

## 5 Ergebnisse

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der Parameter des Knochenaufbaus (Osteocalcin, knochenspezifische alkalische Phosphatase), des Knochenabbaus (carboxyterminale Telopeptide des Typ I-Kollagens ICTP) und anschließend von 1,25-Dihydroxycholecalciferol als Indikator für den Kalzium-Phosphor-Stoffwechsel tabellarisch und grafisch dargestellt. Dabei wurde jeweils die entsprechende Tendenzgerade eingezeichnet.

Für jeden Parameter pro Untersuchungstag wurden die statistischen Kennwerte aller Pferde (arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung, Median, Minimum, Maximum) ermittelt und hiermit statistische Tests durchgeführt.

Die tabellarische und grafische Darstellung der gemessenen Einzelwerte für jedes Pferd sind dem Anhang (ab S. 80) zu entnehmen.

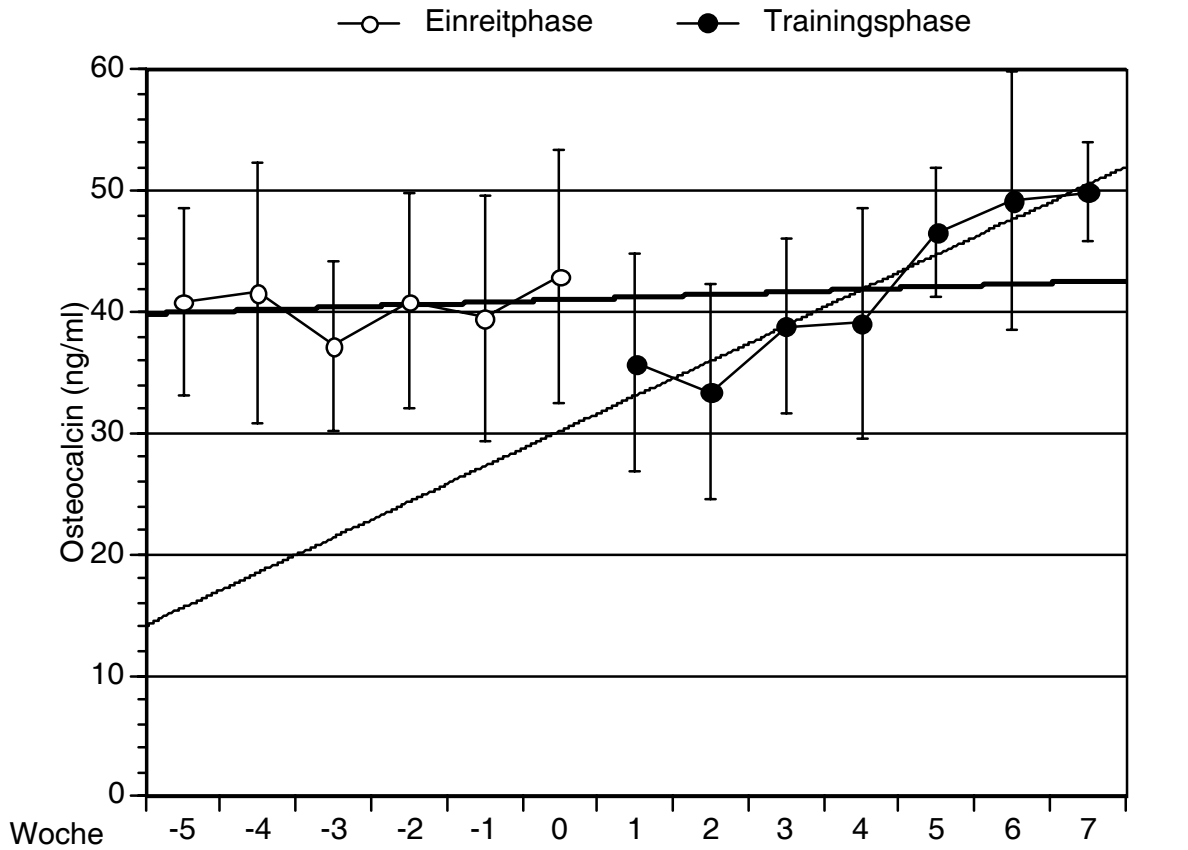
### 5.1 Ergebnisse zu den Parametern des Knochenaufbaus

#### 5.1.1 Osteocalcin

Die Osteocalcin-Konzentration blieben während der Einreitphase zunächst auf einem gleichbleibenden Niveau um etwa 41 ng/ml, um in der dritten Woche vorübergehend auf durchschnittlich  $37,2 \pm 7,1$  ng/ml abzusinken. Bis zum Wechsel der Pferde auf die Rennbahn stiegen die Werte allmählich bis auf  $42,9 \pm 10,5$  ng/ml an. Die Aufnahme des Trainings führte innerhalb der ersten beiden Wochen zu einem Absinken bis auf den Minimalwert von  $33,4 \pm 8,9$  ng/ml. Anschließend stieg die Osteocalcin-Konzentration stetig bis weit über das Ausgangsniveau an, um in der siebten Trainingswoche ihr Maximum von  $49,9 \pm 4,1$  ng/ml zu erreichen (Abbildung 1).

Beim Vergleich der beiden Zeitperioden fiel zusammengefasst in der Einreitphase im Zuchtstall der Trend zu einem nur geringgradigen Anstieg, in der Trainingsphase auf

der Rennbahn, nach einer vorübergehenden Adaptationsperiode, eine stark ansteigende Konzentration der Osteocalcin-Konzentrationen auf.



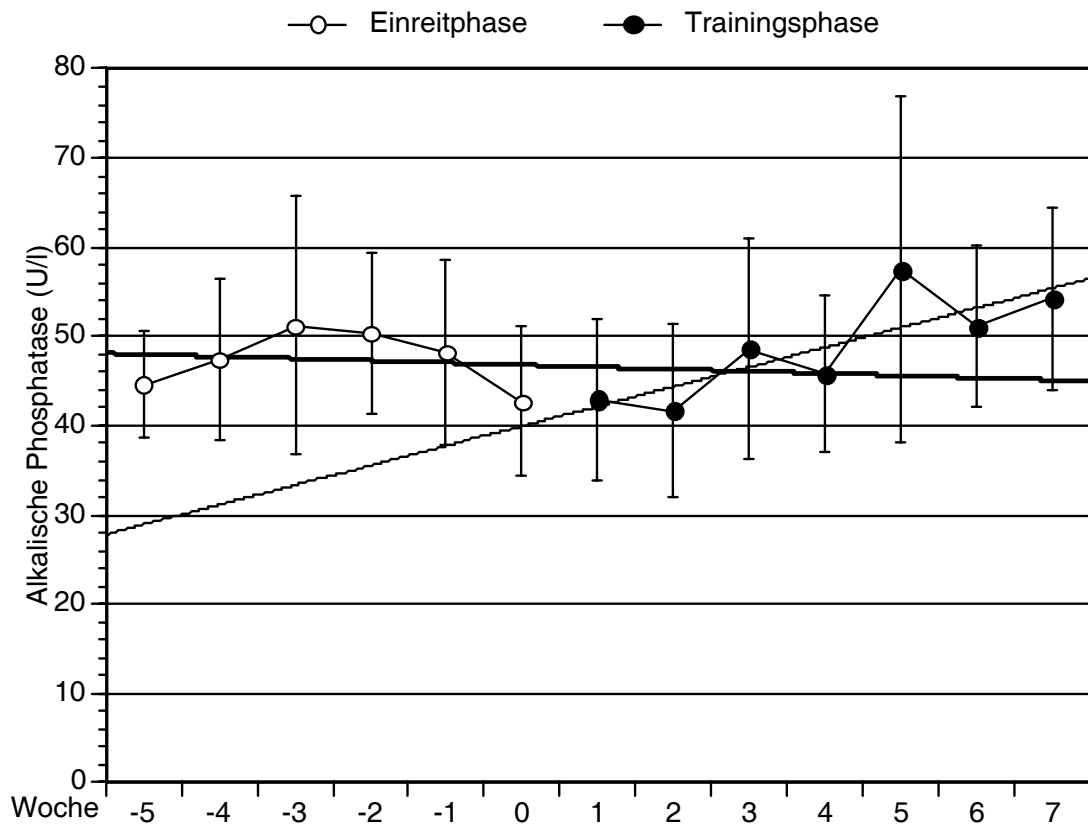
MW	40,9	41,6	37,2	40,9	39,5	42,9	35,8	33,4	38,8	39,1	46,6	49,2	49,9
s	7,7	10,7	7,1	8,9	10,2	10,5	9,0	8,9	7,2	9,5	5,4	10,6	4,1
n	6	10	18	29	29	10	26	18	15	13	9	11	5

Abbildung 1: Osteocalcin-Konzentration bei Vollblutjährlingen während der Einreit- und der Trainingsphase (n = 29)  
 (dicke Linie: Trend während der Einreitphase im Zuchtstall,  
 dünne Linie: Trend während des Trainings auf der Rennbahn)

### 5.1.2 Knochenspezifische alkalische Phosphatase

Die Aktivität der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase stieg von anfänglich  $44,6 \pm 6,0$  U/l während der ersten beiden Einreitwochen auf durchschnittlich  $51,2 \pm 14,5$  U/l an. Anschließend sank die Aktivität kontinuierlich bis auf  $42,7 \pm 8,4$  U/l ab. Nach dem Wechsel auf die Rennbahn zeigten sich Schwankungen der Aktivität der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase, wobei die Trendlinie in Abbildung 2 einen steigenden Verlauf zeigt. Das Maximum wurde fünf Wochen nach Trainingsbeginn mit  $57,4 \pm 19,4$  U/l erreicht (Abbildung 2).

Beim Vergleich beider Phasen war im Aufzuchtstall ein sinkender Verlauf der Aktivität der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase zu erkennen, während sich nach dem Wechsel auf die Rennbahn nach einer Anpassungszeit ein Anstieg der Werte zeigte.



MW	44,6	47,5	51,2	50,3	48,2	42,7	42,9	41,7	48,6	45,8	57,4	51,1	54,3
s	6,0	9,0	14,5	9,0	10,3	8,4	9,1	9,6	12,4	8,7	19,4	9,1	10,2
n	6	10	18	29	29	10	26	18	15	13	9	11	5

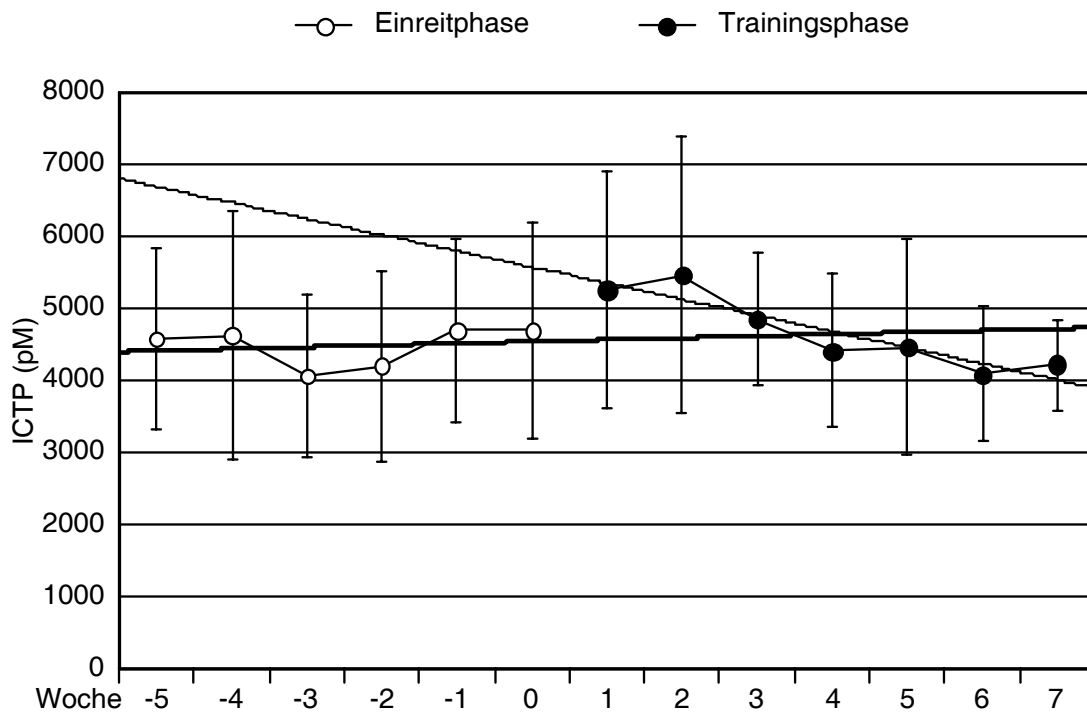
Abbildung 2: Aktivität der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase bei Vollblutjährlingen während der Einreit- und der Trainingsphase (n = 29)  
 (dicke Linie: Trend während der Einreitphase im Zuchtstall,  
 dünne Linie: Trend während des Trainings auf der Rennbahn)

## **5.2 Ergebnisse zu den Parametern des Knochenabbaus**

### **5.2.1 Carboxyterminale Telopeptide des Typ 1-Kollagen (ICTP)**

Die ICTP-Konzentrationen blieben während der ersten beiden Wochen der Einreitphase auf dem gleichen Niveau um etwa 4600 pM, sanken dann für weitere zwei Wochen auf Werte um 4100, um in den letzten beiden Wochen wieder auf die Ausgangswerte anzusteigen. Nach dem Wechsel der Pferde auf die Rennbahn kam es während der ersten beiden Wochen zu einem Anstieg der ICTP-Konzentrationen bis zum Maximum von  $5461 \pm 1917$  pM, anschließend reduzierten sich die Werte kontinuierlich, bis nach siebenwöchigem Training eine durchschnittliche ICTP-Konzentration von  $4217 \pm 627$  pM erreicht war.

Anhand der Trendlinien in Abbildung 3 zeigt sich während der Einreitphase ein gleichbleibender Verlauf der ICTP-Konzentrationen, während nach Trainingsbeginn die Werte absanken (Abbildung 3).



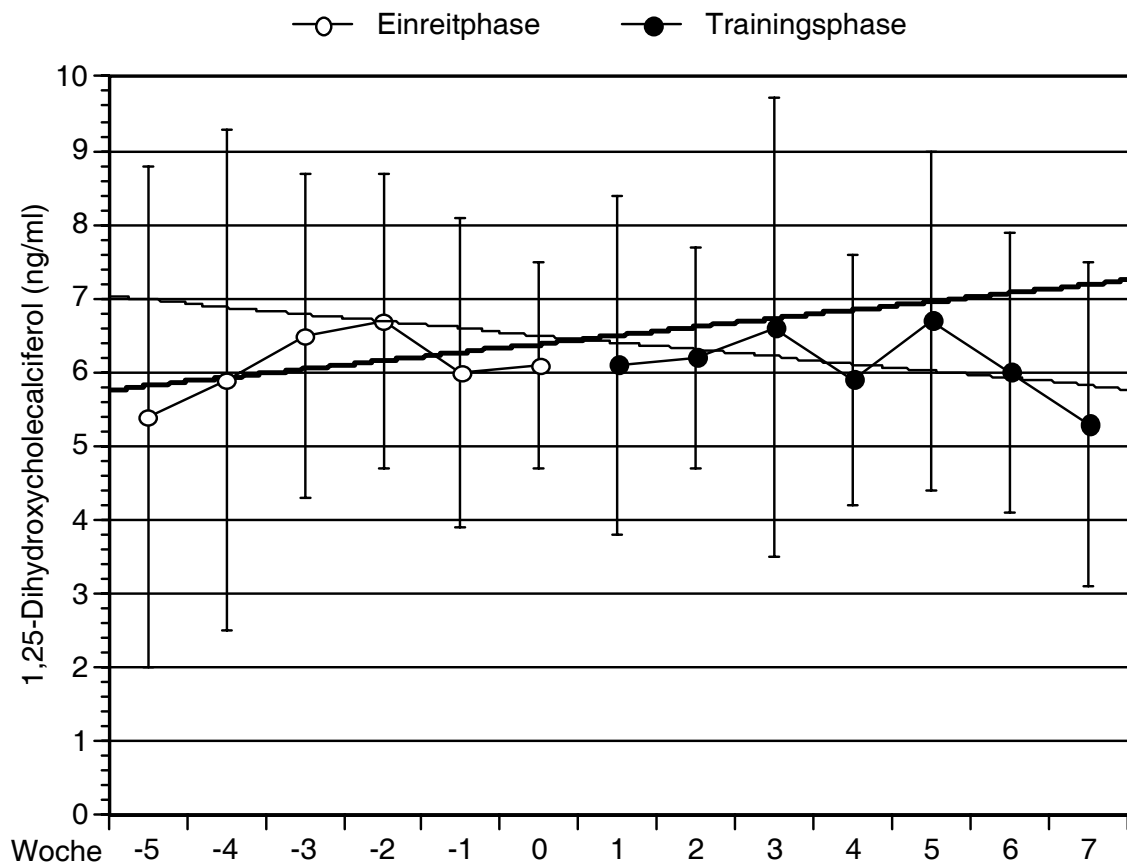
MW	4579	4623	4060	4198	4691	4689	5256	5461	4845	4405	4456	4078	4217
s	1271	1740	1123	1327	1268	1486	1638	1917	929	1070	1508	935	627
n	6	10	18	29	29	10	26	18	15	13	9	11	5

Abbildung 3: ICTP-Konzentrationen bei Vollblutjährlingen während der Einreit- und der Trainingsphase (n = 29)

(dicke Linie: Trend während der Einreitphase im Zuchtstall,  
dünne Linie: Trend während des Trainings auf der Rennbahn)

### **5.3 1, 25-Dihydroxycholecalciferol**

Während der ersten vier Wochen der Einreitphase stieg die Konzentration des 1,25-Dihydroxycholecalciferol kontinuierlich von anfänglich  $5,4 \pm 3,4$  ng/ml auf  $6,7 \pm 2,0$  ng/ml an. In den letzten beiden Wochen der Einreitphase sanken die Werte leicht auf etwa durchschnittlich  $6,0$  ng/ml ab. Auch nach dem Wechsel der Pferde auf die Rennbahn verharrten die Werte zunächst eine Woche auf diesem Niveau und stiegen in den nächsten beiden Wochen bis auf  $6,6 \pm 3,1$  ng/ml. Nach einem vorübergehenden Abfall der 1,25-Dihydroxycholecalciferol-Konzentrationen in Woche 4 des Trainings und Wiederanstieg in der fünften Woche sanken die Werte in den letzten beiden Wochen kontinuierlich bis auf  $5,3 \pm 2,2$  ng/ml ab (Abbildung 4).



MW	5,4	5,9	6,5	6,7	6,0	6,1	6,1	6,2	6,6	5,9	6,7	6,0	5,3
s	3,4	3,4	2,2	2,0	2,1	1,4	2,3	1,5	3,1	1,7	2,3	1,9	2,2
n	6	10	18	29	29	10	26	18	15	13	9	11	5

Abbildung 4: 1, 25-Dihydroxycholecalciferol-Gehalt bei Vollblutjährlingen während der Einreit- und der Trainingsphase (n = 29)

(dicke Linie: Trend während der Einreitphase im Zuchtstall,

dünne Linie: Trend während des Trainings auf der Rennbahn)



## 5.4 Zusammenhänge zwischen den einzelnen Serumparametern

Im Folgenden sollte untersucht werden, welche grundsätzlichen Beziehungen zwischen den Parametern des Knochenauf- und -abbaus bestehen. Hierzu wurden die Einzelergebnisse aller Pferde und Untersuchungstage für jeweils zwei Parameter paarweise in ein Diagramm aufgetragen und die entsprechende Regressionsgerade eingezeichnet.

### 5.4.1 Zusammenhang zwischen Osteocalcin und knochenspezifischer alkalischer Phosphatase

Die Osteocalcin-Konzentration und die Aktivität der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase waren positiv korreliert, d. h. mit zunehmendem Osteocalcin-Gehalt stieg auch die Aktivität der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase an. Dieser Zusammenhang war statistisch signifikant ( $p < 0,05$ ).

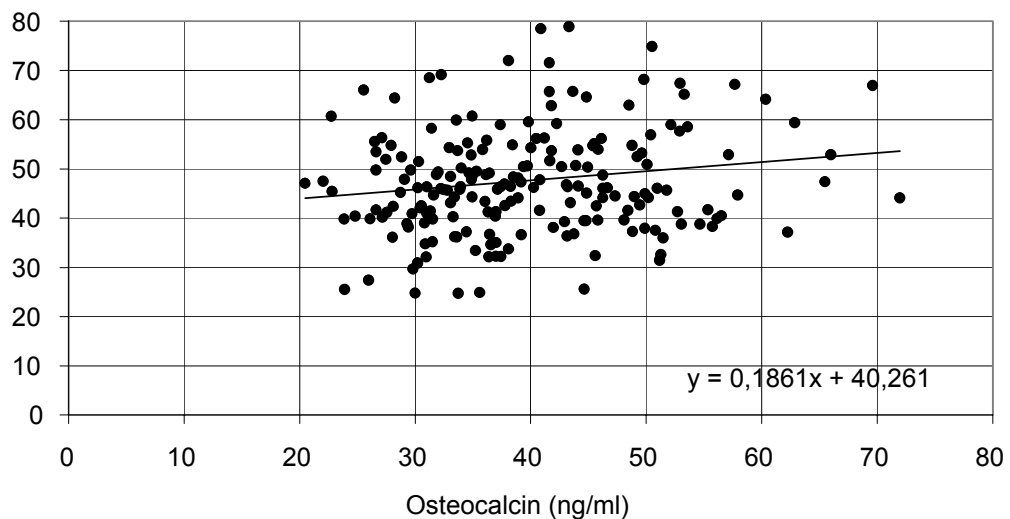


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Osteocalcin und knochenspezifischer alkalischer Phosphatase bei 29 Vollblutjährlingen

### 5.4.2 Zusammenhang zwischen Osteocalcin und ICTP

Beide Knochenmarker zeigten eine negative Korrelation. Je mehr querverbundene carboxyterminale Telopeptide im Serum nachgewiesen wurden, desto geringer fiel die Osteocalcin-Konzentration aus ( $p < 0,05$ ).

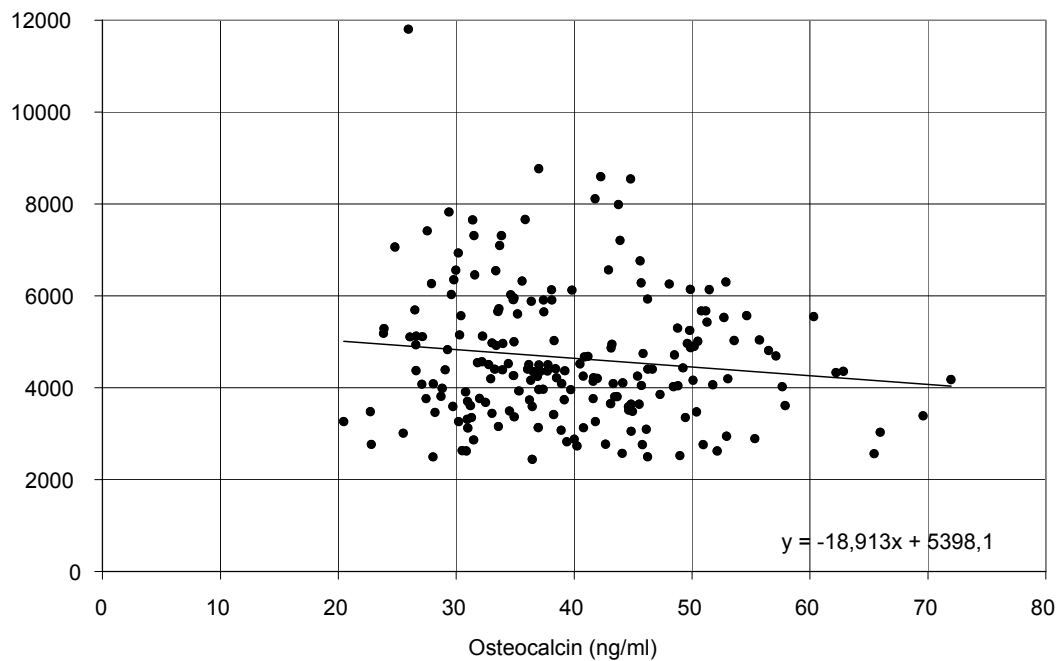


Abbildung 6: Zusammenhang zwischen Osteocalcin und ICTP bei 29 Vollblutjährlingen

### 5.4.3 Zusammenhang zwischen Osteocalcin und 1, 25-Dihydroxycholecalciferol

Zwischen Osteocalcin und 1, 25-Dihydroxycholecalciferol zeigte sich ein negativer Zusammenhang, d. h. dass mit zunehmendem Osteocalcingehalt die Vitamin-D-Konzentration fiel. Diese Beziehung war jedoch nicht statistisch signifikant ( $p > 0,05$ ).

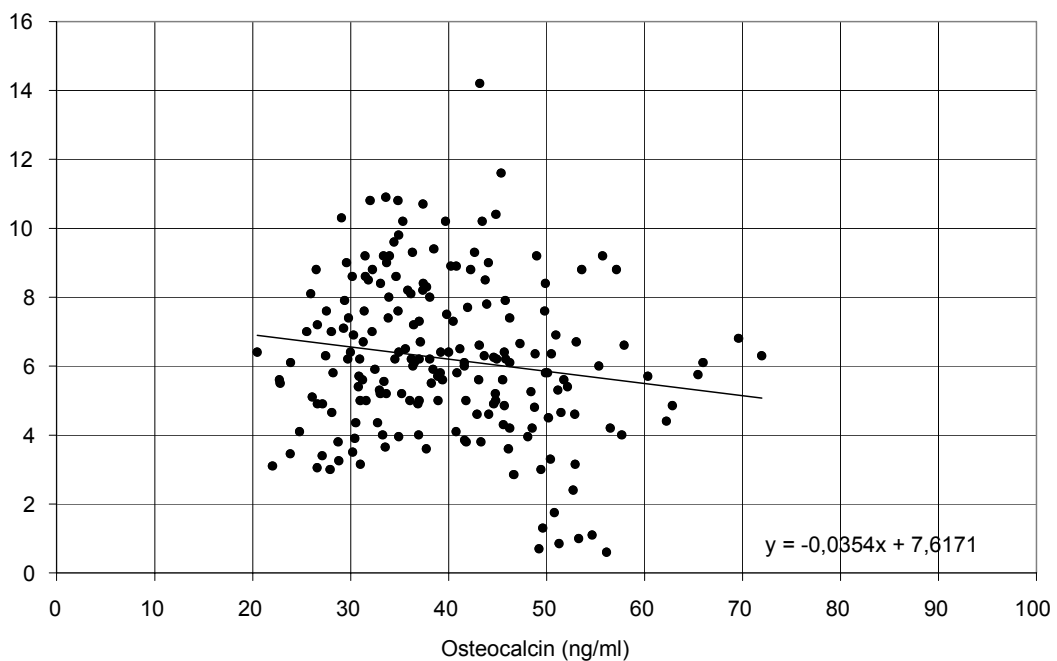


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Osteocalcin und 1, 25-Dihydroxycholecalciferol bei 29 Vollblutjährlingen

#### 5.4.4 Zusammenhang zwischen knochenspezifischer alkalischer Phosphatase und 1, 25-Dihydroxycholecalciferol

Anhand der negativen Steigung der Regressionsgeraden zeigte sich, dass bei sinkendem 1, 25-Dihydroxy-cholecalciferol-Gehalt die Aktivität der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase zunimmt ( $p > 0,05$ ).

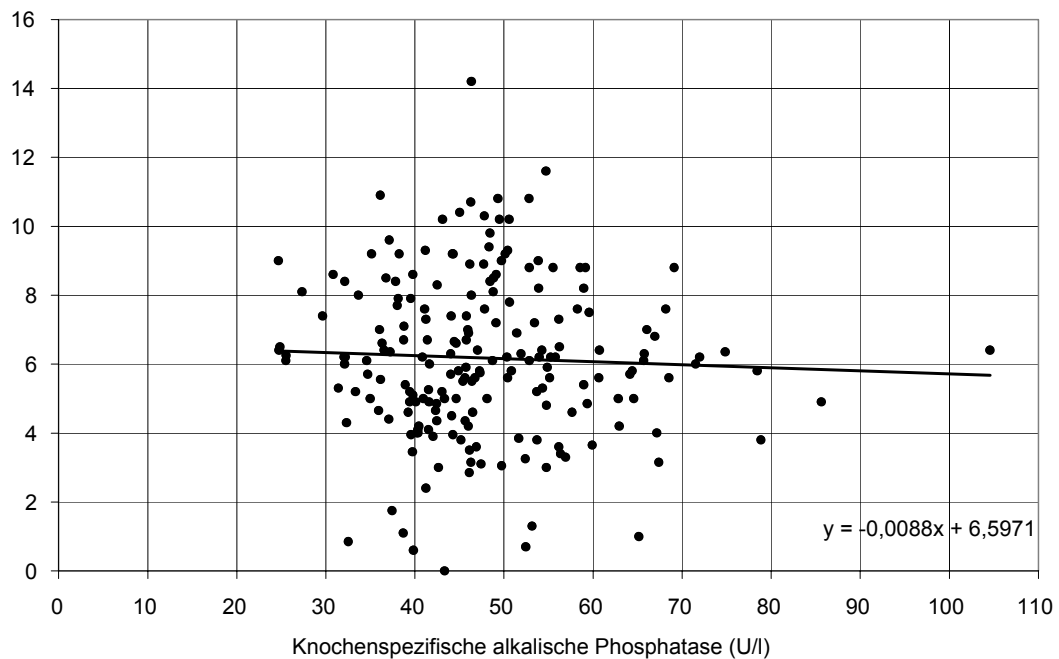


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen knochenspezifischer alkalischer Phosphatase und 1, 25-Dihydroxycholecalciferol bei 29 Vollblutjährlingen

#### 5.4.5 Zusammenhang zwischen ICTP und 1, 25-Dihydroxycholecalciferol

Zwischen ICTP und 1, 25-Dihydroxycholecalciferol bestand eine positive Korrelation, d. h. dass mit steigender ICTP-Konzentration auch der 1, 25-Dihydroxycholecalciferol-Gehalt anstieg. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang ließ sich allerdings nicht nachweisen ( $p > 0,05$ ).

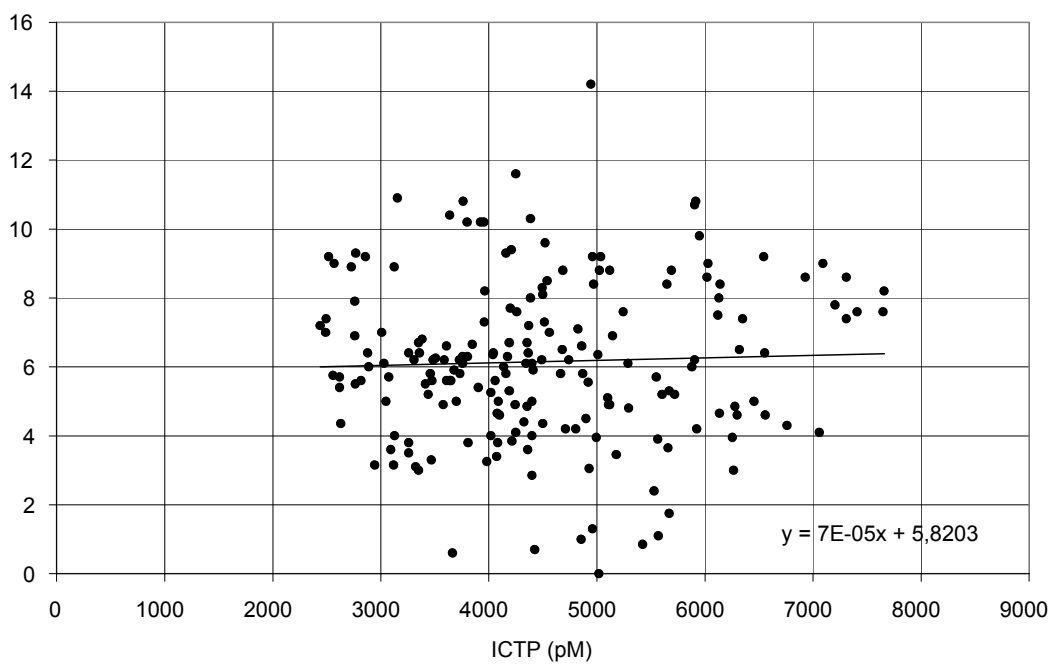


Abbildung 9: Zusammenhang zwischen ICTP und 1, 25-Dihydroxycholecalciferol bei 29 Vollblutjährlingen

#### 5.4.6 Zusammenhang zwischen ICTP und knochenspezifischer alkalischer Phosphatase

Die querverbundenen carboxyterminalen Telopeptide des Typ 1-Kollagen waren negativ mit der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase korreliert. Je höher die ICTP-Konzentration ausfiel, desto geringer war die Aktivität der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase ( $p < 0,05$ ).

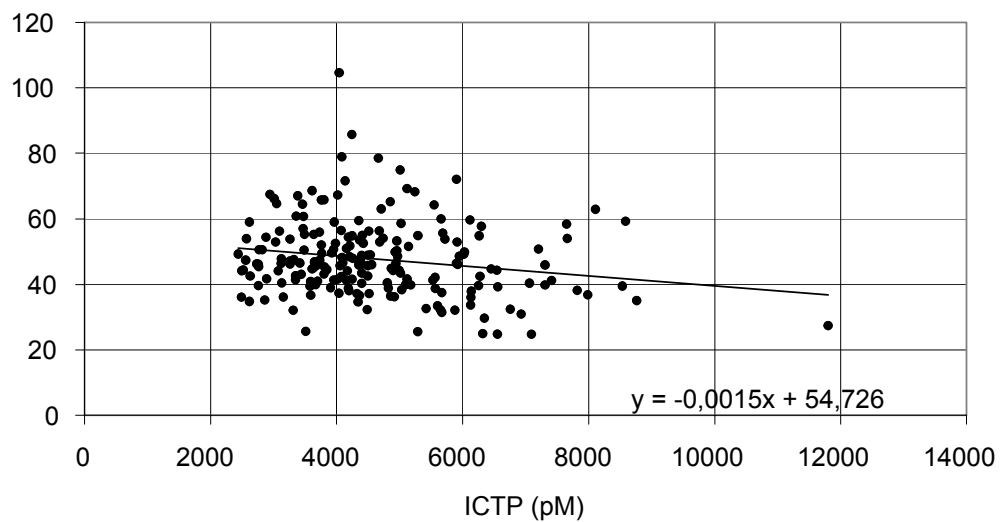


Abbildung 10: Zusammenhang zwischen ICTP und knochenspezifischer alkalischer Phosphatase bei 29 Vollblutjährlingen

## 5.5 Röntgenbefunde während der Einreit- und der Trainingsphase

Im Folgenden werden die Befunde der röntgenphotometrischen Untersuchungen der Pferde während der Einreit- und der Trainingsphase dargestellt. In die grafische Darstellung wurden für jeden Messort (Spongiosa, mediale und laterale Kortikalis) jeweils die Einzelwerte der Pferde als auch zusammenfassend die Mittelwerte und Standardabweichungen aller Pferde dargestellt.

### 5.5.1 Spongiosa

Die röntgenphotometrischen Messungen bei 15 Vollblutjährlingen ergaben für die Spongiosa eine statistisch signifikante Dickenzunahme von  $4,49 \pm 0,38$  auf  $4,86 \pm 0,36$ . Eine Zunahme der Spongiosadicke ereignete sich bei 12 von 15 Pferden, bei drei Pferden blieb die Dicke gleich oder nahm geringgradig ab.

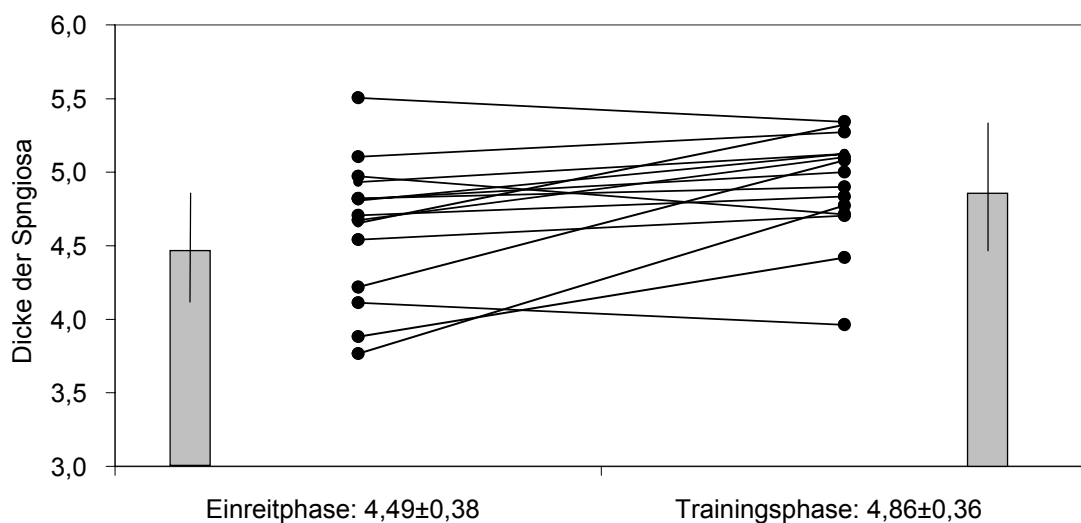


Abbildung 11: Ergebnisse der Röntgenphotometrie der Spongiosa bei 15 Vollblutjährlingen während der Einreit- und der Trainingsphase. Es sind die Mittelwerte und Standardabweichungen aller Pferde dargestellt (Säulen) sowie die Einzelwerte jedes Pferdes (Punkt-Linien)

### 5.5.2 Mediale Kortikalis

Auch die mediale Kortikalis verbreiterte sich statistisch signifikant von  $5,36 \pm 0,39$  während der Einreitphase auf  $5,78 \pm 0,44$  während der Trainingsphase. Bezüglich der Einzelergebnisse waren Dickenzunahmen bei neun Pferden messbar, während bei sechs Vollblutjährlingen die Dicke der medialen Kortikalis entweder gleichblieb oder etwas abnahm.

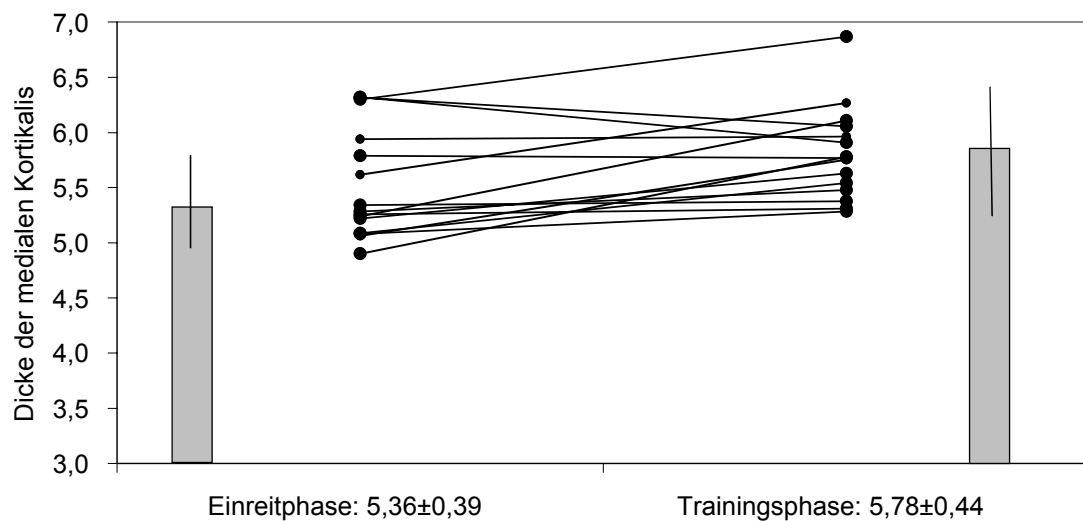


Abbildung 12: Ergebnisse der Röntgenphotometrie der medialen Kortikalis bei 15 Vollblutjährlingen während der Einreit- und der Trainingsphase. Es sind die Mittelwerte und Standardabweichungen aller Pferde dargestellt (Säulen) sowie die Einzelwerte jedes Pferdes (Punkt-Linien)



### 5.5.3 Laterale Kortikalis

Die Dicke der lateralen Kortikalis betrug während der Einreitphase der 15 geröntgten Vollblüter durchschnittlich  $5,57 \pm 0,41$ . Während der Trainingsphase war eine statistisch signifikante Zunahme auf  $6,24 \pm 0,39$  zu verzeichnen.

Eine solche Zunahme betraf elf Pferde, bei den übrigen vier kam es zu einer Verschmälerung oder gleichbleibenden Kortikaliswerten.

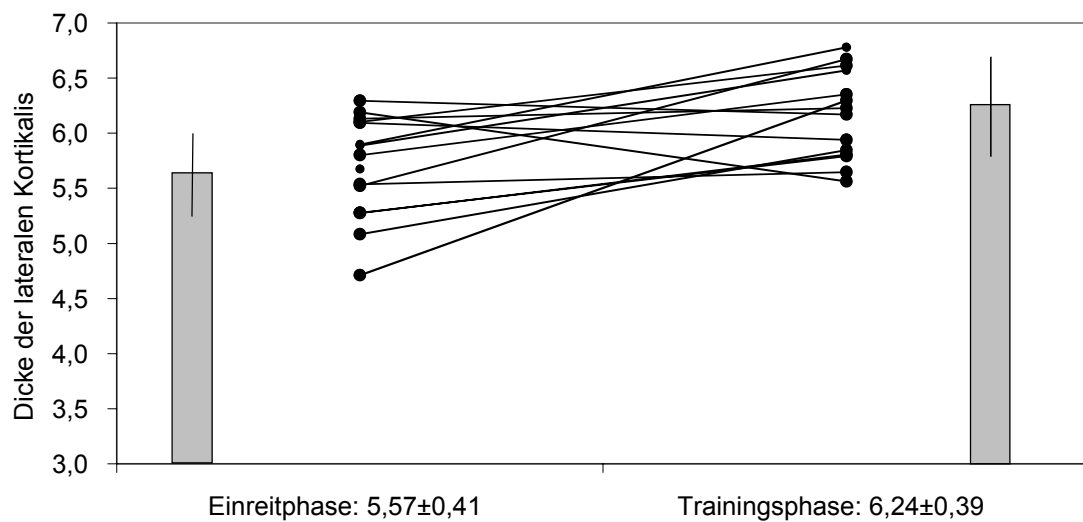


Abbildung 13: Ergebnisse der Röntgenphotometrie der lateralen Kortikalis bei 15 Vollblutjährlingen während der Einreit- und der Trainingsphase. Es sind die Mittelwerte und Standardabweichungen aller Pferde dargestellt (Säulen) sowie die Einzelwerte jedes Pferdes (Punkt-Linien)

## 5.6 Zusammenhänge zwischen Knochenmarkern und Röntgenbefunden

Zur Ermittlung der Zusammenhänge zwischen Knochenmarkern und Röntgenbefunden wurden nur die Daten der Pferde 15-30 berücksichtigt, an denen radiologische Dichtemessungen vorgenommen werden konnten.

### 5.6.1 Osteocalcin und Röntgenbefunde

Bei der grafischen Darstellung der Veränderungen des Osteocalcingehaltes und der Ergebnisse der Dichtemessungen (jeweils Differenz Trainingsphase-Einreithphase) zeigt sich für die Spongiosa und die mediale Kortikalis ein waagerechter Verlauf der Trendlinien, während bezüglich der lateralen Kortikalis mit zunehmender Knochendichte der Osteocalcin-Gehalt sinkt (Abbildung 14).

Demgegenüber erbrachte die Prüfung mit dem Pearson-Korrelationskoeffizienten eine positive Korrelation mit Spongiosa und lateraler Kortikalis, eine negative Korrelation mit der medialen Kortikalis (Tabelle 2). Aufgrund der von 1 bzw -1 stark abweichenden Korrelationskoeffizienten kann ein gesicherter Zusammenhang zwischen der Knochendichte und dem Osteocalcingehalt nicht angenommen werden.

Tabelle 2: Pearson-Korrelationskoeffizienten für den Vergleich von Osteocalcin und Röntgenbefunden bei den Pferden 15-30 (n-v = Differenz nach und vor dem Trainingsbeginn)

	Osteocalcin (n-v)	Spongiosa (n-v)	mediale Kortikalis (n-v)	laterale Kortikalis (n-v)
Osteocalcin (n-v)	1,00000	0,50933	-0,07224	-0,12896
Spongiosa (n-v)	-0,50933	1,00000	0,43709	0,49704
mediale Kortikalis (n-v)	-0,07224	0,43709	1,00000	0,83182
laterale Kortikalis (n-v)	0,12896	0,49704	0,83182	1,00000

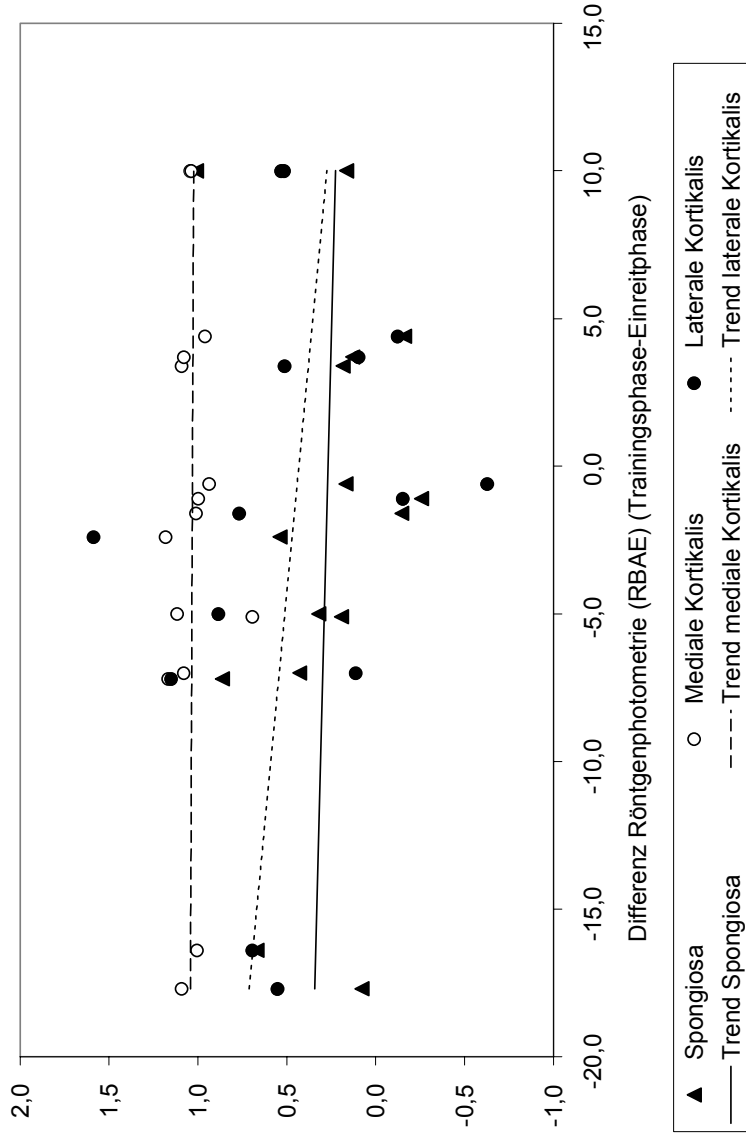


Abbildung 14: Zusammenhänge zwischen Osteocalcin und Röntgenbefunden bei 15 Vollblutjährlingen. Angegeben sind jeweils die Differenzen zwischen Trainingsphase und Einreithase, Regressionsgeraden: Spongiosa:  $y = -0,0042x + 0,2685$ , Mediale Kortikalis:  $y = -0,0007x + 1,0302$ , Laterale Kortikalis:  $y = -0,0158x + 0,4322$

### 5.6.2 Alkalische Phosphatase und Röntgenbefunde

Mit zunehmender Dichte der lateralen Kortikalis steigt die AP-Aktivität, während sie mit zunehmender Dichte der medialen Kortikalis absinkt. Die Trendlinie zeigt für die Wertepaare aus Spongiosadichte und Aktivität der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase einen waagerechten Verlauf (Abbildung 15). Die statistische Prüfung deutete auf keinen Zusammenhang zwischen Knochendichte und Aktivität der knochenspezifischen alkalischen Phosphatase (Tabelle 3).

Tabelle 3: Pearson-Korrelationskoeffizienten für den Vergleich von knochenspezifischer alkalischer Phosphatase und Röntgenbefunden bei den Pferden 15-30 (n-v = Differenz nach und vor dem Trainingsbeginn)

	AP (n-v)	Spongiosa (n-v)	mediale Kortikalis (n-v)	laterale Kortikalis (n-v)
AP (n-v)	1,00000	0,31371	0,18642	0,00027
Spongiosa (n-v)	0,31371	1,00000	0,43709	0,49704
mediale Kortikalis (n-v)	0,18642	0,43709	1,00000	0,83182
laterale Kortikalis (n-v)	0,00027	0,49704	0,83182	1,00000

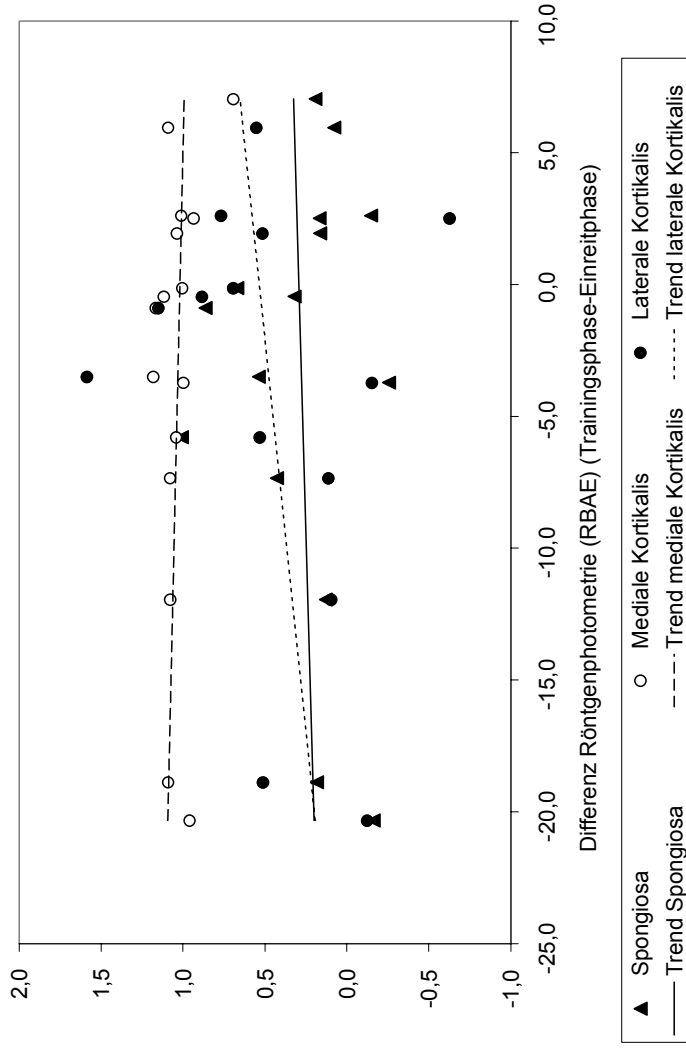


Abbildung 15: Zusammenhänge zwischen knochenspezifischer alkalischer Phosphatase und Röntgenbefunden bei 15 Vollblutjährlingen. Angegeben sind jeweils die Differenzen zwischen Trainingsphase und Einreithphase, Regressionsgeraden: Spongiosa:  $y = -0,0046x + 0,2937$ , Mediale Kortikalis:  $y = -0,0036x + 1,0187$ , Laterale Kortikalis:  $y = -0,0168x + 0,5352$

### 5.6.3 ICTP und Röntgenbefunde

Bei der Gegenüberstellung der Konzentrationen der Telopeptide und der Dichtemessungen an den drei Messbereichen ließen sich keine Zusammenhänge erkennen. Mit zunehmender Dichte der Spongiosa bleibt die ICTP-Konzentration gleich, bei der medialen Kortikalis steigt sie und fällt an der lateralen Kortikalis wiederum ab (Abbildung 16). Die statistische Prüfung mit Hilfe des Pearson-Korrelationskoeffizienten zeigte keinen Zusammenhang der Knochendichte mit der ICTP-Konzentration auf (Tabelle 4).

Tabelle 4: Pearson-Korrelationskoeffizienten für den Vergleich von ICTP und Röntgenbefunden bei den Pferden 15-30 (n-v = Differenz nach und vor dem Trainingsbeginn)

	ICTP (n-v)	Spongiosa (n-v)	mediale Kortikalis (n-v)	laterale Kortikalis (n-v)
ICTP (n-v)	1,00000	-0,02720	-0,43173	-0,34167
Spongiosa (n-v)	-0,02720	1,00000	0,43709	0,49704
mediale Kortikalis (n-v)	-0,43173	0,43709	1,00000	0,83182
laterale Kortikalis (n-v)	-0,34167	0,49704	0,83182	1,00000

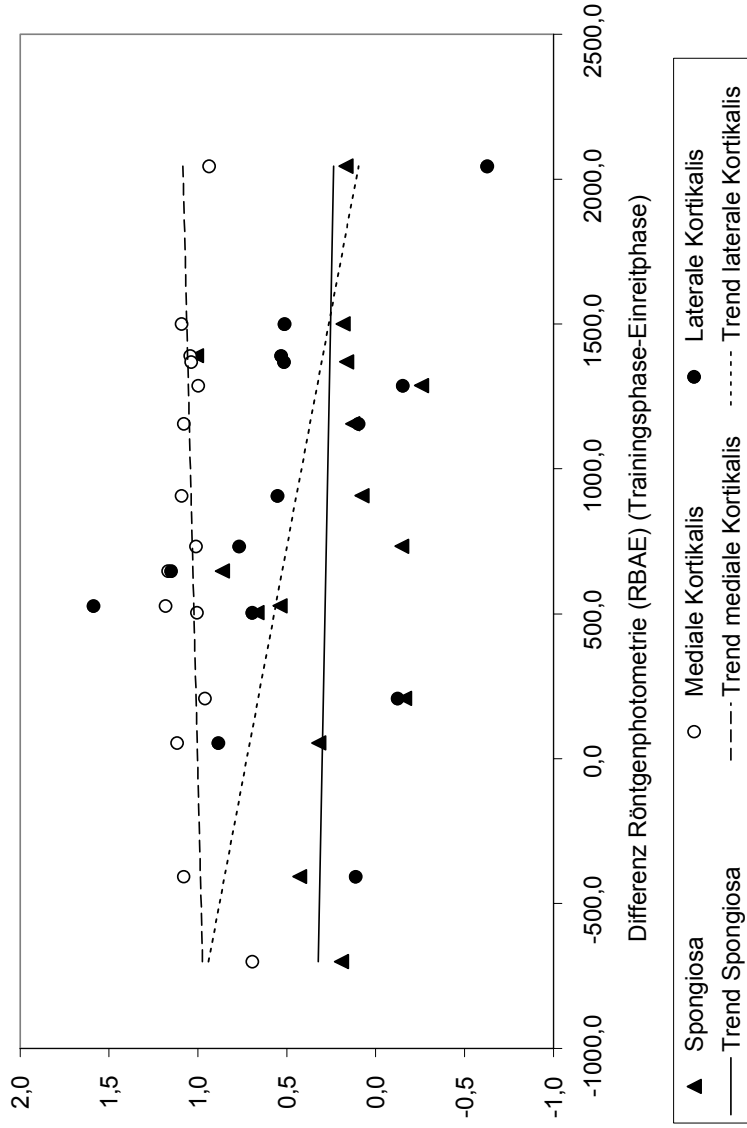


Abbildung 16: Zusammenhänge zwischen ICTP und Röntgenbefunden bei 15 Vollblutjährlingen. Angegeben sind jeweils die Differenzen zwischen Trainingsphase und Einreithphase, Regressionsgeraden: Spongiosa:  $y = -3E-05x+0,301$ , Mediale Kortikalis:  $y = 4E-05x+1,0016$ , Laterale Kortikalis:  $y = -0,0003x+0,7244$

#### 5.6.4 1, 25-Dihydroxycholecalciferol und Röntgenbefunde

Die Konzentration des 1, 25-Dihydroxycholecalciferol verhielt sich zur röntgenologisch ermittelten Knochendichte an den drei Messbereichen wie folgt: bezüglich der medialen Kortikalis bleibt die Konzentration des 1, 25-Dihydroxycholecalciferol, hinsichtlich der lateralen Kortikalis und der Spongiosa fällt die Trendlinie leicht ab (Abbildung 17).

Beim statistischen Test fielen alle Korrelationskoeffizienten negativ aus. Die Höhe der Koeffizienten weist nicht auf einen Zusammenhang zwischen dem 1, 25-Dihydroxycholecalciferol-Gehalt und der Knochendichte (Tabelle 5).

Tabelle 5: Pearson-Korrelationskoeffizienten für den Vergleich von 1, 25-Dihydroxycholecalciferol und Röntgenbefunden bei den Pferden 15-30 (n-v = Differenz nach und vor dem Trainingsbeginn)

	1,25-Dihydroxycholecalciferol (n-v)	Spongiosa (n-v)	mediale Kortikalis (n-v)	laterale Kortikalis (n-v)
1, 25-Dihydroxycholecalciferol (n-v)	1,00000	-0,22293	-0,40246	-0,39435
Spongiosa (n-v)	-0,22293	1,00000	0,43709	0,49704
mediale Kortikalis (n-v)	0,40246	0,43709	1,00000	0,83182
laterale Kortikalis (n-v)	0,39435	0,49704	0,83182	1,00000



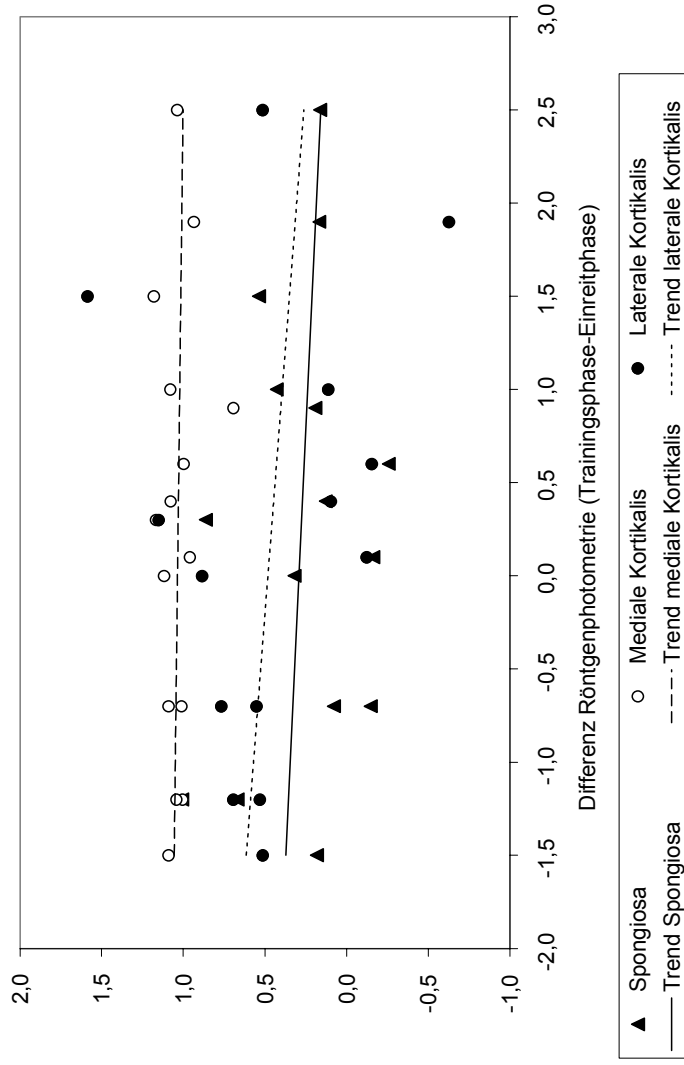


Abbildung 17: Zusammenhänge zwischen 1, 25-Dihydroxycholecalciferol und Röntgenbefunden bei 15 Vollblutjährlingen. Angegeben sind jeweils die Differenzen zwischen Trainingsphase und Einreife phase, Regressionsgeraden: Spongiosa:  $y = -0,0534x + 0,2915$ , Mediale Kortikalis:  $y = -0,0135x + 1,0351$ , Laterale Kortikalis:  $y = -0,0879x + 0,482$