

## Umwelt- und wachstumsbedingter Stress begrenzt die Produktivität von Geflügel

Robert G. Teeter, M. Mooney und Ali Beker (Oklahoma, USA)

### Einführung

Ein nicht-pathogener umweltbedingter Stressor kann klassisch definiert werden als jegliche Art von umweltbedingtem Einfluss, der eine physiologische Reaktion zur Erhaltung der Homeostase nötig macht. Solche Stressoren können die Umgebungstemperatur, die Luftzusammensetzung (Ammoniakgehalt, relative Luftfeuchtigkeit, minimaler Sauerstoffgehalt), die Verfügbarkeit von Futter und Wasser, Lärm und Licht sowie Wechselwirkungen zwischen diesen Variablen umfassen. Die Thematik wird noch komplizierter, da die Folgen von nicht-pathogenem Stress altersabhängig sind. Daher ist es notwendig, die Effekte für die Prä- und Post-Homeothermie zu untersuchen.

Optimales Brüterei-Management kann Stress reduzieren. Da vollständige Homeothermie erst erreicht wird, wenn Küken eine Woche alt sind (MISSION, 1976), können die Folgen von Stress bei prä- und post-homeothermen Küken recht unterschiedlich sein. Daraus ergibt sich, dass solche Effekte spezielle Überlegungen beim Brüterei-, Transport- und Install-Personal nötig machen. Diese Tätigkeiten sind besonders kritisch, da die Folgen von Missmanagement die gesamte Aufzuchtperiode beeinflussen können.

Das primäre Ziel einer Brüterei ist es, Küken für die Installation in Aufzuchtbetriebe zu erzeugen. Die effiziente Umwandlung vom Brutei zum Küken wird dabei von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, deren Erläuterung den Rahmen dieses Artikels sprengen würde. Während sich die Brutpraxis in den letzten 25 Jahren kaum gewandelt hat, haben sich die Küken selbst erheblich verändert, und die Wahrscheinlichkeit, dass wir mit den derzeitigen Brutverfahren die spätere Leistung der Küken optimieren, muss in Frage gestellt werden. Optimales Brüterei-Management geht über das Ziel einer bloßen Kükenproduktion hinaus.

Von Einfluss sind unter anderem die spätere Leistung der Küken und ihre Anfälligkeit gegenüber Stress. Der Aufzüchter erwartet von den gelieferten Küken, dass sie über ein angemessenes genetisches Leistungspotenzial verfügen und über die Fähigkeit, dieses Leistungsniveau auch zu erreichen. HILL (1999) untersuchte den Einfluss der Körpertemperatur bei Küken direkt nach dem Schlupf auf die Vitalität. Dabei ergab sich eine Spannbreite der Rektaltemperatur zwischen 39,8 und 40,1 °C; wobei Küken mit einer Rektaltemperatur von unter 39,8 °C weniger lebensfähig waren als solche mit höherer Körpertemperatur. Untersuchungen in unserem Institut legen ebenfalls nahe, dass die Körpertemperatur der Küken in der Brüterei die spätere Leistung der Tiere beeinflusst.

Einer der genetischen Faktoren, die die Stressresistenz des Geflügels und seine Gesamtleistung beeinflussen, ist die genetische Programmierung für metabolische Sollwerte. Man nimmt an, dass Tiere einen metabolischen Sollwert besitzen, der die Körpertemperatur reguliert. Die Körpertemperatur wird bestimmt von Wärmeproduktion und Wärmeabgabe. Es ist bekannt, dass die anfängliche Körpertemperatur von Küken nicht konstant ist, sondern sich zu einem festgestellten Normwert von 41 °C erst entwickelt (FREEMAN, 1984). Ein Versuch von HOCKING (1985) zeigte, dass schweres Mastgeflügel im Vergleich zu Leghornküken oder mittelschweren Mastküken eine ge-

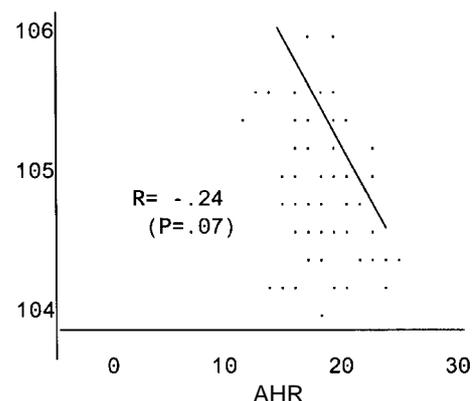
ringere Körpertemperatur aufwies ( $P < 0,01$ ). Ob Hühner mit einer hohen oder niedrigen Körpertemperatur eine bessere Leistung aufweisen oder einen metabolischen Sollwert besitzen, der die Fähigkeit der Stressbewältigung beeinflusst, ist weitgehend unbekannt. Auf diese Frage soll jedoch im weiteren Verlauf der Arbeit noch näher eingegangen werden.

### Der Einfluss der Körpertemperatur des Kükens beim Schlupf auf Ascites

In einem Versuch wurde der Einfluss der Körpertemperatur des Kükens beim Schlupf auf seine spätere Anfälligkeit für Ascites näher untersucht. Die Küken wurden bei ihrer Ankunft einzeln gewogen und ihre Körpertemperatur gemessen, bevor sie in Stoffwechsellkäfige eingesetzt wurden (Beschreibung der Anlage bei WIERNUSZ und TEETER, 1993). Die Gaszusammensetzung der Atemluft wurde so eingestellt, dass eine atmosphärische Sauerstoffkonzentration von 17 % (entsprechend einer Höhe von 1830 m über N.N.) erreicht wurde. Futter und Wasser stand ad libitum zur Verfügung. Die Küken wurden im Alter von 14 Tagen getötet und auf Ascitesymptome untersucht.

Die Ergebnisse belegen eine negative Korrelation zwischen der Ascites-Herz-Relation und der anfänglichen Körpertemperatur der Küken. Tiere mit der höchsten anfänglichen Körpertemperatur beim Schlupf zeigten die beste Ascitesresistenz ( $P < 0,07$ ) (Abb. 1). Die Gründe hierfür sind nicht bekannt. Wenn es sich um eine einfache Wiedergabe des metabolischen Sollwerts handeln würde, hätte eine erhöhte Körpertemperatur und die damit verbundene Erhöhung des Sauerstoffbedarfs im Gegensatz zu den beobachteten Ergebnissen wohl eher Ascites gefördert. Ob es auch möglich ist, diesen Effekt durch die Kontrolle der Umgebungstemperatur zu manipulieren, ist nicht genau bekannt. Dagegen ist gut belegt, dass durch Warmhalten der Tiere Ascites reduziert werden kann - vermutlich wegen des geringeren Anstiegs im Sauerstoffbedarf (BENDHEIM et al., 1992).

**Abbildung 1: Beziehung zwischen der anfänglichen Körpertemperatur von Küken und der Ascites-Herz-Relation<sup>1</sup> (AHR)**



<sup>1</sup> Masse der rechten Herzkammer/Masse des Herzens

**Einfluss der Körpertemperatur von Küken auf Wachstum und Futterverwertung**

Um den Einfluss der Körpertemperatur von Küken beim Schlupf auf die Futterverwertung zu untersuchen, wurden die Tiere in den ersten zwei Lebenswochen einzeln in Stoffwechselkäfigen gehalten. Als Merkmale wurden die Körpertemperatur (am 1., 6. und 14. Tag), das Gewicht (am 1. und 14. Tag) und die Futterverwertung (am 14. Tag) erfasst. Die Beziehungen zwischen der anfänglichen Körpertemperatur der Küken und den Leistungsmerkmalen wurden mit Hilfe der Pearson-Regressionskoeffizienten geprüft und sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1: Beziehung zwischen Körpertemperatur und Leistungsmerkmalen bei jungen Broilern**

	Körpertemperatur am 5. Tag	Körpertemperatur am 6. Tag
Gewicht am 6. Tag (g)	0,50 **	0,54 *
Gewicht am 14. Tag (g)	0,43 *	0,41 *
Futter/Zuwachs Tag 0-5	- 0,43 *	- 0,51 **

Die Ergebnisse weisen daraufhin, dass es eine Verbindung zwischen der anfänglichen Körpertemperatur der Küken und ihrer späteren Leistung gibt. Tiere mit höherer Körpertemperatur zeigten einen erhöhten Gewichtszuwachs und eine bessere Futterverwertung am 14. Lebenstag. Da die Küken in diesem Alter von ihrer Umgebung abhängig sind, könnte man annehmen, dass ein Geflügelhalter durch geeignete Aufzuchtmaßnahmen Einfluss auf die spätere Leistung der Tiere hat.

**Einfluss der Körpertemperatur des Kükens auf metabolische Merkmale**

Der metabolische Sollwert für die Körpertemperatur kann bei Eintagsküken durch spezielle Bedingungen bei der Brut, genetische Effekte auf den Stoffwechsel oder die Verfügbarkeit von Substraten zur Aufrechterhaltung des Stoffwechsels beeinflusst werden. Dies sollte in einem Versuch mit Küken anhand verschiedener Stoffwechselparameter untersucht werden. Dazu wurden 360 Cobb x Cobb-Küken aus einem Tagesschlupf zufällig ausgewählt, entsprechend ihrer Rektaltemperatur in Gruppen unterteilt und in Stoffwechselkäfige eingestallt (Beschreibung der Stoffwechselkäfige bei BELAY und TEETER, 1993; WIERNUSZ und TEETER, 1993). Die Körpertemperatur wurde als hoch (HT) oder niedrig (NT) bezeichnet, je nachdem, ob sie über oder unter der Durchschnittstemperatur der ersten 25 Küken lag.

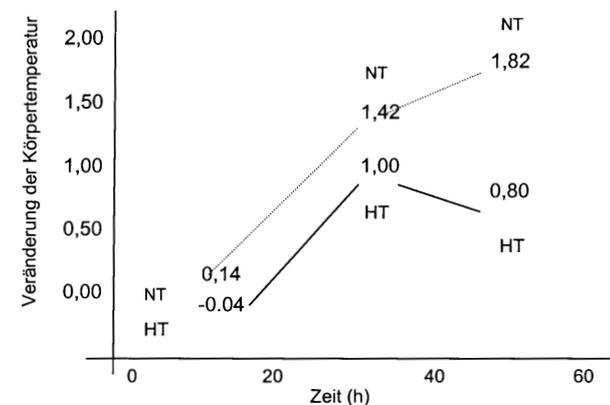
Unabhängig von der Gruppenzuteilung stieg die Körpertemperatur der Küken mit der Zeit an (Tab. 2); der Anstieg war bei Tieren mit anfänglich niedriger Körpertemperatur besonders stark ausgeprägt (Abb. 2). Daraus könnte resultieren, dass die Küken mit der geringeren Körpertemperatur unter weniger idealen Umweltbedingungen eher auf die Folgen von Stress reagieren. Im Verlauf der Versuchsperiode wurden in Abhängigkeit vom Faktor Körpertemperatur keine Unterschiede hinsichtlich des Körpergewichts beobachtet. Das Körpergewicht verminderte sich jedoch, je länger die Tiere gehalten wurden (Tab. 3).

**Tabelle 2: Körpertemperatur (KT) von Küken im Zeitverlauf**

Umgebungstemperatur	Stunde	Körpertemperatur (°C)
Hoch	0	39,3 <sup>c</sup>
Hoch	24	39,8 <sup>a</sup>
Hoch	48	39,7 <sup>ab</sup>
Gering	0	38,5 <sup>d</sup>
Gering	24	39,3 <sup>c</sup>
Gering	48	39,6 <sup>b</sup>

a, b, c Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (P < 0,05)

**Abbildung 2: Veränderung der Körpertemperatur sowie Interaktion zwischen Körpertemperatur und Dauer der Behandlung (h)**



**Tabelle 3: Lebendgewicht der Küken im Versuchszeitraum**

Stunde	Gewicht (g)
0	43,6 <sup>a</sup>
24	41,7 <sup>b</sup>
48	39,7 <sup>c</sup>

a, b, c Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (P < 0,01)

Tabelle 4 zeigt Mittelwerte für verschiedene chemische Bestandteile des Blutserums. Im genannten Versuch wurden keine Unterschiede zwischen den Temperatur-Gruppen gefunden. Da in der wissenschaftlichen Literatur aber generell ein Mangel an solchen Daten existiert, sollen an dieser Stelle die Mittelwerte für gesunde Eintagsküken dargestellt werden.

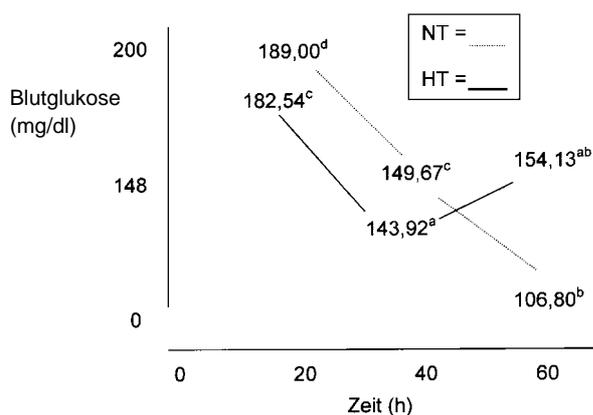
Die Messung des Blutglukosegehalts im Verlauf der Versuchszeit (Abb. 3) ergibt für Tiere mit geringer Anfangskörpertemperatur nach 60 Stunden einen geringeren Gehalt als für die Küken mit hoher Anfangskörpertemperatur. Die scheinbare Beziehung zwischen der Haltungsdauer und dem Blutglukosespiegel könnte mit der größeren Veränderung der Körpertemperatur bei den Küken der Gruppe mit niedriger Temperatur erklärt werden. Aus Berichten anderer Autoren geht ebenfalls hervor, dass eine Glukose-Verabreichung über das Trinkwasser eine Ver-

**Tabelle 4: Mittlere chemische Blutwerte im Durchschnitt der Körpertemperatur-Klassen**

Merkmal	Mittelwert
Körpertemperatur (°C)	38,94
Kükengewicht (g)	43,6
Gesamt Glykogen (g)	5,15
Glykogen (mg/g Gewebe)	4,95
Glukose (mg/dl)	185,89
Triglyzeride	113,62
B-Hydroxybutyrat	20,68
Laktat	20,78
Blut, Harnsäure, Stickstoff	11,65
Harnsäure	7,41
Kreatinin	0,22
Gesamtprotein	2,24
Albumin	0,60
Laktat Dehydrogenase	2038,12
Kreatinkinase	3302,60
Alanin Aminotransferase	2,72
Aspartat Aminotransferase	248,48
Alkalische Phosphatase	200,48
Natrium	149,48
Phosphor	4,34
Kalzium	7,81
Chlor	122,74
Kalium	4,24
Magnesium	2,11

minderung der Asciteshäufigkeit bewirkt. Dies erscheint logisch, wenn man diese Ergebnisse im Zusammenhang mit den zuvor erwähnten sieht. Bei der Verabreichung von Glukose über das Trinkwasser muss allerdings mit einem verstärkten Mikrobewachstum im Trinkwasser gerechnet werden. Bei Carnitin sind diesbezüglich keine Probleme zu erwarten, wie später noch ausgeführt wird.

**Abbildung 3: Blutglukosekonzentration in Abhängigkeit von der Körpertemperatur im Zeitablauf**



**Effekt des Transports von Eintagsküken**

Wie heute bekannt ist, kann der Transport der Küken von der Brüterei in den Aufzuchtstall sich entscheidend auf deren Qualität auswirken. Durch die wachsende Größe von Geflügelintegrationen ist eine Tendenz zur Zentralisierung der Brütereien zu verzeichnen, was häufig zu längeren Transportzeiten der Küken von der Brüterei zum

Aufzuchtbetrieb führt. Schlecht belüftete oder schlecht gepflegte Transportfahrzeuge tragen bei den Eintagsküken zu weiterem Stress bei. Aufgrund der zunehmenden Globalisierung der Geflügelindustrie ist es außerdem möglich, Zuchttiere in den USA zu erbrüten und innerhalb von 48 bis 72 Stunden in Asien einzustellen (XIN und RINGER, 1995). Ein Transport mittels Flugzeug ist jedoch nicht ohne Risiko von Umwelteinflüssen wie Kälte, geringem Luftdruck (z. B. durch schlechten Druckausgleich im Flugzeug) oder schlechter Belüftung. Bei normalen Flugbedingungen können die Küken einem Druckabfall von 16 %, einer um 50 % geringeren Luftfeuchtigkeit sowie erheblichen Temperaturschwankungen und längere Phasen oberhalb der kritischen Temperatur von 37 °C ausgesetzt sein (XIN und RINGER, 1995). Auch der Transport von kommerziellen Mastküken auf dem Landweg birgt das Risiko von kurzzeitigem Stress für die Tiere.

**Kurzzeitiger Einfluss von großer Höhe**

Ziel des folgenden Versuchs war es festzustellen, ob die Haltungsbedingungen beim Transport während der ersten 12 Stunden vor dem Einstellen einen Einfluss auf die spätere Leistung von männlichen Broilerküken haben. Mittels eines kurzzeitigen Sauerstoffmangels wurde der Transport durch unterschiedliche Höhenlagen simuliert. Insgesamt nahmen 1200 Küken aus einer kommerziellen Brüterei an diesem Versuch teil. Nach ihrer Ankunft wurden die Tiere für 12 Stunden in vier Klimakammern gehalten, in denen über die Sauerstoffkonzentration vier verschiedene Höhen simuliert wurden (BELAY et al., 1995; WIERNUSZ und TEETER, 1993). Die Sauerstoffkonzentrationen betragen 8,6 % (= 6200 m), 12,6 % (4230 m), 16,6 % (= 2265 m) und 20,6 % (300 m). Damit reichte die Skala von normalem Sauerstoffgehalt in der Atemluft bis hin zu extrem schwerem Sauerstoffmangel. Die Küken der einzelnen Behandlungen wurden durch Markierung der Zehen gekennzeichnet. Während die Tiere den verschiedenen Sauerstoffkonzentrationen ausgesetzt wurden, verblieben sie in ihren Transportbehältern und erhielten weder Futter noch Wasser.

Anschließend wurden die Küken gewogen und in einen großen Aufzuchtstall in Buchten mit Holzspänen als Einstreu eingestellt. Die Temperatur im Stall war etwas geringer als allgemein empfohlen (30,5 °C), um das Risiko für Ascites zu erhöhen. Die Temperaturen wurden um 2 bis 3 °C pro Woche bis auf 21 °C gesenkt. Die Futterrationen ähnelten denen, die in dieser Gegend der USA in der kommerziellen Hähnchenmast verwendet werden und überschritten generell die von der NRC (1994) empfohlenen Nähr- und Wirkstoffgehalte.

Das Körpergewicht nach 12-stündiger Versuchsdauer betrug im Durchschnitt 42 g und wurde durch die Sauerstoffkonzentration nicht beeinflusst, so dass ein Dehydrierungseinfluss als Ursache für später auftretende Leistungsunterschiede ausgeschlossen werden kann. In anderen Untersuchungen, bei denen Küken über 24 bis 48 Stunden (NIR und LEVANON, 1993) oder 60 bis 72 Stunden (XIN und LEE, 1996) entsprechend gehalten wurden, war das Körpergewicht sofort nach der Behandlung vermindert und der Effekt nach 3 und 7 Tagen (XIN und LEE, 1996) bzw. 20 und 42 Tagen (NIR und LEVANON, 1993) noch vorhanden. In dem hier beschriebenen Versuch konnte ein Einfluss der Sauerstoffbehandlung auf das Körpergewicht mit 42 Tagen und das Auftreten von Ascites festgestellt werden (Tab. 5).

**Tabelle 5: Mittleres Körpergewicht, abdominale Flüssigkeit, Herzgewicht, Herzflüssigkeit und Asciteshäufigkeit<sup>1</sup> bei Masthähnchen im Alter von 42 Tagen**

Sauerstoffversorgung <sup>2</sup>	Körpergewicht (g)	abdominale Flüssigkeit (ml)	Herzgewicht (g)	Herzflüssigkeit (ml)	Ascites (%)
Normal	2830	2,96	37,04	4,76	2,48
Mangelhaft	2759	4,90	39,70	6,22	4,50
Wahrscheinlichkeit	*	+	ns	ns	*

\* = P < 0,05; + = P < 0,10; ns = nicht signifikant

<sup>1</sup> mit 0 oder 1 vom 1. bis 42. Tag vermerkt. Der Durchschnittswert ist dargestellt

<sup>2</sup> für die Analyse wurden 8,6 und 12,6 % O<sub>2</sub> als mangelhaft, 16,6 und 20,6 % als normal zusammengefasst

Küken, die dem Sauerstoffmangel über 12 Stunden ausgesetzt waren, wiesen mit 42 Tagen ein um 71 g geringeres Körpergewicht auf als Tiere mit normaler Sauerstoffversorgung. Andere Versuche bestätigen, dass Masthähnchen bei chronischem Sauerstoffmangel ein vermindertes Körpergewicht haben. Wurden Mastküken von der 2. bis 4. Woche bei 15 % Sauerstoff aufgezogen, war ihr 4-Wochen Gewicht reduziert (MAXWELL et al., 1990). Küken, die vom Schlupf an unter niedrigem Luftdruck gehalten wurden, zeigten mit 7 Tagen deutliche Unterschiede im Körpergewicht, die bis zum 35. Tag erhalten blieben (YERSIN et al., 1992). Beobachtungen in kommerziellen Transportfahrzeugen zeigen, dass die atmosphärische Sauerstoffkonzentration bis auf 13 % fallen kann. Dies kann zu potenziell negativen Effekten von längerer Dauer führen.

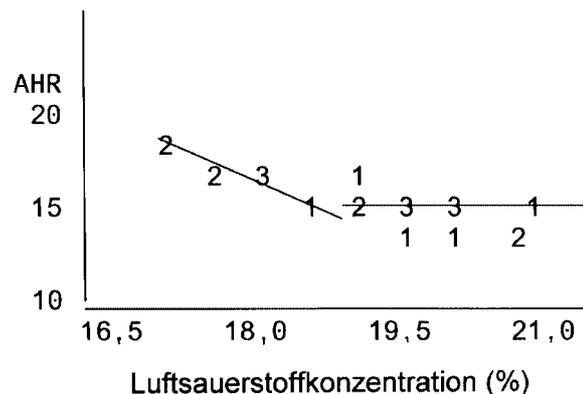
Die Häufigkeit von Ascites war in der Sauerstoffmangel-Gruppe ebenfalls höher (Tab. 5). Aus anderen Versuchen geht hervor, dass Mastküken, die vom 1. Tag an geringer Sauerstoffversorgung ausgesetzt waren, bereits ab dem 5. (BEKER et al., 1995) bis 7. Tag (YERSIN et al., 1992) Ascites-Symptome zeigen können. Während sofort nach der Behandlung keine Anzeichen von Ascites zu beobachten waren, stieg die Asciteshäufigkeit in den Sauerstoffmangel-Gruppen im Vergleich zu den Kontrollgruppen bis zum 42. Tag auf etwa das Doppelte an.

**Kritische Sauerstoffkonzentration von Tag 0 bis 14**

Wie bereits oben erläutert, hat ein kurzzeitiger Sauerstoffmangel oder der kurzzeitige Aufenthalt in großer Höhe einen verschärfenden Einfluss auf das Auftreten von Ascites. Um den Einfluss des Sauerstoffgehalts der Luft unter ansonsten „guten“ Aufzuchtbedingungen zu untersuchen, wurden Küken unter idealen Bedingungen aufgezogen, nur die Sauerstoffkonzentration wurde von 16,8 % bis 20,6 % variiert. Nach einer Versuchsdauer von 14 Tagen wurden die Tiere seziert und die Ascites-Herz-Relation bestimmt.

Die Ergebnisse zeigen, dass Küken, die - bis auf die Sauerstoffkonzentration - unter nahezu idealen Bedingungen aufgezogen wurden, keine Veränderungen der Ascites-Herz-Relation aufwiesen, bis die Sauerstoffkonzentration unter ca. 19,4 % fiel. Dies entspricht einer Höhe von etwa 610 m. Es ist wichtig, daran zu denken, dass andere Umweltfaktoren, wie ein hoher Ammoniakgehalt, niedrige Umgebungstemperaturen, hohe Besatzdichte und nied-

**Abbildung 4: Ascites-Herz-Relation (AHR) in Abhängigkeit von der Luftsauerstoffkonzentration (%)**



rige Luftrate ebenfalls einen Einfluss auf die Ascitesanfälligkeit haben können. Bedauerlicherweise verschiebt sich dadurch der Wendepunkt noch weiter und Ascites tritt bereits in geringerer Höhe auf. Es erscheint wichtig darauf hinzuweisen, dass obwohl 19,4 % Luftsauerstoffkonzentration als Wendepunkt angesehen wird, nur ein Teil der untersuchten Tiere von Ascites betroffen war. Dies versetzt Zuchtunternehmen in die Lage, erfolgreich gegen diese Erkrankung zu selektieren.

**Wachstumsförderer als Ascites-Therapeutikum**

Ascites stellt ein ernstes Problem für die Geflügelindustrie dar und kann zu schweren wirtschaftlichen Einbußen führen (BRIGDEN und RIDDELL, 1975). Ascites kann durch einen einzelnen Stressor ausgelöst werden und zwar lange nachdem der Stressor beseitigt ist. Da allgemein angenommen wird, dass Ascites durch einen metabolischen Mangel an Sauerstoff verursacht wird (MAXWELL et al., 1990), ist zu erwarten, dass alle Einflussfaktoren, die den Sauerstoffbedarf der Tiere mindern, die Anfälligkeit für Ascites herabsetzen. Nach BELAY und TEETER (1993) verringert der Leistungsförderer Virginiamycin den Grundumsatz der Tiere und fördert die Stoffwechseleffizienz. Somit wäre eine therapeutische Wirkung des Leistungsförderers gegen Ascites vorstellbar. Dies sollte in einem Versuch überprüft werden. Für die Untersuchung kamen 250 kommerzielle Mastküken zum Einsatz, die auf vier Behandlungen (0 und 20 mg Virginiamycin/kg Futter; 17 % und 20,6 % atmosphärischer Sauerstoff) zu je sechs Wiederholungen (je 10 Tiere) verteilt wurden. Die Küken wurden während der ersten 14 Lebenstage durch die Simulation großer Höhen in Kombination mit einem moderaten Kältestress für Ascites „empfindlich“ gemacht.

Weder Virginiamycin noch die Sauerstoffkonzentration hatten einen Einfluss (P > 0,1) auf das Endgewicht der Tiere. Es wurde jedoch eine signifikante Interaktion bezüglich der Ascites-Herz-Relation zwischen Sauerstoff und Leistungsförderer beobachtet. Bei 17 % Luftsauerstoff reduzierte Virginiamycin die Ascites-Herz-Relation signifikant (P < 0,05). Die Daten lassen einen therapeutischen Effekt von Virginiamycin - wahrscheinlich über eine verbesserte Energieausnutzung - erwarten, wodurch sich das Auftreten von Ascites bei wachsenden Mastküken verringern lassen dürfte.

**Tabelle 6: Der Einfluss eines Leistungsförderers (Virginiamycin) und des Luftsauerstoffgehaltes auf die Ascites-Herz-Relation von Masthähnchen im Alter von 15 Tagen**

Virginiamycin mg/kg Futter	Sauerstoffgehalt (%)	Ascites-Herz-Relation
0	17,0	17,42
0	20,6	13,44
20	17,0	16,03
20	20,6	14,13
	Mittel	15,26
Gepoolte	SD	0,40
ANOVA		
Quelle	FG	
O <sub>2</sub> 1	0,001	
Virginiamycin	1	0,453
O <sub>2</sub> x VGN	1	0,010
Endgewicht	1	0,042

### Der Einfluss von Carnitin

Carnitin ist eine Vitamin-B-ähnliche Substanz, die natürlicherweise in Tieren zu finden ist und *in vivo* aus Lysin und Methionin synthetisiert wird. Carnitin erleichtert den Transport von langkettigen Fettsäuren durch die innere Mitochondrien-Membran zur  $\beta$ -Oxidation (STRYER, 1988). Obwohl NEWTON und BURTLE (1991) der Ansicht waren, dass die meisten Tiere ausreichende Mengen Carnitin synthetisieren, wurde eine günstige Wirkung von Carnitin unter modernen Produktionsbedingungen, bei denen die Tiere hohe Leistungen erbringen, beobachtet. Im Fall eines Carnitin-Mangels ist der Transport langkettiger Fettsäuren in die Mitochondrien und ihre anschließende Oxidation behindert. Dieses könnte die Bio-Verfügbarkeit der Energie mindern. Bereits 40 mg Carnitin/kg Futter bewirken eine verminderte Mortalität während der Endmastphase (42-56 Tage), wobei Carnitin hier wahrscheinlich die Herzfunktion verbessert. Zusätzliche Untersuchungen an der Oklahoma State University an wachsenden Masthähnchen und bei Mastelertieren, die unter Bedingungen gehalten wurden, durch die sie für Ascites und „Sudden-Death-Syndrom“ anfällig wurden, zeigten, dass L-Carnitin im Futter das Herzgewicht ( $P < 0,05$ ) und die Größe der rechten Herzkammer herabsetzte.

Dreihundert kommerzielle Broiler wurden zufällig auf vier Behandlungen (L-Carnitingehalt im Futter 0 und 200 mg/kg; Luftsauerstoffgehalt 17,0 % und 20,6 %) mit je sechs Wiederholungen verteilt. Der Versuch fand in einer Respirationskammer mit offenem Kreislauf (siehe WIERNUSZ und TEETER, 1993) statt. Am Ende der zweiten Woche wurden Blutproben für die Bestimmung der Hämatokritwerte genommen. Von allen Tieren wurde das Gewicht des Herzens und der rechten Herzkammer erfasst.

Wie erwartet war die Ascites-Herz-Relation bei 17 % Sauerstoffkonzentration erhöht ( $P < 0,01$ ) (Tab. 7). Im Gegensatz dazu verminderte die Zugabe von 200 mg Carnitin/kg Futter den Anstieg der Ascites-Herz-Relation ( $P < 0,05$ ), was darauf hinweist, dass Carnitin Ascites signifikant reduziert hat. Carnitin senkte auch den Hämatokritwert, der in enger Beziehung zu Ascites steht. Die Ergebnisse dieser Versuche zeigen, dass Carnitin eine prophylaktische und möglicherweise auch eine therapeutische Wirkung zur Verminderung des Sudden-Death-Syndroms bei Zucht-

hennen (VANHOOSER, 1999) sowie gegen Ascites bei wachsenden Masthähnchen hat.

**Tabelle 7: Positive Wirkung von L-Carnitin auf die Verringerung von Ascites (Mittelwerte)**

Merkmal	Sauerstoff (%)		Carnitin (mg/kg)	
	17	20,6	0	200
Futter (g/Tier)	343 <sup>b</sup>	368 <sup>a</sup>	358	352
Zuwachs (g/Tier)	248 <sup>b</sup>	277 <sup>a</sup>	260	265
Zuwachs:Futter	0,73	0,78	0,73	0,78
Hämatokrit (%)	38,84 <sup>a</sup>	32,68 <sup>b</sup>	36,11 <sup>b</sup>	35,14 <sup>a</sup>
Masse der rechten Herzkammer (g)	0,22 <sup>a</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,20 <sup>b</sup>
Ascites-Herz-Relation (%)	11,91 <sup>a</sup>	10,11 <sup>b</sup>	11,45 <sup>a</sup>	10,57 <sup>b</sup>
Gehalt an Knochenmasse (g)	5,38	6,42	5,89	5,91
Fettfreie Masse (g)	249	276	253	272
Fett (g)	31,88	37,3	34,27	34,94

a, b Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben in einer Zeile unterscheiden sich signifikant ( $P < 0,01$ )

### Wieviel Carnitin zur Senkung von Ascites bei Broilern?

In einem weiteren Versuch wurde die Carnitin-Konzentration bestimmt, die benötigt wird, um das Auftreten von Ascites bei Broilern unter „ungünstigen“ Umweltbedingungen zu verringern. Die Küken wurden bei einem Luftsauerstoffgehalt von 17 % und zwei verschiedenen Umgebungstemperaturen aufgezogen und erhielten ein Futter mit unterschiedlichen Carnitingehalten von 0 - 12,5 mg/kg - 25 mg/kg - 50 mg/kg. Während des Versuches wurden zahlreiche Parameter erfasst. Besonders empfindlich reagierte der Hämatokritwert, wie aus Tabelle 8 zu ersehen ist. Futter mit Carnitin bewirkten eine signifikante Verringerung des Hämatokritwertes. Mit zunehmendem Carnitingehalt im Futter ging der Hämatokritwert zurück. Aus der Literatur ist bekannt, dass Carnitin die Anhäufung und Auflösung von Blutzellen verhindert, die Verklumpung von Blutzellen hemmt und die Membranstabilität der Erythrozyten verbessert. Vorausgesetzt, die optimale Carnitin-Konzentration wäre bekannt und die Ration würde entsprechend mit L-Carnitin supplementiert, könnte diese Wirkung auch bei Küken erwartet werden.

**Tabelle 8: Der Einfluss von L-Carnitin in der Futterration auf den Hämatokritwert unter Bedingungen, die bei wachsenden Masthähnchen Ascites auslösen**

Sauerstoffkonzentration (%)	Carnitin-Gehalt (mg/kg)	Blut-Hämatokrit (%)
17,0	0	33,4 <sup>a</sup>
17,0	12,5	32,0 <sup>b</sup>
17,0	25,0	31,9 <sup>b,c</sup>
17,0	50,0	30,6 <sup>c</sup>

a, b, c Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ( $P < 0,01$ )

### Der Einfluss von Kalium, Carnitin und Antioxidantien auf das Sudden-Death-Syndrom bei Mastelertieren

Das Sudden-Death-Syndrom (SDS) bei Mastelertieren wurde erstmals in Australien in den späten 1970er Jah-

ren festgestellt, in europäischen und amerikanischen Herden kam es erst in den 1980er Jahren zu Krankheitsfällen (HOPKINSON et al., 1984; HOPKINSON, 1991). Bei Zuchthennen tritt das Syndrom ohne vorhergehende Krankheitszeichen vorwiegend zwischen Legebeginn und Peakproduktion (22-32 Lebenswochen) einhergehend mit einer hohen Mortalität (12-18 %) auf. PASS (1983) beschreibt die Herzscheiden bei SDS detailliert.

Im Rahmen eines Versuches wurde überprüft, inwieweit Kalium, Carnitin und/oder Antioxidantien in der Ration in Verbindung zum Sudden-Death-Syndrom von Mastelternierhennen stehen. Dabei zeigte sich, dass eine Ergänzung des Futters mit L-Carnitin sich positiv auf das relative Gewicht der rechten und linken Herzkammer (relativ zum Körpergewicht und relativ zum Herzgewicht), sowie auf den Herz-Index und auf Herzscheiden auswirkte und damit wahrscheinlich Herzscheiden, die auf SDS zurückzuführen sind, entgegen wirken können (Tab. 9). Demgegenüber hatte Kalium einen nicht signifikanten, aber tendenziell negativen Effekt auf das Gewicht der rechten Herzkammer. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchung lässt sich ein positiver Einfluss von L-Carnitin im Futter auf das SDS ableiten.

**Einfluss der Luftqualität**

Luft enthält auf Meeresspiegelniveau natürlicherweise Stickstoff (78,1 %), Sauerstoff (20,9 %), Argon (0,93 %), Kohlendioxid (0,03 %) und verschiedene Spurenelemente (0,01 %). In der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung kann der Anteil dieser Luftbestandteile allerdings erheblich variieren, wenn man ihre Konzentration auf einen Liter eingeatmeter Luft bezieht. Glücklicherweise ist Geflügel sehr anpassungsfähig und vermag mit einer großen Bandbreite von gasförmigen Gemischen zurecht zu kommen. Eine Ausnahme bilden allerdings die Abgase der häufig in Geflügelställen verwendeten Heizungssysteme sowie gasförmigen Emissionen aus der Einstreu. Infolge davon zeigen die betroffenen Tiere häufig eine reduzierte Futteraufnahme (CHARLES und PAYNE, 1966 a) einhergehend mit einer verminderten Körpergewichtszunahme und einer ungünstigen Futtermittelverwertung (KLING und QUARLES, 1974).

Geringe Mengen **Kohlenmonoxid** (CO) werden von den Tieren selber produziert, die Hauptmenge stammt häufig aus der unvollständigen Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen in der Heizung im Aufzuchtstall. Kohlenmonoxid verbindet sich schnell mit Hämoglobin, etwa mit der 210-fachen Affinität im Vergleich zu O<sub>2</sub>, und bildet Carboxyhämoglobin in den roten Blutkörperchen. Hat sich Carboxyhämoglobin einmal gebildet, ist die Kapazität des Blutes für den Sauerstofftransport vermindert. Eine zu hohe Belastung mit CO ist daher vergleichbar mit einer Höhenzunahme. Bereits geringe CO-Konzentrationen vermindern die Verfügbarkeit von Hämoglobin für die Sauerstoffverbindung und - wenn dieser Zustand längere Zeit andauert - führen zu verringerter Leistung und der Ausprägung von Blutarmut und Ascites. Das Entfernen der CO-Quelle ermöglicht es dem Körper glücklicherweise, das angesammelte CO über die Lungen auszuscheiden. Durch Überwachen des CO-Gehalts der Luft ist der Tierhalter in der Lage, derartige Probleme zu verhindern oder zumindest zu minimieren.

Probleme im Zusammenhang mit **Ammoniak** sind in der Geflügelindustrie weit verbreitet und zeigen ein weites Spektrum, indem sie so unterschiedliche Produktionsparameter wie Futtermittelverwertung und Gewichtszuwachs als auch Legeleistung, Schlachtkörperqualität und Krankheitsresistenz negativ beeinflussen können. Am meisten verbreitet ist das Problem in Legehennenställen sowie in der Endmast von Mastkücken (REECE et al., 1981). In der Praxis wird Geflügel oft Ammoniak-Konzentrationen von 50 mg/kg und mehr ausgesetzt; in schlecht belüfteten Ställen kann die Ammoniak-Konzentration 200 mg/kg übersteigen (CARLILE, 1984). Wird Geflügel über einen längeren Zeitraum einer Ammoniakkonzentration von nur 20 mg/kg ausgesetzt, entwickelt es verschiedene krankhafte Störungen (ANDERSON et al., 1964 a). Ammoniak wirkt sich dabei hauptsächlich auf die Atemwege aus. Man nimmt an, dass es den Schleimfluss und die Aktivität der Cilien in der Luftröhre behindert, während es die Schleimhäute in der Luftröhre schädigt und die Dicke des Lungengewebes erhöht (AL-MASHHADANI und BECK, 1985; DALHAM, 1956). Derartige Schäden führen zu einer verringerten Resistenz gegenüber verschiedenen Atemwegserkrankungen, was Sekundärinfektionen wie Newcastle-Disease, Luftsackentzündung (MOUM et al., 1969), *Escherichia coli*-Erkrankungen (NAGARAJA, 1982)

**Tabelle 9: Mittelwerte von Herzmerkmalen bei Mastelternieren**

Parameter	Ration						ANOVA Quelle			
	K	AO	CAR	K und CAR	AO und CAR	Kontrolle	K	CAR	K*CAR	AO
HRTINDEX	0,217 <sup>ab</sup>	0,198 <sup>ab</sup>	0,182 <sup>b</sup>	0,201 <sup>ab</sup>	0,178 <sup>b</sup>	0,212 <sup>a</sup>	NS	**	NS	NS
PWHLHRT	0,0038	0,0037	0,0036	0,0036	0,0036	0,0037	NS	NS	NS	NS
PLRVENT	0,0022	0,0020	0,0020	0,0020	0,0021	0,0020	NS	NS	NS	NS
PLVENT	0,0017	0,0016	0,0017	0,0016	0,0017	0,0016	NS	NS	NS	NS
PRTVENT	0,0005 <sup>a</sup>	0,0004 <sup>ab</sup>	0,0004 <sup>b</sup>	0,0004 <sup>ab</sup>	0,0004 <sup>b</sup>	0,0004 <sup>ab</sup>	+	*	NS	NS
PPLVENT	0,454 <sup>ab</sup>	0,430 <sup>b</sup>	0,461 <sup>ab</sup>	0,458 <sup>ab</sup>	0,469 <sup>a</sup>	0,429 <sup>b</sup>	NS	*	NS	NS
PPRVENT	0,127 <sup>a</sup>	0,106 <sup>b</sup>	0,103 <sup>b</sup>	0,115 <sup>ab</sup>	0,101 <sup>b</sup>	0,117 <sup>ab</sup>	+	*	NS	NS
HSCORE	2,44 <sup>a</sup>	2,73 <sup>a</sup>	1,93 <sup>b</sup>	1,87 <sup>b</sup>	1,87 <sup>b</sup>	2,53 <sup>a</sup>	NS	**	NS	NS

+ P <0,10 \*P<0,05 \*\*P <0,01 NS nicht signifikant

<sup>1</sup>K = Basal + Kalium; AO = Basal + Antioxidans; CAR = Basal + L-Carnitin; K und CAR = Basal + Kalium + L-Carnitin; AO und CAR = Basal + Antioxidans + L-Carnitin; Kontrolle = Basal

<sup>2</sup>K = Kalium-Zusatz; CAR = L-Carnitin-Zusatz; K\*CAR = Interaktion zwischen Kalium und L-Carnitin; AO = Antioxidans-Zusatz

<sup>3</sup>HRTINDEX = rechte Ventrikelwand/linke Ventrikelwand + Septum; PWHLHRT = Herzgewicht/Körpergewicht; PLRVENT = (linker Ventrikel + rechter Ventrikel)/Körpergewicht; PLVENT = linker Ventrikel/Körpergewicht; PRTVENT = rechter Ventrikel/Körpergewicht; PPLVENT = linker Ventrikel/Herzgewicht; PPRVENT = rechter Ventrikel/Herzgewicht; HSCORE = subjektive Skala von 1 bis 3 für keine bis schwere Myokarddegeneration

und Kokzidiose (QUARLES und CAVENY, 1979) begünstigt. Verminderte Resistenz ist auch als Einflussfaktor bei Impfstress bekannt (KLING und QUARLES, 1974; CAVENY et al., 1981). Zusätzlich zu der physikalischen Schädigung der Atemwege durch Ammoniak, können die Respirationsrate und die Atemtiefe ebenfalls durch hohe Ammoniak-Konzentration vermindert sein (CHARLES und PAYNE, 1966a). WIDEMAN (1988) berichtet, dass Ammoniak zudem die Durchblutung der Lunge und den Gasaustausch behindert. SCHEELE und Mitarbeiter (1991) und JONES (1994) belegten in ihren Versuchen mit Masthähnchen, dass Tiere mit Atemwegsinfektionen empfänglicher für Ascites waren und eine verminderte Aufnahmekapazität für Sauerstoff aufwiesen. Wenn ein erhöhter Ammoniakgehalt in der Luft in Kombination mit einer erhöhten Temperatur auftritt, ist eine Verschärfung des Hitzestresses durch eine Verminderung der Respirationsrate anzunehmen.

In einem weiteren Versuch wurde der kurzzeitige Effekt von atmosphärischem Ammoniak auf Wachstum und Leistung von Broilerküken untersucht, wobei auch die Wirkung von gasförmigem Ammoniak auf Hornhautschäden quantifiziert werden sollte. Für den Versuch wurden 60 Eintagsküken gewogen, mit Flügelmarken gekennzeichnet (zur Identifikation innerhalb der Wiederholungen) und zufällig auf die Respirationskammer des klimatologischen Zentrums für Vögel der Oklahoma State University verteilt. Der Versuch umfasste vier Behandlungen mit je 3 Wiederholungen (à fünf Tiere), wobei der Ammoniakgehalt der Luft variiert wurde (0, 30 mg/kg, 60 mg/kg, 120 mg/kg). Die Küken wurden unter normalen Wachstumsbedingungen (32 °C Raumtemperatur, 23 h Licht /Tag) aufgezogen und erhielten freien Zugang zu Wasser und einem kommerziellen Starterfutter.

Den Ergebnissen zufolge sind keine kurzfristigen Folgen des Ammoniaks auf die Leistungsmerkmale zu erwarten. Eine NH<sub>3</sub>-Konzentration der Luft von 120 mg/kg führte bei 7 Tage alten Tieren jedoch vermehrt zu Schäden an der Luftröhre. Im Alter von 14 Tagen waren diese Schäden nicht mehr zu beobachten. Dies lässt vermuten, dass sich die Tiere von der Wirkung des Ammoniaks in gewisser Weise wieder erholen können. Ob dies auch unter Praxisbedingungen möglich ist, bleibt fraglich, da Ammoniak hier fast immer in Kombination mit anderen Stressoren vorkommt.

**Einfluss von Wasser**

Die Versorgung von Geflügel mit ausreichenden Mengen an qualitativ einwandfreiem Trinkwasser ist von ausschlaggebender Bedeutung für die tierische Leistung. Wasser spielt eine bedeutende Rolle bei der Körperzusammensetzung, bei der Regulierung der Körpertemperatur, bei der Verdauung, dem Transport von Nährstoffen und dem Ausschwemmen von Abfallstoffen. Wasser enthält jedoch unterschiedliche Mengen an Mikroorganismen und gelösten Salzen. Das Verhältnis des Wasser:Futter-Verbrauchs steigt von etwa 2:1 bei gemäßigten Umgebungstemperaturen auf bis zu 4-7:1 bei Tieren, die durch hohe Temperaturen und hohe relative Luftfeuchtigkeit gestresst werden. Daher kann die Aufnahme von Substanzen, die im Wasser enthalten sind, erheblich variieren. Wasser sollte grundsätzlich eine geringe bakterielle Belastung aufweisen. Selbst eine geringe bakterielle Kontamination des Trinkwassers kann zu Problemen führen, wenn die Bakterien sich z. B. in den Tränken vermehren. Der mikrobiellen Belastung kann hier erfolgreich durch Chlorierung des Trinkwassers entgegen gewirkt werden.

Dies kann beispielsweise mittels eines in die Tränkelinie eingebauten Dosiergerätes geschehen, das die erforderlichen Chlormengen in das Wasser abgibt.

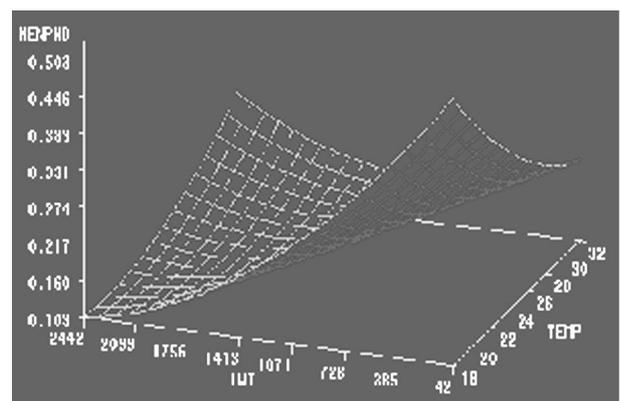
**Einfluss der Umgebungstemperatur**

Wie bereits oben diskutiert, ist der Erfolg der Mast von einer Reihe von Einflussfaktoren wie Umgebungstemperatur, Luftqualität, Wasser, Futter und Beleuchtung abhängig. Von den genannten Umweltfaktoren kommt der Temperatur eine herausragende Bedeutung zu. Aber welche Temperatur soll der Mäster anstreben?

Zur Klärung dieser Fragestellung wurde ein Versuch mit kommerziellen Masthähnchen in neun Altersgruppen (1, 3, 5, 7, 14, 21, 35, 42 und 49 Tage) bei sieben verschiedenen Temperaturen (18, 22, 24, 26, 28, 30 und 32 °C) durchgeführt. Dabei sollte die thermoneutrale Zone (TN) sowie der Grundumsatz für Tiere in Abhängigkeit vom Gewicht ermittelt werden. Da der Grundumsatz bei Geflügel (quantifiziert als Wärmeproduktion) unter thermoneutralen Bedingungen am geringsten ist, kann die Wärmeproduktion am schnellsten zur Feststellung der TN herangezogen werden. Unter solchen Bedingungen würde eine minimale Wärmeproduktion der Tiere zeigen, dass es sich im Bereich der Thermoneutralität befindet. Um die Wärmeproduktion kontinuierlich zu überwachen, wurden die Tiere in Respirationskammern mit offenem Kreislauf, wie sie von WIERNUSZ und TEETER (1993) beschrieben wurden, untergebracht.

Abbildung 5 enthält die Ergebnisse dieser Untersuchung. Wie die Daten zeigen, steigt die Wärmeproduktion (kcal/kg<sup>0,67</sup> / Tag) mit abnehmendem Kükengewicht. Dies ist vermutlich eine direkte Folge davon, dass die Körperoberfläche des Tieres proportional größer wird, wenn die Körpergröße abnimmt. Interessanterweise steigt die Wärmeproduktion bei den höheren Körpergewichten bei allen Temperaturen über 18 °C an, was vermuten lässt, dass die TN-Zone für schwerere Tiere bei 18 °C oder darunter liegt. Im Gegensatz dazu steigt bei den 42 g Küken die Wärmeproduktion an, wenn die Umgebungstemperatur unter 30 °C fällt. Die TN-Zone für 42 g schwere Küken fällt in den Bereich zwischen 29 bis 31 °C. Diese Beobachtungen stimmen mit allgemeinen Beobachtungen in der Praxis überein. Die Abbildung kann daher von den Mästern als Hilfsmittel zur Bestimmung der TN-Zone für das jeweilige Gewicht der Tiere genutzt werden.

**Abbildung 5: Bedarf an umsetzbarer Energie für die Erhaltung in Abhängigkeit von Tiergewicht und Umgebungstemperatur**



## Hitze stress

Wie Tabelle 10 zu entnehmen ist, erhöht sich die Wärmeproduktion immer dann, wenn die Umgebungstemperatur die TN-Zone der Tiere übersteigt. Dies tritt ein, wenn die Tiere Energie aufwenden müssen, um die durch die Wärme ausgelöste Änderung der Homeostase wieder zum Normalzustand zurückzuführen. Kommerzielle Masthähnchen sind besonders anfällig für Hitze stress, weil die metabolische Wärmeproduktion mit der Wachstumsrate steigt, die Fähigkeit zur Wärmeabgabe aber nicht. Die Wärmeabgabe ist bei hohen Umgebungstemperaturen von besonderem Interesse, da von den zwei Wegen der Wärmeabgabe (evaporativ und nicht-evaporativ) die Möglichkeit zur nicht-evaporativen Wärmeabgabe vermindert ist. Mit anderen Worten: um eine Überhitzung zu vermeiden, muss der Broiler sich zunehmend auf die evaporative Kühlung durch die Respirationsrate verlassen. Unglücklicherweise gleicht die evaporative Kühlung die abnehmende Wärmeabgabe nur teilweise aus und die erhöhte Atemfrequenz steigert die Wärmeproduktion weiter.

Der Geflügelhalter kann viel tun, um die Leistung der Hähnchen während Hitze stressphasen positiv oder negativ zu beeinflussen. Für eine optimale Broilerproduktion bei hohen Temperaturen ist eine geeignete Kombination von Fütterungs- und Managementmaßnahmen erforderlich. Aber die Wahl dieser Maßnahmen kann verwirren. Tatsächlich widersprechen sich einige Ansätze, was den Auswahlprozess alles andere als einfach gestaltet, wenn man nicht solide Kenntnisse über Geflügelphysiologie und Verhaltensreaktionen besitzt.

Die Folgen von Hitze stress sind häufig ungleichmäßig in einem Unternehmen oder Betrieb verteilt. Diese Variabilität kann das Auftreten von Hitze stress etwas zufällig erscheinen lassen. Wenn aber die Betrachtungen zur Temperaturregulierung in Verbindung gesetzt werden zu Alter, Körpergröße, Futtertyp, Art des Managements und den zurückliegenden Umwelterfahrungen der Tiere in der Vergangenheit, werden das Auftreten von Hitze stress und die erforderlichen Gegenmaßnahmen besser voraussehbar.

Der Komfortbereich bei Geflügel sinkt von ca. 32 °C beim Schlupf auf ca. 24 °C im Alter von 4 Wochen. Daher sorgen sich Geflügelhalter bei jungen Küken selten über Hitze stress, wohl aber bei älteren Tieren. Schwerere Herkunft haben generell ein größeres Problem mit Hitze stress, da sie eine geringere Oberfläche zur Wärmeabgabe je Gewichtseinheit besitzen. Eine weitere Variable, die die Empfindlichkeit für Hitze stress beeinflusst, ist die vorausgegangene Erfahrung der Tiere mit Hitze stress. Die Fähigkeit der Küken, akuten Hitze stress zu überleben, wird durch vorhergehend erfahrenen Hitze stress dramatisch erhöht. Dieses Phänomen, Akklimatisierung genannt, ist messbar. Die Körpertemperatur von akklimatisierten Broilern ist bei Hitze stress nachweislich geringer als die von nicht-akklimatisierten Tieren (WIERNUSZ und TEETER, 1993). Ein Teil der Akklimatisierungsreaktion lässt sich auf eine verminderte Futteraufnahme zurückführen. Arbeiten aus unserem Institut deuten jedoch darauf hin, dass die Akklimatisierung das Tier dazu befähigt, seine tägliche Wärmeproduktion auf kühlere Tagesabschnitte umzuverteilen (TEETER et al., 1987). Weitere Versuche zeigen, dass fettreiche Futterrationen das Potential besitzen, eine Akklimatisierung zu zunichte zu machen, indem sie die Tiere zu hoher Wärmeproduktion zwingen. Mehr über Fett folgt aber später. Grundsätzlich sollte der Geflügelhalter

dieses Wissen nutzen, nicht so sehr als Mittel zur Vermeidung von Hitze stress, sondern vielmehr als einen relativen Index zur Beurteilung der kritischen Natur der Therapiemaßnahmen, die nachfolgend beschrieben werden.

## Wärme produktion

Die Thermobilanz von Vögeln setzt sich aus Wärme produktion und Wärmeabgabe zusammen. Die Wärme produktion von Masthähnchen ist besonders hoch. Denn für die Erreichung der hohen Wachstumsraten muss viel Futter aufgenommen werden, woraus eine schlechte Verwertung der umsetzbaren Energie von optimistisch gesehen 40 % resultiert. Das bedeutet, dass 60 % der aufgenommenen umsetzbaren Energie als Wärme verloren geht.

In einer thermoneutralen oder kühleren Umgebung hat die Wärme produktion keine negativen Folgen. Aber wie bereits oben ausgeführt, wird die Fähigkeit des Vogels, Wärme abzugeben, bei Hitze stress beeinträchtigt, was übermäßige Wärme produktion potenziell lebensgefährlich macht. In seinem Bemühen zu überleben, versucht der Broiler die Wärme produktion zu verringern, indem er weniger Futter aufnimmt. Im Gegensatz dazu versucht der Geflügelhalter, der ständig bemüht ist, eine Wachstumsdepression durch Hitze stress zu vermeiden, die Futteraufnahme anzuregen. An diesem Punkt kollidieren Mensch und Natur. Obwohl der Geflügelhalter die Natur erfolgreich beeinflussen kann, reichen die Ergebnisse von trübem Fehlschlag bis zu marginalem Erfolg.

## Wachstumspotenzial

Zur Abschätzung des Wachstumspotenzial von Tieren unter Hitze stress wurden relativ wenig Versuche durchgeführt. Wenn der Stress, unabhängig von der Futteraufnahme, das Wachstumspotenzial vermindert, dann sind die Bemühungen, die reduzierte Futteraufnahme auszugleichen, ohne positiven Effekt oder verursachen einfach eine Verfettung des Schlachtkörpers. Tatsächlich geht aus zahlreichen Veröffentlichungen hervor, dass hitzestressierte Tiere nicht nur leichter, sondern auch fetter sind (KUBENA et al., 1972), wobei das Gesamt- und das Abdominalfett mit jedem Grad steigender Umgebungstemperatur um 0,8 % bzw. um 1,6 % zunehmen (HOWLIDER und ROSE, 1987). Diese lipogene Reaktion könnte eine weitere Form der Anpassung sein, da der Netto-Effekt eine geringere Wärme produktion ist.

Dennoch haben Versuche aus unserem Institut gezeigt, dass die Wachstumsrate von hitzestressierten Broilern, sowohl Protein als auch Fett betreffend, mit Erfolg gesteigert werden kann (Tab. 10). Es ist jedoch zu beachten, dass die „Zwangsfütterung“ von Tieren zwecks höherer Futteraufnahme die Mortalität erheblich steigerte. Dies ist wichtig, da es zeigt, dass eine erfolgreiche Manipulation der Energieaufnahme die Wachstumsrate verbessert. Es belegt aber auch, dass eine erhöhte Energieaufnahme bei lebensgefährlichem Hitze stress verheerend wirken kann. In diesem Fall wurde der Kampf um die Wachstumsrate gewonnen, aber der um das Überleben verloren. Die Überlegungen zur Wärmeabgabe, die nachfolgend diskutiert werden, sind entscheidend, wenn man versucht, die Folgen verminderter Futteraufnahme auszugleichen.

**Tabelle 10: Der Effekt der Futtermittelaufnahme auf Wachstumsrate und Mortalität von hitzgestressten Masthähnchen**

Kontrollierte Fütterung <sup>1</sup>	Tageszunahme (g)	Schlachtkörperzunahme (g)	Überlebensrate (%)
6,5	30,4 <sup>a</sup>	246 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
8,3	41,9 <sup>b</sup>	335 <sup>b</sup>	92 <sup>b</sup>
9,6	55,7 <sup>c</sup>	403 <sup>c</sup>	70 <sup>c</sup>
Ad Libitum Aufnahme <sup>1</sup>			
8,5	38,6 <sup>b</sup>	339 <sup>b</sup>	91 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> die Verbrauchswerte stellen den täglichen Futtermittelverzehr prozentual zum Körpergewicht dar

<sup>a, b, c</sup> Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben in einer Spalte unterscheiden sich signifikant ( $P < 0,05$ )

### Nicht-evaporative Kühlung

Alle Geflügelarten verwenden die nicht-evaporative Kühlung als grundsätzliches Mittel zur Wärmeabgabe, wenn sie in einer Umgebung mit geringen bis mittleren Temperaturen gehalten werden. Die nicht-evaporative Kühlung ist die energetisch effektivste Maßnahme zur Wärmeabgabe. Vögel beeinflussen die nicht-evaporative Kühlung durch Vergrößerung der Oberfläche und Verlagerung der Durchblutung an die Körperoberfläche (BOTTJE und HARRISON, 1984). Wir vermuten, dass eine derartige Verlagerung des Blutes die Verdauungsrate beeinflusst, dadurch den Futterstoffwechsel und somit auch die metabolische Wärmeproduktion bei Hitzestress vermindert. Umgekehrt ist der Futterstoffwechsel und damit die Wärmeproduktion während der anschließenden Erholungsphase erhöht. Geflügelproduzenten sollten in den Abendstunden sinnvollen Gebrauch von der Belüftung machen, um überschüssige Wärme so schnell wie möglich abzuführen, damit die Möglichkeit zur nicht-evaporativen Kühlung wieder hergestellt ist und ein maximaler Zeitraum für kompensatorisches Wachstum zur Verfügung steht. Bei sorgfältigem Vorgehen bieten die Abendstunden reichlich Gelegenheit für das Masthähnchen, verlorenes Wachstumspotenzial zurückzuerlangen.

### Evaporative Kühlung

Übersteigt die Umgebungstemperatur den thermoneutralen Bereich von Geflügel, sinkt der Umfang der nicht-evaporativen Kühlung und die evaporative Kühlung wird der Hauptweg zur Wärmeabgabe. Die latente Verdunstungswärme von Wasser bei 41 °C beträgt 574 cal/ml (van KAMPEN, 1981), während die Wärmeabsorption bei der Erwärmung von 24 °C warmem Wasser auf Körpertemperatur lediglich 20 cal/ml beträgt (BEKER und TEE-TER, 1994).

Soll Geflügel bei Hitzestress Wärme verlieren, unterliegt es hauptsächlich diesen einfachen Gesetzen der physikalischen Chemie. Es existiert aber auch eine biologische Seite bei dieser Angelegenheit. Neuere Untersuchungen in unserem Institut haben gezeigt, dass evaporative Wärmeabgabe nicht nur durch die Atemfrequenz beeinflusst wird, sondern auch durch Wasseraufnahme und Wasserbewegung durch die Gewebe. Obwohl Geflügel die evaporative Kühlung durch die Steigerung der Atemfrequenz dramatisch erhöhen kann - was die Atmung zu einem wichtigen Mittel der Temperaturregelung macht (MATHER, 1980) -, kann die Wirksamkeit dieses Prozesses

beeinflusst werden. Der erfahrene Geflügelhalter wird mehr tun (wie später erläutert wird) als nur seinen Hähnchen zu ermöglichen, ihre Atemfrequenz von 25 Zügen pro Minute in thermoneutraler Umgebung auf über 250 Atemzüge pro Minute zu erhöhen, wenn akuter Hitzestress auftritt (LINSLEY und BERGER, 1964). Die Effizienz der Atmung ist bei hitzgestressten Hähnchen besonders wichtig, da die erhöhte Atemfrequenz einen Energieaufwand benötigt und Kalorien zu der Wärmelast des Tieres hinzufügt, was den Bedarf an Wärmeabgabe weiter erhöht. Eine weitere Folge der erhöhten Atemfrequenz ist die daraus resultierende respiratorische Alkalose. Dennoch stellt die evaporative Kühlung das hauptsächlichste Mittel dar, durch welches das hitzgestresste Hähnchen die Energieabgabe erhöhen kann. Daher muss sie effizient sein.

Die relative Luftfeuchtigkeit beeinflusst dramatisch das evaporative Kühlungspotenzial von Geflügel bei Hitzestress. Die Fähigkeit der Luft, Wasser aufzunehmen, ist nicht konstant, sondern steigt erheblich mit der Temperatur. Die relative Luftfeuchte gibt uns einen Schätzwert für die Wassersättigung der Luft bei einer gegebenen Temperatur. Bei steigender relativer Luftfeuchte vermindert sich die Leichtigkeit, mit der das Tier Wasser verdunsten kann (die Wirksamkeit der Respirationsrate sinkt), und folglich wird die Körpertemperatur steigen, wenn die Wärmeproduktion nicht vermindert wird. Diese Zusammenhänge müssen für ein optimales Management der Belüftung und der Verdunstungskühlung im Stall, wie Vernebler oder Kühlzellen, bedacht werden. Generell ist Vernebelung von geringem Wert, wenn die relative Luftfeuchtigkeit 70 % übersteigt.

### Möglichkeiten des Managements

Die heutigen Geflügelproduzenten werden mit zahlreichen Techniken konfrontiert, mit deren Hilfe die Folgen von Hitzestress ausgeglichen werden sollen. Oft kann die Auswahl zwischen den verschiedenen Management-Methoden tatsächlich eine schwierige Aufgabe sein, da einige Techniken die Wachstumsrate fördern, während andere eher geeignet sind das Überleben der Tiere zu sichern. Das Endresultat wird sehr wahrscheinlich verbessert, wenn das Management ausbalanciert ist und nicht ausschließlich irgendeine Produktionsvariable betont. Auf die Auswahl geeigneter Managementmaßnahmen zur Erreichung maximalen Ertrags soll in den folgenden Abschnitten eingegangen werden.

### Stall und Stalleinrichtung

Im Hinblick auf ein effektives Managementprogramm gegen Hitzestress spielt die Stallkonstruktion eine wichtige Rolle. Geflügelställe mit offenen Längsseiten sollten in Ost-West-Richtung ausgerichtet sein und einen ausreichenden Dachüberstand aufweisen, um direktes Sonnenlicht (eine bedeutsame Wärmequelle) aus dem Stallinnern fernzuhalten. Die Dachhöhe sollte etwa 5 m betragen, damit die Wärme frei nach oben und von den Tieren weg aufsteigen kann. Das Dach sollte ausreichend isoliert sein. Entscheidend ist vor allem die Belüftung, da sie sowohl die Temperatur als auch die relative Luftfeuchtigkeit im Stall beeinflusst. Alle Hindernisse wie Bäume, hohes Gras und Büsche etc. sollten aus der nahen Umgebung von Offenställen entfernt werden, um die vorherrschenden Winde maximal ausnutzen zu können. Zur Reduzierung der Hitzereflektion ist ein Grasbewuchs um das Gebäude herum jedoch wünschenswert. Im Stall sollten Ventilatoren angebracht sein, um Luftbewegung zu ermöglichen. Ge-

schlossene Ställe mit Tunnel-Lüftung ermöglichen eine stärkere Umweltkontrolle. Die Verwendung von Verdunstungskühlung und kräftiger Belüftung lässt eine präzisere Kontrolle der Umweltbedingungen im Stall zu.

**Fütterung**

SQUIBB und Mitarbeiter (1959) sind der Ansicht, dass der durch Hitzestress verursachte ökonomisch Verlust im Wesentlichen auf eine verminderte Futtermittelaufnahme zurückzuführen ist. Wie bereits erläutert, erhöht das hitzestressierte Tier in der Tat seine Wachstumsrate, wenn die Futtermittelaufnahme steigt. So ist das Potenzial für ein Wachstum, das annähernd dem stresslosen Zustand entspricht, noch vorhanden. Daher wurden Maßnahmen, wie häufigeres Betreiben der automatischen Futteranlagen oder Schüttern der Futterbehälter, Pelletieren des Futters, Dauerlicht und Einsatz von Rationen mit hoher Nährstoffdichte von Geflügelmastern genutzt, um die verminderte Nährstoffaufnahme während Hitzestress auszugleichen. Aber wie bereits erwähnt, ist die natürliche Reaktion von Geflügel bei Hitzestress, die Futtermittelaufnahme zu senken, um damit die Wärmeproduktion zu vermindern. Daher könnten Bemühungen, diese physiologische Reaktion aufzuheben, als kontraproduktiv angesehen werden, da die Wärmelast des Tieres und das Mortalitätsrisiko bei akutem Hitzestress unnötig erhöht werden. Eine wesentliche Beschränkung für die Beeinflussung der Futtermittelaufnahme von Masthähnchen ist, dass in der Regel nicht bekannt ist, wann eine akute „Hitzewelle“ auftritt. Bei Hitzestress sollte eine Stimulierung der Futtermittelaufnahme in jedem Fall unterbleiben.

**Futterentzug**

Da eine Steigerung der Futtermittelaufnahme die Sterblichkeit bei akutem Hitzestress erhöht, könnte man annehmen, dass eine Reduzierung der Aufnahme das Überleben des Tieres begünstigt. Die Auswirkungen des Hungerns auf das Überleben von Masthähnchen wurden zuerst von McCORMICK und Mitarbeitern (1979) beschrieben, die beobachteten, dass ein Futterentzug über 24, 48 oder 72 Stunden die Überlebensdauer erhöhte. Nach Ergebnissen aus unserem Institut (TEETER et al., 1987) erhöht kurzzeitiges Hungern auch das Überleben von Broilern (Tab. 11).

Der Entzug von Futter für nur drei Stunden vor Beginn des Hitzestresses förderte das Überleben von Masthähnchen, während ein Futterentzug nach Einsetzen des Hitzestresses nur einen geringen Erfolg hatte. Es vergeht eine gewisse Zeit, bis das Futter den Verdauungstrakt der Tiere verlassen hat und die Substratverfügbarkeit sinkt (SMITH, 1983). Wenn man das Ausmaß und die Dauer der Wärmebelastung, die normalerweise unter Produktionsbedingungen auftritt, bedenkt, und die Tatsache, dass eine gewisse Leistung erwünscht ist, sind Hungerintervalle von mehr als 6 bis 8 Stunden vor Beginn des Hitzestress wahrscheinlich das Maximum. Futterentzug über 6 Stunden vor Beginn des Hitzestress zusammen mit einer Dauer des Hitzestress von 6 Stunden erhöhen die Zeit ohne Futter auf 12 Stunden.

Um einen Effekt des Hungerns zu erlangen muss der Beginn des Futterentzugs mit dem Beginn des Hitzestress synchronisiert werden. Ab wann Hitzestress einsetzt, kann nicht exakt definiert werden, da es sich um ein Zusammenwirken vieler Faktoren handelt (TEETER et al., 1985). Die Umweltbedingungen, die Hitzestress bei Geflügel auslösen, variieren mit der genetischen Herkunft der Tiere,

**Tabelle 11: Zwei Versuche zur Wirkung der Zeitdauer eines Futterentzugs auf die Überlebensfähigkeit von Masthähnchen bei akutem Hitzestress**

Zeit des Futterentzugs bei Stressbeginn <sup>1</sup>	Umgebungstemperatur bei Futterentzug (°C)	Überlebensrate (%)	
		Versuch 1	Versuch 2
24 h zuvor	26,7	92,0 <sup>a</sup>	—
12 h zuvor	26,7	86,7 <sup>a</sup>	81,7 <sup>a</sup>
6 h zuvor	26,7	80,0 <sup>a</sup>	70,0 <sup>ab</sup>
3 h zuvor	26,7	—	67,7 <sup>ab</sup>
Stressbeginn	32,2	—	60,2 <sup>bc</sup>
2 h danach	35,0	—	48,7 <sup>cd</sup>
3 h danach	36,7	—	49,0 <sup>cd</sup>
4 h danach	38,8	—	48,7 <sup>cd</sup>
ohne Futterentzug	—	51,6 <sup>b</sup>	45,2 <sup>d</sup>

<sup>1</sup> Hitzestress = 32,2 °C Umgebungstemperatur und 55 % relative Luftfeuchtigkeit (nach Nutritional Report International, 1987)  
a, b, c, d Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb einer Spalte unterscheiden sich signifikant (P <0,05)

ihren vorhergehenden Umwelterfahrungen, Alter und anderen Faktoren wie Management, Fütterung und Physiologie. Der einzelne Hähnchenmäster kann diese komplexen interaktiven Variablen umgehen, indem er das Einsetzen von Hitzestress in seiner Herde einfach definiert als den Zeitpunkt, an dem er zum ersten Mal sieht, dass seine Tiere hecheln und Zeichen von Unbehagen zeigen. Eine präzisere Information liefert die Körpertemperatur, die bei einsetzendem Hitzestress um 0,5 °C ansteigt. Das Instrument „Futterentzug“ müsste etwa 6 Stunden vor dem Einsetzen des Hitzestresses bis zum Absinken der Umgebungstemperaturen zur Anwendung gebracht.

Im Zusammenhang mit dem Futterentzug werden häufig Bedenken geäußert, die Wachstumsrate könne negativ beeinflusst werden. Hier gilt es allerdings zu bedenken, dass diese Maßnahme nur in Situationen verwendet wird, wo es gilt, das Überleben der Tiere zu gewährleisten. Der Futterentzug ist nicht dazu geeignet, die Wachstumsrate zu verbessern. Der Einfluss auf die Wachstumsrate sollte allerdings minimal sein.

Um den Effekt des Futterentzugs auf die Lebendgewichtszunahme und die Futtermittelaufnahme von Masthähnchen bei Hitzestress unter verschiedenen Praxisbedingungen und simulierten Feldbedingungen abzuschätzen wurden entsprechende Daten ausgewertet. Demnach war der Effekt des Futterentzugs auf die Wachstumsrate bei Hitzestress im Mittel über verschiedene Umweltbedingungen gleich Null (SMITH und TEETER, 1987, 1988). An dieser Stelle erscheint es wichtig, darauf hinzuweisen, dass die Wachstumsrate eines hitzestressierten Tieres bereits vermindert ist. Das Prinzip des Futterentzugs besteht darin, die Futtermittelaufnahme und das Wachstum der Tiere in kühlere Perioden des Tages zu verschieben, wobei gegenwärtig der Hinweis vorliegt, dass die Wachstumsrate dadurch nicht maßgeblich beeinträchtigt wird. Die Verwendung dieser Maßnahme im thermoneutralen Bereich kann das Wachstum jedoch möglicherweise herabsetzen.

Im Zusammenhang mit dem Futterentzug kann es zu Problemen kommen, wenn den Tieren wieder Futter angeboten wird. Hier sind vor allem die Geräusche der automatischen Fütterungsanlagen zu nennen, die besonders in der An-

fangsphase der Fütterung zu Aufregung unter den Tieren führen können. Wichtig ist in jedem Fall, den Tieren eine ausreichende Fressplatzbreite zur Verfügung zu stellen.

In Untersuchungen von LOTT (1990) sollte überprüft werden, wie sich die Kombination von Futter und Hitzestress auf Geflügel auswirkt. Dazu wurde den Tieren vier Stunden vor Einsetzen des Hitzestresses das Futter entzogen und 1 Stunde vor Beginn der Hitzebehandlung wieder Zugang zum Futter gewährt. Die Ergebnisse deuten an, dass Geflügel die Kombination von Futteraufnahme und Hitzestress durchaus toleriert. Offensichtlich regte diese Behandlung die Tiere zu einer vermehrten Wasseraufnahme an (siehe unten), was sich wiederum positiv auf das Überleben der Tiere auswirkte. Dieser Versuch zeigt, dass noch zahlreiche Untersuchungen nötig sind, bis die vielen zusammenwirkenden, physiologischen Prozesse, die auf den hitzestressierten Broiler einwirken, verstanden werden.

### Säuren-Basen-Gleichgewicht

Die erhöhte Atemfrequenz bei Hitzestress ist kritisch für die Aufrechterhaltung der Körpertemperatur. Allerdings resultieren aus der höheren alveolaren Ventilationsrate, die für die evaporative Kühlung nötig ist, auch ein Verlust von Kohlendioxid und eine Störung des Säuren-Basen-Haushalts (BOTTJE et al., 1985; TEETER et al., 1985). Die genauen Auswirkungen auf den Säuren-Basen-Haushalt sind allerdings noch nicht bekannt. Die Gewichtszunahme von Broilern konnte durch Zugabe von Kohlensäure zum Tränkwasser oder Ergänzungen wie  $\text{NH}_4\text{Cl}$  und  $\text{HCl}$  (TEETER et al., 1985) erhöht werden, was daraufhin deutet, dass der Erhalt von  $\text{CO}_2$  und/oder des Blut-pH-Wertes bedeutsam für die Wachstumsrate ist.

In anderen Versuchen (TEETER und SMITH, 1986; TEETER und SMITH, 1987) konnte die Wachstumsrate der Tiere trotz eines gestörten Säuren-Basen-Verhältnisses mittels  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$  und  $\text{K}_2\text{SO}_4$  verbessert werden. Die Zugabe von  $\text{NH}_4\text{Cl}$  zur Einstellung des Blut-pH-Wertes auf normale Werte hatte in diesem Fall keinen Einfluss auf den Körpergewichtszuwachs. Der einzige gemeinsame Nenner zwischen den Behandlungen war die positive Korrelation zwischen der Wachstumsrate und dem Wasserverbrauch ( $R > 0,98$ ). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Tiere durch die verschiedenen Tränkwasserzusätze in erster Linie zu einer höheren Wasseraufnahme angeregt werden, was sich dann auch auf das Wachstum auswirkt. Der Einfluss der Wasseraufnahme auf den Wärmehaushalt, der im folgenden Abschnitt erläutert wird, ist in der Tat erheblich. Es erscheint wichtig, darauf hinzuweisen, dass das Säuren-Basen-Verhältnis limitierend sowohl auf das Wachstum als auch auf die Überlebensrate wirkt, selbst wenn der Wasserkonsum ausgeglichen ist.

### Wassermanagement

Hitzestressiertes Geflügel gibt über 80 % seiner Wärmeenergieproduktion durch Verdunstungskühlung ab (WIERNUSZ et al., 1991; Van KAMPEN, 1974). Dies zeigt, wie wichtig eine ausreichende Wasseraufnahme bei Hitzestress ist. Die Zugabe von verschiedenen Salzen zum Tränkwasser verändert das osmotische Gleichgewicht der Tiere, erhöht die Wasseraufnahme und beeinflusst die Wasserbilanz. In unserem Institut wurden keine Veränderungen des Wachstums oder der Futteraufnahme beobachtet, wenn bei Geflügel in einer thermoneutralen Umgebung einzelne Salze zum Tränkwasser zugefügt wurden. Bei hitzestressierten Hähnchen ist dies jedoch anders. Dies gilt insbesondere für  $\text{KCl}$ , da dieses Salz nicht nur die Leistung zu verbessern scheint, sondern auch den Serum-Cortikosteron-Wert reduziert (DEYHIM und TEETER, 1990).

Verschiedene Versuche (SMITH und TEETER, 1986; TEETER und SMITH, 1987; BELAY und TEETER, 1993a, 1993b; BEKER und TEETER, 1994) zeigen, dass eine erhöhte Wasseraufnahme dem Tier dadurch nützt, dass sie als Wärmerezeptor dient und außerdem die Wärmemenge erhöht, die pro Atemzug abgegeben wird. Diese Effekte auf den Wärmehaushalt werden grundsätzlich beobachtet, wenn die Wassertemperatur  $28^\circ\text{C}$  oder weniger beträgt. Der Nutzen für die Leistung (Zunahme, Futterverwertung, Überlebensrate) ist abhängig von der Umwelt. Unter speziellen Bedingungen konnte jede der Leistungsvariablen durch ein verbessertes Wassermanagement verbessert werden.

Die evaporative Wärmeabgabe und die Energieabgabe pro Atemzug waren eng ( $R^2 > 0,8$ ) mit der Wasseraufnahmemenge und der Wasserbilanz korreliert (BELAY und TEETER, 1993). Tiere mit einer positiven Wasserbilanz waren eher dazu in der Lage, die Homeostase der Körpertemperatur aufrecht zu erhalten. Diese Beziehung ist für kommerzielle Masthähnchen von besonderer Bedeutung, da Hitzestress, unabhängig von der Wasseraufnahme, die Urinproduktion erhöht und die Tiere dazu zwingt, mehr Wasser aufzunehmen als nötig wäre, nur um das Wasser zu ersetzen, das bei der Verdunstungskühlung verloren geht. Wildvögel haben im Gegensatz dazu die Fähigkeit, die Urinproduktion zu vermindern und Ausmaß und Effizienz der evaporativen Kühlung zu erhöhen. Daher ist der Wasserverbrauch beim Hähnchen wichtiger Indikator beim Management für ein maximales Potenzial an Verdunstungskühlung und Kalorienabgabe je Atemzug. Eine Erhöhung der Wasseraufnahme mittels  $\text{KCl}$  und/oder über eine verminderte Wassertemperatur steigert die Verdunstungskühlung und die Wärmeabgabe über die Atmung. Versuchsergebnisse zeigen, dass durch eine Erhöhung der Wasseraufnahme um 20 % über das Grundniveau hinaus der Wärmeverlust pro Atemzug auf bis zu 30 % erhöht werden kann. Die Gründe für dieses Phänomen bei kommerziellen Masthähnchen sind spekulativ, könnten aber damit zu tun haben, dass die genetische Selektion meistens bei permanenter Verfügbarkeit von Futter und Wasser vorgenommen wird. Die Kapazität zum sparsamen Umgang mit Flüssigkeiten bei Auftreten von Hitzestress, die bei Wildvögeln zu beobachten ist, hat unser modernes Geflügel einfach verloren. Zukünftige Behandlungsmaßnahmen gegen Hitzestress sollten diese Problematik berücksichtigen.

Temperatur des Tränkwassers

Offensichtlich bestehen signifikante Wechselwirkungen zwischen der Salzzugabe zum Tränkwasser und der Tränkwassertemperatur wie die in Tabelle 12 dargestellten Daten aus drei Versuchen zeigen. Demnach erhöhte die Supplementierung des Tränkwassers mit  $\text{KCl}$  die Futteraufnahme ( $P < 0,05$ ) und die Wachstumsrate, wenn die Temperatur des aufgenommenen Wassers geringer war als die Körpertemperatur des Tieres. Zugabe von Salz zum Tränkwasser mit einer ähnlichen Temperatur wie die der Tiere hatte keinen positiven Effekt. Dagegen erwies sich ein Absenken der Wassertemperatur zur Stimulation der Wasseraufnahme auch ohne Salzzugabe ebenfalls als günstig. Die Effekte der Temperatursenkung des Tränkwassers und der Salzzugabe waren additiv. Der positive Effekt auf die Wachstumsrate ergibt sich aus einer er-

höhten Futtermittelaufnahme, wodurch aber wahrscheinlich auch ein Teil des durch die vermehrte Wasseraufnahme hervorgerufenen Kühleffektes aufgehoben wird.

**Tabelle 12: Der Einfluss von Wassertemperatur und Tränkwassersupplementierung mit KCl auf hitzestressste Masthähnchen<sup>1</sup>**

Wasser-Temp. (°C)	Mittlere Tageszunahme (g)		Tägl. Wasserkonsum (ml)		Körpertemperatur (°C)	
	Kontr.	+5 % KCl	Kontr.	+5 % KCl	Kontr.	+5 % KCl
12,8	55,4	60,2 <sup>b</sup>	364 <sup>b</sup>	470 <sup>a</sup>	42,8 <sup>ab</sup>	42,7 <sup>b</sup>
31,1	50,3 <sup>c</sup>	56,5 <sup>ab</sup>	359 <sup>bc</sup>	466 <sup>a</sup>	43,1 <sup>a</sup>	42,9 <sup>ab</sup>
42,2	47,0 <sup>cd</sup>	42,5 <sup>b</sup>	364 <sup>b</sup>	340 <sup>c</sup>	43,3 <sup>a</sup>	43,1 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Mittelwerte von drei Versuchen

<sup>a, b, c, d</sup> Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben innerhalb einer Spalte unterscheiden sich signifikant (P < 0,05)

**Anreicherung des Tränkwassers mit Mineralstoffen**

In Versuchen mit kolostomierten Hühnern beobachteten BELAY und Mitarbeiter (1990), dass Hitzestress die Ausscheidung von Kalium, Natrium, Zink und Molybdän mit dem Urin und die Exkretion von Kalzium, Mangan, Selen und Kupfer mit dem Kot erhöht. Die Retention von Magnesium und Phosphor war durch die Ausscheidung über Urin und Kot vermindert. Inwieweit dies von speziellem Nutzen für einzelne Mineralstoffe ist, ist noch ungeklärt. Sicher ist, dass Salzgemische auf Kalium-Basis im Vergleich zu Natrium günstiger wirken. Daneben sind auch spezielle Anioneneffekte möglich und werden derzeit untersucht. Zum Thema Trinkwasserbehandlung gibt es viele Spekulationen und wenig Fakten, allerdings sind einige wirksame Maßnahmen für Broiler und Legehennen belegt (Tab. 13-14). Die Art der Wirkung beruht dabei sehr wahrscheinlich auf einer Verbesserung des thermischen Gleichgewichts. Um einen Effekt zu erlangen, muss das Tränkwasser routinemäßig mit 0,2-0,5 % Mineralstoffmischung supplementiert werden, wodurch allerdings Auswirkungen auf die Wasseraufnahme zu befürchten sind.

**Tabelle 13: Gewichtszuwachs, Wasserkonsum, Futtermittelaufnahme, Futtermitterverwertung, Überlebensrate und angepasste Futtermitterverwertung von Masthähnchen in thermoneutraler Umgebung oder bei Hitzestress mit (+) 0,5 % oder ohne (-) Zugabe eines Mineralstoffgemisches zum Tränkwasser**

	Thermoneutral		Hitzestress	
	- Mineral-mix	+ 0,5 % Mineralm.	- Mineral-mix	+ 0,5 % Mineralm.
Gewichtszuwachs (g)	1323 <sup>ab</sup>	1357 <sup>a</sup>	1194 <sup>c</sup>	1256 <sup>b</sup>
Tränkwasser (ml/Tag)	253 <sup>b</sup>	259 <sup>b</sup>	292 <sup>c</sup>	305 <sup>a</sup>
Futtermittelaufnahme (g/Tier)	2804 <sup>a</sup>	2667 <sup>c</sup>	2596 <sup>a</sup>	2400 <sup>b</sup>
Zuwachs/Futter (Z/F)	0,45 <sup>c</sup>	0,48 <sup>a</sup>	0,41 <sup>b</sup>	0,46 <sup>a</sup>
Überlebensrate (%)	95,8 <sup>a</sup>	94,8 <sup>a</sup>	88,5 <sup>b</sup>	89,6 <sup>b</sup>
Angepasste Z/F-Relation	0,46 <sup>ab</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,43 <sup>b</sup>	0,48 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben innerhalb einer Zeile unterscheiden sich signifikant (P < 0,05)

**Tabelle 14: Wirkung der Umgebungstemperatur und einer Mineralstoffmischung im Tränkwasser auf Futtermittelaufnahme, Wasseraufnahme, Eiproduktion, Eigewicht, Futtermitterverwertung und Körpergewichtsveränderungen von Legehennen in thermoneutraler Umgebung und unter Hitzestress**

	Thermoneutral			Hitzestress		
	OM <sup>1</sup>	+M <sup>2</sup>	++M <sup>3</sup>	OM <sup>1</sup>	+M <sup>2</sup>	++M <sup>3</sup>
Futtermittelaufnahme (g/Tag)	102 <sup>b</sup>	106 <sup>a</sup>	101 <sup>b</sup>	91 <sup>c</sup>	91 <sup>c</sup>	90 <sup>c</sup>
Wasseraufnahme (ml/Tag)	222 <sup>c</sup>	258 <sup>bc</sup>	285 <sup>b</sup>	282 <sup>b</sup>	327 <sup>a</sup>	293 <sup>ab</sup>
Legeleistung je Hennenstag (%)	90,0 <sup>a</sup>	90,6 <sup>a</sup>	91,0 <sup>a</sup>	87,1 <sup>b</sup>	87,6 <sup>b</sup>	88,7 <sup>ab</sup>
Eigewicht (g)	56,4 <sup>a</sup>	57,1 <sup>a</sup>	57,5 <sup>a</sup>	54,8 <sup>b</sup>	55,9 <sup>b</sup>	54,6 <sup>b</sup>
Futtermitterverwertung <sup>4</sup>	0,56 <sup>bc</sup>	0,54 <sup>c</sup>	0,57 <sup>b</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>
KG <sup>5</sup> (g)	47 <sup>a</sup>	64 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>	-35 <sup>c</sup>	-12 <sup>b</sup>	-6 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup> Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben in einer Zeile unterscheiden sich signifikant (P < 0,05)

<sup>1</sup> Kontrolle, <sup>2</sup> Mineralmix Zugabe 1 (0,185 % des Trinkwassers), <sup>3</sup> Mineralmix Zugabe 2 (0,37 % des Tränkwassers)

<sup>4</sup> Futtermitterverwertung = Kilogramm produzierter Eier: Kilogramm verzehrtes Futter

<sup>5</sup> KG<sup>5</sup> = Verlust oder Zunahme an Körpergewicht während des Versuchszeitraums

**Energiedichte und Energiequelle**

In verschiedenen Untersuchungen (MORENG, 1980; LEE-SON, 1986) wurden zahlreiche Fütterungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zur Minderung der Folgen von Hitzestress bewertet. Dabei zeigte sich u. A., dass die Wachstumsrate durch Fettzugabe erhöht werden kann (DALE und FULLER, 1979). Die Wirkung ist vermutlich auf geringere Wärmeverluste zurückzuführen, was dem Tier eine höhere Nährstoffaufnahme ermöglicht und damit einen erhöhten Ansatz zur Folge hat. Der Effekt, die fütterungsbedingte Wärmebildung durch Verwendung von Fett als Energiequelle zu vermindern, ist jedoch oft mit einer Steigerung der Energieaufnahme verbunden, was in den meisten Fällen die reduzierte Wärmebildung des Tieres überschattet. BELAY und Mitarbeiter (1993) prüften derartige Futterveränderungen unter besonderer Berücksichtigung der Überlebensrate unter zyklischen Umgebungstemperaturen. Sie stellten fest, dass eine erhöhte Energiekonzentration im Futter sowohl die Mortalität (P < 0,01) als auch das Wachstum bei lebensgefährlichem Hitzestress erhöht (Tab. 15-16). Zum Thema Fetteinatz ist abschließend zu bemerken, dass der Geflügelhalter sich dabei entweder für die Verbesserung der Wachstumsrate oder für die Reduzierung der Mortalität entscheiden muss. Bedauerlicherweise wird die Wärmebildung des Tieres gesteigert, wenn Fett zur Verbesserung der Wachstumsrate eingesetzt wird. Daher sollte Fett nicht ausschließlich zur Wachstumssteigerung verwendet werden. Im Hinblick auf die Schlachtkörperzusammensetzung wird der durch die größere Energiedichte im Futter verursachte erhöhte Fettansatz im Schlachtkörper den Zusatz von Fett zum Hähnchenfutter automatisch limitieren.

**Protein und Aminosäuren bei Hitzestress**

Ein äußerst umstrittenes Thema hinsichtlich des Managements hitzestresser Broiler ist die Versorgung mit Protein bzw. mit Aminosäuren. Während einige Wissenschaftler für eine Anhebung der Proteingehalte im Futter

**Tabelle 15: Einfluss des Energiegehaltes der Ration auf Zuwachs (4.-7. Lebenswoche), Futter- und Energieaufnahme sowie auf die Futterverwertung bei Broilern in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (thermoneutral oder zyklische Hitzestressbehandlung)**

Energie-dichte	Zuwachs (g)		Futterverwertung (g)		Energieaufnahme		Zuwachs/Futteraufnahme	
	TN	HD	TN	HD	TN	HD	TN	HD
2826	1151 <sup>a</sup>	947 <sup>c</sup>	2650 <sup>b</sup>	2283 <sup>c</sup>	7489 <sup>c</sup>	6452 <sup>d</sup>	0,42 <sup>b</sup>	0,38 <sup>c</sup>
3200	1294 <sup>b</sup>	998 <sup>d</sup>	2631 <sup>b</sup>	2235 <sup>c</sup>	8420 <sup>b</sup>	7152 <sup>e</sup>	0,48 <sup>a</sup>	0,38 <sup>c</sup>
3574	1301 <sup>b</sup>	997 <sup>d</sup>	2957 <sup>a</sup>	2259 <sup>c</sup>	10571 <sup>a</sup>	8079 <sup>f</sup>	0,42 <sup>b</sup>	0,35 <sup>d</sup>
Varianzursache		FG			Irrtumswahrscheinlichkeit			
Energiedichte		2			***	*	***	***
Umwelt		1			***	***	***	***
Energiedichte x Umwelt		2			*	**	***	*

abcdef Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (\*P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001)

**Tabelle 16: Einfluss der Energiedichte auf die Überlebensrate von Broilern (4.-7. Lebenswoche) sowie auf Ausschachtungsergebnisse und Verfettung**

Energie-dichte	Überlebensrate (%)		Ausschlachtung (%)		Abdominalfett (g)		Schlachtkörperfett (%)	
	TN	HD	TN	HD	TN	HD	TN	HD
2826	98 <sup>a</sup>	92 <sup>ab</sup>	70,7 <sup>b</sup>	71,5 <sup>a</sup>	1,0 <sup>c</sup>	1,1 <sup>c</sup>	12,2 <sup>e</sup>	13,0 <sup>d</sup>
3200	97 <sup>a</sup>	86 <sup>c</sup>	71,5 <sup>a</sup>	71,9 <sup>a</sup>	1,3 <sup>b</sup>	1,5 <sup>a</sup>	13,1 <sup>c</sup>	13,7 <sup>c</sup>
3574	95 <sup>ab</sup>	80 <sup>d</sup>	71,5 <sup>a</sup>	71,5 <sup>a</sup>	1,5 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	14,2 <sup>a</sup>	14,9 <sup>ab</sup>
Varianzursache		FG			Irrtumswahrscheinlichkeit			
Energiedichte		2			***	NS	NS	NS
Umwelt		1			***	*	***	***
Energiedichte X Umwelt		2			*	NS	NS	NS

abcde Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (\*P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001)

plädieren (KUBENA et al., 1972), empfehlen andere eine Absenkung des Eiweißgehaltes bei gleichzeitigem Aminosäuren-Ausgleich (WALDROUP et al., 1976). Arbeiten aus unserem Institut bestätigen die Ergebnisse von WALDROUP und Mitarbeiter (1976), die feststellten, dass eine Proteinabsenkung im Futter unter Beibehaltung des ursprünglichen Niveaus an essentiellen Aminosäuren das Wachstum und die Überlebensrate von Geflügel verbesserte. In der Tat ist dieser Weg der einzige, den wir gefunden haben, der gleichzeitig Wachstum und Überlebensrate verbessert.

### Vitaminergänzung

Veröffentlichte Daten zur Vitaminergänzung reichen von geringem bis zu deutlichem Effekt. Grundsätzlich kann man nicht davon ausgehen, dass eine Vitaminergänzung das Hitzestress-Problem löst. Es ist allerdings wichtig, das Geflügel optimal mit Vitaminen zu versorgen, damit die Tiere keinen Vitaminmangel erleiden. Untersuchungen in unserem Institut (DEYHIM und TEETER, 1994) zeigten, dass ein Entzug der Vitaminvormischung bei hitzestresssten Hähnchen im Vergleich zu Tieren, die unter thermoneutralen Bedingungen gehalten wurden, zu einem größeren Leistungsrückgang führte (-3,2 % gegenüber -2,8 %). Es ist wohl überflüssig zu erwähnen, dass solche Leistungsrückgänge die Kosten des Vitaminprämixes mehr als wettmachen.

### Zusammenfassung

Obwohl der genetische Fortschritt der letzten Jahrzehnte zu schnell wachsendem Geflügel mit deutlich verbesserter Leistungsfähigkeit führte, sind diese Tiere im allgemeinen recht anfällig gegenüber den Auswirkungen von Stress. Umweltbedingter Stress beginnt bereits in der Bruterei und seine Auswirkungen ziehen sich möglicherweise durch das ganze Leben des Tieres. Stress beim jungen Küken kann daher einen tiefgreifenden Effekt auf seine spätere Leistung haben. Der erfahrene Geflügelhalter wird alle geeigneten Anstrengungen unternehmen, um Stress, besonders während der ersten drei Tage nach dem Schlupf, zu vermeiden. Themen, die in diesem Artikel besonders hervorgehoben werden, umfassen das Brutereimanagement, den Kükentransport, Haltungs- und Fütterungsmaßnahmen zur Hitzeprävention und dem Trinkwassermanagement.

### Literaturverzeichnis

- AI-MASHHADANI, E., M.M. BECK (1985): Effect of atmospheric ammonia on the surface ultrastructure of the lung and trachea of broiler chicks. Poultry Sci. 64:2056-2061
- ANDERSON, D.P., C.W. BEARD, R.P. HANSON (1964a): The adverse effects of ammonia on chickens including resistance to infection with Newcastle disease virus. Avian Res. 8:369
- BEKER, A., S. L. VANHOOSER, R. G. TEETER (1995): Effect of oxygen level on ascites incidence and performance in broiler chicks. Avian Diseases 36:285-291

- BELAY, T., C. J. WIERNUSZ, R. G. TEETER (1990): Oklahoma Agr. Exp. Sta. MP 129:189-194
- BELAY, T., K. E. BARTELS, C. J. WIERNUSZ, R. G. TEETER (1993): A detailed colostomy procedure and its application to quantify water and nitrogen balance and urine contribution to thermobalance in broilers exposed to thermoneutral and heat-distressed environments. *Poultry Sci.* 72:106-115
- BENDHEIM, U., E. BERMAN, I. ZADIKOV, A. SHLOSBERG (1992): The effects of poor ventilation, low temperature, type of feed, and sex of bird on the development of ascites in broilers. *Production parameters. Avian Pathology* 21:383-388
- BOTTJE, W. G., P. C. HARRISON (1985): Effect of tap water, carbonated water, sodium bicarbonate, and calcium chloride on blood acid-base balance in cockerels subjected to heat stress. *Poultry Sci.* 64:107-113
- BRODY, S. (1945): in: *Bioenergetics and growth*. Reinhold Publishing Corporation, New York, USA
- BUFFINGTON, D.E., K.A. JORDAN, F.B. MATHER (1974): Heat losses of large white turkeys - 6 to 36 days of age. *Poultry Sci.* 53:2047-2054
- CARLILE, F.S. (1984): Ammonia in poultry houses: A literature review. *World's Poultry Sci. J.* 40:99-113
- CAVENY, D.D., C.L. QUARLES, G.A. GREATHOUSE (1981): Atmospheric ammonia and broiler cockerel performance. *Poultry Sci.* 60:513
- CHARLES, D.R., C.G. PAYNE (1966a): The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. 1. The effects on respiration and on the performance of broilers and replacement stock. *Brit. Poultry Sci.* 7:177
- DALE, N. M., H. L. FULLER (1979): Effects of diet composition on feed intake and growth of chicks under heat stress. *Poultry Sci.* 58:1529-1534
- DALHAM, T. (1956): Mucus flow and ciliary activity in the trachea of healthy rats and rats exposed to respiratory irritant gases. *Acta Physiologica Scandinavica (Suppl 123)* 36:1
- DEYHIM F., R. G. TEETER (1990): Acid base balance and plasma corticosterone of heat distressed broilers consuming KCl and NaCl supplemental drinking water. (Abstract). *Poultry Sci.* 69:163
- EMMANS, G.C. (1989): The growth of turkeys. In: *Recent Advances in Turkey Science*. Pages 135-166. C. Nixey and T.C. Grey, eds. Butterworth and Co., Ltd Borough Green, Sevenoaks, Kent TN158PH, England. *Poultry Science Symposium No. 21*
- FREEMAN B. M. (1984): *Physiology and Biochemistry of the domestic fowl*.
- HOWLIDER, M. A. R., S. P. ROSE (1987): Temperature and the growth of broilers. *World Poultry Sci. J.* 43:228-237
- JONES, G.P.D. (1994): Energy and nitrogen metabolism and oxygen use by broilers susceptible to ascites and grown at three environmental temperatures. *Brit. Poultry Sci.* 35:97-105
- JURKSCHAT, M., A. BURMEISTER, M. NICHELMANN (1989): The development of thermoregulation in white beltsville turkeys (*Meleagris gallopavo*) between day 10 and 50. *Journal of Thermal Biology.* 14:83-86
- KLING, H.F., C.L. QUARLES (1974): Effect of atmospheric ammonia and the stress of infectious bronchitis vaccination on Leghorn males. *Poultry Sci.* 53:1161
- KOHNE, H. J., J.E. JONES (1975): Changes in plasma electrolytes, acid-base balance and other physiological parameters of adult female turkeys under conditions of acute hyperthermia. *Poultry Sci.* 54:2034
- LEACH, R. M., Jr., R. DAM, T. R., ZEIGLER, NORRIS, L. C. (1959): The effect of protein and energy on the potassium requirement of the chick. *J. Nutr.* 68:89
- LEESON, S. (1986): *Worlds Poultry Sci.* 42:69-81
- LINSLEY, J. G., R. R. BERGER (1964): Respiratory and cardiovascular responses in the hyperthermic domestic cock. *Poultry Sci.* 43:291-305
- LOTT, B. D. (1990): *Poultry Sci.* in press
- MacLEOD, M., G. H. LUNDY, T.R. JEWITT (1985): Heat production by the mature male turkey (*Meleagris gallopavo*): Preliminary measurements in an automated, indirect, open-circuit multi-calorimeter system. *British Poultry Sci.* 36:325-333
- MALHOTRA, R.K. (1967): *Partitional heat losses of mature broad-breasted bronze turkeys*. Ph.D. Thesis, University of Missouri
- MATHER, F. B., G. M. BARNAS, R. E. BURGER (1980): The influence of alkalosis on panting. *Comp. Biochem. Physiol.* 67:265-268
- MAXWELL, M. H., S. SPENSE, G. W. ROBERTSON, M. A. MITCHELL (1990): Haematological and morphological responses of broiler chicks to hypoxia. *Avian Pathology* 19: 23-40
- McCORMICK, C. C., J. D. GARLICH, F. W. EDENS (1979): Fasting and diet affect the tolerance of young chickens exposed to acute heat stress. *J. Nutr.* 109:1797-1809
- MORENG, R.E. (1980): Temperature and vitamin requirements of the domestic fowl. *Poultry Sci.* 59:782
- MORRIS, T.R. (1989): The place of the turkey in the animal industry of the future. In: *Recent Advances in Turkey Science*. Pages 351-355. C. Nixey and T.C. Grey, eds. Butterworth & Co., Ltd. Borough Green, Sevenoaks, Kent TN158PH, England. *Poultry Science Symposium No. 21*
- MOUM, S.G., W. SELTZER, T.M. GOLDHAFT (1969): A simple method of determining concentrations of ammonia in animal quarters. *Poultry Sci.* 48:347
- NAGARAJA, K.V. (1982): Ammonia caused E. coli congestion. *Feedstuffs* 54(11):14
- National Research Council (1994): *Nutrient requirements of domestic animals. 1. Nutrient requirements of poultry*. 9th ed. National Academy of Sciences, Washington, D. C.
- NICHLEMANN, M., S. ELLERKAMP, I. HERNRICH, L. LYHS (1976): Untersuchungen zum Wärmehaushalt von Puten. 1. Mitt.: Wärmeproduktion. *Monatshefte für Veterinärmedizin.* 31:213-217
- NIR, I., M. LEVANON (1993): Research Note: Effect of posthatch holding time on performance and on residual yolk and liver composition. *Poultry Sci.* 72:1994-1997
- QUARLES, C.L., D.D. CAVENY (1979): Effect of air contaminants on performance and quality of broilers. *Poultry Sci.* 58:543
- REECE, F.N., B.D. LOTT, J.W. DEATON (1981): Low concentrations of ammonia during brooding decrease broiler weight. *Poultry Sci.* 60:937-940
- SARRUS et RAMEAUX (1937): *Bull. de L'acad. de Med.* 2:538
- SCHEELE, C. W., W. DeWIT, M. T. Frankenheus, P. F. G. Vereijken (1991): Ascites in broilers. 1. Experimental factors evoking symptoms related to ascites. *Poultry Sci.* 70:1069-1083
- SMITH, J.D. BURKE, W. H., SPEER, G. M. (1973): The response of starting turkeys to moderate differences in dietary potassium concentration. *Poultry Sci.* 52:1344
- SMITH, M.O., R.G. TEETER (1988): *Poultry Sci.* 67 (Suppl):36
- SWICK, R. A., E. E. M. PIERSON, F. J. IVEY (1992): Management and nutritional considerations for broilers during heat stress. *Proceedings Bangkok Poultry Congress, Thailand*
- TEETER, R. G., M. O. SMITH (1986): High chronic ambient temperature stress effects on broiler acid-base balance and their response to supplemental ammonium chloride, potassium chloride, and potassium carbonate. *Poultry Sci.* 65:1777
- TEETER, R. G., M. O. SMITH (1987): *Colorado State University Third Poultry Symposium Proceedings, (Addendum)*
- TEETER, R. G., M. O. SMITH (1987): *Proceedings Georgia Nutrition Conference. University of Georgia, P.* 160-169
- TEETER, R. G., M. O. SMITH, S. S. SANGIAH, F. B. MATHER (1987): *Nutr. Rep. Int.*
- TEETER, R. G., M. O. SMITH, S. SANGIAH, F. B. MATHER (1987): Effects of feed intake and fasting duration upon body temperature and survival of thermostressed broilers. *Nutrition Reports International* 35:531-537
- TEETER, R.G., M.O. SMITH, F.N. OWENS, S.C. ARP, S. SANGIAH, J.E. BREAZILE (1985): Chronic heat stress and respiratory alkalosis: occurrence and treatment in broiler chicks. *Poultry Sci.* 64:1060-1064
- van KAMPEN, M. (1974): Physical factors affecting energy expenditure. In: *Energy Requirements of Poultry*, pp. 47-59. ed. T. R. Morris and B. M. Freeman, Bri. Poultry Sci. Ltd, Edinburgh
- van KAMPEN, M. (1981): Water balance of colostomised and non-colostomised hens at different ambient temperatures. *Bri. Poultry Sci.* 22:17-23
- WALDROUP, P. W., R. J. MITCHELL, J. R. PAYNE, Z. B. JOHNSON, K.R. HAZEN (1976): Performance of chicks fed diets formulated to minimize excess levels of essential amino acids. *Poultry Sci.* 55:243-253
- WIDEMAN, R.F. jr, (1988): Ascites in poultry. *Monsanto Nutrition Update. Vol. 6, number 2, August*
- WIERNUSZ, C., R.G. TEETER (1992): Acclimation to heat distress and feed intake effects on body temperature in birds exposed to thermoneutral and high ambient temperatures. *Poultry Science.* 71:1101
- WIERNUSZ, C. J., R. G. TEETER (1993): Feeding effects on broiler thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. *Poultry Sci.* 72:1917-1924
- XIN, H., K. LEE (1996): Use of aqua-gel and feed for nutrient supply during long journey air transport of baby chicks. *Trans. Of the ASAE* 39 (3): 1123-1126
- XIN, H., S. R. RINGER (1995): Physical conditions and mortalities associated with international air transport of young chicks. *Trans. Of the ASAS* 38 (6):1863-1867
- YERSIN, A. G., W. E. HUFF, L. F. KUBENA, M. H. ELISSALDE, R. B. HARVEY, D. A. WITZEL, L. E. GIROIR (1992): Changes in hematological, blood gas, and serum biochemical variables in broilers exposed to simulated high altitude. *Avian Diseases* 39:285-291