

1 Einleitung

Das Fortbewegungsverhalten umfasst folgende Aktivitäten: Gehen, Laufen, Springen, Hüpfen, wobei die letztgenannten Bewegungsformen auch mit Flügelschlägen einhergehen können (KRUIJT, 1964).

Das Fortbewegungsverhalten ist in verschiedene Funktionskreise, z.B. dem Futteraufnahme-, Explorations- und Sozialverhalten, integriert. Die Motivation zum Fortbewegungsverhalten ist einerseits genetisch fixiert, andererseits wird sie durch Umweltfaktoren beeinflusst. Die Verhaltensökologie beschreibt das Auffinden von Nahrung und die Befriedigung des Schutzbedürfnisses als Hauptmotivation zur Lokomotion (KEELING, 1995).

Die Selektion auf hohes Wachstum hat in den letzten 20 Jahren zu einer deutlichen Reduzierung der Mastzeit geführt. Jedoch sind die erhöhte Wachstumsrate und das Fortbewegungsverhalten bei Broilern negativ korreliert. So wurde festgestellt dass mit zunehmendem Alter bis zum Mastende die Laufaktivität von 12 % auf ca. 2-6 % verringert wird, und das Ruheverhalten auf 80-90 % des Tageszeitbudgets ansteigt (BESSEI, 1992). Gleichzeitig stieg das Auftreten von Beinschäden stark an. Die Entstehung von Beinschäden ist multifaktoriell bedingt. So gelten z.B. die genetische Disposition (REITER und BESSEI, 1995), das schnelle Wachstum (KESTIN et al. 2001), die geringere Laufaktivität (RUTTEN, 2000), Sehnendegenerationen- und verkrümmungen (BOKKERS und KOENE, 2000), sowie bakterielle und virale Erkrankungen (BUTTERWORTH, 1999) als Einflussfaktoren. Die Rolle der einzelnen Faktoren ist jedoch unklar. Deshalb soll in der vorliegenden Arbeit untersucht werden, ob eine verringerte Laufaktivität oder die Gewichtsbelastung einen entscheidenden Einfluss auf die Beinbeschwerden bei Broilern hat.

2 Literaturübersicht

2.1 Anatomie der Beckengliedmaße des Haushuhns

2.1.1 Makroskopische Anatomie der Beckengliedmaße des Haushuhnes (Knochen und Gelenke)

Makroskopisch lassen sich an den langen Röhrenknochen die verbreiterten, mit Gelenkknorpel überzogenen Enden (Epiphysen) und der dazwischen liegende Schaft (Diaphyse) unterscheiden. Als Metaphyse wird das proximale bzw. distale Endstück der Diaphyse bezeichnet. Bei Säugetieren bildet sich am wachsenden Knochen zwischen den verknöchernden Epi- und Diaphysen eine Knorpelschicht (Epiphysenfuge) an der das Längenwachstum erfolgt. Vögel besitzen am Tibiotarsus und am proximalen Tarsometatarsus ebenfalls Epiphysenfugen. An allen anderen Knochenenden erfolgt das Längenwachstum an der Wachstumsplatte, einer der Fuge vergleichbarer knorpeliger Bildung, die sich zwischen dem Gelenkknorpel und der Epiphyse befindet. Im Aufbau lassen sich auch an den Röhrenknochen bei Vögeln die *Substantia compacta* und *Substantia spongiosa* unterscheiden. Die *Substantia compacta* umgibt als feste Knochenmanschette die Diaphyse. Die *Spongiosa* befindet sich hauptsächlich in der Epi- und Metaphyse und besteht aus Knochenbälkchen (Trabekeln). Zwischen diesen Trabekeln sowie im Zentrum der Diaphyse liegt der überwiegende Teil des Knochenmarkes (KRAMPITZ et al., 1983; SMOLLICH, 1992; BARON, 1993).

Das Skelett der Beckengliedmaße des Vogels besteht aus dem Oberschenkelknochen, dem Unterschenkelknochen, dem Fußknochen und den Gelenken der Beckengliedmaße (Abbildung 1).

Die Beschreibung des Oberschenkelknochens, des Unterschenkelknochens und der Gelenke der Beckengliedmaße erscheint für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit notwendig.

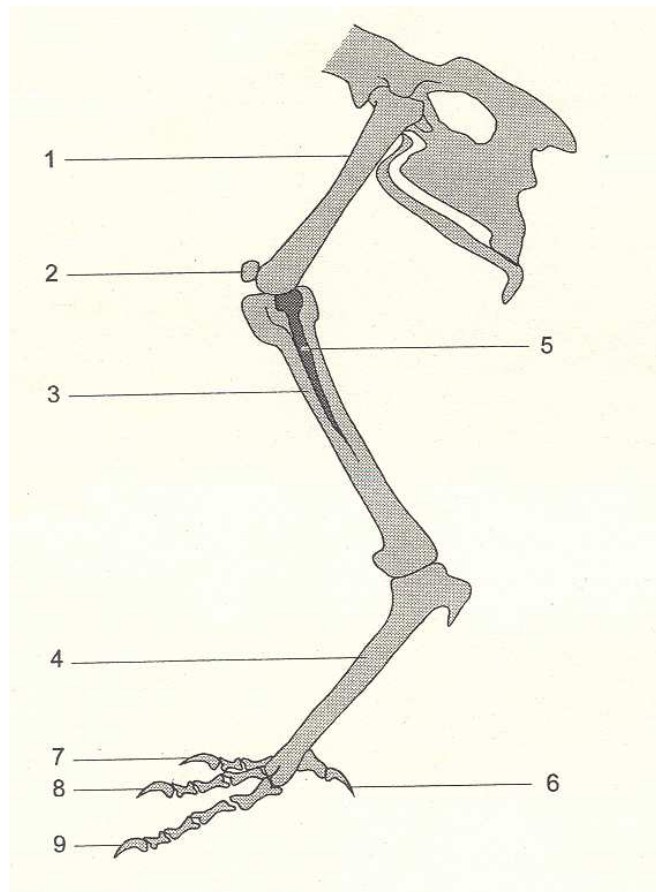


Abbildung 1: Knochen der linken Beckengliedmaße des Haushuhnes (schematisch). 1 Femur, 2 Patella, 3 Tibiotarsus, 4 Tarsometatarsus, 5 Fibula, 6 Digitus I, 7 Digitus II, 8 Digitus III, 9 Digitus IV (GÜNTHER, 1997).

Die Knochen der Beckengliedmaße (*Ossa membri pelvici*) sind über das Hüftgelenk, *Articulatio coxae*, mit dem Beckengürtel, *Cingulum membri pelvini*, verbunden. Im Hüftgelenk sind zwei Gelenke vereinigt, der *Articulatio coxocapitalis* und der *Articulatio coxotrochanterica*. Der *Articulatio coxocapitalis* besteht im *Labrum acetabulare* aus Faserknorpel und dem *Caput femoris*, das mit dem *Ligamentum capitis femoris* in der Pfanne verankert ist. Zusätzlich sind da noch Kapselverstärkungen, die die Beckenknochen an das Os femoris halten (*Ligamentum iliofemorale, ischiofemorale und pubofemorale*).

Der *Articulatio coxotrochanterica* verbindet dann Antitrochanter mit der Gelenkfläche an Oberschenkelhals und Trochanter major. Die allgemein große Bewegungsfreiheit des Hüftgelenks wird durch den Antitrochanter in der Abduktionsbewegung eingeschränkt (VOLLMERHAUS, 1992; MAIERL, KÖNIG und LIEBICH, 2001).

Der Oberschenkelknochen oder Femur (*Os Femoris*) artikuliert am proximalen Ende über seinen Kopf, *Caput femoris*, mit der Gelenkpfanne des Beckens. An der Außenseite ragt der *Trochanter femoris* proximal hervor. Von diesem aus erstreckt sich die *Crista trochanteris*. Ein kurzer Hals, *Collum femoris*, verbindet den Femurkopf mit dem runden Schaft, *Corpus femoris*. An dessen distalem Ende befinden sich zwei Gelenkknollen, *Condylus lateralis* und *Condylus medialis*, die durch den *Sulcus intercondylaris* getrennt werden. Die Gelenkknollen artikulieren über das Kniegelenk mit dem Unterschenkelknochen. Der *Condylus lateralis* hat auf seiner Außenseite eine zirkuläre Vertiefung zur Artikulation mit der Fibula, die *Trochlea fibularis*. Proximal der Kondylen sitzen die *Epicondylus lateralis* und *medialis*. Die beiden *Epicondylus lateralis* und *medialis* besitzen Bandgruben. Über ihnen sind Muskelhöcker und –leisten zu finden. Die Kniescheibe (*Patella*) ist auf ihrer kaudal gerichteten Gelenkfläche knorpelig, während die kraniale Fläche von der Sehne des M. ambiens eingezogen sein kann (SCHUMMER, 1992).

Das Kniegelenk (*Articulatio [Junctura] genus*) wird aus vier Einzelgelenken gebildet. Der Femur artikuliert mit dem Tibiotarsus, der Fibula und der Patella. Zudem sind proximal der Tibiotarsus und die Fibula gelenkig verbunden. Alle vier synovialen Gelenkräume stehen untereinander in Verbindung, die von einer geräumigen Gelenkkapsel umschlossen werden. Zwischen den Kondylen des Femurs und des Unterschenkelknochens sind zwei Menisken eingeschoben. Bei dem Femorofibulargelenk artikuliert der Fibulakopf mit der *Trochlea fibularis* des *Os femoris*.

Die Knochen des Unterschenkels (*Ossa cruris*) werden durch das Schienbein (*Tibiotarsus*) und das Wadenbein (*Fibula*) repräsentiert. Durch die Verschmelzung der Tibia mit der proximalen Reihe der Tarsalknochen ist der *Tibiotarsus* entstanden. Er ist die alleinige Stütze des Unterschenkels. Das proximale Ende des Tibiotarsus ist durch seine zentrale Stellung als Ursprungs-, Ansatz- und Umlenkpunkt verschiedener Muskeln bzw. deren Kräfte stark entwickelt und gegliedert. Kranial am Tibiotarsus fällt die hohe *Crista cnemialis cranialis* auf. Ihr proximaler Rand ist über die *Crista patellaris* mit der *Crista cnemialis lateralis* verbunden. Durch die beiden Cristae cnemiales entsteht der *Sulcus intercnemialis*. Der Querschnitt des Tibiotarsus ist im proximalen Drittel eher dreiseitig, im mittleren Drittel rundlich und wird distal queroval. Seine kraniale Fläche wird von einer deutlichen Längsrinne, *Sulcus extensorius*, eingedellt. Am distalen Endstück des Tibiotarsus treten zwei Gelenkwalzen auf, *Condylus lateralis* und *Condylus medialis*, die vom *Sulcus intercondylaris* getrennt werden.

Das Intertarsalgelenk (*Articulatio intertarsalis*) wird vom Tibiotarsus und dem Tarsometatarsus gebildet. Die Fibula ist nicht beteiligt, sie endet höher (SCHUMMER, 1992; VOLLMERHAUS, 1992; MAIERL, KÖNIG und LIEBICH, 2001).

2.1.2 Knochenbildungsprozesse

Das Wachstum der Knochen spielt sich hauptsächlich an der Wachstumsplatte bzw. an den Epiphysenfugen und am Periost ab (FROST, 1980).

Wie bei Säugetieren können die Knochen bei Vögeln kann auf zwei Arten entstehen:

- desmale oder direkte Ossifikation
- enchondrale oder indirekte Ossifikation

Bei den desmalen und enchondralen Ossifikation tritt zunächst Geflechtknochen auf, der dann bald durch Lamellenknochen ersetzt wird. Geflechtknochen, Resorptionszonen und Lamellenknochen können während der Wachstumsphase nebeneinander vorkommen. Diese Kombination von Knochenaufbau und -abbau wird Remodelling genannt (SINOWATZ, 1991). Als Remodelling werden die Veränderungen am bestehenden Knochen bezeichnet, die zur Anpassung an innere und äußere Einflüsse dienen. Dazu gehören auf den Knochen wirkende mechanische Kräfte und Veränderungen im Mineralstoffbedarf (FROST, 1972).

ERBEN (2004) zeigte, dass beim Remodelling immer zuerst ein bestimmter Bereich durch Osteoklasten entfernt und dann später an der gleichen Stelle wieder durch Osteoblasten aufgebaut wird. Die Gruppen von Zellen, die an koordinierten Aktivitäten teilnehmen, werden als „basic multicellular units“ (BMUs) bezeichnet (FROST, 1963; WATKINS, 1993). Durch Belastung werden die BMUs durch die Osteozyten aktiviert. An den Stellen mit erhöhter Zug- und Druckbelastung wird Knochenmaterial angebaut (PAUWELS, 1976).

Das Remodelling hinterlässt im Knochen typische Struktureinheiten (Bone Structural Units, BSUs) (WATKINS, 1994; ERBEN, 2004). Die BSUs werden in der Corticalis als Osteone und in der Spongiosa als Hemioosteone bezeichnet. Den Begriff Hemioosteone haben sie daher, da sie halbierten Osteonen gleichen. Man unterscheidet „gezieltes Remodelling“ vom „stochastischen Remodelling“. Beim „gezielten Remodelling“ werden an bestimmten Stellen des Skeletts Mikrorisse im Inneren des Knochens aufgefüllt. Im Gegensatz dazu beginnt beim „stochastischen Remodelling“ die Induktion an beliebiger Stelle. Sie unterliegt der

endokrinen Kontrolle. Das Parathormon (PTH) ist ein wesentlicher Regulator dieser Remodelling-Aktivität (ERBEN, 2004).

Nach HÖRNER (1995) und LETERRIER (1998) haben die Remodellingprozesse bei wachsenden Broilern einen zu vernachlässigenden Einfluss auf die Knochenentwicklung.

Modelling führt aufgrund biomechanischer Belastung zur Adaptation von Knochenstrukturen. Durch die Modelling-Aktivität wird an einer bestimmten Stelle des Skeletts Material dazugefügt oder weggenommen. Dadurch können im trabekulären Knochen Strukturelemente neu angeordnet und im corticalen Knochen die äußere Form verändert werden. Modelling erlaubt es, die Knochenstruktur innerhalb von Tagen bis wenigen Wochen an neue Bedingungen anzupassen. Der entscheidende Stimulus für die Adaption ist eine Verformung des Knochens durch mechanische Belastung (strain). Osteozyten und endostale Knochenbelegzellen dienen als Mechanosensoren. Sie messen den Grad der Verformung. Solange die Verformung in einem physiologisch vorgegebenen Fenster bleibt, wird die Knochenmasse konstant gehalten. Ist die Verformung geringer, wird Knochengewebe abgebaut, ist sie höher, wird die Struktur verstärkt (ENGELHARDT und BREVES, 2004). Nach RUBIN und LANYON (1985) setzen die Knochenbildungsprozesse erst ab einer bestimmten Schwelle der Verformung des Knochens ein. Nach FROST (1995) liegt diese Schwelle bei 3000 Microstrains ($\mu\epsilon$). Wenn regelmäßig Verbiegungen mit Werten über 3000 $\mu\epsilon$ vorkommen, wird so lange Material angebaut, bis die Verformung den Wert von 1000 $\mu\epsilon$ nicht mehr überschreitet.

In Untersuchungen von THORP und DUFF (1988) und REITER und BESSEI (1995) wurde gezeigt, dass ein tägliches Lauftraining auf einem Karussell oder Laufband die Corticalisdicke erhöht. Nach RUTTEN (2000) haben die trainierten Tiere eine höhere Corticalisdichte als die untrainierten.

2.2 Beinschäden bei Broilern

Innerhalb der letzten 20 Jahre fand bei Broilern eine intensive Selektion auf hohes Wachstum und damit einhergehend eine deutliche Reduzierung der Mastzeit statt. Als Begleiterscheinung der Selektion auf schnelleres und höheres Wachstums traten vermehrt Beinschäden und Beinschwächen auf (REITER, 2001). Besonders betroffen sind die Bereiche des Knies und der Fersengelenke. Aufgrund dessen sind die Tiere in ihrer

Bewegungsfähigkeit stark eingeschränkt (REITER und BESSEI, 1998). Dies führt zu einer erheblichen Beeinträchtigung ihrer Lebensqualität und nicht selten sogar zum Tod. Der Anteil der Tiere, die an Beinschäden verenden bzw. gemerzt werden müssen, beträgt nach GRASHORN (1987) 2-4%. Untersuchungen in Praxisbetrieben zeigten, dass Beinschwächen in unterschiedlichem Grad bei bis zu 30% der Tiere auftreten können (EUROPEAN COMMISSION; REPORT OF THE SCIENTIFIC COMMITTEE, 2000). Genauere Untersuchungen haben ergeben, dass bei 5-30% der Tiere verschiedener Broilerherden Veränderungen der Gliedmaßen auftraten (RIDDELL, 1992; SANOTRA, 2001).

Als Ursachen für die Entstehung von Beinschäden sind genetische und umweltbedingte Faktoren nachgewiesen. Besonders hervorzuheben sind genetische Prädispositionen aufgrund der Selektion auf schnelleres Wachstum und mangelnder Bewegung.

Da hohe Wachstumsraten, geringere Laufaktivität und Beinschäden in den meisten Fällen als Komplex auftreten, ist es schwer, die kausalen Beziehungen festzustellen. Die möglichen Zusammenhänge sind in Abbildung 2 dargestellt. Schnelles Wachstum kann durch die physische Belastung die Fortbewegung reduzieren. Es wurde auch vermutet, dass durch die Selektion auf Wachstum und Futtermittelverwertung auch die Motivation für die Fortbewegung negativ beeinflusst wurde. Als weiterer Effekt ist zu berücksichtigen, dass durch Störungen im Aufbau von Knochen und Gelenken Schmerzen auftreten können, die die Laufaktivität begrenzen.

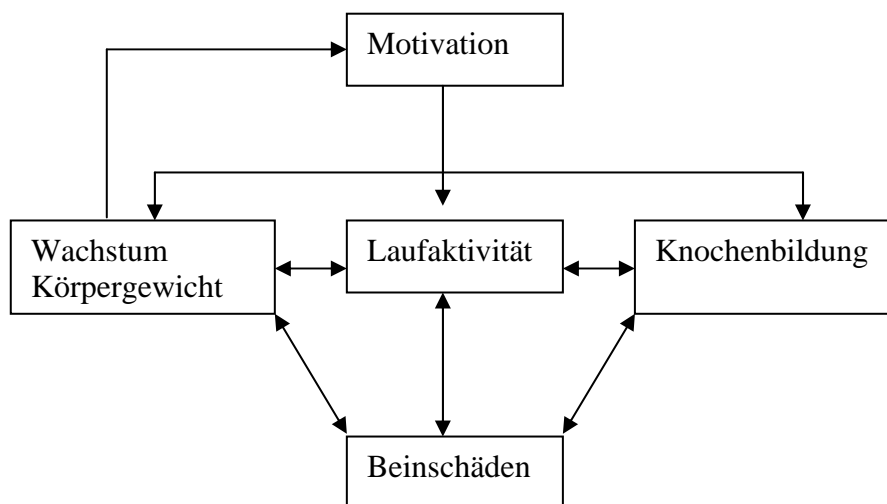


Abbildung 2: Wechselwirkungen zwischen Laufaktivität, Wachstum, Knochenbildung, Motivation und Beinschäden (verändert nach REITER, 2001).

Körpergewicht und Bewegungsaktivität scheinen allgemein in einem negativen Zusammenhang zu stehen. Eine abnehmende Bewegungsaktivität geht in der Regel mit einer Zunahme von Sitzen und Ruhen einher. Besonders deutlich unterscheidet sich die Bewegungsaktivität von Legehennen und Broilern. Legehennen nutzen 40-60% der Tageszeit für Bewegungsaktivitäten (BESSEI, 1977). Dagegen ruhen oder sitzen schnell wachsenden Broiler den größten Teil des Tages. Am Ende der Mastperiode nimmt dann die Ruhezeit 80 - 90% des Tages in Anspruch (BESSEI, 1992). Da beim Masthuhn die männlichen Tiere schwerer sind als die weiblichen, haben sie ein höheres Risiko der Entwicklung von Beinschäden (SANOTRA et al., 2001). Laut HAVENSTEIN et al. (1994) erreichen schnell wachsende männliche Broiler in der zwölften Lebenswoche ein Endgewicht von 4,7 kg und weibliche von 4,2 kg. Nach GRASHORN und CLOSTERMANN (2002) erreichen die männlichen Broiler der Herkunft ROSS 308 in der zwölften Lebenswoche 5,8 kg und die weiblichen 4,1 kg. Das Verhalten der schnell wachsenden Broiler bis zur sechsten Lebenswoche wurde intensiv sowohl unter experimentellen als auch unter kommerziellen Bedingungen untersucht (MURPHY und PRESTON, 1998; HALL, 2001).

Nach NEWBERRY und HALL (1990) beträgt die Zeit für Laufaktivität bei schnell wachsenden Broilern nur 1,6%-1,8% des Lichttages. Nach REITER und GRASHORN (1992) waren es 12% zu Beginn und 4% am Ende der Mast.

Nach BOKKERS (2004) laufen die schnell wachsenden Broiler in den ersten 6 Lebenswochen 5% und die langsam wachsenden Broiler 11% der Tageszeit. Auch WEEKS et al. (2000) und CORNETTO und ESTEVEZ (2001) fanden ähnliche Prozentzahlen für die Laufaktivität. In Untersuchungen von REITER und KUTRITZ (2001) liefen die Broiler in den ersten 5 Lebenswochen 2,2%. Nach BIZERAY et al. (2000) war in den ersten 3 Lebenswochen 5 % Laufen festzustellen. Ab der 8. Lebenswoche betrug die Zeit für die Laufaktivität nur 1% (BOKKERS, 2004).

Nach MURPHY and PRESTON (1988) und HALL (2001) ruhen schnell wachsende Broiler 64-65 % des Tages. BIZERAY et al. (2000) und CORNETTO und ESTEVEZ (2001) fanden 64-67% Ruheverhalten. Bei SIEGEL et al. (1997) und REITER und KUTRITZ (2001) nahmen das Ruheverhalten bei langsam wachsenden Broilern 60 % und bei schnell wachsenden Broilern 76-80 % ein. In Untersuchungen von BOKKERS (2004) waren keine Unterschiede im Ruheverhalten zwischen schnell und langsam wachsenden Broilern festzustellen. In dieser Untersuchung betrug das Ruheverhalten in den ersten 6 Lebenswochen 57% und von der 6. bis 12. Lebenswoche 63%.

Die Zeit, die die Broiler in den ersten 6 Lebenswochen für Fressen benötigen, liegt nach MURPHY und PRESTON (1998), WEEKS et al. (2000) und HALL (2001) zwischen 5-11%. Nach BOKKERS (2004) verringert sich die Zeit für das Fressen bei schnell wachsenden Broilern von 15% in den ersten 6 Wochen auf 10% von der 6. bis 12 Lebenswoche.

KESTIN et al. (2001) sieht unabhängig vom Alter der Tiere, dem Fütterungsregime und der genetischen Herkunft im Körpergewicht den Hauptgrund für die Beinschwächen bei Broilern. In der letztgenannten Untersuchung wurde eine Ganganalyse mit Hilfe des so genannten „gait scores“ durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass junge Broiler einen höheren „gait score“ d. h. ein „schlechteres Gangbild“ zeigen als ältere Broiler. Die Autoren führten dieses Ergebnis auf das besonders schnelle Wachstum zurück.

DÄMMRICH und RODENHOFF (1970) und DÄMMRICH (1974) waren der Auffassung, dass die gebildete Muskelmasse für das Stützsystem zu schwer ist, und dass hier durch ein Missverhältnis zwischen Wachstums- und Differenzierungsvorgängen im Knochen auftritt. Die Autoren gehen davon aus, dass mit steigendem Körpergewicht der Anteil der Corticalis an der Querschnittsfläche verringert wird. Demgegenüber vertreten LETTERRIER und NYS (1992) die Ansicht, dass nicht der Anteil der Corticalis, sondern die verringerte Dichte der Corticalis ein entscheidender Faktor für die Entstehung von Beinschäden darstellt.

Schnell wachsende Broiler hatten laut BOKKERS (2004) wegen ihres schnellen Wachstums und des höheren Endgewichts öfter körperliche Schäden als langsam wachsende Broiler.

Schnell wachsende Broiler wiesen eine niedrigere Laufaktivität als die langsam wachsenden Broiler auf (LEWIS et al., 1997; SIEGEL et al., 1997; REITER und BESSEI, 1998; REITER und KUTRITZ, 2001, KESTIN et al. 2001).

Die Mittelwerte der Laufaktivität von schweren Broilern (Lohmann Meat) zeigten mit zunehmendem Alter einen deutlichen Abfall ihrer Aktivität (REITER und BESSEI, 1995; REITER, 2001). Unter Praxisbedingungen stellten auch SCHERER (1992) und BESSEI (1992) eine verringerte Laufaktivität mit zunehmendem Alter der Broiler fest.

BIZERAY et al. (2000) stellten beim Vergleich der Laufaktivität verschiedener Broilerherkünfte bereits Differenzen in den ersten zwei Lebenswochen fest.

Es konnten nach REITER (2001) schon ab der zweiten Lebenswoche abgesicherte Differenzen der Aktivität zwischen Herkünften mit hohem, mittlerem und geringerem Endgewicht ermittelt werden.

WEEKS et al. (2000) stellten auch bei Broilern ohne Beinschwächen einen Rückgang der Laufaktivität mit zunehmendem Alter fest. Bei langsam wachsenden Herkünften war dagegen auch im Zeitraum von 5 Wochen noch keine wesentliche Reduktion der Aktivität zu

erkennen (REITER und BESSEI, 1998; REITER und BESSEI, 2001; LETERRIER et al., 2002).

GORDON und TUCKER (1996) fanden, dass die Tiere, die in den ersten Wochen mehr liefen auch in späteren Wochen eine höhere Laufaktivität aufwiesen. Sie vermuten, dass eine höhere Spontanaktivität im jungen Alter das Potential für das Laufvermögen möglicherweise im späteren Alter positiv beeinflusst. SØRENSEN und KESTIN (1997) beobachteten eine deutliche Reduzierung von Erkrankungen des Skeletts bei verzögertem Wachstum zu Beginn der Mastperiode. Dabei war zugleich der Bewegungsdrang der Tiere gesteigert, so dass in der erhöhten Bewegung die Ursache der verbesserten Knochenstruktur vermutet wurde (CLASSEN und RIDDELL, 1989).

Nach RUTTEN (2000) hatten die auf einem Laufband trainierten Tiere eine höhere Corticalisdichte als die untrainierten. Untersuchungen an schnell wachsenden Broilern zeigten, dass sich das Lauftraining positiv auf den Knochenbau und die Knochenentwicklung auswirkt. Durch vermehrte Bewegung wird die Corticalisdicke am proximalen Ende des Tibiotarsus erhöht. Auch die proximale Abwinkelung des Tibiotarsus wurde durch das Training bei schnell wachsenden Broilern verringert (REITER und BESSEI, 1998; RUTTEN, 2000).

Mangelnde Bewegung führte offensichtlich zur Störung der Corticalisbildung. Bei einem Versuchstier fehlte in bestimmten Bereichen der Knochenwand die Corticalis (REITER, 2002). Zur Stabilisierung des Knochens wurde in diesem Fall im inneren Bereich des Tibiotarsus Corticalis aufgebaut. Die Knochenquerschnittsfläche war wesentlich erhöht und der Knochen wies eine höhere Gesamtdichte auf.

RODENHOFF und DÄMMRICH (1971) stellten fest, dass die Corticalis der Knochen von Küken mit Auslauf besser entwickelt war, als die von vergleichbaren Küken ohne Auslauf. BIEWENER und BERTRAM (1994) stellten bei trainierten Küken größere Corticalisflächen und höhere Corticalisdicken fest als bei untrainierten Küken.

Die Bewegungsaktivität hat jedoch nicht nur Auswirkungen auf die Knochenaufbauprozesse, sondern auch auf andere Komponenten des Stützsystems. LETERRIER et al. (1998) stellten bei restriktiver Fütterung von schnell wachsenden Broilern eine deutliche Verringerung der Beinschwächen fest, jedoch keine Effekte beim Knochenaufbau. Durch die höhere Bewegungsaktivität werden Sehnen und Bänder (GORDON und THORP, 1994) und die Muskeln des Stützsystems trainiert (NESTOR et al., 1987). Des Weiteren bewirkt die Bewegungsaktivität auch eine Verbesserung der Blutversorgung der Wachstumsplatte. Somit

werden der Abbau des Knorpels und der Aufbau von Knochen gefördert (LYNCH et al., 1992). In einem Versuch von BIZERAY et al. (2001) wurden zur Erhöhung der Bewegungsaktivität zwischen Futtertrog und Tränke Barrieren aus Holz aufgestellt. Die Broiler nutzten diese Barrieren aber vornehmlich als Sitzplatz. Daraus resultierte, dass die Lokomotion nicht zunahm, die Tiere aber weniger Zeit im Sitzen verbrachten. Durch das Klettern bzw. Hüpfen auf die Barrieren und das Ausbalancieren während des Sitzens, wird das Muskel-Skelettsystem zwar auf eine andere Art und Weise stimuliert als durch ausschließliches Laufen, dies kann jedoch ebenfalls dazu beitragen Beinschäden zu verhindern. Mit Hilfe eines Fütterungsprogramms, in welchem stark unterschiedliche Konzentrationen von Lysin in verschiedenen Intervallen verabreicht wurden (sequential feeding), wurde die Aktivität von Broilern angeregt. Dieses Verfahren verbesserte das Explorationsverhalten und die Laufaktivität und somit auch die Beinstabilität (BIZERAY et al., 2001). Eine weitere Möglichkeit die Lokomotion in der konventionellen Masthähnchenhaltung zu erhöhen, ist die Vergrößerung des Abstandes zwischen Futtertrog und Tränke (REITER und BESSEI, 1998).

WEEKS und KESTIN (1997) nahmen an, dass die Beinschwächen Schmerzen verursachen. Auch GENTLE (1997) und RUTTEN et al. (2002) vermuteten, dass die Schmerzen durch Beinschäden ein Grund für verringerte Laufaktivität bei Broilern sein könnte. DANBURY et al. (2000) boten Tieren mit und ohne Beinschäden neben einem normalen Futter ein Futter an, das mit einem schmerzstillenden und entzündungshemmenden Mittel (Carprofen) versetzt war. Gesunde Tiere wählten Futter ohne Medikamentenzusatz. Auch in Versuchen von PICKUP et al. (1997) und MC GEOWN et al. (1999) nahmen Tiere mit Laufproblemen freiwillig Schmerzmittel auf. Nach MC GEOWN et al. (1999) wurden durch diese Schmerzmittel die Laufgeschwindigkeit der Tiere mit Fortbewegungsproblemen verbessert. HOCKING et al. (1997) zeigten, dass nach Injektionen von Schmerzmitteln in die Gelenke von Hähnchen, die wegen Gelenkschmerzen abnormales Fortbewegungsverhalten zeigten, ein normales Verhalten wiederkehrte.

Über die Motivation zur Fortbewegung bei Broilern ist wenig bekannt. Die Dauer des Laufens, das nicht mit Futter- und Wasseraufnahme in Zusammenhang steht, ist bei schnell wachsenden Broilern gegenüber langsam wachsenden deutlich geringer (BIZERAY et al., 2000). LEWIS und HURNIK (1990) schätzten die Aktivität von Broilern, die über das Aufsuchen von Trog und Tränke hinausgeht auf 65 %.

REITER und BESSEI (1998) fanden, dass langsam wachsende Broiler im Gegensatz zu schnell wachsenden Broilern im Alter von 6 Lebenswochen signifikant höhere Laufleistungen

im 20-Minuten-Test auf dem Laufband zeigten. Da die schnell wachsenden Tiere in den ersten zwei Lebenswochen keine offensichtlichen Probleme bei der Fortbewegung zeigten, kann angenommen werden, dass die Differenz zu den langsam wachsenden Broilern auf genetischen Unterschieden in der Motivation beruht. REITER (2001) erfasste die Laufaktivität bei mittelschweren und schweren Herkünften während und nach der Mahlzeit. Die Aktivitätswerte waren bei der mittelschweren Herkunft wesentlich höher als bei der schweren Herkunft. Der Autor erklärt diese Abweichungen mit einer unterschiedlichen Motivation zum Laufen zwischen den Herkünften.

Beinschäden lassen sich durch eine Reihe verschiedener Maßnahmen und Haltungsbedingungen beeinflussen. Durch Lichtprogramme mit einzelnen oder mehreren Dunkelperioden je Tag können bei Broilern und Puten die Beinschäden reduziert werden (HESTER und KOHL, 1988; CLASSEN und RIDDELL, 1989; BUYSE et al., 1996). Untersuchungen mit erhöhter Beleuchtungsintensität und Licht-Dunkel-Wechsel haben gezeigt, dass in erster Linie eine Erhöhung der Bewegungsaktivität zur einer Senkung der Schäden führte (HAYE und SIMONS, 1978; NEWBERRY et al., 1988). Auch durch die Verbesserung des Stallklimas (Luftfeuchtigkeit, Schadgasgehalt, Einstreuqualität) konnten die Beinschäden verringert werden (WEAVER und MEIJERHOF, 1991).

Mehlförmiges Futter führte gegenüber pelletiertem Futter zur einer Verringerung der Beinschäden (THOMSEN, 1989). Der positive Effekt war durch eine Verzögerung des Wachstums bedingt.

Die Besatzdichte wird als ein weiterer Faktor bei der Entstehung der Beinschäden angesehen (KESTIN et al. 1992; CRAVENER et al. 1992). CRUICKSHANK und SIM (1996) fanden bei hoher Besatzdichte mehr Beinschäden als bei geringerer. In verschiedenen anderen Untersuchungen mit unterschiedlicher Besatzdichte wurde kein signifikanter Einfluss der Besatzdichte auf die Aktivität festgestellt (SCHERER, 1989; REITER und BESSEI, 1994). Insgesamt weisen jedoch Tiere in Ställen niedriger Besatzdichte eine erhöhte Lokomotion auf (LEWIS und HURNIK, 1990). REITER und GRASHORN (1992) und BESSEI (1993) stellten bei zunehmender Besatzdichte nur eine geringere Abnahme der Laufaktivität fest. BLOKHUIS und VAN DER HAAR (1990) fanden erst ab der siebten Lebenswoche eine signifikante Abnahme der Laufaktivität der Broiler bei hoher Besatzdichte im Vergleich zur niedrigen Besatzdichte. Nach BUCHENAUER et al. (1996) waren die Tiere bei geringerer Besatzdichte aktiver als bei höherer. Die kausalen Beziehungen zwischen Besatzdichte und Beinschäden sind jedoch komplex. Die erhöhte Besatzdichte führt oftmals zu einer Verschlechterung der Einstreuqualität und des Klimas.

In Experimenten mit Broilerlinien zeigte SØRENSEN (1992), dass durch Selektion die Beinschäden verringert werden können. Nach drei Generationen unterschieden sich die Tiere der selektierten Linien in der Abwinkelung am proximalen Ende des Tibiotarsus um 9°. SØRENSEN (1992) und WONG-VALLE et al. (1993) zeigen, dass eine Selektion gegen Tibiale Dyschondroplasie (TD) bei Broilern möglich ist. Als Selektionskriterium diente die Dichtemessung am Kniegelenk mit Hilfe eines Röntgenapparates. Nach MC KAY (1997) wird diese Methode in der praktischen Zucht eingesetzt. Hierdurch konnten die Verluste durch Tibiale Dyschondroplasie im Zeitraum von fünf Jahren bei einzelnen Linien von 4 auf 1 % gesenkt werden. Auch bei Puten liegen Untersuchungen zur Selektion gegen Beinschäden vor. NESTOR et al. (1985) wählten die Dicke des Tarsometatarsus als Selektionskriterium. Bei diesem Experiment zeigte sich, dass eine Verschlechterung der Lauffähigkeit verhindert wurde, wenn neben dem Körpergewicht auch die Knochendicke berücksichtigt wurde.

2.2.1 Beurteilung der Beinschäden

Eine häufig genutzte Methode Beinschäden zu beurteilen ist der so genannte „gait score“ nach KESTIN et al. (1992). Hierzu wird eine subjektive Einteilung der Lauffähigkeit von 0 (vollständig normal) bis 5 (laufunfähig) vorgenommen:

0 = kein Beinschaden

1 = geringer Beinschaden

2 = sichtbarer Beinschaden beim Gehen

3 = Broiler sind fähig zu laufen, haben aber einen offensichtlichen Gangfehler

4 = Broiler haben einen schwerwiegenden Beinschaden. Sie laufen nur, wenn sie getrieben werden oder stark motiviert sind

5 = Broiler sind unfähig zu Laufen

Diese subjektive Beurteilung kann je nach Beobachter variieren. KESTIN et al. (1992) gaben an, dass die Broiler mit gait scores 3 bis 5 wahrscheinlich chronische Schmerzen haben.

Die Bewertung der Lauffähigkeit von Broilern in Praxisbetrieben mit diesem Punktesystem ergab, dass 26% der Tiere einen gait score 3, 4 oder 5 aufwiesen (KESTIN et al., 1992).

Die subjektiven Bewertungen sind jedoch problematisch, da der Übergang vom normalen zu beeinträchtigtem Laufen schwierig zu definieren ist. Deshalb besteht die Notwendigkeit objektive Messmethoden zur Analyse des Laufverhaltens zu entwickeln (REITER, 2001).

Mit einer objektiven Messmethode werden die Laufbewegungen mit einem Videotrackingssystem (Videokamera ist mit einem PC verbunden) aufgezeichnet (REITER, 2001). In dieser Methode zeigten sich deutliche Unterschiede in den Bewegungsmustern von Lege- und Masthühnern. Während die Masthühner den Körperschwerpunkt beim Laufen über das Stützbein legen, setzen die Legehühner ihr Stützbein unter den Körperschwerpunkt. Die Masthühner bewegen den Körper zur Schwerpunktverlängerung. Dadurch entsteht, aus der Rückansicht betrachtet, beim Laufen der Masthühner eine pendelnde Körperbewegung. Bei den Legehühnern dagegen ist dies eine nahezu geradlinige Körperbewegung. REITER (2001) zeigte, dass Broiler einer langsam wachsenden Mast-Herkunft (Label Rouge) ebenfalls eine pendelnde Körperbewegung vorweisen, welche aber nur in geringerem Maße ausgeprägt ist. Die Unterschiede im Gangbild sind auf die Unterschiede im Körperbau der Hühner des Mast- und Legetyps zurückzuführen (WISE, 1970). Schon 1932 zeigte STOPPLE, dass bei verschiedenen Vogelarten ein Zusammenhang zwischen Anatomie und der Art der Schwerpunktverlagerung während des Laufens besteht. REITER (2001) zeigte, dass durch den breiteren Brustkorb bei Masthühnern eine veränderte Beinstellung beim Stehen und Laufen entsteht. Der Femur ist bei diesen Tieren weiter auswärts gestellt. Dadurch können die Füße beim Laufen nicht mehr unter den Körperschwerpunkt gebracht werden. ABOURACHID (1991) beobachtete, dass bei schweren Puten beim Laufen eine stärker pendelnde Bewegung als bei leichten Puten auftrat.

Die Laufbewegungen der schweren Enten- und Gänserassen sind ähnlich in ihrer horizontalen Schwerpunktverlängerung, wie die der konventionellen Masthühner und Puten. Bei Entenvögeln hat sich im Verlauf der Evolution ein breiter Körper entwickelt, welcher einen größeren Beinabstand bedingt und somit das Bewegungsmuster beim Laufen bestimmt (STOPPLE, 1932; SOLOMON, 1992).

Laut REITER (2001) ist das Laufen mit wechselseitigem Verlagern des Körperschwerpunktes für Broiler typisch und steht nicht mit Beinschäden im Zusammenhang. Hingegen bewertet KESTIN et al., (1992) die Körperbewegungen von Broilern als anomal und führen diese auf Beinschäden zurück.

Eine andere Methode zur Bewertung der Beinkondition, der sogenannte LTL-(Latency to lie) Test wurde von WEEKS et al. (2002) entwickelt. Für diesen Test wurden Broiler in einen Wasserbehälter gestellt. Nach einer 15-minütigen Eingewöhnungsphase wurde der Behälter

mit kaltem Wasser aufgefüllt. Die Hühner wurden somit zum Stehen gezwungen. Anschließend wurde die Latenz bis zum Hinsetzen erfasst. Dieser Test wurde von BERG und SANOTRA (2003) modifiziert, um ihn im kommerziellen Bereich leichter durchführbar zu machen. Für diesen Test werden die Hühner einzeln in Testbehälter gestellt. Die Anpassungsphase entfiel. Durch das Testen der einzelnen Tiere stellte man auch sicher, dass die Tiere sich untereinander im Bezug auf ihr Verhalten nicht beeinflussen. Mit dieser Methode konnten auf einer kommerziellen Hühnerfarm in 30 Minuten 12-15 Tiere getestet werden.

Eine Analyse des Laufmusters wurde bei Tieren mit Hilfe des „Footprints“ Programms (KLAPDOR et al. 1997) durchgeführt. Mit diesem Programm ist es möglich die Gesamtfläche des Fußes, die Distanz zwischen den Zehen, den Neigungswinkel des Fußes, die Gesamtlänge eines einzelnen Fußabdrucks, die Spurbreite und die Schrittlänge zu berechnen.

CORR et al. (2003) benutzten die Footprint-Methode, um die Schrittlänge bei Broilern mit restriktiver und ad-libitum Fütterung festzustellen. Die Autoren zeigten, dass Broiler mit ad-libitum Fütterung kürzere Schrittlängen hatten als Broiler mit restriktiver Fütterung. In den Untersuchungen von DE JONG et al. (2004) wurde festgestellt, dass Broiler mit Entwicklungsstörungen einen schlechteren gait score und eine weitere Spurbreite aufwiesen als optimal entwickelte Broiler.

RUTTEN et al. (2002) versuchten die kausalen Beziehungen zwischen Gewichtsbelastung, Aktivität und Beinschäden zu klären. Sie entlasteten schnell wachsende Broiler mit Hilfe einer speziellen Anlage. Die entlasteten Broiler zeigten eine höhere Laufaktivität und eine deutlich bessere Beinkondition. Bedingt durch den Entlastungsgurt waren jedoch auch die Zunahmen der entlasteten Broiler verringert. Somit konnte nicht eindeutig festgestellt werden, ob die erhöhte Aktivität auf der Entlastung oder auf der verringerten Gewichtszunahme beruhte. In der vorliegenden Arbeit wird deshalb der Versuch von RUTTEN et al. (2002) mit Hilfe einer verbesserten Entlastungsvorrichtung wiederholt. Gleichzeitig werden sowohl schnell als auch langsam wachsende Herkünfte eingesetzt. Darüber hinaus werden in weiteren Versuchen die langsam wachsenden Tiere durch Gewichtsbelastung auf die gleiche Gewichtsbelastung gebracht, wie die entlasteten schnell wachsenden Broiler.

3 Versuch 1: Be- und Entlastung von langsam und schnell wachsenden Broilern

3.1 Material und Methode

3.1.1 Tiere und Haltung

Der Versuch wurde in zwei Teilen (1a und 1b) mit gleicher Versuchsanordnung durchgeführt. Für den Versuch wurden 24 männliche Broiler von zwei verschiedenen Herkünften eingesetzt 12 der schnell wachsenden Herkunft ROSS 308 (SB) und 12 der langsam wachsenden Herkunft ISA S 257 (LB). Die Tiere wurden systematisch auf 8 Bodenabteile mit einer Fläche von $1,2 \text{ m}^2$ ($2 \times 0,6 \text{ m}$, Länge x Breite) verteilt (Abbildung 3).



Abbildung 3: Bodenabteile zur Haltung der Tiere mit darüber liegenden Laufschiene für die Entlastung

Die Abteile waren mit Hobelspänen eingestreut. Damit die Einstreu trocken blieb, wurden täglich kleine Mengen von Hobelspänen nachgestreut. In jedem Abteil befanden sich vier Nippeltränken und ein Futtertrog. Die Nippeltränken befanden sich an der Längsseite des Abteils und der Futtertrog stand an der Stirnseite.

Die Fütterung erfolgte mit einem pelletierten praxisüblichen Starter mit 12,51 MJ ME und 23 % Rohprotein (1.-2. Lebenswoche) und einem Growerfutter mit 13,13 MJ ME und 22,5 % Rohprotein (3.-6. Lebenswoche). Wasserversorgung und Fütterung erfolgten ad libitum. Die Beleuchtungsdauer war auf 23 Stunden eingestellt. Die Beleuchtungsintensität betrug 80-120 lux. Die Temperatur betrug 35° C am ersten Tag und wurde täglich nach einem festgelegten Schema abgesenkt (Anhang I).

3.1.2 Versuchsaufbau

Zur Entlastung der Tiere wurde eine spezielle Anlage zur Be- und Entlastung des Beinskeletts eingesetzt. Die Anlage zur Entlastung wurde von RUTTEN et al. (2002) beschrieben. Es wurden spezielle Gurte eingesetzt, die ein schonendes Anheben der Tiere erlaubten. Die von RUTTEN et al. (2002) entwickelten Gurte waren aus elastischen Binden hergestellt und bedeckten fast den gesamten Brust- und Rückenbereich. Die Tiere mit Gurt wiesen mit und ohne Entlastung ein verringertes Wachstum auf. Dies war offensichtlich auf die isolierende Wirkung der Gurte zurückzuführen. Das verringerte Wachstum verhinderte einen direkten Vergleich der entlasteten Tiere mit den Kontrolltieren. Deshalb wurden für die folgenden Versuche die Gurte modifiziert. Die neu entwickelten Gurte bestanden aus einer Netzgewebe mit großer Maschenweite, das an verschiedenen Stellen mit Leukoplast verstärkt war (Abbildung 4).

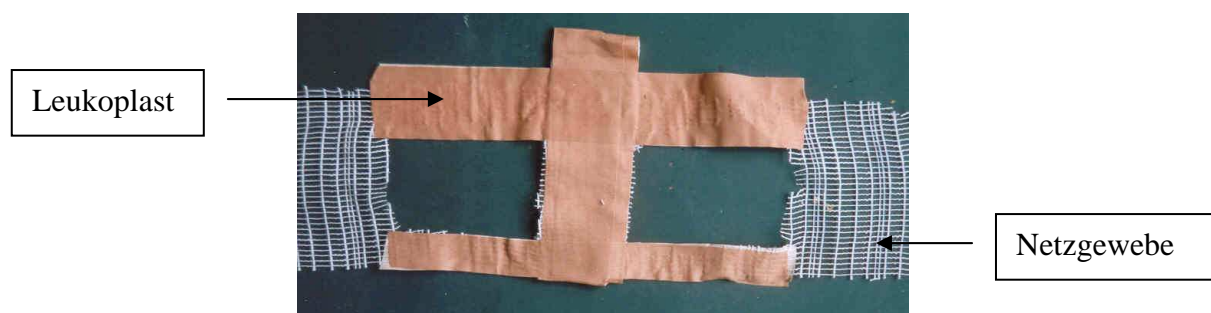


Abbildung 4: Verbesserter Gurt zur Entlastung der Tiere

Die Gurte wurden über dem Rücken der Tiere mit Sicherheitsnadeln zusammengesteckt und über eine Schnur mit einer Balkenwaage verbunden (Abbildung 5). Die Balkenwaage war über ein Seil mit einer Rolle an einer Laufschiene verbunden. So konnten sich die Tiere frei in dem Abteil bewegen. Die Entlastung wurde über die Gewichte an der Balkenwaage geregelt.



Gewichte

Abbildung 5: Balkenwaage zur Entlastung der Tiere. Die Höhe der Entlastung wird über die Gewichte geregelt.

Zur Belastung der Tiere wurde der Gurt modifiziert. Ein Teil des Leukoplaststreifens wurde mit Verbandsgaze belegt. Zwischen mehreren Schichten Gaze wurden kleine Bleistücke gesteckt (Abbildung 6). Der Gurt wurde so am Tier angelegt, dass die Bleistücke an der Brust, d.h. im Schwerpunkt des Körpers, lagen. Die Seitenteile des Gurtes wurden am Rücken mit Hilfe einer Sicherheitsnadel verbunden.

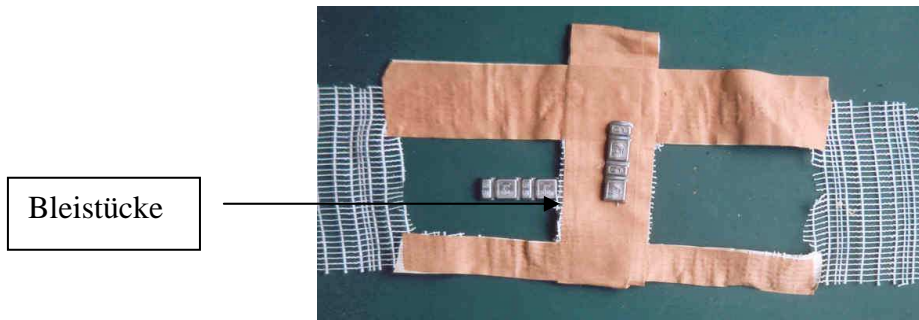


Abbildung 6: Gurt mit Bleigewichten für die Belastung der Tiere

Pro Abteil wurden 3 Tiere eingesetzt:

Tier Nr.1 langsam wachsender Broiler (LB) - belastet bzw.

schnell wachsender Broiler (SB) - entlastet

Tier Nr. 2 Kontrolle mit Gurt ohne Be- oder Entlastung (K1)

Tier Nr. 3 Kontrolle ohne Gurt (K2)

Alle Tiere wurden täglich einzeln gewogen. Aus den Mittelwerten der K2 von SB und LB wurde der gemeinsame Belastungswert ermittelt. Die SB wurden durch Entlastung, die LB durch Belastung auf diesen Mittelwert eingestellt. Die Be- und Entlastung der Tiere wurde täglich geprüft und nachreguliert. Aus der Abbildung 7 sind die Mittelwerte der Körpergewichte der K2 beider Linien sowie die Gewichtseinstellungen der be- und entlasteten Tiere ersichtlich.

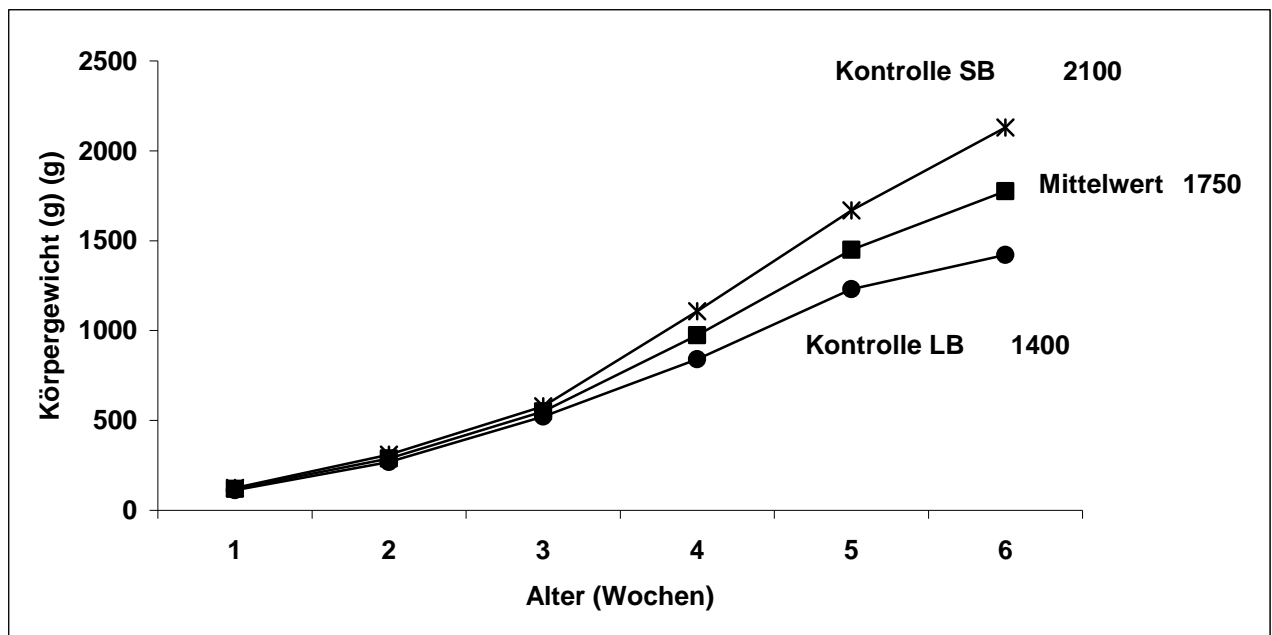


Abbildung 7: Gewichte der Kontrolle 2 (K2), der LB und SB sowie Mittelwerte zwischen beiden Linien als Richtwert für die Be- und Entlastung

Da die Gewichtsentwicklung beider Linien bis zur 3. Lebenswoche sehr ähnlich war, wurde mit der Be- und Entlastung am Ende der 3. Lebenswoche begonnen.

Zur Erfassung der Laufaktivität wurde über den Abteilen eine Videokamera installiert. Pro Tier und Woche wurde eine 4-stündige Phase kontinuierlich registriert.

Nach dem Ende der Mastperiode von 42 Tagen wurden die Tiere geschlachtet. Vor der Schlachtung wurde das Lebendgewicht erfasst. Nach der Schlachtung wurden die Schenkelknochen komplett vom Fleisch befreit. Tibiotarsus und Femur von beiden Seiten wurden für die Bestimmung der morphometrischen und computertomographischen Parameter herangezogen. Die Knochen wurden bei -18 °C eingefroren und für die Messungen aufbewahrt.

3.2 Merkmale

Es wurden folgende Merkmale erfasst:

- Futteraufnahme g / Tier und Tag (gemittelt über jeweils drei Tiere des gleichen Abteils)
- Lebendgewicht je Tier (g), täglich

- Lebendgewicht je Tier (g) vor dem Schlachten
- Brustmuskulgewicht (g)

Jeweils rechtes und linkes Bein

- Schenkelgewicht (g)
 - Tibiotarsusgewicht (g)
 - Femurgewicht (g)
 - Tibiotarsuslänge (mm)
 - Femurlänge (mm)
- Morphometrische Knochenparameter

Die Torsion und Abwinkelung der Knochen wurde mit einer speziellen Winkelmessvorrichtung nach DUFF und THORP (1985) erfasst (Abbildung 8). Die Anlage war zur Verbesserung der Ausrichtung der Knochen und Erleichterung des Ablesens der Winkelmaße verbessert worden.

In der ursprünglichen Vorrichtung war die Ausrichtung der Knochen in der ihrer Längsachse und die Zentrierung auf die Mitte des Winkelmessers nicht exakt möglich. In der verbesserten Anlage werden die Knochen in einen V-förmig ausgeschnittenen Plexiglasblock gelegt. Der Block kann vor dem Winkelmesser seitlich verschoben werden.

In der beschriebenen Anlage wurden folgende Merkmale erfasst:

- distale Abwinkelung des Femurs ($^{\circ}$): Abwinkelungen der Gelenkflächen am distalen Ende zur Senkrechten (Abbildung 9; Bild 1) (**fdwin**)
- Torsion des Femurs ($^{\circ}$): Verdrehung des Femurs um die eigene Achse (Abbildung 9; Bild 2a, b) (**ftor**)
- Torsion des Tibiotarsus ($^{\circ}$): Drehung des Tibiotarsus um die eigene Achse (Abbildung 9; Bild 3a,3b) (**ttor**)
- distale Abwinkelung des Tibiotarsus ($^{\circ}$): Abwinkelung der Gelenkflächen am distalen Ende des Tibiotarsus zur Senkrechten durch den Knochen (Abbildung 9; Bild 4) (**tdwin**)
- proximale Abwinkelung des Tibiotarsus ($^{\circ}$): Abwinkelung der Gelenkflächen am proximalen Ende des Tibiotarsus zur Senkrechten durch den Knochen (Abbildung 9; Bild 5) (**tpwin**)

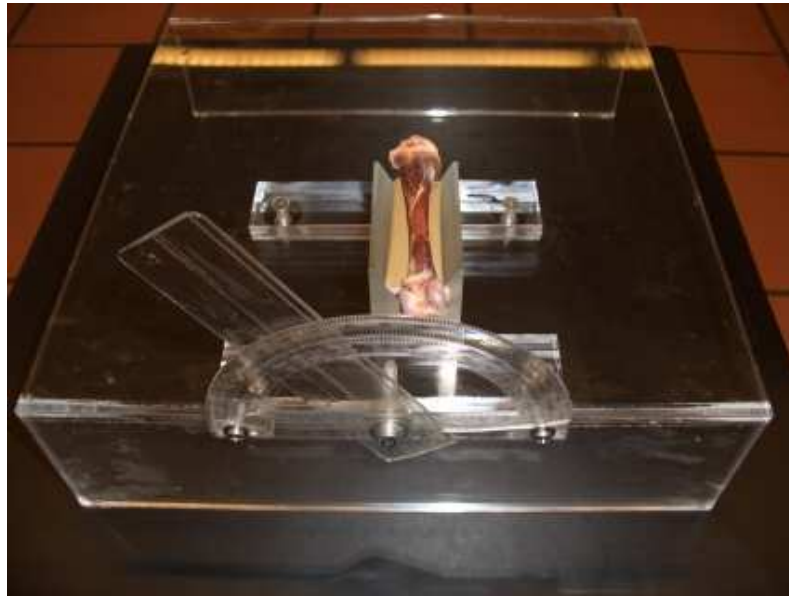


Abbildung 8: Winkelmessvorrichtung nach DUFF und THORP (1985), modifiziert zur genaueren Ausrichtung der Knochen.

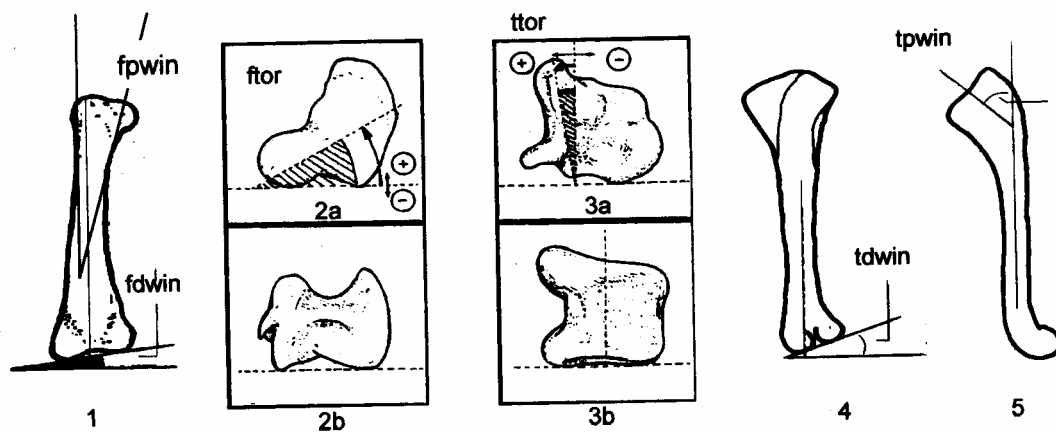


Abbildung 9: Morphometrische Messungen an Femur und Tibiotarsus (1,2,3 aus LETERRIER und NYS, (1992a); 4,5 aus SØRENSEN; (1992); (1) **fpwin** = Femur proximaler Winkel; (1) **fdwin** = Femur distaler Winkel; (2a) **ftor** = Femur axialer Torsionswinkel (+ und-), proximales Ende; (2b) Femur, distales Ende; (3a) **ttor** = Tibiotarsus axialer Torsionswinkel (+ und -), proximales Ende; (3b) Tibiotarsus, distales Ende; (4) **tdwin** = Tibiotarsus distaler Winkel; (5) **tpwin** = Tibiotarsus proximaler Winkel

- computertomographische Knochenparameter

Neben den äußeren Merkmalen der Knochen wurden computertomographische Messungen mit Hilfe des Computertomographs XCT 960A der Firma STRATEC Medizintechnik GmbH verwendet (Abbildung 10). Mit Hilfe der „peripheral Quantitative Computed Tomographie“ (pQCT), war es möglich, den Gesamtknochenanteil, den Corticalisanteil sowie die Dichte des Knochens dreidimensional zu bestimmen (SCHNEIDER und BÖRNER, 1991). Bei der pQCT wird der Knochen an einer bestimmten Stelle in mehreren Schritten mittels Röntgenstrahlung durchleuchtet. Der Knochen schwächt die Röntgenstrahlung ab. Aus dieser Schwächung kann die an dieser Stelle vorhandene Menge an Knochenmaterial (Hydroxylapatit) und damit die Knochendichte errechnet werden. Pro Scan werden 15 Messungen durchgeführt. Bereiche unterschiedlicher Dichte werden farblich dargestellt. Durch Festlegung verschiedener Schwellen kann zwischen Knorpel und Knochen bzw. zwischen Corticalis und Spongiosa differenziert werden. Die Schwellen des Übergangs vom Knorpel zu Knochen wurden bei einer Dichte von 265 mg/cm^3 und von Spongiosa zu Corticalis bei 690 mg/cm^3 festgelegt (RUTTEN, 2000).

Die Messstellen am Tibiotarsus und Femur wurden in Abhängigkeit von deren Länge festgelegt. Am Tibiotarsus wurde im Abstand von 19% und 50% vom proximalen Ende gemessen. Beim Femur wurde nur in der Mitte (50%) gemessen. Die Messpunkte waren aufgrund der Erfahrung aus hervorgehenden Untersuchungen gewählt worden. Durch eine Scoutview wurde der Messpunkt 19% nach Eingabe der Gesamtlänge des Knochens und dem Anlegen des Knochens an eine Begrenzungsfläche automatisch eingestellt. Bei den jeweiligen Messpunkten wurde je ein Scan durchgeführt.

Es wurden folgende Kriterien erfasst:

- Gesamtfläche – **GF** (mm^2): Gesamter Bereich, der innerhalb der Verknöcherungszone (Schwächung von $\geq 0,230$) liegt, wobei auch die Bereiche $\leq 0,230$ im Innern des Knochens mitgerechnet werden
- Gesamtdichte – **GD** (mg/cm^3): Die Gesamtdichte entspricht der

Durchschnittsmenge an Hydroxylapatit pro mm^3 für den Bereich innerhalb der Gesamtfläche

- Corticalisfläche – **CF** (mm^2): Die Corticalisfläche entspricht der Summe der Flächen aller Volumina mit einer Schwächung von über 0,930/cm oder einem entsprechenden Gehalt an Hydroxylapatit pro über 700 mg/cm^3
- Corticalisdichte - **CD** (mg/cm^3): Die Corticalisdichte entspricht der Durchschnittsmenge an Hydroxylapatit pro mm^3 für den Bereich der Corticalis
- Flächenträgheitsmoment – **SSI** (mm^3): Das Flächenträgheitsmoment wird durch den maximalen Abstand eines Bildpunktes vom Schwerpunkt des Knochens geteilt. Dadurch erhält man das Widerstandsmoment, das direkt proportional zur maximalen Spannung des Knochens ist. Dieser Wert repräsentiert die geometrischen Eigenschaften des Knochens. Aus der Anordnung aller Volumen mit einer Schwächung von über 0,700 1/cm (dies entspricht einem Gehalt an Hydroxylapatit von zirka 470 mg/ccm) wird der Schwerpunkt bestimmt

Dann wird das SSI nach folgender Formel errechnet (STRATEC MEDIZINTECHNIK GmbH, 1996):

$$\text{SSI} = \sum_{i=1,n} (r_i^2 * a * \frac{CD}{ND}) / r_{\max}$$

Dabei ist:

- r - Abstand eines Bildpunktes vom Schwerpunkt (mm)
- r_{\max} - Maximaler Abstand eines Volumens vom Schwerpunkt (mm)
- a - Durch das Raster gebildete Fläche über dem Volumen (mm^2)
- CD - Gemessene Corticalisdichte (mg/mm^3)
- ND - Physiologisch normale Corticalisdichte ($1,2 \text{ mg/mm}^3$)

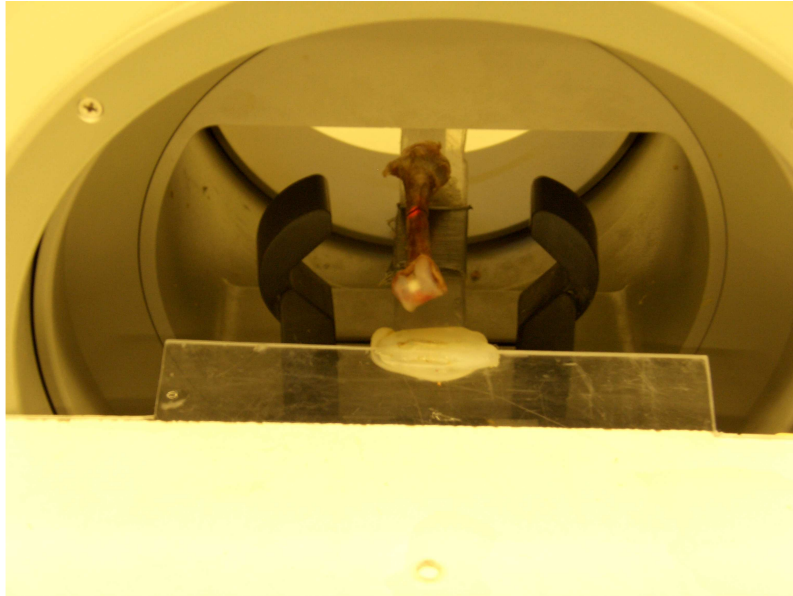


Abbildung 10: Computertomograph XCT 960A

- Videobeobachtung

Das Verhalten der Tiere wurde mit einer Videokamera (Panasonic XP, mit einem 1:1,8 Objektiv) festgehalten und mit dem Videoauswertungsprogramm „Observer 5.0“ (NOLDUS, 2004) analysiert. Dabei wurde die Dauer folgender Verhaltensweisen beim Einzeltier registriert: Laufen, Sitzen, Stehen, Fressen und „anderes Verhalten“. Unter „anderes Verhalten“ wurden alle Verhaltensweisen zusammengefasst, die nicht zu den ausgewählten Merkmalen gehörten. Die Dauer wurde in Prozent der Beobachtungszeit angegeben. Pro Tier und Woche wurde eine 4- stündige Phase (von 13:00 bis 17:00 Uhr) kontinuierlich registriert und ausgewertet. Mit der Videoaufnahme wurde ab der 4. Lebenswoche begonnen.

3.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm JMP, Version 5.0 (SAS Institute Inc., 2003). Die Daten der computertomographischen Parameter und die morphometrischen Parameter wurden mittels einer zweifaktoriellen hierarchischen Varianzanalyse ausgewertet (Modell 1).

Model 1

$$Y_{ijk} = \mu + H_i + B_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = Beobachtungswert des jeweiligen Merkmals

μ = Gesamtmittelwert

H_i = Effekt der i-ten Herkunft (LB, SB)

B_{ij} = Effekt der j-ten Behandlung (Be- oder Entlastung, Kontrolle 1, Kontrolle 2) innerhalb der Herkunft

e_{ijk} = Restfehler

Zur Analyse der Verhaltensmerkmale wurde das gleiche Modell eingesetzt. Der Effekt des Alters (4., 5. und 6 Lebenswoche) wurde als wiederholte Messung in einer multivariaten Prozedur berücksichtigt.

Die Residuen wurden auf Normalverteilung geprüft. Die Abweichung von der Normalverteilung wurde nach dem Goodness-of-fit Test nach Shapiro und Wilk getestet. Da die Residuen nicht von einer Normalverteilung abwichen, wurden bei signifikanten Faktoreffekten die Unterschiede zwischen den Mittelwerten mit Hilfe des multiplen t-Test nach Student auf Signifikanz geprüft. Hierbei wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ zu Grunde gelegt. Die Korrelationskoeffizienten zwischen den verschiedenen Merkmalen wurden nach Pearson berechnet.

Da die Unterschiede zwischen den bestimmten Merkmalen am linken und am rechten Bein nicht groß waren, wurden keine statistisch signifikante Unterschiede gefunden. Daher wurde kein statistisches Modell aufgenommen .

3.4 Ergebnisse

3.4.1 Leistungsmerkmale

In den Abbildungen 11 und 12 wurde der Futterverbrauch der langsam bzw. schnell wachsenden Broiler von der 1. bis zum Ende der 6. Lebenswoche dargestellt (Versuchsdurchgang 1a, 1b). Die schnell wachsenden Broiler hatten im Versuch 1a und 1b einen bedeutend höheren Futterverbrauch als die langsam wachsenden Broiler. Da in einem Abteil sowohl entlastete und Kontrolltiere bzw. belastete und Kontrolltiere aus dem gleichen Trog gefüttert wurden, war es nicht möglich den individuellen Futterverbrauch für entlastete, belastete und Kontrolltiere getrennt zu bestimmen.

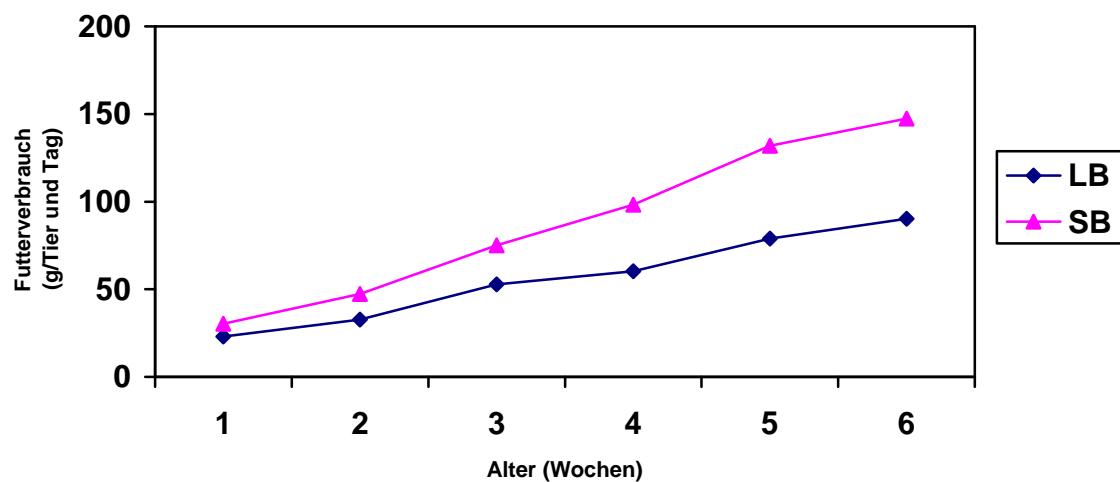


Abbildung 11: Durchschnittlicher Futterverbrauch (g/Tier und Tag) bei langsam wachsenden (LB) und schnell wachsenden Broilern (SB) von der 1. – 6. Lebenswoche (Versuch 1a).

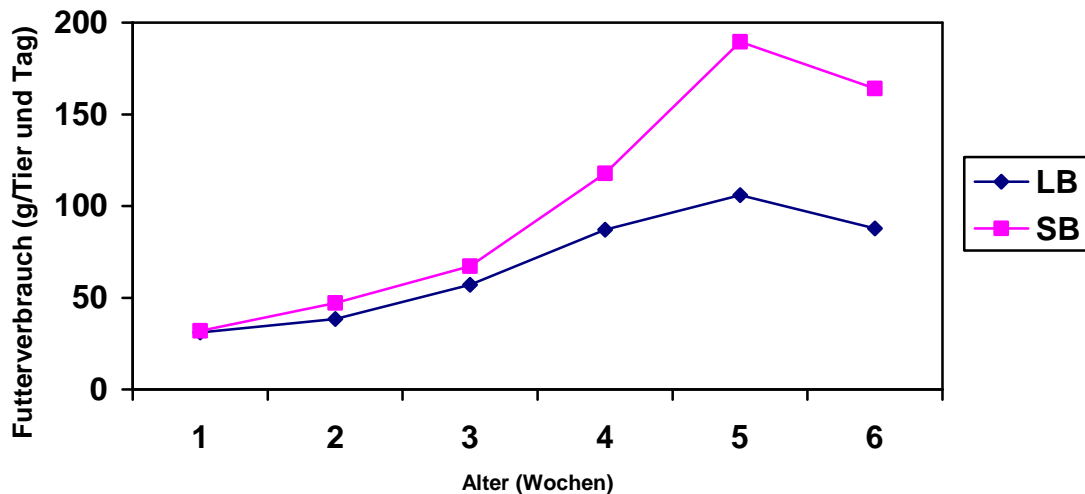


Abbildung 12: Durchschnittlicher Futterverbrauch (g/Tier und Tag) bei langsam wachsenden (LB) und schnell wachsenden Broilern (SB) von der 1. – 6. Lebenswoche (Versuch Ib)

Im Versuch 1a waren die Gewichte signifikant geringer als im Versuch 1b. Dasselbe war für den Futterverbrauch festzustellen. Wie man aus den Abbildungen 13 und 14 sieht, hatten belastete langsam wachsende Broiler keine Wachstumsdepression im Bezug auf die Kontrolltiere. Im Versuch 1a hatten sie sogar tendenziell ein höheres Gewicht, obwohl der Unterschied nicht signifikant war.

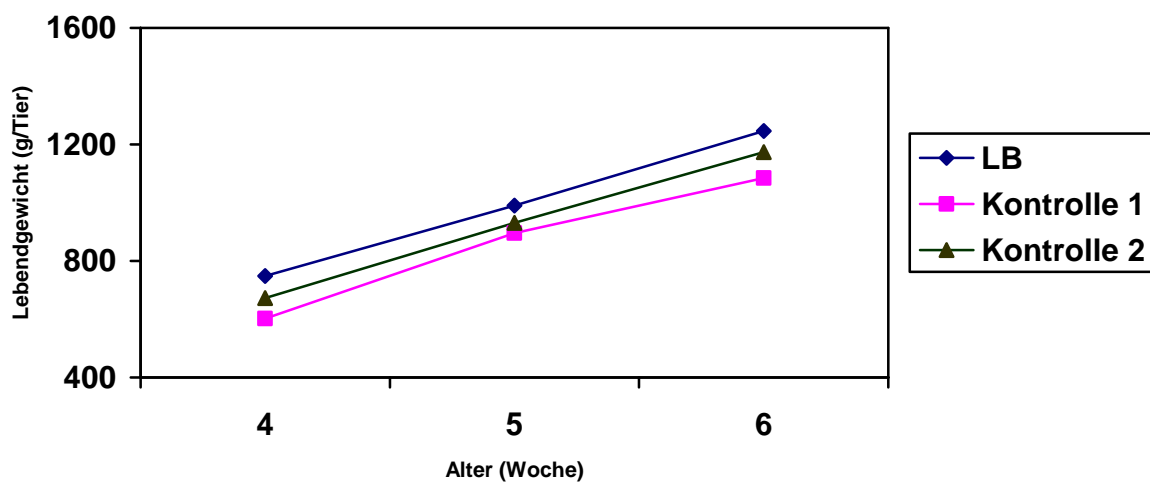


Abbildung 13: Lebendgewicht (g/Tier) bei langsam wachsenden Broilern (LB) in der 4. – 6. Lebenswoche (Versuch Ia).

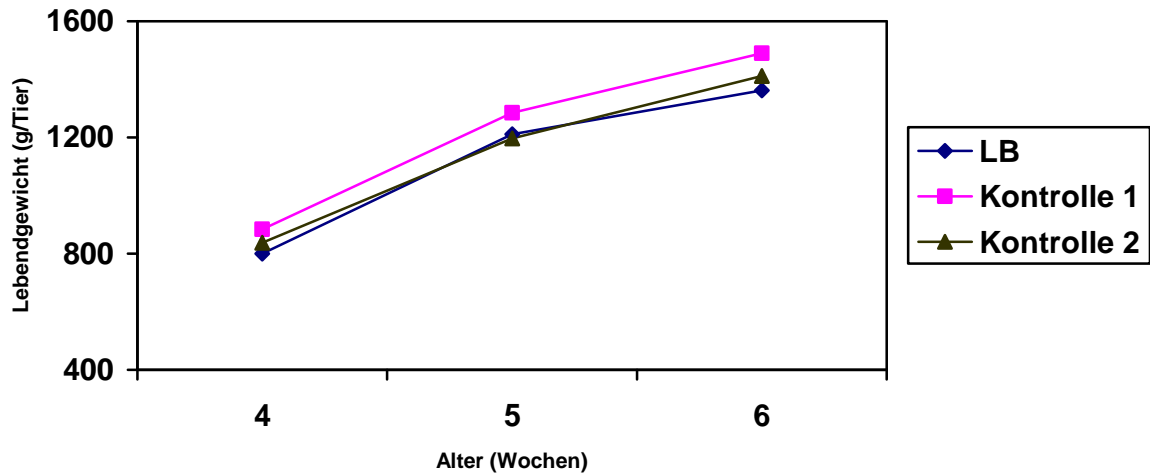


Abbildung 14: Lebendgewicht (g/Tier) bei langsam wachsenden Broilern (LB) in der 4. – 6. Lebenswoche (Versuch Ib)

Bei den schnell wachsenden Tieren gab es in den Versuchen 1a und 1b keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gewichten zwischen entlasteten Tieren und den Kontrolltieren (Abbildungen 15 und 16). Die langsam wachsenden Broiler waren sowohl in Versuch 1a als auch in Versuch 1b signifikant leichter als die schnell wachsenden Broiler.

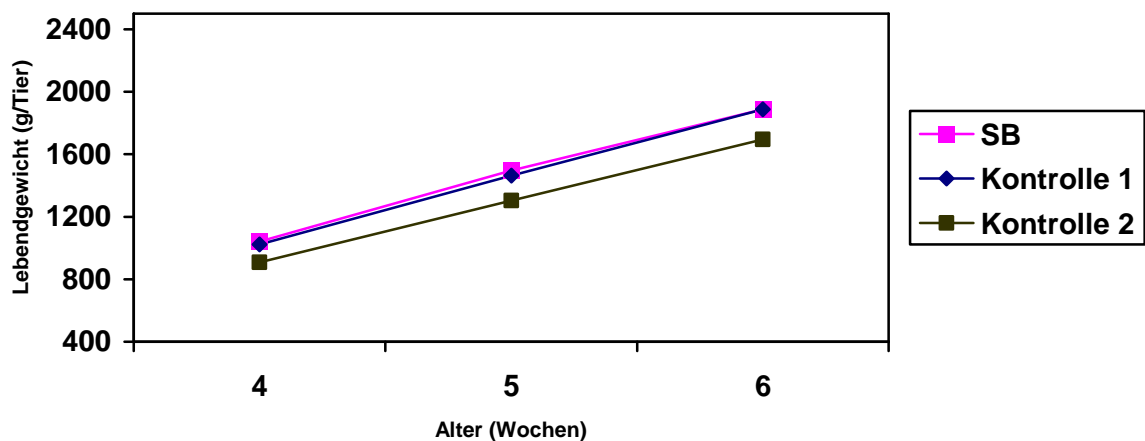


Abbildung 15: Lebendgewicht (g/Tier) bei schnell wachsenden Broilern (SB) in der 4. – 6. Lebenswoche (Versuch Ia)

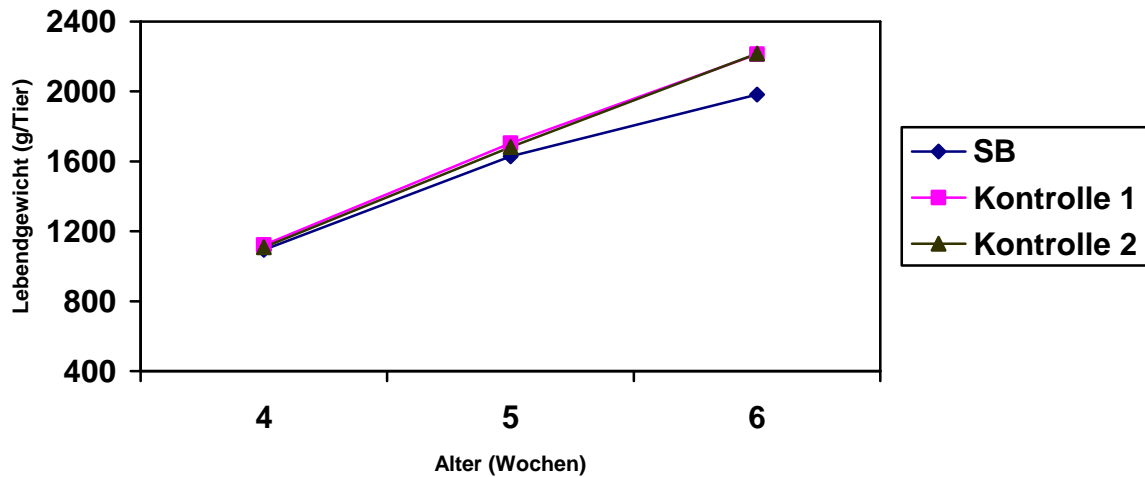


Abbildung 16: Lebendgewicht (g/Tier) bei schnell wachsenden Broilern (SB) in der 4. – 6. Lebenswoche (Versuch Ib)

In der Tabelle 1 bis 3 sind die Ergebnisse der Varianzanalyse und die LSQ-Mittelwerte für die Herkunft und die Behandlung innerhalb der Herkunft dargestellt.

Die Ergebnisse für die Körper-, Brust- und Schenkelgewichte am Ende der 6. Lebenswoche sind in Tabelle 1 dargestellt. Alle Merkmale wurden signifikant von der Herkunft beeinflusst. Die Behandlung innerhalb der Herkunft zeigte keine signifikanten Effekte. Die SB waren bei gleichem Schlachtag ca. 600 g schwerer als die LB. Entsprechend wurden auch für Brust- und Schenkelgewichte höhere Werte gefunden. In Versuch 1b waren die Gewichte höher als in Versuch 1a.

Aus den Tabellen 2 und 3 sind die Gewichte und Maße von Tibiotarsus und Femur zu ersehen. Mit Ausnahme des Effekts der Herkunft auf das Gewicht von Femur und Tibiotarsus in Versuch 1a wurden keine signifikanten Effekte gefunden. In der Tendenz spiegelt sich jedoch auch hier das höhere Gewicht der Tiere in Versuch 1b gegenüber 1a wieder.

Tabelle 1: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte von Lebendgewicht (42. Tag) sowie Brust- und Schenkelgewicht (g) (Versuch 1a und 1b)

Varianzursache	Versuch 1a				Versuch 1b			
	Lebendgewicht	Brustgewicht	Schenkelgewicht		Lebendgewicht	Brustgewicht	Schenkelgewicht	
			Links	Rechts			Links	Rechts
Herkunft	20,11 ***	8,29 ***	12,03 **	17,74 ***	29,5 ***	48,86 ***	11,51 **	13,33 **
Behandlung (Herkunft)	0,92	0,86	0,22	0,27	1,64	0,62	1,17	1,81
LB belastet	1246,50	276,75	137,25	137,25	1361,50	288,25	140,50	137,75
LB K1	1084,25	226,75	121,00	125,25	1489,50	322,25	147,00	145,00
LB K2	1174,00	269,25	131,25	134,25	1411,75	320,25	142,00	145,00
Mittelwert LB	1168,25 B	257,58 B	129,83 B	132,25 B	1420,91 B	310,25 B	143,16 B	142,58 B
SB entlastet	1888,25	391,25	201,50	197,50	1982,00	499,00	191,50	189,00
SB K1	1887,25	408,75	206,00	205,75	2213,00	528,00	221,00	223,66
SB K2	1695,00	358,75	206,75	203,00	2216,25	519,25	218,75	220,00
Mittelwert SB	1823,50 A	386,25 A	204,75 A	202,83 A	2137,08 A	515,41 A	210,41 A	210,88 A

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. * = $p \leq 0,05$; ** = $p \leq 0,01$; *** = $p \leq 0,001$

Tabelle 2: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Länge (mm) und des Gewichtes (g) des Tibiotarsus (Versuch 1a und 1b)

Varianzursache	Versuch 1a				Versuch 1b			
	Tibiotarsus				Tibiotarsus			
	Gewicht		Länge		Gewicht		Länge	
	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts
Herkunft	6,23 *	6,1 *	0,5	0,59	4,17	4,3	0,51	0,28
Behandlung (Herkunft)	0,82	0,68	0,23	0,17	0,32	0,39	0,50	0,96
LB belastet	13,30	13,60	10,30	10,32	15,62	15,72	11,00	11,00
LB K1	11,27	11,37	10,02	10,05	15,55	15,72	10,92	10,87
LB K2	12,20	12,25	10,37	10,30	14,70	14,52	11,15	11,00
Mittelwert LB	12,25 B	12,40 B	10,23	10,22	15,29	15,32	11,02	10,95
SB entlastet	16,97	17,37	10,60	10,62	18,97	19,20	10,80	10,87
SB K1	18,30	18,10	10,45	10,50	20,00	20,03	10,83	10,96
SB K2	16,67	16,95	10,45	10,55	20,50	20,80	11,10	11,25
Mittelwert SB	17,31 A	17,47 A	10,5	10,56	19,82	20,01	10,91	11,02

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= $p \leq 0,05$; ** = $p \leq 0,01$; *** = $p \leq 0,001$

Tabelle 3: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Länge (mm) und des Gewichtes (g) des Femora (Versuch 1a und 1b)

Varianzursache	Versuch 1a				Versuch 1b			
	Femur		Femur		Femur		Femur	
	Gewicht		Länge		Gewicht		Länge	
	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts
Herkunft	6,08 *	6,54 *	1,62	1,54	3,92	3,57	0,64	0,58
Behandlung (Herkunft)	0,58	0,46	0,22	0,51	0,14	0,10	0,58	1,41
LB belastet	10,35	10,15	7,37	7,42	11,57	11,60	8,02	8,02
LB K1	8,45	8,75	7,32	7,32	11,12	11,05	7,87	7,85
LB K2	9,50	9,32	7,55	7,50	10,82	11,07	8,02	8,05
Mittelwert LB	9,43 B	9,40 B	7,41	7,41	11,17	11,24	7,97	7,97
SB entlastet	12,60	12,52	7,75	7,72	14,22	14,20	7,85	7,87
SB K1	13,12	13,30	7,67	7,70	14,90	14,63	8,06	7,90
SB K2	12,30	12,40	7,82	7,72	14,72	14,82 a	8,12	8,25
Mittelwert SB	12,67 A	12,74 A	7,74	7,71	14,61	14,55	8,01	8,00

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

3.4.2 Verhaltensparameter

In den Tabellen 4 bis 6 wurden die Mittelwerte der Verhaltensweisen Laufen, Sitzen, Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ von der 4. bis 6. Lebenswoche dargestellt. Die LB Kontrolltiere liefen in Versuch 1a und 1b von der 4. bis zur 6. Lebenswoche mehr als die SB Kontrolltiere. Die Unterschiede zwischen den Linien waren in der 5. und 6. Lebenswoche deutlicher ausgeprägt als in der 4. Woche und sowohl für K1 als auch für K2 signifikant. Die belasteten LB wiesen in allen Versuchen und Altersstufen eine signifikant geringere Laufaktivität auf als die entlasteten SB. Das Merkmal Sitzen verhielt sich allgemein spiegelbildlich zum Laufen. Auch hier war der Effekt der Linie in allen Altersstufen in Versuch 1a und 1b signifikant. Der Herkunftseffekt für das Merkmal Stehen war nur in einem Fall (5. Lebenswoche, Versuch 1b) signifikant. In der Tendenz verhielt sich dieses Merkmal ähnlich wie Laufen. Das Niveau lag jedoch etwas niedriger.

Der Effekt der Herkunft auf das Fressen war über die zwei Versuche und die Altersstufen nicht konsistent. In der 4. Woche wurde keine Signifikanz gefunden. In der 5. Woche waren in beiden Versuchen und in der 6. Woche nur in Versuch 1b signifikante Effekte vorhanden. In diesen Fällen benötigten die SB jedoch mehr Zeit zur Futteraufnahme als die LB.

Beim Merkmal „Anderes Verhalten“ wurde mit Ausnahme des Versuchs 1b in der 4. Lebenswoche ein signifikanter Effekt der Herkunft ermittelt. Die Kontrolltiere der LB zeigten jeweils höhere Werte als die SB Kontrolltiere.

Der Effekt der Behandlung innerhalb der Herkunft war in allen Versuchen und Altersstufen für das Merkmal Laufen hoch signifikant. Die Belastung der LB führte zu einer sehr starken Reduktion der Laufaktivität. Die Entlastung der SB steigerte die Laufaktivität auf ein Niveau, das mit den LB Kontrolltieren vergleichbar war.

Der Effekt der Behandlung auf das Sitzen war mit Ausnahme der 4. Woche in Versuch 1b ebenfalls signifikant. Die Mittelwerte dieses Merkmals verhielten sich als Spiegelbild zum Laufen.

Auch für das Merkmal Stehen war der Effekt der Behandlung innerhalb der Herkunft in allen Fällen signifikant. Die Mittelwerte verhielten sich analog zum Laufen. Der Effekt der Behandlung für das Merkmal Fressen war nur in Versuch 1a in der 6. Woche signifikant. Die entlasteten SB zeigten mehr Fressverhalten als die Kontrolltiere beider Linien.

Mit Ausnahme des Versuchs 1b in der 4. Woche waren alle Effekte der Behandlung auf „Anderes Verhalten“ signifikant. In den Mittelwerten zeigte sich, dass die entlasteten SB

einen höheren Anteil an diesen Verhaltensweisen hatten als die SB Kontrolltiere. Bei den belasteten LB war die umgekehrte Tendenz vorhanden.

Tabelle 4: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Dauer der Verhaltensweisen Laufen, Sitzen, Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ in Prozent der Beobachtungszeit in der 4. Lebenswoche (Versuch 1a und 1b).

	Versuch 1a					Versuch 1b				
Varianzursache	Laufen	Sitzen	Stehen	Fressen	Anderes	Laufen	Sitzen	Stehen	Fressen	Anderes
Herkunft	10,07 **	25,08 ***	1,8	1,75	11,36 **	6,28 *	6,58 *	2,87	3,41	2,46
Behandlung (Herkunft)	10,55 ***	9,21 ***	3,68 *	0,26	4,56 *	5,13 **	1,17	17,27 ***	0,37	2,41
LB Belastet	0,83 c	81,27 a	0,42 b	7,17	10,37 c	0,57 c	83,04	0,25 b	7,67	8,45
LB K1	2,27 a	70,19 b	1,45 ab	8,37	18,09 abc	1,56 b	77,98	0,45 b	8,81	11,17
LB K2	1,95 ab	66,71 bc	2,84 a	7,48	21,33 ab	2,10 a	77,45	1,01 a	10,38	9,04
SB Entlastet	1,69 b	61,68 c	1,32 ab	10,13	25,16 a	1,57 b	71,56	0,43 b	13,35	13,06
SB K1	0,81 c	79,40 a	0,52 b	8,75	10,50 c	0,77 c	77,19	0,12 c	14,59	7,31
SB K2	1,47 b	74,27 ab	0,84 b	8,29	15,11 bc	0,71 c	78,74	0,04 c	15,96	4,53

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. * = $p \leq 0,05$; ** = $p \leq 0,01$; *** = $p \leq 0,001$

Tabelle 5: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Dauer der Verhaltensweisen Laufen, Sitzen, Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ in Prozent der Beobachtungszeit in der 5. Lebenswoche (Versuch 1a und 1b).

Varianzursache	Versuch 1a					Versuch 1b				
	Laufen	Sitzen	Stehen	Fressen	Anderes	Laufen	Sitzen	Stehen	Fressen	Anderes
Herkunft	1,72	53,44 ***	2,26	9,35 **	23,03 ***	25,13 ***	38,46 ***	30,65 ***	20,75 ***	9,92 **
Behandlung (Herkunft)	7,66 ***	20,67 ***	3,68 *	2,86	8,37 ***	17,21 ***	10,76 ***	23,36 ***	1,02	12,42 ***
LB Belastet	1,32 cd	82,13 a	0,53 c	5,28 a	10,72 d	0,54 b	84,88 a	0,10 c	8,10	6,36 b
LB K1	2,39 ab	68,24 c	1,77 a	7,68 a	19,90 abc	1,15 a	75,35 b	0,47 a	6,51	16,50 a
LB K2	2,80 a	64,89 cd	1,35 ab	7,62 a	23,32 ab	1,53 a	73,63 b	0,33 b	6,78	17,67 a
SB Entlastet	1,75 bc	62,02 d	1,07 abc	9,39 b	25,77 a	1,49 a	64,88 c	0,43 ab	19,41	13,77 a
SB K1	0,92 d	78,03 ab	0,59 c	7,06 b	13,38 cd	0,35 b	80,58 ab	0,05 c	15,13	3,88 b
SB K2	0,93 d	75,17 b	0,66 bc	5,82 b	17,41 bc	0,47 b	80,03 ab	0,04 c	15,26	4,18 b

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

Tabelle 6: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Dauer der Verhaltensweisen Laufen, Sitzen, Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ in Prozent der Beobachtungszeit in der 6. Lebenswoche (Versuch 1a und 1b).

Varianzursache	Versuch 1a					Versuch 1b				
	Laufen	Sitzen	Stehen	Fressen	Anderes	Laufen	Sitzen	Stehen	Fressen	Anderes
Herkunft	6,81 *	50,15 ***	4,18	3,6	18,32 ***	39,26 ***	46,41***	0,97	6,51 *	22,72 ***
Behandlung (Herkunft)	8,75 ***	27,96 ***	3,21 *	3,9 *	12,04 ***	16,74 ***	16,84 ***	6,02 **	0,1	15,86 ***
LB Belastet	0,91 b	81,30 a	0,34 b	7,73 ab	9,70 b	0,39 b	84,59 a	0,14 b	8,99	5,87 b
LB K1	2,07 a	67,98 b	0,84 a	5,07 b	24,03 a	1,46 a	73,40 b	1,03 a	9,24	14,85 a
LB K2	2,02 a	66,61 b	0,90 a	6,57 b	23,87 a	1,55 a	70,70 bc	1,37 a	8,82	17,53 a
SB Entlastet	1,62 a	65,19 b	0,74 ab	10,28 a	22,15 a	1,81 a	65,27 c	0,41 b	15,05	17,44 a
SB K1	0,76 b	81,45 a	0,42 b	6,70 b	10,65 b	0,66 b	81,21 a	0,13 b	13,64	4,35 b
SB K2	0,85 b	79,51 a	0,67 ab	6,05 b	12,89 b	0,60 b	81,27 a	0,10 b	13,79	4,02 b

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

3.4.3 Morphometrische erfasste Merkmale der Beinknochen

In den Tabellen 7 und 8 sind die Ergebnisse der morphometrischen Messungen aufgezeigt. Die Herkunft zeigte in beiden Versuchen nur in der distalen Abwinkelung des Tibiotarsus einen signifikanten Effekt (Tabelle 7). Insgesamt war die distale Abwinkelung bei den SB geringer als bei den LB.

Die Behandlung beeinflusste die Torsion und die proximale Abwinkelung des Tibiotarsus signifikant, wobei in Versuch 1a nur jeweils an einem Bein die Signifikanzschwelle erreicht wurde. Aus den Mittelwertsvergleichen geht hervor, dass die Belastung der LB keine signifikante Veränderung gegenüber den Kontrolltieren erbrachte.

Bei den SB war in Versuch 1b eine signifikante Reduktion der Torsion und der Abwinkelung des proximalen Tibiotarsus von über 30° auf ca. 24° vorhanden. In Versuch 1b wiesen die entlasteten SB ebenfalls geringere Werte auf als die Kontrolltiere. Die Differenzen waren jedoch nicht in allen Fällen signifikant. Bei den LB wurden keine signifikanten Unterschiede in den Mittelwerten der belasteten Tiere und der Kontrollen gefunden.

Bei den morphometrischen Messungen am Femur in Versuch 1b zeigte die Behandlung innerhalb der Herkunft bei der Torsion des Femurs einen signifikanten Effekt (Tabelle 8). Auch hier war die Torsion der entlasteten SB verringert. In allen anderen Fällen wurden keine signifikanten Effekte festgestellt

Tabelle 7: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Torsionen und Abwinkelungen (°) der Tibiotarsus (Versuch 1a und 1b)

	Versuch 1a						Versuch 1b					
	Tibiotarsus						Tibiotarsus					
Varianzursache	Torsion		Proximale Abwinkelung		Distale Abwinkelung		Torsion		Proximale Abwinkelung		Distale Abwinkelung	
	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links
Herkunft	1,62	0,03	0,03	0,21	0	1,35	0,69	4,14	3,69	4,08	4,70 *	8,05 **
Behandlung (Herkunft)	2,56	4,02 *	2,46 *	0,68	2,5	1,45	3,86 *	9,3 ***	5,19 **	4,90* *	1,07	2,46
LB Belastet	27,25	29,00 b	24,25 c	25,25	2,25	3,00	27,00 b	28,25 bc	28,00 c	27,75 ab	5,00	5,50
LB K1	26,75	26,00 b	22,50 c	22,75	2,00	2,00	26,00 b	28,50 b	28,25 c	27,50 ab	4,75	4,50
LB K2	29,00	29,00 b	26,50 abc	23,00	2,25	2,75	27,00 b	30,00 b	29,50 bc	26,25 b	5,00	5,00
Mittelwert	27,66	28,00	24,41	23,66	2,16	2,58	26,27	28,92	28,58	27,17	4,92 A	5,00 A
SB Entlastet	30,50	28,50 b	24,75 bc	26,25	2,25	2,25	24,50 b	24,75 c	24,75 c	24,00 b	2,50	1,75
SB K1	37,50	37,00 a	30,00 ab	28,50	2,25	2,25	34,33 a	31,00 b	30,33 ab	31,33 a	4,33	5,00
SB K2	37,00	38,75 a	31,50 a	27,75	3,00	3,25	35,25 a	35,00 a	32,00 a	31,00 a	4,75	5,25
Mittelwert	35,00	34,75	28,75	27,75	2,50	2,58	31,36	30,25	29,03	28,78	3,86 B	4,00 B

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

Tabelle 8: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Torsionen und Abwinkelungen (°) des Femora (Versuch 1a und 1b)

Varianzursache	Versuch 1a				Versuch 1b			
	Femur				Femur			
	Torsion		Distale Abwinkelung		Torsion		Distale Abwinkelung	
	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links
Herkunft	0,28	1,94	0,03	0,02	1,12	0,07	2,23	0,15
Behandlung (Herkunft)	2,06	0,39	1,69	0,93	3,12 *	1,63 *	1,58	0,64
LB Belastet	24,75	25,75	7,25	7,75	28,75 bc	28,25 b	6,50	7,00
LB K1	24,25	24,50	6,75	6,75	27,00 c	26,00 b	6,75	7,00
LB K2	21,25	24,00	6,00	6,75	28,00 bc	27,00 b	6,75	7,75
Mittelwert	23,42	24,75	6,67	7,08	27,92	27,08	6,67	7,25
SB Entlastet	29,00	29,25	9,25	9,00	26,00 c	25,75 b	8,00	8,00
SB K1	30,50	29,25	8,75	8,50	33,00 ab	35,33 a	10,67	9,67
SB K2	29,50	31,50	9,00	9,00	34,50 a	29,50 b	9,50	9,75
Mittelwert	29,66	30,00	9,00	8,83	31,17	30,19	9,39	9,14

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

3.4.4 Computertomographisch erfasste Merkmale der Beinknochen

Bei den computertomographisch erfassten Merkmalen wurden signifikante Effekte der Herkunft bei der Gesamtfläche, Corticalisfläche und dem SSI an der Tibiotarsusmitte gefunden (Tab. 9 und 10). Die Effekte waren in Versuch 1b bei beiden Beinen hoch signifikant. In Versuch 1a war das Signifikanzniveau geringer und die Effekte teilweise nur für eine Seite signifikant. Die LB hatten eine geringere Gesamtfläche, Corticalisfläche und ein geringeres SSI als die SB. Auf die Gesamtdichte und die Corticalisdichte hatte die Herkunft keinen signifikanten Einfluss.

Die Behandlung innerhalb der Herkunft wirkte sich in der Tibiotarsusmitte bei Versuch 1a nur auf die Gesamtdichte rechts aus. Die entlasteten SB hatten eine deutlich höhere Gesamtdichte. Diese Tendenz war auch am linken Fuß sichtbar, auch wenn der Effekt hier nicht die Signifikanzschwelle erreichte. In Versuch 1b wirkte sich die Behandlung signifikant auf die Gesamtfläche, Corticalisfläche und SSI jeweils auf der linken Seite aus. Die entlasteten SB hatten jeweils eine höhere Gesamtfläche, Corticalisfläche und SSI als die Kontrolltiere. In den gleichen Merkmalen wiesen die belasteten SB jeweils geringere Werte als die Kontrolltiere auf. Die beschriebenen Ergebnisse waren in der Tendenz auch an den rechten Gliedmaßen zu erkennen.

Am proximalen Ende des Tibiotarsus war in Versuch 1a nur ein signifikanter Effekt der Herkunft für die Gesamtfläche (links und rechts) und die Corticalisdichte (links) festzustellen (Tab. 11 und 12). In Versuch 1b war der Effekt der Herkunft nur bei der Gesamtfläche rechts vorhanden. In Versuch 1a war der Effekt auf die Gesamtfläche an beiden Beinen signifikant. Die LB hatten in Versuch 1a eine deutlich geringere Gesamtfläche als die SB. Auch in Versuch 1b hatten die LB rechts eine geringere Gesamtfläche. Diese Tendenz war auch an der linken Gliedmaße vorhanden. Der Einfluss der Behandlung war beim Tibiotarsus proximal bei keinem der Merkmale signifikant.

Die computertomographischen Messungen in der Femurmitte erbrachten für die Herkunft in Versuch 1b signifikante Effekte in der Gesamtfläche, Corticalisfläche und SSI (Tabelle 14). Im Versuch 1a waren ebenfalls signifikante Effekte der Herkunft für die Gesamtfläche links und den SSI links zu verzeichnen (Tabelle 13). Die SB zeigten jeweils höhere Werte als die LB. Der Einfluss der Behandlung war bei dem Femur bei keinem der Merkmale signifikant.

Tabelle 9: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte von Gesamtfläche (mm²), Gesamtdichte (mg/cm³), Corticalisfläche (mm²), Corticalisdichte (mg/cm³) Flächenträgheitsmoment (SSI, mm³) der Tibiotarsusmitte (Versuch 1a)

Varianzursache	Versuch 1a									
	Gesamtfläche		Gesamtdichte		Corticalisfläche		Corticalisdichte		SSI	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
Herkunft	2,2 *	7,59 *	0,16	1,21	4,00	9,57 **	0,23	0,39	2,15	7,48 **
Behandlung (Herkunft)	1,45	0,41	3,02 *	3,89	0,26	1,33	1,08	0,62	0,91	0,37
LB Belastet	36,82	37,00	583,77 a	578,55	15,67	17,72	1042,00	1032,27	33,60	35,40
LB K1	36,50	35,70	514,42 b	506,42	14,35	13,52	1015,85	1019,47	29,22	26,80
LB K2	36,60	37,15	528,92 ab	524,52	14,57	14,32	1042,30	1030,77	30,57	31,42
Mittelwerte	36,64 B	36,61 B	542,37	536,49	14,86	15,18 B	1033,38	1027,5	31,13	31,2 B
SB Entlastet	50,57	53,12	597,17 a	618,92	21,65	26,47	1033,05	1018,65	46,40	57,80
SB K1	59,92	59,35	512,35 b	495,37	24,12	22,12	1019,27	1008,90	62,47	59,20
SB K2	52,97	52,85	538,27 ab	550,75	21,95	22,57	1042,80	1039,57	54,42	54,12
Mittelwerte	52,83 A	55,1 A	549,26	555,01	22,57	23,72 A	1031,7	1022,37	54,43	57,04 A

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

Tabelle 10: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte von Gesamtfläche (mm²), Gesamtdichte (mg/cm³), Corticalisfläche (mm²), Corticalisdichte (mg/cm³) Flächenträgheitsmoment (SSI, mm³) der Tibiotarsusmitte (Versuch 1b)

Varianzursache	Versuch 1b									
	Gesamtfläche		Gesamtdichte		Corticalisfläche		Corticalisdichte		SSI	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
Herkunft	33,3 ***	69,82 ***	3,6	2,98	21,74 ***	47,05 ***	0,82	0,9	25,24 ***	52,14 ***
Behandlung (Herkunft)	1,34	4,23 *	0,55	0,76	1,46	3,21 *	0,16	0,7	1,64	3,04 *
LB Belastet	46,20	45,77 d	553,80	533,20	18,72	18,92 c	1035,05	1028,57	46,32	45,70 c
LB K1	52,07	49,70 cd	541,30	505,40	22,52	19,75 c	1035,77	1039,77	53,47	49,30 c
LB K2	50,47	52,72 c	544,20	544,87	21,30	22,15 c	1029,30	1029,80	49,25	50,67 c
Mittelwerte	49,58 B	49,39 B	546,43	527,82	20,84 B	20,27 B	1033,37	1032,71	49,68 B	48,55 B
SB Entlastet	69,47	70,32 a	592,95	579,25	32,12	32,20a	1017,57	1009,17	88,60	86,80 a
SB K1	62,73	62,46 b	555,10	565,36	28,13	27,50 b	1032,53	1031,66	74,93	71,83 b
SB K2	63,60	61,02 b	551,27	556,20	26,47	26,42 b	1024,67	1040,17	68,60	68,62 b
Mittelwerte	65,26 A	64,6 A	566,44	566,93	28,90 A	28,7 A	1024,92	1027	77,37 A	75,75 A

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. * = p ≤ 0,05; ** = p ≤ 0,01; *** = p ≤ 0,001

Tabelle 11: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte von Gesamtfläche (mm²), Gesamtdichte (mg/cm³), Corticalisfläche (mm²), Corticalisdichte (mg/cm³) Flächenträgheitsmoment (SSI, mm³) der proximalen Tibiotarsus (Versuch 1a)

Varianzursache	Versuch 1a									
	Gesamtfläche		Gesamtdichte		Corticalisfläche		Corticalisdichte		SSI	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
Herkunft	5,81 *	14,62 **	0,07	0,87	1,56	0,28	4,32	6,61*	0,45	0,02
Behandlung (Herkunft)	1,8	1,03	0,4	0,8	1,27	1,68	2,42	2,42	0,45	0,46
LB Belastet	118,45	110,05	220,50	222,22	0,67	0,45	741,95	742,02	22,47	18,35
LB K1	97,05	95,50	234,95	232,65	0,42	0,35	721,60	728,37	17,92	17,87
LB K2	98,42	98,40	231,22	244,60	0,37	0,45	707,42	712,15	21,15	17,07
Mittelwerte	104,64 B	101,31 B	228,89	233,15	0,48	0,41	723,65	727,51 A	20,51	17,75
SB Entlastet	139,92	138,97	216,37	209,60	0,95	0,97	716,85	712,15	19,20	17,47
SB K1	143,05	143,05	205,10	209,00	0,85	0,90	723,57	722,10	15,80	15,65
SB K2	140,30	146,82	212,20	217,40	0,95	1,30	731,27	732,50	20,20	22,42
Mittelwerte	141,09 A	142,94 A	211,22	212,00	0,92	1,06	723,89	722,25 B	18,40	18,51

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

Tabelle 12: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte von Gesamtfläche (mm²), Gesamtdichte (mg/cm³), Corticalisfläche (mm²), Corticalisdichte (mg/cm³) Flächenträgheitsmoment (SSI, mm³) der proximalen Tibiotarsus (Versuch 1b)

Varianzursache	Versuch 1b									
	Gesamtfläche		Gesamtdichte		Corticalisfläche		Corticalisdichte		SSI	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
Herkunft	5,34 *	3,87	3,14	3,17	0,01	0,04	0,01	0,01	2,91	2,21
Behandlung (Herkunft)	0,84	0,40	0,50	0,13	0,14	0,21	0,64	0,86	0,97	0,43
LB Belastet	123,47	122,45	268,00	268,72	0,67	0,70	728,10	738,97	26,35	23,35
LB K1	123,45	124,55	264,55	261,70	0,65	0,82	725,62	729,72	26,30	27,40
LB K2	133,27	136,57	254,60	265,32	0,82	0,57	726,72	711,90	29,15	27,40
Mittelwerte	126,73 B	127,85	262,38	265,24	0,71	0,69	726,81	726,86	27,26	26,05
SB Entlastet	171,32	155,32	238,95	238,25	0,65	0,80	728,50	741,32	35,15	38,72
SB K1	132,30	155,83	256,2	248,96	0,60	0,53	749,70	732,20	27,63	37,60
SB K2	152,15	168,70	254,82	246,05	0,60	0,55	724,87	723,95	25,97	26,90
Mittelwerte	151,92 A	159,95	249,99	244,42	0,61	0,63	734,35	732,49	29,58	34,40

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

Tabelle 13: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte von Gesamtfläche (mm²), Gesamtdichte (mg/cm³), Corticalisfläche (mm²), Corticalisdichte (mg/cm³) Flächenträgheitsmoment (SSI, mm³) der Femurmitte (Versuch 1a)

Varianzursache	Versuch 1a									
	Gesamtfläche		Gesamtdichte		Corticalisfläche		Corticalisdichte		SSI	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
Herkunft	3,27	5,37 *	0,68	0,20	1,09	2,55	0,11	0,11	2,95	6,6 *
Behandlung (Herkunft)	0,60	0,18	0,87	1,45	0,60	0,33	1,01	0,10	0,55	0,44
LB Belastet	54,95	51,15	471,25	491,17	19,77	19,25	988,55	992,70	50,35	45,12
LB K1	45,47	47,02	435,07	457,55	15,62	16,35	993,22	1003,15	37,65	36,85
LB K2	48,60	48,00	456,35	452,95	16,55	16,80	1017,32	1004,57	43,02	42,47
Mittelwerte	49,67 B	48,72 B	454,22	467,22	17,31	17,46	999,69	1000,14	43,67 B	41,48 B
SB Entlastet	66,72	65,97	500,60	505,42	23,15	24,35	994,27	999,85	67,60	69,45
SB K1	69,05	68,50	457,97	479,02	25,12	25,27	997,87	1004,05	71,05	72,07
SB K2	66,22	65,25	448,17	442,57	22,85	23,32	1007,75	1000,95	63,17	62,92
Mittelwerte	67,33 A	66,57 A	468,91	475,67	23,70	24,31	999,96	1001,61	67,27 A	68,14 A

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

Tabelle 14: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte von Gesamtfläche (mm²), Gesamtdichte (mg/cm³), Corticalisfläche (mm²), Corticalisdichte (mg/cm³) Flächenträgheitsmoment (SSI, mm³) der Femurmitte (Versuch 1b)

Varianzursache	Versuch 1b									
	Gesamtfläche		Gesamtdichte		Corticalisfläche		Corticalisdichte		SSI	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
Herkunft	7,90 *	10,49 **	1,36	2,06	11,43 **	12,53 **	0,11	0,45	15,84 **	16,36 ***
Behandlung (Herkunft)	0,08	0,25	0,37	0,8	0,09	0,36	0,25	0,01	0,14	0,24
LB Belastet	65,42	64	461,42	449,85	21,2	20,87	998	988,22	55,4	55,3
LB K1	64,27	64,27	460,37	446,00	22,15	21,9	987,02	989,15	60,45	56,77
LB K2	65,47	61,5	440,9	430,15	22,67	21,37	987,97	991,2	57,82	51,4
Mittelwerte	65,05 B	63,25 B	454,23	442	22 B	21,38 B	990,99	989,52	57,89 B	54,49 B
SB Entlastet	78,47	79,22	496,4	495,3	30,35	30,87	1002,62	1000,22	91,35	90,62
SB K1	76,13	75,36	526,36	543,26	30,63	33,66	997,1	1001,96	87,23	92,16
SB K2	76,9	77,2	503,47	490,72	31,07	30,32	997,22	998,7	87,4	85,55
Mittelwerte	77,16 A	77,26 A	508,74	509,76	30,68 A	31,61 A	998,98	1000,29	88,66 A	89,44 A

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

3.5 Diskussion

Die starke Belastung des Beinskeletts schnell wachsender Masthühner sowie die sehr geringe Bewegungsaktivität werden als zentrale Mechanismen bei der Entstehung von Beinschäden angesehen (REITER und BESSEI, 1998). Langsam wachsende Hühner weisen in der Regel wenig Beinschäden auf. Auch durch Reduktion der Wachstumsgeschwindigkeit schnell wachsender Herkünfte konnte das Auftreten von Beinschäden oder die Schwere der Schäden vermindert werden. Die kausalen Beziehungen zwischen der Belastung durch Wachstum, Laufaktivität und Beinschäden sind bisher jedoch nicht aufgeklärt. Alle bisherigen Maßnahmen zur Verringerung der Wachstumsgeschwindigkeit gingen auch mit einem Anstieg der Laufaktivität einher. Um die partiellen Effekte von Gewichtbelastung und Bewegungsaktivität zu erfassen sind Experimente notwendig, in welchen die beiden Faktoren unabhängig voneinander variiert werden. Erste Versuche in dieser Richtung wurden von REITER und BESSEI (1998) durchgeführt. Durch gezieltes Training auf einem Laufband wurde die Laufaktivität von schnell wachsenden Broilern kontrolliert erhöht. Die Ergebnisse zeigten, dass die Tiere in der Lage waren eine höhere Laufleistung zu erbringen als sie diese in ihrer normalen Umgebung ausüben, wenn Futter und Wasser in kurzer Distanz erreichbar sind. Die durch Training erhöhte Laufaktivität wirkte sich positiv auf die Beinkondition der Tiere aus. Aus den Ergebnissen wurde geschlossen, dass mit der Selektion auf hohe Zunahmen und gute Futterverwertung die Motivation für Verhaltensabläufe, die nicht mit der Futteraufnahme verbunden sind, abgebaut wurden. Hierzu gehören z.B. Scharren, exploratives Picken und Aggression (SIEGEL, 1992). Die somit eingesparte Energie kann in Wachstum und die Erhaltung investiert werden. Es ist jedoch auch möglich, dass die verringerte Bewegungsaktivität schnell wachsender Tiere eine unmittelbare Folge des höheren Gewichtes ist, oder dass durch die Gewichtsbelastung Schäden an den Knochen und Gelenken des Beinskeletts auftreten, die die Laufaktivität beeinträchtigen.

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde im ersten Versuchen von RUTTEN et al. (2002) eine Entlastung von schnell wachsenden Broilern durchgeführt. Mit Hilfe einer speziellen Anlage konnte die Belastung durch das Körpergewicht um 50 % reduziert werden. Die Laufaktivität stieg dabei um 40 % gegenüber den nicht entlasteten Kontrolltieren an. Allerdings wurde durch die Entlastungsvorrichtung auch das Wachstum der Tiere reduziert, so dass ein direkter Vergleich mit den Kontrolltieren nur bedingt möglich war. Das Problem lag offensichtlich in dem Gurt, der zur Befestigung der Entlastungsanlage um die Tiere gelegt wurde. Er beeinträchtigte durch seine Isolationswirkung die Wärmeabgabe der Tiere und verminderte

somit das Wachstum. Für die vorliegenden Versuche wurde deshalb das Gurtsystem weiterentwickelt. Mit Hilfe von Netzgewebe mit großer Maschenweite, das an verschiedenen Stellen mit Leukoplast verstärkt war (Abbildung 4), konnte eine Entlastung durchgeführt werden, ohne die Gewichtsentwicklung zu beeinträchtigen. Der Gurt bot außerdem die Möglichkeit zur gezielten Belastung der Tiere. Hierzu wurden Bleigewichte in der Gurt eingesteckt. Da wir davon ausgehen, dass die schnell wachsenden Broiler an der Grenze der Belastbarkeit des Beinskeletts liegen, wäre eine weitere Belastung nicht sinnvoll. Für die Belastung wurde deshalb eine langsam wachsende Herkunft (ISA S 257) gewählt, die üblicherweise 42 Tage lang gemästet wird und in diesem Alter ein Gewicht von 1400 g erreicht. Dies entspricht etwa 70 % des Gewichts der schnell wachsenden Broiler in gleichem Alter. Da sich die Linien in ihrem Gewicht erst in der 4. Lebenswoche deutlich unterschieden, wurden die Be- und Entlastungsbehandlungen erst ab dieser Wachstumsperiode begonnen. Auch die Verhaltensbeobachtungen beziehen sich deshalb auf die Wachstumsperioden ab der 4. Woche.

Körper-, Brust und Schenkelgewicht

Da sich die Körpergewichte der Tiere mit und ohne Gurt (K1 und K2) in den beiden Versuchen nicht signifikant unterschieden und auch die Laufaktivität in beiden Kontrollgruppen ähnlich war, gehen wir davon aus, daß die Gurtkonstruktion keine zusätzliche Wärme verursachte und auch die Bewegungsmöglichkeit der Tiere nicht einschränkte. Auch die Befestigung der Tiere an der Entlastungsanlage sowie die Belastung mit Bleistücken hatten keinen Einfluss auf die Gewichtsentwicklung (Tabelle 1). Somit konnten die Effekte der Be- und Entlastung unabhängig von der Gewichtsentwicklung der Linien betrachtet werden.

Verhalten

Die Verhaltensweisen wurden im vorliegenden Versuch über eine Periode von 4 h (13.00 bis 17.00 h) erfaßt. Da Masthähnchen bei einem Lichtprogramm von 23 Stunden keine ausgeprägte circadiane Rhythmik aufweisen, können die Werte als repräsentativ für die gesamte Lichtperiode angesehen werden. Literaturangaben zur Laufaktivität von Masthähnchen variieren im Bereich von 1 bis 5 % (BIZERAY et al., 2000; WEEKS et al., 2000; CORNETTO und ESTEVEZ, 2001; REITER und KUTRITZ, 2001; BOKKERS, 2004).

In den vorliegenden Untersuchungen liegen die Werte für die Laufaktivität im Bereich von 0,7 bis 1,6 % und somit im unteren Bereich der in der Literatur angegebenen Werte. Eine Vergleichbarkeit ist jedoch nur bedingt gegeben. Neben verschiedenen Erfassungsmethoden muss vor allem die Bezugsgröße berücksichtigt werden. Beziehen sich die Angaben auf den prozentuellen Anteil des Verhaltens in der Lichtperiode, kann durch die Lichtdauer pro Tag eine erhebliche Variation verursachen. Es ist bekannt, dass die Aktivität der Tiere bei kurzen Lichtphasen höhere Werte aufweist als bei langen Lichtphasen oder Dauerlicht (HAYE und SIMONS, 1978; NEWBERRY et al., 1988). Höhere Werte, wie man sie teilweise in der Literatur findet, wurden meist bei kürzeren Lichtperioden erfaßt. Im Gegensatz zu anderen Versuchen wurde hier die Dauer der Laufaktivität an Einzeltieren mit Hilfe eines PC-gesteuerten Programm exakt erfaßt. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die angegebenen geringeren Werte der Laufaktivität zuverlässiger als Angaben aus jenen Versuchen sind, in welchen die Laufaktivität mit gröberen Methoden erfaßt wurden. Die Merkmale Sitzen, Stehen und Fressen liegen in Bereichen, die auch von anderen Autoren berichtet wurden (WEEKS et al., 2000; BIZERAY et al., 2000; ESTEVEZ, 2001; REITER und KUTRITZ, 2001; BOKKERS, 2004). Das Merkmal „Anderes Verhalten“, in dem verschiedene Merkmale des aktiven Verhaltens zusammengefasst wurden, lässt sich nicht mit anderen Literaturangaben vergleichen. In ihm werden überwiegend Merkmale des aktiven Verhaltens wiedergegeben.

Langsam und schnell wachsende Hühnerlinien unterscheiden sich schon in den ersten Lebenstagen in ihrer Aktivität. Dies gilt nicht nur für Lege- und Mastlinien (SAVORY, 1997), sondern auch für Mastlinien mit verschiedener Wachstumsgeschwindigkeit. Wie BIZERAY et al (2002) zeigten, lagen Küken einer langsam wachsenden Mastlinie (Label Rouge, SASSO T551) in ihrer Aktivität doppelt so hoch wie Küken einer schnell wachsenden Mastlinie (B, IJV 915). Auch REITER und BESSEI (1995) fanden von der ersten Lebenswoche an Unterschiede in der Laufaktivität von einer kommerziellen schnell wachsenden Mastlinie (Lohmann Meat) und einer langsam wachsenden Linie (ISA I 657). In diese Phase scheint die Aktivität nicht durch das Gewicht beeinflusst zu sein denn in der Untersuchung von BIZERAY et al. (2002) waren die Küken der langsam wachsenden Linien signifikant schwerer als die der schnell wachsenden Linie. Die Aktivität wurde demnach als ein vom Gewicht unabhängiges linienspezifisches Merkmal angesehen. Die Linien in vorliegendem Versuch unterschieden sich nach Beobachtungen, die hier nicht berichtet werden, in den ersten Lebenstagen nicht in ihrem Aktivitätsniveau. Ab der 4. Lebenswoche waren jedoch signifikante Unterschiede zwischen den LB und SB vorhanden, die sich in

höheren Werten für Laufen, Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ ausdrückten. Beim Merkmal Sitzen sind höhere Werte bei den SB vorhanden. Die Differenzen zwischen Linien, die sich aus den Mittelwerten der Kontrollgruppen ergeben, vergrößern sich in den späteren Mastabschnitten. Wird die Belastung der Beine in den verschiedenen Linien ausgeglichen drehen sich die Verhältnisse um, und die SB werden aktiver als die LB. Der Effekt der Entlastung stimmt in der Tendenz mit den Ergebnissen von RUTTEN et al (2002) überein. In dieser Untersuchung stieg die Laufstrecke bei einer Entlastung der SB auf die Hälfte des Körpergewichtes um ca. 40 % (von 246 auf 338 m pro Tag) an. Bei einer Entlastung der SB in vorliegendem Versuch um 20 % stieg die Laufaktivität um ca. 50 % an. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass Masthähnchen in ihrer Aktivität direkt auf Veränderungen der Belastung des Beinskeletts reagieren. Die Größenordnung der Veränderungen der Aktivität liegt somit in einem ähnlichen Bereich wie die Belastungsveränderungen. Die Ergebnisse, wonach die entlasteten SB eine höhere Aktivität aufweisen als die belasteten LB kann dadurch erklärt werden, dass die SB wesentlich stärker entwickelte Muskeln und Knochen haben als die LB. Da im Versuch 1b das Wachstum der SB deutlich höher war als in Versuch 1a, erhöhte sich auch der Mittelwert des Gewichts zwischen den Linien und damit auch die relative Belastung der LB. Dies führte offensichtlich zu einer drastischen Verringerung der Aktivität in dem Bereich von ca. 0,4 bis 0,6 % (Tabellen 4 bis 6).

Die Variation des Sitzens bewegte sich in vorliegendem Versuch im Bereich von 60 bis 80 %. Sie stimmt in dieser Beziehung mit Angaben von MURPHY und PRESTON (1998), BIZERAY et al. (2000), HALL (2001), REITER und KUTRITZ (2001) überein. Da sich dieses Merkmal spiegelbildlich zu den Aktivitätsparametern verhält, erübrigen sich weitere Ausführungen hierzu.

Während leichte Rassen tagsüber häufig Ruhepausen im Stehen einlegen, kann dies beim Masthuhn nur selten beobachtet werden. Im vorliegenden Versuch lag der prozentuale Anteil des Stehens auf einem wesentlich geringeren Niveau als von REITER und KUTRITZ (2001) berichtet. Aufgrund des hohen Körpergewichtes sind die Tiere offensichtlich nicht in der Lage problemlos über längere Phasen zu stehen. Die mittlere Dauer der einzelner Stehphasen betrug nach BIZERAY et al. (2000) 55 Sekunden. Dies zeigt sich deutlich an den belasteten LB, bei denen der Anteil des Stehens sehr stark abnahm. Stehen ist meist als Übergang zwischen verschiedenen Verhaltensweisen anzusehen. Die Mittelwerte des Stehens verlaufen in ähnlicher Weise wie die des Laufens.

Nach Sitzen nimmt Fressen den größten Teil des Zeitbudgets bei Broilern ein. Nach GORDON und TUCKER (1993) beträgt die Fresszeit ca. $\frac{3}{4}$ der nicht im Sitzen verbrachten

Zeit. Die insgesamt längere Fressdauer der SB (11-12 %) gegenüber den LB (7-8 %) ist offensichtlich durch den höheren Futtermittelverbrauch bedingt. Sie steht allerdings im Gegensatz zu den Ergebnissen von BIZERAY et al. (2000), die bei langsam wachsenden SASSO T551 eine doppelt so lange Fresszeit feststellten wie bei schnell wachsenden Broilern. Auch BARBATO et al. (1980) fanden heraus, dass auf hohes Körpergewicht selektierte Broiler eine kürzere Fresszeit aufwiesen, als auf geringeres Körpergewicht selektierte Broiler. Offensichtlich führte die Selektion der Masthühner auf hohe Futteraufnahme auch zu einer höheren Fressintensität. Bei sehr leichten Linien, die in der extensiven Mast eingesetzt werden, sind die Fressphasen häufig von Phasen unterbrochen, in denen sich die Tiere mit dem Futter beschäftigen, aber wenig Futter aufnehmen. Diese Phasen werden häufig nicht vom eigentlichen Freßverhalten getrennt, so dass die Dauer der Futteraufnahme überschätzt wird. Im vorliegenden Versuch folgt der Anteil des Fressens sowohl in Bezug auf die Unterschiede zwischen den Linien als auch über die Versuchsperioden der aufgenommenen Futtermenge (Abbildungen 11 und 12). Dies weist darauf hin, dass hier nur die tatsächliche Dauer des Fressens berücksichtigt wurde. In der 4. Woche war die Differenz in der Futteraufnahme zwischen den Linien noch relativ gering. Zwar zeigen auch hier die SB eine höhere Fressdauer, der Effekt der Linie ist aber nicht signifikant. Erst in der 5. und 6. Woche, in denen die SB etwa doppelt so viel Futter aufnehmen wie die LB, verdoppelt sich auch die Fressdauer und überschreitet die Signifikanzgrenze. Das unter „anderes“ Verhalten vorherrschende Komfortverhalten reagiert in Bezug auf die Linie und Belastung analog zur Laufaktivität. In einer Untersuchung von BESSEI (1992) sank der Anteil scharrender Tiere bei einer schnell wachsenden Hybridherkunft von ca 1,5 % in der ersten Woche auf nahe Null in der 5. Woche. Die Abnahme des Scharrverhaltens wurde mit der verringerten allgemeinen Aktivität der Masthähnchen und der sich verschlechternden Einstreu in Zusammenhang gebracht. Nah den vorliegenden Ergebnissen ist jedoch das Gewicht der Tiere der ausschlaggebende Faktor, denn bei Entlastung der SB stieg das Komfortverhalten auf das Niveau der Kontrolltiere der LB an. Umgekehrt wurde durch die Gewichtsbelastung, insbesondere am Ende der Mast, die Ausprägung des Komfortverhaltens bei den LB stark reduziert.

Morphometrische Messungen

Die Belastung der Knochen ist eine essentielle Steuerungskomponente für Modelling und Remodelling-Prozesse, welche die Knochenfestigkeit bestimmen (FROST und JEE, 1994;

ABENDROTH, 1995), Die Belastung erfolgt entweder über statischen Druck durch das Körpergewicht, oder über die Bewegung. Lang anhaltende statische Belastungen können bei wachsenden Knochen zu Torsionen an Femur und Tibiotarsus und zu pathologischen Abwinkelungen im Bereich der Knie- und Fersengelenke führen. Torsion und Abwinkelungen sind typische Erscheinungsbilder bei Fehlstellungen der Beine in Form von Varus- und Valgusdeformationen. Sie tragen wesentlich zur Lahmheit der Masthühner bei. Die Messung von Torsion und Abwinkelung der Knochen an den kritischen Punkten des Beinskeletts haben sich als wichtige quantitative Kriterien für Schäden am Bewegungsapparat des Huhns erwiesen. Wie aus den Tabellen 7 und 8 hervorgeht, war im vorliegenden Experiment der Einfluss der Linie auf die morphometrischen Merkmale gering. Mit Ausnahme der distalen Abwinkelung des Tibiotarsus waren bei allen anderen Merkmalen keine signifikanten Effekte vorhanden. Die Be- und Entlastungsbehandlungen wirkten sich dagegen in verschiedenen Merkmalen signifikant auf die Knochenqualität aus. Dass die Effekte der Behandlung in Versuch 1b generell stärker ausgeprägt waren als in Versuch 1a, ist auf die höheren Zunahmen in Versuch 1b zurückzuführen. Besonders auffallend sind die positiven Effekte der Entlastung der SB. Sowohl die Torsion als auch die proximale Abwinkelung des Tibiotarsus waren hier deutlich verringert (Tabelle 2). Es ist zu vermuten, dass dies durch die höhere Laufaktivität bei den entlasteten Tieren bewirkt wurde. RUTTEN (2000) und REITER (2001) berichteten, dass durch Lauftraining auf einem Laufband die Abwinkelung der Beinknochen von schnell wachsenden Masthühnern verringert wurde. Die Belastung der LB im vorliegenden Versuch hatte allerdings keinen Einfluss auf die morphometrischen Merkmale. Offensichtlich sind die Knochen der LB so robust, dass auch bei deutlich reduzierter Laufaktivität keine Schäden entstehen.

Computertomographische Messungen

Die CT-Messungen geben Aufschluss über den Aufbau der Knochen. Das aus der Stärke der Corticalis und der Form der Knochenwand errechnete Flächenträgheitsmoment (SSI) ist allgemein als Maß für die Festigkeit des Knochen unter Bruchbelastungen anerkannt. Während die Messungen in der Knochenmitte allgemeine Informationen über die Stärke der Knochen vermitteln, weisen Messungen im Bereich der Epiphyse auf Probleme in der Knochenbildung hin. Die optimale Stelle zu CT-Messung im Bereich der Epiphyse wurde in Vorversuchen ermittelt, in denen die Gelenkköpfe im Abstand von 1 mm gescannt wurden. Der Messpunkt wurde als Distanz vom proximalen Knochenende her definiert und in % der

Knochenlänge festgelegt. Für die vorliegende Versuchsreihe wurde eine Entfernung von 19 % gewählt. In Versuchen mit anderen Herkünften wurde Distanzen in Bereich von 15 % als optimal angesehen (REITER, 2001). Die Unterschiede zwischen den CT-Werten in der Knochenmitte und an den Gelenkköpfen sind erheblich. Während die Gesamtfläche an den Gelenkköpfen aufgrund des größeren Umfangs deutlich höher ist als in der Mitte, sind Gesamtdichte, Corticalisfläche, Corticalisdichte und SSI deutlich geringer. Der Knochen weist im Bereich der Epiphyse Schwächen auf, die sich nicht nur in den CT-Werten ausdrücken, sondern sich auch in den Bildern als Defekte in der Knochenwand zeigen. Die größere Gesamtfläche, Corticalisfläche und das höhere SSI der SB gegenüber den LB in der Mitte von Tibiotarsus und Femur sind das Resultat der größeren Knochen. Die Gesamtdichte und Corticalisdichte waren in beiden Linien nicht unterschiedlich. Diese Ergebnisse stimmen mit RUTTEN (2000) überein. Die Linienunterschiede sind in Versuch 1b stärker ausgeprägt als in Versuch 1a. Dies kann durch die höheren Zunahmen der SB im zweiten Versuch erklärt werden. Die Be- und Entlastung waren nur in wenigen Fällen signifikant. Die geringere Reaktion der CT-Werte auf Be- und Entlastung sind eventuell auch dadurch bedingt, dass die Anpassungsfähigkeit der Knochen an unterschiedliche Belastungssituationen bei auf Mast selektierten Linien verringert ist (PITSILLIDES et al., 1999). In Versuch 1b zeigte sich jedoch die Tendenz, wonach die Entlastung der SB zu höheren Werten in der Gesamtfläche, der Gesamtdichte, der Corticalisfläche und im SSI führte. In der Gesamtdichte ist diese Tendenz auch im Versuch 1a zu erkennen. Dies ist offensichtlich auf die erhöhte Laufaktivität der entlasteten Tiere zurückzuführen. RUTTEN (2000) fand ebenfalls positive Effekte in den CT-Werten nachdem Broiler auf einem Laufband trainiert wurden. Tiere, die täglich 200 m laufen mussten, zeigten eine höhere Corticalisfläche- und dichte als Tiere, die nur 50 m liefen. Insgesamt kann gesagt werden, dass sich Unterschiede in der Beinkondition zwischen den Linien und unter dem Einfluß der Be- und Entlastung hauptsächlich im Verhalten und in den morphometrischen Kriterien zeigen. Die CT-Merkmale reagierten relativ gering.

4 Versuch 2: Be- und Entlastung des Beinskeletts von schnell und langsam wachsenden Broilern bei reduziertem Bewegungsraum

4.1 Material und Methode

4.1.1. Tiere und Haltung

Durch Entlastung des Beinskeletts wurde im vergangenen Versuch eine Verbesserung der Beinkondition festgestellt. Gleichzeitig ist jedoch auch die Laufaktivität angestiegen. Um die Laufaktivität zu kontrollieren, wurde der Bewegungsraum der Tiere im vorliegenden Versuch begrenzt.

Der Versuch wurde in gleicher Form wie Versuch 1 durchgeführt, jedoch bei einer Reduzierung der Länge des Abteils von 200 auf 45 cm, und somit auch der Distanz zwischen Futter und Wasser (Abbildung 17). Die Abteile hatten somit eine Größe von 45 x 60 cm (Breite x Länge). In jedem Abteil befanden sich eine Nippeltränke und ein Futtertrog. Die Nippeltränke befand sich an der kürzeren Seite des Abteils, der Futtertrog stand an der Längsseite.



Abbildung 17: Bodenabteile zur Haltung der entlasteten und belasteten Broiler

Es wurden 60 männliche Broiler 30 Tiere der schnell wachsenden Herkunft ROSS 308 und 30 Tiere der langsam wachsenden Herkunft ISA S 257, eingesetzt. Die Tiere der beiden Linien wurden in abwechselnder Reihenfolge auf 20 Bodenabteile verteilt.

4.2 Statistische Auswertung

Die Statistische Auswertung wurde in gleicher Form wie in Versuch 1 durchgeführt.

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Leistungsmerkmale

Die folgende Abbildung zeigt den Futterverbrauch der zwei Herkünfte. Über die 1. bis 6. LW hatten die SB einen bedeutend höheren Futterverbrauch als die LB (Abb. 18). Bei den LB und SB gab es zwischen be- und entlasteten Tieren und den Kontrolltieren keinen signifikanten Unterschied bezüglich des Lebendgewichts der 4. bis 6. Lebenswoche (Abb. 19 und 20)

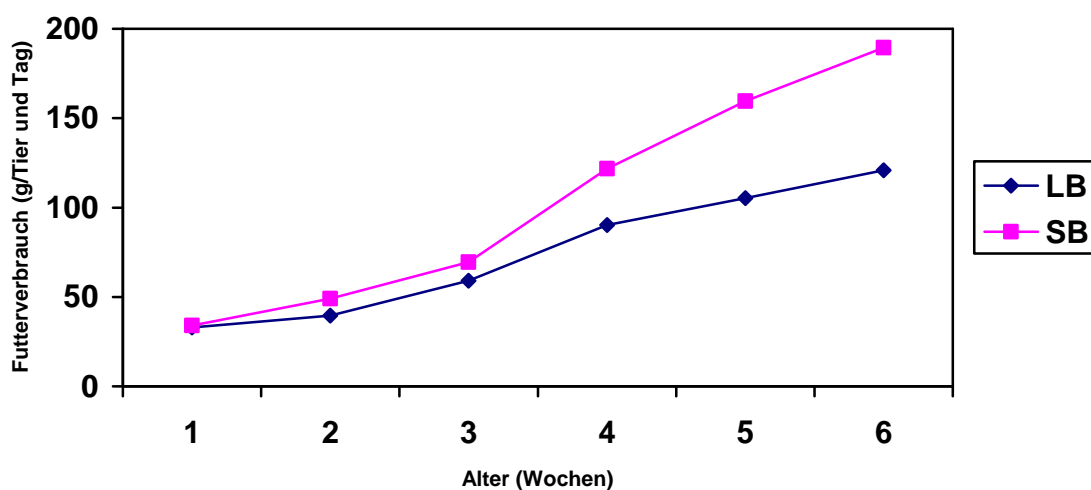


Abbildung 18: Durchschnittlicher Futterverbrauch (g/Tier und Tag) bei langsam wachsenden (LB) und schnell wachsenden Broilern (SB) von der 1. – 6. Lebenswoche

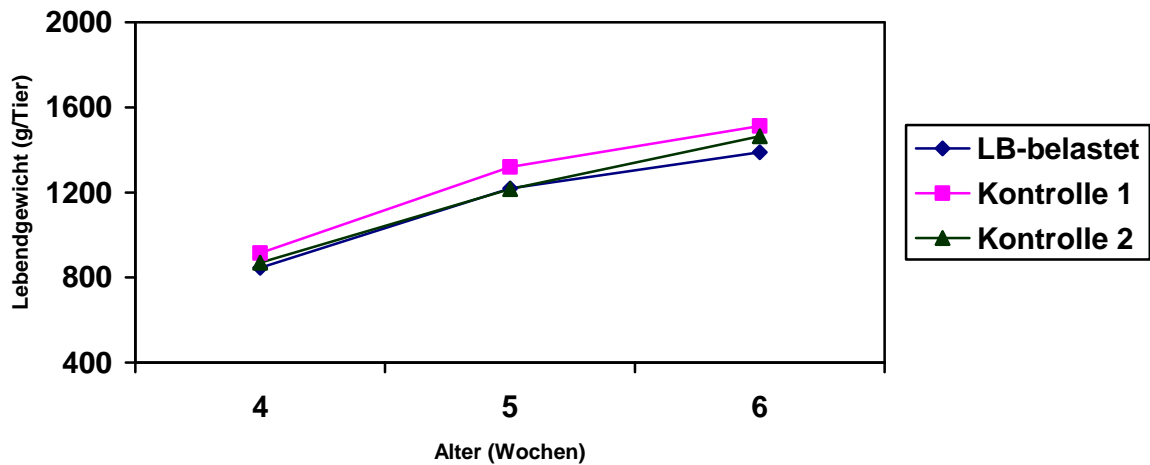


Abbildung 19: Lebendgewicht (g/Tier) bei langsam wachsenden Broilern (LB) in der 4. – 6. Lebenswoche

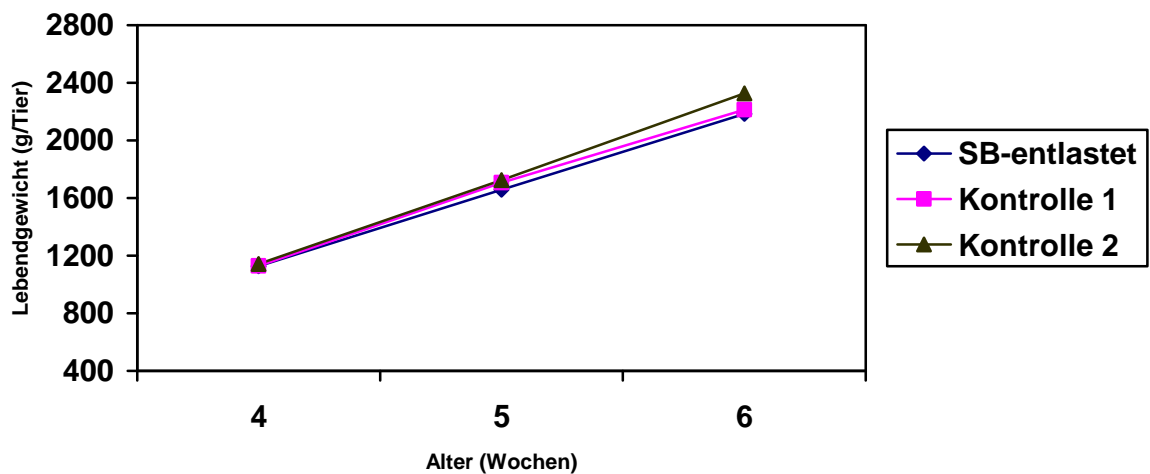


Abbildung 20: Lebendgewicht (g/Tier) bei schnell wachsenden Broilern (SB) in der 4. – 6. Lebenswoche

Tabelle 15 zeigt die Ergebnisse der Varianzanalyse und die Mittelwerte der Gewichtsentwicklung für die Herkünfte und die Behandlungen innerhalb der Herkunft. Alle Merkmale wurden signifikant von der Herkunft beeinflusst. Mit Ausnahme des Tibiotarsusgewichts links zeigte die Behandlung innerhalb der Herkunft keine signifikanten Effekte. In der Tendenz waren die belasteten LB leichter als die LB Kontrolltiere, und die entlasteten SB leichter als die SB Kontrolltiere. Entsprechend waren auch die Schenkel-, Tibiotarsus- und Femurgewichte, sowie die Knochenlängen in der Tendenz geringer als bei den Kontrolltieren.

Tabelle 15: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte von Lebendgewicht (42 Tag), Schenkelgewichte (g), der Länge (mm) und das Tibiotarsus und Femur Gewicht (g)

Varianzursache	Lebendgewicht	Schenkel		Tibiotarsus				Femur			
		Gewicht		Gewicht		Länge		Gewicht		Länge	
		Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts
Herkunft Behandlung (Herkunft)	141,09 ***	104,33 ***	107,92 ***	61,35 ***	56,84 ***	6,18 *	6,58 *	66,21 ***	68,99 ***	22,84 ***	22,05 ***
	2,09	0,58	0,58	3,47 *	2,06	2,07	2,18	2,14	1,82	2,37	2,92
LB belastet	1388,9	137,5	138,4	13,89 c	13,93	10,49	10,49	9,89	9,97	7,48 c	7,48
LB K1	1511,9	147,6	146,5	14,32 c	14,22	10,65	10,64	10,21	10,24	7,66 c	7,65
LB K2	1464,3	139,7	141	14,08 c	13,99	10,66	10,67	10,19	9,89	7,66 c	7,68
Mittelwert	1455,03 B	141,6 B	141,96 B	14,09	14,04 B	10,6 B	10,6 B	10,09 B	10,03 B	7,6 B	7,6 B
SB entlastet	2185,3	218,9	219,3	19,65 b	20,05	10,87	10,88	14,08	14,32	7,95 b	7,93
SB K1	2214,1	221,6	221,9	21,46 a	21,57	11,26	11,27	15,44	15,11	8,17 a	8,17
SB K2	2326,7	224,9	227,7	22,3 a	22,32	11,13	11,17	15,23	15,68	8,07 ab	8,1
Mittelwert	2242,03 A	221,8 A	222,96 A	21,13	21,31 A	11,08 A	11,1 A	14,91 A	15,03 A	8,06 A	8,06 A

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

4.3.2 Verhaltensparameter

Die Tabellen 16 bis 18 zeigen die Mittelwerte der Verhaltensweisen Laufen, Sitzen, Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ von der 4. bis zur 6. LW. Die Unterschiede zwischen der langsam und schnell wachsenden Herkunft waren in der 6. LW deutlicher ausgeprägt als in der 4. und 5. LW. Der Herkunftseffekt für das Merkmal Laufen war nur in der 5. und 6. LW signifikant. Über diese zwei Wochen zeigten LB Kontrolltiere, signifikant mehr Laufaktivität als die SB Kontrolltiere und die belasteten LB zeigten weniger Laufaktivität als die entlasteten SB.

Der Effekt der Herkunft auf das Sitzen war in der 4. und 6. LW signifikant. In der 5. LW wurden keine signifikanten Effekte der Herkunft gefunden. Die belasteten LB wiesen in der 4. und 6. LW signifikant mehr Ruheverhalten, als die entlasteten SB auf.

Bei dem Merkmal Stehen wurde nur in der 6. LW ein signifikanter Effekt der Herkunft ermittelt.

In der 4. und 5. Woche benötigten die SB mehr Zeit zum Fressen als die LB. In der 6. Woche war der Effekt der Herkunft nicht signifikant.

Für das Merkmal „Anderes Verhalten“ war der Effekt der Herkunft in der 4. und 6. LW signifikant. In diesen Fällen waren die LB Kontrolltiere aktiver als die SB Kontrolltiere. Die belasteten LB zeigten weniger „anderes“ Verhalten als die entlasteten SB.

Der Effekt der Behandlung innerhalb der Herkunft war über die 4., 5. und 6. LW für das Merkmal Laufen signifikant. Die Gewichtsbelastung der LB führte zu einer signifikanten Verringerung der Aktivität im Vergleich zu den Kontrolltieren. Die entlasteten SB zeigten in der Tendenz mehr Laufaktivität als die Kontrolltiere, jedoch wurden in der 4. und 5. Woche keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen festgestellt. In der 6. LW war der Effekt der Behandlung bei den SB signifikant.

Der Effekt der Behandlung innerhalb der Herkunft für das Merkmal Sitzen war in der 4. Woche für die LB signifikant. Belastete LB zeigten signifikant mehr Ruheverhalten im Vergleich zu den Kontrolltieren. In der 6. Woche war der Behandlungseffekt bei den LB signifikant. Die entlasteten SB zeigten weniger Sitzen als die SB Kontrolltiere und die LB.

Der Effekt der Behandlung auf Stehen war nur in der 4. und 6. LW signifikant. Die Kontrolltiere der LB standen in der 4. LW häufiger, als die belasteten LB und die SB. Belastete Tiere standen in der 6. LW prozentuell gleich wie SB Kontrolltiere und Kontrolltiere der LB standen gleich viel wie die entlasteten Broiler.

Beim Merkmal Fressen war der Effekt der Behandlung innerhalb der Herkunft in keinem Fall signifikant.

Für das Merkmal „Anderes Verhalten“ wurde mit Ausnahme der Woche 5 ein signifikanter Effekt ermittelt. Die Mittelwerte dieses Merkmals verhielten sich wie beim Merkmal Stehen.

Tabelle 16: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Dauer der Verhaltensweisen Laufen, Sitzen, Stehen, Fressen und Anderes Verhalten“ in Prozent der Beobachtungszeit in der 4. Lebenswoche

Varianzursache	Laufen	Sitzen	Stehen	Fressen	Anderes
Herkunft	0,43	24,46 ***	0,55	16,32 ***	12,96 ***
Behandlung (Herkunft)	8,83 ***	6,29 ***	5,31 **	1,38	8,92 ***
LB belastet	0,79 b	87,84 a	0,19 b	6,05	5,60 b
LB K1	1,53 a	75,93 b	0,71 a	9,21	13,21 a
LB K2	1,63 a	71,64 b	0,81 a	9,39	17,21 a
SB entlastet	0,90 b	70,07 b	0,30 b	15,55	13,67 a
SB K1	0,89 b	76,56 b	0,13 b	15,00	8,00 b
SB K2	0,82 b	72,50 b	0,11 b	18,77	8,36 b

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant.

*= p<0,05; **= p<0,01; *** =p<0,001

Tabelle 17: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Dauer der Verhaltensweisen Laufen, Sitzen, Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ in Prozent der Beobachtungszeit in der 5. Lebenswoche

Varianzursache	Laufen	Sitzen	Stehen	Fressen	Anderes
Herkunft	5,35 *	3,96	2,75	5,41 *	0,4
Behandlung (Herkunft)	5,14 **	1,83	0,25	0,72	2,18
LB belastet	0,76 d	78,03	1,09	10,50	10,23
LB K1	1,37 ab	71,74	0,72	10,18	16,51
LB K2	1,45 a	75,19	0,50	8,19	15,26
SB entlastet	1,23 abc	69,09	0,10	18,16	12,05
SB K1	1,00 bcd	79,21	0,03	13,14	7,16
SB K2	0,93 cd	76,31	0,01	15,43	8,02

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant.

*= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

Tabelle 18: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Dauer der Verhaltensweisen Laufen, Sitzen, Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ in Prozent der Beobachtungszeit in der 6. Lebenswoche

Varianzursache	Laufen	Sitzen	Stehen	Fressen	Anderes
Herkunft	11,06 **	17,64 ***	5,04 *	3,39	19,54 ***
Behandlung (Herkunft)	9,10 ***	5,33 **	3,31 *	0,56	13,03 ***
LB belastet	0,70 b	81,36 a	0,04 b	11,33	7,03 b
LB K1	1,27 a	74,72 a	0,23 ab	10,70	13,39 a
LB K2	1,37 a	74,47 a	0,43 a	8,90	15,56 a
SB entlastet	1,21 a	66,77 b	0,38 a	17,16	15,16 a
SB K1	0,80 b	77,57 a	0,08 b	13,26	8,81 b
SB K2	0,65 b	79,89 a	0,03 b	14,38	5,42 b

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant.

*= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

Der Effekt des Alters, als wiederholte Messungen zeigte für keines der Verhaltensmerkmale einen signifikanten Effekt. Die Daten wurden deshalb nicht aufgeführt.

4.3.3 Morphometrische erfasste Merkmale der Beinknochen

Aus Tabelle 19 und 20 sind die Ergebnisse der morphometrischen Messungen zu ersehen. Der Effekt der Herkunft war nur in der distalen Abwinkelung des Tibiotarsus signifikant. Die LB wiesen signifikant höhere distale Abwinkelungen auf als die SB.

Der Effekt der Herkunft innerhalb der Behandlung war nur bei der proximalen Abwinkelung des Tibiotarsus links signifikant. Bei den LB zeigten die Mittelwerte bei der proximalen Abwinkelung des Tibiotarsus links keine signifikanten Veränderungen zwischen den Behandlungen. Die Entlastung der SB zeigte eine signifikant geringere proximale Abwinkelung des Tibiotarsus am linken Bein gegenüber den Kontrollen. Diese Tendenz war auch am rechten Bein zu beobachten. Der Effekt war aber nicht signifikant.

Der Herkunftseffekt und der Effekt der Behandlung waren bei dem Femur (Tabelle 20) bei keinem der Merkmale signifikant. Die Torsion des Tibiotarsus war durch die Entlastung reduziert, die Differenz war aber nicht signifikant.

Tabelle 19: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Torsionen und Abwinkelungen (°) des Tibiotarsus

Varianzursache	Tibiotarsus					
	Torsion		Proximale Abwinkelung		Distale Abwinkelung	
	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links
Herkunft	0,03	1,11	0,15	1,53	7,66 **	12,48 ***
Behandlung (Herkunft)	1,78	1,96	1,89	4,04 **	0,38	0,77
LB belastet	31,10	28,60	30,70	29,70 bc	6,10	6,70
LB K1	32,90	29,10	30,50	30,30 bc	5,80	6,00
LB K2	32,80	30,60	30,80	30,50 bc	5,70	5,70
Mittelwert	32,27	29,43	30,67	30,17	5,87 A	6,13 A
SB entlastet	31,50	30,70	30,10	27,80 c	3,80	3,90
SB K1	34,10	29,30	32,40	31,00 ab	4,70	4,80
SB K2	36,90	34,30	34,30	33,90 a	4,00	4,10
Mittelwert	34,17	31,43	32,27	30,90	4,17 B	4,27 B

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

Tabelle 20: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Torsionen und Abwinkelungen (°) des Femur

Varianzursache	Femur			
	Torsion		Distale Abwinkelung	
	Rechts	Links	Rechts	Links
Herkunft	0,25	0,02	2,19	1,50
Behandlung (Herkunft)	0,86	0,89	0,58	0,33
LB belastet	29,30	26,50	7,00	6,90
LB K1	28,30	27,60	6,80	6,70
LB K2	26,90	23,70	5,80	6,00
Mittelwert	28,17	25,93	6,53	6,53
SB entlastet	27,90	26,90	9,00	8,40
SB K1	32,10	29,00	10,00	9,30
SB K2	28,50	29,30	8,40	9,30
Mittelwert	29,5	28,4	9,13	9,00

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

4.3.4 Computertomographisch erfasste Merkmale der Beinknochen

Tabelle 21, 22 und 23 zeigen die Werte der computertomographischen Messungen. Der Effekt der Herkunft war bei der Gesamtfläche, Corticalisfläche und dem SSI an der Tibiotasusmitte signifikant. Die SB zeigten eine größere Gesamtfläche, Corticalisfläche und SSI als die LB.

Die computertomographischen Messungen am proximalen Ende des Tibiotarsus zeigten nur einen signifikanten Effekt der Herkunft für die Gesamtfläche (beide Seiten) und Gesamtdichte links. Die LB hatten eine deutlich geringere Gesamtfläche als die SB. Dagegen hatten die SB am linken proximalen Tibiotarsus eine signifikant geringere Gesamtdichte als die LB. Diese

Tendenz war auch am linken proximalen Tibiotarsus zu erkennen war, jedoch nicht signifikant.

An der Femurmitte war ein signifikanter Effekt der Herkunft für die Gesamtfläche, Corticalisfläche, Corticalisdichte rechts und dem SSI festzustellen. Die LB zeigten niedrigere Werte der Gesamtfläche, Corticalisfläche, Corticalisdichte rechts und dem SSI als die SB.

Der Effekt der Behandlung innerhalb der Herkunft war bei der Tibiotarsusmitte, proximalen Tibiotarsus und Femurmitte bei keinem der Merkmale signifikant.

Tabelle 21: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte von Gesamtfläche (mm²), Gesamtdichte (mg/cm³), Corticalisfläche (mm²), Corticalisdichte (mg/cm³) Flächenträgheitsmoment (SSI, mm³) der Tibiotarsusmitte

Varianzursache	Gesamtfläche		Gesamtdichte		Corticalisfläche		Corticalisdichte		SSI	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
Herkunft	43,57 ***	60,23 ***	0,26	1,42	53 ***	23,46 ***	1,71	0,11	78,97 ***	45,49 ***
Behandlung (Herkunft)	0,44	0,72	0,88	0,07	0,74	1,34	2,36	1,01	0,53	1,00
LB belastet	43,83	41,86	567,71	549,00	17,44	17,12	1047,19	1030,81	38,64	38,39
LB K1	44,91	44,25	550,30	549,01	19,16	18,51	1032,76	1036,69	39,64	41,71
LB K2	45,03	45,20	532,19	548,52	18,23	18,87	1010,99	1024,00	39,82	43,00
Mittelwerte	44,59 B	43,77 B	550,06	548,84	18,27 B	18,16 B	1030,31	1030,50	39,36 B	41,03 B
SB entlastet	64,76	64,23	577,56	571,56	28,38	27,81	1031,49	1038,01	77,37	74,63
SB K1	63,33	63,65	585,21	582,07	27,92	25,13	1036,69	1002,58	74,09	70,58
SB K2	67,32	66,91	581,33	576,24	29,79	29,90	1036,39	1038,71	80,33	80,19
Mittelwerte	65,13 A	64,93 A	581,36	576,62	28,69 B	27,61 A	1034,85	1026,43	77,26 A	75,13 A

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. * = p ≤ 0,05; ** = p ≤ 0,01; *** = p ≤ 0,001

Tabelle 22: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte von Gesamtfläche (mm²), Gesamtdichte (mg/cm³), Corticalisfläche (mm²), Corticalisdichte (mg/cm³) Flächenträgheitsmoment (SSI, mm³) der proximalen Tibiotarsus

Varianzursache	Gesamtfläche		Gesamtdichte		Corticalisfläche		Corticalisdichte		SSI	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
Herkunft	59,16 ***	42,98 ***	1,01	7,17 **	1,5	0,95	0,83	0,81	0,01	0,28
Behandlung (Herkunft)	1,61	1,64	1,15	1,52	0,52	0,22	0,5	0,87	0,39	1,55
LB belastet	126,22	121,73	255,44	265,18	0,07	0,08	213,24	353,23	21,24	22,81
	124,51	117,60	279,14	287,82	0,14	0,13	257,29	498,05	23,52	29,17
LB K2	116,53	116,51	272,68	277,04	0,18	0,08	238,58	285,22	20,24	21,67
Mittelwerte	122,42 B	79,77 B	269,08	276,68 A	0,13	0,09	236,37	378,83	21,66	24,55
SB entlastet	186,62	177,77	243,77	239,80	0,21	0,20	360,81	500,73	21,35	24,92
SB K1	191,87	192,19	240,83	235,71	0,30	0,23	507,15	292,16	20,98	19,68
SB K2	203,50	198,47	245,74	241,36	0,19	0,30	508,40	440,12	18,00	20,73
Mittelwerte	193,99 A	189,47 A	243,44	238,95 B	0,23	0,24	458,78	411,00	20,11	21,77

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. * = p ≤ 0,05; ** = p ≤ 0,01; *** = p ≤ 0,001

Tabelle 23: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte von Gesamtfläche (mm²), Gesamtdichte (mg/cm³), Corticalisfläche (mm²), Corticalisdichte (mg/cm³) Flächenträgheitsmoment (SSI, mm³) der Femurmitte

Varianzursache	Gesamtfläche		Gesamtdichte		Corticalisfläche		Corticalisdichte		SSI	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
Herkunft	16,96 ***	71,34 ***	3,48	1,98	57,76 ***	56,6 ***	5,9 *	2,82	48,79 ***	68,98 ***
(Herkunft)	1,03	0,38	0,59	0,46	0,21	0,4	1,8	2,08	0,29	0,11
LB belastet	56,24	56,23	476,40	478,53	21,00	20,63	978,19	987,17	50,40	52,89
LB K1	64,31	56,70	456,75	471,96	21,27	20,76	992,91	986,84	45,17	51,80
LB K2	56,66	58,65	453,02	461,33 b	20,31	21,33	977,96	979,34	49,62	54,99
Mittelwerte	59,07 B	57,19 B	462,05	470,60	20,86 B	20,9 B	983,02 B	984,45	48,39 B	53,22 B
SB entlastet	78,19	81,03	515,95	502,77	31,59	30,53	1003,46	1005,2	87,48	92,07
SB K1	82,87	83,42	501,25	488,70	32,25	31,86	981,43	975,71	88,22	92,25
SB K2	83,72	83,07	495,70	489,51	32,34	31,79	992,07	993,39	88,51	92,35
Mittelwerte	81,59 A	82,50 A	504,30	493,66	32,06 A	31,39 A	992,32 A	991,43	88,07 A	92,22 A

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

4.4 Diskussion

Auch im vorliegenden Versuch zeigten sich die erwarteten Gewichtsunterschiede zwischen den Linien. Die Be- und Entlastung hatten jedoch keine signifikante Auswirkung auf das Lebendgewicht sowie das Schenkelgewicht. Somit bestätigen sich die Ergebnisse aus den Versuchen 1a und 1b. Die Tendenz, wonach das Tibiotarsusgewicht (Tab. 15) bei den entlasteten SB geringer war als bei den Kontrolltieren, stimmt mit den Ergebnissen von RUTTEN et al. (2002) überein, wonach eine Entlastung um 50 % das Femurgewicht verringerte. Der Effekt wurde als Resultat der verringerten Belastung angesehen. Da in diesem Versuch das Gewicht des Tibiotarsus nicht verändert war, scheint der Einfluss der Be- oder Entlastung wie im vorliegenden Versuch sehr gering zu sein.

Aus der Tabelle 18 geht hervor, dass das Längenwachstum der Tibiotarsus und des Femur bei den SB Kontrolltieren (Tiere mit weniger Laufaktivität) in der Tendenz stärker war als bei den entlasteten SB (Tiere mit mehr Laufaktivität). RUTTEN (2000) fand bei Broilern, welche eine geringere Laufstrecke (50 m) zurücklegen mussten, längere Tibiotarsi und Femora, als bei Tieren die eine längere Strecke liefen (200 m) und bei den Tieren den Kontrollgruppen ohne Lauftraining. Er war der Auffassung, dass eine geringere Belastung sich anders auf das Knochenwachstum auswirkt, als eine hohe Belastung oder keine zusätzliche Belastung. In Untersuchungen von HESTER (1983) hatten die Puten mit erhöhter Bewegung kürzere Beinknochen. Bei Belastung von Broilern wurde bei PINES et al. (2005) eine Verkürzung der Knochen festgestellt. Die Ergebnisse konnten in vorliegender Untersuchung nicht bestätigt werden. Wenn sich Be- oder Entlastung auf das Längenwachstum der Knochen auswirkt, so ist der Effekt sehr gering.

Im vorliegenden Versuch betrug die Laufaktivität der entlasteten SB in der 4. bis 6. LW durchschnittlich 1,1 % und in Versuch 1 1,6%. Sie zeigten somit 30 % weniger Laufaktivität als in Versuch 1. Wie auch in Versuch 1, lag die Aktivität der entlasteten SB höher als die Aktivität der belasteten LB.

Die Aktivität der belasteten LB betrug in den 4. bis 6. LW durchschnittlich 0,75 % des Lichttages. Sie lag im selben Bereich wie die Laufaktivität der SB Kontrolltiere und wie auch die Aktivität von belasteten LB und SB Kontrollen in Versuch 1.

Die Restriktion des Raumes wirkt sich somit nur begrenzt auf die Aktivität der entlasteten SB aus. Der allgemein geringe Effekt der Raumbegrenzung auf die Aktivität war offensichtlich auch dadurch bedingt, dass der Abstand zwischen dem Trog und der Tränke sowohl bei den großen als auch den kleinen Abteilen in Bereich vom 20 bis 25 cm lag. Wie REITER und

BESSEI (1998) zeigten beeinflusst dieser Abstand die Laufaktivität erheblich. Auch das Niveau der Verhaltensparameter Sitzen, Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ stimmen in der Tendenz mit den Resultaten von Versuch 1 überein.

Wie auch in Versuch 1a, war im vorliegenden Versuch der Effekt der Herkunft auf die Merkmale gering. Bei allen morphometrischen Merkmalen wurden keine signifikanten Differenzen gefunden. Ausnahme war die distale Abwinkelung des Tibiotarsus, welche bei den LB geringer als bei den SB ausfiel.

Die SB zeigten gegenüber den LB eine größere Gesamtfläche, Cortialisfläche und das höhere SSI in der Mitte von Tibiotarsus und Femur. Die Ergebnisse stimmen mit Versuch 1b überein. In diesem Versuch wurden keine signifikanten Effekte der Entlastung oder Belastung auf die CT-Werte festgestellt.

Allerdings entsprach die ähnliche Aktivität der Tiere bei größer und kleiner Bodenfläche nicht unseren Erwartungen, wonach bei eingeschränkter Bodenfläche die Fortbewegung reduziert ist. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die Laufaktivität der entlasteten SB in Versuch 2 erst ab der 6. Woche signifikant höher war dagegen als die der Kontrolltiere. In Versuch 1, d. h. bei großer Bodenfläche, war schon zu Beginn der Messung eine signifikant höhere Laufaktivität der entlasteten SB vorhanden. Da der Einfluss der Aktivität auf die Knochenbildung in der frühen Wachstumsphase entscheidend ist (RUTTEN, 2000), war durch die späte Differenzierung der Aktivität zwischen den entlasteten SB und den Kontrolltieren in vorliegendem Versuch kein Effekt auf die Knochenmerkmale zu erwarten.

Tatsächlich wurden hier nur in einem Merkmal, der proximale Abwinkelung des linken Tibiotarsus ein signifikanter Effekt gefunden. Im Versuch 1b waren dagegen signifikante Effekte in einer Reihe von Merkmalen (Torsionen des Tibiotarsus, proximale Abwinkelung des Tibiotarsus, Gesamtfläche, Gesamtdichte, SSI) aufgetreten. Hieraus kann geschlossen werden, dass nicht das Gewicht, sondern in erster Linie die Belastung des Skeletts durch die Laufaktivität zur Verbesserung der Beinkondition beigetragen hat.

5 Versuch 3: Nutzung des Bewegungsmusters beim Laufen von Broilern zur Bewertung von Beinschäden

5.1 Material und Methode

5.1.1 Tiere und Haltung

Im Versuch wurden 32 männliche Broiler von zwei Herkünften mit unterschiedlicher Wachstumsintensität. 16 der schnell wachsenden Herkunft ROSS 308 (SB) und 16 der langsam wachsenden Herkunft ISA S 257 (LB) eingesetzt.

Die Abteile waren 70 cm hoch und mit Hobelspänen eingestreut. Damit die Einstreu trocken blieb, wurden täglich kleine Mengen von Hobelspänen nachgestreut. In jedem Abteil befanden sich vier Nippeltränken und ein Futtertrog. Die Nippeltränken befanden sich an der Längsseite des Abteils und der Futtertrog stand an der Stirnseite.

Die Fütterung erfolgte mit pelletiertem, praxisüblichen Starter mit 12,51 MJ ME und 23,00 % Rohprotein (1.-2. Lebenswoche) und Growerfutter mit 13,13 MJ ME und 22,50 % Rohprotein (3.-6. Lebenswoche). Die Wasserversorgung und Fütterung erfolgten ad libitum. Die Beleuchtungsdauer war konstant und lag bei 23 Stunden. Die Beleuchtungsintensität betrug 80-120 Lux. Die Temperatur lag am ersten Tag bei 35 ° C und wurde jeden Tag nach einem festgelegten Schema herabgesenkt (Anhang I).

5.1.2 Versuchsaufbau

Wie im vorausgehenden Versuch wurde die Gewichtbelastung der SB mit Hilfe der Entlastungsvorrichtung auf den Mittelwert der Kontrolltiere beider Linien eingestellt. Analog hierzu wurde die Gewichtbelastung der LB durch zusätzliche Gewichte auf den gleichen Wert gebracht.

Pro Abteil wurden 2 Tiere eingesetzt:

Tier Nr.1 LB - belastet bzw. SB - entlastet

Tier Nr. 2 Kontrolle ohne Gurt (K)

Des Weiteren wurden je 8 SB und 8 LB in 2 getrennten Abteilen gehalten. Die Ganganalyse wurde in einer Laufbahn mit der Abmaßen 2 x 0,3 m (Länge x Breite) durchgeführt (Abb. 21).

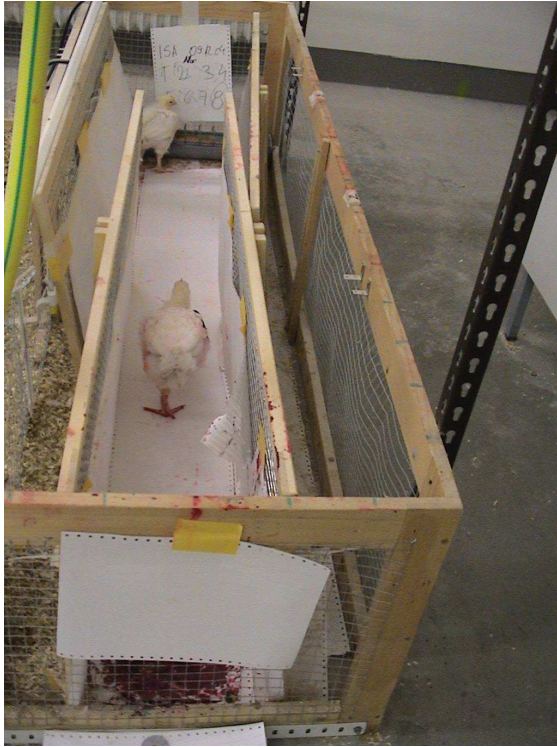


Abbildung 21: Laufbahn für die Erfassung der Fußabdrücke

An einem Ende des Laufbahn befand sich ein „Startareal“ und an der gegenüberliegenden Seite ein „Zielareal“. In diesem „Zielareal“ erhielten die Tiere Futter. Der Boden der Laufbahn war mit weißem Papier ausgelegt. Um den zurückgehenden Weg den Tiere festhalten zu können, wurden die Zehen und Ballen der Tiere mit Tinte benetzt. Dadurch wurden die einzelnen Schritte sichtbar gemacht.

Um die Motivation der Broiler zum Laufen in der Laufbahn zu erhöhen, wurde den Tieren drei Stunden vor Versuchsbeginn das Futter entzogen.

Zur Analyse wurde das Programm „Footprints“ (KLAPDOR et al. 1997) verwendet. Die Fußabdrücke (Papierstreifen) wurden als Schwarz-Weiß-Bitmap (*.bmp) mit 75 dpi eingescannt. Das Programm kalkuliert die Maße und speichert sie ASCII-Format.

Zur Erfassung der Laufaktivität wurde über den Abteilen eine Videokamera installiert. Pro Tier und Woche wurde eine 4-stündige Phase kontinuierlich registriert und ausgewertet.

Nach dem Ende der Mastperiode von 42 Tagen wurden die Tiere geschlachtet. Vor der Schlachtung wurde das Lebendgewicht erfasst. Nach der Schlachtung wurden die Schenkelknochen komplett von dem Fleisch befreit. Somit konnten Tibiotarsus und Femur von beiden Seiten für morphometrische und computertomographische Parameter benutzt werden.

5.2 Merkmale

Es wurden dieselben Merkmale erfasst, wie in Versuch 1 und 2, jedoch zusätzlich Merkmale mit welchen die Parameter des „Footprints“ Programms bewertet wurden:

- Spurbreite, der Abstand zwischen einem und dem dazugehörigen rechten oder linken Fußabdruck (Abb. 22)
- Schrittlänge, der Abstand zwischen einem Fußabdruck und dem nächsten (Abb.22)

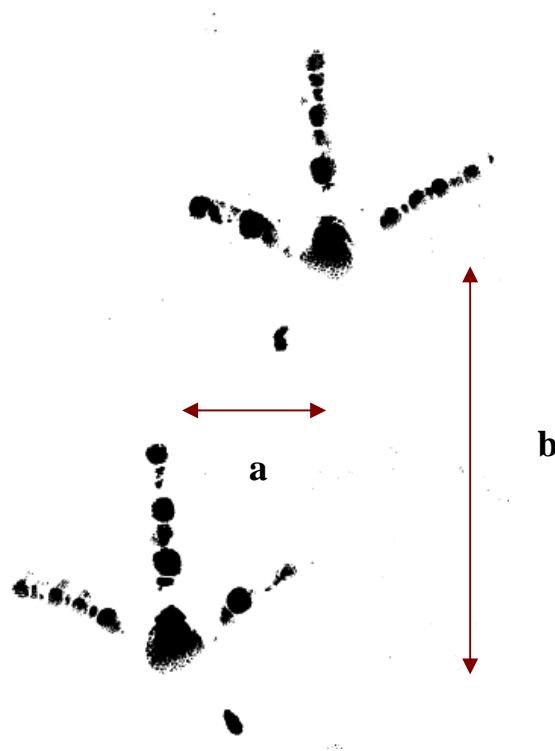


Abbildung 22: Die Fußabdrücke von einem Broiler. (a) Spurbreite, (b) Schrittlänge

5.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm JMP wie in Versuch 1 und 2.

5.4 Ergebnisse

5.4.1 Leistungsmerkmale

In den Abbildungen 23 und 24 wurde der Futterverbrauch der LB und SB von der 1. bis zum Ende der 6. Lebenswoche dargestellt. Der Futterverbrauch war bei den SB höher als bei den LB. Zwischen den belasteten LB und den Kontrolltieren zeigten sich bis zu der 3. LW keine Unterschiede im Futterverbrauch. Ab dem Ende der 3. LW wurde mit der Belastung angefangen. Ab diesem Zeitpunkt bis zum Mastende hatten die Kontrolltiere einen größeren Futterverbrauch als die belasteten Tiere. Die Behandlung „Belastung“ beeinflusste die Futtermittelverwertung signifikant in der 5. und 6. LW.

Bei den SB konnte ab der 3. LW bis zum Mastende eine Differenz zwischen entlasteten und Kontrolltieren beobachtet werden. Diese Differenz war jedoch nicht signifikant.

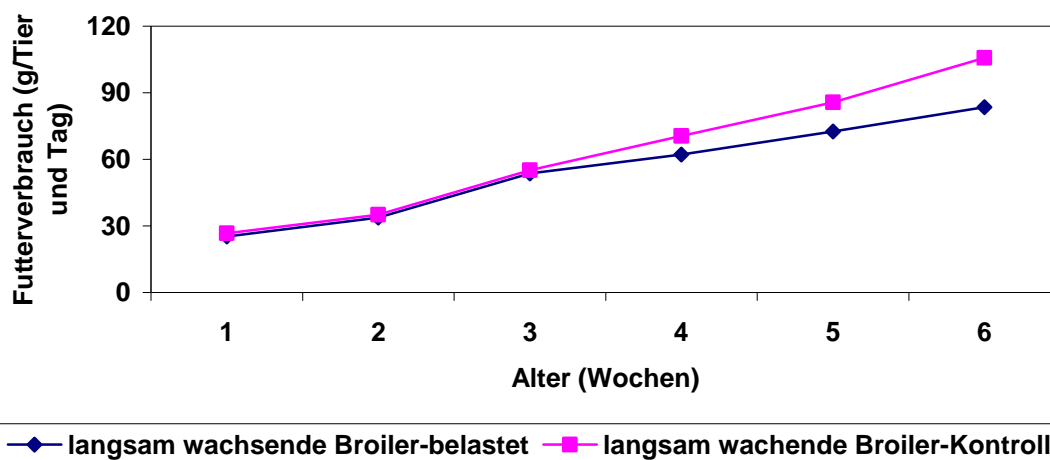


Abbildung 23: Durchschnittlicher Futterverbrauch (g/Tier und Tag) von der 1. – 6. Lebenswoche bei langsam wachsenden Broilern, belasteten und Kontrolltieren

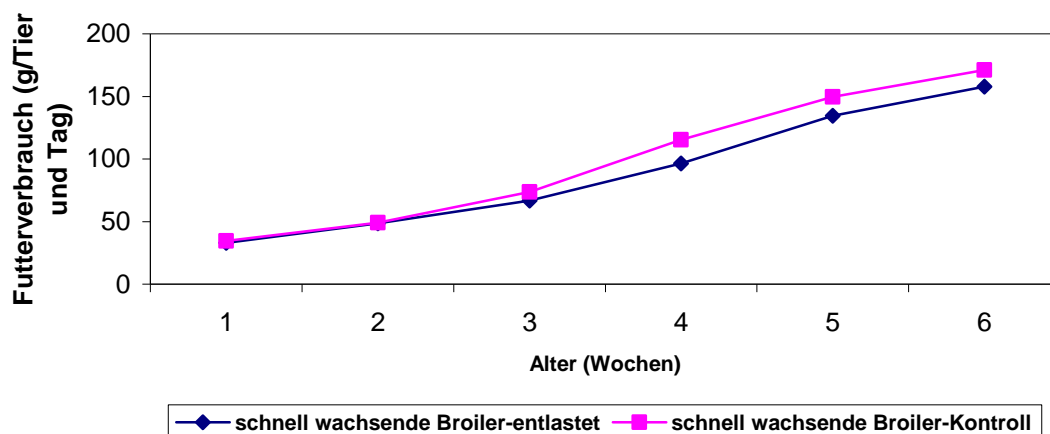


Abbildung 24: Durchschnittlicher Futterverbrauch (g/Tier und Tag) von der 1. – 6. Lebenswoche bei schnell wachsenden Broilern, entlasteten u Kontrolltieren

Das Lebendgewicht wurde signifikant von der Herkunft beeinflusst. Die Tiere nahmen von der 3. bis zur 6. LW zu. Aus den Abbildungen 25 und 26 läßt sich erkennen dass die belasteten LB ab der 4.LW leichter waren als die LB Kontrolle. Nur in der 6. LW konnten signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen festgestellt werden. Bei den SB konnten zwischen den entlasteten und den Kontrolltieren keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Gewichte nachgewiesen werden.

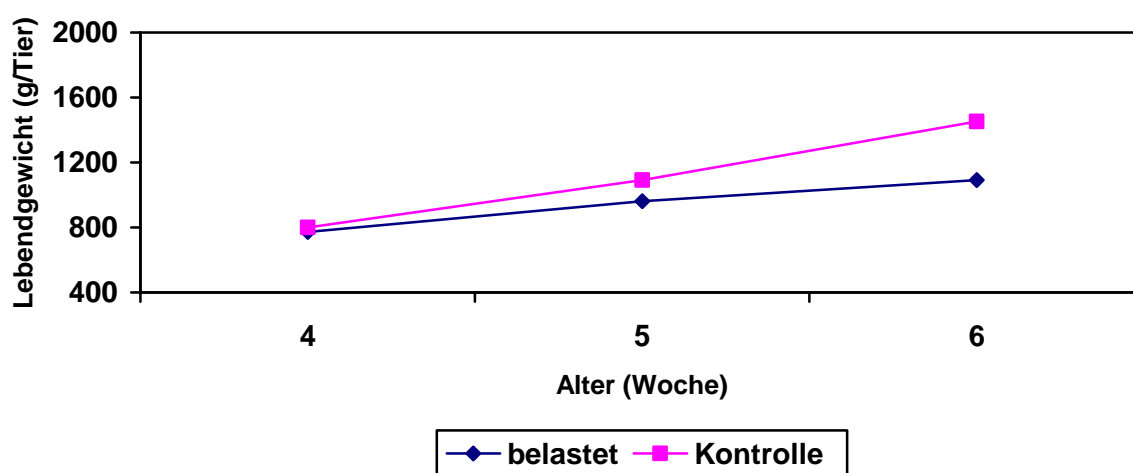


Abbildung 25: Lebendgewicht (g/Tier) bei langsam wachsenden Broiler (LB) in der 4. – 6. Lebenswoche

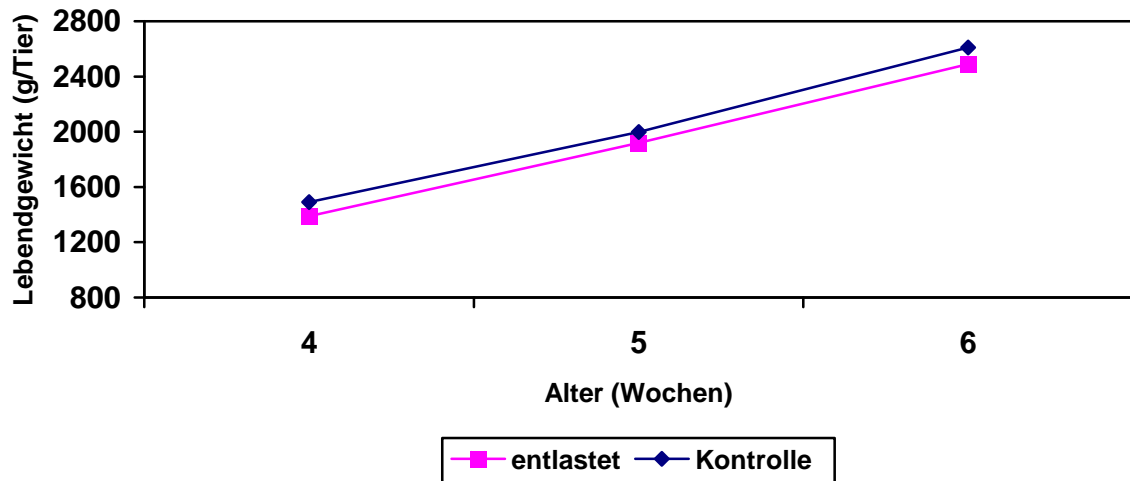


Abbildung 26: Lebendgewicht (g/Tier) bei schnell wachsenden Broiler (SB) in der 4. – 6. Lebenswoche

Tabelle 24 zeigt die Gewichtsentwicklung der Herkunft und die Behandlung innerhalb der Herkunft. Der Effekt der Herkunft auf die Lebend-, Schenkel-, Tibiotarsus- und Femurgewichte sowie Tibiotarsus-, Femurlänge war signifikant. Der Effekt der Behandlung innerhalb der Herkunft war mit Ausnahme der Lebendgewichte nicht signifikant.

Bei den LB konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den Merkmalen Schenkel-, Tibiotarsus- und Femurgewicht, Tibiotarsus- und Femurlänge gefunden werden. Die SB Kontrolltiere zeigten in der Tendenz höhere Schenkel-, Tibiotarsus- und Femurgewichte, sowie Tibiotarsus- und Femurlänge, als die entlasteten Broiler. Statistisch gab es keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 24: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte von Lebendgewicht (42 Tag), Schenkelgewichte (g), der Länge (mm) und des Gewichtes (g) der Tibiotarsus und des Femora

Varianzursache	Lebendgewicht	Schenkel		Tibiotarsus				Femur			
		Gewicht		Gewicht		Länge		Gewicht		Länge	
		Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts
Herkunft Behandlung Herkunft)	484,2 ***	192,55***	205,8 ***	98,8 ***	86,6 ***	63,4 ***	66,1 ***	115,1 ***	136,3 ***	76,4 ***	78,0 ***
	11,1 ***	2,8	2,8	0,1	0,2	2,2	2,5	2,1	2,0	3,1	2,8
LB belastet	1166,1c	122,2	124,3	13,3	13,6	9,9	9,9	10,1	10,0	7,1	7,1
LB Kontrolle	1451,2 b	148,6	149,5	13,5	13,4	10,3	10,3	10,3	10,2	7,5	7,5
Mittelwert	1308,6 B	135,4 B	136,9 B	13,4 B	13,5 B	10,1 B	10,1 B	10,2 B	10,1 B	7,3 B	7,3 B
SB entlastet	2490,2 a	277,3	279,6	24,2	23,8	11,4	11,4	17,1	17,2	8,3	8,3
SB Kontrolle	2610,8 a	280,7	286,1	24,6	24,6	11,7	11,7	18,4	18,4	8,5	8,4
Mittelwert	2550,56 A	279,0 A	282,8 A	24,4 A	24,2 A	11,5 A	11,5 A	17, A	17,8 A	8,4 A	8,4 A

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

5.4.2 Verhaltensparameter

In den Tabellen 25 bis 27 wurden die Mittelwerte der Verhaltensweisen Laufen, Sitzen, Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ von der 4. bis 6. Lebenswoche dargestellt. Die LB Kontrolltiere zeigten von der 4. bis zur 6. Lebenswoche signifikant mehr Aktivität als die SB Kontrolltiere. Die belasteten LB zeigten in allen Altersstufen ein signifikant geringere Laufaktivität als die entlasteten SB. Für das Merkmal Sitzen war der Herkunftseffekt über alle drei Woche signifikant. Das Merkmal Sitzen zeigte einen spiegelbildlichen Verlauf zum Merkmal Laufen.

Der Effekt der Herkunft auf das Merkmal Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ war in allen Altersstufen signifikant. Die SB brauchten mehr Zeit zum Fressen als die LB.

Die Kontrolltiere der langsam wachsenden Herkunft zeigten mehr „Anderes Verhalten“ als die entlasteten Tiere.

Der Effekt der Behandlung innerhalb der Herkunft war in allen Altersstufen für die Merkmale Laufen, Sitzen, Stehen und Anderes Verhalten hoch signifikant. Für das Merkmal Fressen wurde nur in der 6. LW ein schwach signifikanter Effekt gefunden. Die belasteten LB zeigten eine signifikante Verringerung der Laufaktivität im Vergleich zu den Kontrolltieren. Die Entlastung der SB führte zu einer signifikant erhöhten Laufaktivität.

Die Gewichtsbelastung der LB führte im Vergleich zu den Kontrolltieren zu einem erhöhten Sitzen.

Der Effekt der Behandlung für das Merkmal Stehen war in der 4., 5. und 6. Lebenswoche signifikant. Die Mittelwerte dieses Merkmals verhielten sich analog zum Laufen.

Die entlasteten Broiler zeigten in der 6. LW weniger Fressverhalten als die Kontrolltiere der SB.

Die LB Kontrolltiere wiesen einen höheren Anteil an dem Merkmal Anderes Verhalten auf, als die belasteten LB. Bei den entlasteten SB war eine umgekehrte Tendenz zu erkennen.

Tabelle 25: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Dauer der Verhaltensweisen Laufen, Sitzen, Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ in Prozent der Beobachtungszeit in der 4. Lebenswoche

Varianzursache	Laufen	Sitzen	Stehen	Fressen	Anderes
Herkunft	39,82 ***	145,61***	27,95 ***	29,82 ***	35,81 ***
Behandlung (Herkunft)	58,75 ***	123,58 ***	58,85 ***	0,34	48,96 ***
LB Belastet	2,78 c	78,05 a	1,33 c	7,12	10,72 c
LB Kontrolle	6,72 a	59,95 d	3,43 a	7,45	22,44 a
SB Entlastet	5,37 b	62,73 c	2,58 b	10,81	18,51 b
SB Kontrolle	3,34 c	71,15 b	1,11 c	11,26	13,15 c

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

Tabelle 26: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Dauer der Verhaltensweisen Laufen, Sitzen, Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ in Prozent der Beobachtungszeit in der 5. Lebenswoche

Varianzursache	Laufen	Sitzen	Stehen	Fressen	Anderes
Herkunft	15,68***	168,08 ***	29,07 ***	29,55 ***	49,14 ***
Behandlung (Herkunft)	47,62 ***	125,62 ***	60,77 ***	0,18	64,93 ***
LB Belastet	1,98 c	80,25 a	0,93 c	8,16	8,68 c
LB Kontrolle	4,34 a	66,44 c	2,48 a	8,33	18,40 a
SB Entlastet	3,04 b	67,25 c	1,76 b	12,10	15,85 b
SB Kontrolle	1,92 c	75,12 b	1,06 c	12,49	9,41 c

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

Tabelle 27: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Dauer der Verhaltensweisen Laufen, Sitzen, Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ in Prozent der Beobachtungszeit in der 6. Lebenswoche

Varianzursache	Laufen	Sitzen	Stehen	Fressen	Anderes
Herkunft	14,90 ***	171,89 ***	19,69 ***	65,43 ***	13,21 ***
Behandlung (Herkunft)	41,17 ***	219,24 ***	53,86 ***	3,96 *	80,98 ***
LB Belastet	0,96 c	82,88 a	0,54 c	7,74 c	7,88 c
LB Kontrolle	3,56 a	69,94 d	1,73 a	8,78 c	16,00 a
SB Entlastet	2,17 b	73,90c	1,11 b	12,14 b	10,68 b
SB Kontrolle	1,00 c	80,09 b	0,49 c	13,26 a	5,16 d

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

5.4.3 Morphometrische erfasste Merkmale der Beinknochen

Die Tabellen 28 und 29 zeigen die morphometrische Messungen des Tibiotarsus und Femurs. Die F-Werte der proximalen Abwinkelung des linken und rechten Tibiotarsus zeigten signifikante Effekte bezüglich der Herkunft. Die schnell wachsende Herkünfte wiesen die größeren Abwinkelungen auf. Ein weiterer Herkunftseffekt konnte bei der Abwinkelung des rechten Femur nachgewiesen werden. Die Abwinkelung war bei den SB größer als bei den LB.

Die Behandlung innerhalb der Herkunft beeinflusste die Torsion an beiden Seiten und die proximale Abwinkelung des rechten Tibiotarsus signifikant.

Die höhere Laufaktivität bei den SB hatte einen signifikanten Einfluss auf die proximalen Abwinkelungen der rechten Tibiotarsus und auf die Torsionen der Tibiotarsus rechts und links. Bei den entlasteten Broilern waren die Torsionen sowie die proximalen Abwinkelungen rechts signifikant geringer als bei den Kontrolltieren. In der Tendenz waren bei den

entlasteten Broilern auch der proximale Tibiotarsus (links) und die distalen Abwinkelungen kleiner als bei dem Kontrolltieren.

Bei den LB waren bezüglich der morphometrischen Messungen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen festzustellen. In der Tendenz zeigten belastete LB jedoch eine geringere Torsion und Abwinkelung am Tibiotarsus als die Kontrolltiere. Vermutlich zeigten die belasteten Broiler geringere Tibiotarsus Torsionen und Abwinkelungen, da sie ein signifikant geringeres Gewicht als die Kontrolltiere aufwiesen. Des Weiteren konnten kleinere Tibiotarsus und Femur Knochen gefunden werden. Die morphometrischen Messungen zeigten zwischen den Behandlungen keine signifikanten Unterschiede bezüglich der LB als auch der SB.

Tabelle 28: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Torsionen und Abwinkelungen (°) der Tibiotarsus

Varianzursache	Tibiotarsus					
	Torsion		Proximale Abwinkelung		Distale Abwinkelung	
	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links
Herkunft	0,06	0,54	13,35 **	9,83 **	0,8	0,05
Behandlung (Herkunft)	8,14 **	13,08 ***	4,71 *	2,89	2,96	0,87
LB Belastet	28,75 b	27,12 b	20,25 c	21,12	3,00	3,50
LB K	30,75 b	29,50 b	21,50 c	21,37	5,25	4,62
Mittelwerte	29,75	28,31	20,87 B	21,24 B	4,12	4,06
SB Entlastet	28,12 b	28,50 b	28,12 b	28,62	3,87	3,75
SB K	37,87 a	37,75 a	34,62 a	34,37	4,62	4,50
Mittelwerte	32,99	33,12	31,37 A	31,49 A	4,24	4,12

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

Tabelle 29: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Torsionen und Abwinkelungen (°) des Femora

Varianzursache	Femur			
	Torsion		Distale Abwinkelung	
	Rechts	Links	Rechts	Links
Herkunft	2,04	2,96	6,4 *	4,18
Behandlung (Herkunft)	0,03	1,89	1,54	2,42
LB Belastet	25,00	20,37	5,75	6,75
LB K	25,62	25,00	4,87	5,00
Mittelwerte	25,31	22,68	5,31 B	5,88
SB Entlastet	29,37	25,37	8,25	8,75
SB K	29,87	28,62	9,75	10,00
Mittelwerte	29,62	26,99	9,00 A	9,38

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

5.4.4 Computertomographisch erfasste Merkmale der Beinknochen

Bei den computertomographischen Messungen wurde die Scanposition am proximalen Ende des Tibiotarsus bei 19 % distal von der Epiphyse festgelegt. Wie sich später herausstellte, war diese Stelle als Messpunkt bei gegenwärtigem Versuch jedoch nicht geeignet. Der Grund liegt wahrscheinlich darin, dass die Knochen kräftiger waren als jene der Broiler in den Versuchen 1 und 2, da die Tiere in diesem Versuch schwerer, d.h. auch besser entwickelt, waren. Es wird vermutet, dass mehr Knorpelsubstanz am proximalen Ende der Tibiotarsus vorhanden war, als in den vorhergehenden Versuchen. Die Epiphysenfuge lag vermutlich weiter distal und es konnte keine Corticalis nachgewiesen werden.

Im Folgenden wurden deshalb nur die Ergebnisse der Scanposition 50 %, d.h. in der Mitte, bei Femur und Tibiotarsus erfaßt.

In den Tabellen 30 und 31 sind die Ergebnisse der computertomographischen Messungen aufgezeigt. Der Herkunftseffekte waren bei den Gesamtfläche, Corticalisfläche, Corticalisdichte und SSI des rechten und linken Tibiotarsus signifikant. Die Gesamtfläche, Corticalisfläche, Corticalisdichte und SSI waren bei den SB signifikant höher als bei den LB. Die Messungen an der Tibiotarsusmitte erbrachten für die Behandlung keine signifikanten Effekte. In der Tendenz zeigte die Behandlung „Entlastet“ eine höhere Gesamtdichte Corticalisfläche, Corticalisdichte und SSI.

An der Femurmitte waren signifikante Effekte der Herkunft für die Gesamtfläche, Corticalisfläche, Corticalisdichte und SSI festzustellen. Die SB zeigten eine grössere Gesamtfläche, Corticalisfläche und SSI als die LB.

Die Behandlung innerhalb der Herkunft wirkte sich in der Femurmitte auf die Corticalisfläche links und SSI signifikant aus. Die entlasteten Broiler hatten eine höhere Corticalisfläche am linken Bein als die SB Kontrolle. Diese Tendenz war auch am rechten Bein sichtbar, aber der Effekt war nicht signifikant. Auch war der SSI der entlasteten Broiler größer als bei den SB Kontrolltieren.

Tabelle 30: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte von Gesamtfläche (mm²), Gesamtdichte (mg/cm³), Corticalisfläche (mm²), Corticalisdichte (mg/cm³) Flächenträgheitsmoment (SSI, mm³) der Tibiotarsusmitte

Varianzursache	Gesamtfläche		Gesamtdichte		Corticalisfläche		Corticalisdichte		SSI	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
Herkunft	37,63 ***	37,12 ***	0,38	0,61	52,54 ***	57,15 ***	8,12 **	8,79 **	48,09 ***	53,68 ***
Behandlung (Herkunft)	0,03	0,06	0,44	1,39	0,43	0,63	1,76	1,7	0,73	0,73
LB Belastet	39,20	39,48	500,35	500,95	11,95	12,11	909,05	906,06	26,51	27,57
LB K	39,88	41,20	485,87	474,26	13,11	13,02	930,68	921,95	29,63	29,97
Mittelwerte	39,54 B	40,34 B	493,11	487,60	12,53 B	12,56 B	919,86 B	914,00 B	28,07 B	28,77 B
SB Entlastet	72,20	73,81	525,81	539,71	27,85	29,25	1026,11	1031,30	86,22	88,50
SB K	73,51	74,76	513,05	517,26	26,38	27,18	982,70	984,88	77,83	80,12
Mittelwerte	72,85 A	74,28 A	519,43	528,48	27,11 A	28,21 A	1004,40 A	1008,09 A	82,02 A	84,31 A

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. * = p≤0,05; ** = p≤0,01; *** = p≤0,001

Tabelle 31: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte von Gesamtfläche (mm²), Gesamtdichte (mg/cm³), Corticalisfläche (mm²), Corticalisdichte (mg/cm³) Flächenträgheitsmoment (SSI, mm³) der Femurmitte

Varianzursache	Gesamtfläche		Gesamtdichte		Corticalisfläche		Corticalisdichte		SSI	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
Herkunft	42,09 ***	33,2 ***	0,3	0,45	78,32 ***	104,08 ***	16,97 ***	19,27 ***	66,45 ***	57,4 ***
Behandlung (Herkunft)	2,10	2,12	2,01	1,39	2,56	5,11 *	1,25	1,7	8,45 **	6,71 **
LB Belastet	55,58	56,42	443,08	430,47	15,51	14,58 c	869,08	861,32	40,55 c	42,65 c
LB K	54,88	55,31	415,36	408,01	15,25	15,06 c	889,43	882,26	38,81 c	40,95 c
Mittelwerte	55,23 B	55,86 B	429,22	419,24	15,38 B	14,82 B	879,25 B	871,79 B	39,68 B	41,80 B
SB Entlastet	86,18	86,18	452,82	447,55	31,73	31,48 a	989,57	987,07	106,66 a	109,90 a
SB K	95,85 b	96,77	450,68	440,01	28,43	27,47 b	960,73	954,13	84,53 b	88,02 b
Mittelwerte	91,01 A	91,47 A	451,75	443,78	30,08 A	29,47 A	975,15 A	970,60 A	95,59 A	98,96 A

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

5.4.5 Footprintsparameter

Die Ergebnisse der Footprintparameter sind in Tabellen 32 bis 34 dokumentiert.

Alle Effekte der Herkunft waren über alle Altersstufen signifikant. Die Breite und die Länge waren bei den LB signifikant kleiner als bei den SB.

Der Einfluss der Behandlung war bei der Spurbreite über alle Wochen nicht signifikant.

Dagegen war für das Merkmal Schrittlänge, der Effekt signifikant.

Bei den entlasteten SB war in der 4. Woche eine signifikante Vergrößerung der Schrittlänge im Vergleich zu den Kontrolltieren zu erkennen.

Die belasteten LB wiesen in der 5. Woche eine signifikant kürzere Schrittlänge als die Kontrolle auf. Bei den SB ergab nur die Schrittlänge rechts einen signifikanten Unterschied zwischen den entlasteten und den Kontrolltieren.

Über alle Altersstufen zeigten die entlasteten SB eine größere Schrittlänge als die SB Kontrolltiere.

Tabelle 32: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Footprintsparameter: Spurbreite (mm), Schrittlänge(mm) in der 4. Lebenswoche

Varianzursache	Breite		Länge	
	links	rechts	links	rechts
Herkunft	15,21 ***	7,01 *	6,92 *	12,05 **
Behandlung (Herkunft)	0,25	0,19	4,36 *	4,01 *
LB Belastet	39,75	42,88	85,75 b	85,13 b
LB K	43,50	39,50	110,00 ab	106,38 ab
Mittelwert	41,63 B	41,19 B	97,88 B	95,76 B
SB Entlastet	74,50	65,50	125,63 a	127,38 a
SB K	69,50	61,50	88,00 b	100,25 b
Mittelwert	72,00 A	63,5 A	106,82 A	113,82 A

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

Tabelle 33: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Footprintsparameter: Spurbreite (mm), Schrittlänge(mm) in der 5. Lebenswoche

Varianzursache	Breite		Länge	
	links	rechts	links	rechts
Herkunft	14,14 **	17,7 **	22,39 ***	27,21 ***
Behandlung (Herkunft)	0,39	0,49	6,21 *	5,63 *
LB Belastet	57,00	55,25	86,50 b	94,87 c
LB K	50,63	50,38	145,88 a	133,75 b
Mittelwert	53,82 B	52,82 B	116,19 B	114,31 B
SB Entlastet	93,25	85,75	176,50 a	179,50 a
SB K	87,63	91,00	145,38 a	141,38 b
Mittelwert	90,44 A	88,38 A	160,94 A	160,44 A

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

Tabelle 34: Ergebnisse der Varianzanalyse (F-Werte) und Mittelwerte der Footprintsparameter: Spurbreite (mm), Schrittlänge(mm) in der 6. Lebenswoche

Varianzursache	Breite		Länge	
	links	rechts	links	rechts
Herkunft	10,42 **	12,6 **	13,79 **	16,21 ***
Behandlung (Herkunft)	0,96	1,60	3,76 *	3,75 *
LB Belastet	66,75	64,13	94,50 b	89,75 b
LB K	65,50	72,50	146,26 a	141,88 a
Mittelwert	66,13 B	68,32 B	120,38 B	115,82 B
SB Entlastet	90,25	95,63	164,88 a	169,13 a
SB K	80,25	82,13	159,00 a	155,13 a
Mittelwert	85,25 A	88,88 A	161,94 A	162,13 A

LSQ-Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. *= p≤0,05; **= p≤0,01; *** =p≤0,001

5.5 Diskussion

Die LB Kontrolltiere hatten ab dem Ende der 3. bis 6. LW ein höheres Lebendgewicht und einen höheren Futterverbrauch als die belasteten LB. Ab dem Ende der 3. LW wurde mit der Belastung begonnen. Da der Unterschied zwischen dem Lebendgewicht der LB und SB Kontrolltieren größer war als in dem 1. und 2. Versuch, waren die belasteten Tiere in diesem Versuch mit einem höherem Gewicht belastet. Das könnte die Ursache sein, dass die belasteten Tiere weniger gefressen haben, viel Zeit im Sitzen verbrachten und somit ein geringeres Körpergewicht, sowie kleinere und leichtere Schenkel, Tibiotarsi und Femora als die Kontrolltiere.

In dieser Untersuchung wurde wie in Untersuchungen von REITER und BESSEI (2001), RUTTEN et al. (2002) und Versuch 1 und 2 festgestellt, dass die entlasteten Tiere eine deutlich höhere Laufaktivität zeigten als nicht entlastete Broiler. Die Laufaktivität der entlasteten SB betrug in der 4. bis 6. LW durchschnittlich 3,53 % und der nicht belasteten (Kontrolltieren) 2,09 % des Lichttages. Die Laufaktivität aller Tiere war im vorliegenden Versuch deutlich höher als in den vorhergehenden Versuchen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass den Tieren 3 Stunden vor der Laufanalyse das Futter entzogen wurde. Die Verhaltensbeobachtungen erfolgten nachdem die Tiere wieder in ihr Abteil zurückgesetzt wurden. Bedingt durch den Futterentzug nahmen die Tiere sofort Futter auf. Da Futteraufnahme und Laufaktivität meist gekoppelt sind (BESSEI, 1978), wurde somit eine höhere Laufaktivität induziert.

Die Laufaktivität der belasteten LB betrug in der 4. bis 6. LW durchschnittlich 1,91 % und bei den Kontrolltieren 4,87 % des Lichttages. Das war deutlich höher als in den 1. und 2. Versuch. Ursache dafür konnte nicht gefunden werden.

Im Unterschied zu dem 1. und 2. Versuch war in vorliegender Untersuchung ein signifikanter Abfall der Laufaktivität der SB von der 4. bis 6. LW zu erkennen. Somit konnten die Ergebnisse von BESSEI (1992), REITER und BESSEI (1995, 1998), WEEKS et al. (2000) und REITER (2001), welche eine Reduzierung der Laufaktivität mit zunehmendem Alter feststellten, bestätigt werden. Das Ruheverhalten sowie Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ stimmen in diesem Versuch mit dem 1. und 2. Versuch überein.

Die Werte der morphometrischen Merkmale lagen im selben Bereich wie in dem Versuch 1b. Bei den belasteten LB konnten im Vergleich zu den Kontrolltieren keine Veränderungen der morphometrischen Merkmale festgestellt werden. Die Torsionen, die proximalen und distalen Abwinkelungen der linken und rechten Tibiotarsus waren bei den entlasteten SB deutlich

geringer, als bei den Kontrolltieren. Auch die Torsionen der Femora zeigten bei den entlasteten Tieren im zweiten Teil des Versuches einen geringeren Wert. Die Torsionen und Abwinkelungen der entlasteten SB lagen auf dem Niveau der LB.

Die CT-Werte an der Tibiotarsus- und Femurmitte bezüglich der Herkunft in diesem Versuch stimmen in diesem Versuch mit den Ergebnissen von Versuch 1 überein. Die SB hatten eine größere Gesamtfläche, Corticalisfläche und das höhere SSI als die LB. Die Be- und Entlastung waren wie auch in Versuch 1 in wenigen Fällen signifikant unterschiedlich. An der Tibiotarsus- und Femurmitte führte die Entlastung zu höheren Werten in der Gesamtdichte, der Corticalisfläche, der Corticalisdichte und im SSI. Die Signifikanzschwelle wurde nur bei der Corticalisfläche links und dem SSI an der Femurmitte erreicht.

Die Footprints Parameter zeigten, dass von der 4. bis 6. Lebenswoche signifikante Unterschiede zwischen Kontrollieren der LB und SB vorhanden waren. Die Spurbreite ist offensichtlich von der Rasse bzw. Herkunft abhängig.

STOLPE (1932), WISE (1970), SALOMON (1992), ABOURACHID (1991), REITER und BESSEI (1999), COR et al. (2003) stellten fest, dass Masthühner sowie Mastputen einen breiteren anatomischen Körperbau als Tiere des Legetyps haben, was zu einer veränderten Beinsetzung beim Stehen und Laufen der Tiere führt. Der Femur ist bei diesen Tieren weiter auswärts gestellt, wodurch die Tiere „breitbeiniger“ sind. Dies stimmt auch mit unseren Ergebnissen überein, in welchen SB gegenüber LB eine breitere Spurbreite aufweisen. Dadurch können die Füße beim Laufen nicht unter den Körperschwerpunkt gebracht werden und die Tiere verlagern den Körper beim Gehen über das jeweilige Stützbein. Legehühner dagegen setzen ihr Stützbein beim Laufen unter den Körperschwerpunkt. Aus der Rückenansicht betrachtet entsteht, beim Laufen der Masthühner eine pendelnde Körperbewegung, die bei der Ganganalyse mit Hilfe des Videotrackings vermessen werden kann (REITER 2001). Die pendelnde entenartige Körperbewegung ist offensichtlich eine Anpassung an das hohe Körpergewicht. Sie tritt bei schweren Broilern sowie bei Indischen Kämpfern auf (REITER, 2002) und ist hier stärker ausgeprägt als bei den leichten Broilern. Da diese Bewegung durch die breite Beinsetzung bedingt ist, kann sie nicht als anomal bezeichnet werden.

Die Ergebnisse des „Footprints“ Parameter zeigen, dass die SB und LB auf Veränderungen des Körpergewichtes in der Schrittlänge reagieren. Die Schrittlänge der belasteten LB wird kürzer und nähert sich den Werten der SB Kontrolltieren. Die entlasteten SB dagegen

verlängern die Schrittlänge. Auch CORR et al. (2003) zeigten, dass schnell wachsenden Broiler bei ad-libitum Fütterung kürzere Schrittlängen hatten als bei restriktiver Fütterung.

Durch Entlastung der SB und Belastung der LB hat sich die Spurbreite nicht signifikant verändert. Dies könnte auf den genetisch bedingten anatomischen Körperbau bei Broilern zurückzuführen sein, welcher eine Veränderung der Spurbreite bei entlasteten Tieren und umgekehrt bei belasteten Tieren nicht zulässt.

Die Ursache für einen anomalen Gang ist wahrscheinlich das höhere Körpergewicht. KESTIN et al. (1992), HOCKING (1994), GENTLE und CORR (1995), PICKUP et al. (1997) vermuteten, dass Schmerzen eine Ursache für den anomalen Gang bei Broilern sein können.

Durch eigene Beobachtungen konnte festgestellt werden, dass die belasteten LB versuchten, die Beine unter den Körperschwerpunkt zu setzen. Hierbei entstand eine gewisse Unsicherheit beim Laufen. Die entlasteten SB änderten ihr Gangbild (pendelnde Bewegung) nicht, die Schrittlänge wurde jedoch länger. KESTIN et al. (1992) betrachteten die pendelnde Bewegung beim Broiler als anomal bzw. als Defekt. Die von Ihnen festgelegten gait scores zur Bewertung der Lauffähigkeiten von Broilern betrachteten das Setzen der Füße unter den Körperschwerpunkt als das normale Bewegungsmuster für Broiler. Dies widerspricht jedoch den Ergebnissen in gegenwärtigen Untersuchungen, in denen entlastete SB das Gangbild beibehalten haben, obwohl eine gute Beinkondition und mehr Laufaktivität gezeigt wurde. Das alles könnte bedeuten, dass die pendelnden Bewegungen bei SB als „normal“ betrachtet werden könnten.

Die Ganganalyse kann als Methode zur Feststellung und Quantifizierung von Beinschäden herausgezogen werden. Unsere Ergebnisse sind exakter als die subjektive Beurteilung und darüber hinaus objektiver. Die Vermessung der Körper- und Beinbewegungen mit Hilfe des Videotreckings (REITER, 1998) ist jedoch sehr aufwändig im Bezug auf technische Ausstattung und Zeit. Hiermit können nur wenige Tiere erfasst werden. Sie hat sich deshalb für serienmäßige Untersuchungen als nicht brauchbar erwiesen. Mit der Footprint-Methode können mehr Tiere in kurzer Zeit erfasst werden.

6 Zusammenfassung

Innerhalb der letzten 50 Jahre fand bei Broilern eine intensive Selektion auf hohes Wachstum und damit einhergehend eine deutliche Reduzierung der Mastzeit statt. Als Begleiterscheinung der Selektion auf schnelleres Wachstum und höheres Mastendgewicht traten vermehrt Beinschäden auf. Untersuchungen in Praxisbetrieben zeigten, dass Beinschwächen in unterschiedlichem Grad bei bis zu 30% der Tiere auftreten können.

Als Ursachen für die Entstehung von Beinschäden sind genetische und umweltbedingte Faktoren nachgewiesen worden. Da hohe Wachstumsraten, geringere Laufaktivität und Beinschäden in den meisten Fällen als Komplex auftreten, ist es schwer, die kausalen Beziehungen festzustellen. Schnelles Wachstum kann durch die physische Belastung die Fortbewegung reduzieren. Es wurde auch vermutet, dass durch die Selektion auf Wachstum und Futtermittelverwertung die Motivation für die Fortbewegung negativ beeinflusst wurde. Als weiterer Effekt sind Schmerzen in Betracht zu ziehen, die durch Störungen im Aufbau von Knochen und Gelenken auftreten können, und die Laufaktivität begrenzen.

RUTTEN et al. (2002) versuchten die kausalen Beziehungen zwischen Gewichtsbelastung, Aktivität und Beinschäden zu klären, indem sie schnell wachsende Broiler mit Hilfe einer speziellen Anlage entlasteten. Die entlasteten Broiler zeigten eine höhere Laufaktivität und eine deutlich verbesserte Beinkondition. Bedingt durch den Entlastungsgurt waren jedoch auch die Zunahmen der entlasteten Broiler verringert. Somit konnte nicht eindeutig festgestellt werden, ob die erhöhte Aktivität auf der Entlastung oder auf der verringerten Gewichtszunahme beruhte. In der vorliegenden Arbeit wurde deshalb der Versuch von RUTTEN et al. (2002) mit Hilfe einer verbesserten Entlastungsvorrichtung wiederholt. Darüber hinaus wurden langsam wachsenden Tiere in den Versuch mit einbezogen, die durch zusätzliche Gewichte auf die gleiche Gewichtsbelastung gebracht wurden, wie die entlasteten schnell wachsenden Broiler.

Insgesamt wurden drei Versuche durchgeführt. Versuch 1 wurde in zwei Teilen (1a und 1b) mit gleicher Versuchsanordnung durchgeführt. Hiermit wurde die Anzahl der Wiederholungen verdoppelt. In den Versuchen wurden jeweils 24 männliche Broiler von zwei verschiedenen Herkünften eingesetzt, 12 der schnell wachsenden Herkunft ROSS 308 (SB) und 12 der langsam wachsenden Herkunft ISA S 257 (LB). Die Tiere wurden systematisch auf 8 Bodenabteile mit einer Fläche von $1,2 \text{ m}^2$ (2 x 0,6 m, Länge x Breite) verteilt. Je 8 langsam wachsende Broiler wurden belastet und 8 schnell wachsende Broiler entlastet.

Weitere 8 Broiler wurden als Kontrolle mit Gurt ohne Be- oder Entlastung (K1) und 8 Tiere als Kontrolle ohne Gurt (K2) gehalten. Aus den Mittelwerten der K2 von SB und LB wurde der gemeinsame Belastungswert ermittelt. Die SB wurden durch Entlastung, die LB durch Belastung auf diesen Mittelwert eingestellt.

Folgende Merkmale wurden erfasst: Lebengewicht, Futteraufnahme, Gewichte von Brustmuskel, Schenkel, Tibiotarsus, Femur, des Weiteren die Länge des Tibiotarsus und des Femurs, die distale Abwinkelung und Torsion des Femur, Torsion des Femur, des Tibiotarsus, sowie die proximale und distale Abwinkelung des Tibiotarsus. Mit Hilfe eines Computertomographen wurden in der Mitte und an den Enden von Femur und Tibiotarsus folgende Knochenparameter erfasst: Gesamtfläche, Gesamtdichte, Corticalisfläche, Corticalisdichte, Flächenträgheitsmoment. Als Verhaltensparameter wurde über Videoaufnahmen die Dauer von Laufen, Sitzen, Stehen, Fressen und „Anderes Verhalten“ registriert.

Die Gewichtsentlastung bei den SB führte zu einer signifikanten Erhöhung der Laufaktivität. Sowohl die Torsion als auch die Abwinkelung des Tibiotarsus wurden deutlich verringert. Die Entlastung der SB führte zu höheren Werten in der Gesamtfläche, der Gesamtdichte, der Corticalisfläche und im SSI. Die Gewichtsbelastung bei den LB verringerte das Fortbewegungsverhalten, führte aber zu keiner Verschlechterung des Beinskeletts. Die Verbesserungen der Beinkondition der entlasteten SB ist offensichtlich das Resultat der erhöhten Laufaktivität. Die Knochen und Gelenke LB sind so robust, dass auch bei zusätzliche Belastung und deutlich reduzierter Laufaktivität keine Schäden entstehen.

Um den Einfluss der Be- und Entlastung bei eingeschränkter Laufaktivität zu untersuchen, wurde in Versuch 2 der Bewegungsraum der Tiere begrenzt. Die Länge der Abteile wurde von 2 m auf 0,45 m reduziert. Alle anderen Versuchsbedingungen wurden wie in Versuch 1 gehalten. Trotz des eingeschränkten Bewegungsspielraumes zeigten die entlasteten SB eine signifikante Erhöhung der Laufaktivität nur in der 6. LW und eine Verringerung der proximalen Abwinkelungen des linken Tibiotarsus. Die anderen Merkmale, darunter die CT-Werte der entlasteten Tiere waren gegenüber den Kontrolltieren nicht signifikant verändert. Auch bei den gewichtsbelasteten LB war das Fortbewegungsverhalten verringert. Dies war jedoch nicht mit einer Verschlechterung der Beinkondition verbunden.

Im dritten Versuch die be- und entlastete Broiler neben den unbehandelnden Kontrollen einer Analyse des Ganges unterzogen.

Mit Hilfe eines Programmes wurden Spurbreite und Schrittlänge aus den Fußspuren laufender Tiere errechnet. Die Analyse wurde bei Broilern in der 4., 5. und 6 Lebenswoche

durchgeführt. Des Weiteren wurden die morphometrischen und CT Parameter sowie das Verhalten erfasst. Die Haltungsbedingungen entsprachen den Bedingungen in Versuch 1. Die Ergebnisse der morphometrischen Messungen und der CT-Parameter bestätigten die Resultate aus Versuch 1.

SB Kontrolltiere hatten eine kürzere Schrittlänge und ein größere Spurbreite. Die Schrittlänge der SB wurde durch die Entlastung erhöht und die der LB durch die Belastung verkürzt. Bei Entlastung hatten keinen Einfluss auf die Spurbreite.

In Beobachtungen wurde festgestellt, dass die belasteten LB gewisse Unsicherheit beim Laufen aufwiesen. Wie aus der Spurbreite hervorging, setzten die Tiere weiterhin die Füße unter den Schwerpunkt des Körpers. Dabei hatten Sie aufgrund des hohen Gewichts Probleme, das Gleichgewicht zu halten. Schnell wachsende Broiler, die beim Gehen den Körperschwerpunkt durch pendelnde Bewegungen über die Beine verlagern, änderten bei Entlastung ihr Gangbild nicht, die Schrittlänge wurde jedoch länger.

Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Laufaktivität für die Beinkondition bei SB. Sie zeigen, dass nicht fehlende Motivation, sondern das hohe Gewicht die Ursache für die geringe Aktivität ist. Bei LB scheint der Einfluss der Aktivität auf die Beinkondition geringer zu sein als bei den SB, denn obwohl bei höherer Belastung die Aktivität auf das Niveau der Aktivität der SB Kontrolltiere absank, konnten keine entsprechenden Schwächen an den Knochen festgestellt werden.

7 Summary

Within the last 50 years, an intensive selection took place in broilers on high growth and therefore there exists a clear reduction of the age at slaughter. Side effects of the selection of faster and higher growth are leg disorders. Up to 30% of the animals under commercial conditions have been reported to show leg disorders of different degree. In the development of leg problems both, genetic and environmental factors are involved.

Since high growth rate, low locomotor activity and leg problems appear simultaneously, it is difficult to determine the causal relationships among these traits. Fast growth can reduce the locomotor activity through the physical load. It is also assumed that, through the genetic selection for growth, the motivation of locomotor activity has been reduced. It has further to be considered that disturbances in the development of bones and joints may cause pain and impair the locomotor activity.

RUTTEN et al. (2002) tried to reveal the causal relations between weight load, activity and leg disorders by reducing the weight load on legs of fast growing broilers (FB) by a special device. The weight reduced FB showed higher locomotor activity and better bone quality. However, the harness used for the reduction of weight load on the legs impaired the growth rate. Therefore it could not be clearly shown whether the increased activity was based upon the weight load reduction or on the diminished body weight. In the present study, the experiment of RUTTEN et al (2002) was repeated with an improved device for reduction of weight load of FB. In addition, slow growing broilers (SB) were used, and were brought to the same weight load as weight reduced FB by additional load.

In total three experiments were carried out. The first experiment was split in two parts (1a and 1b) so as to increase the number of replicates. For each experiment, 24 male broilers were used: 12 FG (ROSS 308) and 12 SB (ISA S 257). Groups of three chicks each were randomly assigned to 8 compartments with an area of 1,2 m² (2x0,6m, length x width). Load reduced birds wore a harness which was connected to the load reducing device. The load increase of SB wore the same harness with small pieces of lead. The chicks of the groups were treated as follows: one with harness and suspension (HS), one with a harness and without suspension – control bird 1 (C1) and a control bird with no harness and no suspension – control bird 2 (C2). The load of FB was reduced to the average weight of SB-C2 and FB C2. The load of the SB was increased to the same average value.

The following parameters were recorded: body weight, food consumption, weight of breast muscle, thigh, tibiotarsus, femur; length of tibiotarsus and femur; angular deformity of distal femur, distal and proximal tibiotarsus; torsional deformity of femur and tibiotarsus. Using computer tomography the following bone characteristics were measured: total area, total density, Corticalis area, Corticalis density and Strain Strength Index (SSI). The duration of the following behavioral traits were observed: walking, sitting, standing, eating and „other behavior“.

The weight load reduction in FB led to a significant increase of the locomotor activity. Both the torsional and angular deformities of the Tibiotarsus were clearly reduced, while total area, total density, Corticalis area and SSI were increased. It can be assumed that this was caused by the higher locomotor activity of load reduced FB. The increase of load in the SB diminished the locomotor activity but bone characteristics were not deteriorated. The improvement in the bone conditions of the FB was obviously caused by the increase in activity. The bones of the SB are obviously more robust than those of FB, and the bone conditions were not deteriorated by increased load and decreased activity.

In order to determine the influence of decreased load in FB and of increased load in SB the opportunity to move was restricted by reduction of the length of the compartments from 2 to .45 meters. All other experimental conditions remained the same as in experiment 1. Despite the restricted space there was a significant increase in locomotor activity of the load reduced FB. The torsion and angular deformity of the proximal and distal angular deformities of the Tibiotarsus were reduced. There was no significant effect of the increase and decrease of load on the CT-criteria. As in experiment 1, the weight load in the SB diminished the locomotor activity, but the bone characteristics were not influenced significantly.

In the third experiment the gait of the load increased SB and load decreased FB was analyzed by a foot print program. For this purpose the length and width of the steps were measured at 4, 5 and 6 weeks of age. The same breeds and the same technique of the modification of the load were used. The load treated birds were kept individually and could use the full length of the test pens. In contrast to the previous experiments the control birds were kept in pens of 1 m² floor space (1 x 1 m). Only the birds without harness (C2) were kept as control. The results of the morphometric and CT- criteria confirmed the results. The FB control birds showed higher step length and greater step width than SB controls.

The step length of FB was increased through the load reduction, and decreased through load increase in SB. The treatment had no influence on the step width. SB broilers showed problems to keep their balance under increased weight load. As indicated in the low width of

the foot prints the load increased SB broilers tried to place their feet, as usual, under the point of gravity of their body. This seems to impair the stability of gait under increased weight load. FB in contrast, move their centre of gravity above the supporting leg which allows a stable gait under high load. FB did not change the width of their foot prints when the load was decreased, and only the length of the steps increased.

The results underline the importance of locomotor activity on the leg conditions of FB. They clearly show that low activity of FB is not caused by lack of motivation but by the high weight load. In contrast to FB the importance of the level of activity on leg conditions seems to be lower. Although the increase in load reduced the locomotor activity in the level of the FB control birds, there was no obvious deterioration in the bone characteristics.

8 Literaturverzeichnis

- Abendroth, K. (1995). Biomechanische Aspekte in der Osteoporosetherapie. Osteologie Forum 4: 46-50
- Anonymus (1996). „XCT 900 Bedienungsanleitung“ Stratec Medizitechnik, Pforzheim
- Abourachid, A (1993). Mechanics of standing in birds. Functional explanation of lameness problems in giant turkeys. Br. Poult. Sci. 34, 887-898
- Baron, R. (1993). Anatomy and ultrastructure of bone .In-. Primer on the metabolic bone diseases and disorders of mineral metabolism. 2. Aufl., Raven Press, New York, 3-9
- Berg, C. (1998). Foot-pad dermatitis in broilers and turkeys – prevalence, risk factors and prevention. PhD – thesis, Department of animal Environment and Health, Swedish University of Agricultural Science 81, 767-773
- Berg, C. und G. S Sanotra (2003). Can a modified LTL test be used to validate gait-scoring results in commercial broiel flocks? Animal Welfare 12, 655-659
- Bessei, W., (1992). Eine Untersuchung zur Rhythmik der Futteraufnahme- und Laufaktivität von Legehennen. XVI. Weltgeflügelkongreß, Rio de Janeiro 1978, Bd. III, 230-238
- Bessei, W., (1992). Einige wichtige Verhaltensweisen bei Legehennen und ihre tagesperiodischen Abläufe. Arch. Geflügelk. 41, 62-71
- Bessei, W., (1992). Das Verhalten von Broilern unter intensiven Haltungsbedingungen. Arch. Geflügelkunde. 56(1), 1-7
- Bessei, W. (1993). Der Einfluß von Besatzdichte auf Leistung, Verhalten und Gesundheit von Broilern – Litaraturübersicht. Arch. Geflügelkunde. 57, 97-102
- Bizeray, D., C. Leterrier, P.Constantin, M. Picard and J.M. Faure (2000). Early locomotor behaviour in genetic stocks of chickens with different growth rates. Applied Animal Behaviour Science 68, 231-242
- Bizeray, D., C. Leterrier, P.Constantin, M. Picard and J.M. Faure (2001). Sequential feeding with low lysine diet induces higher level of activity in meat-type chickens. Proc. 6th Europ. Symp. Poultry Wellfare, Zollikofen, Schwitzerland, 173-176
- Blokhuis, H. J. und J. W. Van der Harr (1990). The effect of stocking density on the behaviour of broilers. Arch. Geflügelk. 54, 74-77
- Bokkers, E. und P. Koene (2000). Motivation and ability to wolk in broiler and layer chicks on two diets. Proceedings of the 36th International Congres of the ISAE. Florianopolis, Brazil.
- Bokkers, E. (2004). Behavioural motivations and abilities in broilers. Dissertation, Uni-Wageningen

- Bradshaw, R. H., R. D. Kirkden and D. M. Broom (2002). A review of the etiology and pathology of leg weakness in broilers in relation to welfare. *Avian and Poultry Biology Reviews* 13, 45-103
- Burger, E. H.; J. Klein-Nulend; A. Van der Plas und P. J. Nijweide (1995). Function of osteocytes in bone – Their role in mechanotransduction. *J. Nutr.* 125, 2020-2023
- Butterworth, A. (1999). Infectious components of broiler lameness: a review. *W. Poult. Sci. J.* 55, 327-352
- Butterworth, A., C. A. Weeks, P. R. Crea and S. C. Kestin (2002). Dehydration and lameness in a broiler flock. *Animal welfare* 11, 89-94
- Classen, H. L. und R. C. Riddell (1989). Photoperiodic effect on performance and leg abnormalities in broiler chickens. *Poult. Sci.* 68, 873-879
- Cravener, T. L. und M. M. Mashaly (1992). Broiler production under varying population density. *Poult. Sci.* 71, 427-433
- Cornetto, T. und I. Estevez (2001). Influence of vertical panels on use of space by domestic fowl. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 71, 141-153
- Corr, S. A., M. J. Gentle, C. C. McCorquodale and D. Bennett (2003). The effect of morphology on walking ability in the modern broiler: a gait analysis study. *Animal Welfare*, 12.159-171
- Cruickshank, J.J. und J. S. Sim (1986). Morphometric and radiographic characteristics of tibial bone of broiler chickens with twisted leg disorders. *Avian Diseases* 30, 699-708
- Dämmrich, K. und G. Rodenhoff (1970). Skeletal changes in broilers. *Zentralbl. Veterinärmed. Reihe B* 17, 131-146
- Dämmrich, K. (1974). Adaptationskrankheiten des Bewegungsapparates bei Masttieren. *Fortschritte der Veterinärmedizin* 20, 69-80.
- Danbury, T. C., C. A. Weeks, J. P. Chambers, A. E. Waterman-Pearson and S. C. Kestin (2000). Self-selection of the analgesic drug carprofen by lame broiler chickens. *The Veterinary Record* 146, 307-311
- Engelhardt, W. von und G. Breves (2004). *Physiologie der Haustiere*. 2 Auflage. Enke Verlag, Stuttgart
- Erben, R. G. (2004). Knochen und Calciumhomöostase-. 580-587, In: *Physiologie der Haustiere*, Hrsg. Von Engelhardt, W und G. Breves. Enke Verlag, Stuttgart
- European-Commission (2000). The welfare of chickens kept for meat production (Broilers), Report of the scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare.
- Frost, H. M. (1963). *Bone Remodeling Dynamics*, Charles C. Thomas, Springfield, Illinois.

- Frost, H. M. (1992). Perspectives: The role of changes in mechanical usage setpoints in the pathogenesis of osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Research* 7, 253-261.
- Frost, H. M. (1995). Bone's structural adaptation to mechanical usage (SATMU), A Tutorial for Clinicians. *Angle Orthodontist* 65, 187-212
- Fölsch, D.W. und K. Vestergaard (1981). „Das Verhalten von Hühner“. Verlag Birkhäuser, Stuttgart
- Gentle, M. J. (1997). Acute and chronic pain in the chicken. 5th Europ. Symp. on Poultry Welfare, Wageningen, Niederlande, 5-11
- Gentle, M. J. und S. A. Corr (1995). Endogenous analgesia in the chicken. *Neuroscience Letters* 210, 211-214.
- Gerken, M. (1991). Antagonistische Beziehungen zwischen Verhaltens- und Leistungsmerkmalen beim Geflügel. Habilitationsschrift, Universität Bonn.
- Gylstorff, I. (1982). Skelettkrankheiten beim Mastgeflügel. *Wien. Tierärztl. Monatsschr.* 69, 236-245.
- Gordon, S. H. und S A Tucker (1993). Broiler walking behaviour. *Proceedings of the 4th European Symposium on Poultry Welfare.*
- Gordon, S. H. und S. A. Tucker (1996). Effect of daylength on broiler welfare. *Br. Poult. Sci.* 36, 844-845
- Gordon, S. H. und B. H. Thorp (1994). Effect of daylength and increasing daylength programmes on broiler welfare and performance. *W. Poult. Sci. J.* 50, 269-282
- Grashorn, M. (1987). Untersuchungen zur Frage der Abgänge in Broilerherden. *Arch. Geflügelk.* 51, 220-233
- Grashorn, M. und G. Klostermann (2002). „Mast- und Schlachtleistung von broilerherkünften für die Exstensivmast“. *Arch. Geflügelk.* 66, 173-181
- Günther, R. (1997). Makroskopische, histologische und histometrische Untersuchungen zum Skelettwachstum der Hintergliedmaßen von Hühnern einer Legelinie sowie Vergleich mit einer Mastlinie. Dissertation, Berlin.
- Hall, A. L. (2001). The effect of stocking density on the welfare and behaviour of broiler chickens reared commercially. *Animal Welfare* 10, 23-40.
- Havenstein, G. B., P. R., Ferket and B. T. Larson (1994). Growth, livability, and feed conversion of 1957 vs 1991 broilers when fed “typical” 1975 and 1991 broiler diets. *Poultry Science* 73, 1785-1794
- Havenstein, G.B., P. R. Ferket and M. A. Qureshi (2003). Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Science* 82, 1500-1518

- Haye, U. und P. C. M. Simons (1978). Twisted legs in broilers. *Br. Poult. Sci.* 19(4), 549-557
- Hester, P. Y. (1994). The role of environment and management on leg abnormalities in meat-type fowl. *Poultry Science* 73, 904-915
- Hester, P. Y. und H. Kohl (1989). Effect of intermittent lighting and time of hatch on large broad-breasted white turkeys. *Poult. Sci.* 68, 1731-1742.
- Hocking, P. M. (1994). Assessment of the welfare of food restricted male broiler breeder poultry with musculoskeletal disease. *Research in Veterinary Science* 57, 28-34.
- Hocking, P. M., B. O Hughes and S. Keer-Keer (1997). Comparison of food intake, rate of consumption, pecking activity and behaviour in layer and broiler breeder males. *Br. Poult. Sci.* 38, 237-240
- Hörner, K. (1995). Vergleichende histologische Untersuchungen zur Struktur und Alterentwicklung der Kompakta der langen Röhrenknochen bei Maus, Hamster, Ratte, Meerschweinchen, Kaninchen, Katze und Hund. Dissertation, Institut für Umwelt- und Tierhygiene sowie Tiermedizin mit Tierklinik, Universität Stuttgart-Hohenheim.
- de Jong, I. C., M. Fillerup, B. Riedstra und H. Hopster (2004). The relationship between chick characteristics and broiler welfare and growth. 38th International Congress of the International Society for Applied Ethology. Helsinki, Finland.
- Julian, R. J. (1989). Lung volumes of meat-type chickens. *Avian Diseases* 33, 174-176
- Kestin, S. C., S. H. Gordon, G. Su and P. Sørensen (2001). Relationships in broiler chickens between lameness, liveweight, growth rate and age. *The Veterinary Record* 148, 195-197
- Kestin, S. C., T. G. Knowles, A. E. Tinch and N. G. Gregory (1992). Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. *The Veterinary Record* 131, 190-194
- Kestin, S. C., G. Su. and P. Sørensen (1999). Different commercial broiler crosses have different susceptibilities to leg weakness. *Poult. Sci.* 78, 1085-1090
- Klapdor, K., G. Bernd, A. Hammann und F. J. Van der Staay (1997). A low-cost method to analyse footprint patterns. *Journal of Neuroscience Methode* 75, 49-54.
- Kummer, B. (1962). Funktioneller Bau und funktionelle Anpassung des Knochens. *Anatomischer Anzeiger* 110, 261-293.
- Leterrier, C. und Y. Nys (1992). „Composition, cortical structure and mechanical properties of chicken tibiotarsi: effect og growth rate.“ *Br. Poult. Sci.* 33: 925-939
- Leterrier, C., N. Rose, P. Constantin und Y. Nys (1998). Reducing growth rate of broiler chickens with a low energy diet does not improve cortical bone quality. *Br. Poult. Sci.* 39, 24-30
- Lewis, H.J. und C. Hurnik (1990). Locomotion of broiler chickens in floor pens. *Poult. Sci.* 69, 1087-1093.

- Lewis, P. D., G. C. Perry, L. J. Farmer and R. L. S. Petterson (1997). Responses of two genotypes of chicken to the diets and stocking densities typical of UK and "Label Rouge" production system: I. Performance, behaviour and carcass composition. *Meat Science* 45, 501-516
- Leyendecker, M., H. Hamann, J. Hartung, J. Kamphues, C. Ring, G. Glünder, C. Ahlers, I. Sander, U. Neumann and O. Distl (2001). Analyse von Genotyp-Umwelt-Interaktionen zwischen Legehennenhybriden und Haltungssystemen in der Legeleistung, Eiqualität und Knochenfestigkeit. 3. Mitteilung: Knochenfestigkeit. *Züchtungskunde* 73, 387-398
- Liburn, M. (1994). Skeletal growth of commercial poultry species. *Poultry Science* 73, 897-903
- Loeffler, K. (1990). Schmerzen und Leiden beim Tier. *Berliner und Münchner tierärztliche Wochenschrift* 103, 257-261
- Loeffler, K. (1994). Schmerzen und Schmerzbewertung beim Tier. *Tierärztliche Umschau* 49, 262-265
- Lynch, M., B. H Thorp and C. C. Whitehead (1992). Avian tibia dyschondroplasia as a cause of bone deformity. *Avian Pathol.* 21, 275-285
- Maierl, J., H. E. König und H.-G. Liebich (2001). Bewegungsapparat. In: *Anatomie und Propädeutik des Geflügels*. König, H. E., Liebich, H.-G. F. K. 9-66. Schattauer Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.
- Mercer, J. T. Und W. G. Hill (1984). Estimation of genetic defects in broiler chickens. *Heredity* 53, 193-203.
- Mc Geown, D., T. C. Danbury, A. E. Waterman-Pearson und S. C. Kestin (1999). Effect of carprofen on lameness in broiler chickens. *The Veterinary Record* 144, 668-671
- Mc Lean, J. A., C. J. Savory and N. H. C. Sparks (2002). Welfare of male and female broiler chickens in relation to stocking density, as indicated by performance, health and behaviour, Woerden, The Netherlands.
- Mc Kay, J. (1997). The next decade – a breeder's perspective. *International Poultry Production* 5, 9-11.
- Murphy, L. B. and A. P. Preston (1998). Time-budgeting in meat chickens grown commercially. *Br. Poult. Sci.* 29, 571-580
- Nestor, K. E.; W. L. Bacon; Y. M. Saif; P. A. Renner (1985). The influence of genetic increases in shank width. *Poult. Sci.* 66, 1421-1428.
- Nestor, K. E., W. L. Bacon, P.D. Moorhead, Y. M. Saif, G. B. Haverstein and P. A. Renner (1987). Comparison of bone and muscle growth in turkey lines selected for increased shank width. *Poult. Sci.* 66, 1421-1428

- Nickel, R., A. Schummer, und E. Seiferle (1992). Anatomie der Vögel, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- Nielsen, N. L. (2002). Behavioural aspects of feeding constraints: DO broilers follow their gut feelings? 36th International Congress of the International Society for Applied Ethology (Ed. By Koene, P.), pp. 46. Egmond aan Zee, The Netherlands.
- Newberry, R C. und J. W. Hall (1990). Use of pen space by broiler chickens: effect of age and pen size. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 25, 1-2
- Pauwels, F. (1976). Über die gestaltende Wirkung der funktionellen Anpassung des Knochens. *Anatomischer Anzeiger* 139: 213-220
- Pickup, H .E., A. M. Cassidy, T. C. Danburry, C. A. Weeks, A. E. Waterman and S. C. Kestin (1997). Self selection of an analgesic by broiler chicken. Spring Meeting of WPSA, U. K., 812-813
- Pines, M., A. Hasdai und E. Monsonego-Ornan (2005). Tibial dyschondroplasia-tools, new insights and future prospects. *World's Poultry Science Journal* 61, 285-297
- Reiners, C. (1992). „Quantitative Bestimmung der Knochenmasse: Heutiger Stand der Methode“. *Medizinisch-Orthopädische Technik* 112: 138-146
- Reiter, K und M. Grashorn (1992). Einfluß der Gruppengröße und Besatzdichte auf das Verhalten von Broilern. 10. Symposium Genetische Grundlagen und Umsetzung in der Praxis, Leipzig, 116-121
- Reiter, K. und W. Bessei (1994). The behaviour of broilers in dependence on group size and stocking density. 9th Europ. Poult. Congr., Glasgow, UK, 294-295
- Reiter, K. und W. Bessei (1995). Influence of running on leg weakness of slow and fast growing broilers. 29th International Congress of the International Society for Applied Ethology, Exeter, UK, 211-213
- Reiter, K., und W. Bessei (1996). Effect of exercise on leg disorders in broiler chicks. Proceedings of the XX World's poultry Congress. New Delhi, India.
- Reiter, K. und W. Bessei (1998). Einfluss der Laufaktivität auf die Knochenentwicklung und Beinschäden bei Broilern. *Arch. Geflügelkunde.* 62(6), 247-253
- Reiter, K und W. Bessei (2001). Effect of reduced weight load on locomotor activity and leg disorders in broiler chickens. 6th European Symposium on Poultry Welfare. Zollikofen. 113-117
- Reiter, K und B. Kutritz (2001). Verhalten und Beinschwächen von Broilern verschiedener Herkünfte. *Arch. Geflügelk.* 65, 1-5
- Reiter, K (2002). Analyse des Laufens von Legehennen und Broilern. *Arch. Geflügelk.* 66, 133-140

- Riddell, C. (1992). Non-infectious disorders of poultry: An overview. In: C. C. Whithead (Hrsg.), *Bone Biology and Skeletal Disorders in Poultry*, Carfax Publishing Company, Oxfordshire, 119-145.
- Rodenhoff, G. and K. Dammrich (1971). Effect of breeding and outside rearing on the skeleton of fattening cockerels. *Zentralbl. Veterinärmed. Reihe A* 18, 297-309
- Rubin, C. T. and L. E. Lanyon (1985). Regulations of bone mass by mechanical strain magnitude. *Calc. Tiss. Int.* 37, 411-417
- Rutten, H. J.A.M. (2000): Der Einfluß von Lauftraining auf die Entwicklung von Beinschäden beim Broiler. Dissertation, Hohenheim
- Rutten, M., C. Leterrier, P. Constantin, K. Reiter und Bessei W. (2002). Bone development and activity in chickens in response to reduced weight-load on legs. *Anim. Res.* 51. 327-336.
- Salomon, F.- V. (1993). *Lehrbuch der Geflügelanatomie*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Spornitz, U. (2004). *Anatomie und Physiologie*, Springer Medizin Verlag, Heidelberg.
- Sanotra, G. S., J. D. Lund, A. K. Ersboll, J. S. Peterson and K. S. Vestergaard (2001). Monitoring leg problems in broilers: a survey of commercial broiler production in Denmark. *World's Poultry Science Journal* 57, 55-69
- Schwarze, E. und L. Schröder (1985). *Kompendium der Geflügelanatomie*. 4. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Schneider, P. und W. Börner (1991). Periphere quantitative Computertomographie zur Knochenmineralmessung mit einem neuen spezielle QCT-Scanner“. *Fortschritt Röntgenstrahlung* 154: 292-299
- Scherer, P. J. (1989). Einfluß unterschiedlicher Haltungsbedingungen auf das Verhalten von Broilern unter Berücksichtigung von Leistungsdaten. Dissertation, ETH Zürich.
- Schummer, A. (1992). *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Anatomie der Vögel*. Verlag Paul Parey. Berlin und Hamburg.
- Siegel, P. B., M. Picard, I. Nir, E. A. Dunnington, M. H. A. Willemsen und P. E. V. Williams (1997). Responses of meat-type chickens to choice feeding of diets differing in protein and energy from hatch to market weight. *Poultry Science* 76, 1183-1192.
- Sinowatz, F und I. Rüsse, (1991). *Lehrbuch der Embryologie der Haustiere*. Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg.
- Sørensen, P. and S. Kestin (1997). Early feed restriction as a method to improve leg condition in broilers. *Proc. of the 5th European Symposium on Poultry Welfare*, Wageningen, 119-120
- Sørensen, P. (1992). "Genetics of leg disorders". In: C.C.Whitehead, Ed., *Bone Biology and Skeletal Disorders in Poultry*, *Poultry Science Symposium 23*; Carfax Publishing Company, Abbingdon, England: 213-230.

Stolpe, M. (1932): Physiologisch-anatomische Untersuchungen über die hintere Extremität der Vögel. J. Ornithol. 80, 163-242

Stratec Medizintechnik GmbH (1996). XCT 900, Bedienungsanleitung Softwareversion 5.20

Thorp, B. H. and S. R. I. Duff (1988). Effect of exercise on the vascular pattern in the bone extremities of broiler flow. Research in Veterinary science 45, 1391-1397

Vestergaard, K. S. and G. S. Sanotra (1999). Relationships between leg disorders and changes in the Behaviour of broiler chickens. The Veterinary Record 144, 205-209

Vollmerhaus, B. (1992). Anatomie des Bewegungsapparates. In: Schummer, A., Vollmerhaus, B. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band V, 54-154. Paul Parey, Berlin.

Watkins, B. A. (1993). Avian bone metabolism: cell-mediated mineralization and localized regulatory factors. Journal of Nutrition 123: 290-291

Webster, J. (1994). Animal welfare "A cool eye towards Eden". A constructive approach to the problem of man's dominion over the animals. Oxford. Blackwell Scientific Ltd. Pp. 273.

Weeks, C. A., C. J. Nicol, C. M. Sherwin. and S. C. Kestin (1994). Comparison of the behaviour of broiler chickens in indoor and free-range environments. Animal Welfare 3, 179-192

Weeks, C. A., T. G. Knowles, R. G. Gordon, A. E. Kerr, S. T. Peyton und N. T. Tillbrook (2002). New method for objectively assessing lameness in broiler chickens. Veterinary Record 151, 762-764

Weeks, C. A. und S. C. Kestin (1997). Effect of leg weakness on behaviour of broilers. Proceedings of the 9th European Poultry Conference, 290-291

Weeks, C.A., T.D. Danbury, H.C. Davies, P. Hunt and S.C. Kestin (2000). The behaviour of chickens and ist modification by lameness. Appl. Anim. Behav. Sci. 67, 111-125

Willnecker J. (1998). "Persönliche Mitteilung".

Wise, D. R. (1970). Comparisons of the skeletal systems of growing and laying strain chickens. Br. Poult. Sci. 11, 333-339

Wong-Valle, J.; G. R. McDaniel; D. L. Kuhlert and J. E. Bartels (1993). Correlated responses to selektion for high or low incidence of tibial dyschondroplasia in broilers. Poult. Sci. 72, 1621-1629.

Wolff, J. (1892). Das Gesetz der Transformation der Knochen, Hirschwald Verlag, Berlin.

9 Anhang

Anhang I: Temperatur im Stall nach Alter

Temperatur in Stall wurde gemäß den Empfehlungen der Firma Lohmann gehalten (Lohman Indian River, 1996).

<u>Alter in Tage</u>	<u>Stalltemperatur (°C)</u>
Aufstallungstag	35
1	34
2	33
3	32
4	31
5	30
6	30
7	29
8	29
9	28
10	28
11	28
12	27
13	27
14	27
15	26
16	26
17	26
18	25
19	25
20	25
21	25
22	24
23	24
24	24
25	24
26	23
27	23
28	23
29	23
30	22
31	22
32	22
33	22
34	21
35	21
36	21
Bis zum Ende	20-21