

Direkte und zeitversetzte Hitzestresseffekte: Empfehlungen für Landwirte und Zuchtorganisationen

Sven König

Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Universität Gießen

Warum ist Klima für Milchkühhalter und -züchter so wichtig?

Aus praktischer Sicht

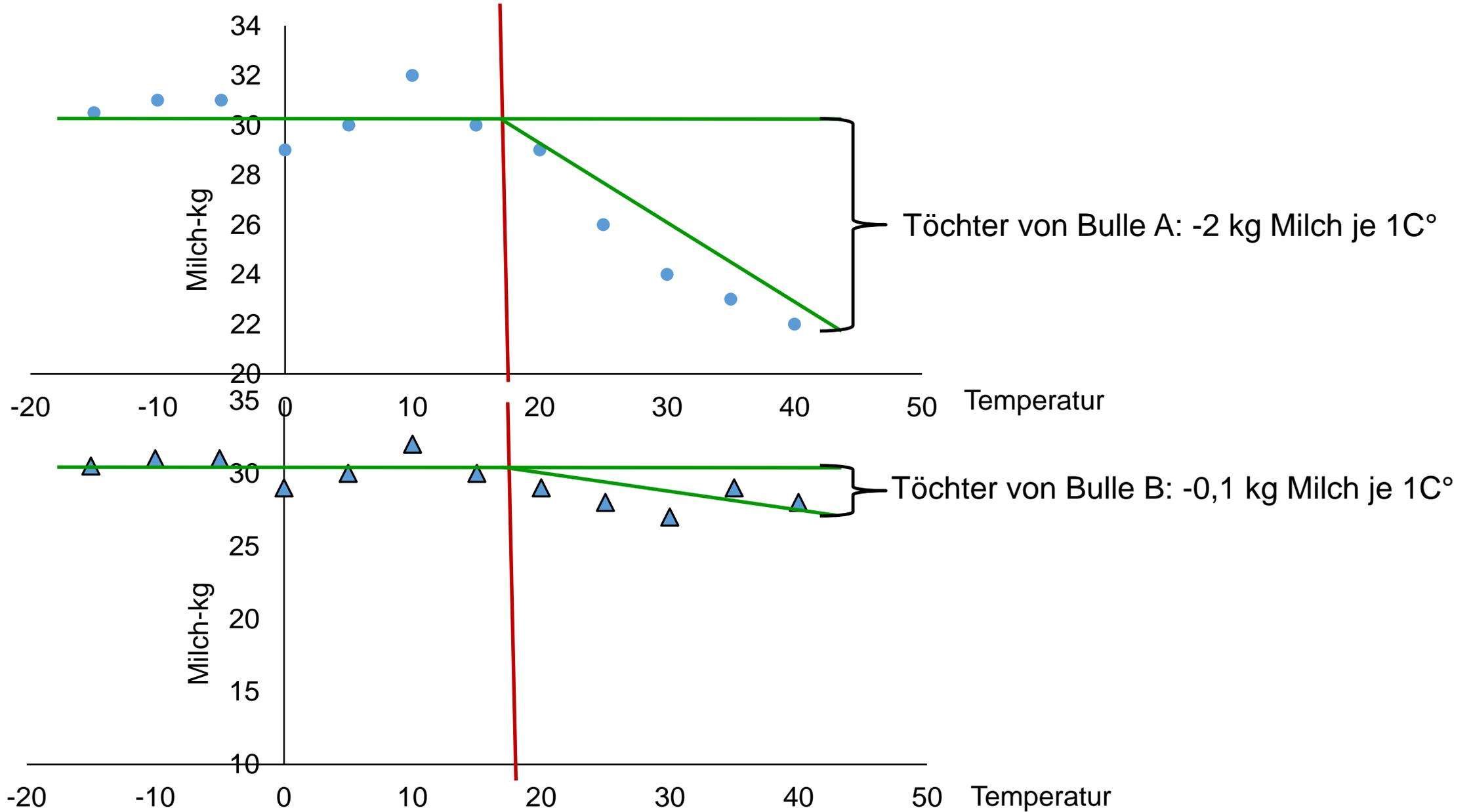
- Wenn der 1. Schnitt Grassilage verregnet, dann ist das Jahr gelaufen
- bzw: Wenn es zu trocken ist, gibt es erst gar keine (zu wenig) Grassilage und auch keine vernünftige Maissilage



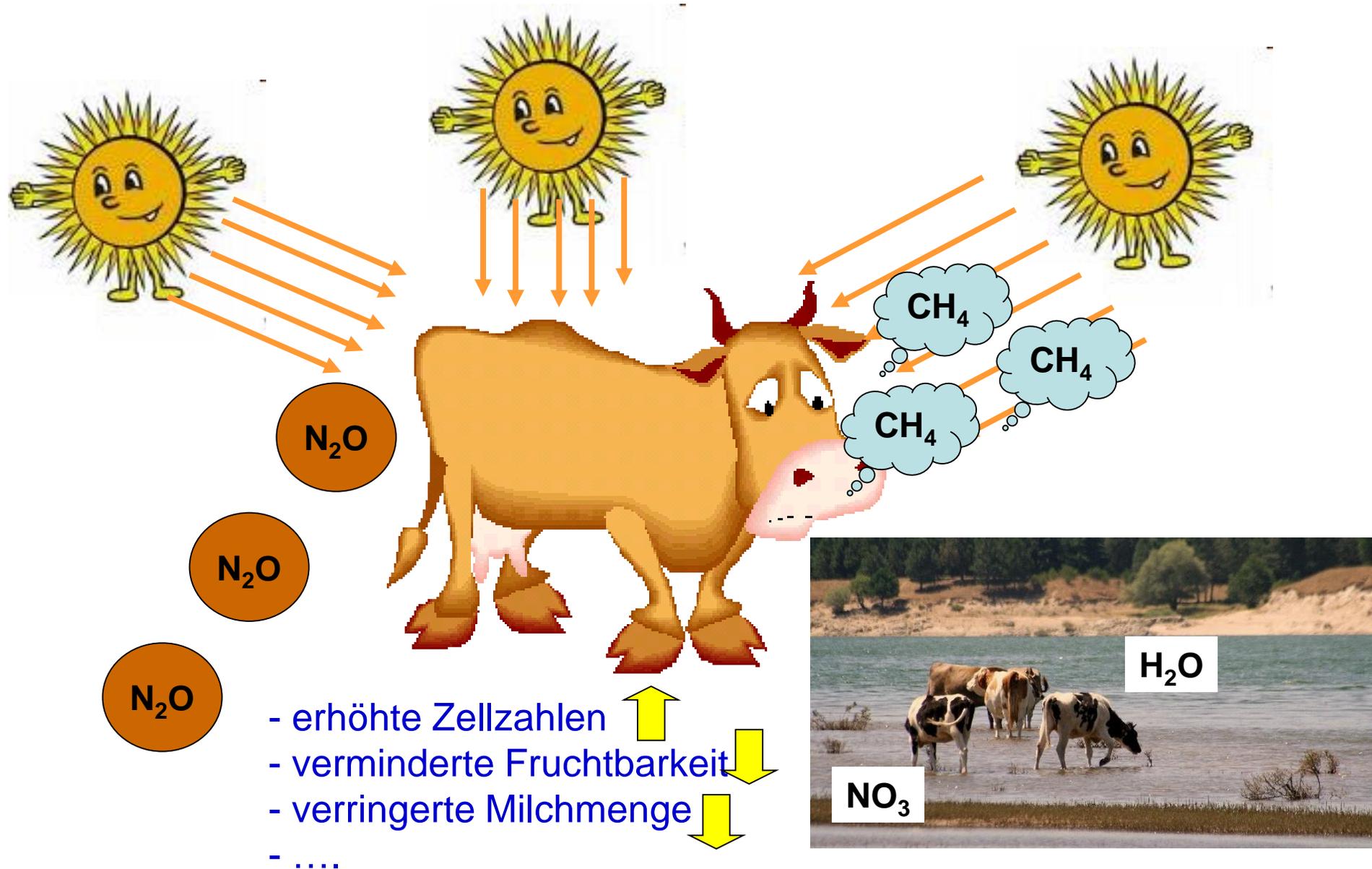
Erste Erfahrungen mit Hitzestress und Zucht: Im kanadischen Winter in 2005



Die damalige Idee der Zuchtwertschätzung



Milchkuh und Klima: Ein interessantes Forschungsthema: Hier gibt es Geld!





Niedersächsisches Ministerium
für Wissenschaft und Kultur

KLIFF - Klimafolgenforschung in Niedersachsen

Forschungsthema 4: Tierproduktion

➤ Konsequenzen und Anpassungen für die niedersächsische Milch- und Rinderproduktion durch Klimaänderungen auf regionaler Skala

Arbeitspaket I: Einfluss von Klima auf die Leistungseigenschaften der Milchkuh (Produktions- und Sekundärmerkmale)

Arbeitspaket II:

Einfluss der Milchkuh auf das Klima („züchterische Strategien in Richtung ressourceneffizienter Milchkuh“)

Der Temperatur – Luftfeuchte – Index (THI)

Temperatur °C	Relative Luftfeuchte %										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
22,5									72	72	73
25,0						72	73	74	75	76	77
27,5				73	74	75	77	78	79	81	82
30,0		72	74	75	77	78	80	81	83	84	86
32,5	73	75	76	78	80	82	84	86	87	89	91
35,0	75	77	79	81	83	85	87	89	91	93	95
37,5	77	79	82	84	86	88	91	93	95		
40,0	79	81	86	86	89	91	95	96			
42,5	81	86	87	89	92	95	98				
45,0	83	86	89	92	95	96					

mild stress
medium stress
severe stress

Wohlfühltemperatur Rind:
Zwischen 4 und 16°C

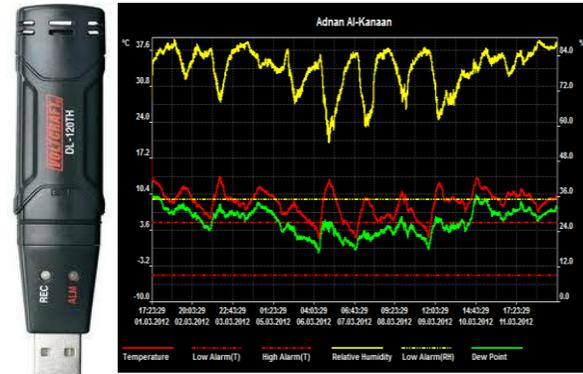
Zahlreiche Studien in Nordamerika auf Basis des **THI** von offiziellen Wetterstationen (z.B. Rovagnola et al., 2007; Bohmanova et al., 2008)

Es gibt deutliche **genetische Unterschiede** bzgl. der Reaktionen von HF-Kühen auf den THI

Klimadaten von offiziellen Wetterstationen

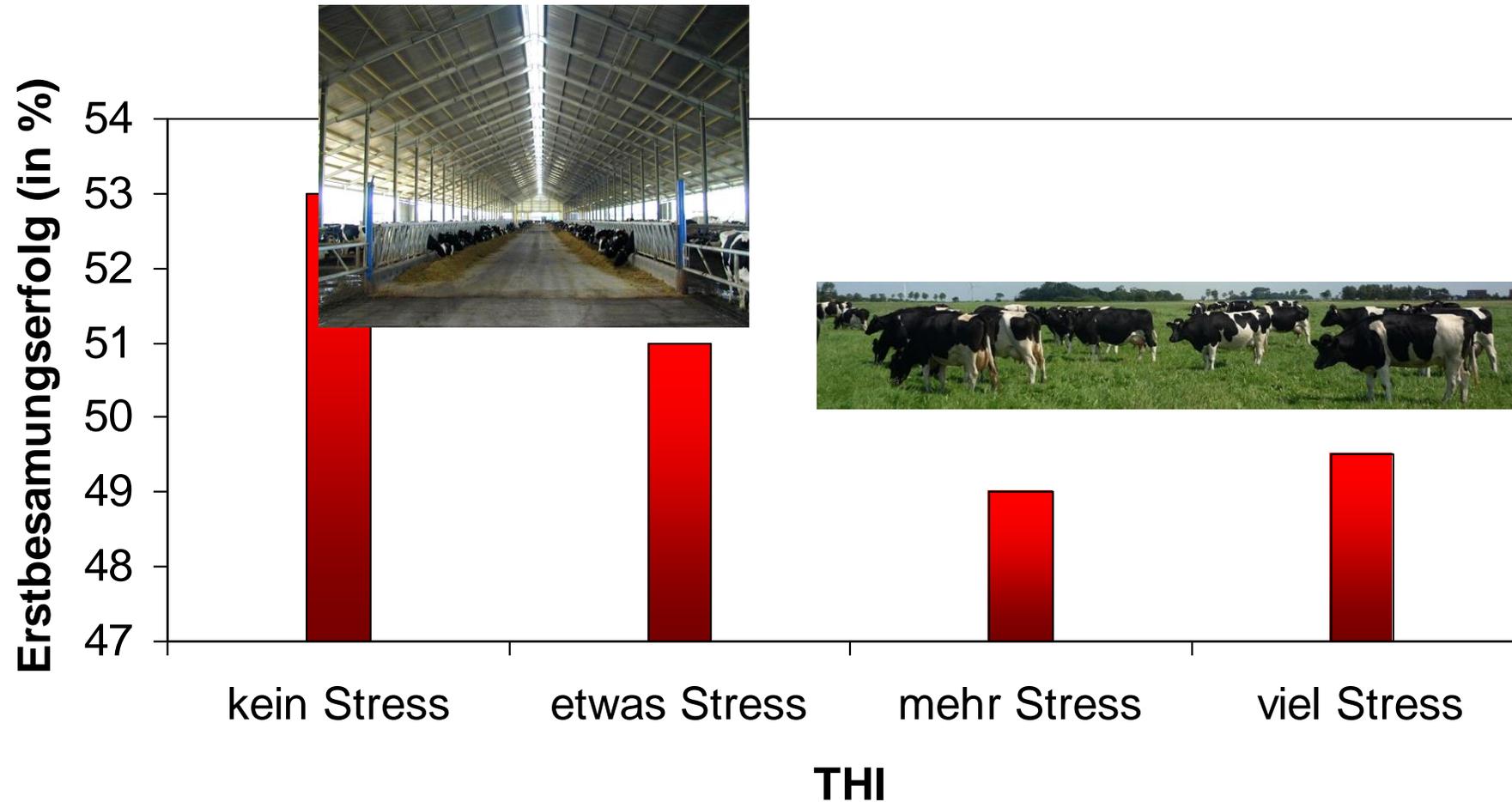


Klimadaten direkt im Stall erfassen



Einfluss von Hitzestress auf die weibliche Fruchtbarkeit

(Masterarbeit aus 2009; 1650 Milchkühe aus dem Gebiet des LKV Weser-Ems;
THI-Messungen 3 Tage vor der Besamung in den Monaten Juli und August)



Praxisfremde Zukunftsvisionen der Politik (und Wissenschaft)

Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung

Gutachten des

Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

März 2015



Forderung: Weidehaltung, und das noch kombiniert mit leistungsschwachen bedrohten Rassen

Warum keine Weidehaltung? Einfache praktische Aspekte



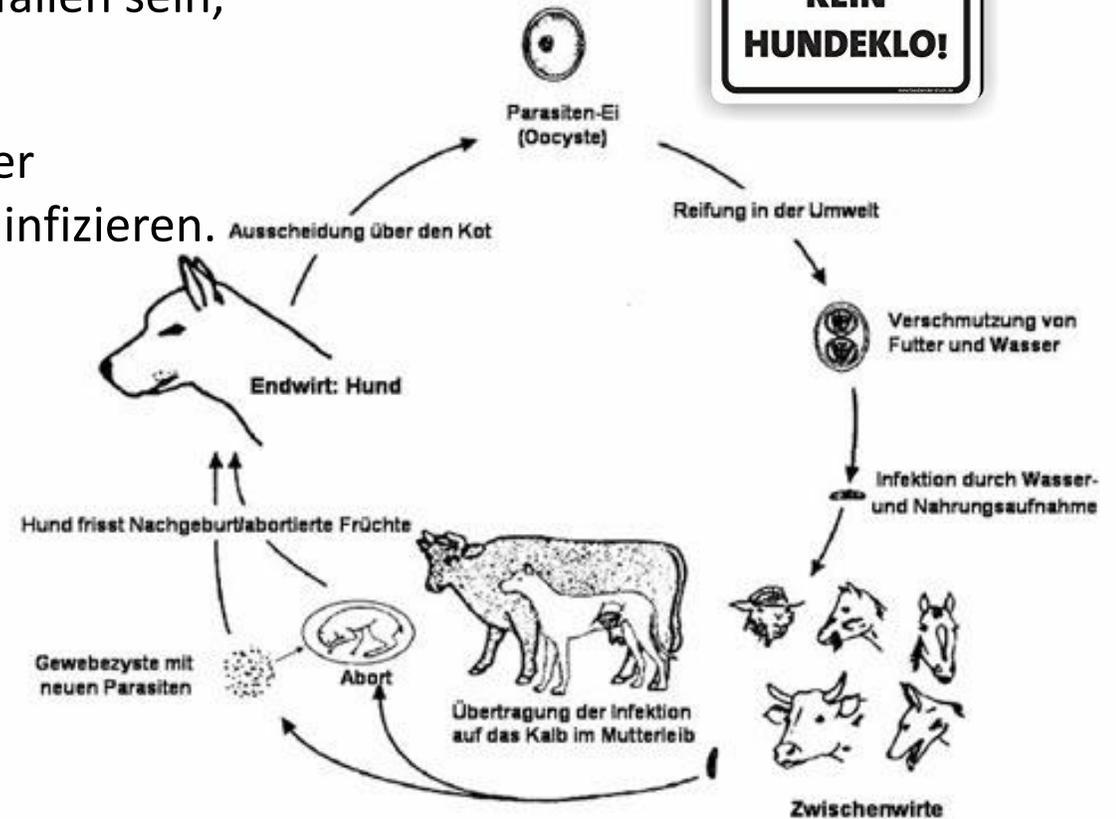
Kriebelmücke → Toxine im Speichel → Lungenödem



Was vielen Hundehaltern nicht bewusst ist...

... für Landwirte allerdings ein Problem bei der Beweidung darstellt:

- Hunde können mit dem Parasiten „*Neospora caninum*“ befallen sein, der mit dem Hundkot ausgeschieden wird.
- Hunde, die frei über landwirtschaftlich genutzte Felder oder Wiesen laufen, können demnach Futter und Weideflächen infizieren.
- Von Nutztieren aufgenommen können Unfruchtbarkeit, Fehl- und Totgeburten die Folge sein.

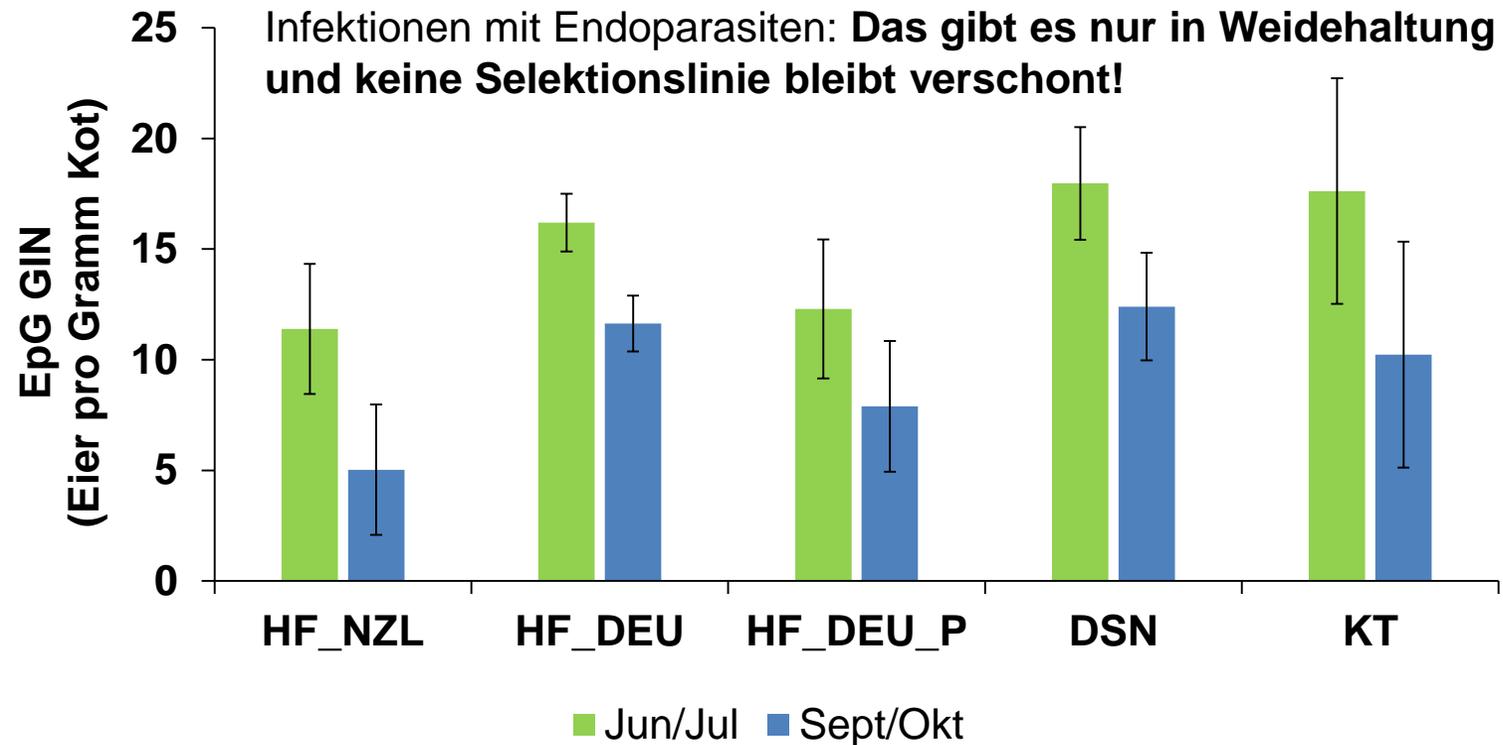
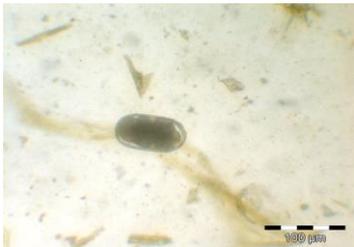


Infektionen mit Endoparasiten

Steigende Bedeutung bei feucht-warmen Bedingungen auf der Weide

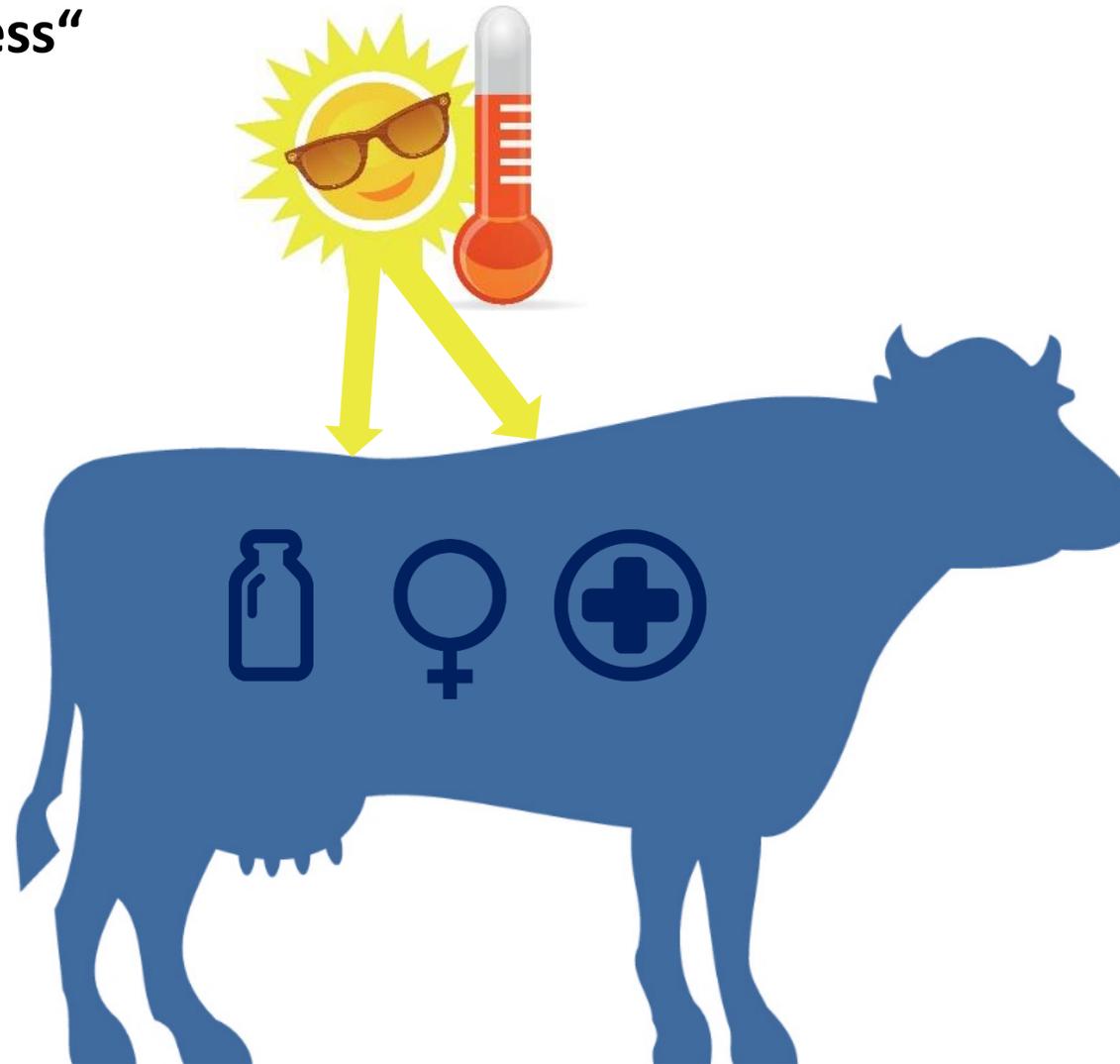
– ein wirklich wichtiges Merkmal für die Weidehaltung und Zucht für Weideproduktionssysteme

- a) Zur Identifikation von resistenten und toleranten Tieren
- b) Zur Identifikation zwischen Wirt-Pathogen-Wechselwirkungen



Aktuelle Arbeiten: Direkter Hitzestress basierend auf Klimadaten im Stall

Definition „direkter Hitzestress“



Datengrundlage

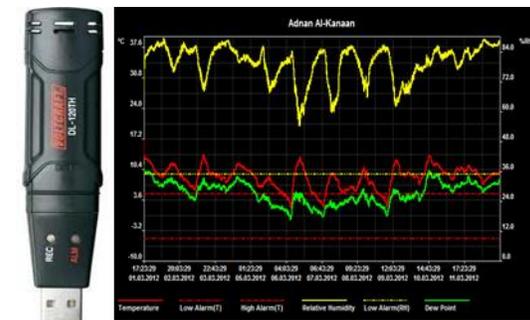
- **Tierdaten:**

- 22.212 Holstein Kühe mit 38.107 Laktationen
- Aus 15 verschiedenen „Thüringer Testherden“
- Mai 2012 - November 2015

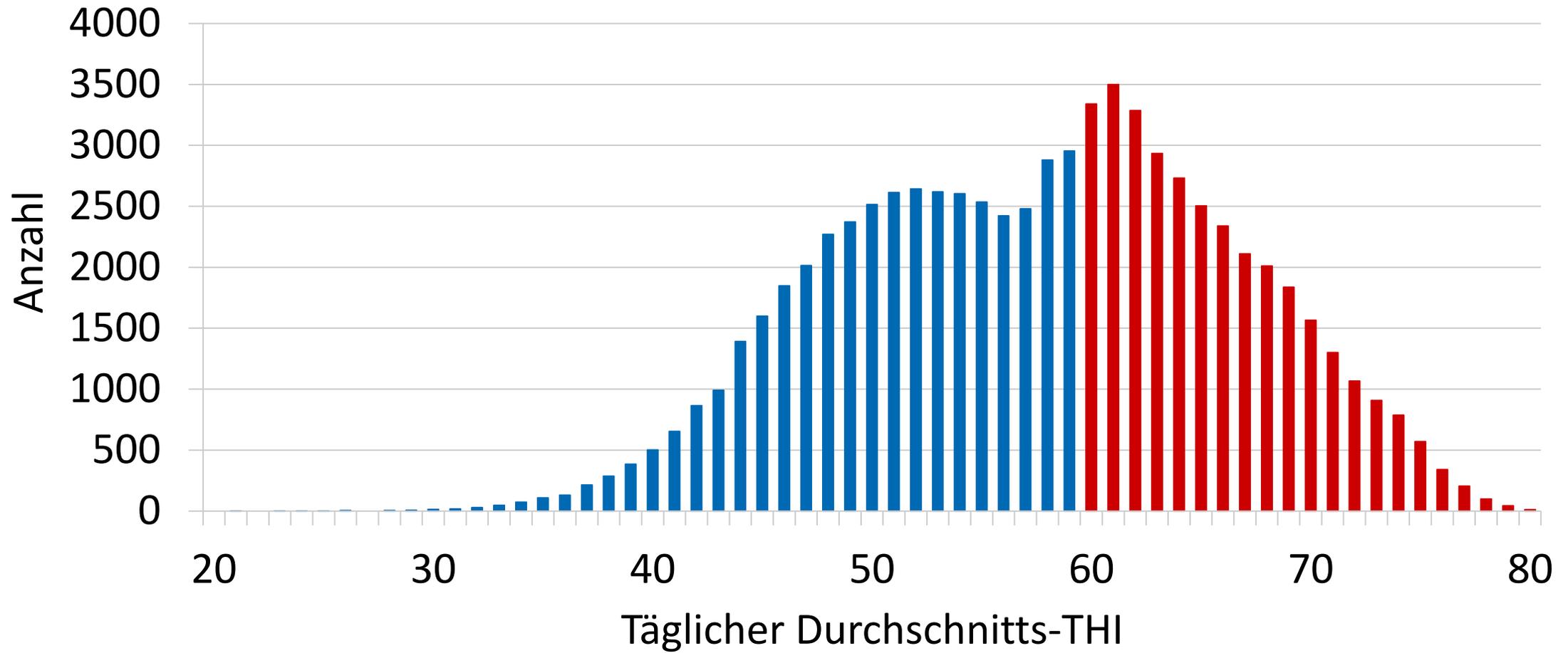


- **Klimadaten:**

- Messung von Temperatur und Luftfeuchte **im Stall** mittels Voltcraft (DL-120 TH) in Intervallen von 30 Minuten



Verteilung der THI-Werte



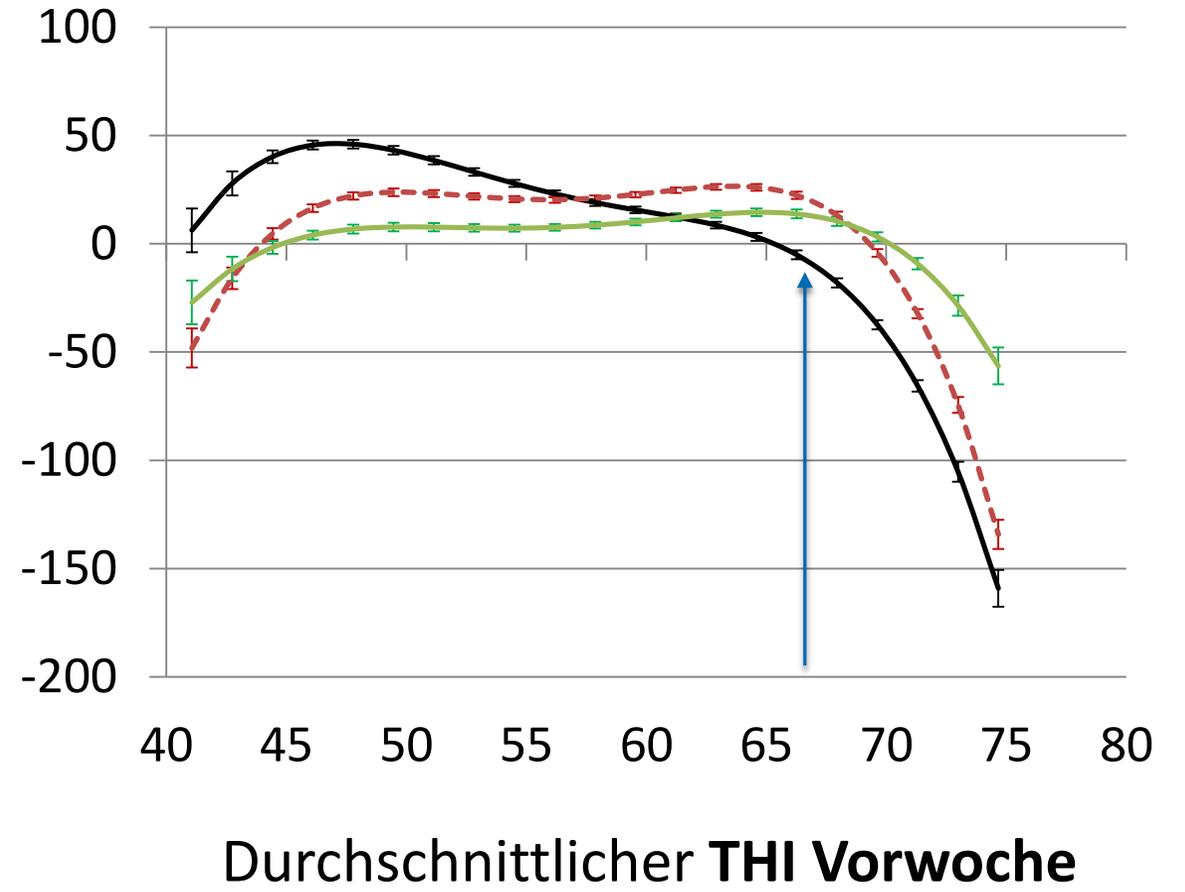
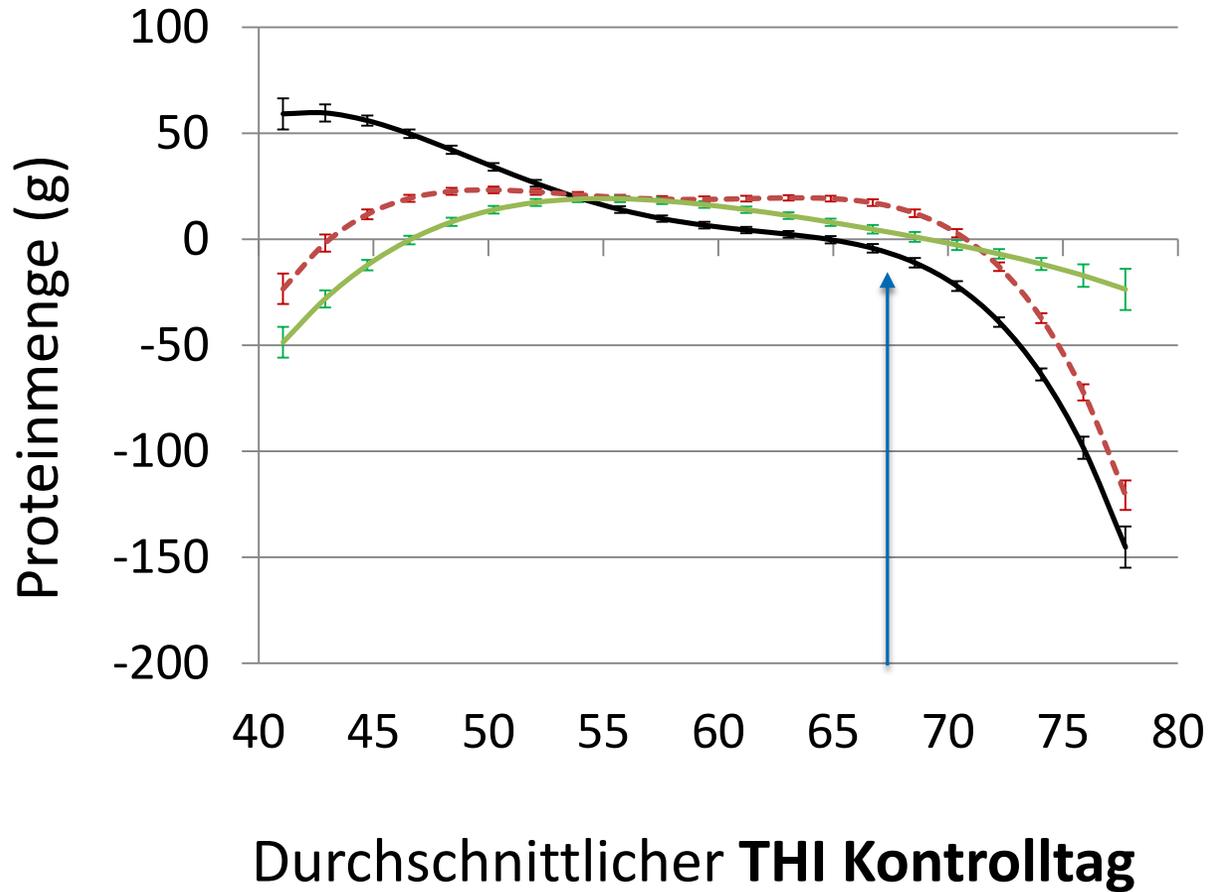
Analysierte Merkmale

**Merkmale der Frühlaktation:
Tag 0-5 postpartum**

**Klauenerkrankungen:
durchschnittlicher THI
der Vorwoche**

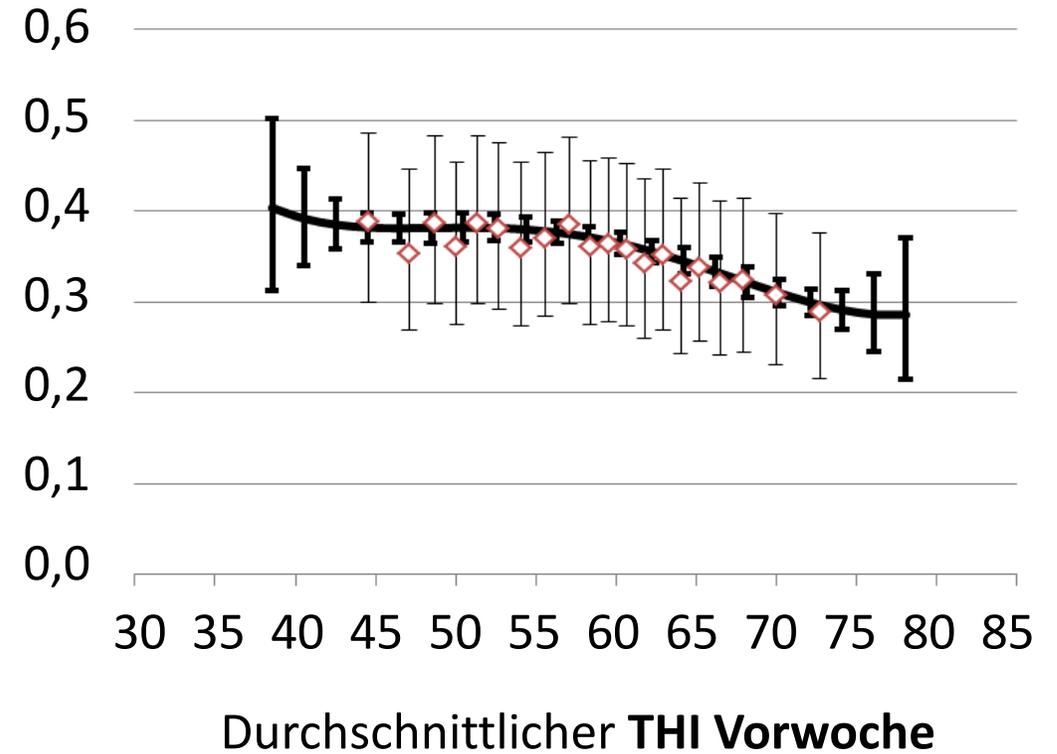
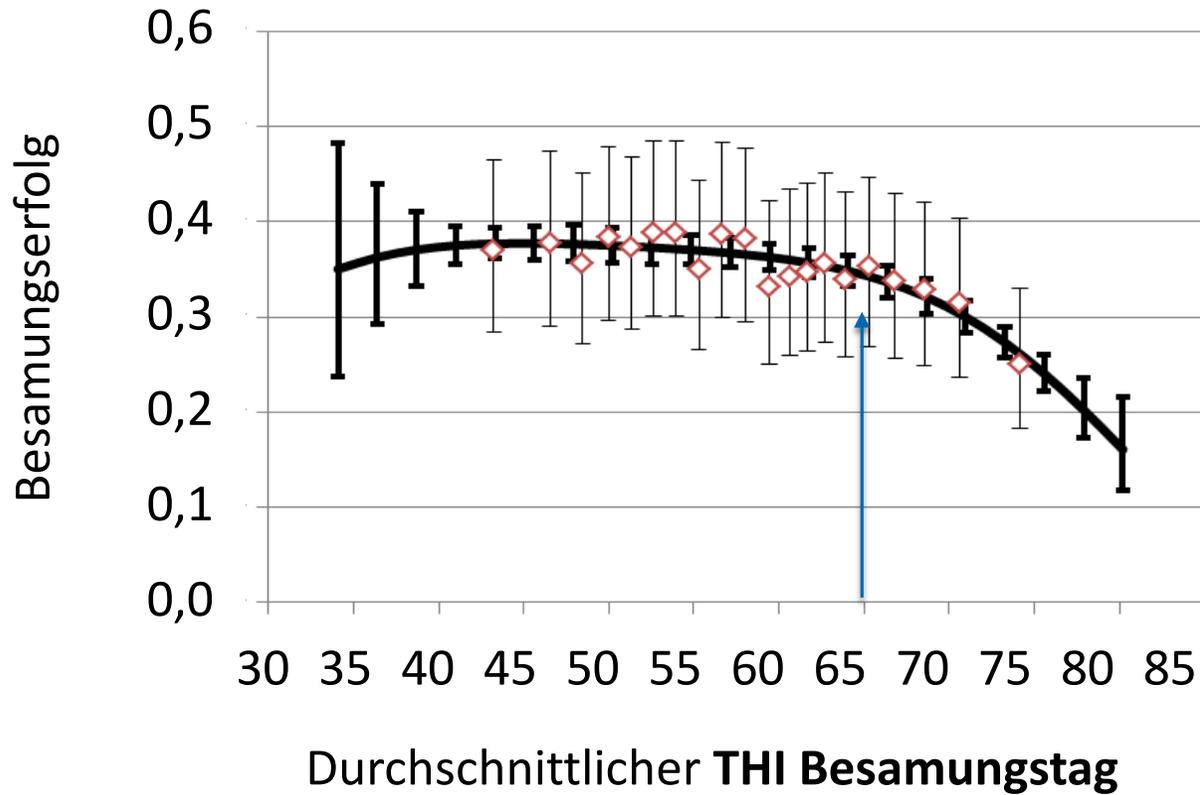
Gesundheitsmerkmale:
Klinische Mastitis
Nachgeburtsverhalten
Puerperalstörungen
Dermatitis digitalis
Phlegmona interdigitalis
Hyperplasia interdigitalis

Ergebnisse – Proteinmenge in Abhängigkeit vom THI

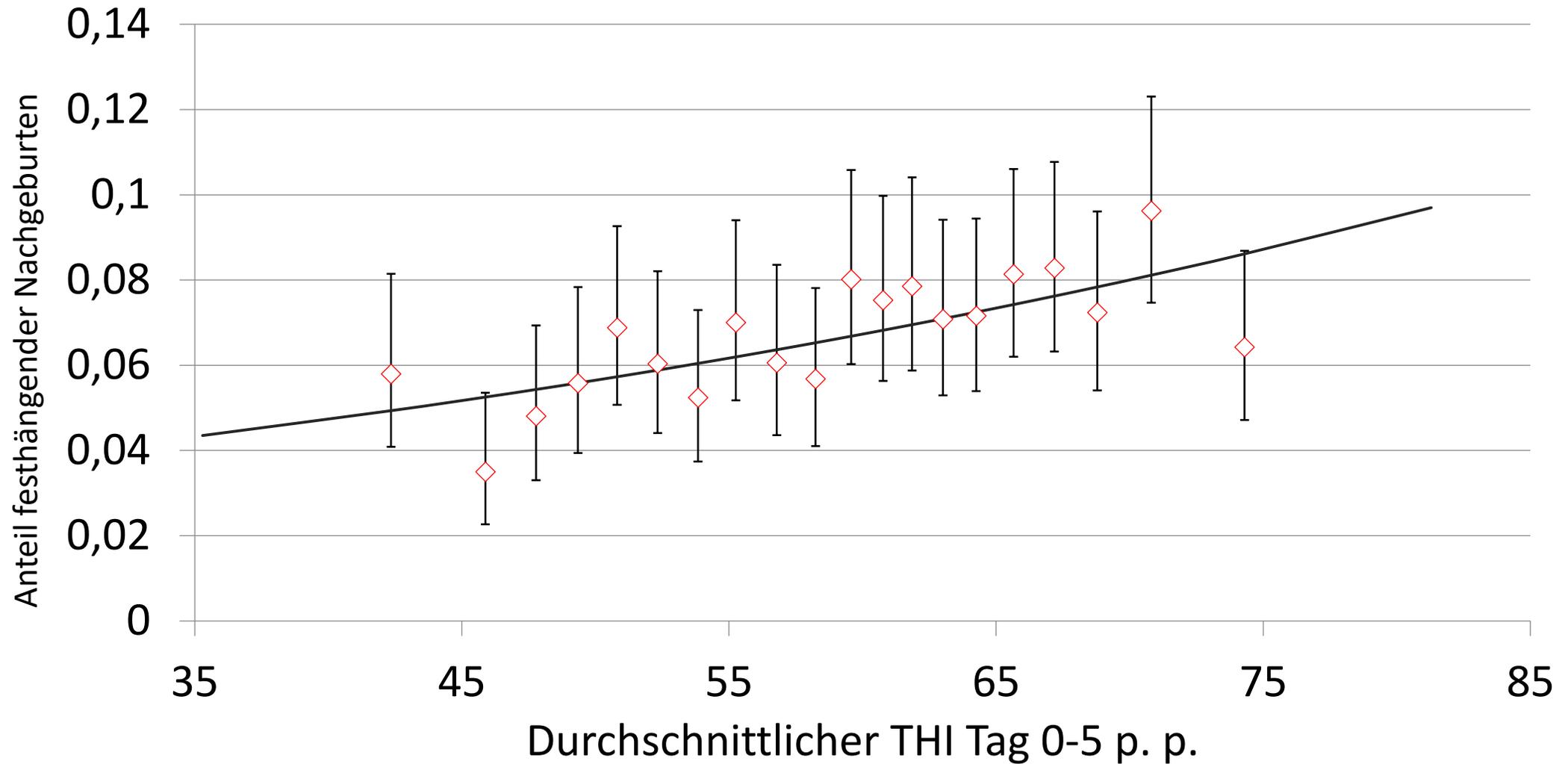


— 6-100 DIM - - - 101-240 DIM — >240 DIM

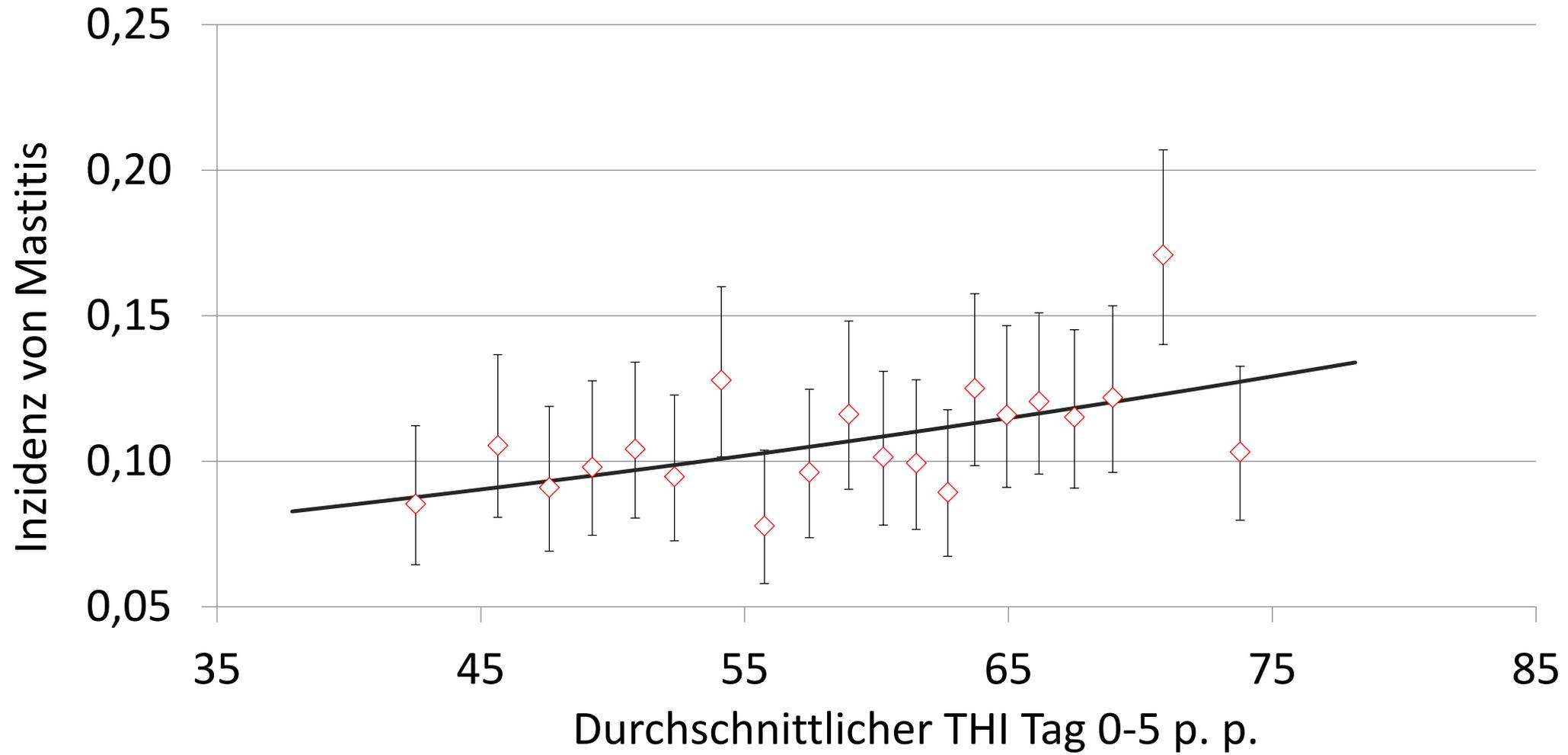
Ergebnisse – Besamungserfolg in Abhängigkeit vom THI



Ergebnisse – Nachgeburtverhalten in Abhängigkeit vom THI

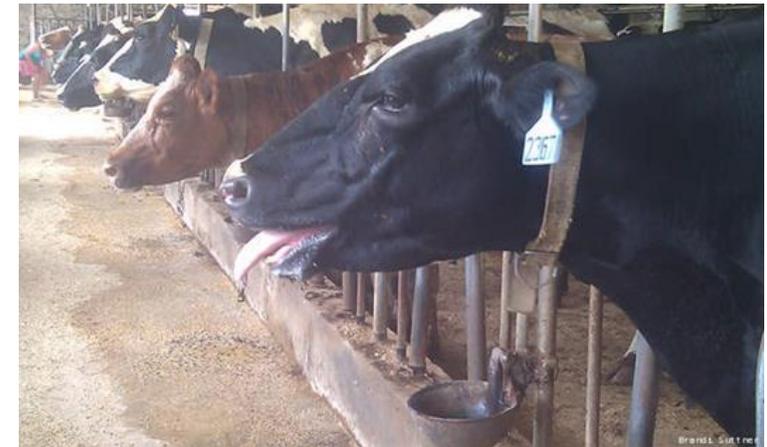


Ergebnisse – Klinische Mastitis in Abhängigkeit vom THI



Schlussfolgerung: Direkte Hitzestresseffekte auf phänotypischer Ebene

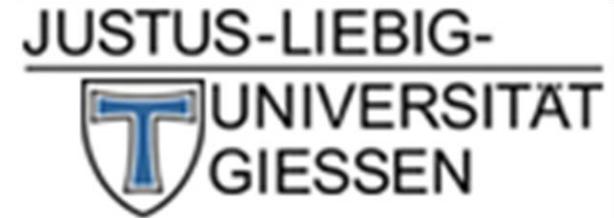
- Deutliche Beeinträchtigungen durch Hitzestress auch unter den gemäßigten Klimabedingungen in Deutschland
- Frühlaktierende Tiere besonders anfällig
- Grenzwerte Produktionsmerkmale: $\text{THI} \geq 65-70$
- Grenzwerte Fruchtbarkeitsmerkmale: $\text{THI} \geq 60-65$
- Gesundheitsmerkmale: lineare Abhängigkeit
- Erste HS-Maßnahmen: ab einem THI von 60



Direkter Hitzestress: Genetische und genomische Studien



Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Professur für Tierzucht



Projekt Kuh-L (Kuh-Lernstichproben)



Förderverein
Bioökonomieforschung e.V.



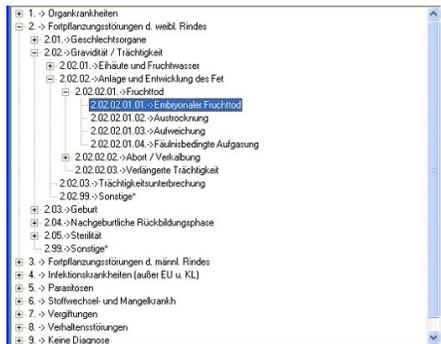
Verden (vit, F. Reinhardt & Team)
Gießen (JLU, S. König & Team)
Halle (MLU, H.H. Swalve & Team)



Der Schlüssel zum züchterischen Erfolg: Aufbau von Kuh-Lernstichproben



- Mehr als 20'000 Kühe aus Testherden mit Phänotypen für neue Merkmale und engmaschiger Genotyisierung für SNP-Marker
- Ableitung von SNP-Effekten für eine Vielzahl an Merkmalen (insbesondere Gesundheitsmerkmale), welche in die breite Population übertragen werden
- Eine Fülle an weiteren Merkmalen ist aktuell in Arbeit.....
- Kombination der **neuen Merkmale** mit **Genotypen** und **Klimadaten**



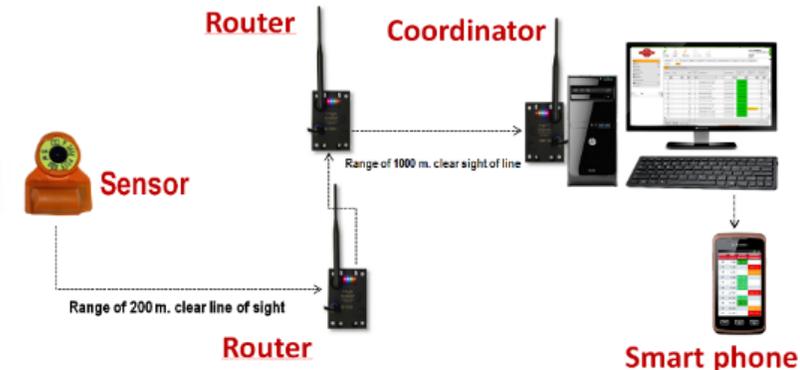
Weitere
Gesundheitsmerkmale
951 Diagnosen!



Futteraufnahme



Fettsäuren
in Milch

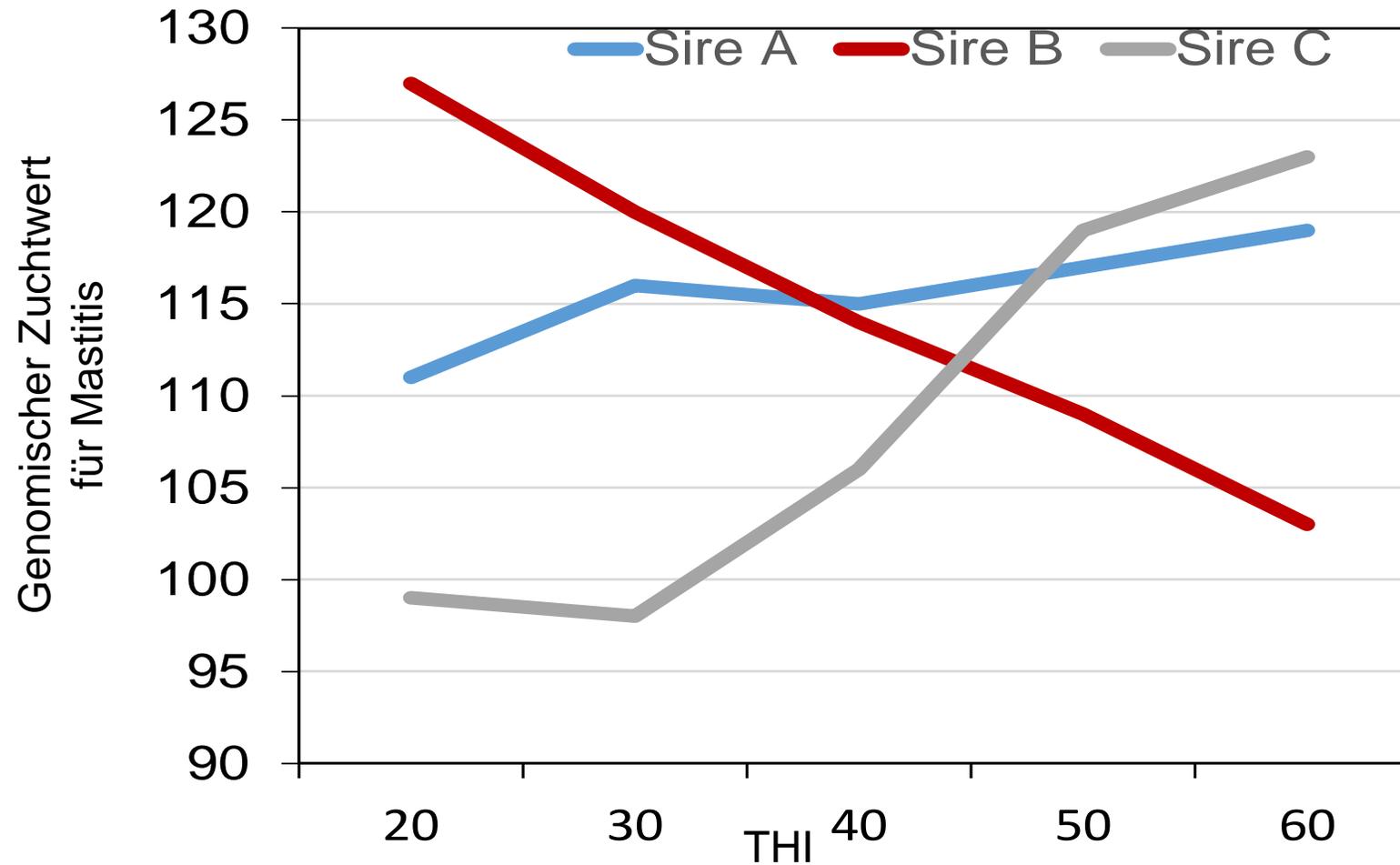


Sensordaten
Tierwohl, Verhalten

Zucht von hitzetoleranten (robusten Tieren)

„Robuste Bullen“:

Stabile hohe Zuchtwerte für alle Temperatur x Luftfeuchte - Kombinationen



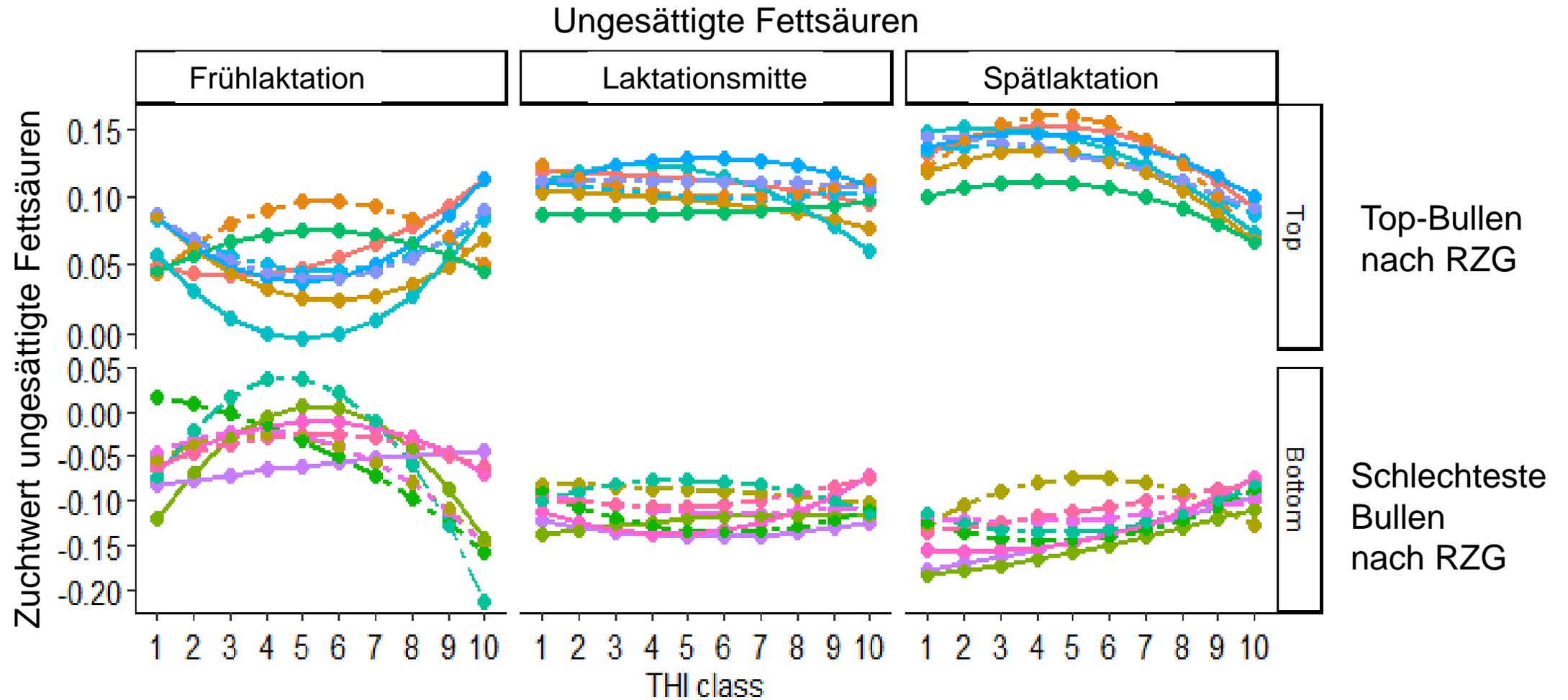
Wertvolle Indikatoren für Klimaeinflüsse und auch für Methanemissionen

Spektraldaten in der Milch (gemessen mittels Infrarotspektroskopie) liegen routinemäßig vor

Auf **Basis der Fettsäuren** in der Milch können Methanemissionen geschätzt werden (Soyeurt et al., 2011; Dehareng et al., 2012; Vanlierde et al., 2015; Vanrobays et al., 2016) und **Umweltsensitivitäten** abgebildet werden (Bohlouli et al., 2021, 2022)

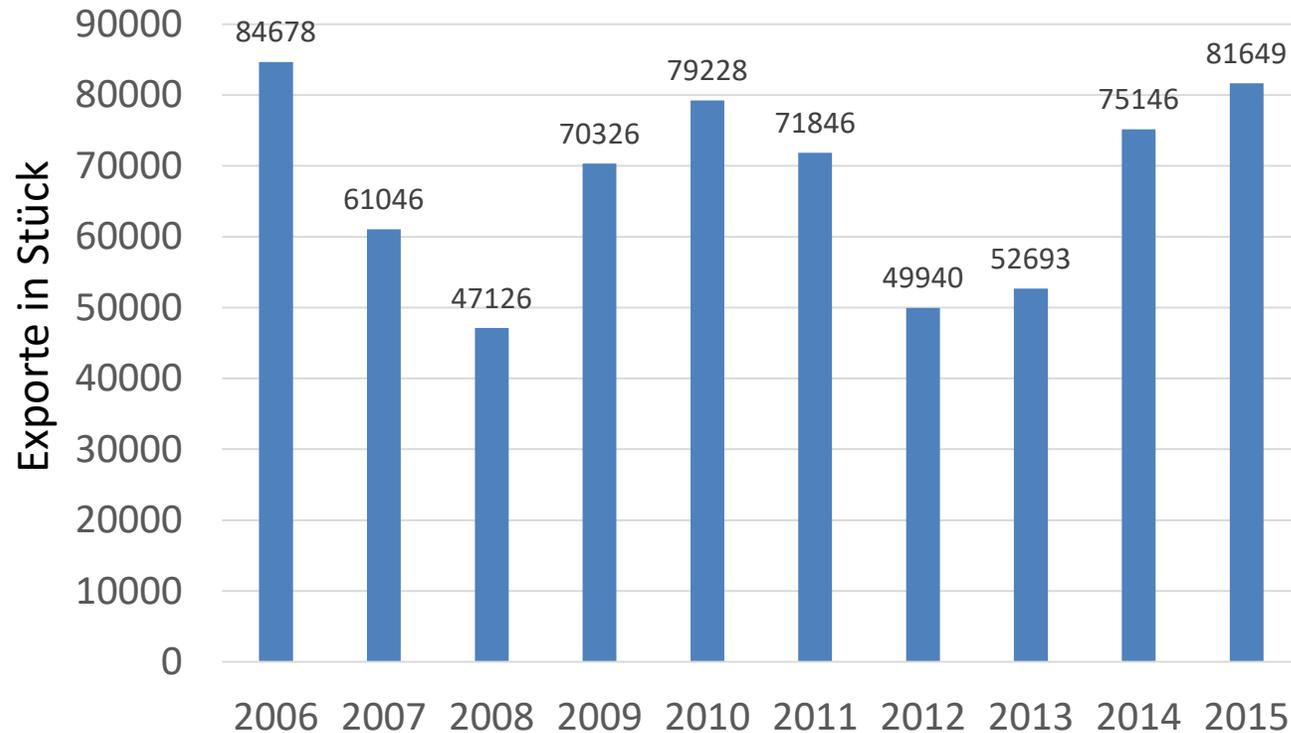


Fettsäuren sind wertvolle Indikatoren für Klimaeinflüsse

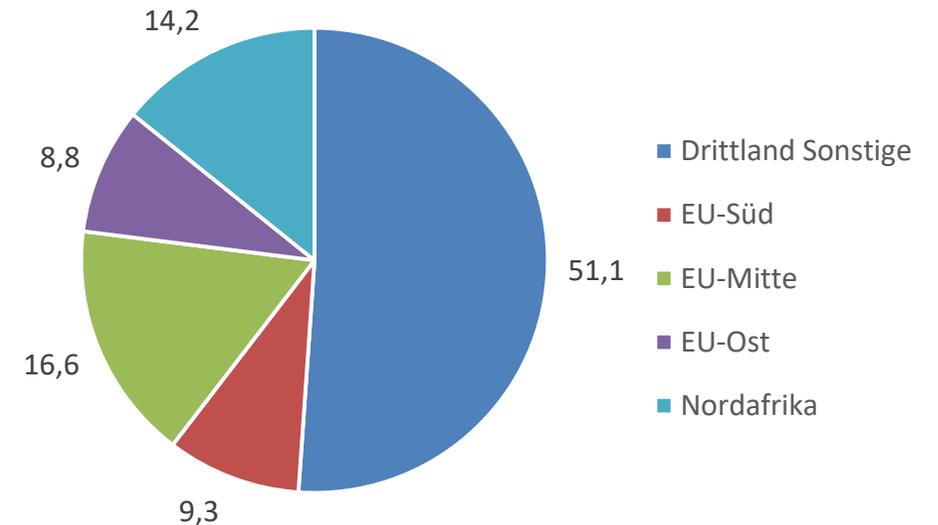


(Bohlouli, Gengler, König (2021) J. Dairy Sci., 104, 6847–6860)

Milchrinderzucht ist global ausgerichtet!



Anteil nach Regionen 2015 in %



10 wichtigste Abnehmerländer 2015:

Türkei (21,8 %), Russland (9,6 %), **Ägypten** (7,1 %), Polen (6,4 %) Aserbaidschan (6,1 %), **Italien** (6,1 %), Niederlande (5,3 %), UK (5,3 %), **Algerien** (4,7 %), Belgien (4,5 %)

- **Spermaexporte im Wert von über 20 Mio. Euro!**
- **Werden „heiße“ Abnehmerländer in Zukunft hitzetolerante Rinder fordern?**
- **Genotyp x Umwelt-Interaktion bedeutsam?**

Studien zu Genotyp-Umwelt-Interaktionen (GUI)

Hier: Korrelationen zwischen Bullenzuchtwerten für das Merkmal Milch-kg

Autor	Material	ZW-Korrelation
Petersen, 1975	RDM ; DK → CSK	.91
Mc Dowell, 1976	HF ; USA → Puerto Rico	.61
Buvanendran und Petersen, 1980	Dän. Jersey; DK → Sri Lanka	.08
Abubakar, 1981	HF; USA → Mexiko	.26
König et al., 1997	HF ; NL → Marokko	.97
	D → Marokko	.93
Ojango, 2002	HF; UK → Kenia	.26
Fikse et al., 2005	HF; USA → Kanada	.87

Was spielt sich auf dem Genom ab bei Hitzestress?

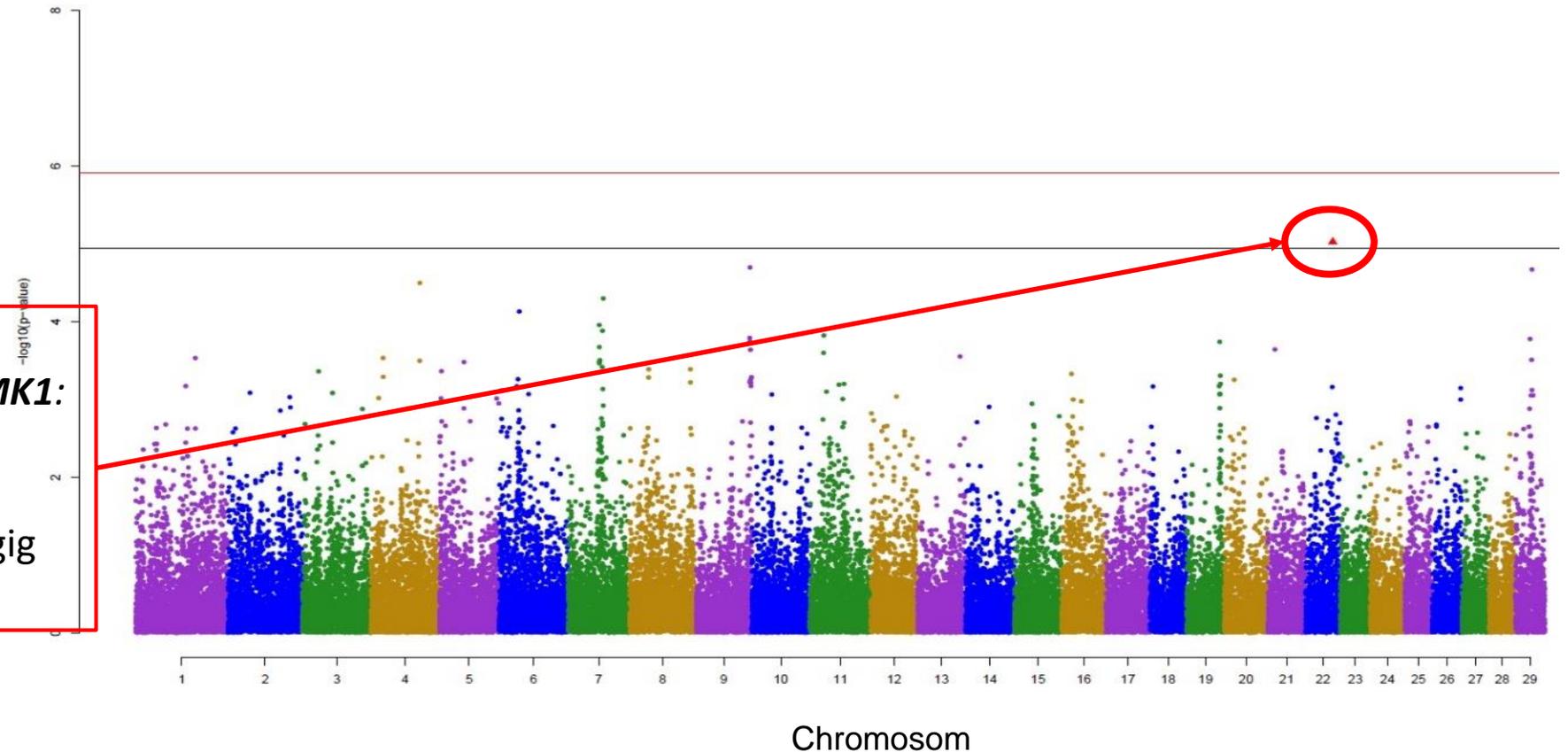
Definition eines Merkmals **HitzeStressAntwort = HSA**

HSA = Zuchtwert für **Mastitis bei THI 65** in Relation zum Zuchtwert für **Mastitis bei THI 35**

- Je höher der Wert für HSA, umso robuster ist das Tier gegenüber Hitzestress
- Der HSA wurde in Verbindung gebracht mit den engmaschigen Genotypdaten

Genomweite Assoziationen für die Hitzestressantwort (HSA)

SNP ARS-BFGL-NGS-16330
auf **Chromsom 22** im Gen ***HEMK1***:
Ratten, Mäuse, Mensch:
Wesentliche Rolle
im Immunsystem, aber abhängig
von den Umweltbedingungen



Bullen mit hohen Zuchtwerten für HSA haben für das ***HEMK1***-Gen allesamt den Genotyp GG, u.a. die Qnetics-Vererber Big Point, Argus, Kingston

Hitzetoleranz: Weitere züchterische Möglichkeiten

 Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Wege zu einer gesellschaftlich
akzeptierten Nutztierhaltung

KURZFASSUNG DES GUTACHTENS

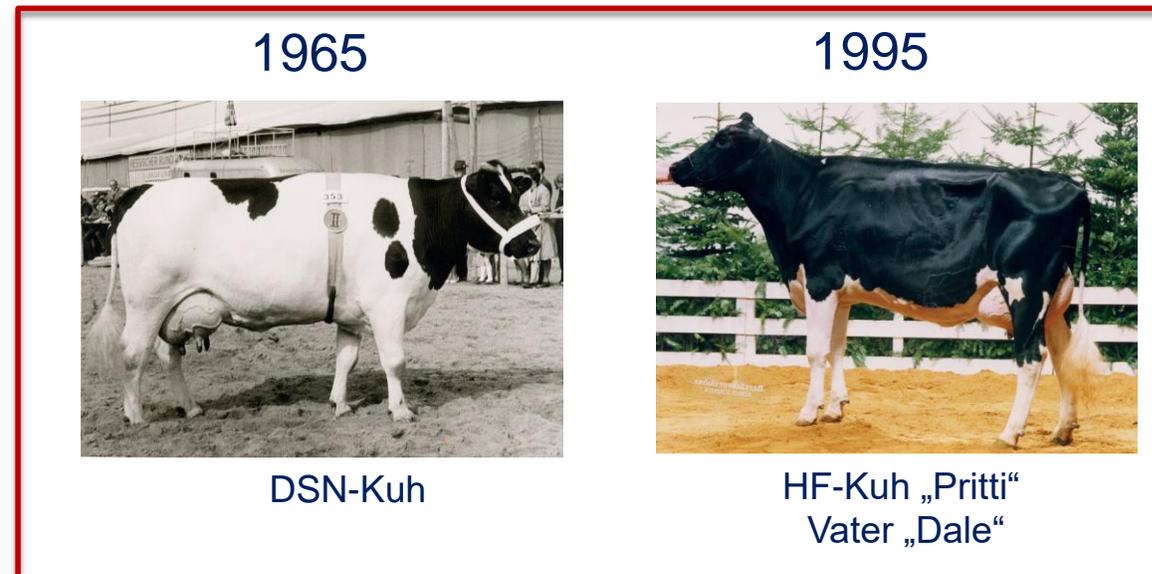
Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik
beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

März 2015



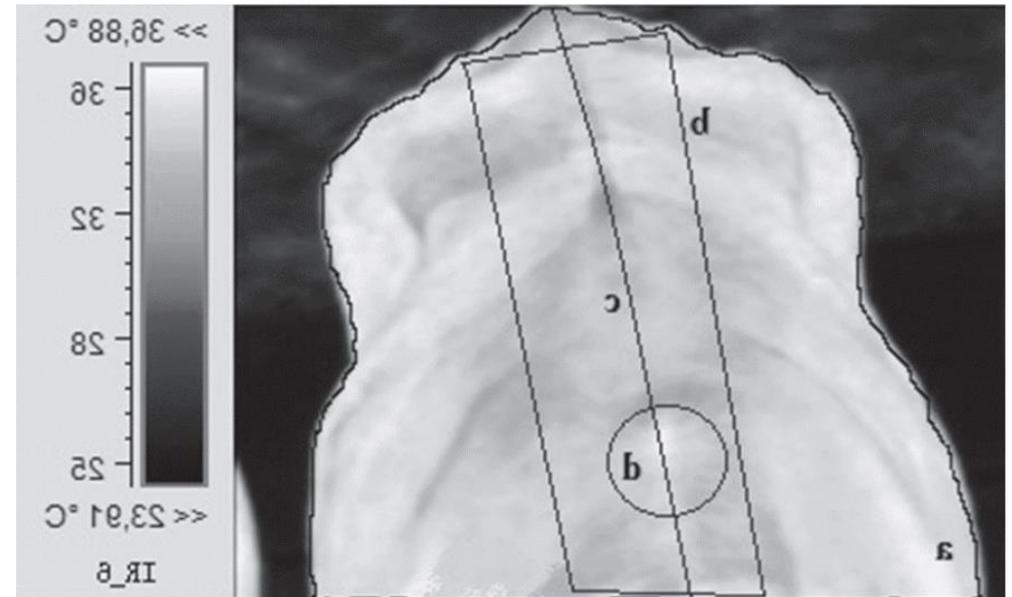
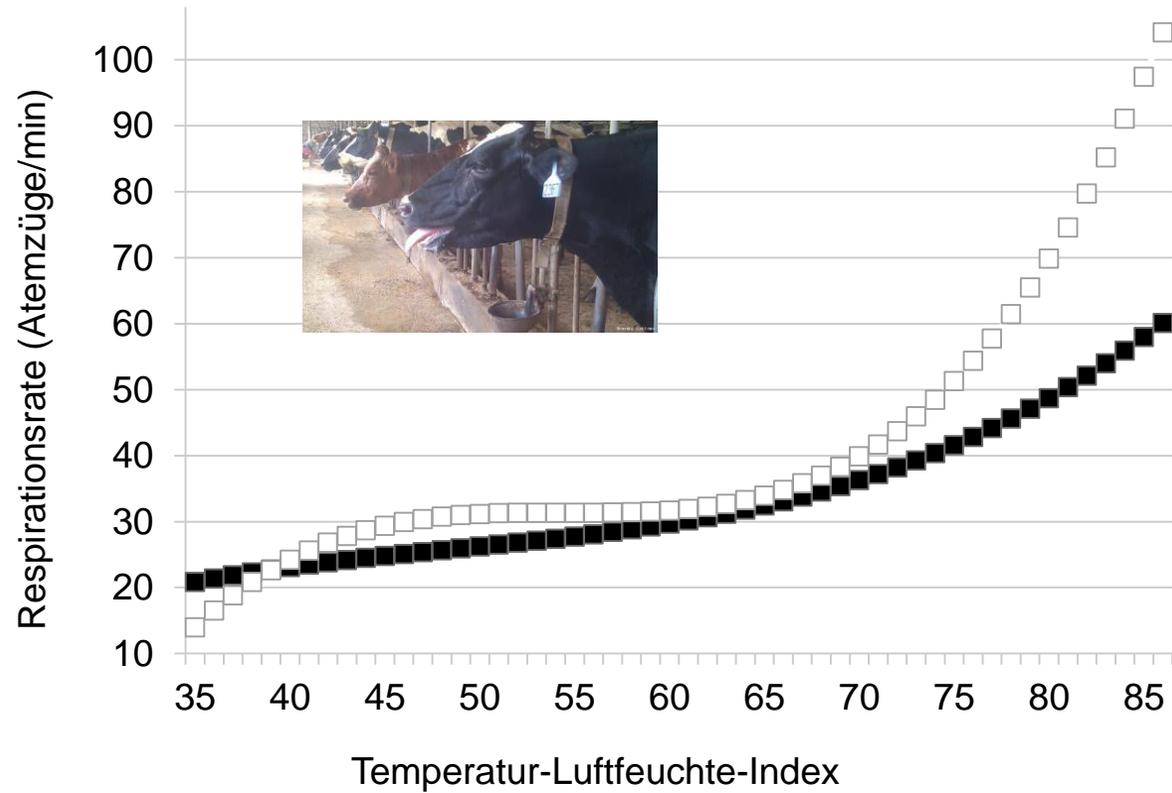
„Als Alternative zur Hochleistungszucht wird auch der Erhalt alter, seltener Nutztierassen angesprochen“
„...diese Rassen über eine robustere Gesundheit verfügen...“

Aber: Um diese Hypothese untersuchen zu können,
benötigt man ein kreuzklassifiziertes Versuchsdesign,
also Betriebe, die HF und DSN Kühe halten

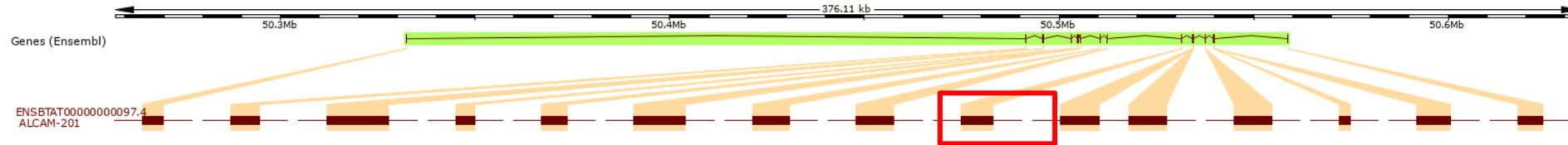


Rasse- bzw. Linienvergleiche

- 683 HF und 455 DSN Kühe
- Datenerfassung 2012 - 2015 in 10 Herden in DEU, NLD, Polen (Kreuzklassifizierung)



Sequenzierung von DSN-Kühen für das *HMK1* Gen



Sequenzierung aller 15 Exons für eine Stichprobe von 30 Tieren aus Frankenhausen

- rs209844998 in Exon 9 zeigt interessante Genotyp-Verteilung
 - 26 Tiere mit **Genotyp GG**
 - nur **vier heterozygote** DSN-Kühe

Möglichkeiten der Kreuzungszucht

dominante Genvariante in der Rasse Carora determiniert „glatte“ Haare

→ bei Hitzebelastung niedrigere Rektaltemperatur und positiver Effekt auf die Milchleistung im Vergleich zu „normalem“ Haarkleid

→ **erhöhte Hitzetoleranz**



Rasse	Rektaltemperatur (°C)	305 d-Milchleistung (kg)
Carora (glattes Haarkleid)	38,44 ($\pm 0,16$) ^a	4.560 (± 460) ^a
HF (normales Haarkleid)	39,09 ($\pm 0,06$) ^b	6.104 (± 159) ^b
75% HF / 25% Carora (glattes Haarkleid)	38,58 ($\pm 0,09$) ^a	6.389 (± 250) ^b

(Olson et al. 2003)

Möglichkeiten der Kreuzungszucht

Zucht von synthetischen Rassen (Kombinationszüchtung)

- *Bos indicus* x *Bos taurus*
 - Bsp.: Girolando oder Brangus
 - **Problem:** Zeitfaktor (man muss Geduld haben)



Brahman

x



Deutsche Holstein

=

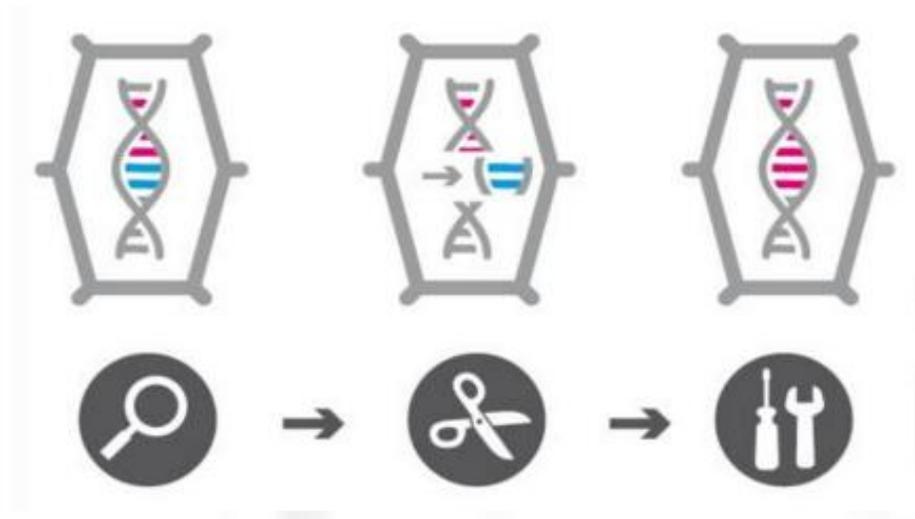


Girolando

Kreuzungszucht dauert lange. Kreuzungen will (kaum) einer haben

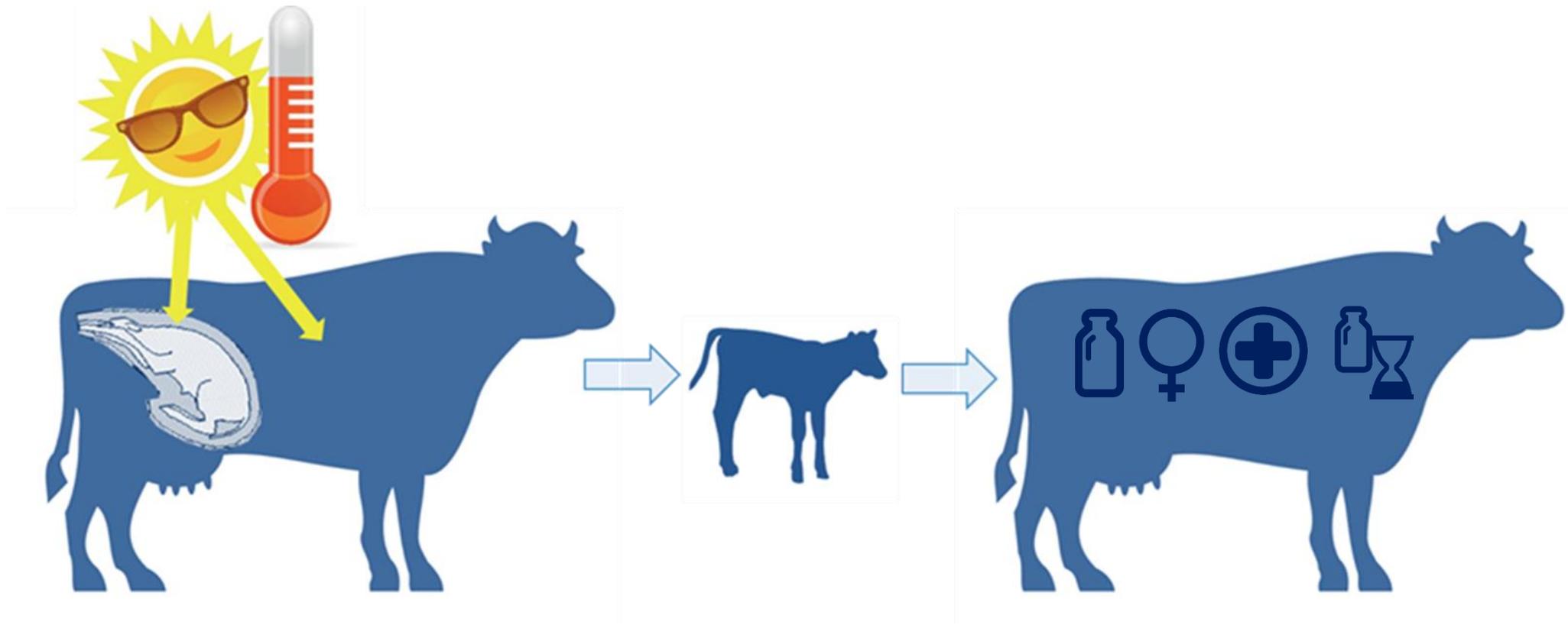
Hier KÖNNTE die Anwendung von neuen Züchtungstechniken (Genome Editing) interessant sein.....

Präzise genetische Veränderungen durch den Einsatz von DNA Nukleasen

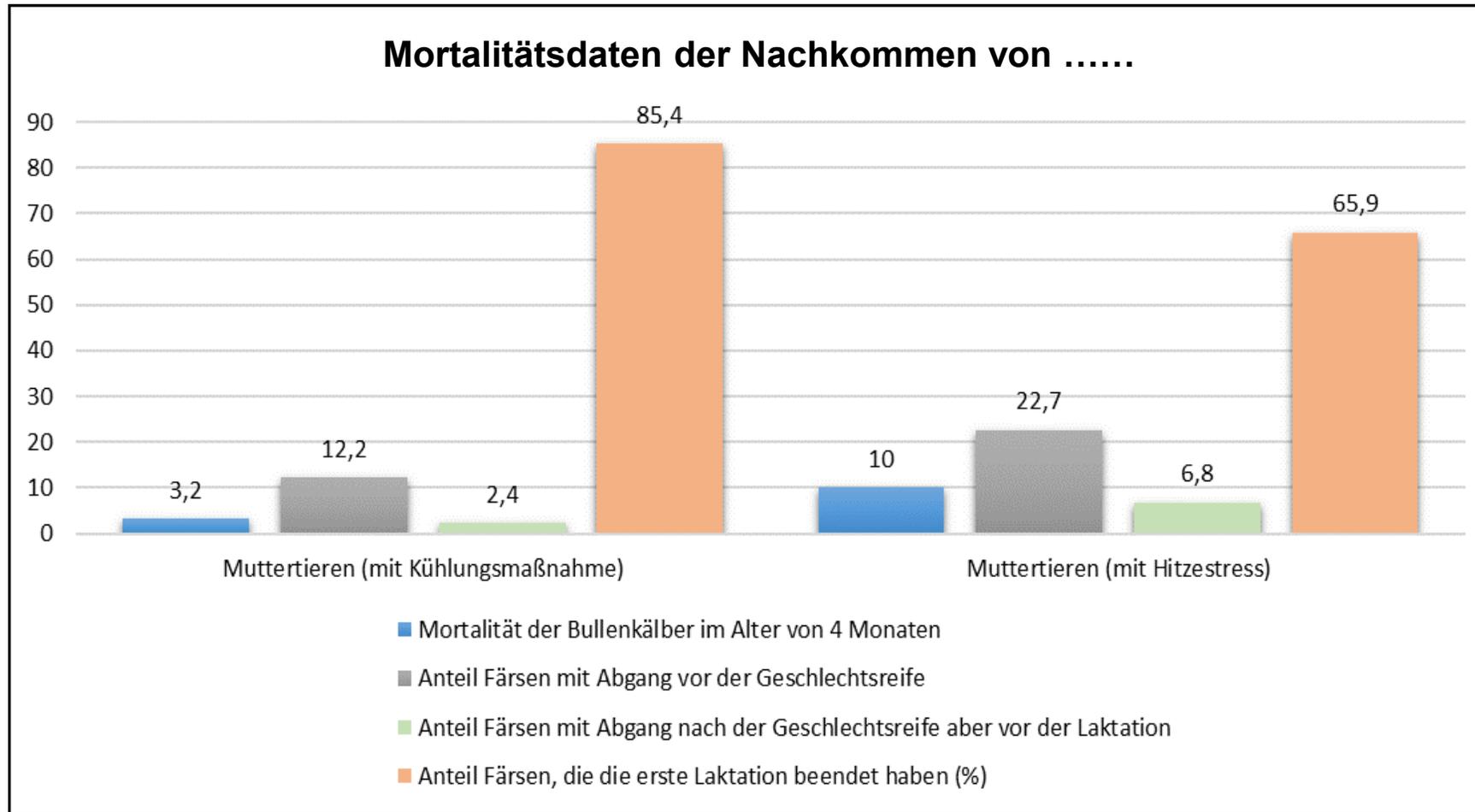


(Grafik: www.transgen.de)

Studien zu zeitversetztem Hitzestress



Hitzestress bei der Kuh: Langfristige Auswirkungen auf die Nachkommen



Modifiziert nach:

Monteiro et al. (2016): In utero heat stress decreases calf survival and performance through the first lactation. Journal of Dairy Science 99, S. 1 – 8.

Eigene Untersuchungen: Datengrundlage

- **Tierdaten:**

- 170.000 Holsteinkühe
- MLP-Daten aller hessischen Betriebe
- Kalbejahrgänge 2002 bis 2013

- **Klimadaten:**

- von nahegelegenen öffentlichen Wetterstationen
- durchschnittlicher THI während der letzten acht Trächtigkeitswochen
→ betrachtet in acht einzelnen Wochenintervallen



ØTHI	ØTHI	ØTHI	ØTHI	ØTHI	ØTHI	ØTHI	ØTHI
Tag 0-7 a.p.	Tag 8-14 a.p.	Tag 15-21 a.p.	Tag 22-28 a.p.	Tag 29-35 a.p.	Tag 36-42 a.p.	Tag 43-49 a.p.	Tag 50-56 a.p.

Analysierte Merkmale

ØTHI	ØTHI	ØTHI	ØTHI	ØTHI	ØTHI	ØTHI	ØTHI
Tag 0-7 a.p.	Tag 8-14 a.p.	Tag 15-21 a.p.	Tag 22-28 a.p.	Tag 29-35 a.p.	Tag 36-42 a.p.	Tag 43-49 a.p.	Tag 50-56 a.p.

Produktionsmerkmale:



Milchmenge
Proteingehalt
Fettgehalt
Zellzahl
Harnstoffgehalt



Fruchtbarkeitsmerkmale:



Non-Return-Rate 56
Rastzeit



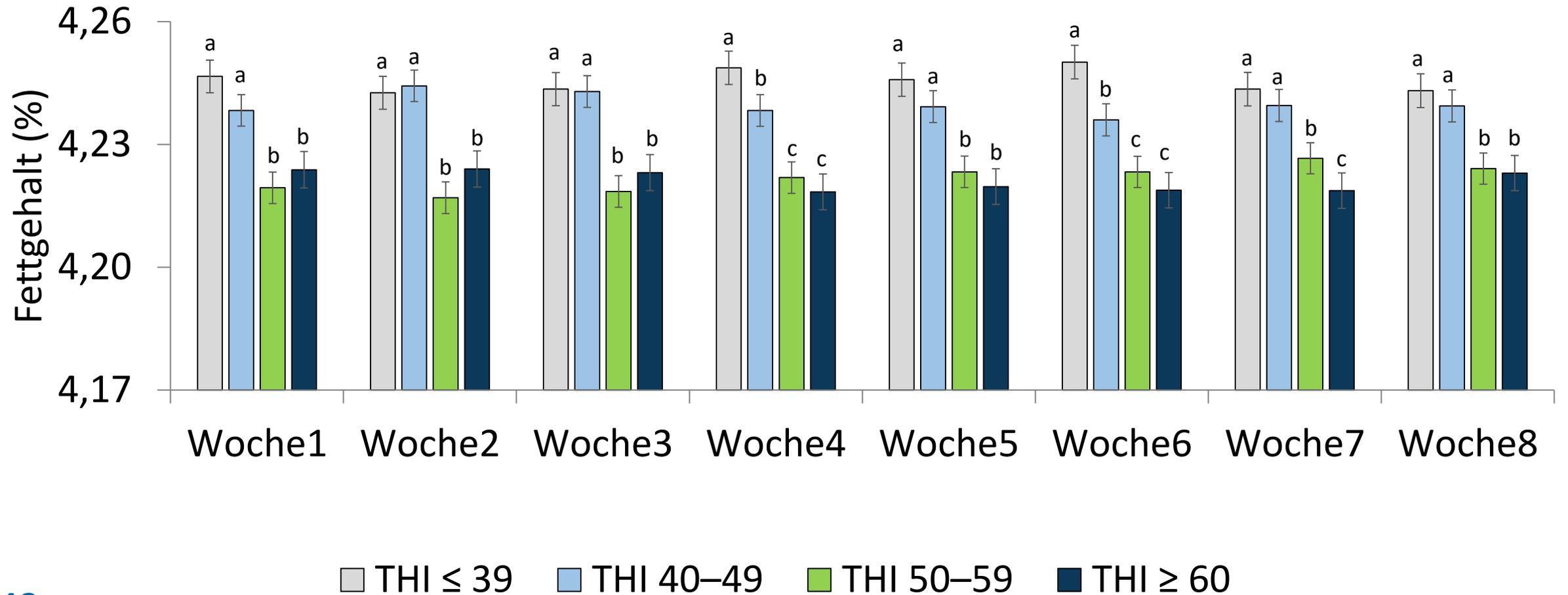
Langlebigkeitsmerkmale:



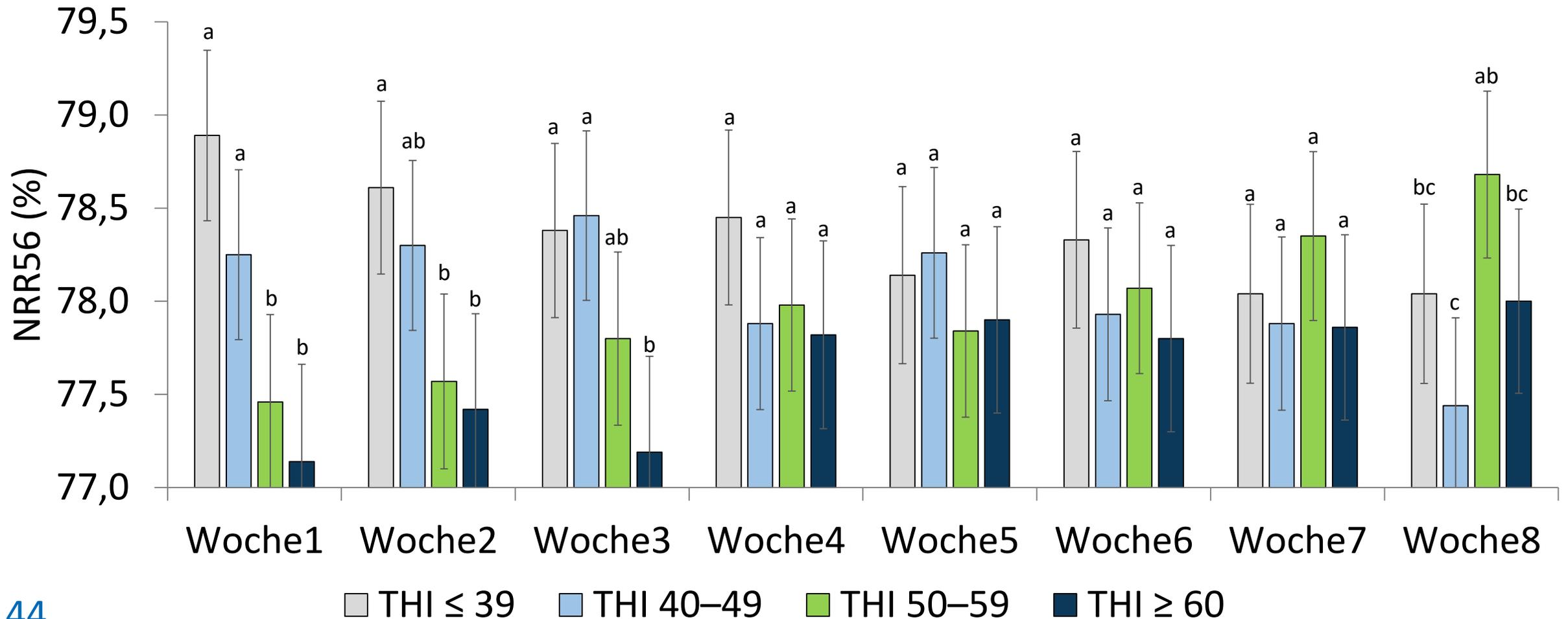
Nutzungsdauer
Lebensleistung
Lebenstagsleistung



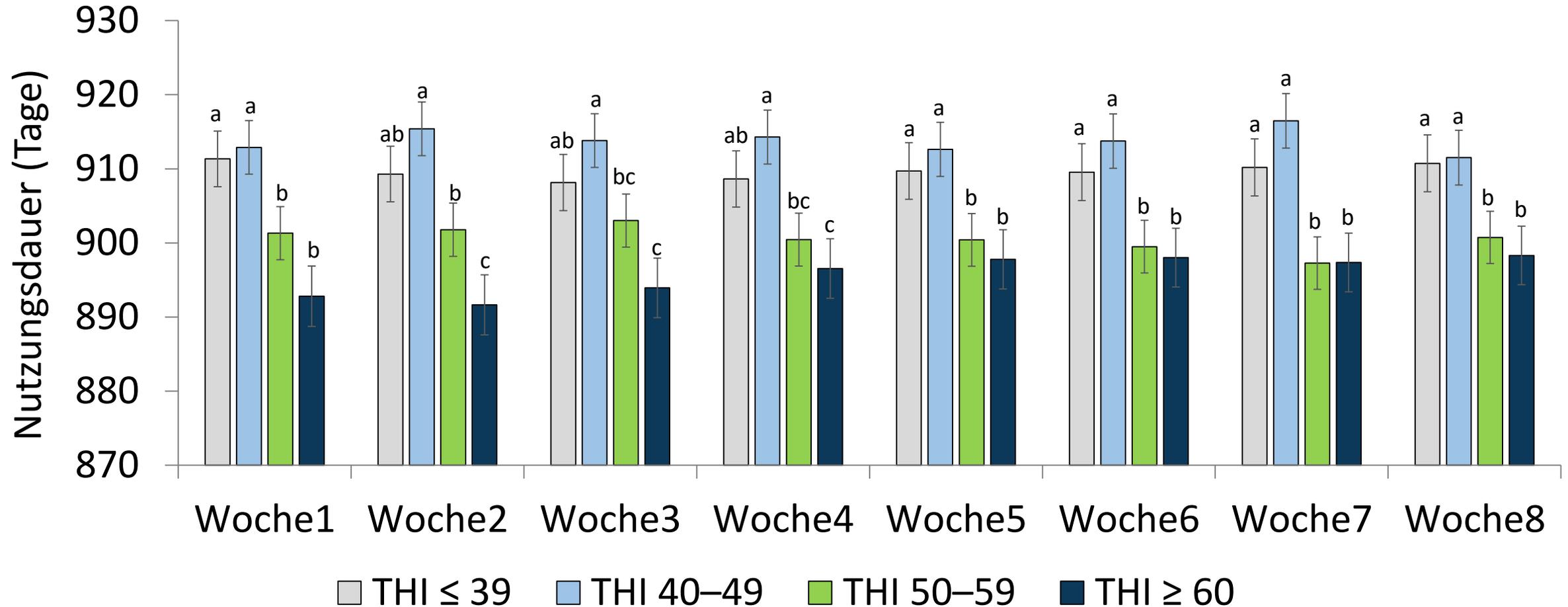
Ergebnisse – Fettgehalt der Nachkommen in Abhängigkeit vom THI während der Spätträchtigkeit



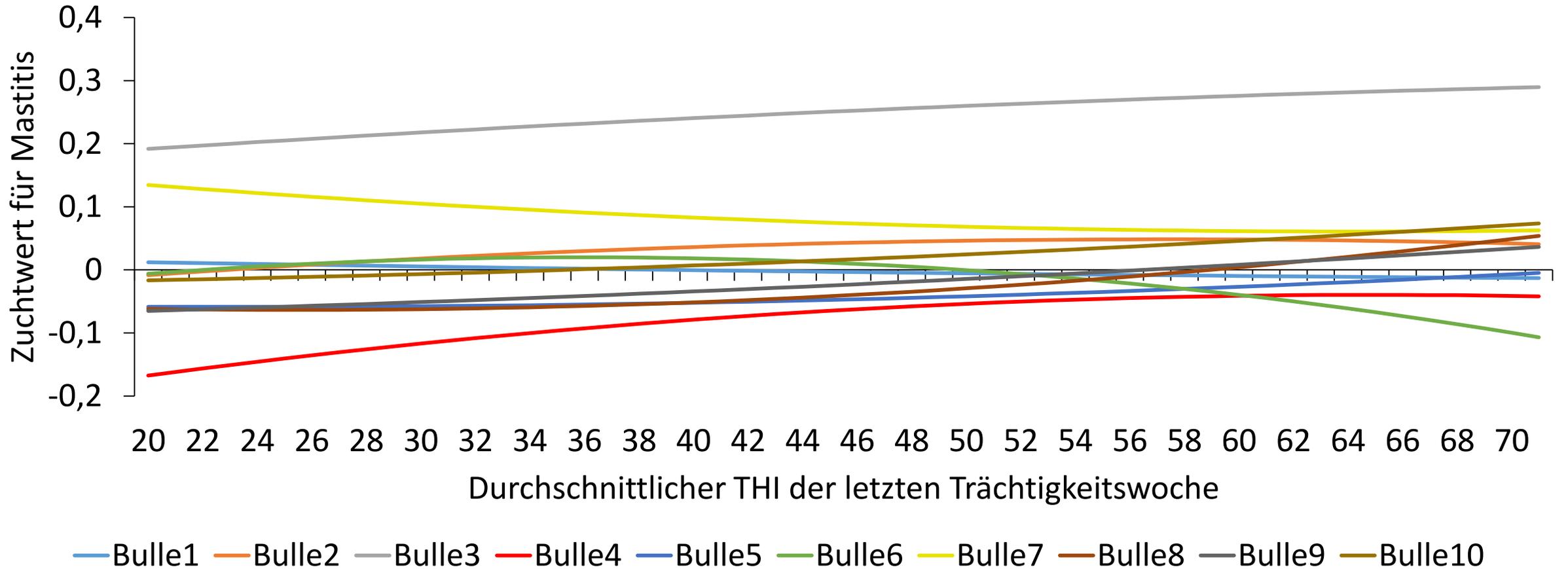
Ergebnisse – NRR56 der Nachkommen in Abhängigkeit vom THI während der Spätträchtigkeit



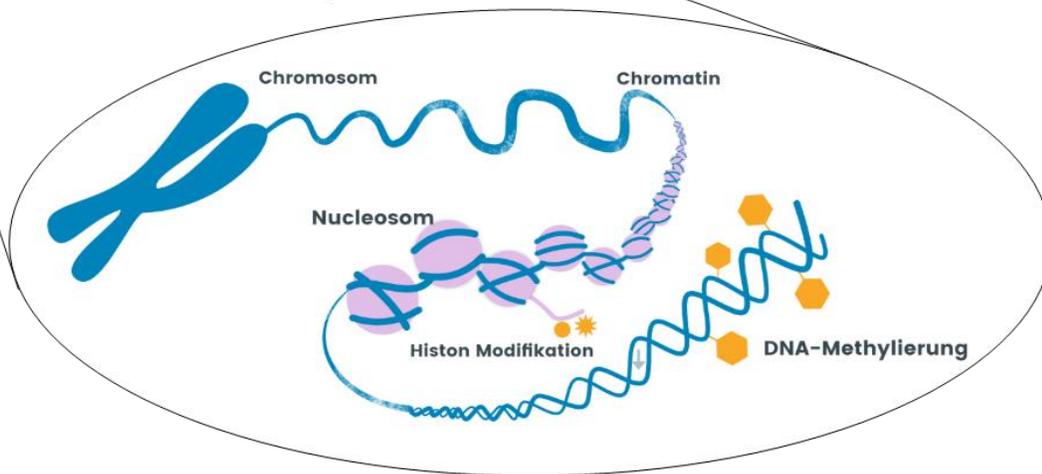
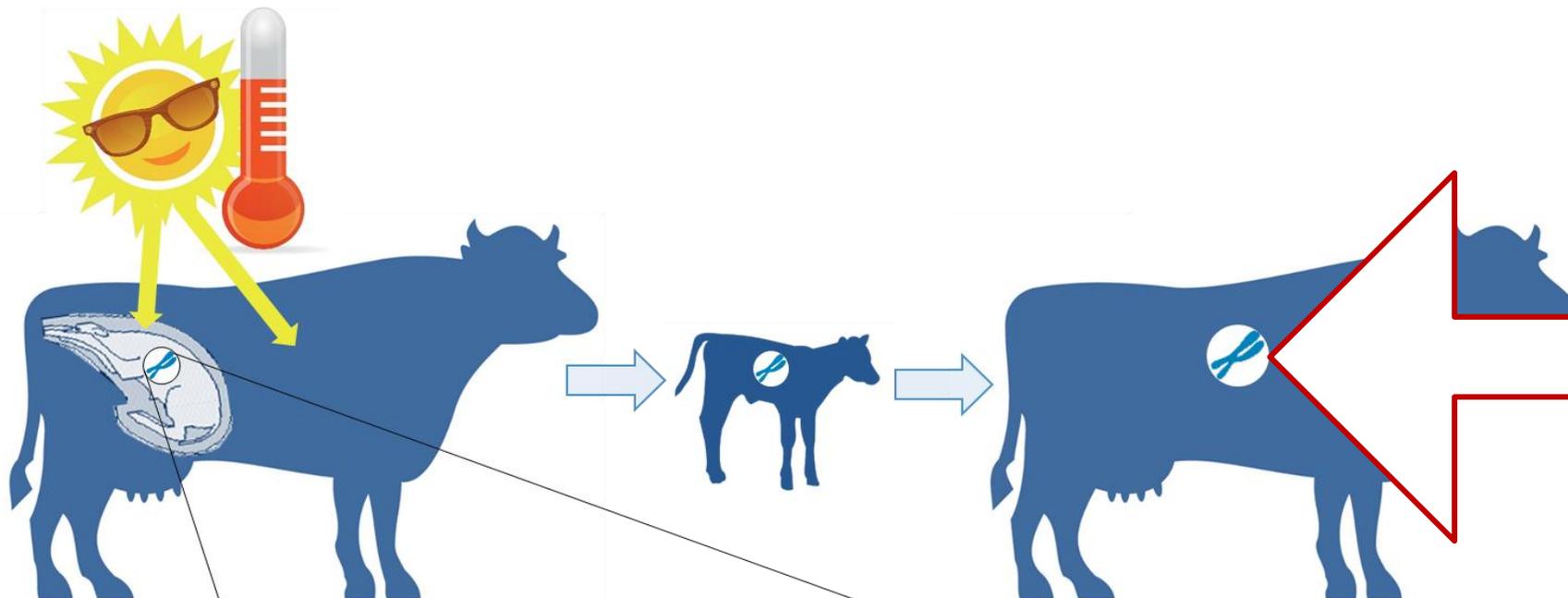
Ergebnisse – Nutzungsdauer der Nachkommen in Abhängigkeit vom THI während der Spätträchtigkeit



Bullenzuchtwerte für Mastitis in Abhängigkeit vom THI während der letzten Trächtigkeitswoche (Einwirkung auf das ungeborene Kalb)



Ursache für zeitversetzte Hitzestresseffekte – Epigenetik?!



Werden die Histon-Modifikationen/
DNA Methylierungen auch an die
nächste Generation weitergeben?

Welche Chromosomensegmente sind
diesbzgl. am stärksten betroffen?

Das ist Gegenstand im aktuellen
DFG-Projekt „Multi-Omics-Analyse
der Auswirkungen von intra-uterinem
Hitzestress während der
Spätträchtigkeit bei Milchkühen auf
Leistungs- und Gesundheits-
parameter unter besonderer
Berücksichtigung des Metaboloms
und Epigenoms“

Versuchsstandorte



Gladbacherhof der Uni Gießen

Neuer Versuchsstall mit 2 Herden ab März 2022;

Herde A: 60 HF-Kühe „high Input“

Herde B: 60 HF-Kühe „low input“

Ausgestattet mit innovativer Messtechnik (AMS, Methan, Futteraufnahme, Gewichte, **Klimaregulation, Metabolomdaten, Genomsequenzen**)



Hofgut Neumühle

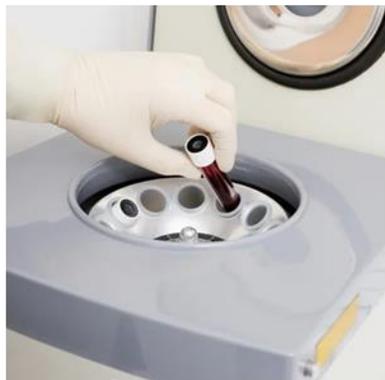
Ausgestattet mit innovativer Messtechnik (Futteraufnahme, Gewichte, **Klimaregulation, Metabolomdaten, Genomsequenzen**)

- Blutprobennahme innerhalb von 10 Tagen nach der Kalbung von Kuh und Kalb
- 2 Gruppen: HS als Trockensteher / kein HS als Trockensteher
- Quantifizierung von 630 verschiedenen Metaboliten über MxP Quant 500 Kit (Biocrates Life Sciences AG) bei den Kühen und ihren Nachkommen

Von der Blutprobenentnahme bis zur metabolischen Phänotypisierung



Blutprobennahme



Zentrifugation



Plasmagewinnung

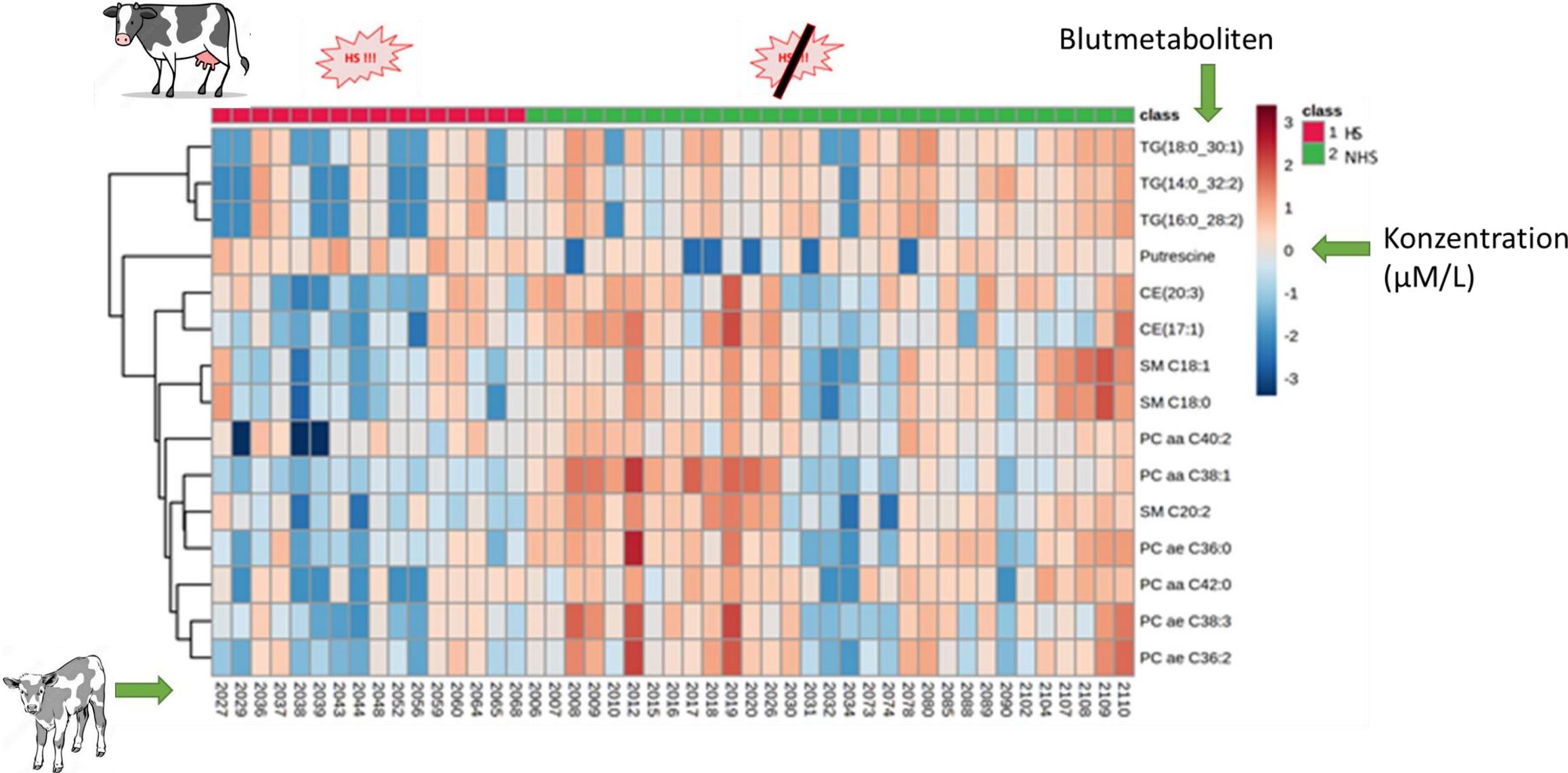


Einfrieren bei
-80°C

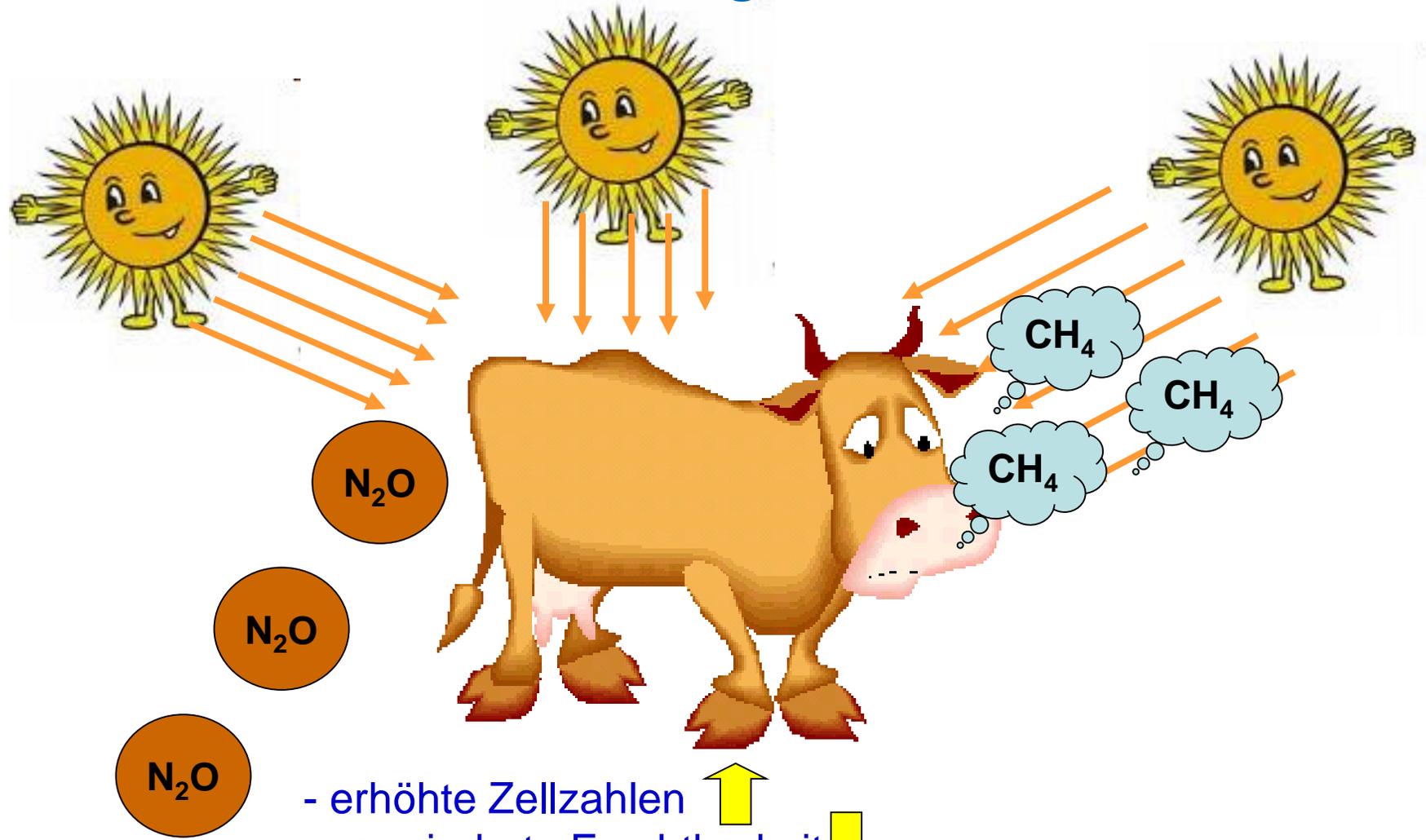


Konzentrationsbestimmung von 630 verschiedenen Blutmetaboliten aus 26 Stoffklassen

Heatmap – Blutmetaboliten, die in ihrer Konzentration signifikant durch Hitzestress beeinflusst werden



Die Kuh leidet unter Hitzestress. Aber sollte man auch Tiere so züchten, dass das Klima weniger belastet wird.....?????



- erhöhte Zellzahlen ↑
- verminderte Fruchtbarkeit ↓
- verringerte Milchmenge ↓
-

Messung der individuellen CH₄-Emission



CH₄-Messung mit dem Laser-Methan-Detektor



Methane Mini, Tokyo Gas Engineering Co Ltd., Tokyo, Japan)

- Kuh wird während der Messungen fixiert (3 Minuten)
- Im Abstand von 1 m wird der Laser auf die Nasenlöcher fixiert
- 2 Methanwerte (in ppm) pro Sekunde
- Ca. 360 Methanwerte je Messung
- Optimal: Messungen an 3 aufeinanderfolgenden Tagen
- Messung von „störenden Umwelteffekten“
 - Luftfeuchte, Temperatur, Windgeschwindigkeit



Genetische Parameter für Methan

Basierend auf 7286 Messungen: 2100 verschiedene HF und DSN Kühe, im Schnitt 3 Messungen pro Kuh; EU-Verbundvorhaben „CCCfarming“

Merkmal	Erblichkeit
CH4-Respiration	0.032
CH4-Ruktus	0.054
CH4-Gesamt	0.025



$r_g = 0.82$

Genetische Korrelationen mit anderen Zuchtzielmerkmalen

Merkmal	CH4-Respiration	CH4-Ruktus	CH4-Gesamt
Zellzahl	0.07	0.06	0.09
Rastzeit	0.20	0.19	0.17

Aber hilft uns das wirklich weiter um der globalen Klimaerwärmung entgegenzuwirken?

Kalkulation von Weber, 2009:

- Methan ist zu 14,3% am Treibhauseffekt beteiligt
- davon stammen 19% aus der Rinderhaltung
- Anteil der Rinder an weltweiten Treibhausgasemission = **2,7%**

Rinderbestände der Welt im Jahr 2018 (in 1.000 Tiere)

<u>Land</u>	<u>Anzahl Rinder</u>
Gesamt	987.288
Indien	281.400
Brasilien	179.788
China	105.722
USA	94.491
Argentinien	54.260
Kolumbien	30.755
Deutschland	12.988
UK	9.910
Niederlande	3.996
Dänemark	1.570

11.519 Rinder von Milchrassen



10.290 HF, FLV, BV
~ 1% der Weltrinderbestände



Beitrag der **Zucht** zur Reduktion
von Treibhausgasen:
2,7% Treibhausgase von Rindern
x 1 % HF, FLV, BV = **0,03 %**
x $h^2 = 0,10 = \sim$ **0,0**

1. Schlussfolgerungen: Zucht um der Klimakrise zu begegnen = Zucht auf reduzierte Methanemissionen

Bringt eigentlich kaum was

2. Schlussfolgerungen: Zucht auf robuste und hitzetolerante Tiere

- Könnte schnell in den Rechenzentren umgesetzt werden
- Man benötigt nur Temperatur und / oder Luftfeuchte von den Wetterstationen und setzt das in Beziehung zu den Standardmerkmalen, die man ohnehin hat
- **Fettsäuren in der Milch** scheinen das beste Merkmal zu sein, um Reaktionen auf Hitzestress zu erkennen

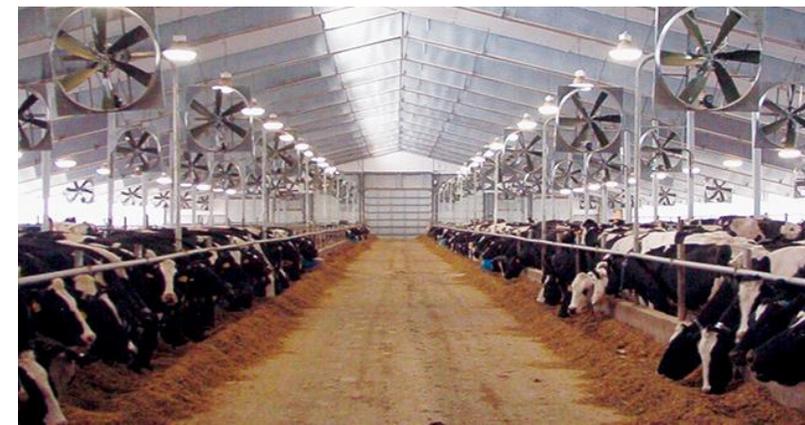
3. Schlussfolgerungen: Nicht-tierzüchterische Maßnahmen gegen Hitzestress

Bei Weidegang:

- Schattenplätze müssen vorhanden sein
- Wasserversorgung sicherstellen
- Zeitpunkt des Weidegangs eventuell auf die kühleren Abendstunden verlegen



Bei Stallhaltung: Sprinkler, Lüfter



Bitte vernachlässigen Sie die Trockensteher nicht!!

- Stress in der Trockenstehphase → Änderungen im Erbgut des Embryos (Epigenetik) mit negativen Auswirkungen über Generationen hinweg. Dieser Effekt ist **NICHT** zu unterschätzen!!!
- Aber auch hier gibt es Bulleneinflüsse (Bulle = Vater des Kalbes), ob es zu Modifikationen im Genom des Kalbes kommt

Schwein: Optimaltemperatur: **360°C**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Möglichkeiten der Temperaturfeinregulierung:
Kühles Bier dazu

Unterstützt wurden die Hitzestressarbeiten von:



S. Möcklinghoff-Wicke



K. Mütze



Dr. P. Zieger



Dr. E. Gernand

H. WILHELM SCHAUMANN STIFTUNG

