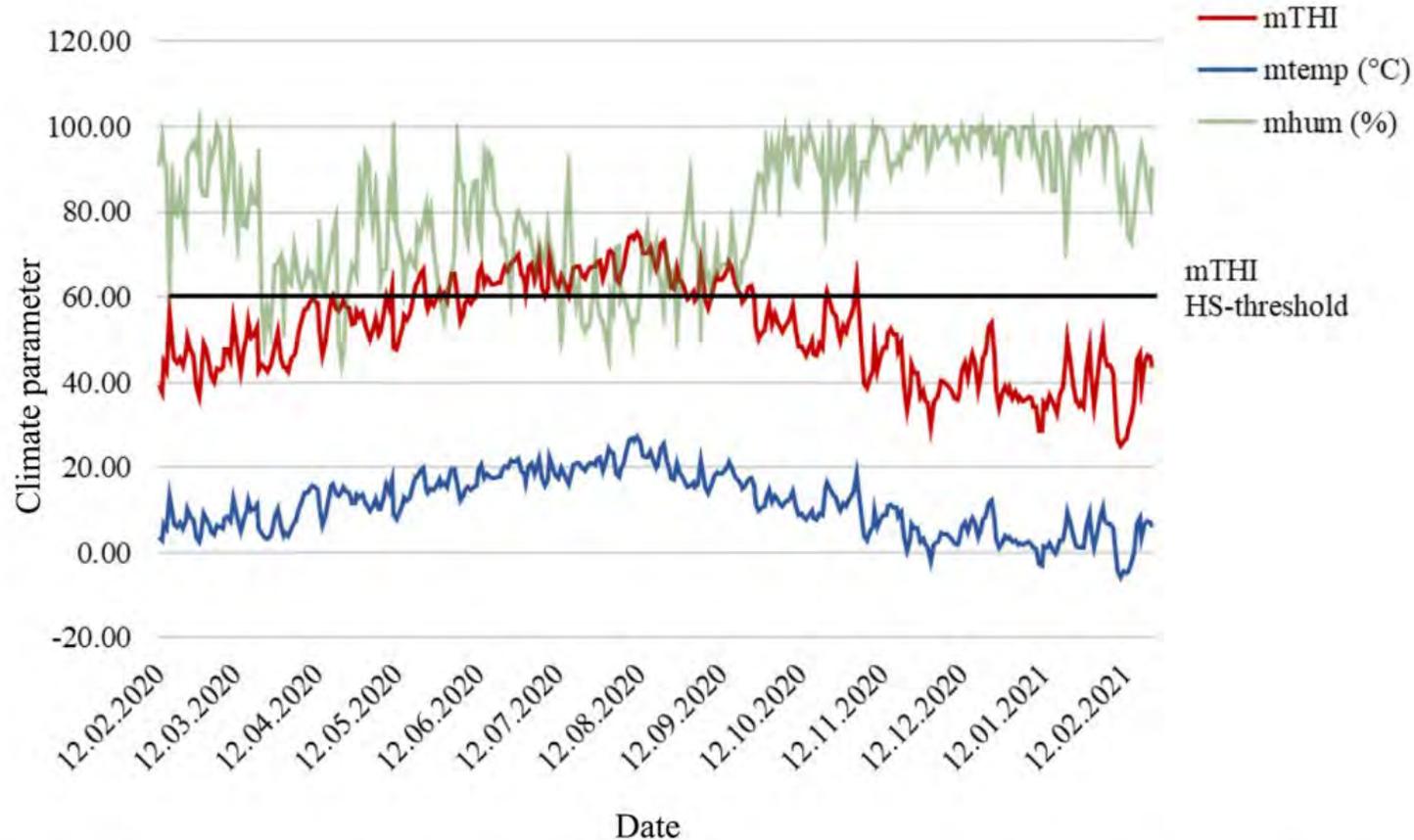
( Drackley 2002, Overton and Waldron 2004 )

# Epigenetische Effekte von Hitzestress in der Trächtigkeit



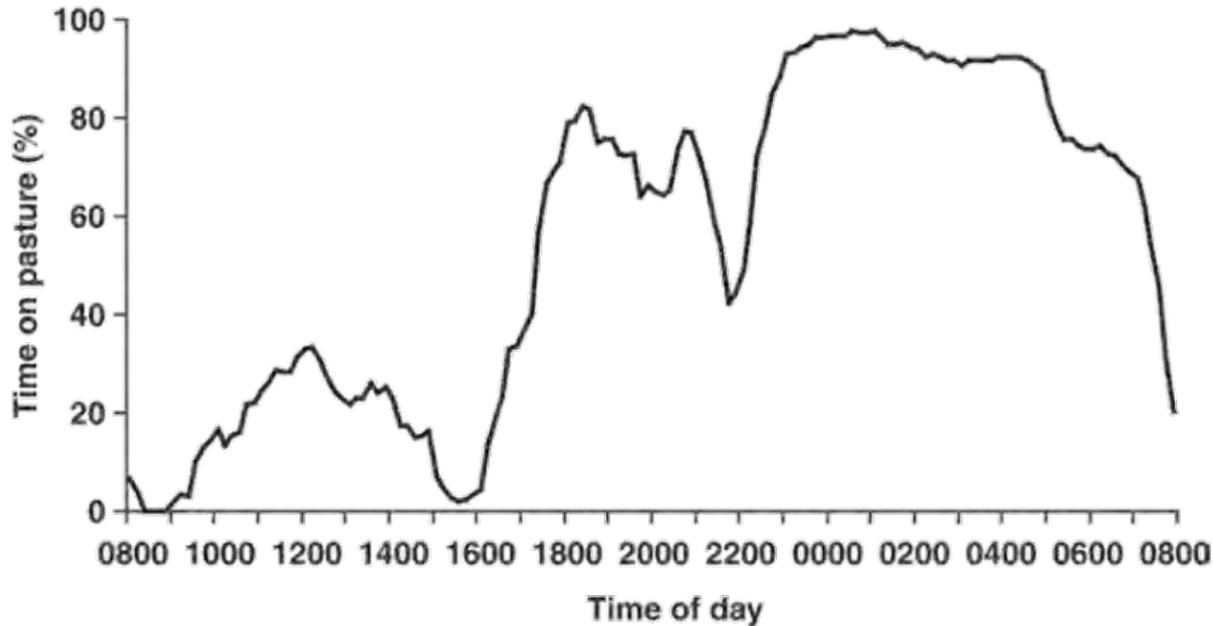
Monteiro et al., 2014

# THI Verläufe während der Studie

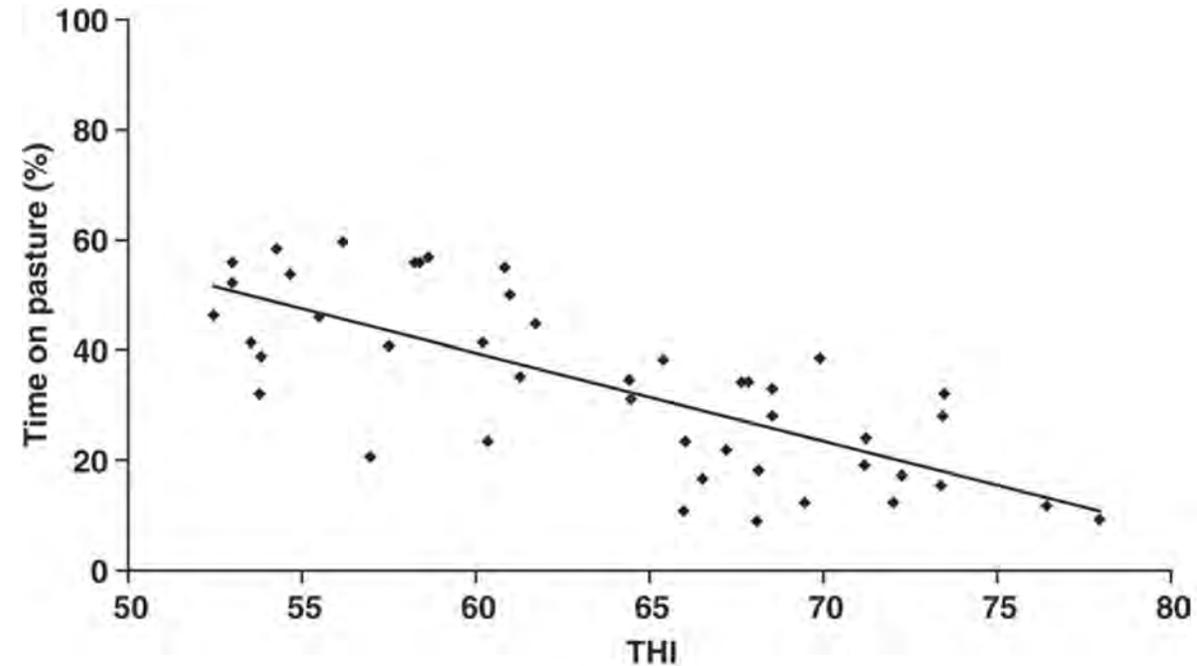


**Figure 1.** Daily mean temperature-humidity index (mTHI), daily mean temperature (mtemp), and daily mean humidity (mhum) during the recording period from February 2020 to February 2021, measured inside of the dairy shed by data loggers. Dates are shown in format day.month.year. HS = heat stress.

# Weidepräferenz Milchkühe



Kühe wollen Nachts nach draußen und tagsüber im Stall bleiben!



Mit zunehmenden THI (Hitzestress) wollen Kühe nicht mehr auf die Weide

Lengrad et al., 2009

# Lösungen für eine Weidehaltung auch bei hohen Temperaturen

- Schatten (Bäume)
- Witterungsschutz
- Wasserversorgung (Hygiene!)



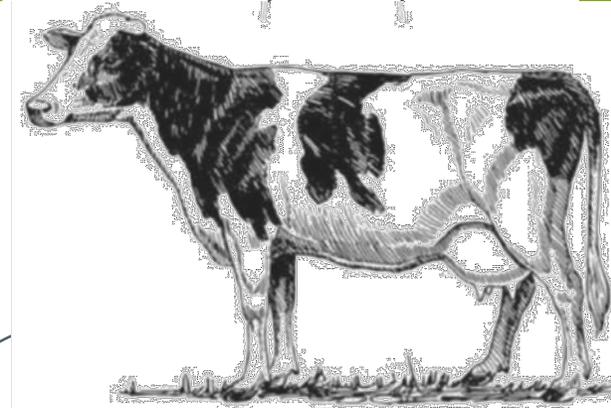
# Auswirkungen auf unsere Milchkühe

ERHÖHTE  
UMGEBUNGS-  
TEMPERATUREN



## Affektiver Zustand

- ↑ Hunger & Durst
- ↑ Frustration
- ↑ Aggression
- ↑ Unwohlsein



## Biologische Funktion und Gesundheit

- Atemfrequenz ↑
- Brunstverhalten ↓
- Milchleistung ↓

## Natürliche Lebensweise

- ↑ Evolutionäre Anpassung
- ↑ Gruppenverhalten
- ↑ Aufsuchen von Schatten

Modifiziert nach Polsky und  
von Keyserlingk, 2017

# Wasserbedarf von Rindern und Milchkühen

Tiergruppe	Lebendmasse/ Leistung, kg LM (d)	Umgebungstemperatur, °C		
		5	15	28
Färse	360 kg LM	24	30	40
	545 kg LM	34	41	55
Kuh, trocken	630 kg LM	37	46	62
Kuh, lakt.	9	46	55	68
	27	84	99	104
	36	103	121	147
	45	122	143	174

# Anforderungen an die Wasserversorgung

- **Empfehlungen der DLG und des BMEL:**

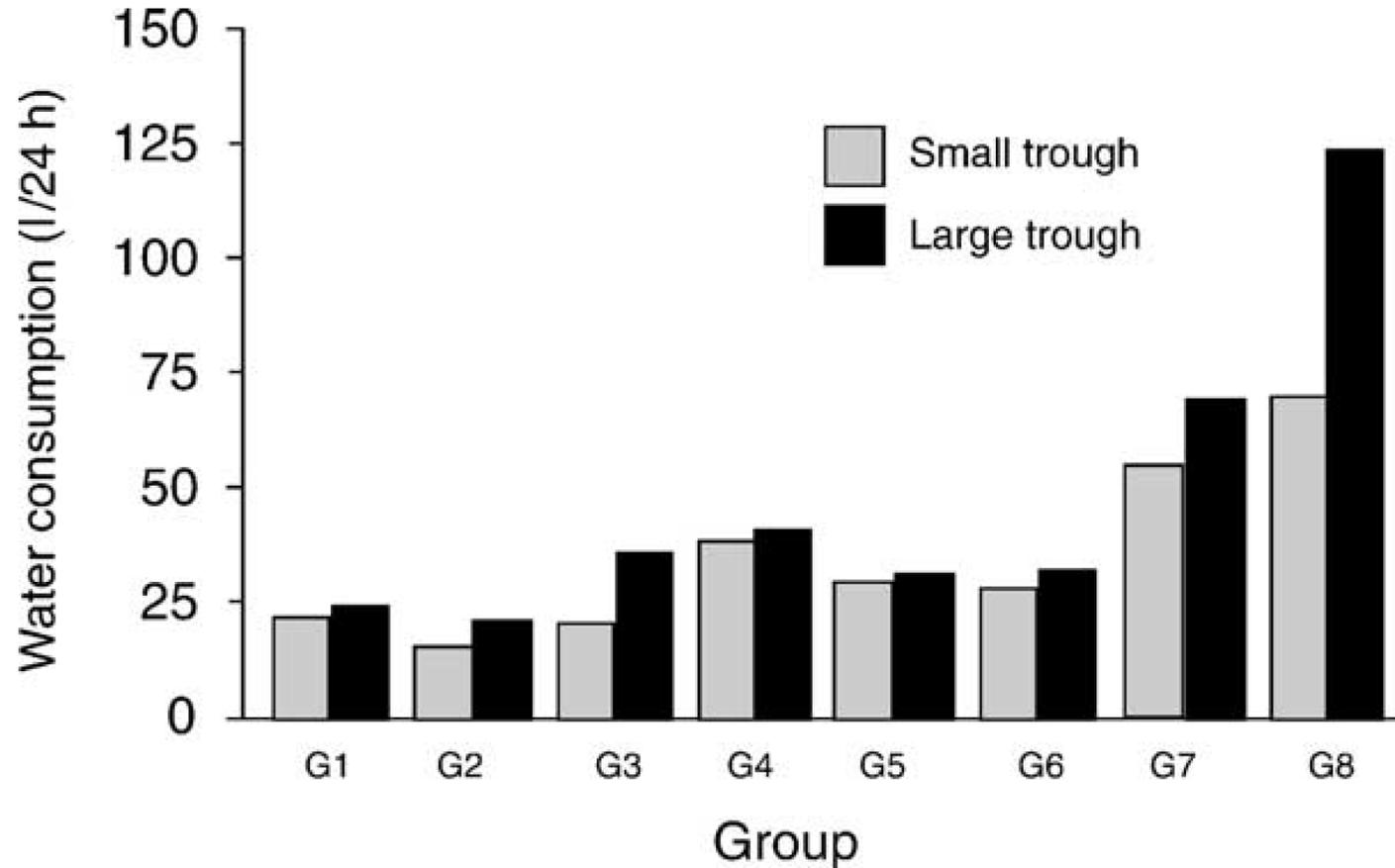
- Je 20 Tiere eine Tränke und je Tier 6 cm Gesamttroglänge (Bei 100 Kühen 6 Tränken und 600 cm Gesamttroglänge)
- Wassertiefe von 10-15 cm, Höhe von 80 cm und Durchfluss von 20l/min.
- Nicht in Sackgasse oder Konkurrenz zu anderen Einrichtungen (Kuhbürsten, Fütterung)
- Geeignete Qualität des eingespeisten Wassers (Schmackhaftigkeit, Verträglichkeit, Verwendbarkeit)

- **Technik?! Qualität?!**



DLG Merkblatt 399;  
BMEL, 2019;  
Hayer et al, 2022

# Tränkevolumen



Small: 189 L

Large: 568 L

**Umso größer,  
desto besser!**



**?!**

Pinheiro Machado Filho et al., 2004



# Änderungen des Trinkverhaltens

Burkhardt et al. (unpublished), 2022

Variable	Sommer		Winter	<i>P-value</i>
	Trogtränken	Ventiltränken	Trogträ	
Anzahl an Trinkvorgängen	n = 2912	n = 1066	n =	
Gesamtdauer der Trinkvorgänge	112.1 ± 1.7 <sup>B,b</sup>	132.5 ± 3.3 <sup>a</sup>	114.6 ±	
Dauer des Probierverhaltens	31.1 ± 0.8	35.4 ± 1.9	31.7 ±	
Anzahl der Unterbrechungen	2.2 ± 0.03	2.3 ± 0.1	2.7 ±	
Dauer der Unterbrechungen	44.9 ± 1.1 <sup>A,b</sup>	52.8 ± 0.1 <sup>A,a</sup>	13.6 ±	
Dauer der aktiven Wasseraufnahme	57.2 ± 0.9 <sup>A,b</sup>	71.5 ± 2.0 <sup>A,a</sup>	26.5 ±	
Anzahl an Trinkphasen	2.4 ± 0.1 <sup>B</sup>	2.4 ± 0.1 <sup>B</sup>	3.1 ±	
Anzahl an Schlucken je Trinkphase	12.2 ± 0.2 <sup>B</sup>	12.3 ± 0.3 <sup>B</sup>	20.2 ±	



- Starker Anstieg von Kämpfen um Tränken

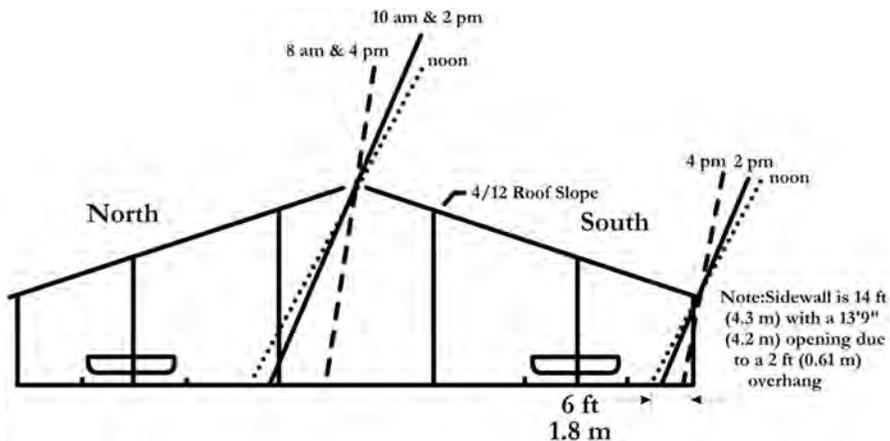


Tränken werden auch zur Abkühlung genutzt!

# Verringerung direkter & indirekter Sonneneinstrahlung

## 1. Auf die Orientierung des Stalles und die Sonneneinstrahlung achten!

- THI gleich, aber Unterschied von bis zu 9 Atemzüge/min (Smith et al., 2001)



University of Wisconsin-Madison, 2022

## 2. Dachisolierungen

- Reduktion der Stalltemperatur um bis zu 2,0°C



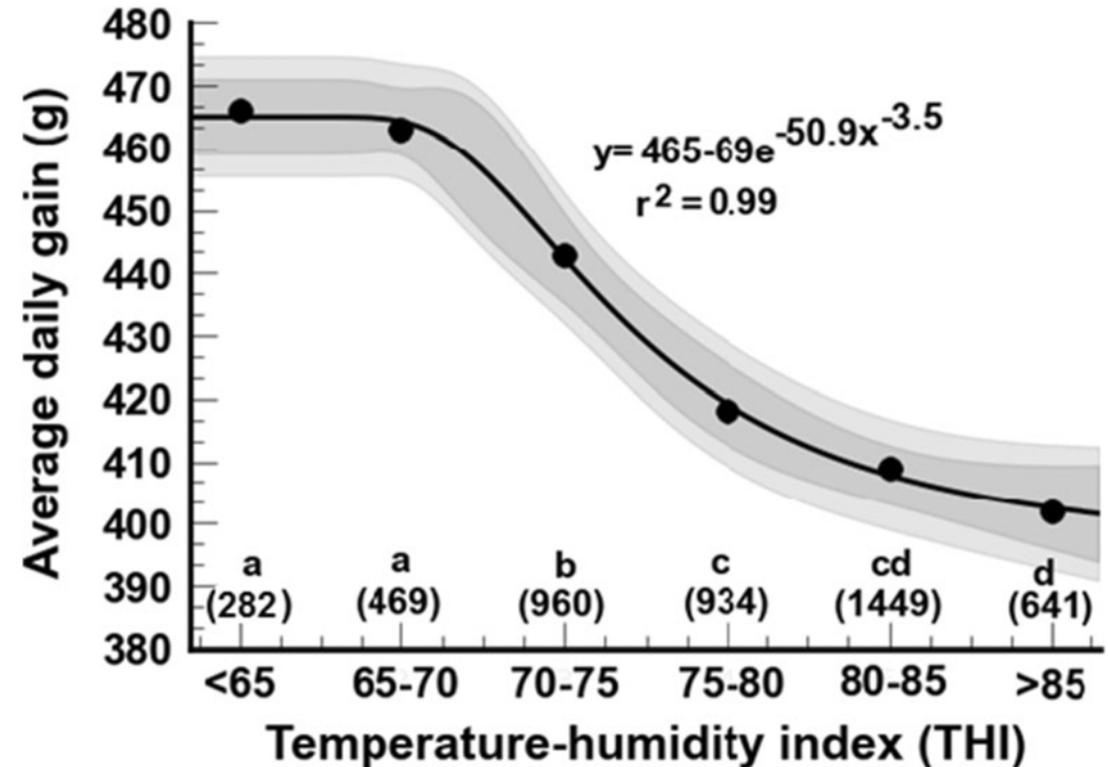
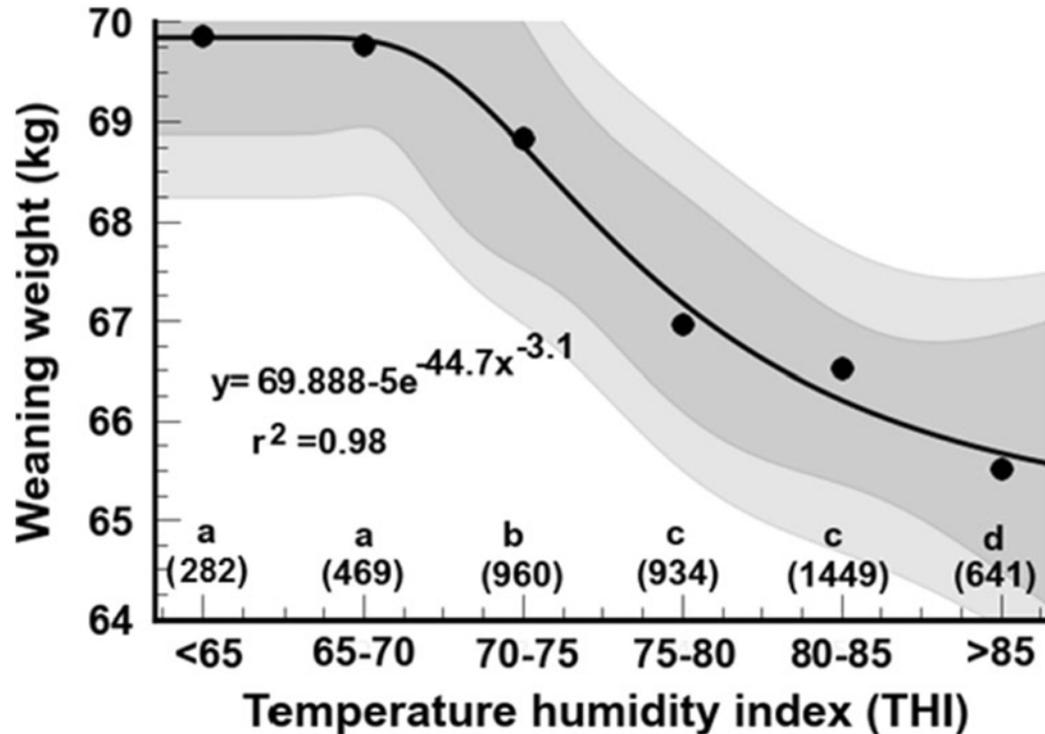
# Stress bei Kälber



Sind unsere  
Kälber  
gestresst?!



# Einfluss von Hitzestress auf das Absetzgewicht



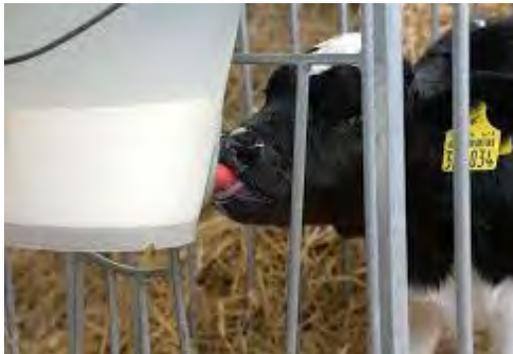
López et al., 2022

# Versorgung mit Wasser

	Umgebungstemperatur, °C		
Lebendmasse Kalb, kg	5	15	28
90	8	9	13
180	14	17	23

DLG Empfehlung, 2019

## Wege der Wasserversorgung:

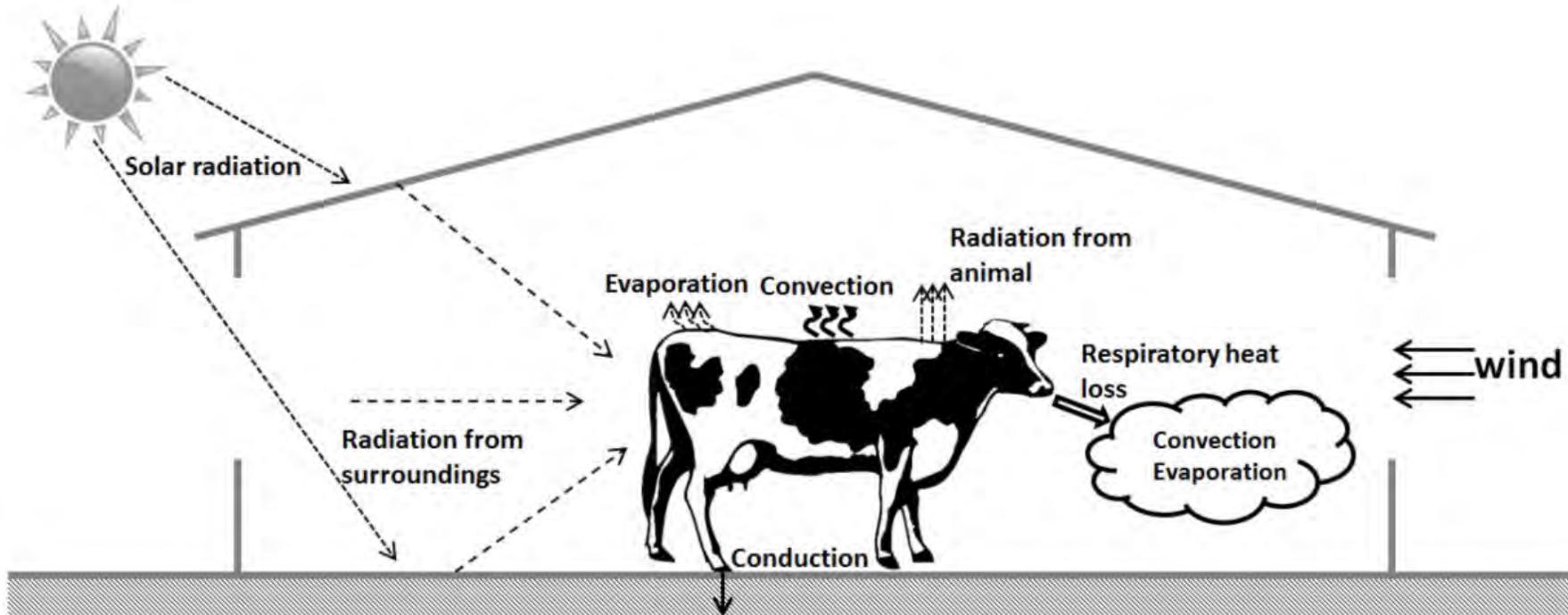


<https://www.ritter-decken.de/>

# Kälberhaltungen anpassen



# Maßnahmen zur Beeinflussung der Umgebung



Wang et al., 2018

## Maßnahmen:

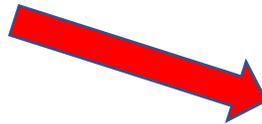
- Verringerung direkter & indirekter Sonneneinstrahlung
- Abkühlung der Umgebungsluft
- Erhöhte Luftbewegung
- Sprenkler/ Benässung (Evaporation)
- Abkühlung über Oberflächen (Konduktion)

Fournel et al.,  
2017

# Abkühlung der Umgebungsluft

- Vernebler und Wasser-Zerstäuber

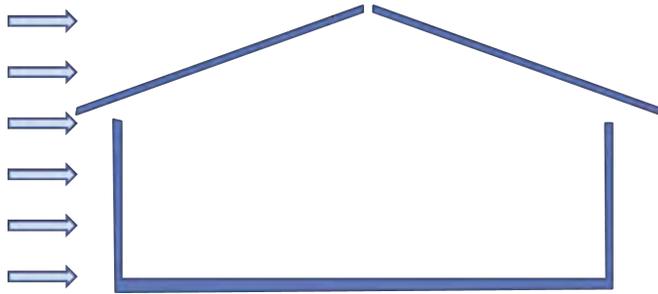
- Hochdruck-Vernebler (>200 psi) verteilen feinen Wassernebel in der Umgebungsluft (Temperatur ↓, Luftfeuchtigkeit ↑)
- Weltweite Studien: Temperaturreduktion **2-9°C**, Luftfeuchtigkeitsanstieg **8-50%**, THI-Reduktion um **1-5 Einheiten**
- Reduktion der **Körpertemperatur (-0,8°C)** und **höhere Milchleistung (+1,7 kg/d)**



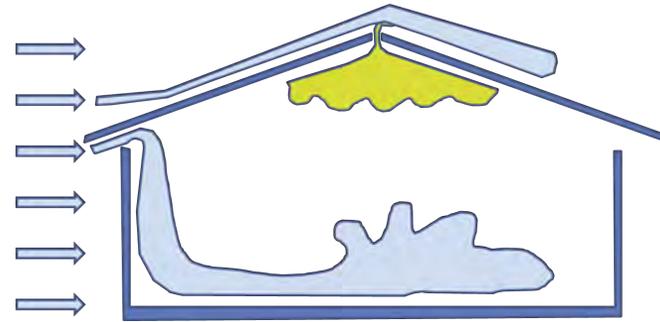
Fournel et al., 2017

# Erhöhte Luftbewegung

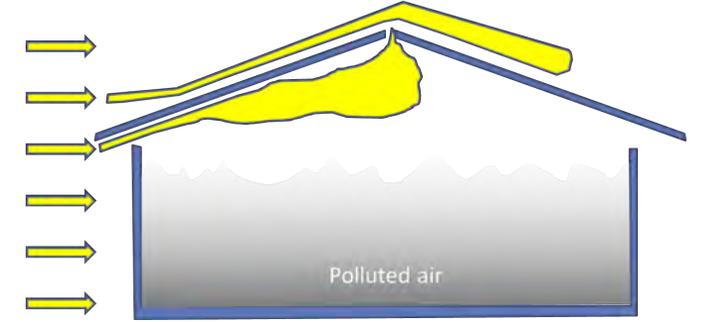
## Tauf-Frist-Lüftung



**Natürliche Belüftung**  
(auf die Hauptwindrichtung achten!)



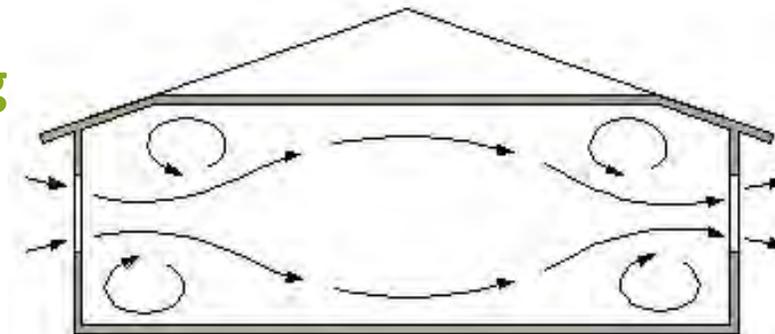
**Außen kühler als Innen**  
(Herbst-Frühjahr; Tag-Nacht)



**Außen wärmer als Innen**  
(Sommer; Tag-Nacht)

Nordlund 2014

## Querlüftung

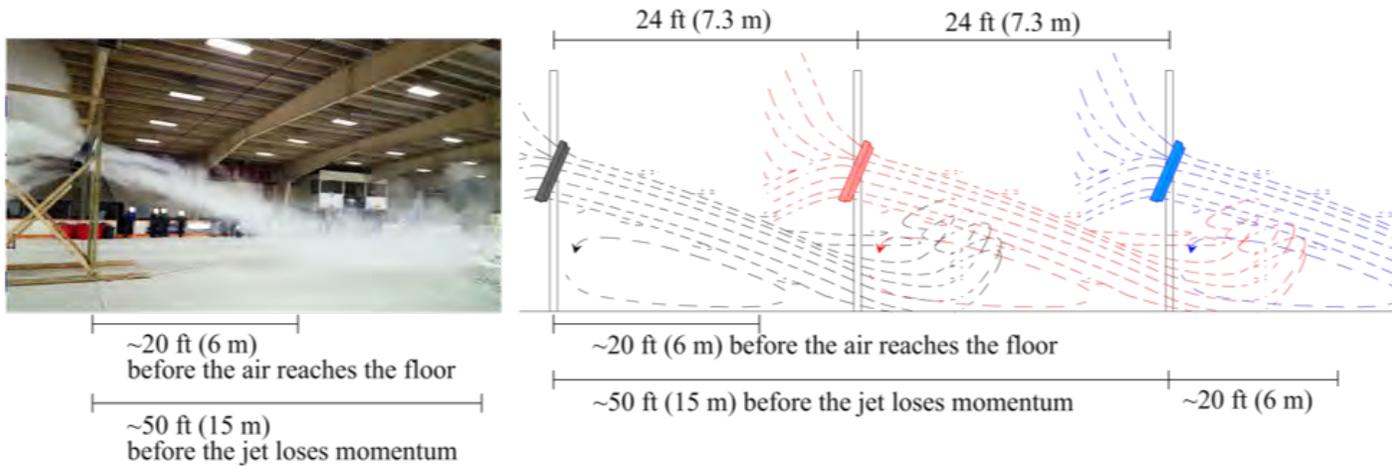


DLG-Merkblatt 450

**Zusätzliche unterstützende  
oder ausgleichende  
Windbewegung bei  
Windstille immer gut**

# Erhöhte Luftbewegung – Maßnahmen

- Axialventilatoren



University of Wisconsin-Madison, 2022

- Schlauchlüftungen



Nordlund,  
2014



# Sprenkler/ Benässung (Evaporation)

- International weitverbreitete Methode zur Erhöhung der Wärmeverluste
  - Benässung des Haarkleides + Windbewegung → Evaporations-Kälte auf der Oberfläche
  - Niedrig-Druck Sprenkler (10-40 psi), 10-mal höherer Wasserbedarf als Verneblung
  - Temperatur: **-0,2 – 4,9°C**; Luftfeuchtigkeit: **0,6 – 24,4%**; THI: **-0,2 – 5,9** Einheiten
  - Körpertemperaturen ↓, Atemfrequenz ↓, TM-Aufnahme ↑, Milchleistung ↑



Abbi-Aerotech



IndiaMart

Fournel et al., 2017

# Abkühlung über Oberflächen (Konduktion)



- Abführung von Wärme über direkten Kontakt mit Oberfläche – insbesondere beim Liegen
  - Stark materialabhängig
  - Niedrigere Temp. für Sand im Vergleich zu Stroh-Mist-Matratze als Einstreu (Ortiz et al., 2015)
  - Positive Effekte auf Hitzestress-Indikatoren



agrarheute



Top Agrar