

Aus dem Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen  
in der Veterinärmedizin  
der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Institut für Tierschutzwissenschaften und Tierhaltung  
(Leiter: Univ.-Prof. Jean-Loup Raul)

**Auswirkungen von Hitzestress auf Physiologie, Verhalten und  
Produktionsleistung der Legehennen und des Mastgeflügels**

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von  
Carina Keckeisen

Wien, im Mai 2020

Betreuer:

Ass.-Prof. Dr.med.vet. Dipl. ECAWBM (AWSEL) Johannes Baumgartner

Institut für Tierschutzwissenschaften und Tierhaltung

Veterinärmedizinische Universität Wien

Gutachter:

Ao. Univ.-Prof. Dr.phil. Günther Schauburger

Abteilung für Physiologie und Biophysik

Veterinärmedizinische Universität Wien

# INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
1.1. Fragestellung	1
1.2. Geflügelproduktion in Österreich	2
2. GRUNDLAGEN DER THERMOREGULATION	3
2.1. Thermoregulatorische Grundbegriffe	3
2.2. Thermoregulatorischer Regelkreis	5
2.3. Thermoregulatorische Mechanismen	6
2.3.1. Konduktion	7
2.3.2. Konvektion	8
2.3.3. Radiation	9
2.3.4. Evaporation	9
2.4. Thermoneutrale Zone	10
2.5. Hitzestress	11
2.6. Stallklima	12
3. MATERIAL UND METHODE	15
3.1. Hypothese	15
3.2. Literatursuche	15
3.3. Vorgehen bei Katalogisierung der Literatur und Analyse von Versuchsdaten sowie Präsentation und Bewertung der Ergebnisse	16
3.4. Hitzestress-Indikatoren	17
3.5. PiPoCool	21
4. ERGEBNISSE	22
4.1. Auswirkungen von Hitzestress auf das Verhalten und die Physiologie	22
4.1.1. Verhalten	22
4.1.2. Körpertemperatur	23
4.1.3. Respiration und Blutgase	25
4.1.4. Hormonhaushalt	27
4.1.5. Mortalität	28
4.2. Auswirkungen von Hitzestress auf die Ernährung und Produktionsleistung der Legehennen	31
4.2.1. Futter- und Wasseraufnahme	31
4.2.2. Eierproduktion	31
4.2.3. Eigewicht	32
4.2.4. Eischalengewicht und Eischalendicke	32

4.3. Auswirkungen von Hitzestress auf die Ernährung und Produktionsleistung der Masthühner	35
5. DISKUSSION	37
5.1. Hitzestress-Indikatoren: Verhalten und Physiologie	37
5.1.1. Verhaltensänderungen	37
5.1.2. Anstieg der Körpertemperatur	38
5.1.3. Erhöhte Atemfrequenz und Veränderung der Blutgase	38
5.1.4. Veränderungen im Hormonhaushalt	38
5.1.5. Erhöhte Mortalität	39
5.2. Hitzestress-Indikatoren: Ernährung und Produktionsleistung	41
5.2.1. Veränderungen in der Futter- und Wasseraufnahme	41
5.2.2. Reduktion der Legeleistung	41
5.2.3. Verluste in der Mastproduktion	42
5.3. Hitzestress und Tierschutz	43
5.3.1. Tierschutzrechtliche Erörterung von Hitzestress	43
5.3.2. Veterinärmedizinischer Standpunkt	53
5.4. Schlussfolgerung	56
6. ZUSAMMENFASSUNG	58
7. SUMMARY	59
8. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	60
9. LITERATURVERZEICHNIS	61
10. ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS	65

## **1. EINLEITUNG**

### **1.1. Fragestellung**

Mit Beginn der Industrialisierung im 19. Jahrhundert stiegen die Emissionen von Treibhausgasen an und veränderten das Klima weltweit. Die anthropogene Erderwärmung wirkte sich in den letzten Jahrzehnten deutlich auf die Natur und den Menschen aus. Es treten global immer häufiger extreme Wettersituationen wie Hitzeperioden auf (APCC 2014). Europa hat seit 2003 mehrere schwerwiegende Hitzewellen in den Sommermonaten verzeichnet. Gleichzeitig nahm die Anzahl kühler Nächte ab. Die Jahre 2014 und 2015 gehören in Europa zu den wärmsten Jahren der Messgeschichte. Dem aktuellsten Bericht der European Environment Agency zufolge ist die durchschnittliche Erdoberflächentemperatur zwischen 2006 und 2015 in Europa seit Mitte des 19. Jahrhunderts um 1,5 °C gestiegen (EEA 2017). Weltweit war die durchschnittliche Erdoberflächentemperatur zwischen 2006 und 2015 ebenso um 0,85 °C höher als noch im 19. Jahrhundert, in Österreich sogar um beinahe 2 °C. Bis 2050 wird eine durchschnittliche Temperatur von 2 °C über dem Temperaturwert vor der Industrialisierung erwartet. Die durchschnittliche Temperatur könnte ohne umfangreiche Maßnahmen bis zum Jahr 2100 sogar um 3-5 °C ansteigen (APCC 2014).

Landwirtschaft und Nutztierhaltung haben in Europa und Österreich einen hohen ökonomischen und kulturellen Stellenwert. Der Klimawandel belastet die Nutztierhaltung einerseits direkt durch den Einfluss der veränderten Umweltbedingungen auf das tierische Wohlbefinden und die Tiergesundheit und andererseits indirekt aufgrund der Auswirkungen auf Pathogene sowie Futterqualität und -quantität (EEA 2017). Sollte es zu einem weiteren Anstieg der Erdoberflächentemperatur kommen, müssten die Haltungsbedingungen in der Geflügelproduktion dieser Herausforderung angepasst werden, um ein akzeptables Maß an tierischem Wohlbefinden weiterhin gewährleisten zu können und Einbußen der Volkswirtschaft Österreichs zu vermeiden. Für die korrekte Einschätzung der thermischen Belastung in den Geflügelbetrieben ist ein umfassendes Wissen über die Auswirkungen erhöhter Umgebungstemperaturen auf Verhalten, Physiologie und Produktionsleistung der Tiere essenziell. Es stellt sich die Frage, ab welcher Temperatur eine adäquate Tierhaltung ohne zusätzliche Maßnahmen nicht mehr gewährleistet werden kann und durch welche

physiologischen und ökonomischen Anzeichen sich eine Hitzebelastung bemerkbar macht. In dieser Diplomarbeit werden Veränderungen in Physiologie, Verhalten und Produktionsleistung von Legehennen und Masthühnern infolge erhöhter Umgebungstemperatur mithilfe einer Literaturrecherche untersucht und dargestellt. Abschließend werden die ermittelten Ergebnisse unter Berücksichtigung von tierschutzrechtlichen Aspekten beurteilt.

## **1.2. Geflügelproduktion in Österreich**

Laut dem aktuellsten „Grünen Bericht“ (2019) wurden 2018 13.141.023 Hühner in Österreich gehalten (BMNT 2019). Seit 1. Jänner 2020 ist die Haltung in ausgestalteten Käfigen laut Bundesgesetz über den Schutz der Tiere (Tierschutzgesetz – TSchG BGBl. I Nr. 118/2004) in Österreich verboten.

In der Legehennenhaltung wird in Österreich zwischen biologischer Haltung, Freilandhaltung und Bodenhaltung unterschieden. Eine Datenrecherche von April 2019 zeigt, dass 960 Legehennenhalter registriert sind, die jeweils mehr als 350 Legehennen halten. Diese stellen ca. 6,3 Millionen Legenennenplätze zur Verfügung.<sup>1</sup> Im Jahr 2018 wurden 11,8 % der Legehennen in biologischer Erzeugung, 22,3 % in Freilandhaltung, 65,0 % in Bodenhaltung und 0,9 % in ausgestalteten Käfigen gehalten. Die österreichische Eierproduktion von Konsum- und Bruteiern lag 2017 bei 120.522 Tonnen bzw. 1,96 Milliarden Stück Eiern. Es wurde ein Pro-Kopf-Verbrauch von 239 Stück Eiern bzw. 14,7 kg pro Jahr verzeichnet (BMNT 2019).

In der Geflügelmast wird zwischen der klassischen Bodenhaltung und der biologischen Mastgeflügelhaltung unterschieden. Laut der Datenrecherche von April 2019, waren zu diesem Zeitpunkt 605 Masthühnerbetriebe und neun Schlacht- und Zerlegebetriebe in Österreich registriert. Ungefähr 11,7 Millionen Masthühnerplätze wurden hierbei verzeichnet.<sup>2</sup> Im Jahr 2018 wurden in Österreich 85,7 Millionen Masthühner geschlachtet, was einem Anstieg von 2,2 % gegenüber dem Vorjahr entspricht. Der Fleischanfall 2018 betrug 109.587 Tonnen, 1,12 % mehr als 2017. Der Pro-Kopf-Verbrauch in Österreich verringerte sich im Vergleich zum Vorjahr geringgradig auf 21,2 kg (BMNT 2019).

---

<sup>1</sup> <https://www.nutztier.at/daten/> (Zugriff: 08.04.2020)

<sup>2</sup> <https://www.nutztier.at/daten/> (Zugriff: 08.04.2020)

## 2. GRUNDLAGEN DER THERMOREGULATION

Die in dieser Arbeit erörterten Auswirkungen von Hitzestress auf Masthühner und Legehennen lassen sich auf den direkten Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Körpertemperatur der Tiere zurückführen. Hierbei wird Hitzestress definiert als eine durch erhöhte Umgebungstemperatur bedingte Belastung des tierischen Organismus, die sich negativ auf bestimmte Lebensvorgänge der Tiere auswirkt.<sup>3</sup> Um den Einfluss von Hitzestress besser verstehen zu können, müssen zuvor Grundbegriffe erklärt und physiologische Vorgänge veranschaulicht werden.

### 2.1. Thermoregulatorische Grundbegriffe

Als Körpertemperatur wird der innere Wärmegrad oder auch die Kerntemperatur eines Tieres bezeichnet (Mehner und Hartfiel 1983). Tiere lassen sich im Hinblick auf ihre thermoregulatorischen Fähigkeiten als poikilotherm oder homoiotherm einordnen (Eckert et al. 1993). Die Körpertemperatur poikilothermer Tiere und deren Stoffwechselrate schwanken mit der Umgebungstemperatur. Homoiotherme Tiere hingegen müssen zusätzliche Stoffwechsellenergie aufbringen, um ihre Körpertemperatur trotz schwankender Umgebungstemperatur konstant halten zu können (Von Engelhardt 2010).

Des Weiteren kann man nach der Herkunft der Wärmequelle zwischen endo- und ektothermen Tieren unterscheiden (Eckert et al. 1993). Endotherme Tiere produzieren die Wärme ihres Körpers endogen. Im Gegensatz zu ektothermen Tieren, die auf eine Energiezufuhr von außen angewiesen sind (Heldmaier et al. 2013, Von Engelhardt 2010). Vögel sind homoiotherme Endotherme, da sie durch eigene Wärmeproduktion und Wärmeabgabe ihre Körpertemperatur innerhalb enger Grenzen konstant halten können (Eckert et al. 1993, Mehner und Hartfiel 1983).

Die Körpertemperatur der Tiere im Ruhezustand wird als normotherm oder eutherm bezeichnet (Von Engelhardt 2010). Als hypertherm und hypotherm wird die Körpertemperatur definiert, wenn sie den Wert im Zustand der Ruhe über- oder unterschreitet (Heldmaier et al. 2013, Von Engelhardt 2010). Wie in Tabelle (Tab.) 1 veranschaulicht, werden in der Literatur unterschiedliche Werte als Normbereich der Körpertemperatur beim Haushuhn angegeben.

---

<sup>3</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/service/glossar/h> (Zugriff: 08.04.2020)

*Tab. 1. Normbereich der Körpertemperatur in °C beim Haushuhn.*

<b>Quelle</b>	<b>Körpertemperatur</b>
Hafez 1968	41,2-42,2 °C
Heldmaier et al. 2013	39,0-40,0 °C
Mehner und Hartfiel 1983	40,0 °C
Paul 2001	39,0-40,0 °C
Penzlin 2005	37,5-40,5 °C
Schmidt-Nielsen 1999	39,0-40,0 °C
Sjaastad et al. 2010	40,5-42,0 °C
Von Engelhardt 2010	40,0-42,0 °C
Whittow 2000	41,5 °C

Die optimale Körpertemperatur von Legehennenküken liegt bei 40,0-41,0 °C<sup>4</sup> und von Mastküken bei 39,4-40,5 °C<sup>5</sup>. Während der ersten Tage nach dem Schlüpfen sind die Küken nur beschränkt in der Lage ihre Körpertemperatur selbst zu regulieren und sind somit darauf angewiesen, dass die Umgebungstemperatur in einem engen Bereich liegt, um ihre Körpertemperatur konstant zu halten.<sup>6</sup>

Wie bereits erwähnt, bezeichnet Hypo- und Hyperthermie die Unter- bzw. Überschreitung der normalen Körpertemperatur im Ruhezustand (Heldmaier et al. 2013, Von Engelhardt 2010). Hypo- und Hyperthermie sind somit gekennzeichnet durch ein Missverhältnis zwischen Wärmeproduktion und Wärmeabgabe (Sjaastad et al. 2010, Von Engelhardt 2010). Die Tab. 2 gibt die untere (Lower Lethal Temperature, LLT) und obere (Upper Lethal Temperature, ULT) Körpertemperatur an, bei der das Geflügel an Hypo- oder Hyperthermie stirbt.

<sup>4</sup> <https://www.ltz.de/de-wAssets/docs/management-guides/en/Cage/Brown/LTZ-Management-Guide-LB-Classic-EN.pdf> (Zugriff: 14.03.2020)

<sup>5</sup> [http://eu.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_Broiler/Ross-BroilerHandbook2018-EN.pdf](http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-BroilerHandbook2018-EN.pdf) (Zugriff: 14.03.2020)

<sup>6</sup> [https://www.ltz.de/de-wAssets/docs/management-guides/de/Legehennen/Alternativ/LTZ\\_MG-AlternHaltung\\_DE.pdf](https://www.ltz.de/de-wAssets/docs/management-guides/de/Legehennen/Alternativ/LTZ_MG-AlternHaltung_DE.pdf) (Zugriff: 14.03.2020)

**Tab. 2.** Untere (Lower Lethal Temperature, LLT) und obere (Upper Lethal Temperature, ULT) Körpertemperatur in °C, bei der das Geflügel an Hypo- oder Hyperthermie stirbt.

Quelle	LLT	ULT
Hafez 1968	21,0-23,0 °C	47,0 °C
Heldmaier et al. 2013	k. A.	45,0 °C
Mehner und Hartfiel 1983	20,7-23,4 °C	46,0-47,8 °C
Schmidt-Nielsen 1999	k. A.	46,0 °C
Sjaastad et al. 2010	k. A.	44,0-45,0 °C
Whittow 2000	k. A.	46,0-47,0 °C

## 2.2. Thermoregulatorischer Regelkreis

Das Ziel der Thermoregulation ist es, die Körpertemperatur durch die Regulation von Wärmeproduktion und Wärmeabgabe in engen Grenzen konstant zu halten. Als Regler dienen die im vorderen Hypothalamus gelegenen thermoregulatorischen Zentren, die ein Gleichgewicht zwischen Wärmeproduktion und Wärmeabgabe aufrechterhalten. Hierfür wird der Zustand des Körperkerns und der Körperschale von Sensoren gemessen und als Istwert an die Regelzentren weitergeleitet. Der Istwert wird mit dem Sollwert, der die Kerntemperatur bei Gleichgewicht von Wärmeabgabe und Wärmeproduktion darstellt, verglichen. Eine eventuelle Differenz wird als Steuersignal an die Effektoren weitergegeben. Daraufhin werden, je nach Regelabweichung, Mechanismen der Wärmeabgabe oder der Wärmeproduktion forciert, wodurch es zu einer Verringerung oder Erhöhung der Temperatur im geregelten System kommt. Beispiele hierfür sind das Hecheln für eine vermehrte Wärmeabgabe und das Kältezittern für eine aktive Wärmeproduktion (Penzlin 2005, Von Engelhardt 2010). Diese Regulation wird als „thermoregulatorischer Regelkreis“ bezeichnet und in Abbildung (Abb.) 1 dargestellt.

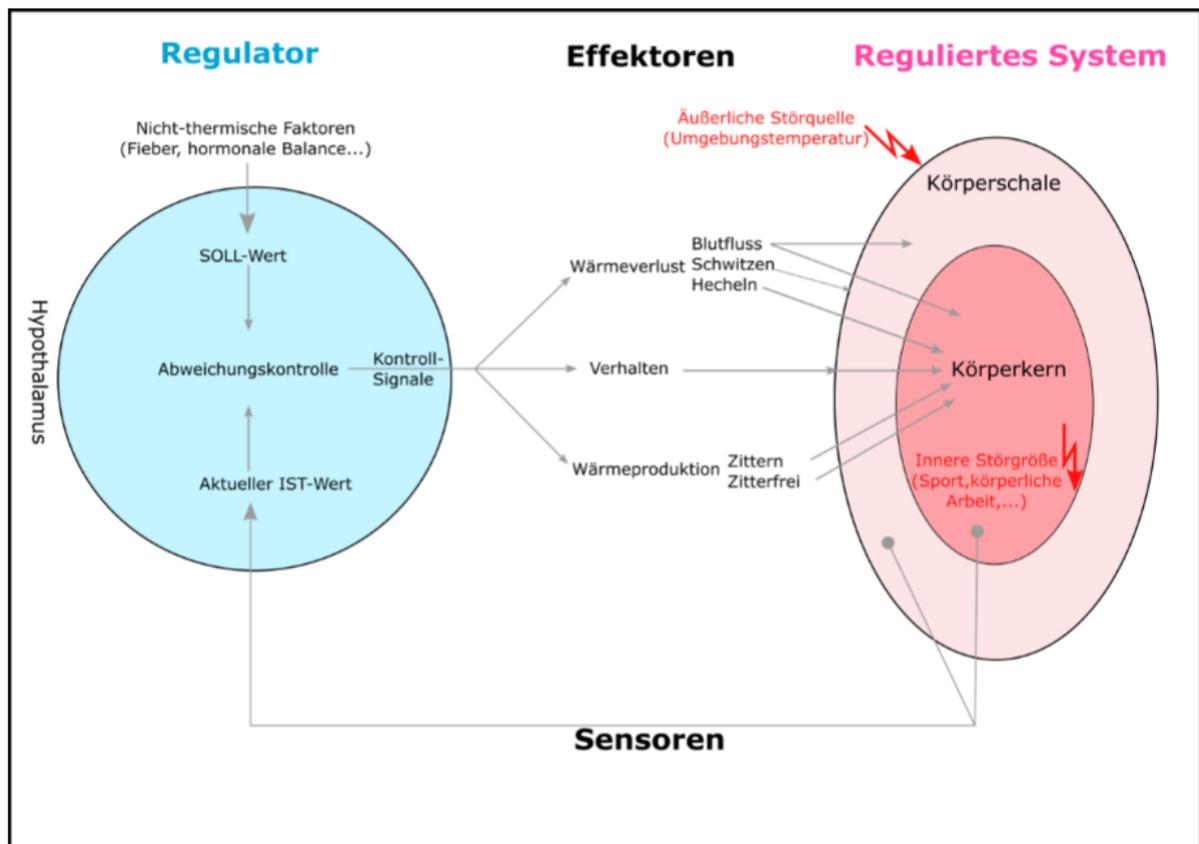


Abb. 1. Thermoregulatorischer Regelkreis (Von Engelhardt 2010, modifiziert von Hennig 2019).

### 2.3. Thermoregulatorische Mechanismen

Grundsätzlich gibt es vier Mechanismen (siehe Abb. 2) für den Wärmeaustausch eines Lebewesens mit seiner Umgebung, bei denen Wärmeenergie zwischen einem Körper und einem Medium ausgetauscht werden kann: Konduktion, Konvektion, Radiation und Evaporation (Guyton und Hall 2006, Sjaastad et al. 2010, Von Engelhardt 2010). Bei diesen thermoregulatorischen Mechanismen erfolgt der Wärmetransport stets über die Körperoberfläche bzw. über die Haut (Guyton und Hall 2006, Sjaastad et al. 2010). Bei Konduktion, Konvektion und Radiation folgt der Wärmetransport dem Temperaturgradienten entlang (Sjaastad et al. 2010), bei der Evaporation entsprechend dem Gradienten des Dampfdrucks. Welche physikalischen Prinzipien beim Wärmeaustausch für die jeweilige Spezies am bedeutsamsten sind, hängt nicht nur von der Anatomie der Art ab, wie z.B. dem Besitz von Gefieder, Fell oder Schweißdrüsen, sondern auch von anderen Faktoren, wie dem Verhalten oder dem Habitat der Tiere (Sjaastad et al. 2010).

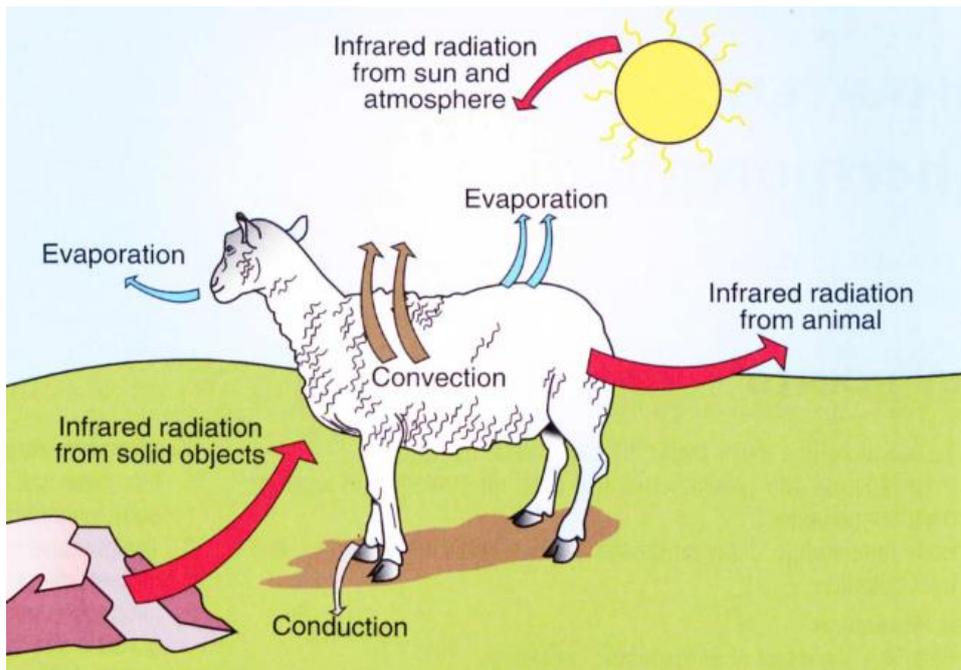


Abb. 2. Grafische Darstellung der vier grundlegenden physikalischen Prinzipien des Wärmeaustausches (Klein 2012).

### 2.3.1. Konduktion

Bei der Konduktion wird Wärme zwischen Objekten oder Körper mit unterschiedlicher Temperatur ausgetauscht, die in direktem physikalischen Kontakt zu einander stehen. Hierbei fließt Energie in Form von Wärme über die Kontaktfläche vom Körper mit der höheren Temperatur zum Körper mit der niedrigeren Temperatur, und zwar solange, bis ein Temperaturnausgleich erfolgt ist (Sjaastad et al. 2010, Von Engelhardt 2010).

Man spricht hierbei auch von Wärmediffusion. Dabei ist die Konduktion umso effektiver, je höher der Temperaturunterschied der Medien, je höher die Wärmeleitfähigkeit der Medien und je größer die Kontaktfläche ist sowie je enger der Kontakt zwischen den Körpern ist (Aggarwal und Upadhyay 2013, Von Engelhardt 2010). Der Begriff Wärmeleitfähigkeit gibt an wie leicht Wärme zwischen den Molekülen und Ionen von Medien geleitet wird. So haben Luft und Gasgemische eine schwache thermale Leitfähigkeit und sind daher gute Isolatoren, im Gegensatz zu Flüssigkeiten wie Blut und Wasser, die eine hohe Wärmeleitfähigkeit besitzen (Sjaastad et al. 2010). Durch Konduktion können die Tiere Wärme verlieren, indem ihre Körperoberfläche direkten Kontakt zu Böden, Wänden oder anderen Strukturen hat. Stalleinstreu wie Sägespäne oder Stroh bietet im trockenen Zustand eine starke Isolierung, diese

wird jedoch bei Nässe vermindert, da Wasser eine höhere Wärmeleitfähigkeit als Luft hat (Sjaastad et al. 2010). Somit hat die Wahl der Materialien für den Stallbau aufgrund deren Wärmeleitfähigkeit Einfluss auf die Konduktion.

### **2.3.2. Konvektion**

Ein weiterer Mechanismus, um Wärme zu transportieren, ist die Konvektion. Hierbei erfolgt der Wärmetransport mithilfe eines bewegten Mediums, wie zum Beispiel Wasser, Luft oder Blut (Sjaastad et al. 2010, Von Engelhardt 2010). Dieser Wärmetransport geschieht, wie bei der Konduktion, in Richtung des kühleren Objektes (Hafez 1968). Die Effektivität des Mechanismus hängt hierbei von der Differenz des Temperaturgradienten zweier Körper, der Strömungsgeschwindigkeit und der Wärmekapazität des zu transportierenden Mediums ab (Von Engelhardt 2010). Wobei umso mehr Wärme transportiert wird je größer der Temperaturunterschied ist (Klein 2012). Die im Körper gebildete Wärme wird durch Konvektion im Körper verteilt und so zur Haut transportiert (Von Engelhardt 2010). Bei Kontakt der Haut mit der sie umgebenden kühleren Luft wird diese durch Konduktion erwärmt (Guyton und Hall 2006, Klein 2012, Sjaastad et al. 2010). Die erwärmte Luft steigt daraufhin auf und wird von kühlerer Luft ersetzt (Klein 2012, Sjaastad et al. 2010, Von Engelhardt 2010), was als freie Konvektion bezeichnet wird. Sie lässt sich von der erzwungenen Konvektion unterscheiden, bei der kühle Luft über die Körperoberfläche, aufgrund von Wind, der Lüftungstechnischen Anlage oder Bewegung des Tieres, bewegt wird (Klein 2012, Sjaastad et al. 2010). Die erzwungene Konvektion ist effektiver als die freie Konvektion, da der Temperaturgradient stets aufrechterhalten wird (Klein 2012). Mit zunehmendem Wind nimmt dabei auch der konvektive Wärmetransport zu (Guyton und Hall 2006, Von Engelhardt 2010). Durch bewegte Luft kann daher die erwärmte Luft innerhalb des Gefieders schneller ausgetauscht werden als bei Windstille (Sjaastad et al. 2010). Da freie Konvektion für den Wärmeaustausch bei Tieren mit Federn weniger effektiv als die erzwungene Konvektion ist, ist der Wärmetransport durch erzwungene Konvektion somit von größerer Bedeutung (Sjaastad et al. 2010). Die erzwungene Konvektion kann durch den Einsatz von Ventilatoren unterstützt werden und sollte daher beim Stallbau berücksichtigt werden.

### 2.3.3. Radiation

Unter Radiation versteht man einen Wärmetransport in Form von elektromagnetischen Wellen im Infrarotbereich. Jedes Objekt dessen Oberflächentemperatur über dem absoluten Nullpunkt ( $-273,15^{\circ}\text{C}$ ) liegt, emittiert elektromagnetische Strahlung (Sjaastad et al. 2010). Es wird umso mehr und kurzwelligere Infrarotstrahlung emittiert, je wärmer ein Körper ist (Klein 2012, Von Engelhardt 2010). Wenn diese Emissionen auf einen anderen Körper treffen, werden einige davon absorbiert und transportieren dadurch Wärme (Klein 2012). Wärmeverlust via Radiation erfolgt auch dann, wenn das Tier von einem thermisch neutralen oder wärmeren Medium umgeben wird (Klein 2012). Daher kann das Tier Wärme an nicht isolierte Wände abgeben, auch wenn die das Tier umgebende Luft wärmer als dessen Oberfläche ist (Klein 2012). Bei Konduktion, Konvektion und Radiation ist das Ausmaß der Wärmeabgabe proportional zur Körperoberfläche und zur Temperaturdifferenz zwischen Körperoberfläche und Umgebung (Von Engelhardt 2010). Aufgrund des Stefan-Boltzmann-Gesetzes ergibt sich der Gradient aus Temperatur zur vierten Potenz ( $T^4$ ).

### 2.3.4. Evaporation

Während Konduktion, Konvektion und Radiation Möglichkeiten der trockenen Wärmeabgabe sind, stellt die Evaporation eine feuchte, kontinuierliche Wärmeabgabe durch die Verdunstung von Wasser über Hautoberfläche, Speichel oder über die Atemwege dar (Klein 2012, Sjaastad et al. 2010, Von Engelhardt 2010). Im Gegensatz zu den anderen Formen der Wärmeabgabe geschieht dies selbst dann, wenn die Umgebungstemperatur über der eigenen Körpertemperatur liegt und ist somit der einzige Weg Wärme entgegen des Temperaturgradienten zu transportieren (Klein 2012, Guyton und Hall 2006). Wieviel Verdunstungswärme entzogen wird, hängt von der Differenz der Wasserdampf Partialdrücke auf der Haut und in der Luft ab und ist zudem geringer bei ruhender Luft als bei steigender Windgeschwindigkeit (Von Engelhardt 2010). So ist bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit (Hafez 1968) und schlecht belüfteten Ställen der Wärmetransfer durch Evaporation weniger effektiv (Von Engelhardt 2010). Bei Hühnern, die aufgrund fehlender Schweißdrüsen nicht schwitzen können und deren Körperoberfläche mit Gefieder bedeckt ist, geschieht kühlende Evaporation hauptsächlich durch Hecheln (Guyton und Hall 2006). Durch die beim Hecheln schnelle und flache Atmung steigt die Menge an frischer Atemluft auf, die in Kontakt mit den Schleimhäuten des oberen

Atmungsstraktes und der Zunge kommt (Klein 2012, Guyton und Hall 2006). Somit kann mehr Feuchtigkeit verdunstet werden und damit mehr Energie an die Umgebung abgegeben werden.

#### 2.4. Thermoneutrale Zone

Innerhalb der thermoneutralen Zone (TNZ) können endotherme Tiere ihre Körpertemperatur mit geringstem Aufwand, wie z.B. durch geringfügige Verhaltensänderungen, konstant halten, ohne zusätzlich Energie aufwenden zu müssen (Aggarwal und Upadhyay 2013, Sjaastad et al. 2010). Wärmeabgabe und Wärmeproduktion können im Bereich der TNZ (Abb. 3) durch normales Verhalten kontrolliert werden und somit die Konstanz der Körpertemperatur aufrechterhalten.<sup>7</sup>

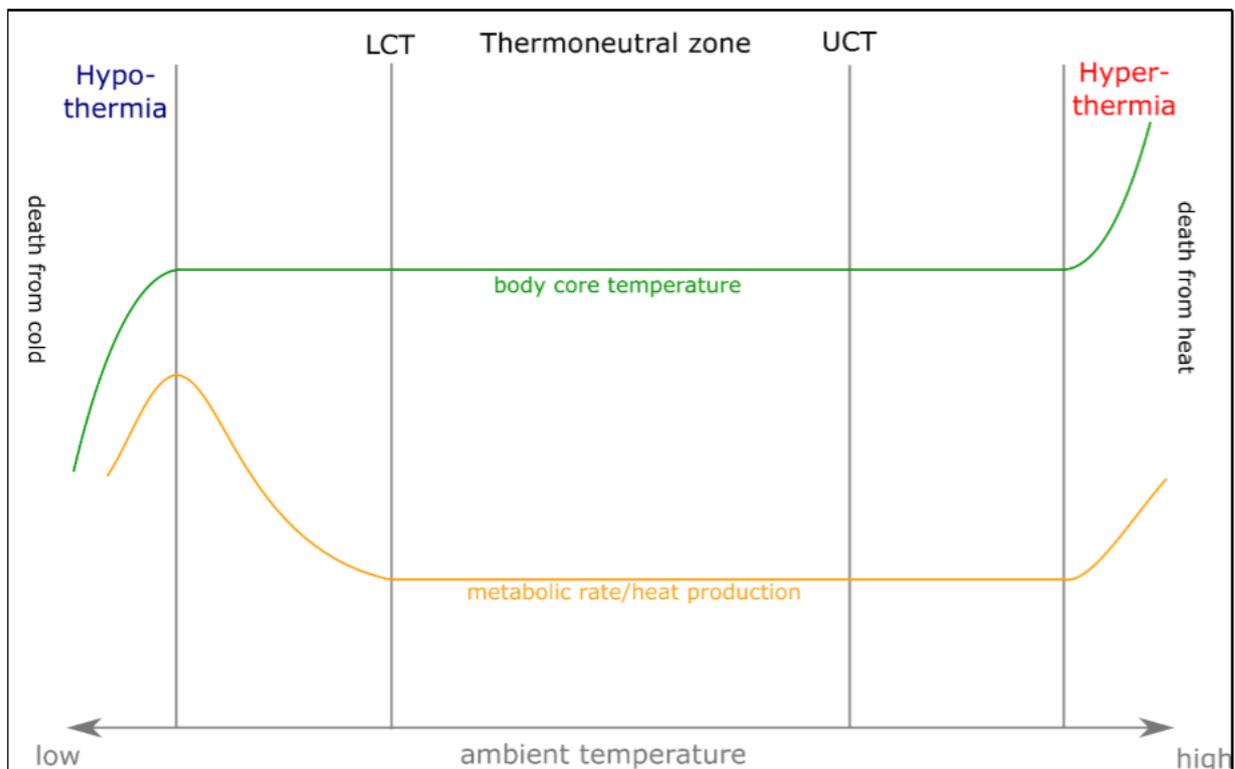


Abb. 3. Thermoneutralzonenkonzept stark vereinfacht (Silanikove 2000, modifiziert von Hennig 2019).

Eingegrenzt wird die TNZ von der unteren (Lower Critical Temperature, LCT) und der oberen (Upper Critical Temperature, UCT) kritischen Grenze der Umgebungstemperatur (Silanikove

<sup>7</sup>

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/69373/pb10543-heat-stress-050330.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69373/pb10543-heat-stress-050330.pdf) (Zugriff: 14.03.2020)

2000). Diese Spanne wird von verschiedenen Faktoren wie Spezies, Rasse, Alter, Verhalten oder Habitat der Tiere beeinflusst (Aggarwal und Upadhyay 2013). Die TNZ adulter Haushühner liegt laut Mehner und Hartfiel (1983) im Bereich zwischen 23°C und 32°C. Außerhalb der TNZ muss zur Konstanthaltung der Körpertemperatur und Vermeidung von Hypo- und Hyperthermie vermehrt Energie für thermoregulatorische Anpassungsmechanismen aufgewendet werden (Mehner und Hartfiel 1983).

## 2.5. Hitzestress

Bei Anstieg der Umgebungstemperatur und Überschreiten der UCT muss für die Aktivierung der thermoregulatorischen Mechanismen, wie z.B. für eine erhöhte Respirationsrate, Energie aufgewendet werden. Dies führt zu einem erhöhten Stresslevel der Tiere. Sobald Wärme durch diese Mechanismen nicht mehr abgegeben werden kann, können die Tiere ihre Körpertemperatur nicht mehr kontrollieren (siehe Abb. 4).<sup>8</sup>

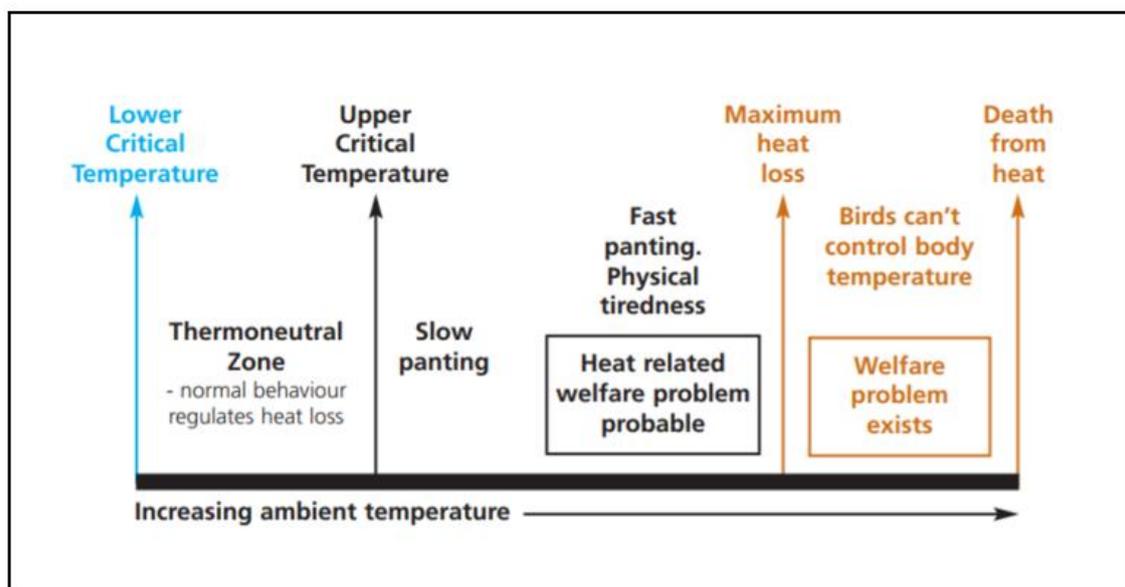


Abb. 4. Schematische Darstellung der Thermoneutralen Zone, ihrer Grenzen und den Folgen erhöhter Umgebungstemperatur.<sup>9</sup>

<sup>8</sup>

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/69373/pb10543-heat-stress-050330.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69373/pb10543-heat-stress-050330.pdf) (Zugriff: 14.03.2020)

<sup>9</sup>

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/69373/pb10543-heat-stress-050330.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69373/pb10543-heat-stress-050330.pdf) (Zugriff: 14.03.2020)

Ist dieser Zustand von längerer Dauer, kann er einen lebensbedrohlichen Hitzeschlag verursachen (Von Engelhardt 2010). Ein Hitzeschlag kann zu Symptomen wie Krämpfen, unkoordinierten Bewegungen, Tachykardie oder Bewusstseinsverlust führen (Gregory 2004, Guyton und Hall 2006, Sjaastad et al. 2010). Bei langanhaltendem Hitzestress können irreversible Hirnschäden auftreten und daraus resultierend den Tod der Tiere herbeiführen (Sjaastad et al. 2010). Oftmals kommt es während dem Transport zum Schlachthof aufgrund eines schwerwiegenden Hitzestresses zu Hitzeschlag und Tod. Neben hohen Umgebungstemperaturen spielen auch Faktoren wie hohe Besatzdichten, reduzierter Wasserzugang und unzureichende Ventilation während des Transportes eine wichtige Rolle (Sjaastad et al. 2010). Hitzestress als direkte Folge erhöhter Umgebungstemperaturen hat somit nicht nur negative Auswirkungen auf das tierische Wohlbefinden, sondern stellt auch eine ernstzunehmende Gefahr für das Leben der Tiere dar.<sup>10</sup>

## 2.6. Stallklima

Die empfohlene Umgebungstemperatur für Legehennen während der Aufzucht liegt für die ersten 48 Stunden bei 35-36° C, wobei die relative Luftfeuchtigkeit mindestens 60 % betragen sollte. Nach diesem Zeitraum muss die Umgebungstemperatur stufenweise gesenkt werden. Die Tab. 3 gibt die empfohlene Stalltemperatur für Tiere der Herkunft Lohmann Tierzucht GmbH für das entsprechende Alter bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60-70 % im Stall an.<sup>11</sup> Laut DIN 18910-1 soll für Legehennen ab der achten Lebenswoche eine allmählich abnehmende Stalltemperatur von 22 auf 15 °C erzielt werden.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup>

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/69373/pb10543-heat-stress-050330.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69373/pb10543-heat-stress-050330.pdf) (Zugriff: 14.03.2020)

<sup>11</sup> [http://www.ltz.de/en/e-guide/new\\_e-guide/HTML/12/](http://www.ltz.de/en/e-guide/new_e-guide/HTML/12/) (Zugriff: 01.03.2020)

<sup>12</sup> <https://www.laves.niedersachsen.de/live/search.php> (Zugriff: 22.03.2020)

*Tab. 3. Empfohlene Stalltemperatur bei entsprechendem Alter für Legehennenküken der Herkunft Lohmann Tierzucht GmbH.<sup>13</sup>*

<b>Lebensdauer</b>	<b>Umgebungstemperatur</b>
1.-2. Tag	35,0-36,0 °C
3.-4. Tag	33,0-34,0 °C
5.-7. Tag	31,0-32,0 °C
2. Woche	28,0-29,0 °C
3. Woche	26,0-27,0 °C
4. Woche	22,0-24,0 °C
Ab 5. Woche	18,0-20,0 °C

Bei den Mastküken soll die optimale Körpertemperatur ebenso durch Gewährleistung optimaler Umgebungstemperatur während der Aufzucht erreicht werden. Küken im Alter von einem Tag sollten bei einer 60-70 %igen relativen Luftfeuchtigkeit aufgezogen werden. Ab dem vierten Lebenstag sollte eine relative Luftfeuchtigkeit von 50 % gewährleistet sein. Das allmähliche Absenken der Temperatur ist wie bei Legehennenküken angebracht. Nähere Details werden in Tab. 4. angeführt. Ab einem Alter von 27 Lebenstagen sollte eine Umgebungstemperatur von 20 °C bis zur Schlachtung im durchschnittlichen Alter von 31-40 Tagen aufrechterhalten werden.<sup>14</sup> Nach DIN 18910-1 soll für Küken und Mastgeflügel nach dem Schlüpfen bis zur achten Lebenswoche eine allmählich abnehmende Stalltemperatur von 34 auf 21 °C (ohne Zonenheizung) erreicht werden.<sup>15</sup>

<sup>13</sup> [http://www.ltz.de/en/e-guide/new\\_e-guide/HTML/12/](http://www.ltz.de/en/e-guide/new_e-guide/HTML/12/) (Zugriff: 01.03.2020)

<sup>14</sup> [http://eu.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_Broiler/Ross-BroilerHandbook2018-EN.pdf](http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-BroilerHandbook2018-EN.pdf) (Zugriff: 22.03.2020)

<sup>15</sup> <https://www.laves.niedersachsen.de/live/search.php> (Zugriff: 22.02.2020)

*Tab. 4. Empfohlene Stalltemperatur für Mastküken der Herkunft Ross Broiler während der Aufzucht.<sup>16</sup>*

<b>Lebensdauer</b>	<b>Umgebungstemperatur</b>
1. Tag	30,0 °C
3. Tag	28,0 °C
6. Tag	27,0 °C
9. Tag	26,0 °C
12. Tag	25,0 °C
15. Tag	24,0 °C
18. Tag	23,0 °C
21. Tag	22,0 °C
24. Tag	21,0 °C
Ab dem 27. Tag	20,0 °C

In Österreich wird Geflügel hauptsächlich in geschlossenen Stallungen mit hoher Besatzdichte, die mit einer mechanischen Lüftungsanlage ausgestattet sind, gehalten (Schauberger et al. 2019). Die Mindestanforderungen für die Haltung von Hausgeflügel in Österreich auf Grundlage der Vorgaben des österreichischen Tierschutzgesetzes (BGBl. I Nr. 118/2004) und der 1. Tierhaltungsverordnung (BGBl. II Nr. 485/2004 idF BGBl. II Nr. 151/2017) sind hierbei einzuhalten (siehe Kapitel 5.3.1). Checklisten und Handbücher, welche die Inhalte der genannten Vorgaben textlich vereinfacht abdecken, stehen im Internet zur Verfügung.<sup>17</sup> Die Stalltemperatur sollte während des gesamten Jahres den Vorgaben der Managementempfehlungen entsprechen (Dörflinger und Eder 2018).

<sup>16</sup> [http://eu.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_Broiler/Ross-BroilerHandbook2018-EN.pdf](http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-BroilerHandbook2018-EN.pdf) (Zugriff: 22.03.2020)

<sup>17</sup> <https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/tiere/publikationen/gefluegel.html> (Zugriff: 19.03.2020)

### 3. MATERIAL UND METHODE

#### 3.1. Hypothese

Aufgrund des Klimawandels stieg die durchschnittliche Erdoberflächentemperatur in den letzten Jahren zunehmend an und v.a. im Sommer kam es zu immer stärkeren und länger andauernden Hitzeperioden. Somit stieg auch die Umgebungstemperatur in Haltungssystemen der Geflügelproduktion vermehrt an. Diese Wärmebelastung führt zu Verhaltensänderungen und hat einen negativen Einfluss auf Physiologie und Produktionsleistung der Masthühner und der Legehennen. Um die Belastung richtig einschätzen zu können, müssen zuvor Indikatoren bestimmt werden, anhand derer der Hitzestress beim Geflügel erfasst werden kann.

#### 3.2. Literatursuche

Zur Quellen- bzw. Literatursuche wurde der Bibliotheksbestand der Veterinärmedizinischen Universität Wien (VUW) sowie auch wissenschaftliche Datenbanken und Suchmaschinen wie Scopus, vetmed:seeker oder GoogleScholar verwendet. Für die Recherche wurde sowohl nach deutschsprachiger als auch nach englischsprachiger Literatur gesucht. Darüber hinaus wurden Fachbücher und Publikationen herangezogen, die sich mit Thermoregulation, Physiologie von Vögeln, Haltungssystemen von Mastgeflügel und Legehennen und den Einflüssen von Hitzestress auf das Wohlbefinden der Tiere befassen. Des Weiteren wurden Artikel mit Hilfe des Quellenverzeichnisses bereits gefundener Studien recherchiert.

Mithilfe folgender Begriffe wurde nach Literatur in Suchmaschinen und Datenbanken gesucht:

*heat stress, response, bird(s), poultry, poultry production, layer(s), broiler(s), feed intake, water consumption, production performance, body weight gain, body weight, growth, laying performance, egg weight, eggshell weight, eggshell thickness, egg quality, behavior, body temperature, immune response, mortality, blood parameters, heat shock, hyperthermia, thermally stressed, environmental temperature, thermoregulation, conduction, convection, evaporation, radiation, air velocity, heat production, thermoneutral zone, panting, production performance, animal welfare, climate change*

*Hitzestress, Umgebungstemperatur, Vogel, Geflügel, Produktionsleistung, Mastgeflügel, Legehennen, Legeleistung, Mastleistung, Futteraufnahme, Gewichtszunahme, Immunantwort, Mortalität, Thermoregulation, thermoregulatorischer Regelkreis, thermoneutrale Zone thermoregulatorische Mechanismen, Konduktion, Konvektion, Radiation, Evaporation, Wärmeabgabe, Wärmeproduktion, Körpertemperatur, Hyperthermie, Tierschutz, österreichisches Tierschutzgesetz, tierisches Wohlbefinden, Schmerzen, Leiden, Grüner Bericht, Klimawandel, anthropogene Erderwärmung*

### **3.3. Vorgehen bei Katalogisierung der Literatur und Analyse von Versuchsdaten sowie Präsentation und Bewertung der Ergebnisse**

Im Anschluss an die Literatursuche wurden die gefunden Quellen bzw. Veröffentlichungen gesichtet und Themenordner für folgende Kategorien erstellt:

- Verhaltensänderungen und physiologische Anpassungen
- Auswirkungen auf die Produktionsleistung von Masthühnern
- Auswirkungen auf die Produktionsleistung von Legehennen

Ziel hierbei war es, die für die Fragestellung relevanten Publikationen zu katalogisieren, um deren Ergebnisse effizienter vergleichen zu können. Aufgrund von tlw. schlecht dokumentierten Untersuchungsergebnissen bzw. Versuchsmethoden wurde nicht jede gesichtete Publikation herangezogen. Für die Recherche wurden Studien ab 1968 berücksichtigt, wobei der Großteil der Studien nach 2000 publiziert wurde.

Anschließend wurden Tabellen für diese Kategorien erstellt, die Titel, Autor(en), Alters- und Gewichtsgruppen sowie Anzahl der Versuchstiere (=N), Temperaturbereich und weitere Angaben der festgelegten Haltungs- bzw. Versuchsbedingungen und Ergebnisse der Studien stichpunktartig festhalten. Hiermit war es möglich, die Quintessenz der Publikationen überschaubar herausarbeiten zu können.

Obwohl Hitzestress nicht nur von der Umgebungstemperatur abhängt, sondern durch das Zusammenwirken von Faktoren wie Temperatur, relativer Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit ausgelöst wird (Hafez 1968), verwenden die meisten experimentellen Studien zu diesem Thema nur die Umgebungstemperatur als Parameter. Einige wenige Studien

beziehen zwar auch die relative Luftfeuchtigkeit als Faktor mit ein, die Luftgeschwindigkeit wird jedoch nicht als Versuchsparameter berücksichtigt.

Die Tab. 5 zeigt zum Verständnis einen Eintrag der Kategorie „Auswirkungen auf die Produktionsleistung von Legehennen“.

**Tab. 5.** Beispiel eines Eintrages der Kategorie „Auswirkungen auf die Produktionsleistung von Legehennen“.

Titel	Autoren	Alters-/Gewichtsgruppe	N=	Temperatur	Haltungsbedingung	Versuchsbedingung	Ergebnisse
LACK OF RESPONSE OF LAYING HENS TO RELATIVE HUMIDITY AT HIGH AMBIENT TEMPERATURE (2000)	Yahav S., Shinder D., Razpakovski V., Rusal M., Bar A.	1 Tag-12 Wochen Trial 1: 8-10 Mo (26-35wks) Trial 2: 16-18Mo (70-79wks)	240 Tiere (White Lohmann) 120 junge 120 ältere	25±1 °C-35±1 °C	1 Tag-12 Wochen: 4 Klimakammern 24 Tiere je Kammer Wasser/Futter ad libitum	<b>Start Trial 1 und 2:</b> 96 aus 120 Tiere sortiert in 4 Klimakammern mit ähnlichen EW EP und ST → 25±1°C und 50±2,5% reLF für 3 Wochen dann innerhalb einer Woche auf 1 von 4 Treatments → Trial Start nach 4 Wochen (Trial 5 Wochen lang)  G1: 35±1°C und 40% - 45% reLF G2: 35±1°C und 50% - 55% reLF G3: 35±1°C und 60% - 65% reLF G4: 35±1°C und 70% - 75% reLF  Trial 1: Alter 8 bis 10 Monate Trial 2: 16-18 Monate  BW nach 25°C Anpassung und 35°C Challenge gemessen  Futtermittelverbrauch wöchentlich gemessen  Wasseraufnahme bei 8 Hennen je Gruppe dokumentiert  Eiproduktion während Challenge dokumentiert → Eier eingesammelt 4 Tage vor Anpassung, 4 Tage nach Anpassung und die letzten 4 Tage von Challenge  Breakage: alle zerbrochenen, gesprungenen und schalenlose Eier	<b>BW :</b> Junge Hennen reduziert, → signifikant bei 60 und 70%reLF Alte Hennen: signifikant bei 70%reLF und sonst ggr. reduziert  <b>Futtermittelaufnahme:</b> Junge Hennen signifikant reduziert Alte Hennen: reduziert, bei 60%reLF nicht  <b>Wasseraufnahme</b> immer gesteigert  <b>Eiproduktion:</b> Bei älteren Hennen bei 60%  <b>EW, SW, ST:</b> reduziert  <b>Breakage:</b> erhöht  → signifikante Veränderungen untersuchter Indikatoren aufgrund erhöhter Versuchstemperatur

### 3.4. Hitzestress-Indikatoren

Nach Sichtung der Literatur und Katalogisierung sowie Analyse der ausgewählten Publikationen wurden die wiederholt erfassten Veränderungen in Verhalten, Physiologie und Produktionsleistung als Hitzestress-Indikatoren definiert. Die Hitzestress-Indikatoren sind Parameter, durch die der Zustand Hitzestress erhoben werden kann. Bestimmte Verhaltensänderungen, wie z.B. das Abspreizen der Flügel, können als Indikatoren für beginnenden Hitzestress festgelegt werden. Durch das Erfassen physisch messbarer Indikatoren wie die Respirationsrate oder die Körpertemperatur kann nachgewiesen werden, ab welchem Grenzwert sich die Wärmebelastung negativ auf das Wohl der Tiere und auf die Produktionsleistung auswirkt. In Tab. 6 sind die in dieser Arbeit verwendeten Hitzestress-Indikatoren aufgelistet.

**Tab. 6.** Verhaltensmuster, physiologische Anpassungen und Produktionsparameter, die als Hitzestress-Indikatoren definiert wurden.

<b>Hitzestress-Indikatoren</b>
Abspreizen der Flügel (AFL)
Körpertemperatur (KT)
Atemfrequenz (AF)
Blutgase (pCO <sub>2</sub> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
Blut-pH-Wert (pH)
Mortalitätsrate (MR)
Hormonhaushalt (HH)
Durchschnittliche tägliche Futteraufnahme (Average Daily Feed Intake, ADFI)
Durchschnittliche tägliche Wasseraufnahme (Average Daily Water Intake, ADWI)
Körpergewicht (KG)
Mittlere Lebendmassezunahme (Average Daily Weight Gain, ADWG)
Futtermittelnutzung (Feed Conversion Ratio, FCR)
Eierproduktion (EP)
Eigewicht (EG)
Eischalengewicht (ESG)
Eischalendicke (ESD)
Prozentsatz beschädigter Eier (Egg Breakage, EB)

Der Zusammenhang zwischen den Indikatoren und der untersuchten Temperatur wurde mit Hilfe der Tabellen 8, 9 und 10. zusammenfassend dargestellt. Die Tabellen beschreiben den jeweiligen Hitzestress-Indikator und dessen Veränderung: es wird festgehalten, ob es sich um eine Abnahme (↓) oder um einen Anstieg (↑) des Indikators handelt und welches relative Ausmaß der Veränderung bei den verschiedenen Untersuchungstemperaturen auftritt.

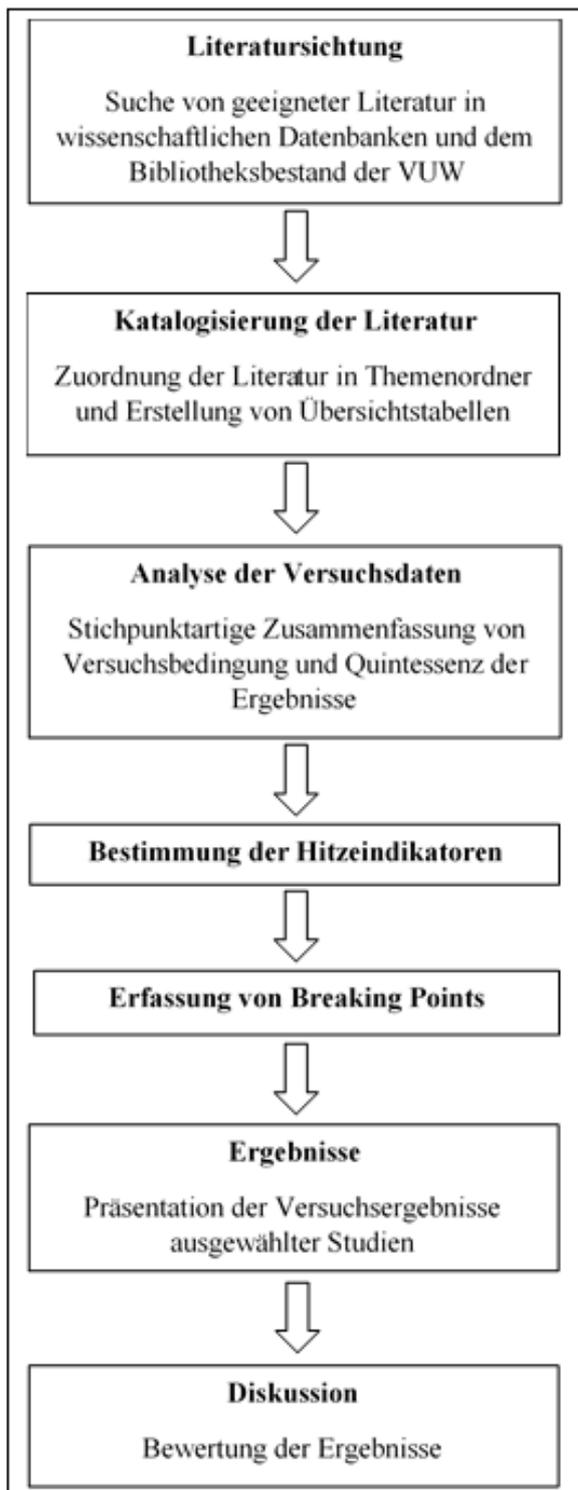
Die Tab. 7 wird hier als Beispiel für die Ergebnispräsentation herangezogen.

**Tab. 7.** Beispiel zusammenfassender Ergebnisdarstellung über Veränderungen infolge von Hitzestress (HI= Hitzestress-Indikator; EP= Eierproduktion).

<b>HI</b>	↓/↑	<b>32 ± 1 °C</b>	<b>35 °C</b>	<b>42 °C</b>
EP	↓	5,11 %	2,60-35,70 %	20,00 %

Anschließend wurden Grafiken erstellt (siehe Abb. 6 und 7), die veranschaulichen, ab welcher Umgebungstemperatur ein Einfluss auf die Hitzestress-Indikatoren zu erkennen ist. Diese Temperatur wird als „Breaking Point“ bezeichnet. Ein Breaking Point ist somit jene Umgebungstemperatur, bei der sich Veränderungen in den Hitzestress-Indikatoren beobachten lassen und deswegen davon ausgegangen werden kann, dass das Tier unter Hitzestress leidet. Auf die Versuchsbedingungen und die Ergebnisse der ausgewählten Studien wird in Kapitel 4 näher eingegangen. In Kapitel 5 wird die Diskussion der Ergebnisse mithilfe der herausgearbeiteten Hitzestress-Indikatoren geführt. Hierbei wird das österreichische Tierschutzgesetz miteinbezogen.

In Abb. 5 wird die Herangehensweise der Diplomarbeit stufenweise dargestellt.



*Abb. 5. Grafische Darstellung der Herangehensweise der Diplomarbeit.*

### 3.5. PiPoCool

Die Literaturquellen für diese Recherche wurde unter anderem im Rahmen des Projektes „PiPoCool“<sup>18</sup> gesammelt. Das Projekt war eine Zusammenarbeit der Veterinärmedizinischen Universität Wien, der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik und der Universität für Bodenkultur Wien und dauerte vom 1. April 2016 bis 31. März 2018. Ziel des gemeinsamen Projektes war es die Auswirkungen des Klimawandels auf Tiergesundheit, tierischem Wohlbefinden, Leistung und wirtschaftliche Folgen in der Geflügel- und Schweinehaltung zu erfassen, um mit den gewonnenen Erkenntnissen die thermische Situation der Tiere im Stall besser verstehen und optimale Managemententscheidungen unter Berücksichtigung des tierischen Wohlbefindens treffen zu können. Seitens der Veterinärmedizinischen Universität Wien waren die Working Group Environmental Health der Abteilung Physiologie und Biophysik, das Institut für Tierhaltung und Tierschutz und die Universitätsklinik für Schweine am Projekt beteiligt.

---

<sup>18</sup> <https://www.vetmeduni.ac.at/de/pipocool/> (Zugriff 14.03.2020)

## **4. ERGEBNISSE**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse ausgewählter Publikationen bezüglich der Hitzestress-Indikatoren sowie deren Versuchsbedingungen näher beschrieben. Ziel ist es, Übereinstimmungen und Abweichungen der Studien zu erkennen.

### **4.1. Auswirkungen von Hitzestress auf das Verhalten und die Physiologie**

Damit die Körpertemperatur trotz erhöhter Umgebungstemperatur konstant bleibt, werden thermoregulatorische Mechanismen des Körpers eingeleitet, um dessen metabolische Wärme zu reduzieren und seinen Wärmeverlust zu steigern. Hierfür werden eine Reihe von physiologischen Prozessen eingeleitet, wobei auch eine Veränderung im Verhalten der Tiere eine wichtige Rolle spielt (Mehner und Hartfiel 1983).

#### **4.1.1. Verhalten**

Im Vergleich zu Tieren der Kontrollgruppen zeigten Legehennen und Masthühner, die Temperaturen über ihrer thermoneutralen Zone ausgesetzt wurden, eine allgemeine Reduktion ihrer Aktivitäten, bewegten sich weniger fort und verbrachten mehr Zeit ruhend bzw. sitzend (Etches et al. 2008, Mack et al. 2013, Whittow 2000).

Die Tiere begannen, sich voneinander räumlich zu distanzieren und versuchten durch verstärktes Halsrecken (Mehner und Hartfiel 1983) sowie das Abspreizen der Flügel ihren Wärmeverlust durch Vergrößerung ihrer Körperoberfläche zu steigern (Gregory 2004, Mack et al. 2013, Mehner und Hartfiel 1983).

Weitere Verhaltensweisen stellen das Aufsuchen von Schattenplätzen, zum Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung und windigen Plätzen, die eine stärkere Konvektion versprechen, dar. (Sjaastad et al. 2010).

Es wird berichtet, dass 30 Wochen alte White Leghorn Hennen bei einer Umgebungstemperatur von 32,6 °C beginnen, ihre Flügel abzuspreizen (Mack et al. 2013) und dass zehn Tage alte White Plymouth Rock Küken bereits fünf Minuten nachdem sie einer Temperatur von 40 °C ausgesetzt sind, ihre Flügel anheben (Tanizawa et al. 2014).

Eine Möglichkeit der Hühner, Evaporation zu nutzen, ist es Wasser auf ihre Hautanhangsgebilde wie Käämme oder Kehllappen zu spritzen (Etches et al. 2008).

Zusammenfassend führt Hitzestress zu folgenden Verhaltensanpassungen:

- Reduktion der körperlichen Aktivität
- Erhöhung der Ruhezeiten
- Vermehrtes Halsrecken
- Zunehmendes Hecheln
- Abspreizen der Flügel
- Räumliches Distanzieren zu anderen Individuen
- Aufsuchen von Schattenplätzen
- Aufsuchen von Plätzen mit Luftzirkulation

#### **4.1.2. Körpertemperatur**

Wie bereits in Kapitel 2 näher beschrieben, gehören Vögel zur Gruppe der endothermen Tiere. Die Konstanz ihrer Körpertemperatur wird bei veränderter Umgebungstemperatur durch das Gleichgewicht von Wärmeabgabe und Wärmeproduktion bestimmt (Eckert et al. 1993, Mehner und Hartfiel 1983). Falls bei externer Hitzebelastung eine gesteigerte Wärmeabgabe durch Anpassungen wie Veränderungen im Verhalten der Tiere oder höherer Wärmeverlust durch thermoregulatorische Mechanismen über die Haut nicht mehr möglich ist, steigt die Körpertemperatur an (Sjaastad et al. 2010).

Eine 2007 publizierte Studie untersuchte 31 Wochen alte White Leghorn Legehennen und teilte die Tiere auf in eine Kontrollgruppe, die bei einer Umgebungstemperatur von 24-26 °C gehalten wurde und in eine Versuchsgruppe, die pro Tag für zwölf Stunden einer Umgebungstemperatur von 42 °C über einen Zeitraum von 15 Tagen ausgesetzt wurde. Die Körpertemperatur der Legehennen aus der Kontrollgruppe lag zwischen 40,8 °C und 41,4 °C, während die Tiere der Versuchsgruppe eine Körpertemperatur zwischen 41,4 °C und 42,5 °C hatten (Rozenboim et al. 2007).

Cooper und Washburn (1998) beobachteten in ihrer Studie über Masthühner mit zwei Versuchsreihen einen Anstieg der Körpertemperatur in der bei 32 °C gehaltenen

Versuchsgruppen, während die Kontrollgruppen mit einer Umgebungstemperatur von nur 21 °C den gesamten Zeitraum über eine niedrigere Körpertemperatur hatten. Die Studie untersuchte die Tiere vom 28. bis 49. Lebenstag. Die Körpertemperatur der ersten Kontrollgruppe betrug in der ersten Versuchsreihe während der drei Wochen zwischen 40,6 °C und 41,4 °C, die der zweiten Kontrollgruppe zwischen 40,7 °C und 41,1 °C. Wohingegen die Körpertemperatur der ersten Hitzestressgruppe zwischen 40,6 °C und 42,5 °C und die der zweiten Versuchsgruppe zwischen 41,2 °C und 41,6 °C lag (Cooper und Washburn 1998).

Eine Temperatur von 35 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 60 % führte bei vier Wochen alten Masthühnern zu einem Anstieg der Körpertemperatur innerhalb einer Stunde auf 42,74 °C und bis zu 42,99 °C nach 24 Stunden der Wärmebelastung. Hingegen hatten Tiere, die bei 21 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60 % gehalten wurden, eine Körpertemperatur von 40,87 °C bis 41,04 °C. Diese Studie berücksichtigte nicht nur die Umgebungstemperatur als veränderten Parameter, sondern auch die relative Luftfeuchtigkeit. So führte eine Umgebungstemperatur von 35 °C bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 85 % innerhalb einer Stunde zu einer Körpertemperatur von 42,87 °C und nach 24 Stunden hatten die Tiere eine Körpertemperatur von 43,12 °C (Lin et al. 2005).

Eine relative Luftfeuchtigkeit von nur 20-30 % bei einer Umgebungstemperatur von 35 °C führte bei 42 Tage alten Masthühnern nach sechs Stunden zu einer Körpertemperatur von 42,6-43,3 °C. Vor der Hitzeexposition hatten die Tiere eine Körpertemperatur von 41,0-41,2 °C bei einer Umgebungstemperatur von 26 °C (Yahav und Hurwitz 1996). Eine weitere Studie mit denselben Versuchsbedingungen beobachtete bei 42 Tage alten Masthühnern eine erhöhte Körpertemperatur von 44,945,6 °C (Yahav und McMurtry 2001).

Bei einer Umgebungstemperatur von 38 °C über einen Zeitraum von zwei Stunden zeigten 35 Tage alte Masthühner eine Körpertemperatur von bis zu 42,23 °C. Hierzu gilt es zu beachten, dass die Körpertemperatur vor der unmittelbaren Hitzebelastung nicht untersucht wurde. Es wurde in der Studie die Körpertemperatur im Alter von 15 Tage angegeben. Zu diesem Zeitpunkt hatten die Tiere eine Körpertemperatur von 40,52 °C (Altan et al. 2000).

Des Weiteren führte eine Wärmebelastung von 39 °C nach zwei Stunden bei 44 Tage alten Masthühnern zu einem Anstieg der Körpertemperatur von 40,71 auf 42,01 °C (Altan et al. 2000).

Die Körpertemperatur von zehn Tage alten Masthühnern, stieg von 41,06 °C auf 43,09 °C nachdem sie einer Versuchstemperatur von 40 °C für nur 15 Minuten ausgesetzt waren (Tanizawa et al. 2014).

#### **4.1.3. Respiration und Blutgase**

Wie im Kapitel Thermoregulation näher beschrieben, wird Hecheln als evaporativer Mechanismus von Tieren genutzt, um einer Hyperthermie entgegenzusteuern. Damit metabolisch erzeugte Wärme vermehrt abgegeben werden kann und Homöostase aufrecht erhalten bleibt, beginnen die Tiere bei steigenden Temperaturen ihre Atemfrequenz zu erhöhen. Die normale Atemfrequenz beim Haushuhn in Ruhe liegt bei 23/min (Whittow 2000). Während einer gesteigerten Atemfrequenz kann vermehrt Wasser über die Schleimhäute der Schnabelhöhle und der Atemwege evaporiert werden. Die ausgeatmete Luft weist somit eine Wasserdampfsättigung auf. Hyperventilation führt zu einem reduzierten pCO<sub>2</sub> im Blut. Ebenfalls wird infolge der gesteigerten Lungenbelüftung HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> verringert. Dies führt zu einer reduzierten Verfügbarkeit an Bikarbonat und freiem Calcium im Blut, welche wiederum essenziell für die Eischalenbildung sind. Als Konsequenz einer geringeren Konzentration von Wasserstoffionen tritt ein höherer Blut-pH-Wert auf, was als respiratorische Alkalose bezeichnet wird (Etches et al. 2008, Mehner und Hartfiel 1983, Odom et al. 1986, Von Engelhardt 2010, Whittow 2000). Der physiologische Blut-pH-Wert liegt bei 7,4 (Von Engelhardt 2010).

Bei einer Umgebungstemperatur von 32,6° C hechelten bis zu 86 % der 30 Wochen alten Legehennen zweier Versuchsreihen. Die Kontrollgruppen, die bei 24,3° C gehalten wurden, zeigten hingegen kein Hecheln (Mack et al 2013).

El Hadi und Skyes (1982) beobachteten bei Legehennen unbestimmten Alters bei einer Umgebungstemperatur von 32° C für drei Stunden weder eine gesteigerte Atemfrequenz noch veränderte Blutgaswerte. Die Tiere einer weiteren Versuchsgruppe, die bei 35° C gehalten wurden, fingen jedoch nach 30 min an zu hecheln und erreichten die maximale Atemfrequenz,

die während des Versuchs verzeichnet worden ist, innerhalb einer Stunde. Zuvor wurde von der Studie „hecheln“ als eine Atemfrequenz von mindestens 60/min definiert. Weiters sank der arterielle pCO<sub>2</sub> von 36 mmHg auf 32 mmHg. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> im Blut sank ebenfalls signifikant, der genaue Wert hierzu wurde nicht angegeben. Der Blut-pH-Wert stieg von 7,53 auf 7,57. Bei einer Temperatur von 38° C zeigten die Tiere ebenfalls vermehrtes Hecheln. Der pCO<sub>2</sub> sowie HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> im Blut sanken und führten daraufhin zu einer respiratorischen Alkalose mit einem Blut-pH-Wert von 7,59. Auch ein weiteres Ansteigen der Umgebungstemperatur auf 41° C führte zu einem weiter verminderten pCO<sub>2</sub> (20 mmHg) und HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Level (20 mmol/ml) im Blut. Die Tiere fingen in kürzester Zeit an zu hecheln und erreichten ihre maximale Atemfrequenz während des Versuches bereits nach 30 min (El Hadi und Sykes 1982).

Kassim und Sykes (1982) untersuchten die Auswirkungen von Hitzestress bei 30° C, 35° C und 40° C. Deren Kontrollgruppe wurde bei 20° C gehalten. Alle Tiere der Hitzegruppen zeigten eine erhöhte Atemfrequenz (208/min, 262/min und 273/min), wohingegen die Atemfrequenz der Kontrollgruppe bei nur 23/min lag. Die Hitzebelastung dauerte 180 min bei 30° C und 35° C an und 140 min bei 40° C. Darüber hinaus veränderte sich bei allen Tieren der Hitzegruppen auch das Atemzugsvolumen. Bei maximaler Atemfrequenz konnte ein Atemzugsvolumen von 8,8 ml, 9,2 ml und 9,7 ml verzeichnet werden, im Gegensatz zum Atemzugsvolumen von 25,6 ml, welches bei der Kontrollgruppe beobachtet werden konnte (Kassim und Sykes 1982).

Zehn Tage alte White Plymouth Rock Küken wurden für 15 Minuten einer Hitze von 40° C ausgesetzt. Bereits nach fünf Minuten begannen die Tiere zu hecheln und nach 15 Minuten erreichten sie eine Atemfrequenz von 116,8/min. Zu Versuchsbeginn lag deren Atemfrequenz bei 97,5/min. Ebenfalls wurden Tiere, die bereits im Alter von sechs Tagen eine dreistündige Hitzeperiode (40 °C) erlebt hatten, getestet. Diese Tiere fingen zwei Minuten später zu hecheln an und zeigten einen geringeren Anstieg der Atemfrequenz von 108/min (Tanizawa et al. 2014).

Nicht alle gesichteten Studien wiesen Veränderungen in allen untersuchten Blutgasen aufgrund einer Belastung durch Hitze nach. Lin et al. (2004) konnte bei Masthühnern, die bis zum Alter von 38 Tagen entweder bei 22° C oder bei 30° C gehalten wurden, keinen Unterschied in deren Blut-pH-Wert und pO<sub>2</sub>-Wert finden. Ein Unterschied im pCO<sub>2</sub> der Hitzegruppe konnte jedoch festgehalten werden. Im Gegensatz zum bei der Kontrollgruppe gemessenen Wert (43,85 mmHg) wurde am 38. Tag ein Wert von nur 39,23 mmHg gemessen (Lin et al. 2004).

Eine weitere Studie konnte keine signifikante Alteration im Blut-pH-Wert und pCO<sub>2</sub> von Masthühnern nachweisen, die im Alter von 35 Tagen zwei Stunden lang einer Hitze von 38° C ausgesetzt wurden (Altan et al. 2000).

#### **4.1.4. Hormonhaushalt**

##### *Reproduktionshormone:*

Die Reproduktionsleistung von Vögeln wird wie bei den Säugetieren von gonadotropinen Hormonen wie luteinisierendes Hormon (LH) und follikelstimulierendes Hormon (FSH) sowie von Steroidhormonen wie Progesteron, Testosteron und Östrogenen beeinflusst (Mehner und Hartfiel 1983, Oguntunji und Alabi 2010).

Eine Reduktion der Progesteron- und Testosteron-Plasmakonzentration konnte bei 31 Wochen alten Hennen, die zwölf Stunden am Tag einer Temperatur von 42 °C ausgesetzt wurden, nach zwei Tagen nachgewiesen werden. Eine reduzierte Östradiol-Plasmakonzentration wurde nach zwölf Tagen verzeichnet. Dieselbe Studie beobachtete nach sechs Tagen ein vermindertes Gewicht der Ovarien sowie eine geringere Anzahl großer Follikel (Rozenboim et al 2007).

##### *Schilddrüsenhormone:*

Die von der Schilddrüse produzierten Hormone Trijodthyronin (T3) und Thyroxin (T4) spielen eine wichtige Rolle für die Regulation der metabolischen Rate. Da T3 und T4 für die Entwicklung und Funktion der Gonaden benötigt werden, nehmen diese Hormone wiederum Einfluss auf die Reproduktionsleistung der Tiere (Mehner und Hartfiel 1983).

Als Konsequenz einer Hitzeexposition von 30° C sank zum einen die T3-Plasmakonzentration und zum anderen stieg die Konzentration von T4 im Plasma von 35 Tage alten Tieren. Am 38. Versuchstag konnte jedoch ein verringerter T4-Plasmaspiegel nachgewiesen werden, wohingegen die Konzentration von T3 sich nicht veränderte (Lin et al. 2004).

Bei einer Umgebungstemperatur von 32,6° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 30-40 % über einen Zeitraum von neun Tagen wurden Veränderungen in der T3- und T4-Plasmakonzentration bei 30 Wochen alten Legehennen zweier Versuchsreihen nachgewiesen. Während die T3-Konzentration bei Tieren der Hitzegruppen geringer war als in den

Kontrollgruppen, die bei 24,3° C gehalten wurden, war die T4-Plasmakonzentration in der einen Hitzegruppe erhöht, in der anderen verringert (Mack et al. 2013).

Yahav und Hurwitz (1996) berichten ebenfalls von einer Reduktion der T3-Plasmakonzentration bei 42 Tage alten Masthühnern bei einer Umgebungstemperatur von 35 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 20-30 % über sechs Stunden (Yahav und Hurwitz 1996).

#### **4.1.5. Mortalität**

Wie im 2. Kapitel näher beschrieben, steigt die Körpertemperatur der Tiere an, sobald die Umgebungstemperatur die Upper Critical Temperature übersteigt und die thermoregulatorischen Mechanismen die Hitzebelastung nicht mehr ausgleichen können (Mehner und Hartfiel 1983). Die resultierenden Hitzeschläge führen zu schwerwiegenden Symptomen wie Krämpfen, Bewegungsstörungen, erhöhter Herzfrequenz oder Bewusstseinsverlust (Gregory 2004, Guyton und Hall 2006, Sjaastad et al. 2010).

Eine Studie untersuchte vier Wochen alte Masthühner unter drei unterschiedlichen konstanten Temperaturbedingungen und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 45-58 % über einen Versuchszeitraum von vier Wochen. Die Kontrollgruppe wurde bei 25 °C gehalten. Hitzebelastungen von 30 °C und 35 °C führten zu Mortalitätsraten von 5,16 % und 11,79 % während des Versuchszeitraums. Nach diesen vier Wochen wurden aus den jeweiligen Versuchsgruppen eine repräsentative Anzahl an Tiere für einen weiteren Versuch ausgewählt. Für diesen Versuch wurden die ausgewählten Tiere einer Temperatur von 40 °C ausgesetzt und die Mortalität erneut untersucht. Die Mortalitätsrate der Tiere aus der Kontrollgruppe lag während des zweiten Versuchs bei 38 %, die der Hitzegruppen bei 25 % (30 °C) und 18 % (35 °C) (Al-Fataftah und Abu-Dieyeh 2007).

Bei Masthühnern, die ab dem 28. Lebenstag jeweils sieben Stunden über einem Zeitraum von drei Wochen einer Hitzebelastung von 32-36 °C ausgesetzt waren, konnte vom 21. bis 49. Lebenstag eine Mortalitätsrate von 5,33 % verzeichnet werden. Die durchschnittliche relative Luftfeuchtigkeit betrug während des Versuchszeitraums 62 % (Yalçın et al. 2001).

Eine Studie, welche die Versuchstiere im Alter von 42 Tagen einer Umgebungstemperatur von 35 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von nur 20-30 % über einen Zeitraum von sechs

Stunden aussetzte, verzeichnete eine kumulierte Mortalitätsrate von bis zu 35 % innerhalb des sechsstündigen Versuchs. Die Vermutung für das Entstehen einer solch hohen Rate war, dass die Kombination von hoher Umgebungstemperatur und niedriger relativer Luftfeuchtigkeit zu einer schweren Dehydratation führt (Yahav und Hurwitz 1996).

Die höchste Mortalitätsrate der gesichteten Literatur während eines Versuchs war 43,33 % bei einer Temperatur von 35 °C. Hierbei wurden 35 Tage alte Masthühner in drei Hitzegruppen aufgeteilt (25 °C, 30 °C oder 35 °C), die Hitzebelastung dauerte sieben Stunden pro Tag über einen Zeitraum von einer Woche an. In der Versuchsgruppe, die bei 35 °C gehalten wurde, konnte eine Mortalität von 43,33 % während des Versuchzeitraums erfasst werden. Kein Tier starb bei einer Versuchstemperatur von 25 °C oder 30 °C (Quinteiro-Filho et al 2010).

Yahav und McMurtry (2001) legten als Versuchsparameter eine Umgebungstemperatur von 42 °C bei einer Luftfeuchtigkeit von 20-30 % für sechs Stunden fest. Eine Hitzebelastung dieser Höhe führte zu einer Mortalitätsrate von 24,6-26,6 % während des Versuchzeitraums (Yahav und McMurtry 2001).

Eine erhöhte Mortalität aufgrund von Hitzestress wurde nicht bei jedem Versuch beobachtet. Bei einer Umgebungstemperatur von 30-32 °C starben während der Versuchszeiträume sehr wenige oder keine Tiere (Cooper und Washburn 1998, Quinteiro-Filho et al. 2010). Cooper und Washburn (1998) hielten 28 Tage alte Masthühner bei einer Temperatur von 21 °C und 32 °C über einen Zeitraum von drei Wochen. Quinteiro-Filho et al. (2010) setzten 35 Tage alte Masthühner eine Woche lang einer Umgebungstemperatur von 31 °C für jeweils zehn Stunden am Tag aus. Altan et al. (2000) verzeichneten während ihrer Studie keinen Todesfall, dies mag jedoch an der verhältnismäßig kurzen Zeit der Hitzebelastung von nur zwei Stunden liegen (Altan et al. 2000).

Die Tab. 8 spiegelt die Ergebnisse der untersuchten Publikationen über die Veränderungen der Physiologie und des Verhaltens beim Haushuhn infolge von Hitzestress zusammenfassend wider.

**Tab. 8.** Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse genannter Publikationen über Veränderungen in Physiologie und Verhalten des Haushuhnes infolge von Hitzestress (HI=Hitzestress-Indikator; AFL= Abspreizen der Flügel; KT= Körpertemperatur; AF= Atemfrequenz; BG= Blutgase; pH= Blut-pH-Wert; MR= Mortalitätsrate; HH= Hormonhaushalt).

HI	↓/↑	30 °C	32 ±1 °C	35 °C	38 ±1 °C	≥ 40 °C
AFL	↑	k. A.	↑	k. A.	k. A.	k. A.
KT	↑	k. A.	42,50 °C	42,00-45,60 °C	42,01-42,23 °C	43,09 °C
AF	↑	208/min	↑	262/min	↑	108-273/min
BG	↓	pCO <sub>2</sub> ↓	pCO <sub>2</sub> ↓	pCO <sub>2</sub> ↓ HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ↓	pCO <sub>2</sub> ↓ HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ↓	pCO <sub>2</sub> ↓ HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ↓
pH	↑	k. A.	7,53	7,57	7,59	7,65
MR	↑	5,16-11,79 %	5,33 %	5,33-43,33 %	k. A.	18,00-38,00 %
HH	↑/↓	T3 ↓ T4 ↓/↑	T3 ↓ T4 ↓/↑	T3 ↓	k. A.	Progesteron, Testosteron, Östradiol ↓

## **4.2. Auswirkungen von Hitzestress auf die Ernährung und Produktionsleistung der Legehennen**

### **4.2.1. Futter- und Wasseraufnahme**

In verschiedenen Publikationen lassen sich eine reduzierte durchschnittliche tägliche Futteraufnahme (Average Daily Feed Intake, ADFI) (Feizi et al. 2012, Roberts und Ball 1998, Yahav et al. 2000) und eine gesteigerte durchschnittliche tägliche Wasseraufnahme (Average Daily Water Intake, ADWI) (Feizi et al. 2012, Yahav et al. 2000) bei Legehennen als direkte Folge von Hitzestress nachlesen.

Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60-65 % nahmen sechs bis acht Monate alte Legehennen nach einer Erhöhung der Temperatur von 25 °C auf 35 °C 9,24 % weniger Futter und 33 % mehr Wasser auf als vor dem Temperaturanstieg. Ebenfalls steigerten 16-18 Monate alte Tiere ihre Wasseraufnahme um 21,5 % (Yahav et al. 2000).

Fünzig Wochen alte Legehennen, die für sechs Wochen einer Umgebungstemperatur von 32-36 °C ausgesetzt wurden, fraßen durchschnittlich 4,28% weniger und tranken durchschnittlich 12,35 % mehr Wasser als Hennen, die bei 27 °C gehalten wurden (Feizi et al. 2012).

Bei einem thermischen Zyklus über einen Zeitraum von zwei Wochen mit einer Umgebungstemperatur von 33 °C am Tag und 20 °C bei Nacht war die Futteraufnahme bei 50 bis 52 Wochen alten Legehennen 6,96 % geringer als bei Hennen der Kontrollgruppe, die während der gesamten Versuchsperiode bei einer Temperatur von 20 °C gehalten wurden (Roberts und Ball 1998).

### **4.2.2. Eierproduktion**

Fünzig bis 56 Wochen alte Hennen, die bei 32-36 °C gehalten wurden, produzierten durchschnittlich 5,11 % weniger Eier als die bei 27 °C gehaltene Kontrollgruppe (Feizi et al. 2012).

Ein Anstieg der Temperatur auf 35 °C bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60-65 % resultierte bei 16-18 Monate alten Legehennen in eine um 8,24 % geringere Eierproduktion. Es

trat keine Abnahme der Eierproduktion bei sechs bis acht Monate alten Hennen auf (Yahav et al. 2000).

Eine Studie untersuchte die Legeleistung bei einer Umgebungstemperatur von 42 °C für zwölf Stunden pro Tag über einen Zeitraum von 15 Tagen. Nach zwei Tagen der Hitzebelastung produzierten die 31 Wochen alten Legehennen im Durchschnitt 20 % weniger Eier als die Kontrollgruppe, die bei 24-26 °C gehalten wurde. Dieselbe Studie untersuchte auch das Eigewicht und konnte eine Verringerung zwar beobachten, gab hierzu aber keine genauen Daten an (Rozenboim et al. 2007).

#### **4.2.3. Eigewicht**

Auch ein reduziertes Eigewicht konnte als Auswirkung einer erhöhten Umgebungstemperatur beobachtet werden. Dies geschah bereits ab 32 °C, wobei das Eigewicht durchschnittlich um 0,95 % geringer war als bei der Kontrollgruppe, die bei 27 °C gehalten wurde (Feizi et al. 2012).

Bei einer Umgebungstemperatur von 33 °C, war das Eigewicht um 2,34 % reduziert (Roberts und Ball 1998).

Eine Temperatur von 35 °C führte bei Versuchen ebenso zu einem verminderten Eigewicht: ein um 1,79-4,91 % geringeres Eigewicht als bei Tieren der Kontrollgruppen bzw. bei Tieren nach einer Hitzeexposition wird beschrieben (Talukder et al. 2010, Yahav et al. 2000).

#### **4.2.4. Eischalengewicht und Eischalendicke**

Neben einem abnehmenden Eigewicht kommt es aufgrund von Hitzestress zu einer Qualitätsminderung des Eies in Form von einem reduzierten Eischalengewicht sowie einer geringeren Eischalendicke (Roberts und Ball 1998, Talukder et al. 2010, Yahav et al. 2000).

Tiere, die bei 33 °C gehalten wurden, hatten ein um 4,40 % geringeres Eischalengewicht als die Kontrollgruppen, die bei niedrigeren Umgebungstemperaturen gehalten wurden (Roberts und Ball 1998). Ebenso wurde die Eischalendicke von der Umgebungstemperatur in Höhe von 33 °C beeinflusst. Diese war um 2,48 % geringer als die der Kontrollgruppen (Roberts und Ball 1998).

Ein Anstieg der Temperatur auf 35 °C bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60-65 % führte zu einer Verminderung des Eischalengewichtes um bis zu 10,32 % sowie einer bis zu 7,85 %

geringeren Eischalendicke. Sechzehn bis 18 Monate alte Hennen waren hierbei stärker betroffen als Legehennen, die nur sechs bis acht Monate alt waren (Yahav et al. 2000).

Eine schlechtere Eischalenqualität führte zu einem Anstieg zerbrochener Eier sowie zu Eiern mit beschädigter Schale (Feizi et al. 2012, Yahav et al. 2000).

Manche Publikationen müssen, aufgrund ungenau beschriebener Untersuchungsmethoden oder deren zweifelhaften Ergebnissen, dennoch mit Vorsicht betrachtet werden. So wurden bei 31 Wochen alten Legehennen, die bei 35 °C gehalten wurden ein Eigewicht von 46,90 g nach einer Versuchsdauer von fünf Wochen beschrieben. Dies entspricht einer Verringerung um 16,84 %. Hingegen legten Tiere der Kontrollgruppe, die bei einer Temperatur von nur 24° C gehalten wurden, Eier mit einem Gewicht von nur 56,40 g. Dieselbe Studie berichtet bei Tieren der Versuchsgruppe von einer um 35,70 % verringerten Eierproduktion, einem um 30,83 % geringeren Eischalengewicht sowie einer um 18,68 % reduzierten Eischalendicke im Vergleich zu Tieren der Kontrollgruppe (Mashaly et al. 2004).

Eine weitere Studie mit zweifelhaften Ergebnissen verzeichnete bei Legehennen von zehn verschiedenen Legebetrieben bei einer erhöhten Temperatur von 35 °C für drei Monate eine um 2,60 % geringere Eierproduktion als vor dem Versuch. Zudem sank das Eigewicht um 1,79 % und eine um 9,09 % verringerte Eischalendicke wurde verzeichnet (Talukder et al. 2010).

Tab. 9 fasst die Ergebnisse der Literaturrecherche über Veränderungen in der Ernährung und Legeleistung aufgrund von Hitzestress zusammen.

**Tab. 9.** Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse angeführter Publikationen über Veränderungen der Ernährung und der Produktionsleistung von Legehennen infolge von Hitzestress (HI= Hitzestress-Indikator; ADFI= Average Daily Feed Intake, durchschnittliche tägliche Futteraufnahme; ADWI= Average Daily Water Intake, durchschnittliche tägliche Wasseraufnahme; EP= Eierproduktion; EG= Eigewicht; ESG= Eischalengewicht; ESD= Eischalendicke; EB= Egg Breakage, Anteil beschädigter Eier).

HI	↓/↑	32 ±1 °C	35 °C	42 °C
ADFI	↓	4,28-7,37 %	9,24 %	k. A.
ADWI	↑	12,35 %	21,50-33,00 %	k. A.
EP	↓	5,11 %	2,60-35,70 %	20 %
EG	↓	0,95-2,34 %	1,79-16,84 %	↓
ESG	↓	4,40 %	10,32-30,83 %	k. A.
ESD	↓	2,48-3,13 %	4,87-18,68 %	k. A.
EB	↑	1,57 %	5,50-16,00 %	k. A.

### **4.3. Auswirkungen von Hitzestress auf die Ernährung und Produktionsleistung der Masthühner**

Achtunddreißig Tage alte Masthühner, die seit ihrem 13. Lebenstag bei einer Umgebungstemperatur von 30 °C gehalten wurden, fraßen bis zu 20 % weniger als die Tiere der Kontrollgruppe, die bei einer Temperaturbedingung von 22 °C gehalten wurden. Durchschnittlich fraßen die Tiere der Hitzezugruppe nur 153 g pro Tag, wohingegen die Tiere der Kontrollgruppe 191 g Futter pro Tag zu sich nahmen. Infolge der verminderten Futterraufnahme hatten die Tiere der Hitzezugruppe am 38. Lebenstag ein um 13 % geringeres Körpergewicht als die Tiere der Kontrollgruppe (2141 g anstelle von 2463 g). Die biologischen Leistungsdaten ADFI, Körpergewicht und ADWG nahmen 14 Tage nach Beginn des Temperanstieges kontinuierlich ab (Lin et al. 2004).

Über einen Zeitraum von vier Wochen wurden die ADFI, das Körpergewicht und die ADWG von Masthühnern der Herkunft Isa Vedette unter drei unterschiedlichen Temperaturbedingungen untersucht. Die Tiere wurden bei 25 °C (Kontrollgruppe), 30 °C (Versuchsgruppe A) oder 35 °C (Versuchsgruppe B) und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 45-58 % gehalten. Die Tiere der Versuchsgruppe A zeigten nach vier Wochen eine um 8,68% geringere ADFI und eine um 18,03 % geringere ADWG als die Tiere der Kontrollgruppe. Die Tiere der Versuchsgruppe B nahmen um 24,67 % weniger Futter auf und hatten eine um 43,97 % geringere ADWG als die Tiere der Kontrollgruppe (Al-Fataftah und Abu-Dieyh 2007).

Eine weitere Studie untersuchte 35 Tage alte Masthühner über einen Zeitraum von acht Tagen. Tiere, die für zehn Stunden am Tag einer Temperatur von 31 °C ausgesetzt wurden, hatten eine um 20,80 % geringere ADFI und eine um 25,15 % verringerte ADWG als Tiere der Kontrollgruppe, die bei 21 °C gehalten wurden. Tiere, die unter denselben zeitlichen Bedingungen bei 36 °C gehalten wurden, hatten eine um 20,91 % geringere ADFI und eine um 41,18 % geringere ADWG (Quinteiro-Filho et al 2010).

Die Studie von May et al. (1998) zeigte mit einer Regressionsanalyse an einer Gruppe von zehn Masthühner bei ansteigenden Temperaturen von 21,1-31,1 °C eine sinkende ADWG und eine steigende Futtermittelverwertung (Feed Conversion Ratio, FCR) (May et al. 1998).

Laut Aengwanich (2007) hatten Masthühner, die einer Umgebungstemperatur von 38 °C ausgesetzt wurden, nach der ersten Woche eine geringere ADFI und ADWG sowie eine höhere FCR als Tiere der Kontrollgruppe, die bei 26 °C gehalten wurden (Aengwanich 2007).

Die Ergebnisse der Literaturrecherche über Veränderungen der Ernährung und der Produktionsleistung von Masthühnern infolge von Hitzestress werden in Tab. 10 zusammenfassend präsentiert.

**Tab. 10.** Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse genannter Publikationen über Veränderungen der Ernährung und der Produktionsleistung von Masthühnern infolge von Hitzestress (HI= Hitzestress-Indikator; ADFI= Average Daily Feed Intake, durchschnittliche tägliche Futteraufnahme; KG= Körpergewicht; ADWG= Average Daily Weight Gain, mittlere tägliche Lebendmassezunahme).

HI	↓/↑	30 ±1 °C	35±1 °C
ADFI	↓	8,68-20,80 %	20,91-24,67 %
KG	↓	13,00 %	k. A.
ADWG	↓	18,03-25,15 %	41,18-43,97 %

## **5. DISKUSSION**

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen der Hitzebelastung auf die festgelegten Hitzestress-Indikatoren anhand der Ergebnisse der gesichteten Literatur bewertet. Es wird zusammenfassend veranschaulicht, ab welcher Temperatur bzw. ab welchem Breaking Point mit Verhaltensänderungen und Konsequenzen auf die Physiologie und die Produktionsleistung der Tiere zu rechnen ist. Dies ist erforderlich, um abklären zu können in welchem Ausmaß Hitzestress das Wohlbefinden von Masthühnern und Legehennen beeinträchtigt und welche Konsequenzen diese Belastung für die Tierhaltung hat. Schließlich werden diese Ergebnisse aus tierschutzrechtlicher Sicht erörtert.

### **5.1. Hitzestress-Indikatoren: Verhalten und Physiologie**

Die für diese Recherche herangezogene Literatur konnte einen negativen Einfluss von Hitzestress auf die definierten Indikatoren nachweisen (Al-Fataftah und Abu-Dieyeh 2007, Altan et al. 2000, Cooper und Washburn 1998, El Hadi und Sykes 1982, Etches et al. 2008, Kassim und Sykes 1982, Lin et al 2004, Lin et al. 2005, Mack et al. 2013, Quinteiro-Filho et al. 2010, Rozenboim et al. 2007, Tanizawa et al. 2014, Yahav und Hurwitz 1996, Yahav und McMurtry 2001).

#### **5.1.1. Verhaltensänderungen**

In Reaktion auf beginnenden Hitzestress ändern die Tiere ihr Verhalten, um der erhöhten Temperatur und deren Konsequenzen entgegenzuwirken. Masthühner und Legehennen reduzieren im Allgemeinen ihre Aktivitäten und versuchen durch verstärktes Halsrecken und Abspreizen der Flügel ihre Körperoberfläche zu vergrößern (Etches et al. 2008, Mack et al. 2013, Tanizawa et al. 2014), damit thermoregulatorische Mechanismen (siehe Kapitel 2.3) effektiv genutzt werden können. Veränderungen im Verhalten der Tiere können bereits bei 32 °C beobachtet werden (Mack et al. 2013). Da Auswirkungen auf das Verhalten der Tiere nur in sehr wenigen Studien näher untersucht bzw. genau dokumentiert wurden, könnte es gut möglich sein, dass Tiere diese Reaktionen bereits bei niedrigeren Umgebungstemperaturen zeigen, da im Verhältnis zu anderen Mechanismen wenig Energie aufgewendet werden muss.

### **5.1.2. Anstieg der Körpertemperatur**

Eine Erhöhung der Körpertemperatur konnte nach einer Hitzeexposition mehrfach nachgewiesen werden (Al-Fataftah und Abu-Dieyeh 2007, Altan et al. 2000, Cooper und Washburn 1998, Lin et al. 2005, Rozenboim et al. 2007, Tanizawa et al. 2014, Yahav und Hurwitz 1996, Yahav und McMurtry 2001). Die Ergebnisse der Literatur lassen darauf schließen, dass bei einer Umgebungstemperatur von 32 °C thermoregulatorische Mechanismen nicht mehr ausreichend sind, um die Körperkerntemperatur konstant halten zu können und diese zu steigen beginnt (Cooper und Washburn 1998). Wie in vorherigen Kapiteln bereits erläutert wurde, können die Folgen einer Hyperthermie letal sein (Guyton und Hall 2006, Sjaastad et al. 2010, Von Engelhardt 2010). Es darf daher die Veränderung dieses Indikators nicht ignoriert oder verharmlost werden. Da der Anstieg der Körpertemperatur nicht nur von der Umgebungstemperatur, sondern auch von der relativen Luftfeuchtigkeit abhängt (Lin et al. 2005), sollte dies bei der Haltung berücksichtigt werden.

### **5.1.3. Erhöhte Atemfrequenz und Veränderung der Blutgase**

Um bei einer hohen Umgebungstemperatur Wärme vermehrt durch Evaporation abgeben zu können, steigt die Atemfrequenz beim Geflügel an. Beim Hecheln wird dem Blut aufgrund von Evaporation durch die Wasserdampfbildung laufend Sauerstoff entzogen, was eine respiratorische Alkalose und Hypokapnie verursacht (Mehner und Hartfiel 1983). In der Vergangenheit wurde dies mehrfach nachgewiesen (Kassim und Sykes 1982, Lin et al. 2004, Mack et al 2013, El Hadi und Sykes 1982, Tanizawa 2014). Bereits ab einer Hitzebelastung von 30 °C beginnen die Tiere ihre Atmung zu forcieren bzw. zu hecheln (Kassim und Sykes 1982). Auch der Säure-Basen-Haushalt wird durch Veränderungen der Blutgase ab diesem Breaking Point beeinflusst. Ab einer Umgebungstemperatur von 35 °C konnte ein erhöhter Blut-pH-Wert und somit eine respiratorische Alkalose nachgewiesen werden (El Hadi und Sykes 1982). Offensichtlich beginnen die Tiere umso früher zu hecheln und frequenter zu atmen, je intensiver die Wärmebelastung ist (El Hadi und Sykes 1982, Tanizawa et al. 2014).

### **5.1.4. Veränderungen im Hormonhaushalt**

In der Literatur wurde eine Veränderung der Schilddrüsenwerte im Blut ab einer Umgebungstemperatur von 30 °C nachgewiesen (Lin et al. 2004). Aufgrund der Tatsache, dass

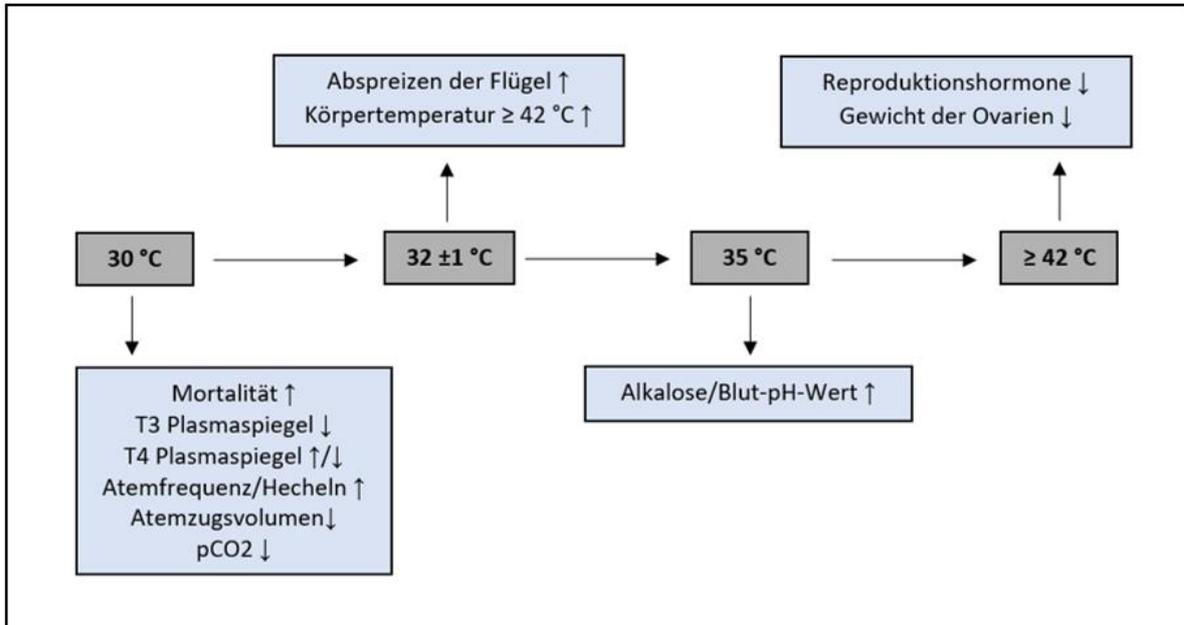
Studien, die als Folge der Hitzebelastung eine verminderte T3-Plasmakonzentration nachwiesen, auch einen verminderten ADFI-Wert beobachten konnten (Lin et al. 2004, Mack et al. 2013), kann vermutet werden, dass eine Verbindung zwischen dem Abfall der Schilddrüsenhormone und reduziertem Appetit besteht. Da ein Einfluss von Hitze auf die T4-Plasmakonzentration nicht eindeutig bestätigt werden konnte (Mack et al. 2013), muss dieser Blutwert kritisch hinterfragt werden.

Auch ein Einfluss von Hitzestress auf die Reproduktionshormone konnte bei einer Umgebungstemperatur von 42 °C nachgewiesen werden. Da sich dieser Breaking Point nur auf das Versuchsergebnis einer Publikation (Rozenboim et al 2007) stützt, ist kritisch zu hinterfragen, ob eine Änderung dieses Indikators tatsächlich erst bei 42 °C eintritt. Eine Erklärung des geringeren ovariellen Gewichtes könnte ein reduzierter Blutfluss zu den Ovarien aufgrund peripherer Vasodilatation sein (Rozenboim et al 2007). Ein Anstieg des Blutflusses zur peripheren Oberfläche geschieht als physiologische Anpassungsmaßnahme, um Wärme über Radiation und Konduktion abzugeben (Etches et al. 2008).

#### **5.1.5. Erhöhte Mortalität**

Dass Hyperthermie nicht nur das tierische Wohlergehen beeinträchtigt und eine Reduktion der biologischen Leistungsdaten verursacht, sondern auch zu einer erhöhten Mortalität führt, wird in verschiedenen Studien beobachtet (Al-Fataftah und Abu-Dieyeh 2007, Mashaly et al. 2004, Quinteiro-Filho et al. 2010, Yahav und Hurwitz 1996, Yahav und McMurtry 2001, Yalçin et al. 2001). Bei einem Breaking Point von 30 °C besteht mit einer erhöhte Mortalitätsrate bereits eine lebensbedrohliche Situation (Al-Fataftah und Abu-Dieyeh 2007). Insbesondere bei einer Umgebungstemperatur von über 35 °C wurden enorme Anstiege der Mortalität beobachtet (Al-Fataftah und Abu-Dieyeh 2007, Mashaly et al. 2004, Quinteiro-Filho et al. 2010, Yahav und Hurwitz 1996, Yahav und McMurtry 2001).

Die Abb. 6 präsentiert die Breaking Points der Hitzestress-Indikatoren des Verhaltens und der Physiologie der Legehennen und des Mastgeflügels.



**Abb. 6.** Breaking Points und Auswirkungen auf die Hitzestress-Indikatoren des Verhaltens und der Physiologie der Legehennen und des Mastgeflügels.

## **5.2. Hitzestress-Indikatoren: Ernährung und Produktionsleistung**

In der untersuchten Literatur lassen sich mehrheitlich negative Tendenzen der biologischen Leistungsdaten infolge von Hitzestress erkennen. Hohe Umgebungstemperaturen können nachweislich zu einem veränderten Ernährungsverhalten und einer gravierenden Leistungsdepression in der Geflügelproduktion führen (Aengwanich 2007, Al-Fataftah und Abu-Dieyeh 2007, Feizi et al. 2012, Lin et al. 2004, Mashaly et al. 2004, May et al. 1998, Quinteiro-Filho et al. 2010, Roberts und Ball 1998, Rozenboim et al. 2007, Talukder et al. 2010, Yahav et al. 2000).

### **5.2.1. Veränderungen in der Futter- und Wasseraufnahme**

Infolge von Hitzestress lassen sich in der gesichteten Literatur Veränderungen des Trinkverhaltens (Feizi et al. 2012, Yahav et al. 2000) und der Futteraufnahme (Aengwanich 2007, Al-Fataftah und Abu-Dieyeh 2007, Feizi et al. 2012, Lin et al. 2004, May et al. 1998, Quinteiro-Filho et al. 2010, Roberts und Ball 1998, Yahav et al. 2000) der Tiere erkennen. Der Breaking Point der Verringerung der durchschnittlichen täglichen Futteraufnahme liegt bei 30 °C (Lin et al. 2004). Ab einer Temperatur von 32 °C wird von einer gesteigerten Wasserzunahme berichtet (Feizi et al. 2012).

### **5.2.2. Reduktion der Legeleistung**

Untersuchungen zeigen, dass intensive Hitzebelastung zu einer Reduktion der biologischen Leistung in der Legeproduktion führt. Die für die Geflügelproduktion ausschlaggebenden Legeleistungsparameter wie Eierproduktion, Eigewicht, Eischalengewicht und Eischalendicke korrelieren negativ mit einem Anstieg der Umgebungstemperatur. Steigt die Umgebungstemperatur, so verringern sich die zuvor angeführten Legeleistungsparameter (Feizi et al. 2012, Mashaly et al. 2004, Roberts und Ball 1998, Rozenboim et al. 2007, Talukder et al. 2010, Yahav et al. 2000). Der Breaking Point in Bezug auf eine abnehmende Eierproduktion (Feizi et al. 2012) und eine Reduktion der Eischalendicke sowie des Eigewichts liegt bei 32 °C (Talukder et al. 2010). Bei 33 °C tritt eine Verringerung des Eischalengewichts auf (Roberts und Ball 1998). Zusätzlich resultiert eine schlechtere Eischalenqualität in einem Anstieg zerbrochener Eier und Eiern mit beschädigter Schale (Feizi et al. 2012, Yahav et al. 2000). Es wird angenommen, dass ein verändertes Ei- und Eischalengewicht sowie eine geringere

Eischalendicke durch eine reduzierte Kalziumversorgung verursacht wird. Ursächlich für eine verminderte Kalziumaufnahme ist die bei Hitzestress verminderte Futtermittelaufnahme (Feizi et al. 2012, Roberts und Ball 1998). Es kann daher angenommen werden, dass bei 32 °C die Legeleistungsparameter vermindert und wirtschaftliche Verluste in der Legeproduktion zu erwarten sind.

### 5.2.3. Verluste in der Mastproduktion

Nicht nur bei der Legeleistung kommt es aufgrund von Hitzestress zu Einbußen, sondern auch in der Geflügelmast zeigen sich die Auswirkungen von Hitzestress anhand negativer Tendenzen der Produktionsparameter wie das Körpergewicht und die ADWG sowie der FCR (Aengwanich 2007, Al-Fataftah und Abu-Dieyeh 2007, Lin et al. 2004, Quinteiro-Filho et al 2010). Ab einem Breaking Point von 30 °C wird eine Reduktion des Körpergewichtes und der ADWG verzeichnet (Quinteiro-Filho et al 2010). Auch ein Anstieg der FCR ist bei einer erhöhten Wärmebelastung sichtbar (May et al. 1998).

Abb. 7 präsentiert die Breaking Points, bei denen Änderungen in den zuvor definierten Hitzestress-Indikatoren aufgrund der Hitzebelastung auftreten.

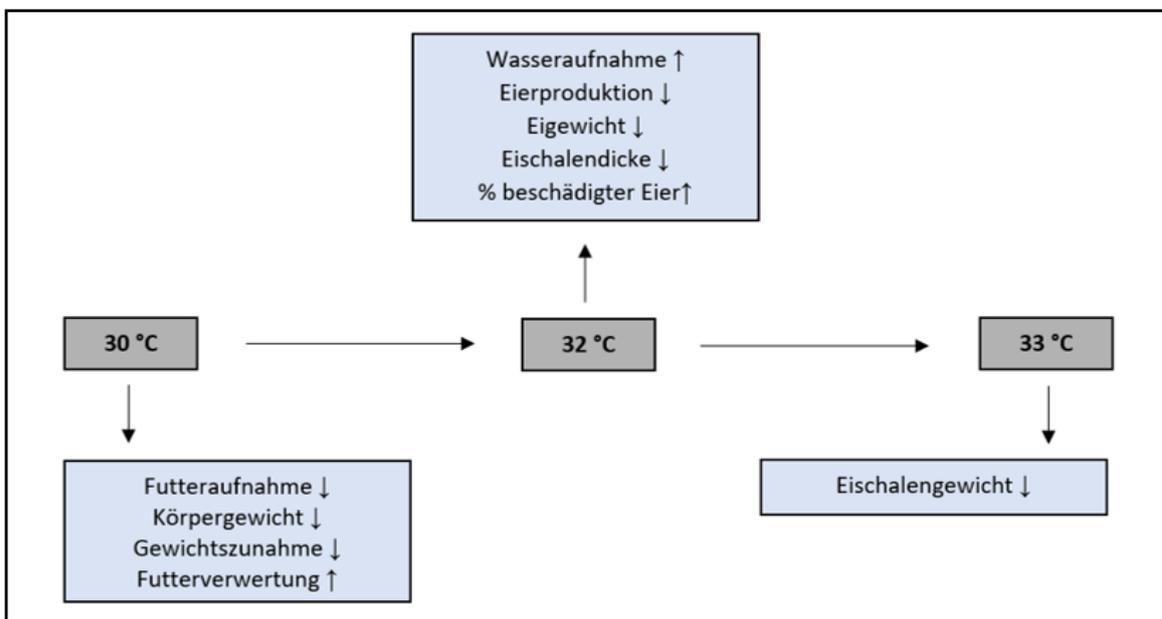


Abb. 7. Breaking Points für die Ernährung und die Produktionsleistung der Legehennen und des Mastgeflügels und die sich ändernden Hitzestress-Indikatoren.

### 5.3. Hitzestress und Tierschutz

#### 5.3.1. Tierschutzrechtliche Erörterung von Hitzestress

Im österreichischen Gesetzestext ist das Verbot verankert, Tieren ungerechtfertigt Schmerz, Leiden oder Schaden zuzufügen. Insbesondere wird die Temperatur als möglicher Auslöser für Schmerz, Leiden sowie Schaden und Angst angeführt (BGBl. I Nr. 118/2004).

Folgende Rechtsvorschriften des österreichischen Bundesgesetzes über den Schutz der Tiere (Tierschutzgesetz – TSchG) sind im Hinblick auf Hitzestress bei Legehennen und Mastgeflügel relevant:

*„§ 5. (1) Es ist verboten, einem Tier ungerechtfertigt Schmerzen, Leiden oder Schäden zuzufügen oder es in schwere Angst zu versetzen.*

*(2) Gegen Abs. 1 verstößt insbesondere, wer*

*[...]*

*10. ein Tier Temperaturen, Witterungseinflüssen, Sauerstoffmangel oder einer Bewegungseinschränkung aussetzt und ihm dadurch Schmerzen, Leiden, Schäden oder schwere Angst zufügt;*

*[...]*

*13. die Unterbringung, Ernährung und Betreuung eines von ihm gehaltenen Tieres in einer Weise vernachlässigt, dass für das Tier Schmerzen, Leiden oder Schäden verbunden sind oder es in schwere Angst versetzt wird;*

*[...]“*

Um dem Tierschutzgesetz gerecht zu werden und beurteilen zu können, ob Hitzestress nach der aktuellen Rechtslage verpflichtend vermieden werden muss, ist es notwendig die genannten Begriffe Schmerz, Leiden und Schaden zu definieren.

*Schmerz:*

Die in der Fachliteratur allgemein anerkannte Definition von Schmerz der International Association for the Study of Pain (IASP) definiert Schmerz als eine unangenehme, sensorische

und emotionale Erfahrung, die mit tatsächlicher oder potenzieller Gewebsschädigung verbunden ist oder in Form eines solchen Schadens empfunden wird.<sup>19</sup> Da Schmerzreaktionen beim Geflügel vielfach nur schwach ausgeprägt sind und eine klinische Beurteilung von Schmerzempfinden beim Vogel meist schwer durchzuführen ist, darf dies keinesfalls als geringere Schmerzempfindlichkeit missinterpretiert werden (Baumgartner 2005).

*Leiden:*

Tierisches Leiden umfasst alle vom Begriff des Schmerzes nicht erfassten Störungen im Wohlbefinden, die über ein schlichtes Unwohlsein hinausgehen und eine nicht ganz unwesentliche Zeitspanne fortauern. Einwirkungen und sonstige Beeinträchtigungen des Wohlbefindens, die der Wesensart und den Instinkten des Tieres zuwiderlaufen und vom Tier gegenüber seinem Selbst- oder Arterhaltungstrieb als lebensfeindlich empfunden werden, können als Leiden bezeichnet werden. Dabei werden nicht nur Schmerzen als potenzielle Ursache für Leiden gesehen, sondern auch psychische Leiden. Dies schließt Angst und negativen Stress mit ein.<sup>20</sup>

*Schaden:*

Sobald sich der körperliche oder geistige Zustand eines Tieres nicht nur für kurze Zeit, sondern dauerhaft verschlechtert, kann dies als Schaden bezeichnet werden. Ein Schaden kann folglich auch von seelischer Natur sein, was Verhaltensauffälligkeiten miteinbezieht.<sup>21</sup>

Neben dem Verbot Tieren Schmerz, Leid oder Schaden zuzuführen und auszusetzen, verpflichtet das österreichische Tierschutzgesetz TierhalterInnen, das Tier so zu halten, dass nach dem Stand der Wissenschaft tierisches Wohlbefinden gewährleistet wird (BGBl. I Nr. 118/2004):

*„§ 13. (1) Tiere dürfen nur gehalten werden, wenn auf Grund ihres Genotyps und Phänotyps und nach Maßgabe der folgenden Grundsätze davon ausgegangen werden kann, dass die*

---

<sup>19</sup> <https://www.iasp-pain.org/Education/Content.aspx?ItemNumber=1698&navItemNumber=576#Pain> (Zugriff: 10.04.2020)

<sup>20</sup> [https://www.oegt.at/smart\\_users/ssi/user94/explorer/38/pdf/OETT\\_LEITBILD\\_2011.pdf](https://www.oegt.at/smart_users/ssi/user94/explorer/38/pdf/OETT_LEITBILD_2011.pdf) (Zugriff: 10.04.2020)

<sup>21</sup> [https://www.oegt.at/smart\\_users/ssi/user94/explorer/38/pdf/OETT\\_LEITBILD\\_2011.pdf](https://www.oegt.at/smart_users/ssi/user94/explorer/38/pdf/OETT_LEITBILD_2011.pdf) (Zugriff: 10.04.2020)

*Haltung nach dem anerkannten Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse ihr Wohlbefinden nicht beeinträchtigt.*

[...]“

*Tierisches Wohlbefinden:*

Das „tierische Wohlbefinden“ wird als Zustand physischer und psychischer Harmonie des Tieres mit sich und mit seiner Umwelt beschrieben. Die Freiheit von Schmerzen und Leiden wird für tierisches Wohlbefinden vorausgesetzt. Dieser harmonische Zustand wird geprägt von einer vollständigen Gesundheit und einem der Tierart entsprechenden physiologischen Verhalten. Eine weitere Voraussetzung für das Wohlbefinden ist eine tierartgerechte Haltungsumwelt, die dem Tier die Möglichkeit bietet, sein artgemäßes Verhalten zu entwickeln und auszuüben.<sup>22</sup>

Leider bleibt dem Nutzgeflügel in der heutigen Intensivhaltung infolge von nach Alter, Geschlecht und Nutzungsrichtung getrennter Haltung das Ausleben der artspezifischen Sozialstruktur weitgehend verwehrt. Einige instinktive Verhaltensmuster sind daher teilweise gegenstandslos geworden. Beispiele hierfür sind der Verlust der Vielfältigkeit des Balz- und Paarungsverhaltens aufgrund des Einsatzes künstlicher Besamungen oder das Fehlen der Versorgung der Küken durch ihre Glucke infolge der mutterlosen Kükenaufzucht. Trotz allem sind manche typischen Komfortverhaltensmuster, wie die Gefiederpflege oder das Staubbaden, erhalten geblieben (Siegmann und Neumann 2005).

Es lassen sich bei Hitzestress bestimmte Verhaltensmuster beobachten, die den Tieren helfen die Wärmebelastung zu kompensieren. Beispiele sind das räumliche Distanzieren zu ihren Artgenossen, ein vermehrtes Halsrecken und das Abspreizen der Flügel (siehe Kapitel 4.1.1). Hierfür bedarf es eines ausreichenden Platzangebotes sowie einer Besatzdichte, die genügend Bewegungsfreiheit und arteigenes Verhalten zulässt.

---

<sup>22</sup> [https://www.oegt.at/smart\\_users/ssi/user94/explorer/38/pdf/OETT\\_LEITBILD\\_2011.pdf](https://www.oegt.at/smart_users/ssi/user94/explorer/38/pdf/OETT_LEITBILD_2011.pdf) (Zugriff: 10.04.2020)

Laut dem österreichischen Tierschutzgesetz (BGBl. I Nr. 118/2004) müssen die Tiere so gehalten werden, dass sie ihr Verhalten ausüben können und ihnen ausreichend Platz zur Verfügung steht, um sich bei unangenehmen Situationen anpassen zu können:

*„§ 13. [...]*

*(2) Wer ein Tier hält, hat dafür zu sorgen, dass das Platzangebot, die Bewegungsfreiheit*

*[...]*

*sowie die Möglichkeit zu Sozialkontakt unter Berücksichtigung der Art, des Alters und des Grades der Entwicklung, Anpassung und Domestikation der Tiere ihren physiologischen und ethologischen Bedürfnissen angemessen sind.*

*(3) Tiere sind so zu halten, dass ihre Körperfunktionen und ihr Verhalten nicht gestört werden und ihre Anpassungsfähigkeit nicht überfordert wird.*

*[...]“*

Das „Handbuch Geflügel“ (2018) kommentiert die Rechtslage über die Geflügelhaltung in Österreich laut der 1. Tierhaltungsverordnung (BGBl. II Nr. 485/2004 idF BGBl. II Nr. 151/2017) und zeigt Haltungsempfehlungen für die Praxis auf (Dörflinger und Eder 2018).

In der Geflügelhaltung wird die erforderliche Fläche und die Besatzdichte nach dem Haltungssystem bestimmt (Dörflinger und Eder 2018).

Bei Legehennen und Zuchttieren wird zwischen Alternativsystemen mit einer oder mit mehreren nutzbaren Ebenen (Volieren) unterschieden, wobei ein Alternativsystem als jedes Haltungssystem definiert ist, das keine Käfighaltung ist. In Alternativsystemen mit mehreren nutzbaren Ebenen müssen im Gegensatz zu Alternativsystemen mit einer Ebene mindestens 25 % der gesamten nutzbaren Fläche als zusätzliche Ebenen in Form von erhöhten Gitterrostflächen mit einer Entmistung zur Verfügung stehen. Das Besatzdichtenschema für Alternativhaltungssysteme mit nur einer nutzbaren Ebene ist in Stufen mit zusätzlichen Einrichtungen aufgebaut. Eine höhere Besatzdichte kann durch Zusatzeinrichtungen wie erhöhte Sitzstangen, erhöhte Fütterungen oder Außenscharrräume ermöglicht werden (Dörflinger und Eder 2018). Die Mindestfläche, die den Legehennen als nutzbare Fläche zur

Verfügung gestellt werden muss, ist im Alternativhaltungssystem mit einer Ebene 1 m<sup>2</sup> nutzbare Fläche pro 7 Tiere. Bei Systemen mit zusätzlich erhöhten Sitzstangen muss die nutzbare Fläche mindestens 1 m<sup>2</sup> pro 7,5 Tiere betragen. Falls erhöhte Fütterungen oder Außenscharräume vorhanden sind, beträgt die nutzbare Fläche mindestens 1 m<sup>2</sup> pro 8 Tiere und bei Systemen mit erhöhten Fütterungen und Außenscharräumen mindestens 1 m<sup>2</sup> pro 9 Tiere. Die nutzbare Fläche ist in einem Stall mit mehreren Ebenen ebenfalls mindestens 1 m<sup>2</sup> pro 9 Tiere. Bei Mast-Zuchttieren muss eine Mindestfläche von 1 m<sup>2</sup> pro 30 kg Gewicht der Tiere zur Verfügung gestellt werden. Mast-Zuchttiere sind Hennen im legereifen Alter und Hähne, die zur Erzeugung von Bruteiern von Masthühnern gehalten werden. Es sollten bezogen auf die Stallbodenfläche nicht mehr als 18 Tiere pro m<sup>2</sup> eingestallt werden (Dörflinger und Eder 2018).

Im Falle von Masthühnern wird zwischen Haltungssystemen mit oder ohne zusätzlichem Auslauf unterschieden. Die maximale Besatzdichte beträgt für Masthühner 30 kg Gewicht pro m<sup>2</sup> und falls Auslauf gewährt wird, beläuft sich die Mindestauslauffläche für Masthühner auf 2 m<sup>2</sup> pro Tier (Dörflinger und Eder 2018).

Um Legehennen und Masthühnern auch bei Hitzestress ein arteigenes Verhalten zu ermöglichen und Gesundheitsschäden zu vermeiden, sollte im Hinblick auf die Besatzdichte kritisch hinterfragt werden, ob die derzeit maximal zulässige Besatzdichte den Anforderungen einer Hitzebelastung gerecht wird oder ob die Höchstbesatzdichte in Zukunft angepasst bzw. verringert werden muss.

Die Grundsätze der Tierhaltung, der Futter- und Wasserversorgung sowie der baulichen Ausstattungen und Haltungsvorrichtungen, sind ebenfalls im österreichischen Tierschutzgesetz (BGBl. I Nr. 118/2004) festgesetzt. Nach dem Gesetz werden folgende Anpassungen hinsichtlich der kritischen Wärmebelastung verordnet:

*„§ 13. [...]*

*(2) Wer ein Tier hält, hat dafür zu sorgen, dass*

*[...]*

*die Bodenbeschaffenheit, die bauliche Ausstattung der Unterkünfte und Haltungsvorrichtungen, das Klima, insbesondere Licht und Temperatur, die Betreuung und Ernährung sowie die Möglichkeit zu Sozialkontakt unter Berücksichtigung der Art, des Alters und des Grades der Entwicklung, Anpassung und Domestikation der Tiere ihren physiologischen und ethologischen Bedürfnissen angemessen sind.*

[...]

**§ 18.** [...]

*(5) Die Luftzirkulation, der Staubgehalt der Luft, die Temperatur, die relative Luftfeuchtigkeit und die Gaskonzentration – bei Wassertieren, die Temperatur, die Schadstoffkonzentration und der Sauerstoffgehalt des Wassers – müssen in einem Bereich gehalten werden, der für die Tiere unschädlich ist. Hängt das Wohlbefinden der Tiere von einer Lüftungsanlage ab, ist eine geeignete Ersatzvorrichtung vorzusehen, die bei Ausfall der Anlage einen für die Erhaltung des Wohlbefindens der Tiere ausreichenden Luftaustausch gewährleistet; es ist ein Alarmsystem vorzusehen, das den Ausfall der Lüftungsanlage meldet. Das Alarmsystem ist regelmäßig zu überprüfen.*

[...]“

In der Geflügelhaltung sollte die Stalltemperatur während des gesamten Jahres annähernd den Vorgaben der Managementempfehlungen entsprechen und eine zu hohe Stalltemperatur durch den Einsatz von Kühlanlagen vermieden werden. Um die Tiergesundheit bei Hitzestress nicht zu gefährden und ein schlechtes Stallklima zu vermeiden, müssen in geschlossenen Ställen natürliche oder mechanische Lüftungsanlagen vorhanden sein. Diese müssen entsprechend bedient oder geregelt werden, sodass ihre Funktionsfähigkeit gewährleistet ist. Da bei Ausfall der mechanischen Lüftungsanlage, die Gefahr besteht, dass die Tiere unter der thermischen Situation leiden und aufgrund von Hitzestress versterben, müssen Alarmsysteme und Ersatzsysteme vorhanden und funktionstüchtig sein. Die regelmäßige Überprüfung und Wartung von Lüftungsanlagen sowie Alarmsystemen und Ersatzsystemen ist vorgeschrieben und muss durch qualifiziertes Personal erfolgen. Eine Vorrichtung zum Anschluss eines Notstromaggregates wird bei größeren Stallungen zusätzlich empfohlen (Dörflinger und Eder 2018).

Zudem wird empfohlen, die Zuluft in Legehennenstallungen nicht über Fenster in den Stall zu leiten, da bei deren Verdunkelung eine ausreichende Frischluftzufuhr oft nicht mehr gewährleistet wird. Daher sollte die Zufuhr von Frischluft über eigene Lüftungsklappen erfolgen. Es muss sichergestellt werden, dass bei natürlichen Lüftungssystemen ohne Verwendung von zusätzlichen mechanischen Lüftungsanlagen der Luftwechsel ausreichend sichergestellt werden kann. In größeren Stallungen haben sich Systeme, die ausschließlich mit natürlichen Lüftungsanlagen versehen sind bisher nicht bewährt, weshalb ein Einsatz von mechanischen Lüftungsanlagen empfohlen wird. Der Einsatz von Schwerkraftlüftungen ist bei Mastgeflügelstallungen ebenfalls möglich (Dörflinger und Eder 2018).

Bei der Verwendung von Lüftungsanlagen in geschlossenen Ställen muss dafür gesorgt werden, dass der Luftwechsel dauernd und ausreichend ist. Es darf im Tierbereich allerdings nicht zu schädlichen Zuglufterscheinungen kommen. Während der Hitzeperioden im Sommer kann Hitzestress durch die Erhöhung der Luftgeschwindigkeit vermieden werden. Eine Mindestluftfrate von  $4,5 \text{ m}^3$  pro Stunde und kg Lebendgewicht sollte zur Sicherstellung einer ausreichenden Luftfrate im Sommer erzielt werden. Um die Tiergesundheit durch Zugluft nicht zu gefährden, soll die Luftströmung im Aufenthaltsbereich der Tiere den Wert von  $1,5 \text{ m/s}$  im Sommer nicht überschreiten (Dörflinger und Eder 2018).

In der intensiven Geflügelhaltung werden die Tiere zumeist in geschlossenen zwangsbelüfteten Ställen gehalten. Von großer Wirksamkeit sind vor allem Lüftungsanlagen mit Erdwärmetauscher. Systeme mit Erdwärmetauscher sind effizient, da sie Temperaturschwankungen minimieren und neben einer effektiven Kühlung im Sommer auch eine Wärmezufuhr im Winter leisten. Lüftungsanlagen, die mithilfe von Cooling Pads eine direkte evaporative Kühlung versprechen, sind im Verhältnis zwar kostengünstig, es kann jedoch durch ein zu hohes Feuchtigkeitsniveau eine nicht gewünschte Durchfeuchtung des Einstreus begünstigt werden. Es besteht außerdem die Möglichkeit, einen herkömmlichen Erdwärmespeicher mit Cooling Pads zu kombinieren. Ein Kühlungssystem dieser Art wird als indirekte evaporative Kühlung bezeichnet und macht eine evaporative Kühlung möglich, ohne die Luftfeuchtigkeit zu erhöhen (Weber 2018).

Legehennen und Masthühner zeigen bei Hitzestress eine gesteigerte Wasseraufnahme, weshalb eine ausreichende Wasserversorgung sichergestellt werden muss. Bezüglich des Wasserbedarfs der Tiere schreibt das österreichische Tierschutzgesetz (BGBl. I Nr. 118/2004) folgendes vor:

*„§ 17. (1) Die Tiere müssen entsprechend ihrem Bedarf Zugang zu einer ausreichenden Menge Wasser von geeigneter Qualität haben.*

*[...]“*

Um den gesetzlichen Anforderungen zu entsprechen, muss zumindest eine ausreichende Wasserversorgung der Tiere gewährleistet sein. Es ist sicherzustellen, dass alle Tiere ungehinderten Zugang zu Tränkvorrichtungen haben und auch unterlegenen oder kranken Tieren ausreichend Wasser zur Verfügung steht. Das Tränkwasser und die Tränkvorrichtungen dürfen nicht verunreinigt sein (Dörflinger und Eder 2018).

Für Legehennen und Zuchttiere ab der 20. Lebenswoche muss die Tränkrinnenlänge pro Tier mindestens 2,5 cm betragen. Bei Rundtränken muss die Tränkrinnenseite mindestens 1,5 cm pro Tier lang sein. Unter einer Rundtränke versteht man eine Tränke, die eine stehende Wasseroberfläche aufweist und ein Schöpftrinken von mehreren Tieren gleichzeitig ermöglicht. Bei Verwendung von Trinknippeln oder Trinkknäpfen muss für je zehn Tiere zumindest eine der Trinkmöglichkeiten im Stall zur Verfügung stehen. Des Weiteren sieht das Gesetz vor, dass pro Trinkmöglichkeit eine Weitere vorhanden sein muss, damit auch bei Ausfall eine ausreichende Wasserversorgung gewährleistet ist. Somit müssen in der Praxis für je zehn Tiere mindestens zwei Trinkmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Hierbei sollte der Mindestabstand zwischen den Trinknippeln oder Trinkknäpfen 10 cm betragen (Dörflinger und Eder 2018).

Bei Masthühnern, die schwerer als 750 g sind, muss die Tränkrinnenlänge mindestens 2,5 cm pro Tier betragen. An der Rundtränke muss die Tränkrinnenlänge mindestens 1,2 cm pro Masthuhn sein. Ein Trinknippel oder Tränknopf darf von maximal 15 Masthühnern verwendet werden. Wobei nach den Managementempfehlungen für je zwölf Tiere zumindest ein Nippel oder Tränknopf zur Verfügung stehen sollte. Bei Verwendung eines Tränke-Cups muss mindestens ein Cup für jeweils 60 Tiere bereitgestellt werden (Dörflinger und Eder 2018).

Falls Legehennen oder Masthühner vorübergehend oder über eine längere Zeit nicht in Unterkünften untergebracht sind, müssen die Tiere vor gefährlichen Witterungsbedingungen, wie starker Sonneneinstrahlung und hoher Außentemperatur, geschützt sein. Dies kann durch einen ausreichend großen Unterstand oder einen natürlichen Sonnen- bzw. Witterungsschutz erfolgen (Dörflinger und Eder 2018).

Die TierhalterInnen sind folglich gesetzlich dazu verpflichtet, die Haltung der Tiere so zu gestalten, dass diese den physiologischen und ethologischen Bedürfnissen der Tiere gerecht werden und die Tiere vor Leid und Schmerz geschützt sind. Dies schließt auch Hitzestress mit ein. Die TierhalterInnen müssen daher fähig sein, Hitzestress der Tiere im Bestand zu erkennen und sind dazu verpflichtet regelmäßige Kontrollen durchzuführen.

Die Betreuung und Kontrolle der Tiere muss durch qualifiziertes Personal erfolgen, das über die erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten zur angemessenen Versorgung der Tiere verfügt. Eine Kontrolle für alle Tiere muss mindestens einmal am Tag erfolgen, bei Masthühnern zweimal täglich. (Dörflinger und Eder 2018). Insbesondere während bedrohlichen Hitzeperioden in den Sommermonaten sind häufige Kontrollen von großer Bedeutung. Nur durch regelmäßiges Beobachten des Tierverhaltens und Erkennen von beginnendem Hitzestress können optimale Managemententscheidungen für den Bestand der Tiere hinsichtlich der Unterstützung der Thermoregulation getroffen werden. Hierbei steht im Vordergrund das tierische Wohlbefinden nicht zu gefährden und die gesetzlich vorgeschriebenen Haltungsbedingungen einzuhalten.

Hitzestress birgt vor allem während eines Transportes eine Gefahr für die Tiere (Sjaastad et al. 2010). Daher sollte vor und während des Transportes gewissenhaft überprüft werden, ob der Wasserzugang ausreichend ist und genügend Ventilation gewährleistet wird. Das europäische Parlament fordert Mitgliedstaaten der europäischen Union dazu auf, Tiertransporte nur dann zu genehmigen, wenn laut Wetterbericht während der gesamten Transportzeit keine Umgebungstemperatur von über 30 °C zu erwarten ist.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2019-0057\\_DE.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2019-0057_DE.html) (Zugriff: 06.04.2020)

Neben der gesetzlichen Verpflichtung, die Tiere artgerecht und frei von Leid und Schmerz zu halten, sind auch Pflichtmaßnahmen bezüglich des Tiertransportes im österreichischen Tierschutzgesetz (BGBl. I Nr. 118/2004) verankert:

*„§ 11. (1) Soweit Transporte, einschließlich der Ver- und Entladung, nicht unter die Bestimmungen der Verordnung (EG) Nr. 1/2005 über den Schutz von Tieren beim Transport und damit zusammenhängenden Vorgängen sowie zur Änderung der Richtlinien 64/432/EWG und 93/119/EG und der Verordnung (EG) Nr. 1255/97, ABl. Nr. L 3 S. 1, oder sonst unter das Tiertransportgesetz 2007, BGBl. I Nr. 54/2007 fallen, gelten Art. 3 sowie der Anhang I Kapitel I, II und III der Verordnung (EG) Nr. 1/2005 sinngemäß. Beim Transport von Wassertieren ist darauf zu achten, dass das Wasservolumen der Anzahl der beförderten Tiere angepasst ist, eine Erwärmung des Wassers und ein Absinken des Sauerstoffgehaltes vermieden wird und eine Fütterung unterbleibt.*

[...]“

Es muss daher während des Transports der Tieres sichergestellt sein, dass diese über einen ausreichend belüfteten Raum verfügen und Schutz vor ungünstigen Witterungsbedingungen haben. Zudem hat eine ausreichende Wasser- und Futterversorgung zu erfolgen.

### 5.3.2. Veterinärmedizinischer Standpunkt

Eine tiergerechte Haltung ist aus veterinärmedizinischer Sicht entscheidend für tierisches Wohlbefinden und Tiergesundheit. Haltungsbedingungen, die nicht tiergerecht sind, stellen potenzielle Pathogenesefaktoren für Geflügelkrankheiten und Ursachen für Leistungseinbußen im Bestand dar. Somit ist in der geflügelmedizinischen Praxis die Kontrolle der Haltungsbedingungen von großer Bedeutung. Die tierärztliche Bestandsbetreuung dient der prophylaktischen Sicherstellung der Tiergesundheit und kann als praktizierter Tierschutz gesehen werden (Siegmann und Neumann 2005). Die Tiergesundheit versteht sich nach der Definition der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als den Zustand des vollständigen körperlichen, psychischen und sozialen Wohlergehens.<sup>24</sup>

Die Aufgabe der VeterinärmedizinerInnen ist es, bei Auffälligkeiten im Bestand geeignete klinische Parameter im Rahmen von Untersuchungen zu erheben und diese Ergebnisse in ihrer Gesamtheit unter den vorherrschenden Umweltbedingungen zu interpretieren. Nach erfolgter Diagnose kann eine zielführende Therapie eingeleitet werden. Der Untersuchungsgang beim Geflügel besteht aus der Vorberichtserhebung, der Erfassung von Leistungsdaten, der Adspektion der Herde im Ruhezustand bzw. der durch Aufscheuchen bewegten Herde sowie der klinischen Einzeltieruntersuchung (Baumgartner 2005).

Aus veterinärmedizinischer Sicht kann davon ausgegangen werden, dass das Hausgeflügel im stressfreien Zustand folgende klinischen Merkmale zeigt (Baumgartner 2005):

- ungestörtes, der Tierart entsprechendes Allgemeinverhalten (ruhig und aufmerksam)
- der Tierart entsprechende Körperhaltung
- guter Ernährungszustand
- keine Auffälligkeiten an Haut und Federkleid (Federkleid glatt, glänzend und anliegend; Einzelfeder ohne Besonderheit)
- Hydratationszustand ohne Besonderheit
- konstante tierartspezifische innere Körpertemperatur
- Kopf- und Halsregion ohne Besonderheit
- tierartspezifische Atemfrequenz (Atemzüge pro Minute)

---

<sup>24</sup> <https://www.who.int/about/who-we-are/frequently-asked-questions> (Zugriff: 06.04.2020)

- Abdomen durchtastbar
- ungestörte Futter- und Wasseraufnahme
- Kloake und deren Umgebung ohne Besonderheit
- Extremitäten ohne Besonderheit
- neurologische Untersuchung ohne Besonderheit

Zieht man die aus der Literaturrecherche gewonnenen Erkenntnisse über die negativen Auswirkungen von Hitzestress heran (siehe Kapitel 5) und berücksichtigt die genannten klinischen Merkmale, kann aus veterinärmedizinischer Sicht davon ausgegangen werden, dass das Haushuhn bei einer erhöhten Umgebungstemperatur unter Hitzestress leidet. Im Rahmen der tierärztlichen Bestandsbetreuung ist daher auf Anzeichen von beginnendem Hitzestress zu achten. Darüber hinaus müssen TierärztInnen die TierhalterInnen über die Gefahr einer Hitzebelastung fachkundig aufklären.

Ein weiterer wichtiger Aspekt in der Veterinärmedizin im Zusammenhang mit erhöhten Umgebungstemperaturen ist die Gefahr einer durch Vektoren übertragenen Infektionskrankheit. Durch ein feuchteres und wärmeres Klima steigt die Population verschiedener Arthropoden wie Zecken oder Stechmücken an und somit steigt auch die Gefahr, dass diese Menschen und andere Tiere mit Arboviren infizieren (APCC 2014). Arboviren sind Viren, die durch Arthropoden übertragen werden können.<sup>25</sup> Durch die Klimaerwärmung verbessern sich in Österreich die klimatischen Bedingungen für verschiedene Arthropodenarten, die bisher nur in Südeuropa heimisch waren. Dies begünstigt wiederum das Auftreten von neuen bzw. exotischen Infektionskrankheiten (APCC 2014). Beim Geflügel lassen sich zahlreiche Arthropodenarten als Parasiten finden. Einige dieser Parasiten sind als Vektoren von bakteriellen und viralen Infektionserregern bekannt (Siegmann und Neumann 2005). Eine Virusübertragung durch Arthropoden wie Milben, insbesondere die Rote Vogelmilbe (*Dermanyssus gallinae*), Fliegen und Federlingen ist bei Avipoxviren möglich. Das Avipoxvirus spielt als Erreger der Geflügelpocken in der Geflügelhaltung eine wichtige Rolle, da es zu Verlusten in den Betrieben kommen kann.<sup>26</sup> Des Weiteren sind Stechmücken in der Lage Geflügel mit Plasmodien (z.B. *Plasmodium gallinaceum*) zu infizieren, welche die

---

<sup>25</sup> <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/arboviren/4724> (Zugriff: 26.04.2020)

<sup>26</sup> <https://www.ages.at/themen/krankheitserreger/gefluegelpocken/> (Zugriff: 26.04.2020)

Vogelmalaria hervorrufen. Bakterien können ebenfalls über Arthropoden übertragen werden. So kann sich das Geflügel über Insekten als Vektoren mit *Pasteurella multocida* infizieren und an der Geflügelcholera erkranken (Siegmann und Neumann 2005).

Das Wohlbefinden der Tiere ist für TierärztInnen von Berufs wegen von immenser Bedeutung. Daher sollten sie sich über die gesetzlich vorgeschriebenen Mindestanforderungen hinaus, für den Schutz der Tiere einsetzen.<sup>27</sup> Eine wichtige Grundvoraussetzung dieses Schutzes ist die Sicherstellung eines schmerz- und stressfreien Lebens ohne das Erfahren von Leid und Schaden. Nur durch Erreichen eines solchen Lebens kann tierisches Wohlbefinden gewährleistet werden.

---

<sup>27</sup> [https://www.oegt.at/smart\\_users/ssi/user94/explorer/38/pdf/OETT\\_LEITBILD\\_2011.pdf](https://www.oegt.at/smart_users/ssi/user94/explorer/38/pdf/OETT_LEITBILD_2011.pdf) (Zugriff: 10.04.2020)

#### 5.4. Schlussfolgerung

Laut Prognosen befindet sich das Klima in Österreich im Wandel. Für die Zukunft wird ein weiteres Ansteigen der Temperatur und der Anzahl heißer Tage mit Tageshöchstwerten von über 30 °C erwartet (Schauberger et al. 2019). Nutztiere wie Legehennen und Mastgeflügel leiden bei erhöhten Umgebungstemperaturen unter Hitzestress und der prognostizierte Klimawandel wird sich in naher Zukunft vermehrt negativ auf das tierische Wohlbefinden und die Tiergesundheit auswirken. Infolge dieser Belastung wird eine hitzestressfreie und tiergerechte Haltung ohne zusätzliche Stallkühlungssysteme und Anpassungsmaßnahmen im Stallmanagement an heißen Tagen nicht mehr möglich sein. Bauliche Maßnahmen wie Wärmeisolierung des Dachs und der Außenwände sowie die Vermeidung von direkter Sonneneinstrahlung durch Anpflanzung von Bäumen oder Verdunkelungen von Fensterflächen sollten umgesetzt werden. Ein adäquates Stallkühlungskonzept sollte mit zusätzlichen Maßnahmen im Stallmanagement kombiniert werden. Neben der kontinuierlichen Überwachung und Dokumentierung des Stallklimas müssen unbedingt Notfallmaßnahmen wie funktionstüchtige und regelmäßig gewartete Alarmanlagen und Notstromaggregate bereitstehen. Ein regelmäßiges Abfragen der Wettervorhersage bietet zudem die Möglichkeit rechtzeitig und vorausschauend zu handeln. Des Weiteren sind Anpassungsmaßnahmen in der Tränke- und Fütterungseinrichtung zu empfehlen. Erwägenswert ist eine Reduzierung der Futtermenge oder eine Änderung der Fütterungszeiten. Die Fütterungen könnten auf Tageszeiten gelegt werden, bei denen kühlere Umgebungstemperaturen vorherrschen. Eine stetige Versorgung mit sauberem kühlem Trinkwasser ist während einer Hitzeperiode unverzichtbar. Wesentlich ist es auch, einen ruhigen Umgang mit den Tieren zu pflegen, um diese nicht zusätzlich zu belasten (Dörflinger und Eder 2018). Die VeterinärmedizinerInnen, insbesondere jene, die dem Leitbild der Vereinigung der Österreichischen Tierärztinnen und Tierärzte für Tierschutz (ÖTT) folgen, sorgen im Rahmen ihrer Möglichkeiten für den bestmöglichen Schutz der Tiere in allen Lebensbereichen.<sup>28</sup> Dies schließt auch die Erfassung und Bewertung globaler Umweltveränderungen mit ein. Für eine solche Bewertung bedarf es

---

<sup>28</sup> [https://www.oegt.at/smart\\_users/ssi/user94/explorer/38/pdf/OETT\\_LEITBILD\\_2011.pdf](https://www.oegt.at/smart_users/ssi/user94/explorer/38/pdf/OETT_LEITBILD_2011.pdf) (Zugriff: 10.04.2020)

Fachwissen und die Berücksichtigung neuester Erkenntnisse in der Wissenschaft.<sup>29</sup> Um das Leben der Tiere nicht zu gefährden und deren Leiden zu verhindern, ist es somit erforderlich, neues Wissen über den Verlauf des Klimawandels, dessen Auswirkungen auf die Nutztierhaltung und eventuelle Lösungsmöglichkeiten zur Hitzereduktion im Stall zu gewinnen. Im Rahmen des Tierschutzes muss zudem kritisch hinterfragt werden, ob die gesetzlichen Bestimmungen in Österreich den Bedürfnissen der Tiere unter den neuen klimatischen Anforderungen gerecht werden. Ist dem nicht so, wird es notwendig sein, entsprechende Bestimmungen neu zu definieren, um den Tieren auch bei erhöhten Umgebungstemperaturen ein tiergerechtes Leben in Gesundheit zu ermöglichen.

---

<sup>29</sup> [https://www.oegt.at/smart\\_users/ssi/user94/explorer/38/pdf/OETT\\_LEITBILD\\_2011.pdf](https://www.oegt.at/smart_users/ssi/user94/explorer/38/pdf/OETT_LEITBILD_2011.pdf) (Zugriff: 10.04.2020)

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

In Folge der Erderwärmung sind die Umgebungstemperaturen in den letzten Jahrzehnten gestiegen, und in den Sommermonaten traten vermehrt schwerwiegende Hitzeperioden auf. Der prognostizierte Klimawandel wirkt sich hierbei auf die Nutztierhaltung und somit auch auf die Geflügelproduktion aus. Laut dem aktuellen „Grünen Bericht“ wurden 2018 insgesamt 13.141.023 Hühner in Österreich gehalten. Der Fleischanfall betrug 2018 109.587 Tonnen und die Produktion von Konsum- und Bruteiern lag 2017 bei 1,96 Milliarden Stück.

Vögel sind in der Lage ihre Körpertemperatur mithilfe von thermoregulatorischen Mechanismen konstant zu halten. Sobald die Hitzebelastung jedoch ein kritisches Level erreicht, reichen diese Mechanismen nicht mehr aus und die Tiere leiden unter Hitzestress. Um Hitzestress erkennen und richtig einschätzen zu können, bedarf es eines fachlich fundierten Bewertungskonzeptes.

Für die gegenständliche Literaturrecherche wurden Publikationen herangezogen und deren Ergebnisse analysiert. Anschließend wurden anhand der Ergebnisse geeignete Hitzestress-Indikatoren definiert und sogenannte „Breaking Points“ ermittelt. Mithilfe von Indikatoren und Breaking Points ist es möglich zu bewerten, ob das Geflügel unter Hitze leidet und ab welchen Temperaturen Auswirkungen in Verhalten, Physiologie und Produktionsleistung zu erwarten sind. Dieses Konzept kann zur Beurteilung des tierischen Wohlbefindens und der thermischen Situation in den Geflügelbetrieben herangezogen werden.

Bereits ab 30 °C kommt es zu einem Rückgang der täglichen Futteraufnahme und einer Abnahme der biologischen Leistungsdaten wie Körpergewicht und tägliche Lebendmassezunahme. Reaktionen wie eine erhöhte Atemfrequenz oder eine Steigerung der Mortalität sind zu verzeichnen. Ab 32 °C kommt es zu Einbußen in der Legeleistung. Die Tiere versuchen durch Verhaltensänderungen vermehrt Wärme abzugeben.

Trotz allem beginnt deren Körpertemperatur zu steigen. Anhand dieser Erkenntnisse muss kritisch hinterfragt werden, ob die gesetzlichen Haltungsverordnungen in Österreich den klimatischen Anforderungen gerecht werden. Um den Tieren auch bei Hitze ein Leben frei von Stress und Leid ermöglichen zu können, sind stallbauliche Maßnahmen und Anpassungen im Stallmanagement zur Stallkühlung und Unterstützung der Thermoregulation der Tiere erforderlich.

## 7. SUMMARY

As a result of global warming, ambient temperatures have risen in recent decades and severe heat waves are becoming more frequent in the summer months. The predicted climate change has a huge impact on livestock farming and thus also on poultry production. According to the current "Grüner Bericht", a total of 13,141,023 chickens were kept in Austria in 2018. Meat production in 2018 amounted to 109,587 tons and the production of consumer and hatching eggs was 1.96 billion in 2017.

Birds are able to keep their body temperature constant by means of thermoregulatory mechanisms. However, once heat stress reaches a critical level, these mechanisms are no longer sufficient, and the animals suffer from heat stress. In order to be able to recognize and correctly assess heat stress, an assessment concept is required.

For this literature research, topic-specific publications were considered and their results evaluated. Based on the results, heat stress indicators were defined and "breaking points" were determined. By checking the indicators and breaking points it is possible to assess whether the poultry suffers from heat stress and at which temperatures effects in behavior, physiology and production performance can be expected.

At an ambient temperature of 30 °C average daily feed intake starts to decrease and a decrease in body weight and average daily weight gain can be expected. An increased respiratory rate and an increase in mortality are observed. From approximately 32 °C onwards, a drop in laying performance can be seen and the body temperature of the birds begins to rise. Animals try to dispense heat by changing their behavior.

In order to enable the animals to live a life free of stress and suffering even in hot weather, cooling systems and adjustments in barn management are necessary to support the thermoregulation of the animals.

## 8. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
ADFI	Average Daily Feed Intake, durchschnittliche tägliche Futteraufnahme
ADWG	Average Daily Weight Gain, mittlere tägliche Lebendmassezunahme
ADWI	Average Daily Water Intake, durchschnittliche tägliche Wasseraufnahme
AF	Atemfrequenz
AFL	Abspreizen der Flügel
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
EB	Egg Breakage, Prozentsatz beschädigter Eier
EG	Eigewicht
EP	Eierproduktion
ESD	Eischalendicke
ESG	Eischalengewicht
FCR	Feed Conversion Ratio, Futtermittelverwertung
FSH	Follikelstimulierendes Hormon
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Bikarbonat
HH	Hormonhaushalt
HI	Hitzestress-Indikator
IASP	International Association for the Study of Pain
k. A.	keine Angabe
KG	Körpergewicht
KT	Körpertemperatur
LCT	Lower Critical Temperature, untere kritische Grenze der Umgebungstemperatur
LH	Luteinisierendes Hormon
LLT	Lower Lethal Temperature, untere letale Körpertemperatur
MR	Mortalitätsrate
pCO <sub>2</sub>	Kohlendioxidpartialdruck
pH	Blut-pH-Wert
T <sub>3</sub>	Trijodthyronin
T <sub>4</sub>	Thyroxin
Tab.	Tabelle
tlw.	teilweise
TNZ	Thermoneutralzone
UCT	Upper Critical Temperature, obere kritische Grenze der Umgebungstemperatur
ULT	Upper Lethal Temperature, obere letale Körpertemperatur
v.a.	vor allem
VUW	Veterinärmedizinische Universität Wien
WHO	Weltgesundheitsorganisation
z.B.	zum Beispiel

## 9. LITERATURVERZEICHNIS

Aengwanich W. 2007. Effects of High Environmental Temperature on the Productive Performance of Thai Indigenous, Thai Indigenous Crossbred and Broiler Chickens. *International Journal of Poultry Science*, 6(5): 349-353.

Aggarwal A, Upadhyay R. 2013. *Heat Stress and Animal Productivity*. New Delhi: Springer Verlag.

Al-Fataftah ARA, Abu-Dieyeh ZHM. 2007. Effect of Chronic Heat Stress on Broiler Performance in Jordan. *International Journal of Poultry Science*, 6(1): 64-70.

Altan Ö, Altan A, Çabuk M, Bayraktar H. 2000. Effects of Heat Stress on Some Blood Parameters in Broilers. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24(2): 145-148.

Altan Ö, Altan A, Oğuz I, Pabuçcuoğlu A, Konyalioğlu S. 2000. Effects of heat stress on growth, some blood variables and lipid oxidation in broilers exposed to high temperature at an early age. *British Poultry Science*, 41(4): 489-493.

APCC (Austrian Panel on Climate Change). 2014. *Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14)*. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Baumgartner W, Hrsg. 2005. *Klinische Propädeutik der inneren Krankheiten und Hautkrankheiten der Haus- und Heimtiere*. Sechste Aufl. Stuttgart: MVS Medizinverlag.

BMNT. 2019. *Grüner Bericht 2019. Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft*. Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus.

Bundesgesetz über den Schutz der Tiere (Tierschutzgesetz - TSchG). BGBl. I Nr. 118/2004.

Cooper MA, Washburn KW. 1998. The Relationships of Body Temperature to Weight Gain, Feed Consumption, and Feed Utilization in Broilers Under Heat Stress. *Poultry Science*, 77(2): 237-242.

Dörflinger M, Eder K. 2018. *Handbuch Geflügel - Selbstevaluierung Tierschutz*. Wien: Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz.

Eckert R, Randall D, Augustine G. 1993. *Tierphysiologie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.

EEA (European Environment Agency). 2017. *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016: An indicator-based report*. Luxemburg: Publications Office of the European Union. EEA Report No 1/2017.

El Hadi H, Sykes AH. 1982. Thermal panting and respiratory alkalosis in the laying hen. *British Poultry Science*, 23(1): 49-57.

- Etches RJ, John TM, Verrinder Gibbins AM. 2008. Behavioural, Physiological, Neuroendocrine and Molecular Responses to Heat Stress. In: Dagher NJ, Hrsg. Poultry Production in Hot Climates. Zweite Aufl. Wallingford: CAB International, 48-79.
- Feizi A, Shahbazi M, Taifebagerlu J, Haghigat A. 2012. Effect of Heat Stress (HS) on Production of Hy-Line Layers. Research Journal of Biological Sciences, 7(5): 206-208.
- Gregory NG. 2004. Physiology and Behaviour of Animal Suffering. Oxford: Blackwell Science.
- Guyton AC, Hall JE. 2006. Textbook of Medical Physiology. Philadelphia: Elsevier Saunders.
- Hafez ESE. 1968. Adaptation of Domestic Animals. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Heldmaier G, Neuweiler G, Rössler W. 2013. Vergleichende Tierphysiologie. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Hennig P. 2019. Auswirkungen von Hitze auf Physiologie, Gesundheit und Leistung von konventionell gehaltenen Hausschweinen und Konsequenzen für Tierhaltung und Tierschutz [Diplomarbeit]. Wien: Veterinärmedizinische Universität Wien.
- Kassim H, Sykes AH. 1982. The respiratory responses of fowl to hot climates. Journal of Experimental Biology, 97(1): 301-309.
- Klein BG. 2012. Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology. St. Louis: Elsevier Saunders.
- Lin H, Malheiros RD, Moraes VMB, Careghi C, Decuypere E, Buyse J. 2004. Acclimation of broiler chickens to chronic high environmental temperature. European Poultry Science, 68(1): 39-46.
- Lin H, Zhang HF, Du R, Gu XH, Zhang ZY, Buyse J, Decuypere E. 2005. Thermoregulation Responses of Broiler Chickens to Humidity at Different Ambient Temperatures. II. Four Weeks of Age. Poultry Science, 84(8): 1173-1178.
- Mack LA, Felver-Gant JN, Dennis RL, Cheng HW. 2013. Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. Poultry Science, 92(2): 285-294.
- Mashaly MM, Hendricks III GL, Kalama MA, Gehad AE, Abbas AO, Patterson PH. 2004. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. Poultry Science, 83(6): 889-894.
- May JD, Lott BD, Simmons JD. 1998. The Effect of Environmental Temperature and Body Weight on Growth Rate and Feed:Gain of Male Broilers. Poultry Science, 77(4): 499-501.

- Mehner A, Hartfiel W, Hrsg. 1983. Handbuch der Geflügelphysiologie - Teil 2. Erste Aufl. Jena: Gustav Fischer Verlag.
- Odom TW, Harrison PC, Bottje WG. 1986. Effects of Thermal-Induced Respiratory Alkalosis on Blood Ionized Calcium Levels in the Domestic Hen. *Poultry Science*, 65(3): 570-573.
- Oguntunji AO, Alabi OM. (2010). Influence of high environmental temperature on egg production and shell quality: a review. *World's Poultry Science Journal*, 66(4): 739-750.
- Paul RJ. 2001. *Physiologie der Tiere. Systeme und Stoffwechsel*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Penzlin H. 2005. *Lehrbuch der Tierphysiologie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Quinteiro-Filho WM, Ribeiro A, Ferraz-de-Paula V, Pinheiro ML, Sakai M, Sá LRM, Ferreira AJP, Palermo-Neto J. 2010. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. *Poultry Science*, 89(9): 1905-1914.
- Roberts JR, Ball W. 1998. Effects of heat stress on egg and eggshell quality in five strains of laying hen. *Australian Poultry Science Symposium*.
- Rozenboim I, Tako E, Gal-Garber O, Proudman JA, Uni Z. 2007. The Effect of Heat Stress on Ovarian Function of Laying Hens. *Poultry Science*, 86(8): 1760-1765.
- Schauberger G, Mikovits C, Zollitsch W, Hörtenhuber SJ, Baumgartner J, Niebuhr K, Piringer M, Knauder W, Anders I, Andre K, Hennig-Pauka I, Schönhart M. 2019. Global warming impact on confined livestock buildings: efficacy of adaptation measures to reduce heat stress for growing-fattening pigs. *Climatic Change*, 156(4): 567-587.
- Schmidt-Nielsen K. 1999. *Physiologie der Tiere*. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Siegmann O, Neumann U, Hrsg. 2005. *Kompendium der Geflügelkrankheiten*. Sechste Aufl. Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft GmbH & Co. KG.
- Silanikove N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67(1): 1-18.
- Sjaastad ØV, Hove K, Sand O. 2010. *Physiology of Domestic Animals*. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Talukder S, Islam T, Sarker S, Islam MM. 2010. Effects of environment on layer performance. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 8(2): 253-258.

Tanizawa H, Shiraishi JI, Kawakami SI, Tsudzuki M, Bungo T. 2014. Effect of Short-Term Thermal Conditioning on Physiological and Behavioral Responses to Subsequent Acute Heat Exposure in Chicks. *Journal of Poultry Science*, 51(1): 80-86.

Verordnung der Bundesministerin für Gesundheit und Frauen über die Mindestanforderungen für die Haltung von Pferden und Pferdeartigen, Schweinen, Rindern, Schafen, Ziegen, Schalenwild, Lamas, Kaninchen, Hausgeflügel, Straußen und Nutzfischen (1. Tierhaltungsverordnung). BGBl. II Nr. 485/2004 idF BGBl. II Nr. 151/2017.

Von Engelhardt W, Hrsg. 2010. *Physiologie der Haustiere*. Dritte Aufl. Stuttgart: Enke Verlag.

Weber L. 2018. Three energy saving cooling devices for warm confined livestock buildings to mitigate heat stress in Central Europe [Diplomarbeit]. Wien: Veterinärmedizinische Universität Wien.

Whittow GC, Hrsg. 2000. *Sturkies's Avian Physiology*. Fünfte Aufl. San Diego: Academic Press.

Yahav S, Hurwitz S. 1996. Induction of Thermotolerance in Male Broiler Chickens by Temperature Conditioning at an Early Age. *Poultry Science*, 75(3): 402-406.

Yahav S, McMurtry JP. 2001. Thermotolerance Acquisition in Broiler Chickens by Temperature Conditioning Early in Life - The Effect of Timing and Ambient Temperature. *Poultry Science*, 80(12): 1662-1666.

Yahav S, Shinder D, Razpakovski V, Rusal M, Bar A. 2000. Lack of response of laying hens to relative humidity at high ambient temperature. *British Poultry Science*, 41(5): 660-663.

Yalçın S, Özkan S, Türkmüt L, Siegel PB. 2001. Responses to heat stress in commercial and local broiler stocks. 1. Performance traits. *British Poultry Science*, 42(2): 149-152.

## 10. ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

<i>Abb. 1. Der Thermoregulatorische Regelkreis.....</i>	6
<i>Abb. 2. Die vier grundlegenden physikalischen Prinzipien des Wärmeaustausches .....</i>	7
<i>Abb. 3. Das Thermoneutralzonenkonzept stark vereinfacht.....</i>	10
<i>Abb. 4. Die Thermoneutrale Zone, ihre Grenzen und die Folgen erhöhter Umgebungstemperatur ....</i>	11
<i>Abb. 5. Grafische Darstellung der Herangehensweise der Diplomarbeit .....</i>	20
<i>Abb. 6. Breaking Points für das Verhalten und die Physiologie der Legehennen und des Mastgeflügels .....</i>	40
<i>Abb. 7. Breaking Points für die Ernährung und die Produktionsleistung der Legehennen und des Mastgeflügels .....</i>	42
<i>Tab. 1. Normbereich der Körpertemperatur in °C beim Haushuhn .....</i>	4
<i>Tab. 2. Lower Lethal Temperature und Upper Lethal Temperature in °C beim Geflügel.....</i>	5
<i>Tab. 3. Empfohlene Stalltemperatur für Legehennenküken der Herkunft Lohmann Tierzucht GmbH .</i>	13
<i>Tab. 4. Empfohlene Stalltemperatur für Mastküken der Herkunft Ross Broiler .....</i>	14
<i>Tab. 5. Beispiel eines Eintrages der Kategorie „Auswirkungen auf die Produktionsleistung von Legehennen“ .....</i>	17
<i>Tab. 6. Verhaltensmuster, physiologische Anpassungen und Produktionsparameter, die als Hitzestress-Indikatoren definiert wurden.....</i>	18
<i>Tab. 7. Beispiel der Ergebnisdarstellung über Veränderungen infolge von Hitzestress .....</i>	18
<i>Tab. 8. Ergebnisse über Veränderungen in Physiologie und Verhalten des Haushuhnes infolge von Hitzestress .....</i>	30
<i>Tab. 9. Ergebnisse über Veränderungen der Ernährung und der Produktionsleistung von Legehennen infolge von Hitzestress .....</i>	34
<i>Tab. 10. Ergebnisse über Veränderungen der Ernährung und der Produktionsleistung von Masthühnern infolge von Hitzestress .....</i>	36