

## 5. DISKUSSION

In der modernen Putenmast stellen die Skeletterkrankungen und hier im Besonderen die Erkrankungen der Hinterextremität nach wie vor ein bedeutsames Problem dar. Schäden durch direkte Tierverluste, Kümmern, verminderte Mastleistungen, Maßregelungen bei der Schlachtung sowie hohe Medikamentenkosten und der Anspruch des Verbrauchers auf eine tiergerecht erzeugtes und qualitativ hochwertiges Lebensmittel lassen die hohe ökonomische Relevanz erkennen (JORDAN 1990; CLASSEN 1992; HOCKING 1991; HAFEZ 1997, 1999; HIRT 1998; RATH et al. 2000; DOUGLAS u. BUDDIGER 2002; EMELE u. LOHR 2002; SHIVAPRASAD et al. 2002).

Um die Erkrankungsursachen zu erkennen und ihnen sinnvoll begegnen zu können, ist es unerlässlich, die physiologischen Mechanismen des Knochenwachstums und der Knochenintegrität genauer zu erforschen (CRESCO et al. 2000; RATH et al. 2000; SOBOYEJO u. NESTOR 2000). Diesen Überlegungen folgend liegt die Zielsetzung der Arbeit in der Darstellung physiologischer Wachstumsparameter des Beinskeletts von Putenhähnen der Linie B.U.T. Big 6 über eine Aufzucht- und Mastperiode als Basis zur Früherkennung und Diagnostik pathologischer Veränderungen bzw. in der Erforschung von Entwicklungsstörungen.

Neben der Darstellung lichtmikroskopisch zu beobachtender Veränderungen und meßbarer Größen an den Enden der langen Röhrenknochen der Hintergliedmaßen wurden makroskopische Entwicklungsparameter wie die Lebendmasse, Knochenlängen, Knochendurchmesser und die Knochenmasse ermittelt und ergänzend röntgenologische, osteodensitometrische und mineralstoffanalytische Untersuchungen durchgeführt.

Entsprechend den Angaben in der Literatur beschreibt die graphische Darstellung der **Körpermasseentwicklung** von männlichen Masthybriden der Putenlinie B. U. T. Big 6 einen sigmoidalen Kurvenverlauf. Die Tiere weisen am 1. Lebenstag (LT) eine Masse von durchschnittlich 59,17 g auf. Das hieraus abgeleitete Schlupfgewicht dürfte demnach im unteren Drittel der in der Literatur angegebenen Körpermassen anzusiedeln sein, was auf eine junge Elterntierherde schließen läßt, da sowohl Eigröße als auch Schlupfgewicht über das Alter der Elterntiere determiniert werden. Betrachtet man die Lebendmasse der untersuchten Tiere in der 8. LW mit durchschnittlich 4060 g, so läßt sich in diesem Alter verglichen mit den

Gewichtsangaben der letzten vier Jahrzehnte bereits eine deutliche Zunahme der Körpermasse auf annähernd das 2,4-fache beobachten. Ein Vergleich der ermittelten Mastendgewichte mit denen von Anfang der 60er Jahre zeigt eine Erhöhung um das Doppelte auf durchschnittlich 20,5 kg, bei gleichzeitiger Verkürzung der Mastperiode um 2 Wochen auf 22 Wochen. Dieser Trend der Mastzeitverkürzung bei gleichbleibenden Mastendgewichten (GÜNTHER 2000) ist auch aktuell noch zu beobachten, so dass teilweise eine Reduktion des Mastzeitraumes von 22 auf 21 Wochen erfolgt. Dies spiegelt sich auch in der Wahl der vornehmlich zur Mast eingesetzten schnellwüchsigen Rassen wieder.

SALOMON et al. (1990) beschreiben, dass die Rassen Broad Breasted Bronze, Beltsville Small White und Eastern Wild Turkey deutlich spätere Eintrittszeiten des maximalen Wachstums und geringere maximale Wachstumsgeschwindigkeiten zeigen als Puten der Rasse Large White Turkey, welche vergleichbare Wachstumsanteile, bezogen auf den Endwert, früher realisieren.

Die größten Zuwächse im eigenen Untersuchungsmaterial von Putenhähnen der Linie B.U.T. Big 6 sind zwischen der 10. und 14. LW zu verzeichnen, so dass diesem Altersabschnitt im Hinblick auf das Auftreten klinischer Symptome sowie der Erforschung der Genese von Knochenentwicklungsstörungen, bedingt durch den hohen Massedruck auf die tragenden Elemente der Hinterextremität, besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist. Hier sind speziell die tibiale Dyschondroplasie mit der möglichen Komplikation einer Osteomyelitis, die Gefahr von Femurfrakturen, sowie die Ausprägung deutlicher Lahmheiten von i. d. R. bereits zu einem deutlich früheren Zeitpunkt vorliegenden Erkrankungen, wie Verkrümmungen, Torsionen und Verbiegungen der Extremitätenknochen sowie das Shaky leg-Syndrom, zu nennen.

Eine hohe Aussagekraft für das physiologische Wachstum beim Geflügel weist die **Knochenlängen**entwicklung auf, da sie sich nur in einem geringen Maß durch Umweltbedingungen beeinflussen läßt (SALOMON et al. 1990; LILBURN 1994; CRESPO et al. 2000). Dies zeigen auch die eigenen Untersuchungen an den drei Hinterextremitätenknochen (F, TT, TMT), welche sehr geringe Standardabweichungen in den Wochengruppen aufweisen und somit eine relativ genaue Alterszuordnung der wachsenden Puten ermöglichen.

Die Längenzunahme der drei untersuchten Knochen vollzieht sich relativ kontinuierlich. Zwischen der 4. – 10. LW zeigt sich eine Phase leicht beschleunigten Wachstums. Die Kurven der Knochenlängenentwicklung lassen eine Sigmoidalität

erahnen. Bereits am ersten Lebenstag ist der TT um ein Drittel länger als die in etwa gleichlangen F- und TMT- Knochen. Diese Längendifferenz nimmt bis zum Erreichen des abgeschlossenen Längenwachstums prozentual noch weiter zu. F und TMT zeigen demgegenüber ein gleichstarkes moderates Wachstum, wobei der TMT sich geringgradig länger als der F darstellt.

Das **Ende des meßbaren Längenwachstums** der drei untersuchten Knochen wird in der 17. – 18. LW erreicht. Verglichen mit den Daten der Literatur war die Beendigung des Längenwachstums bei den untersuchten Tieren etwas früher realisiert. SULLIVAN u. AL-UBAIDI (1963) geben sie für den TT mit 22 Wochen an, WALSER et al. (1982) mit 18 Wochen und CHEREL et al. (1991) mit 18 – 20 Wochen.

Beim Vergleich der Knochenlängen in den verschiedenen Altersstufen weisen die Putenhähne der Linie B.U.T. Big 6 fast durchgehend höhere Werte für die Länge der drei Beinknochen, als die in der Literatur genannten, auf. Mit Längenzuwächsen von in etwa 10% (2 – 3 cm für den TT, 1,5 cm für den F) ist diese Steigerung, im Verhältnis zu dem Anstieg der Körpermassen ausgewachsener Tiere um den Faktor 2 in den letzten vier Jahrzehnten, als eher gering zu bezeichnen. Die des TMT liegen mit einer Erhöhung von max. 5% noch darunter.

Beachtenswert ist, dass – historisch betrachtet – bis Ende der 80er Jahre kein eindeutiger Längenzuwachs der Beinknochen zu verzeichnen ist und erst ab diesem Zeitpunkt eine geringgradige Zunahme erfolgte, was vermutlich auf züchterische Maßnahmen mit dem Ziel, die Skelettintegrität zu stärken, zurückzuführen ist. Durch eine alleinige Zucht auf erhöhte Mastendgewichte ist kaum ein Einfluß auf die Knochenlängen zu erzielen (NESTOR 1988; NESTOR u. LILBURN 1991).

Wie aus den Darstellungen der kraniokaudalen Diaphysendurchmesser (Abb. 5) und denen der Diaphysenquerschnittsflächen von F und TT (Abb. 23 u. 24) ersichtlich, ist im Gegensatz zum TT, bei dem das **Dickenwachstum** über die Beendigung des Längenwachstums hinaus erfolgt (>20. LW), es beim F mit der 16. – 17. LW etwas früher bzw. zeitgleich abgeschlossen wie dessen Längenwachstum.

An den untersuchten Tieren zeigt sich bei einem Vergleich der röntgenologisch ermittelten **Querschnittsflächen** beider Knochendiaphysen über die gesamte Wachstumsperiode, dass die des F gegenüber der des TT geringgradig überwiegt, was auf dessen durchgehend größere Markraumfläche zurückzuführen ist. Die Darstellungen der Gesamtquerschnittsflächen beider Knochen sowie für deren

Teilflächen (kortikale-[kF] und medulläre [mF] Fläche) weisen ähnliche Kurvenverläufe bzw. Verhältnisse zueinander auf (Abb. 23 u. 24). Die eigenen Meßwerte für die Gesamtquerschnittsfläche der Diaphyse des **Femur** sowie für dessen Teilflächen entsprechen bei ausgewachsenen Putenhähnen annähernd den Daten der Literatur. Große Unterschiede in der Gesamtquerschnittsfläche des **Tibiotarsus**, sowie den Teilflächen (kF u. mF) und ihren Verhältnissen bestehen bei dem Vergleich der von WYERS et al. (1993) veröffentlichten Daten von Putenhähnen der Rasse Maxiboul mit den eigenen Daten der Linie B.U.T. Big 6. Trotz annähernd gleicher Masseentwicklung der Tiere in den ersten 6 Wochen, zeigen die B.U.T Big 6 von Beginn an größere Gesamtquerschnittsflächen, wobei vor allem die kF sehr viel stärker ausgebildet ist und sich gleichzeitig die mF kleiner darstellt. Es zeigt sich bei den eigenen Tieren weiterhin, dass am diaphysären Querschnitt sowohl vom F als auch vom TT ab der 14. LW die mF deutlich gegenüber der kF überwiegt, welche in den folgenden Wochen sogar abnimmt. Hieraus folgt, dass es in der 15. LW an beiden Knochen spontan zu einem drastischen Abfall der Stärke des kompakten Knochens kommt.

Ob diese Änderung in der Architektur des Knochens Einflüsse auf dessen Stabilität hat, müßte durch weiterführende Untersuchungen bezüglich der Torsions- und Bruchfestigkeit des Knochens in diesem Zeitraum beurteilt werden. Knochenentwicklungsstörungen unterschiedlichster Genese könnten in diesem Entwicklungsabschnitt gravierende Auswirkungen auf die Integrität des Knochens haben, da in dieser Wachstumsphase gleichzeitig die höchsten Massezunahmen zu verzeichnen sind. Interessant ist, dass bei den o. g. Untersuchungen von WYERS et al. (1993) diese Phase der Änderung der Flächenverhältnisse bei der Rasse Maxiboul bereits mit 5 Lebenswochen einsetzt ( $kF=mF$ ), so dass bei diesen Tieren schon in der 6. LW die mF gegenüber der kF überwiegt. Sollten bei dieser Putenrasse bestimmte Entwicklungsstörungen der Hintergliedmaße zu einem früheren Zeitpunkt auftreten, wäre dies ein Beleg für die o. g. Vermutung.

Die **Femurfeuchtmasse**, die in den Wochengruppen bis zu einem Alter von 10 Wochen eine sehr geringe Standardabweichung aufweist und Veränderungen daher als Indikator für massive Entwicklungsstörungen gesehen werden können, zeigt bei dem Vergleich mit Daten aus der Literatur große Übereinstimmung. Sie ist für die 16. LW mit 80,42 g, obwohl die Vergleichswerte von NESTOR et al. aus dem Jahre 1988

stammen, in deren unteren Bereich anzusiedeln, was im Widerspruch zu der Zunahme der Femurlänge in diesem Zeitraum steht.

Die Femurmasse hat demnach, wenn man die leider nur äußerst spärlich existierenden Vergleichsdaten zugrunde legt, mit der züchterischen Körpermassenzunahme der Tiere über die letzten Jahrzehnte keine entsprechende Steigerung erfahren.

An allen **Wachstumsplatten** der untersuchten Knochenenden findet sich über den Zeitraum nach dem Schlupf bis zum Beginn ihres Schwundes ein einheitliches histologisches Erscheinungsbild der Zonenanordnung und ihrer Architektur. Die einzelnen Zonen sind durch Chondrozyten unterschiedlicher Reifestadien mehr oder weniger deutlich voneinander abzugrenzen, wobei die proliferierende (PZ) und die hypertrophe Zone (HZ) den Hauptanteil an allen WP's bilden.

In der gesamten **PZ** und über einen großen Abschnitt der proximalen **HZ** läßt sich eine Anordnung der Chondrozyten zu Säulen erkennen. Wie schon von GÜNTHER (1997) für Hühner beschrieben, ist diese jedoch bei Tieren der Mastrichtung, so auch bei den eigenen Putenhähnen nicht übermäßig deutlich und erscheint zusätzlich durch vermehrte Zellteilungen, welche über die gesamte PZ erfolgen, in Zickzackkursen. An den untersuchten Schnittpräparaten läßt sich im Gegensatz zu den Beobachtungen von RÜGER (1993) und GÜNTHER (1997) jedoch noch eine gewisse Orientierung der Chondrozyten auch in den distalen Abschnitten der HZ finden (s. auch Abb. 8).

Zwischen den regelmäßig in der Epiphyse auftretenden parallel angeordneten **epiphysären Gefäßkanälen** (EVC's), die auf gleicher Höhe am Übergang zur PHZ enden, und den **metaphysären Gefäßkanälen** (MVC's) kommen teilweise Verbindungen in Form von sog. eosinophilen Streifen vor. Intakte endothel- ausgekleidete Gefäßverbindungen existieren jedoch bei den untersuchten Tieren in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von WISE u. JENNINGS (1973) und HEDSTROM et al. (1986) bei der Pute nicht.

Entlang der von distal in die Region der HZ vordringenden MVC's finden sich jeweils annähernd auf gleicher Höhe erste Osteoidablagerungen, welche den Übergang zur folgenden **Ossifikationszone** (OZ) ankündigen. Betrachtet man das Gesamtbild dieser Region, so erscheint es in seiner Struktur uneinheitlich. Es persistieren zwischen den bereits beschriebenen osteoiden Säumen entlang der Gefäßkanäle noch Zungen bzw. weiter distal, durch die Ausbildung von osteoiden

Querverbindungen, nur noch Inseln von basophilen hypertrophen Chondrozyten. Die beschriebenen Verhältnisse entsprechen dem typischen Erscheinungsbild der WP anderer Geflügelarten (LUBOSCH 1924; KING u. McLELLAND 1978; GYLSTORFF 1982; RÜGER 1993; BARRETO u. WILSMAN 1994; JULIAN 1998).

Die bei den untersuchten Tieren in den ersten Lebenstagen bis Wochen vorkommenden, mit der HZ der WP in Verbindung stehenden und von dieser histologisch nicht abzugrenzenden **embryonalen Knorpelkegel** (EK's) sind als physiologische Strukturen zu beurteilen und dürfen nicht als pathologische Erscheinungen fehlinterpretiert werden.

Alle untersuchten Knochenenden weisen zum Zeitpunkt des Schlupfes diese aus hypertrophen runden Chondrozyten mit wenig Interzellulärsubstanz bestehenden embryonalen kegelförmigen Zapfen in einfacher (prox. F und prox. TT), paariger (dist. F und dist. TT) oder dreistrahliger (prox. TMT) Anordnung auf. Begleitet von einem massiven Abbau vollzieht sich die Ablösung der EK's der untersuchten Knochenenden von der WP, durch seitlich in diesem Bereich eindringende metaphysäre Gefäße fast ausnahmslos (exkl. T9 prox. TT) bis zur ersten Lebenswoche.

Kontrovers zu den Darlegungen von HEDSTROM et al. (1986) und LEBLANC et al. (1986) und konform mit WISE u. JENNINGS (1973) können in der 2. LW bei einem Teil der Putenhähne noch Anteile der EK's im prox. TT (50% der Tiere) und prox. TMT (15% der Tiere) histologisch nachgewiesen werden. In der 3. LW sind hingegen keine Rudimente der EK's mehr sichtbar. Röntgenologisch erscheinen die Knorpelkegel, welche sich am ersten LT und in der ersten LW gut darstellen lassen bereits in der 2. LW, durch den gleichzeitig zunehmendem Mineralisierungsgrad des umliegenden Knochengewebes nicht mehr differenzierbar, so dass diese Methode zur Beurteilung des Zeitpunktes ihrer vollständigen Resorption ungenügend ist.

Ob der EK als stützendes Element des embryonalen Knochens angesehen werden kann, oder ihm eher eine Platzhalterfunktion zukommt bzw. er lediglich ein Gerüst für die perichondrale Ossifikation darstellt ist nicht endgültig geklärt. Nach RÜGER (1993) und GÜNTHER (1997) handelt es sich um eine phylogenetische Besonderheit der aviären Osteogenese. Die Aufgabe als stützendes mechanisches Element, wie von einigen Autoren postuliert, halten sie hingegen für nicht notwendig, da an den langen Röhrenknochen bereits am 1. LT ein durchgehender ossärer Kortex bis auf Höhe der PHZ vorhanden ist, welcher am eigenen Untersuchungsmaterial ebenfalls

beobachtet werden konnte. Jedoch stellt sich dieser jugendliche Kortex bei der Pute am 1. LT als sehr dünnwandig und fragil dar, so dass es zu seiner Unterstützung durchaus ergänzender Strukturen bedarf.

Betrachtet man die einzelnen Wachstumsplatten der Epiphysen, so zeichnen sich diese durch unterschiedliche **Wachstumsdynamik** aus (siehe Abb. 17). Geordnet nach ihrer WP-Stärke ergibt sich die folgende Reihenfolge: prox. TT > prox. TMT > dist. TT > prox. F > dist. F.

Entsprechend den Beobachtungen von GÜNTHER (1997) beim Huhn, lassen sich zwei Typen von WP's unterscheiden. Dies sind zum einen die WP's des prox. und dist. F (**TYP 1**), welche sich durch eine gewisse Konstanz bis zur 12. bzw. 9. LW auf einem Niveau zwischen 3000 µm und 4000 µm auszeichnen, um folgend kontinuierlich bis zur 19. LW bzw. 18. LW zu schwinden. Zum anderen sind es die wachstumsintensiven WP's des prox. TT und des prox. TMT (**Typ 2**), welche durch einen raschen Anstieg ihrer Dicke auf Werte um 8800 µm bzw. 8500 µm in der 6. LW gefolgt von einem mehrwöchigen Plateau, gekennzeichnet sind. Ab der 12. LW bzw. 11. LW vollzieht sich ein zügiger Schwund bis zur vollständigen Resorption in der 19. (20.) LW bzw. 18. LW. Die WP des dist. TT nimmt hierbei eine Zwischenstellung ein. Sie weist einen allmählichen Anstieg parallel zu der des dist. F (Typ 1) auf und erreicht in der 6. LW eine maximale Dicke von 4800 µm. Nach einer Phase mäßigen Schwundes bis in die 10. LW folgt eine schnelle Resorption bis zur 14. LW ähnlich den Typ 2-WP's.

Allen untersuchten WP's gemein ist, dass sie in der 6. LW ihre größte Ausdehnung aufweisen, gefolgt von einer mehrwöchigen Plateauphase (exkl. dist. TT), mit anschließendem je nach WP-Typ mehr oder weniger schnellem Schwund. Da ab der 8. LW große Körpermassезunahmen auf wachstumsintensive und somit noch verhältnismäßig dicke WP's treffen, kann dies als mögliche Ursache bzw. als potenzierender Effekt für bereits vorhandene Knochenentwicklungsstörungen gesehen werden und ist weiterhin als sensible Phase für exogene Einflüsse zu bewerten.

Bei einem direkten Vergleich der WP-Dynamik der Putenlinie B.U.T. Big 6 mit den von RÜGER (1993) und GÜNTHER (1997) untersuchten WP's von Hühnern einer Mast- bzw. Legelinie zeigen sich, abgesehen davon, dass die absolute Ausdehnung der WP der Pute das 2-4-fache der des Huhnes beträgt, generell ähnliche

Kurvenverläufe. Die WP–Dynamik der verschiedenen WP´s der Pute sind hierbei zwischen der relativ stetigen WP–Entwicklung der Hühner einer Legelinie und dem eher unregelmäßigen Verlauf der etwas dickeren WP´s der Hühner einer Mastlinie anzusiedeln.

Die von HOWLETT (1980) und THORP (1988a) beim Geflügel beschriebene relative Konstanz in der Dicke der WP durch ein Gleichgewicht von Zellvermehrung in der PZ und Resorption der Chondrozyten in der OZ kann demnach für die Pute nicht pauschal bestätigt werden. Eine gewisse Konstanz zeigt sich bei den untersuchten Tieren lediglich an den Typ 1-WP des prox. und dist. F., wohingegen sich die Dicke der anderen WP´s stetig ändert. Auch BAUMANN u. BERGMANN (1988) sehen entsprechend den eigenen Ergebnissen an der prox. TT–Epiphyse von Mastenten einen dynamischen Verlauf der Dickenentwicklung über die ersten 6 Lebenswochen, entsprechend den Typ 2-WP.

Die Aussage von HEDSTROM et al. (1986), wonach die Stärke der PZ bzw. nach THORP (1988c) die Stärke der gesamten WP in direktem Zusammenhang mit der Wachstumsgeschwindigkeit des jeweiligen Knochens steht, kann für die Putenlinie B.U.T. Big 6 bestätigt werden. Bemerkenswerterweise läßt die PZ ab dem Schlupf bis zum Beginn des endgültigen Schwundes der WP, jeweils für alle untersuchten Epiphysen, eine fast gradlinige Konstanz ihrer Dicke erkennen, wohingegen die Dynamik in der Stärke der HZ sich entsprechend der Entwicklung der Dicke der gesamten WP verhält.

Somit stellt sich das **PZ/HZ-Verhältnis** über den Untersuchungszeitraum als nicht konstant dar. Alle untersuchten WP´s zeigen eine relativ stetige Abnahme dieses Verhältnisses bis zur 7. LW. Die WP des prox. TT, der für die Interpretation von Veränderungen am Beinskelett als besonders aussagekräftig gilt und von den untersuchten Knochen das weiteste Verhältnis aufweist, wird hier exemplarisch betrachtet. Er zeigt eine Veränderung des PZ/HZ-Verhältnisses von 1:1,6 in der 2. LW über 1:2,98 in der 7. LW bis hin zu 1:1,2 in der 17. LW. Diese altersabhängigen Veränderungen müssen bei der Beurteilung von solchen Erkrankungen des Skeletts berücksichtigt werden, bei denen das PZ/HZ-Verhältnis zur Diagnostik herangezogen wird (z.B. bei den Rachitisformen).

Die ermittelten Daten der **WP–Dicke** bzw. ihrer Zonen für die Putenlinie B.U.T. Big 6 zeigen im Vergleich mit den in der Literatur nur für den prox. und dist. TT vorhandenen Daten, unter Berücksichtigung einiger Besonderheiten bei der



Festlegung der Meßgrenzen, weitestgehend Übereinstimmung. Es läßt sich erkennen, dass die gesamte WP des prox. TT über die ersten drei LW bei den eigenen Tieren geringgradig stärker ausgeprägt ist als bei den von HEDSTROM et al. (1986) untersuchten Puten. PERRY et al. (1991b) hingegen ermittelten mit 6500 µm WP-Stärke am prox. TT bei 14 Tage alten Puten den eigenen identische Werte. Abweichungen lassen sich unter anderem dadurch erklären, dass von HEDSTROM et al. (1986) am 1. LT der EK offensichtlich nicht in die Messung mit einbezogen wurde und sich dadurch die gesamte WP sowie die HZ bei ihnen wesentlich kleiner darstellt. Desweiteren wurde bei der Ermittlung der HZ von HEDSTROM et al. (1986) sowie von PERRY et al. (1991b) die diaphysäre Meßgrenze in der Form festgelegt, dass die gesamte OZ zur HZ addiert wurde, wodurch ihre Werte deutlich über den eigenen liegen.

Ein hohes Maß an Übereinstimmung zeigen die Werte für die Dicke der PZ mit den vorhandenen Vergleichsdaten für den prox. sowie für den dist. TT ungeachtet der verschiedenen Altersstufen. Dies mag zum einen an den histologisch relativ klar definierten Meßgrenzen liegen, zum anderen weist die Ausdehnung der PZ, wie oben beschrieben, eine annähernd konstante Stärke über die Zeit mit geringen individuellen Schwankungsbreiten auf. Die bereits am Anfang der Diskussion beschriebene tendenzielle Beinlängenzunahme bei den Tieren der Putenlinie B.U.T. Big 6 im Vergleich mit historischen Daten von Puten der letzten vier Jahrzehnte, spiegelt sich in einer fast durchweg erkennbaren leichten Dickenzunahme der gesamten WP und der PZ wieder.

Eingeleitet wird der **Schwund der WP** durch einen am prox. TT bereits in der 9. LW beginnenden Rückgang der Anzahl der PEV (EVC) bzw. einer gleichzeitigen Abnahme der Durchmesser der EVC (s. Abb. 19 u. 20).

Übereinstimmend mit den Untersuchungen von GÜNTHER (1997) beim Huhn konnte festgestellt werden, dass der Schwund der WP auch bei der Pute an allen untersuchten Knochenenden etwa zur Hälfte der Gesamtwachstumsdauer der Knochen initial auf eine Abnahme der Dicke der HZ zurückzuführen ist und eine Abnahme der PZ-Dicke erst deutlich später einsetzt. Dieser Zeitpunkt des beginnenden WP-Schwundes ist für den prox. und dist. F sowie den prox. TT zwischen der 9. und 10. LW anzusetzen. Am dist. TT erfolgt er in 6. – 7. LW. Am prox. TMT vollzieht sich der Rückgang der Dicke der HZ zwischen der 7. und 8. LW,

wobei eine Abnahme der gesamten WP–Dicke, durch einen leichten Anstieg der PZ zwischen der 8. – 10. LW, erst ab der 10. LW einsetzt (s. Abb. 12 – 16).

Vergleicht man den histologisch ermittelten **Zeitpunkt der vollständigen Resorption der WP** der unterschiedlichen Knochenenden mit den Angaben aus der Literatur, so läßt sich für die untersuchten Tiere der Putenlinie B.U.T. Big 6 allgemein ein früher erfolgender WP–Schluß feststellen. Am deutlichsten erscheint dies am **prox. TT**, wo NAIRN u. WATSON (1972), NAIRN (1973), WALSER et al. (1982) und HESTER u. KOHL (1989) den WP–Schluß bei Puten zwischen der 22. und 24. LW beobachteten. Erst HURWITZ et al. (1992) ermittelten mit den eigenen Daten vergleichbare Zeitpunkte für den WP–Schluß am prox. TT in der 20. LW. Betrachtet man den Kurvenverlauf der WP des prox. TT der untersuchten Tiere (s. Abb. 14) so ist die Überlegung anzustellen, ob der WP–Schluß dieser Epiphyse bereits in der 19. LW anzusiedeln ist und die in der 20. LW bei einem Tier (T85) im medialen Drittel noch sichtbaren WP–Reste als Ausreißer zu werten sind.

Auch der von WALSER et al. (1982) am **dist. TT** röntgenologisch beobachtete WP–Schluß in der 16. LW erfolgte, verglichen mit dem der eigenen Tiere, zwei Wochen später.

KLINGENSMITH et al. (1986) beziffern den WP–Schluß des **prox. TMT** mit der 20. LW, bei HESTER u. KOHL (1989) erfolgte er bereits mit der 19. LW und die eigenen Werte liegen hierfür mit 18 LW wiederum um eine Woche darunter.

Für den **prox.** und **dist. F** dessen WP–Schluß in der 19. LW bzw. 18. LW erfolgt existieren keine Vergleichsdaten.

An allen untersuchten Knochenenden exkl. der letztgenannten läßt sich somit eine chronologische Reduktion des Zeitpunktes des WP–Schlusses erkennen. Als mögliche Einflußgrößen für diese generelle Tendenz ist neben der Züchtung auf Schnellwüchsigkeit zur Mastzeitverkürzung noch der Vollständigkeit halber die Möglichkeit des Einsatzes spezieller Beleuchtungsprogramme, welche eine frühzeitige sexuelle Reife mit entsprechend früher Beendigung des Längenwachstums der Tiere herbeiführen HESTER et al. (1983, 1986, 1987) und HURWITZ et al. (1991), zu erwähnen.

Interessant erscheint die Tatsache, dass der Zeitpunkt des WP–Schlusses bei den untersuchten Puten eine (prox. F), zwei (prox. TT), drei (prox. TMT) bzw. sogar fünf (dist. TT) Wochen früher erfolgt als bei den von RÜGER (1993) untersuchten männlichen Hühnern einer Mastrichtung.

Bei einem Vergleich des röntgenologischen WP–Schlusses, welcher nur an Knochenenden mit epiphysären Ossifikationszentren beurteilt werden kann, mit dem histologisch ermittelten, zeigt sich weitestgehende Übereinstimmung. Lediglich am prox. TT wurde der röntgenologische WP–Schluß bereits in der 19. LW also eine Woche vor dem histologischen festgestellt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der bei Tier 85 histologisch noch erkennbare Rest einer WP im medialen Drittel des Knochenendes sich röntgenologisch nicht mehr darstellt (s.o.).

Vergleicht man die Angaben von HEDSTROM et al. (1986) über die absolute **Anzahl der epiphysären Gefäßkanäle** (EVC's) bzw. **metaphysären Gefäßkanäle** (MVC's) der WP des prox. TT bei Putenhähnen mit den eigenen Werten, so läßt sich für Beide eine deutliche Zunahme der Gefäße verzeichnen. Die Zunahme liegt bei den EVC's im Durchschnitt um den Faktor 0,5 nicht ganz so hoch wie bei den MVC's bei denen sich die Anzahl annähernd verdoppelt hat. Ob die relative Anzahl der Gefäße je Millimeter WP, bei der über die letzten Jahrzehnte erfolgten Größenzunahme der Knochen und somit auch der konzentrischen Ausdehnung der Metaphyse konstant geblieben ist, kann aufgrund des Fehlens entsprechender Daten in der Literatur nicht mit Sicherheit gesagt werden. Vergleicht man jedoch die eigenen Daten mit denen von Hühnern, so zeigen sich bemerkenswerte Übereinstimmungen in der Gefäßdichte der WP.

Die ermittelte durchschnittliche Anzahl der PEV bzw. der EVC's von 1,45 je mm WP bei der Pute entspricht nahezu dem von GÜNTHER (1997) errechneten Mittelwert von 1,47 PEV je mm WP bei Hühnern einer Legelinie und den von RÜGER (1993) gemessenen Mittelwerten von 1,40 PEV je mm WP bei Masthühnern. Auch die mittlere Anzahl der MV bzw. der MVC's je mm WP ist mit 4,48 je mm WP bei der Pute der von GÜNTHER (1997) ermittelten Gefäßdichte von 4,60 je mm WP bzw. der von RÜGER (1993) mit 4,23 MV je mm WP sehr ähnlich.

Die Aussage von LEBLANC et al. (1986), wonach der prox. TT bei schweren Mastputenrassen einer verminderten metaphysären Perfusion gegenüber leichten Rassen aufgrund einer geringeren Gefäßdichte unterliegt, und dies somit als wichtige ätiologische Voraussetzung für Knochenentwicklungsstörungen zu werten wäre, müßte durch weiterführende Untersuchungen geklärt werden. Der oben angeführte überartliche Vergleich allein der Gefäßdichten kann dies jedoch nicht bestätigen. Vielmehr im Zusammenhang mit der von einer Vielzahl von Autoren beschriebenen Zunahme der Wachstumsplattendicke bzw. der Dicke der avaskulären Zone bei

schweren Mastrassen (LEBLANC et al. 1986; KEMBER et al. 1990; HURWITZ et al. 1992; BARRETO u. WILSMAN 1994; PINES et al. 1995; GÜNTHER 1997) bei gleichbleibender Gefäßkanaldichte bzw. –stärke kann eine inadäquate Versorgung mit der Folge von chondropathischen Entwicklungsstörungen bedingen, da – gesetzt den Fall – eine größere Anzahl von proliferierenden und hypertrophierenden Chondrozyten allein über Diffusion mit Nährstoffen versorgt werden muß. Eine stärkere Durchblutung des vorhandenen Gefäßsystems ist nur bis zu einem gewissen Grad möglich. Sporadisch einwirkende mechanische Noxen oder nutritive Imbalancen direkter oder indirekter Genese – beispielsweise durch eine andere Primärkrankheit bedingt – hätten für die Versorgung der WP schwerwiegende Auswirkungen.

Die über die ersten 8 LW leicht ansteigenden und im folgenden leicht abnehmenden **Durchmesser der EVC's** des prox. TT weisen mittlere Werte zwischen 47,8 µm am 1. LT und 113,0 µm in der 8. LW auf. Da für die Pute in der Literatur Vergleichsdaten fehlen, muß wie bereits an anderer Stelle auch hier auf Daten von Hühnern zurückgegriffen werden. Vergleicht man solche der Gefäßdurchmesser am prox. TT bis zum 35. LT von 30 – 90 µm Ø bei Masttieren (RÜGER 1993) sowie von 58 – 74 µm Ø bei Hühnern einer Legerichtung (GÜNTHER 1997) mit den eigenen Werten bis zur 5. LW, die bei der Pute zwischen 48 µm im Minimum und 98 µm im Maximum liegen, so kann eine annähernd gleiche Spannweite beobachtet werden. Die von THORP (1988c) beschriebene Proportionalität zwischen Gefäßkanaldurchmesser der PEV und der Dicke der WP müßte durch weiterführende Untersuchungen belegt werden.

Nach Untersuchungen von GÜNTHER (1997) stellt sich die **avaskuläre Zone (AZ)** bzw. prähypertrophe Zone (PHZ) bei Masthühnern deutlich breiter und unregelmäßiger dar als bei Tieren einer Legerichtung. Weiterhin beschreibt er, dass die metaphysären Gefäßkanäle bei Masthühnern unregelmäßig auf Höhe der AZ enden, was jedoch auf die Verhältnisse bei der Pute nur bedingt zu übertragen ist. Betrachtet man die Dickenverhältnisse der einzelnen Zonen untereinander, so ergibt sich bei den untersuchten Putenhähnen ein ähnliches Bild wie bei den Masthühnern. Der Übergang zwischen AZ und der HZ stellt sich hierbei jedoch gleichmäßiger dar als bei den von RÜGER (1993) untersuchten Masthühnern, er ist wiederum aber nicht ganz so gleichmäßig wie bei den von GÜNTHER (1997) untersuchten Tieren einer Legerichtung.

Vergleichsdaten für die Stärke der AZ des prox. TT bei 14 Tage alten Putenhähnen aus der Literatur liegen z.T. deutlich unter den eigenen für die Putenlinie B.U. T. Big 6 gemessenen Werten. Mit 260  $\mu\text{m}$  ist die Stärke der AZ bei PERRY et al. (1991b) nur etwa halb so groß wie die der eigenen Tiere, welche zu diesem Zeitpunkt bereits 518  $\mu\text{m}$  beträgt, wohingegen HEDSTROM et al. (1986) mit 500  $\mu\text{m}$  bei 10 Tage alten und mit 400  $\mu\text{m}$  bei 14 Tage alten Tieren den Eigenen ähnliche Werte ermittelten. Zwischen der 4. und der 9. LW weist die AZ bei den untersuchten Putenhähnen einen deutlichen Anstieg ihrer Ausdehnung auf Werte um 750  $\mu\text{m}$  auf (s. Abb. 21). Dies wird einerseits als physiologische Gegebenheit bei Masttieren angesehen, kann aber auch als mögliche Ursache für pathologische Veränderungen verstanden werden. Betrachtet man den Kurvenverlauf für die Anzahl der MVC's (s. Abb. 19) in diesem Kontext, so erscheint sie zwischen der 3. und 9. LW relativ unstetig auf einem niedrigen Niveau, was wiederum einen verstärkenden Faktor für die Ausprägung von pathologischen Entwicklungsstörungen darstellen würde.

Auch die auffällig hohe Standardabweichung der Stärke der AZ in den Wochengruppen zwischen der 11. und 15. LW ist ein Indiz dafür, dass in diesem Alter sehr individuelle Schwankungen in ihrer Ausdehnung auftreten und somit bei einem Teil der Tiere ein prädisponierender Faktor für osteochondropathische Entwicklungsstörungen wie tibiale Dyschondroplasie (TD) vorliegen könnte.

Eine Abnahme der Neuerkrankungsrate für TD und ein gleichzeitiger Anstieg der Rekonvaleszenzrate ab der 15. LW (WALSER et al. 1982; CUMMINGS 1987; WYERS et al. 1991; GYLSTORFF u. GRIMM 1998) könnten auf einen deutlichen Anstieg der Anzahl der MVC's und damit der Versorgung der WP durch metaphysäre Gefäße ab der 14. LW (s. Abb. 19), bei gleichzeitig abnehmender WP-Stärke zurückzuführen sein.

Funktionelle **Anastomosen**, wie von THORP (1988a) bis zum 14. LT und von GÜNTHER (1997) bis zum 4. LT beim Huhn beschrieben, konnten bei der Pute in dem histologisch untersuchten Zeitraum ab dem ersten LT nicht nachgewiesen werden. Dies entspricht den Beobachtungen von WISE u. JENNINGS (1973) und HEDSTROM et al. (1986) bei der Pute sowie denen von LUTFI (1970a,b), HOWLETT et al. (1984) und RÜGER (1993) beim Huhn, die ebenfalls keine Endothel ausgekleideten Verbindungen zwischen den beiden Gefäßsystemen nachweisen konnten.

Ob die Existenz intakter Gefäßanastomosen zum Zeitpunkt des Schlupfes bei der Pute generell ausgeschlossen werden kann, ließe sich erst nach der Anfertigung von Serienschnitten, welche die gesamte Epiphyse berücksichtigen mit Sicherheit sagen, da die von GÜNTHER (1997) beim Huhn beschriebenen Anastomosen seiner Meinung nach aufgrund ihrer geringen Anzahl nur zufälligerweise im Schnitt getroffen wurden.

Bei der Beurteilung der Röntgenaufnahmen der drei Extremitätenknochen konnten insgesamt fünf **epiphysäre Ossifikationszentren (EOC)** nachgewiesen werden, wobei das Auftreten und die Ausdehnung der EOC's an den verschiedenen Knochenenden weitestgehend den Verhältnissen an den untersuchten histologischen Schnittpräparaten entsprechen. Am prox. und dist. Femur konnten zu keiner Zeit weder röntgenologisch noch histologisch, entsprechend den Verhältnissen bei anderen Geflügelarten, Anzeichen von EOC's festgestellt werden. Dies entspricht auch den Beobachtungen von WISE u. JENNINGS (1973) bei der Pute.

Das in der **prox.** Epiphyse des **TT** befindliche solitäre EOC stellt sich röntgenologisch bereits bei der Hälfte der untersuchten Tiere in der 2. LW als stecknadelkopfgröße Verschattung dar. Erst in der 4. LW zeigt sich das EOC erstmalig bei allen Tieren in beiden Projektionsebenen. Aufgrund seiner Lage an der Insertionsstelle des Ligamentum patellae ist davon auszugehen, dass es sich bei diesem Ossifikationszentrum um eine echte Zugepiphyse bzw. ein wahres sekundäres Ossifikationszentrum handelt. Dies entspricht weitestgehend den Beobachtungen von HOGG (1980), HOWLETT et al. (1984) und THORP (1988a) für das Geflügel allgemein. Außerdem läßt das relativ späte Auftreten darauf schließen, dass es erst durch den Zug des Kniescheibenbandes unter Belastung zu einer zunehmenden Vergrößerung und Verknöcherung dieses EOC kommt. Weitere Angaben zum ersten Auftreten dieses EOC's bei der Pute sind in der Literatur bisher nicht beschrieben.

An der **dist. TT**-Epiphyse finden sich im Gegensatz zur proximalen drei Ossifikationskerne, wobei zwischen zwei kondylären und einem dritten EOC unterschieden werden muß. Bereits am 1. LT lassen sich das mediale kondyläre EOC sowie das sog. dritte EOC röntgenologisch nachweisen, das laterale kondyläre EOC liegt zu diesem Zeitpunkt erst bei einem Teil der Tiere vor. Die weitere Ausdehnung in den folgenden Wochen vollzieht sich am medialen kondylären EOC stärker als am lateralen. Beide EOC's sind aufgrund ihrer Lokalisation, übereinstimmend mit den Angaben von FRANCESCHINI (1967) und RIDDELL

(1981), als Fusionsprodukte der proximalen Tarsalknochenreihe anzusehen, und demnach als primäre Ossifikationszentren einzustufen.

Im Gegensatz dazu handelt es sich bei dem sog. dritten EOC aufgrund seiner Lage und Ausdehnung um ein sekundäres Ossifikationszentrum. Es liegt zentral in einem Dreieck aus drei Bandinsertionsstellen und ist somit andauernden starken mechanischen Zugkräften ausgesetzt. Zum Einen endet hier der *Pons supratendineus*, welcher als Umlenkpunkt der Zehenstrecker fungiert, zum Anderen inseriert hier das *Retinaculum*, ein Ringband, welches als Durchtritt für den *Musculus tibialis cranialis* dient und letztlich liegt hier der Ursprung für das *Ligamentum meniscotibiale lat. et med.*. Von FRANCESCHINI (1967), THORP (1988b), RÜGER (1993) und GÜNTHER (1997) wird dieses EOC beim Huhn ebenfalls als echte Zuepiphyse beschrieben. Das Hervorgehen dieses EOC aus dem *Os intermedium* der Tarsalanlage, wie von ROMANOFF (1960) dargestellt, kann demnach als unwahrscheinlich erachtet werden.

In der 9. LW ist auf den dorsoplantaren Röntgenprojektionen eine axiale Verschmelzung der kondylären EOC's miteinander ersichtlich und in der 11. LW fusioniert darin noch das dritte EOC. Andere Autoren hingegen beschreiben, dass erste histologisch erkennbare Zusammenschlüsse der EOC's beim Huhn zwischen dem dritten EOC und dem medialen (FRANCESCHINI 1967; RÜGER 1993; GÜNTHER 1997) bzw. lateralen THORP (1988b) Ossifikationskern auftreten. Hierbei kann die röntgenologische Beurteilung der Reihenfolge der Fusion der EOC's insofern von Vorteil sein, da sie ungeachtet der histologischen Schnittebene die maximale Ausdehnung der EOC's und damit ihre ersten Berührungspunkte zeigt. Desweiteren läßt die zweite Röntgenebene eine dreidimensionale Betrachtung der Ossifikationsvorgänge an den Epiphysen zu. Eine Kombination von histologischen und röntgenologischen Verfahren zur Beurteilung der EOC's wird demnach als sinnvoll erachtet.

Ein röntgenologischer Nachweis des EOC im **prox. TMT** gelingt bereits bei der Hälfte der Puten der Linie B.U.T. Big 6 am 1. LT. Am 7. LT ist bei allen untersuchten Tieren ein linsenförmiges EOC von 2 mm  $\varnothing$  nachweisbar. Die Existenz dieses EOC bei der Pute wird von WISE u. JENNINGS (1973), RIDDELL (1981) und HEDSTROM et al. (1986) beschrieben und von den beiden Erstgenannten als Fusionsprodukt der distalen Tarsalknochenreihe erkannt. Dies entspricht auch den Beobachtungen von FRANCESCHINI (1967), NAIRN u. WATSON (1972), HOGG (1980), THORP

(1988b), RÜGER (1993) und GÜNTHER (1997) beim Huhn bzw. beim Geflügel allgemein. Im Vergleich zu den EOC's des TT, die über einen großen Zeitraum kranial in den Epiphysen lokalisiert sind, zeigt der Ossifikationskern des prox. TMT eine zentrale Lage und weist eine rasche zentrifugale Ausdehnung auf, so dass er in der 8. LW bereits den größten Teil der Epiphyse einnimmt. Wie auch an den kondylären EOC's des dist. TT lassen sich hier radiologisch ab der 3. LW spongiöse, gitternetzartige Strukturen im Innern des EOC erkennen. Ab der 6. LW werden diese entsprechend den zuvor genannten Ossifikationskernen von einer deutlichen kompakten Verschattungsfront umgeben.

Der Zeitpunkt der Herausbildung der EOC's aller Epiphysen entspricht somit bemerkenswerterweise annähernd den histologisch ermittelten beim Huhn (LUTFI 1970a; THORP 1988b; RÜGER 1993; GÜNTHER 1997). Die beiden letztgenannten Autoren geben lediglich das erste Erscheinen des EOC im prox. TT eine Woche später an.

Die Beurteilung des Auftretens und der Ausdehnung der EOC's anhand von Röntgenaufnahmen stellt aufgrund ihrer Konstanz eine gute in vivo Methode zur Altersbestimmung von Puten dar. Weiterhin können die EOC's als physiologische Vergleichsbasis zur Differenzierung pathologischer Prozesse bei der Knochenentwicklung herangezogen werden. Jedoch kann anhand der Röntgenaufnahmen der Zeitpunkt der vollständigen Ossifikation der Epiphysen (histologisch: prox. TT 21. LW; dist. TT 15. LW u. prox. TMT 20. LW) welcher erst ein bis zwei Wochen nach dem WP-Schluß erfolgt, nicht exakt bestimmt werden. Bei einem Vergleich der histologischen Schnittpräparate, welche noch deutliche Chondrozytenherde in den proximoabaxialen Bereichen direkt unter dem Gelenkknorpel zeigen, mit den entsprechenden Röntgenaufnahmen dieser Tiere, lassen sich diese, noch von Knorpelzellen durchsetzten Areale, von dem umgebenden bereits ossifizierten Gewebe nicht mehr abgrenzen.

Insgesamt stellt die röntgenologische Untersuchung somit neben der Diagnostik pathologischer Veränderungen eine aussagekräftige Methode zur Beurteilung physiologischer Wachstumsprozesse wie die Resorption der EK's, die Darstellung der EOC's, die Ermittlung des Wachstumsplattenschlusses, sowie post mortem die Entwicklung der Flächenverhältnisse von Markraum zu Kompakta im Bereich der Diaphyse dar.



Unter Anwendung eines Zwei-Spektren-Röntgenschwächungsverfahrens zur **Knochendichtemessung** konnten für die Tiere der Linie B.U.T. Big 6 ab einem Alter von 5 LW Meßwerte für die prox. Femurmetaphyse erfaßt werden. Bis zur 11. LW findet eine deutliche Erhöhung der Dichte auf das 3,5-fache mit Werten um  $0,342 \text{ g/cm}^2$  statt, in den darauffolgenden Wochen zeigt sich insgesamt nur noch eine geringe Steigerung um  $0,05 \text{ g/cm}^2$ . Bei der angewandten Methode der Dichtemessung war die exakte Platzierung der Meßfelder (ROI's) von großer Bedeutung, da bereits geringe Verschiebungen in Richtung Epi- oder Diaphyse zu Abweichungen der Werte geführt hätten.

Verschiedene Autoren haben Messungen an unterschiedlichen Knochen an differierenden Lokalisationen und mit verschiedenen Meßapparaturen mit daraus resultierenden unterschiedlichen Einheiten ( $\text{g/cm}$ ;  $\text{g/cm}^2$ ; %) oder unter Entbehrung jeglicher Einheiten durchgeführt, so dass die Werte der in der Literatur angegebenen Knochendichten nicht direkt vergleichbar sind.

Es konnte bei den eigenen Tieren ähnlich den Ergebnissen von NESTOR et al. (1987) eine starke Zunahme der Dichte zwischen der 8. und 16. LW gesehen werden, eine Verdopplung wie von ihnen am TT von Puten gemessen, fand in diesem Zeitraum an der Femurmetaphyse (s. Abb. 25) jedoch nicht statt, da maximale Dichtezunahmen bereits zu einem früheren Zeitpunkt realisiert worden sind.

Vergleicht man die Entwicklung der Knochendichte der Femurmetaphyse mit der Entwicklung der Trockenmasse, der Rohasche und der der Mineralstoffe des Femurdiaphysenringes, so läßt sich über den beobachteten Zeitraum keine starke Korrelation erkennen. Lediglich die Trockenmasse zeigt zwischen der 5. und der 11. LW noch einen geringen Anstieg, wohingegen die anderen Parameter in der 7. LW bereits ein annähernd konstantes Niveau erreicht haben. Dies unterstreicht die Notwendigkeit beim Vergleich von unterschiedlichen Parametern diese aus identischen Knochenregionen zu gewinnen. Unter solchen Bedingungen kann die von METZ et al. (1985) und von AKPE et al. (1987) nachgewiesene hohe Korrelation zwischen Knochendichte und Mineralstoffgehalt erwartet werden.

Der **Trockensubstanz**gehalt des untersuchten Femurdiaphysenringes zeigt während der ersten 7 LW eine Verdopplung auf einen Wert über  $800 \text{ g/kg}$  Feuchtmasse (FM). Im weiteren Verlauf steigt er auf annähernd 90% der FM bis zur 19. LW an. Der

Gehalt an **Rohasche** dieser Trockensubstanz steigt ebenfalls kontinuierlich bis zur 7. LW von 40% auf 70% an und bleibt in den nachfolgenden Wochen relativ konstant. Wie zu erwarten, zeigen die Ergebnisse der **Mineralstoffuntersuchung**, dass die Gehalte an anorganischer Substanz (**Rohasche**) in den untersuchten Femurdiaphysenringen im Vergleich zu Literaturdaten komplett veraschter Knochen bis zu 27% höher liegen. Für die ersten 2 LW konnten sogar bis zu 50% höhere Werte, als bei den von HEDSTROM et al. (1986) aus komplett veraschten Oberschenkelknochen gewonnenen Daten, gesehen werden. Dies entspricht weitestgehend den Ergebnissen von KLINGENSMITH et al. (1986), woraus sich ein im Mittel um 15% höherer Aschegehalt der Diaphyse gegenüber dem des gesamten TMT von 19 Wochen alten Putenhähnen ableiten lässt.

Eine aktuelle Problematik im Hinblick auf die Mineralstoffversorgung stellt das Verbot von Futtermitteln tierischer Herkunft bei der Ernährung von lebensmittelliefernden Tieren speziell des Geflügels dar. Eine adäquate Versorgung der Pute mit Mineralstoffen pflanzlicher Herkunft ist insofern erschwert, da die enthaltenen Phosphorverbindungen durch ein im Intestinaltrakt von Vögeln nur in geringer Menge enthaltenes Enzym, die Phytase, aufgespalten werden müssen, und es demnach bei schnellwachsenden modernen Mastrassen einer Substitution bedarf (DÄNNER u. BESSEI 2002). Auf der Grundlage der in dieser Arbeit aufgeführten physiologischen Werte für **Ca** und **P** müsste geprüft werden, ob eine ausreichende Versorgung mit Mineralstoffen durch die alternative Fütterung gewährleistet werden kann.

Beim Vergleich der eigenen, durch die Veraschung des markfreien Diaphysenringes erhaltenen Werte mit denen der Literatur fällt auf, dass aufgrund des reinen Anteils an kompaktem Knochen die Werte für den Ca- und P- Gehalt bei den eigenen Tieren, mit Werten um 175 bis 245 mg/g TM für Kalzium und 81 bis 133 mg/g TM für Phosphor, durchgehend etwas höher liegen, wobei der Phosphorgehalt in der 9. LW und der Kalziumgehalt in der 10. LW ein annähernd konstantes Niveau erreichen.

Die Auswahl eines definierten Abschnittes der Diaphyse hat gegenüber der Analyse von Aschemischproben eines Knochens oder von einem epi-metaphysären Knochenabschnitt den Vorteil, für die Mineralstoffuntersuchung besser reproduzierbare und damit vergleichbare Ergebnisse zu liefern. Wenn die Möglichkeit bestünde auch von älteren Tieren den kompletten Knochen insgesamt zu analysieren, so wäre dieses Verfahren die Methode der Wahl.

Bemerkenswerterweise stellt sich das **Verhältnis** von **Ca** und **P** des Femurdiaphysenringes, welches bei den untersuchten Tieren im Mittel 1,92 beträgt, ähnlich dar, wie es u. a. von DORR u. BALLOUN (1976) und von HEDSTROM et al. (1986) für den gesamten F bzw. TT angegeben wurde.

Bei der Entscheidung für eines der beiden letztgenannten Verfahren zur Beurteilung des Mineralisierungsgrades des Knochens ist zu beachten, dass die Densitometrie zwar eine zeitsparende, gegebenenfalls auch in vivo durchführbare Meßmethode darstellt, welche jedoch mit der in dieser Arbeit verwendeten Meßapparatur einen hohen technischen Aufwand erfordert. Ein Vorteil der Mineralstoffuntersuchung liegt darin, dass im Anschluß an die Trockensubstanz- und Rohaschegehaltbestimmung weitere Analyseverfahren beispielsweise zur Ca- und P- Bestimmung durchgeführt werden können, und somit eine differenziertere Betrachtung der anorganischen Zusammensetzung des Knochens als bei der Densitometrie möglich ist.

Die mit Hilfe der dargestellten Methoden gewonnenen Daten zur Beurteilung der Skelettintegrität von Putenhähnen der Linie B.U.T. Big 6 über eine Aufzucht- und Mastperiode bis zu einem Alter von 21 Wochen sollen zukünftig dem Wissenschaftler sowie dem Praktiker die Diagnostik der bedeutendsten Beinskeletterkrankungen (siehe Kapitel 2.3.) erleichtern. Die folgenden Parameter gelten für die aufgeführten Erkrankungen als aussagekräftig: So finden sich vom physiologischen stark abweichende Beckengliedmaßenknochenlängen/ -dicken bzw. Veränderungen in dem Flächenanteil der diaphysären Kompakta bei folgenden Erkrankungen: Rachitis und Field rickets (HEDSTROM et al. 1986; BERGMANN 1992; RIDDELL 1992), Angular bone deformity (BERGMANN 1992; RIDDELL 1992, 1997; JULIAN 1998) und T.S.'65 (WISE 1977; RIDDELL 1981).

Durch Veränderungen der mineralischen Zusammensetzung des Knochens (TS, Ra, Ca, P) zeichnen sich u. a. folgende Erkrankungen aus: Rachitis, Field rickets (GYLSTORFF 1982; HEDSTROM et al. 1986; BERGMANN 1992; HURWITZ et al. 1992; HUFF et al. 1999) sowie TD (RATH et al. 1994a).

Eine erniedrigte Femurmasse und Röntgendichte wird ebenfalls im Zusammenhang mit den demineralisierenden Erkrankungen (Rachitis und Field rickets) beschrieben (WALSER et al. 1980; GYLSTORFF 1982; STEVENS et al. 1984; HURWITZ et al. 1992; HUFF et al. 1999). Auch die TD soll in einer frühen Krankheitsphase am

lebenden Tier röntgenologisch diagnostiziert werden können (WALSER et al. 1982; THORP 1992, 1994; LYNCH et al. 1992; RIDDELL 1997).

Histologisch und histometrisch nachweisbare Veränderungen der WP zeigen sich bei folgenden Erkrankungen: TD (POULOS 1978; HAGEST et al. 1985; THORP 1994; RATH et al. 1994a, 1998; JULIAN 1998), Rachitis und Field rickets (WALSER et al. 1980; GYLSTORFF 1982; HEDSTROM et al. 1986; PERRY et al. 1991b; BERGMANN 1992; JULIAN 1998), Angular bone deformity (WISE et al. 1973a; BERGMANN 1992; RIDDELL 1992), T. S. '65 (WISE et al. 1973b; REECE 1992) und Osteomyelitis (JORDAN 1990; BERGMANN 1992; REECE 1992; MUTALIB u. MASLIN 1996; JULIAN 1998).

Eine histologisch und röntgenologisch nachweisbar verzögerte Resorption der EK und Veränderungen der Ossifikationszentren sind ebenfalls typisch für rachitische Erkrankungen (HEDSTROM et al. 1986).

Die Anzahl der Blutgefäße der WP ist bei der TD (POULOS 1978; FARQUHARSON et al. 1992; PINES et al. 1995; RATH et al. 1994a, 1998; RIDDELL 1997; JULIAN 1998) sowie bei artikulären Osteochondrosen (OCD) (DUFF 1984a; RIDDELL 1992), Rachitis und Field rickets (RIDDELL 1992; HURWITZ et al. 1992), Angular bone deformity (WISE et al. 1973a; BERGMANN 1992; RIDDELL 1992), T. S. '65 (WISE et al. 1973b; REECE 1992), sowie bei Osteomyelitis (REECE 1992) entweder absolut oder infolge Thrombosierung bzw. Infarzierung relativ reduziert.

Zusammenfassend müssen folgende Wachstumsperioden für die Erforschung von Knochenentwicklungsstörungen der Hinterextremität der Pute, aufgrund starker Veränderungen von Entwicklungsparametern mit entsprechenden knochenarchitektonischen Umbauprozessen einer umfassenden Betrachtung unterzogen werden:

Alle untersuchten WP's weisen in der 6. LW ihre größte Ausdehnung verbunden mit dem intensivsten Längenwachstum der Knochen auf. Legt man einen erhöhten Nährstoffbedarf der sich vermehrt teilenden und proliferierenden Chondrozyten zugrunde, so stellt die stark ausgeprägte AZ ab der 5. LW in Kombination mit einer nicht adäquaten Zunahme der Anzahl der MV's zwischen der 3. LW und 9. LW eine erhöhte Gefahr einer Unterversorgung der WP, insbesondere der Typ 2-WP, in dieser und den nachfolgenden Wachstumszeiträumen dar.

Dieses wurde bereits von WISE u. JENNINGS (1973) vermutet. Auch sie gehen davon aus, dass eine Vielzahl der Bewegungsstörungen der Pute auf eine mangelnde Versorgung der metabolisch hochaktiven spezialisierten Zellen des Wachstumsknorpels zurückzuführen sind.

Erhöhte Aufmerksamkeit verdient weiterhin der Zeitraum zwischen der 8. LW und 14. LW, welcher die größten täglichen Massenzunahmen der Putenhähne aufweist. Betrachtet man in diesem Zusammenhang außerdem die starken Umbauprozesse des Knochenschaftes von F und TT in der 15. LW, bei dem es zu einer massiven Abnahme der Stärke der Kortikalis zugunsten des Markraumes kommt, muß auch hier mit einer erhöhten Anfälligkeit des Skeletts gerechnet werden.

Die Tatsache, dass z. T. bemerkenswerte Parallelen in der Entwicklung und den Zeitpunkten des Auftretens bestimmter markanter knochenphysiologischer Abläufe (Resorption der EK, EOC, WP-Dynamik, Anzahl der Gefäße je Millimeter WP sowohl der EVC als auch der MVC, sowie der EVC Durchmesser) zwischen den Geflügelarten Pute und Huhn (RÜGER 1993; GÜNTHER 1997) bestehen, lassen eine starke genetische Fixierung der Wachstumsparameter vermuten.

Das Hauptziel der Züchter lag über einen langen Zeitraum in der Selektion von Tieren zur Erfüllung kommerzieller Produkthanforderungen/Produktionserfordernisse. Das Zuchtziel berücksichtigt jedoch zunehmend auch das Wohlergehen der Tiere und zielt dabei auf eine Reduktion der Mortalität sowie von Skelett- und metabolischen Erkrankungen ab (DOUGLAS u. BUDDIGER 2002).

Dies zeigt sich tendenziell auch in der Tatsache, dass seit Beginn der 90er Jahre offensichtlich vermehrt auf ein adäquates, dem restlichen Körper angepaßtes Beinskelett gezüchtet wird, was sich in dieser Arbeit durch eine Beinlängenzunahme um ca. 10%, gegenüber den älteren Literaturdaten, widerspiegelt. Es ist jedoch fraglich, ob diese Stärkung ausreicht, die Inzidenz von Beinskeletterkrankungen befriedigend zu senken, wenn man die Verdopplung der Mastendgewichte in den letzten 4 Jahrzehnten zugrundelegt, zumal weitere untersuchte Knochenparameter Erhöhungen in diesem Maße, teilweise aufgrund des Fehlens von ausreichenden Vergleichsdaten, nicht nachweislich erfahren haben.

Ein weiteres Problem könnte der Trend zur Mastzeitverkürzung bei konstanten Mastendgewichten darstellen. Wie sich an dem frühzeitigen Schluß der WP der

Putenlinie B.U.T. Big 6 im Vergleich zu den Literaturdaten erkennen läßt, konnte zwar bereits eine Vorverlegung der genetisch relativ stark fixierten Skelettreife erreicht werden, die hohen täglichen Massezunahmen der ersten zehn Wochen treffen jedoch immer noch auf ein unausgereifteres Skelett. Auch nach KIRN u. FIRMAN (1993) sollten maximale Massezunahmen erst relativ spät erfolgen, um das unausgereifte Skelettsystem möglichst nicht zu überlasten.

Es wäre sinnvoll, wenn auf der Grundlage der in dieser Studie erarbeiteten physiologischen Basisdaten weitere Untersuchungen anderer Putenrassen, so auch von Rassen und Linien mit nachweislich geringerer Inzidenz von Beinskeletterkrankungen, durchgeführt würden mit dem Ergebnis, die krankheitsauslösenden Faktoren näher zu bestimmen, um sie durch entsprechende züchterische Maßnahmen gezielt zu reduzieren.