



# Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

**BAND 98 | Ausgabe 1**

**Agrarwissenschaft**  
**Forschung**  

---

**Praxis**

# Züchtung auf Hitzetoleranz bei Milchkühen – neue Ansätze

Von Wilfried Brade

## 1 Einleitung

Die gesamte Landwirtschaft steht vor der Herausforderung, die möglichen Auswirkungen von Hitzebelastungen im Pflanzenbau sowie in der Nutztierhaltung zu bewältigen. Managementstrategien wie Bewässerung im Pflanzenbau sind effektiv, aber kostspielig und haben, abhängig von der Schwere und Dauer des Hitzestresses, oft nur lokal begrenzten Erfolg (oft verbunden mit weiteren Auswirkungen auf die Trink-/Grundwasserverfügbarkeit).

Hitzedepressionen lassen sich in der Milcherzeugung wiederum durch stallbauliche bzw. technische Möglichkeiten reduzieren, indem die Stalltemperatur und die Luftfeuchtigkeit gesenkt, das Luftvolumen und die Luftaustauschrate im Stall gesteigert sowie die Wasseraufnahme permanent gesichert werden. Das richtige Herdenmanagement (z.B. Vermeidung von Leistungsspitzen in den Sommermonaten durch saisonale Gestaltung der Besamungs- und Abkalbeterminen) bietet weitere Möglichkeiten.

Die Anfälligkeit von Organismen auf einen Hitzestress hängt aber auch von genetischen Faktoren ab. Wir wissen heute, dass es innerhalb und zwischen Rassen (Sorten) genetische Unterschiede gibt, die es ermöglichen, Hitzestress bei Tieren (bzw. Pflanzen) zumindest teilweise zu reduzieren. Die Züchtung bietet hier einen langfristigen Ansatz, mit dem die physiologische Ausstattung von Nutztieren (Pflanzen) verbessert werden kann, um mit einer zeitlich begrenzten Wärmebelastung besser fertig zu werden.

## 2 Anzeichen und Auswirkungen des Hitzestresses bei Milchrindern

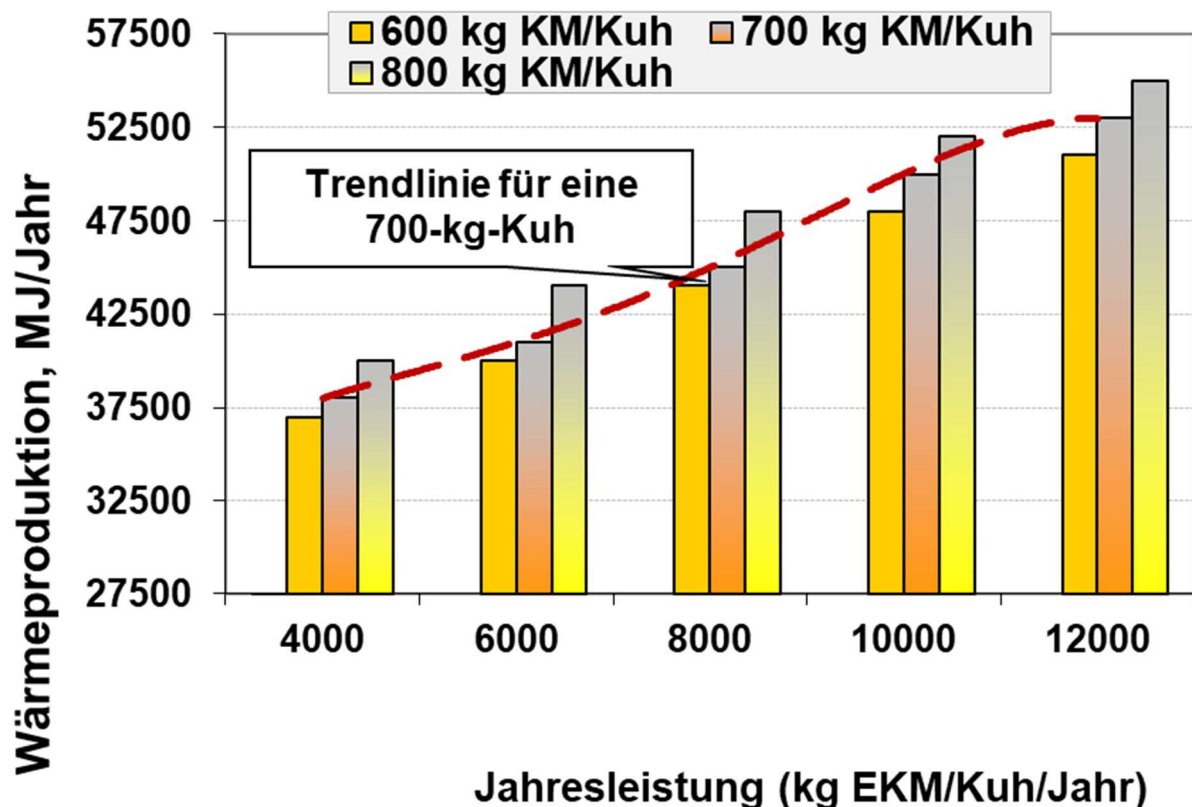
Der genetische Fortschritt sowie neue Haltungs- und Fütterungstechnologien in der Milchrindhaltung ermöglichten in den vergangenen Jahren einen rasanten Anstieg der Milchleistung oft auf über 10.000 kg je Tier und Jahr.

Dies erfordert im Leistungspeak eine Synthese von über 50 kg Milch je Tier und Tag. Energetisch betrachtet ist für diese Tagesleistung ein Input von >300 MJ umsetzbare Energie erforderlich. Mehr als

ein Drittel der aufgenommenen Energie mit dem Futter wird während des Stoffwechsels in Wärme umgewandelt, die von der Kuh an die Umgebung abgeführt werden muss (Abb. 1).

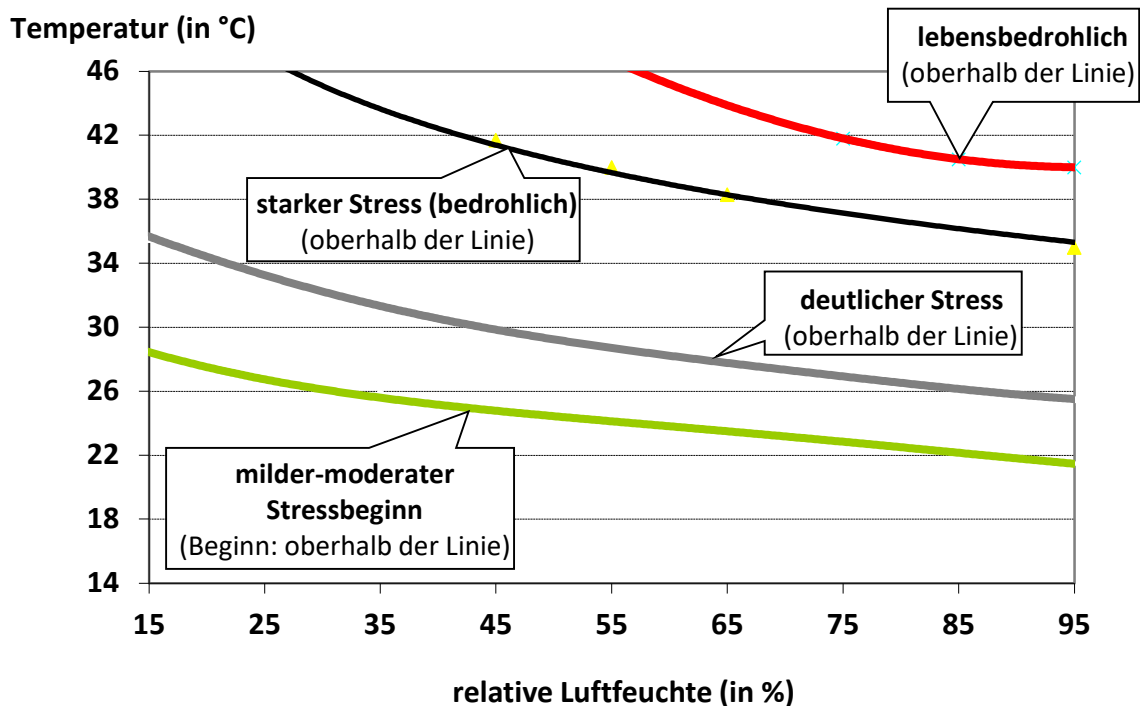
Die Thermoregulierung bei Rindern wird weitgehend von der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit beeinflusst. Der Temperatur-Feuchte-Index (THI) kombiniert Temperatur und Feuchte zu einem einzigen Wert. Der THI ist die am häufigsten verwendete Kenngröße zur Erfassung der umweltbedingten Wärmebelastung (Zimbleman et al., 2009). Hayes et al. (2003) zeigten, dass die Milchleistung bereits bei einem THI von  $\geq 60$  sinkt, d.h. wenn die tägliche Durchschnittstemperatur von  $20^{\circ}\text{C}$  und die relative Luftfeuchtigkeit von 45% überschritten wird.

Hohe Temperaturen belasten vor allem Hochleistungskühe (Abb. 1). Mit steigender Leistung der Kühe wird die Wärmeregulation in Milchrinderställen somit auch immer wichtiger.



**Abbildung 1:** Wärmeproduktion von Milchkühen (in MJ/Jahr) in Abhängigkeit von der Jahresleistung (kg EKM/Kuh/Jahr) und der mittleren Körpermasse (KM, in kg) der Kühe - eigene Darstellung

Gleichzeitig ist die Wärmebildung in den verschiedenen Geweben unterschiedlich. Mit steigender Milchleistung nimmt beispielsweise die Wärmebildung in der Leber (steigender Umfang der Glukoneogenese bzw. der Lipoproteinsynthese) und in der Milchdrüse deutlich zu. Erwähnt sei auch, dass infolge der mikrobiellen Verdauungsvorgänge in den Vormägen, die Temperatur des Panseninhaltes um bis zu  $2^{\circ}\text{C}$  über der üblicherweise vorhandenen Rektaltemperatur ( $38,5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) liegen kann.



**Abbildung 2:** Stresscharakteristika; aufbauend auf dem Temperatur-Luftfeuchte-Index (TFI)  
Quelle: Zimbleman et al. (2009) – eigene Darstellung

Die Effekte der Hitzebelastung auf den Organismus hängen jedoch nicht nur von solchen Faktoren wie Umgebungstemperatur (UT), relativen Luftfeuchte (RLF) und Luftbewegung (LB), sondern darüber hinaus auch von der Dauer der Belastung ab.

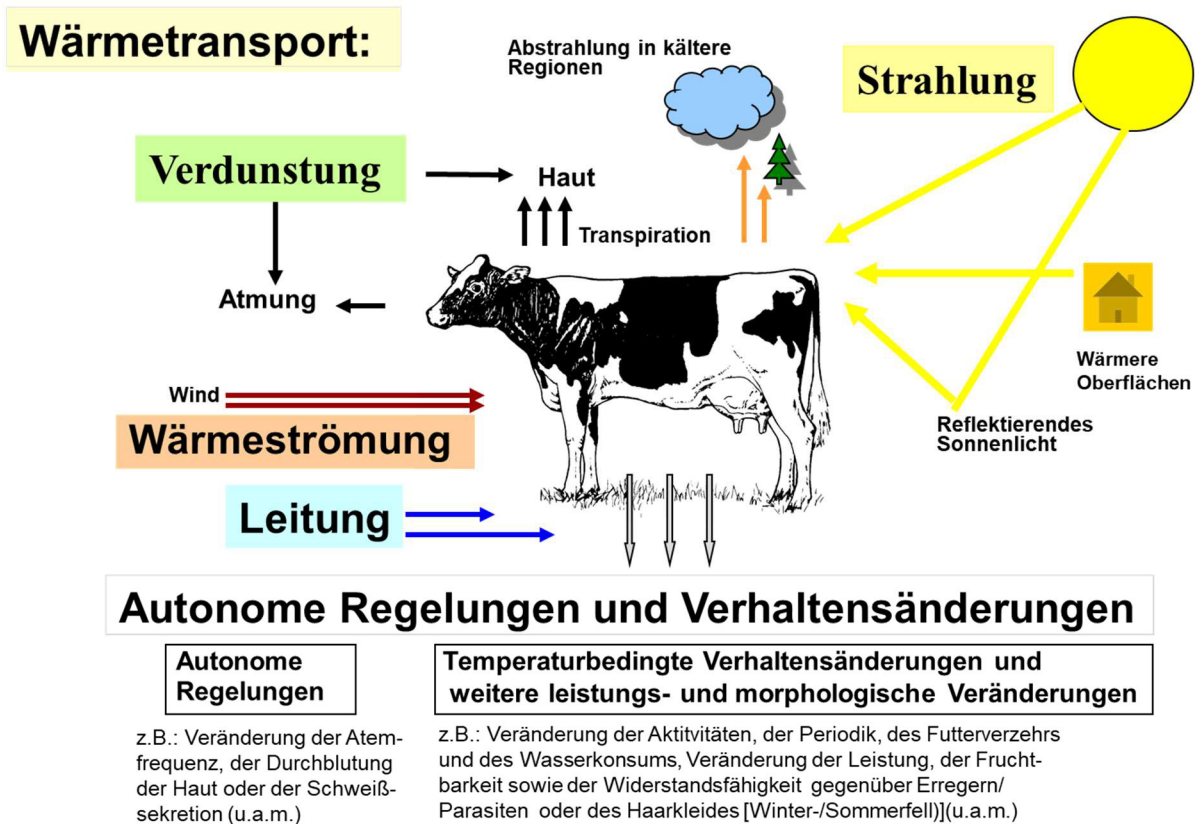
Die Anpassungsfähigkeit der Tiere auf einen Hitzestress ist überfordert, wenn die physiologischen und ethologischen Mechanismen der Thermoregulation (zum Beispiel: Schwitzen, Reduktion der Futteraufnahme etc.) nicht mehr ausreichen, um eine optimale Körpertemperatur aufrecht zu erhalten (Tab. 1).

**Tabelle 1: Anzeichen von Hitzestress**

Anzeichen von Hitzestress	Auswirkungen von Hitzestress
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>leichter Stress (ab 24°C bis 27°C UT):</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- liegende Tiere ‚pumpen‘, Atemfrequenz über 80/min*,</li> <li>- Tiere liegen weniger, stehen auf Gängen, bevorzugt an offenen Toren und Tränken,</li> <li>- Innere Körpertemperatur steigt über 39 °C.</li> </ul> </li> <li>• <i>erheblicher Stress (über 27°C UT):</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiere hecheln mit langem Hals und offenem Maul*,</li> <li>- Tiere schwitzen im Flankenbereich und am Rücken,</li> <li>- Körpertemperatur steigt auf &gt;39,6°C</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bei direkter, längerer Sonneneinstrahlung zeigt sich Sonnenbrand z.B. auf Euterhaut und Zitzen,</li> <li>• Futteraufnahme** sinkt; die Speichelproduktion steigt; Häufigkeit von Stoffwechselerkrankungen steigt,</li> <li>• Milchleistung*** geht zurück,</li> <li>• Immunglobulingehalt im Blut sinkt (verminderte Abwehrbereitschaft),</li> <li>• Zellzahlen in der Milch steigen an,</li> <li>• Fruchtbarkeit geht zurück (Brunstsymptome weniger stark ausgeprägt, geringere Brunstraten, häufigerer embryonaler Frühtod),</li> <li>• auch Tod durch Kreislaufversagen ist möglich.</li> </ul>

\* erhöhte Atemfrequenz („Hecheln“): ca. 80 bis 120 Atemzüge pro Minute bei mittlerem Hitzestress; ca.120 bis 160 Atemzüge pro Minute bei starker Wärmebelastung; über 160 Atemzüge pro Minute bei schwerem Hitzestress; \*\* bei 40°C kann die Nahrungsaufnahme um bis zu 40 % sinken; \*\*\* die Milchleistung kann bei 35°C bis zu 33% und bei 40°C bis zu 50 % sinken

Bei auftretendem Hitzestress sind eine Vielzahl physiologischer und ethologischer Reaktionen gleichzeitig wirksam (Abb. 3).



**Abbildung 3:** Wärmeregulation und temperaturbedingte Verhaltensänderungen (eigene Darstellung)

Der Anstieg der Atemfrequenz (AF) ist eine erste physiologische Schutzreaktion des Organismus bei hohen Temperaturen. Bei extremen Wärmebelastungen konnten für die AF Maximalwerte von 200 Atemzügen pro Minute beobachtet werden. Als ein sicherer Indikator für eine bestehende Hitzebelastung, die mit den zur Verfügung stehenden physiologischen Mechanismen der Thermoregulation nicht (vollständig) ausgeglichen werden kann, ist der Anstieg der Körperkerntemperatur (KKT) anzusehen.

Die Regulation der Körperkerntemperatur bei Rindern zwischen 37,5°C und 39,4°C besitzt in der Hierarchie der körpereigenen Regelsysteme höchste Priorität, so dass in Kompensationsituationen andere Systeme benachteiligt und gestört werden können.

Auch die Fruchtbarkeit der Kühe leidet bei hohen TFI-Werten. So sind die Brunstsymptome weniger stark ausgeprägt und die Brunstdauer ist nicht selten verkürzt. Die Trächtigkeitsraten bleiben in dieser Zeit meist unbefriedigend und es ist mit einem vermehrten Absterben von Embryonen in der Anfangsphase der Trächtigkeit zu rechnen.

Ravagnolo und Misztal (2001) untersuchten die Non-Return-Rate (NRR nach 45 Tagen) in Abhängigkeit von der Höhe des TFI vor, während und nach der Besamung der Kühe in drei US-Staaten (Georgia, Tennessee und Florida). Ein hoher TFI unmittelbar am Tag der Besamung hatte den größten depressiven Effekt auf den Besamungserfolg; gefolgt von der Höhe des TFI 2 bzw. 5 Tage vor der Besamung.

Hitzestress von hochträchtigen Kühen in der Trockenstehperiode

Die Hochträchtigkeit ist eine besonders kritische Periode bezüglich des Übergangs der Kuh von der Trockenstehphase in die nächste Laktation; aber auch für das im Mutterleib vorhandene Kalb (= Fötus).

Bei Milchrindern beträgt beispielsweise die Gewichtszunahme des Kalbes im Mutterleib - allein in den letzten beiden Trächtigkeitsmonaten - ca. 60 % des späteren Geburtsgewichtes.

Der Effekt eines Hitzestresses in der Hochträchtigkeits- bzw. späten Trockenstehphase auf die Milchleistung ist nachfolgend aufgezeigt. Ein Hitzestress während der Hochträchtigkeitsphase beeinflusst jedoch nicht nur die nachfolgende Laktation sondern auch den Fötus (Tab. 2).

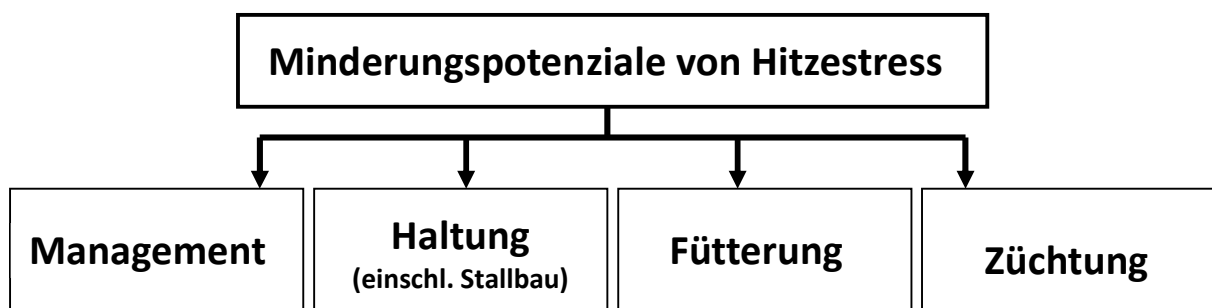
**Tabelle 2: Effekte eines Hitzestresses (HS) in der späten Trächtigkeitsphase auf die Länge der Trächtigkeit bzw. auf das Geburtsgewicht der Kälber\***

Trächtigkeitlänge (Tage)		Geburtsgewicht des Kalbes, kg		Differenz (%)	Literaturquelle
HS	Kontr.	HS	Kontr.		
n.e.	n.e.	40,6	43,2	8	Wolfenson et al., 1988
274	278	40,8	43,6	6	Adino et al., 2009
274	277	41,6	46,5	11	Tao et al., 2011
272	276	36,5	42,5	14	Tao et al., 2012

\* Anm.: HS: hochträchtige Kühe unter Hitzestress, Kontr. = Kontrollgruppe; n.e. = nicht erfasst bzw. keine Angaben

### 3 Strategien gegen Hitzestress

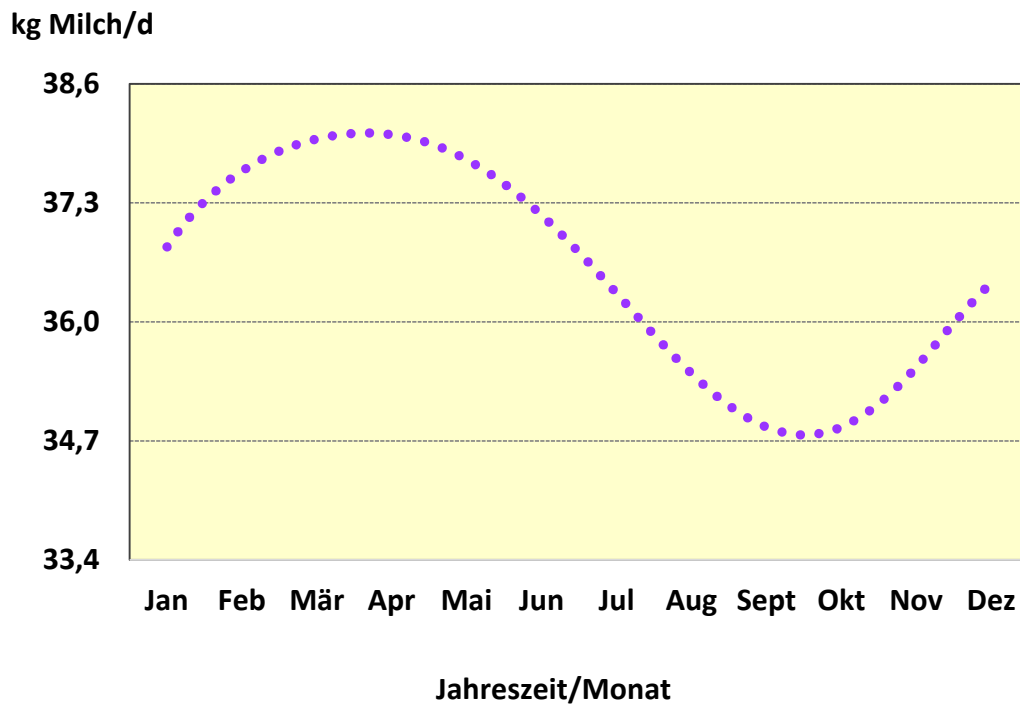
Ein breites Spektrum an managementbedingten bzw. technischen Lösungen können die Auswirkungen von feuchtheißen Tagen mildern (Abb. 4).



**Abbildung 4:** Verschiedene Möglichkeiten zur Minderung von Hitzestress

Die einfachsten Mittel, um Hitzeperioden für die Milchkühe erträglich zu gestalten und damit hohe Leistungen zu sichern, liegen im Management.

Barash et al. (2001) haben den Effekt des Kalbemonats auf die mittlere Milchleistung israelischer Holsteinkühe während ihrer dritten und vierten Laktation untersucht. Kühe, die im (Spät-)Sommer kalbten, erbrachten die niedrigsten Milch- und Milcheiweißerträge (Abb. 5).



**Abbildung 5:** Mittlere tägliche Milchmengenleistung (kg/d) israelischer Holsteinkühe in Abhängigkeit vom Kalbemonat (eigene Grafik, erstellt nach Angaben von Brash et al, 2001)

Heidenreich et al. (2004), Haidn und Maćuhová (2008) oder Lamp (2018) haben zahlreiche Tipps für den Milchkuhhalter aus der Blickrichtung der Stall- und Fütterungsgestaltung zwecks Reduzierung von Hitzestress gegeben.

Nachfolgend sollen schwerpunktmäßig die Möglichkeiten aus züchterischer Sicht aufgezeigt werden.

#### 4 Nutzung der genetischen Variabilität

Die große Variation hochleistender Kühe (innerhalb einer Rasse (z.B. Holsteins)) bezüglich ihrer Reaktionen auf eine Wärmebelastung bietet die Chance zur Auswahl von Zuchttieren mit besserer Hitzetoleranz. Bereits Seath (1947) lieferte dafür interessante Ergebnisse.

Zusätzlich existieren deutliche Rassenunterschiede. So findet man zwischen taurinen bzw. zebuiden Rindern regelmäßige Unterschiede hinsichtlich der anatomischen Beschaffenheit der Haut sowie der Anzahl und der Effektivität der Schweißdrüsen.

Zebuide Rinder haben eine größere Anzahl von Schweißdrüsen pro Flächeneinheit. Auch sind diese hier dichter unter der Hautoberfläche angeordnet als bei taurinen Tieren. Außerdem besitzen die Schweißdrüsen der Zebus eine größere Speicherkapazität; vergleichsweise gegenüber den Drüsen tauriner Rinder. Zusätzlich gibt es deutliche Rassenunterschiede in der Fellbeschaffenheit. Bei *den* zebuiden Rassen findet man vorzugsweise ein feines kurzes Haarkleid, das die Verdunstung des abgegebenen Schweißes von der Hautoberfläche begünstigt, während für *die* taurinen Rinder ein längeres, dichteres Haarkleid charakteristisch ist.

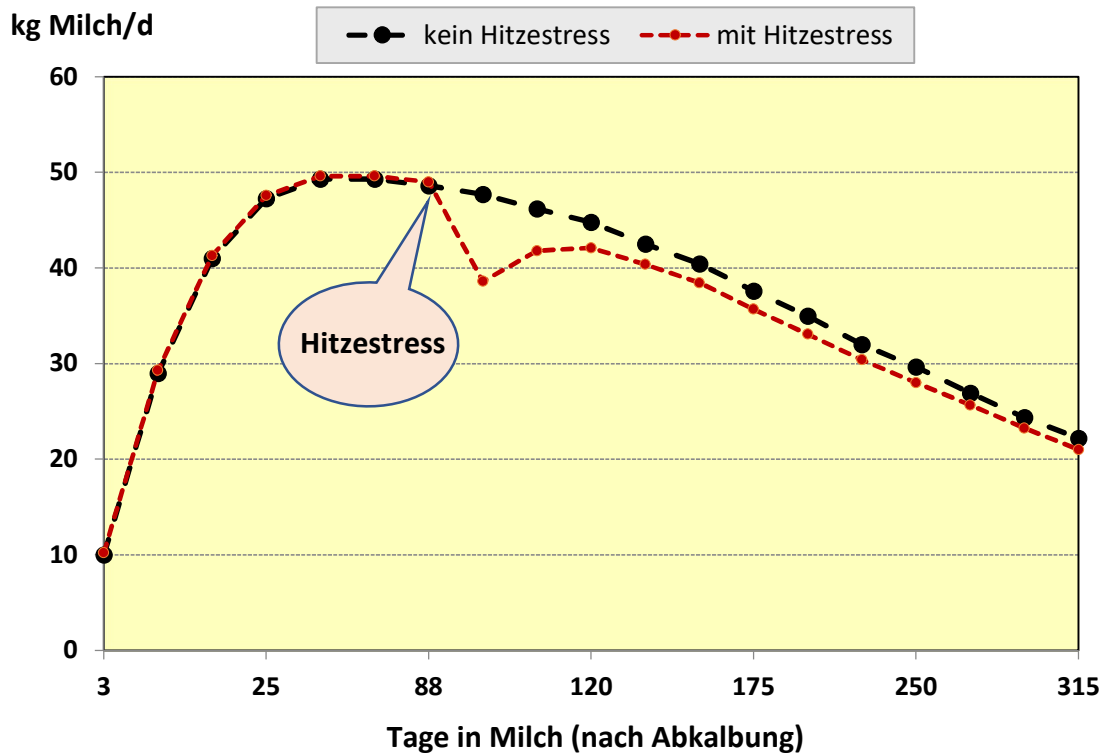
Zwischenzeitlich sind verschiedene Indikatoren zur Erfassung vorhandener genetischer Variabilität bezüglich der Hitzetoleranz unter Wärmebelastung geprüft und bewertet worden:

- Erfassung der Veränderung der Atemfrequenz unter Hitzestress;
- Erfassung der Veränderung der Körpertemperatur unter Wärmebelastung (z.B. der Rektaltemperatur oder der Vormagentemperatur (mittels Bolus [z.B. Messsystem der Bella AG]));
- Abnahme der Milchleistung unter Hitzestressbedingungen;
- Veränderung des Fettsäureprofils in der Milch bei Hitzebelastung.

Dikmen et al. (2012) quantifizierten kürzlich die genetische Variabilität der Rektaltemperatur (RT) von Holstein-Kühen unter Hitzestress. Sie errechneten eine Erblichkeit der RT von  $h^2 = 0,17$ . Die RT während eines Hitzestress hat somit eine moderate Erblichkeit, die züchterisch genutzt werden kann.

Mehrere Autoren zeigten, dass das Ausmaß des Rückgangs der Milchproduktion mit zunehmendem Hitzestress auch zwischen den Tieren variiert und ein gering bis mäßig erbliches Merkmal ist (Ravagnolo und Misztal, 2000; Misztal et al., 2006, Bohmanova et al, 2007, Aguilar, et al, 2009, Bernabucci et al., 2014, Nguyen et al., 2016 und 2018). Dieses Merkmal empfiehlt sich aktuell als Indikatormerkmal für die Hitzetoleranz in besonderer Weise, da hier Ergebnisse aus der Routine-Milchleistungsprüfung (MLP) genutzt werden können. Voraussetzung ist allerdings, dass Milchleistungs- und Wetterdaten (in Stallnähe) systematisch kombiniert werden (Abb. 6).





**Abbildung 6:** Schematische Darstellung von zwei Laktationskurven: ohne und mit Hitzestress (eigene Darstellung)

Weitere Merkmale, wie die Veränderung des Appetits (= der Futteraufnahme) weisen wahrscheinlich auch eine genetische Variabilität unter Hitzestress auf. Ihre Erfassung ist aktuell aber nur in einer speziellen Forschungsumwelt möglich und damit für die Praxis (noch) nicht geeignet.

Interessant sind die in den genannten Arbeiten gleichzeitig ermittelten positiven Beziehungen zwischen dem Leistungsrückgang unter Hitzestress und dem Milchleistungspotenzial.

Die positiven genetischen Beziehungen erlauben die Schlussfolgerung: eine konsequente Fortsetzung der intensiven Auswahl der Kühe (Zuchttiere) nach immer höherer Milchmengenleistung lässt Nachkommen erwarten, die leider auch immer weniger Hitze tolerant sind.

## 5. Etablierung einer genomischen Zuchtwertschätzung auf Hitzetoleranz in Australien

Hitzestress spielt in der australischen Landwirtschaft eine wichtige Rolle. Detaillierte Vor-Ort-Untersuchungen zur Hitzetoleranz bestätigten frühzeitig, dass die Leistung von Milchkühen unter Hitzestressbedingungen genetisch variiert (Hayes et al., 2003). Zwischenzeitlich konnte hier (weltweit erstmalig!) eine zugehörige Zuchtwertschätzung etabliert werden.

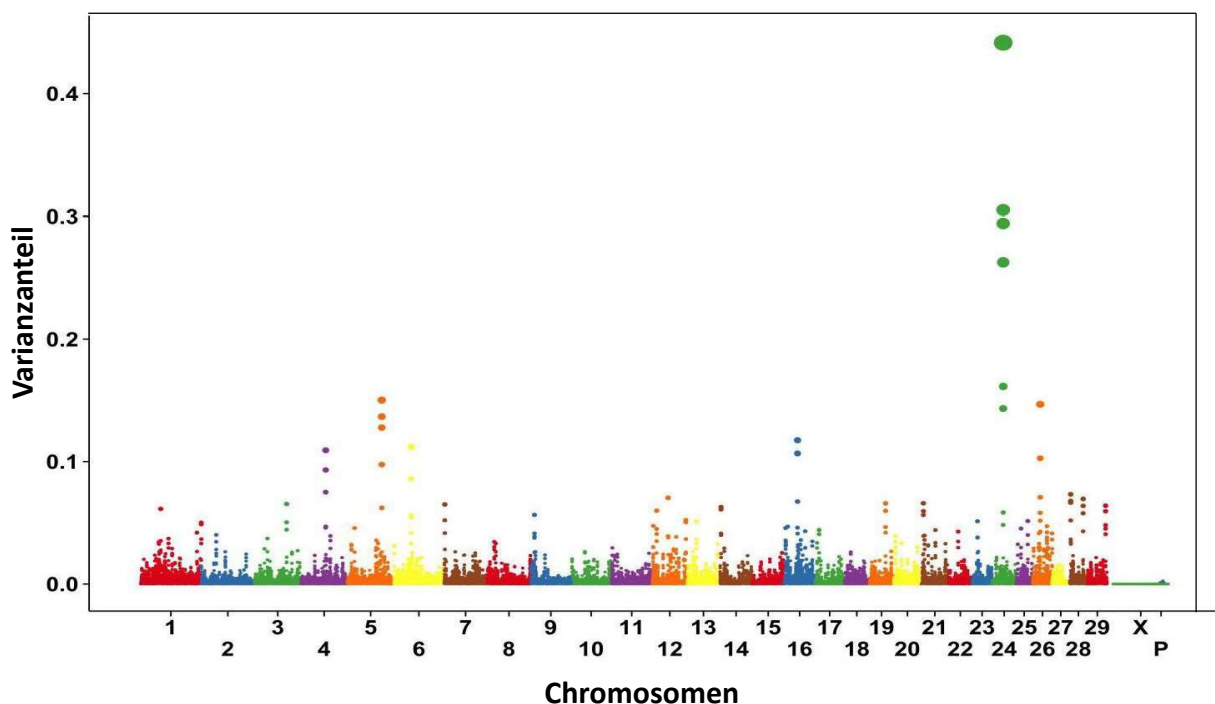
Der Zuchtwert für die Hitzetoleranz ist die Abnahme der Milch-, Fett- und Eiweißmenge, wenn der Umwelt-THI den Schwellenwert von 60 überschreitet (Basiswerte: Temperatur von 22 °C und relative

Luftfeuchtigkeit von 45%). Als Maß für die Wärmebelastung werden die für den Testtag (der MLP) und die vier Vortage gemittelten Tagesmittelwerte des THI, erfasst in Wetterstationen, genutzt. Die Berücksichtigung der Entfernung zwischen der zu bewertenden Herde und einer Wetterstation basiert auf den zugehörigen GPS-Koordinaten (= Geographic Positioning System) der beiden Einrichtungen, die 60 km nicht überschreiten sollte. Die Toleranz gegenüber Hitzestress wird für jede Kuh dann unter Verwendung eines Reaktionsnormmodells (Abb. 6) geschätzt (Nguyen et al., 2016).

Da im Vergleich zur traditionellen Züchtung die genomische Selektion besser für die Selektion auf Hitzetoleranz geeignet ist, wurden zwischenzeitlich auch Referenzpopulationen

(Lernstichproben) – sowohl bei australischen Holsteins als auch Jerseys - aufgebaut und nützliche genetische Marker (sogenannte SNP-Marker) identifiziert.

Bereits Dikman et al. (2013) zeigte, dass solche Marker über das gesamte Genom verteilt sind. So zeigten sie speziell auf den Rinderchromosomen 24, 16, 4 und 5 einige einflussreiche SNP-Marker (Abb. 7).

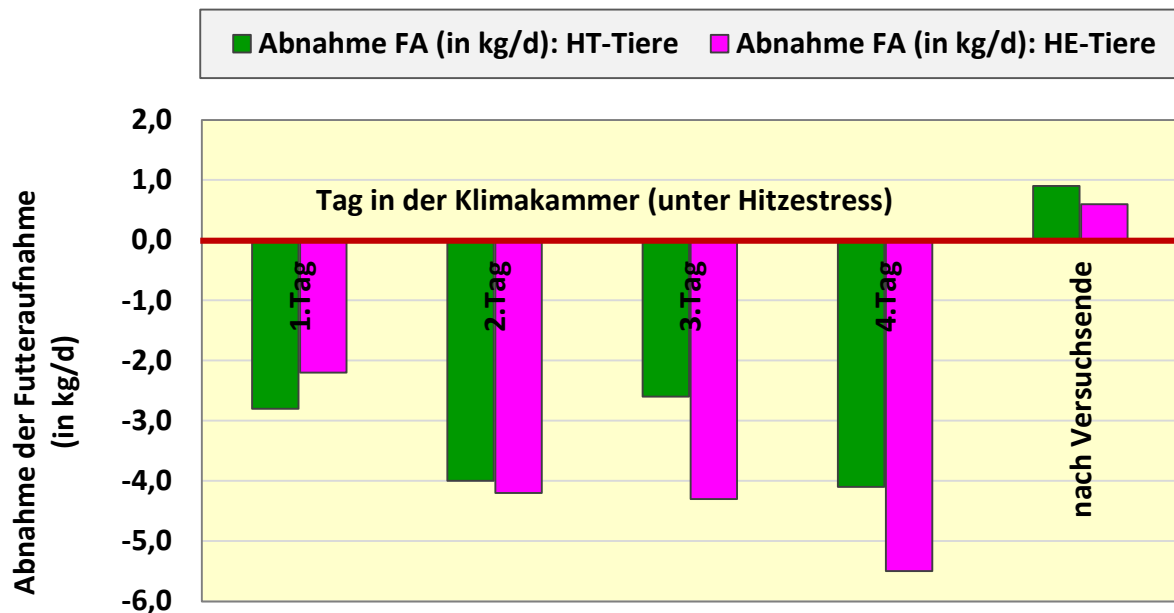


**Abbildung 7:** Varianzanteil einzelner SNPs, lokalisiert auf verschiedenen Chromosomen des Rindes, an der Gesamtvarianz der Rektaltemperatur (Basis: Dikmen et al., 2013; eigene Grafik)

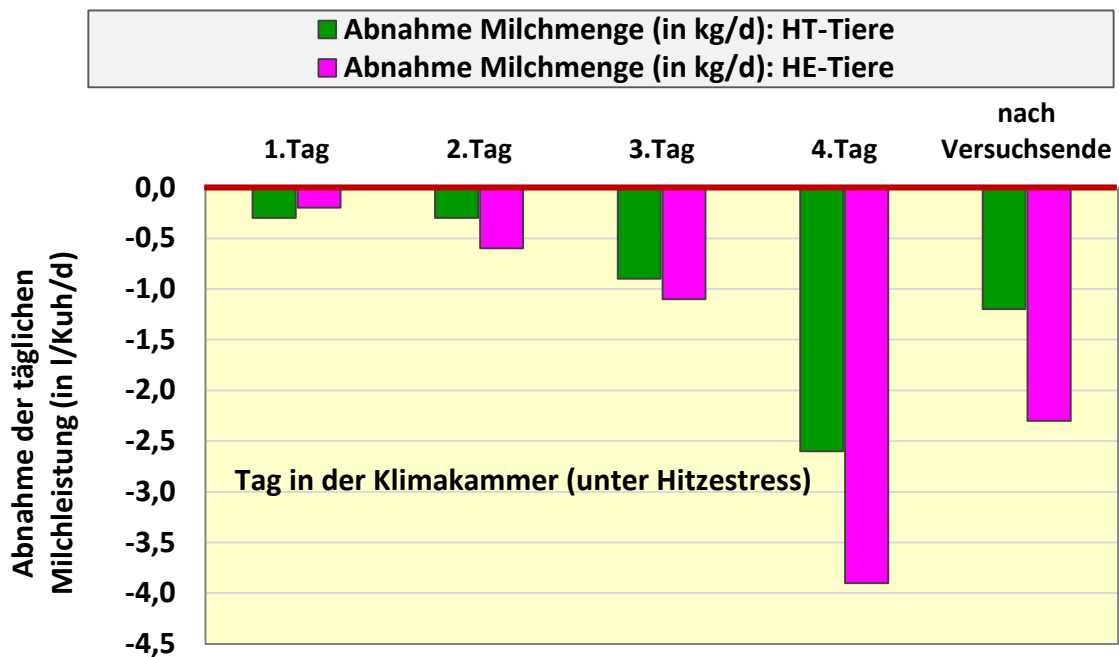
Zwischenzeitlich erfolgte auch eine Validierung der genomischen Zuchtwertvorhersagen an einer unabhängigen Stichprobe.

Garner et al. (2016) haben aus einer Stichprobe von 390 genotypisierten Holstein-Tieren, je 24 extreme Färsen, die als hitzetolerant oder hitzeempfindlich charakterisiert wurden, ausgewählt und später

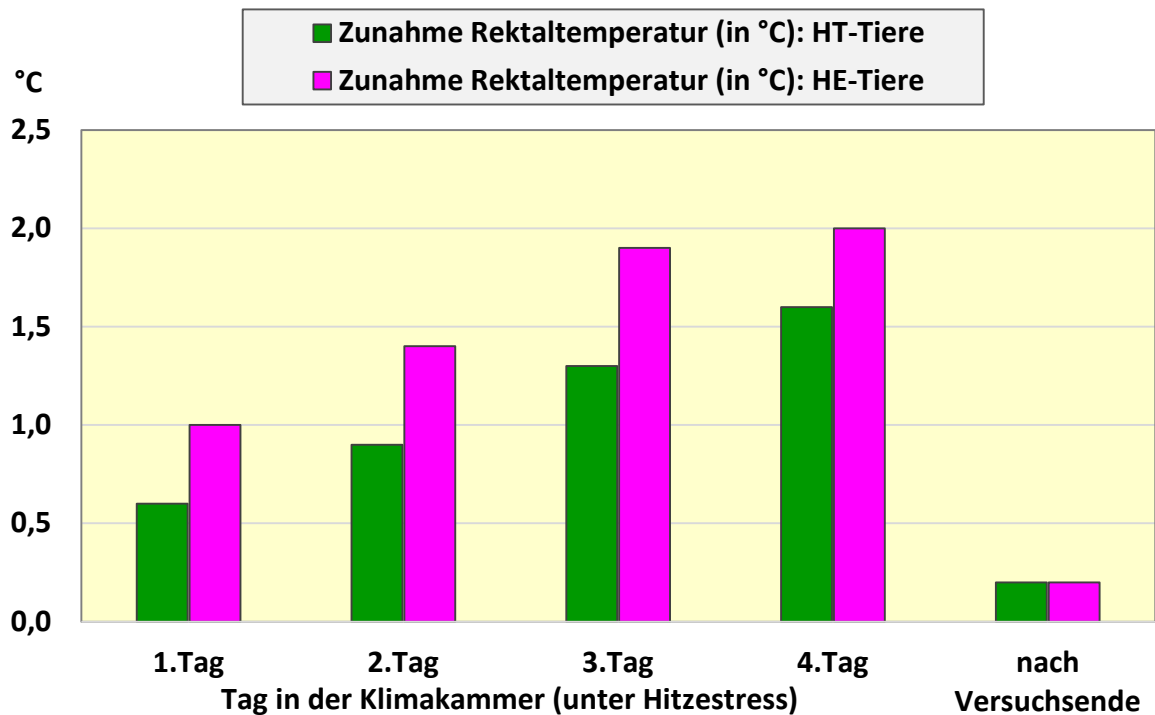
einer 4-tägigen Hitzebelastung in Klimakammern unterzogen. Die vorhergesagte hitzetolerante Gruppe hatte in Bezug auf Milch- Fett- und Eiweißleistung eine signifikant geringere Abnahme und gleichzeitig eine geringere Erhöhung der Körpertemperatur (sowohl rektal als auch intravaginal) - während des simulierten 4-tägigen Hitzestressereignisses - als die vorhergesagte hitzeempfindliche Gruppe (Abb. 8 bis 10).



**Abbildung 8:** Reaktion der Versuchstiere unter Hitzestress in der Klimakammer bezüglich der Abnahme der Futtermittelaufnahme (kg/d): hitzetolerante Tiere (HT); hitzeempfindliche Tiere (HE) - Versuchsergebnisse von Garner et al. (2016) - eigene Grafik



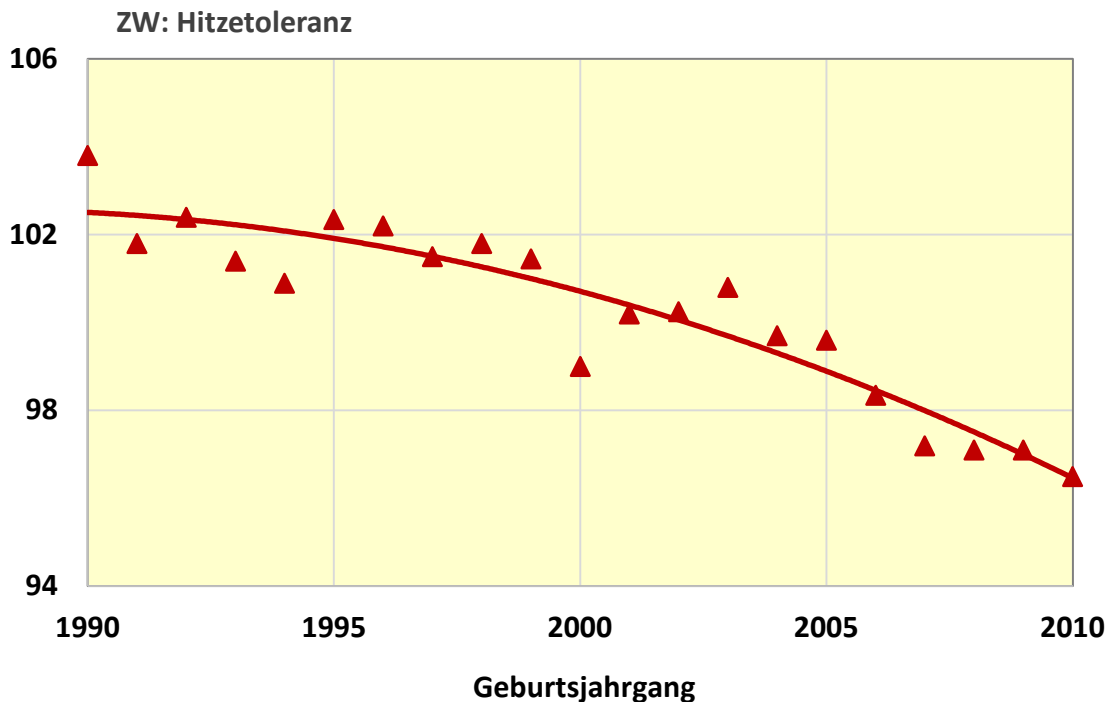
**Abbildung 9:** Reaktion der Versuchstiere unter Hitzestress in der Klimakammer bezüglich der Abnahme der Milchleistung (l/Kuh/d): hitzetolerante Tiere (HT); hitzeempfindliche Tiere (HE) - Versuchsergebnisse von Garner et al. (2016) - eigene Grafik



**Abbildung 10:** Reaktion der Versuchstiere unter Hitzestress in der Klimakammer bezüglich der Zunahme der Rektaltemperatur: hitzetolerante Tiere (HT); hitzeempfindliche Tiere (HE) - Versuchsergebnisse von Garner et al. (2016) - eigene Grafik

Die Ergebnisse zeigen, dass eine genomisch gestützte Zuchttierbewertung bezüglich der Hitzetoleranz zur Differenzierung zwischen hitzetoleranten und hitzeempfindlichen Tieren gezielt genutzt werden kann. Die Zuverlässigkeit genotypisierter Holstein-Jungbullen (ohne Töchterbewertungen) ist ausreichend hoch und vergleichbar mit den deutschen Zuchtwerten für Gesundheitsmerkmale (Nguyen et al., 2017).

Zusätzliche Auswertungen genetischer Trends in der australischen Holsteinpopulation bestätigen leider den zu erwartenden Rückgang der Hitzetoleranz in den jüngeren Geburtsjahrgängen (Abb. 11). Dies ist deshalb auch zu erwarten, da die Beziehung der Hitzetoleranz mit der Milchproduktion bzw. Fruchtbarkeit ungünstig assoziiert ist (Aquilar et al., 2009, Dikmen et al., 2012, Nguyen et al., 2016).



**Abbildung 11:** Genetische Trends bezüglich der Hitzetoleranz bei australischen Holsteins (Auswertung von Nguyen et al., 2018) - eigene Grafik

Zusammenfassend bleibt festzuhalten: die Identifizierung und Auswahl hitzetoleranter Tiere ist möglich und bietet eine vielversprechende und gleichzeitig auch langfristige Lösung für Probleme im Zusammenhang mit Hitzestress und Klimawandel in der Milcherzeugung.

## 6 Diskussion

Der stattfindende Klimawandel wird den gesamten Landbau künftig nachhaltig beeinflussen. Einerseits werden die Landwirte weltweit zur Abmilderung des Klimawandels beizutragen haben; andererseits werden sie durch die Erderwärmung vor allem um ihre Erträge und ausreichende Wasserversorgung bangen müssen.

Der Klimawandel wird sich jedoch nicht nur auf den Pflanzenbau, sondern auch auf die Tierhaltung (Leistung, Gesundheit) auswirken. Aus der Blickrichtung der künftigen Milcherzeugung lässt der Klimawandel folgendes erwarten:

1. deutliche Zunahme abiotischer Stressoren für die Milchkühe (z. B. Zunahme von Hitzeperioden mit hoher Luftfeuchte, wechselnde Futterqualitäten etc.);
2. weiterer Zunahme biotischer Stressoren (z. B. Auftreten neuer Erreger; schnelleres Wachstum von Mikroorganismen bei höherer Umgebungstemperatur, die vor allem die Milchdrüse schädigen können (z. B. Streptokokken, Staphylokokken etc.).

Hitzestress wirkt sich negativ auf die Leistung und Gesundheit der Tiere aus. Wenn die genetische Selektion auf weitere Steigerung der Milchleistung in bisherigem Umfang so weiter geht, reduziert sich leider gleichzeitig auch die Anfälligkeit der Kuh auf Hitzestress schnell weiter.

Es darf erwartet werden, dass zukünftig im Zuchtziel moderner Milchrinderrassen dieses Thema von großer Wichtigkeit wird. Dies ist auch anzuerkennen, da mit steigender Leistung der Kühe generell auch die Wärmeproduktion zunimmt.

Die Züchtung bleibt gefordert, diese zwischenzeitlich gut beschriebenen Zusammenhänge weiter zu verfolgen und Strategien zu erarbeiten, damit künftige Milchkuhgenerationen nicht immer Hitze empfindlicher werden.

## Zusammenfassung

### Züchtung auf Hitzetoleranz bei Milchkühen – neue Ansätze

Hitzestress ist nicht nur in tropischen Ländern zu beobachten, sondern wird zunehmend auch in Ländern mit gemäßigttem Klima - infolge des zu beobachtenden Klimawandels - ein Problem.

Rinder sind relativ kältestabil, aber nur wenig hitzeresistent. Hitzestress wirkt sich negativ auf die Leistung und die Gesundheit der Tiere aus; vor allem bei hochleistenden Tieren.

Gewöhnlich ist der Tierhalter mit generellen Maßnahmen zur Linderung des Hitzestresses gut vertraut. Die in den letzten Jahren erzielten Leistungssteigerungen – in Verbindung mit weiter zu erwartenden Klimaänderungen – lassen diese Thematik jedoch auch in der Tierzucht immer wichtiger werden.

## Summary

### Breeding for heat tolerance in dairy cows

Heat stress cannot only be observed in tropical countries but also increasingly becomes an issue in temperate climates due to the observed climate change.

Cattle are relatively cold-resistant but have little heat-resistance. Heat stress has a negative effect on the animals' performance and health, and this is particularly true for high-performing animals.

Normally the animal owner is well versed in general measures to relieve heat stress. However, the performance improvements achieved in recent years - in conjunction with further climate changes to be expected in future - make this topic become ever more important in animal breeding.

## Literatur

1. Aguilar, I., I. Misztal, and S. Tsuruta. 2009. Genetic components of heat stress for dairy cattle with multiple lactation. *J. Dairy Sci.* 92, 5702-5711.
2. Barash H, Silanikove N, Shamay A, Ezra E (2001): Interrelationships Among Ambient Temperature, Day Length, and Milk Yield in Dairy Cows Under a Mediterranean Climate. *J. Dairy Sci.* 84:2314–2320.
3. Bernabucci U, Biffani S, Buggiotti L, Vitali A, Lacetera N, Nardone A (2014): The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 97, 471-486.
4. Bohmanovan J, Misztal I, Cole JB (2007): Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy Sci.* 90:1947-1956.
5. Dikmen S, Cole JB, Null DJ, Hansen PJ (2012): Heritability of rectal temperature and genetic correlations with production and reproduction traits in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 95, 3401-3405. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4306>.
6. Dikmen S, Cole JB, Null DJ, Hansen PJ (2013): Genome-Wide Association Mapping for Identification of Quantitative Trait Loci for Rectal Temperature during Heat Stress in Holstein Cattle. *PLoS ONE* 8(7): e69202. doi:10.1371/journal.pone.0069202
7. Garner JB, M. Douglas M, Williams RS, Wales WJ, Nguyen TT, Hayes BJ (2016): Genomic selection improves heat tolerance in dairy cattle. *Nature Scientific Rep.* 6, 1–8.
8. Haidn B, Mačuhová J (2008): Wärmeregulation bei Milchkühen und Möglichkeit der freien Lüftung zur Vermeidung von Hitzestress. In 'Hitzestress im Milchviehstall', Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT) Grub, 23. Juli 2008. Tagungs-unterlagen. S.7 ff.; [http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p\\_31433.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p_31433.pdf).
9. Hayes BJ, Carrick M, Bowman P, Goddard ME (2003): Genotype x environment interaction for milk production of daughters of Australian dairy sires from test-day records. *J. Dairy Sci.* 86, 3736-3744.
10. Heidenreich T, Büscher W, Cielejewski H (2004): Vermeidung von Wärmebelastungen bei Milchkühen. *DLG Merkblatt* 336, Hrsg.: Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, Frankfurt a.M.
11. Lamp O (2018): Rinder aktuell: Hitzestress bei Milchkühen. *Bauernblatt*. 26. Mai 2018, 44-46. [https://www.lksh.de/.../PDF\\_Toepper\\_2018/BB\\_21\\_26.05/44-46\\_Lamp.pdf](https://www.lksh.de/.../PDF_Toepper_2018/BB_21_26.05/44-46_Lamp.pdf).
12. Misztal I, Bohmanova J, Freitas M, Tsuruta S, Norman HD, Lawlor TJ (2006): Issues in genetic evaluation of dairy cattle for heat stress. In *Proc. 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Belo Horizonte, MG, Brazil. Instituto Prociencia, Minas Gerais, Brazil
13. Nguyen TT, Bowman PJ, Haile-Mariam M, Pryce JE, Hayes BJ (2016): Genomic selection for tolerance to heat stress in Australian dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 99, 2849-2862 <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9685>
14. Nguyen TT, Bowman PJ, Haile-Mariam M, Pryce JE, Hayes BJ (2016): Genomic selection for tolerance to heat stress in Australian dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 99, 2849-2862 <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9685>
15. Nguyen TT, Bowman PJ, Haile-Mariam M, Nieuwhof GJ, Hayes BJ, Pryce JE (2017): Short communication: Implementation of a breeding value for heat tolerance in Australian dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 100:7362–7367 <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12898>
16. Nguyen TT, Garner JB, Pryce JE (2018): A tool to breed for heat tolerant dairy cattle; In: *Breeding Focus 2018 – Reducing Heat Stress* (edited by: S. Hermes and S. Dominik; published by University of New England, Armidale, Australia), ISBN: 978-1-921597-78-7; 109-118.

17. Ravagnolo O, Misztal I (2000): Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. J. Dairy Sci. 83, 2126-2130.
18. Ravagnolo O, Misztal I (2001): Effect of heat stress on Non-Return rate in Holstein cattle. American Society of Animal Science (ASAS) Symp., Breeding and Genetics, J. Anim. Sci. Vol. 79, Suppl.1, 245 pp.
19. Seath DM (1947): Heritability of heat tolerance in dairy cattle. J. Dairy Sci. 30, 137-144.
20. Zimbleman RB, Rhoads RP, Rhoads ML, Duff GC, Baumgard LH, Collier RJ (2009): A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. In: Tempe AZ. J R. Collier E, editor. Proceedings of the Southwest Nutrition and Management Conference, Arizona. Tucson: The University of Arizona; 2009. pp. 158-168.

### **Anschrift des Autors**

Prof. Dr. habil. Wilfried Brade,

Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo) und Norddeutsches Tierzucht-Beratungsbüro;

Email: wilfried.brade@t-online.de