

### 3 ERGEBNISSE

#### 3.1 Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchungen beschrieben. Die in den Tabellen aufgeführten Abkürzungen der statistischen Kennwerte sind im Anhang (Kap. 6) erläutert.

##### 3.1.1 Vordere Bandscheibenraumhöhen (v-BSRH)

In den Tabellen 5 und 6 sind die deskriptiven Werte der vorderen Bandscheibenraumhöhen beider untersuchten Gruppen aufgeführt.

Tabelle 5: Vordere Bandscheibenraumhöhen von Gruppe 1 (BMP-2) in mm.

Schaf	prä OP	post OP	1. Wo.	2. Wo.	4. Wo.	8. Wo.	12. Wo.
1	6	6	5	6	6	6	6
2	6	9	8	10	10	10	10
3	5	8	8	8	9	9	9
4	6	8	7	7	7	7	7
5	5	11	9	7	6	6	6
6	6	8	7	6	5	5	5
7	6	11	7	8	7	6	6
8	7	9	7	7	6	6	5
<b>MW</b>	<b>5,9</b>	<b>8,8</b>	<b>7,3</b>	<b>7,4</b>	<b>7,0</b>	<b>6,9</b>	<b>6,8</b>
<b>MD</b>	<b>6,0</b>	<b>8,5</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>6,5</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>
<b>s</b>	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>

Tabelle 6: Vordere Bandscheibenraumhöhen von Gruppe 2 (IGF-I/TGF- $\beta$ 1) in mm.

Schaf	prä OP	post OP	1. Wo.	2. Wo.	4. Wo.	8. Wo.	12. Wo.
1	6	9	7	5	4	4	4
2	6	7	6	6	6	6	6
3	5	8	8	8	8	7	7
4	7	7	7	7	6	5	5
5	8	9	9	8	7	7	7
6	6	6	7	7	6	6	6
7	6	8	6	7	7	6	6
8	6	10	6	6	6	6	6
<b>MW</b>	<b>6,3</b>	<b>8,0</b>	<b>7,0</b>	<b>6,8</b>	<b>6,3</b>	<b>5,9</b>	<b>5,9</b>
<b>MD</b>	<b>6,0</b>	<b>8,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>
<b>s</b>	<b>0,8</b>	<b>1,2</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>

Mittels Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben ergab sich im querschnittlichen Vergleich für den hier dargestellten radiologischen Parameter zu keinem Messzeitpunkt ein signifikanter Unterschied ( $p > .05$ ) zwischen den Gruppen 1 und 2 (Abb. 18).

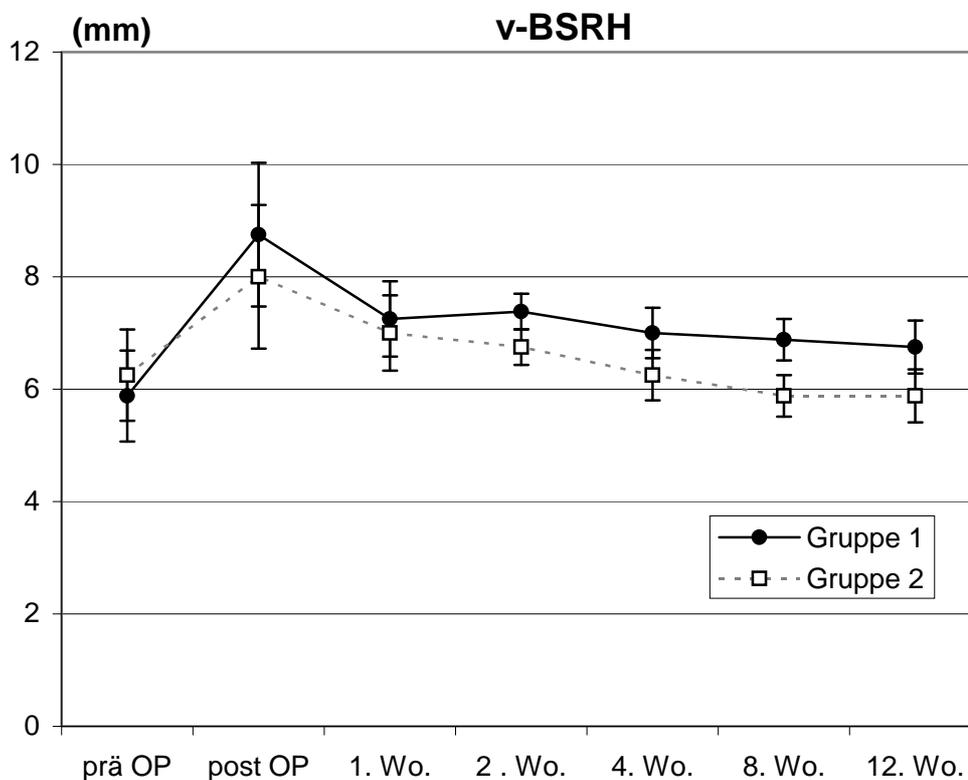


Abbildung 18: Vergleichende Darstellung der Gruppenmittelwerte der vorderen Bandscheibenraumhöhen von Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/ TGF- $\beta$ 1) im Wirbelsegment C3/C4.

Im längsschnittlichen Vergleich der vorderen Bandscheibenraumhöhen, welcher mit dem Wilcoxon-Test geprüft wurde, zeigte sich im Vergleich der präoperativen Werte mit den nach 12 Wochen postoperativ ermittelten Werte weder für Gruppe 1 noch für Gruppe 2 ein signifikanter Unterschied ( $p > .05$ ).

### 3.1.2 Mittlere Bandscheibenraumhöhen (m-BSRH)

Des Weiteren stellt sich die Frage, inwiefern sich die Gruppen 1 (BMP-2) und 2 (IGF-I/TGF- $\beta$ 1) bezüglich der mittleren Bandscheibenraumhöhen unterscheiden. Die deskriptiven Werte beider untersuchter Gruppen sind aus den Tabellen 7 und 8 ersichtlich.

Tabelle 7: Mittlere Bandscheibenraumhöhen von Gruppe 1 (BMP-2) in mm.

Schaf	prä OP	post OP	1. Wo.	2. Wo.	4. Wo.	8. Wo.	12. Wo.
1	5	5	3	3	4	4	4
2	4	6	6	6	6	6	6
3	4	6	6	6	6	6	6
4	5	6	5	5	5	5	5
5	4	8	5	4	4	4	4
6	5	6	5	5	4	4	4
7	5	7	6	6	5	4	4
8	4	7	5	5	4	4	4
<b>MW</b>	<b>4,5</b>	<b>6,4</b>	<b>5,1</b>	<b>5</b>	<b>4,8</b>	<b>4,6</b>	<b>4,6</b>
<b>MD</b>	<b>4,5</b>	<b>6,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,5</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>
<b>s</b>	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>

Tabelle 8: Mittlere Bandscheibenraumhöhen von Gruppe 2 (IGF-I/TGF- $\beta$ 1) in mm.

Schaf	prä OP	post OP	1. Wo.	2. Wo.	4. Wo.	8. Wo.	12. Wo.
1	5	8	5	4	3	3	3
2	5	5	4	4	4	4	4
3	3	7	6	5	5	4	4
4	5	5	5	5	4	4	4
5	5	7	6	5	4	4	4
6	4	4	4	4	4	4	4
7	4	6	4	5	4	4	3
8	5	7	4	5	5	5	5
<b>MW</b>	<b>4,5</b>	<b>6,1</b>	<b>4,8</b>	<b>4,6</b>	<b>4,1</b>	<b>4</b>	<b>3,9</b>
<b>MD</b>	<b>5,0</b>	<b>6,5</b>	<b>4,5</b>	<b>5,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>
<b>s</b>	<b>0,7</b>	<b>1,3</b>	<b>0,8</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>

Hierbei stellt sich ein ähnliches Bild dar. Auch für die mittleren Bandscheibenraumhöhen konnte im Vergleich der Gruppen 1 und 2 zu keinem Zeitpunkt ein statistisch bedeutsamer Unterschied ( $p > .05$ ) ermittelt werden (Abb. 19).

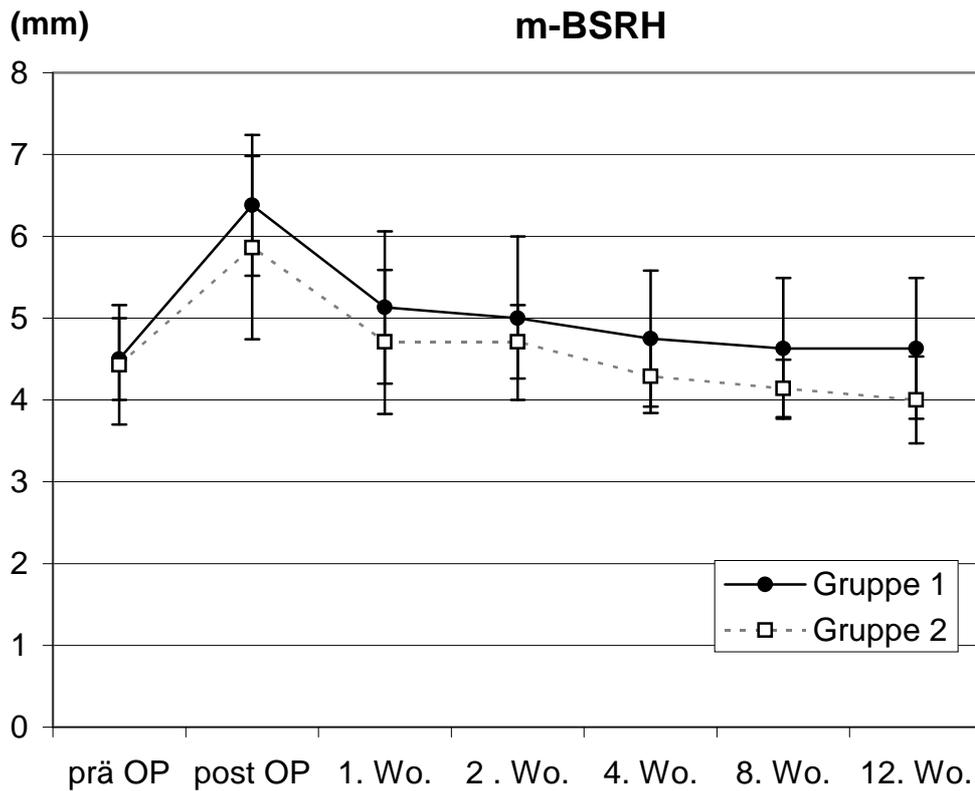


Abbildung 19: Vergleichende Darstellung der Gruppenmittelwerte der mittleren Bandscheibenraumhöhen von Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/ TGF- $\beta$ 1) im Wirbelsegment C3/C4.

Betrachtet man die mittleren Bandscheibenraumhöhen im Verlauf von 12 Wochen, zeigt sich direkt postoperativ ein tendenzieller Anstieg. Eine statistisch signifikante Veränderung, bezüglich der ermittelten mittleren Bandscheibenraumhöhen über die Messzeitpunkte verfolgt (präoperativ/ 12 Wochen postoperativ) wurde nicht ( $p > .05$ ) festgestellt (Abb. 19).

### 3.1.3 Hintere Bandscheibenraumhöhen (h-BSRH)

Tabelle 9: Hintere Bandscheibenraumhöhen von Gruppe 1 (BMP-2) in mm.

Schaf	prä OP	post OP	1. Wo.	2. Wo.	4. Wo.	8. Wo.	12. Wo.
1	3	4	2	2	2	2	2
2	3	2	2	2	2	2	2
3	2	2	2	1	2	2	2
4	4	4	2	2	2	2	2
5	3	5	1	1	1	1	1
6	3	3	2	1	1	1	1
7	3	4	1	2	2	2	2
8	2	3	2	2	1	1	2
<b>MW</b>	<b>2,9</b>	<b>3,4</b>	<b>1,8</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,8</b>
<b>MD</b>	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>
<b>s</b>	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>

Tabelle 10: Hintere Bandscheibenraumhöhen von Gruppe 2 (IGF-I/TGF- $\beta$ 1) in mm.

Schaf	prä OP	post OP	1. Wo.	2. Wo.	4. Wo.	8. Wo.	12. Wo.
1	5	7	3	3	3	3	3
2	5	3	2	2	2	2	2
3	1	6	3	1	2	2	2
4	2	3	2	1	1	1	1
5	2	3	2	2	1	1	1
6	1	1	2	2	2	2	2
7	3	3	2	2	1	1	0
8	5	3	2	2	2	2	2
<b>MW</b>	<b>3</b>	<b>3,6</b>	<b>2,3</b>	<b>1,9</b>	<b>1,8</b>	<b>1,8</b>	<b>1,6</b>
<b>MD</b>	<b>2,5</b>	<b>3,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>
<b>s</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>

In den oben aufgeführten Tabellen 9 und 10 sind die deskriptiven Werte der hinteren Bandscheibenraumhöhen von beiden Gruppen ersichtlich. Im statistischen Vergleich des hier abgebildeten radiologischen Parameters konnte mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests zu keinem Messzeitpunkt ein statistisch bedeutsamer Unterschied ( $p > .05$ ) zwischen den Untersuchungsgruppen ermittelt werden (Abb. 20).

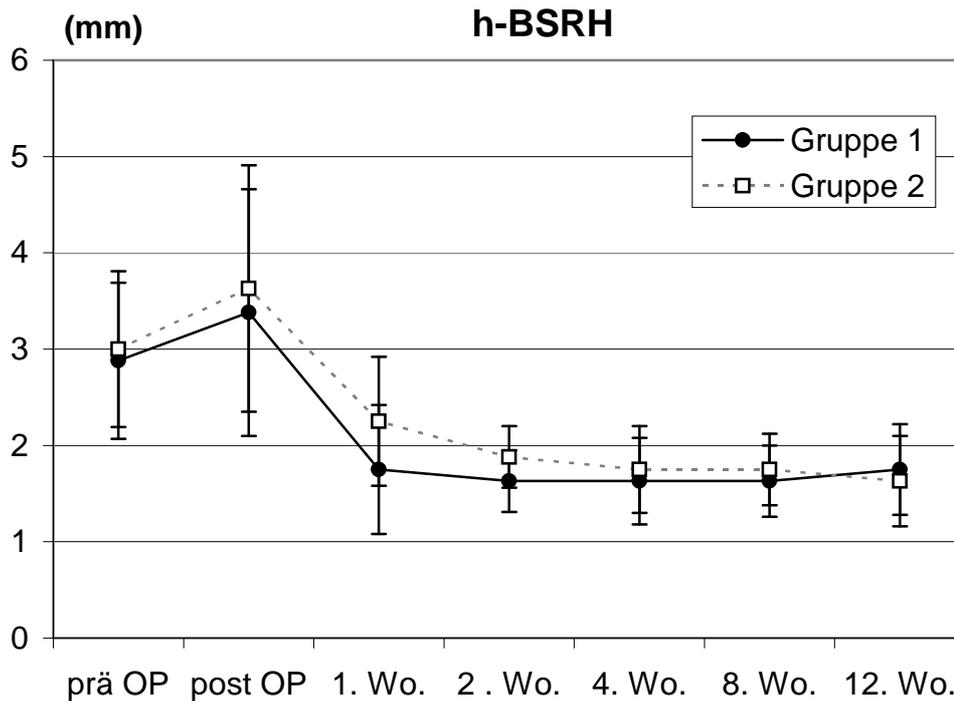


Abbildung 20: Vergleichende Darstellung der Gruppendurchschnittswerte der hinteren Bandscheibenraumhöhen von Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/TGF- $\beta$ 1) im Wirbelsegment C3/C4.

In Abbildung 20 wird der längsschnittliche Verlauf des hier untersuchten radiologischen Parameters dargestellt.

In beiden Gruppen stellt sich ebenfalls eine postoperative Vergrößerung der hinteren Bandscheibenraumhöhen dar. Der weitere Verlauf zeigt bei beiden Gruppen eine tendenzielle Abnahme der hinteren Bandscheibenraumhöhen. Der längsschnittliche Vergleich mittels Wilcoxon-Test weist im Messungsverlauf über 12 Wochen keine signifikanten Unterschiede ( $p > .05$ ) auf.

### 3.1.4 Durchschnittliche Bandscheibenraumhöhen (d-BSRH)

Den folgenden Tabellen 11 und 12 sind die Bandscheibenraumhöhendurchschnitte beider Untersuchungsgruppen zu entnehmen.

Tabelle 11: Bandscheibenraumhöhendurchschnitte von Gruppe 1 (BMP-2) in mm.

Schaf	prä OP	post OP	1. Wo.	2. Wo.	4. Wo.	8. Wo.	12. Wo.
1	4,7	5,0	3,3	3,7	4,0	4,0	4,0
2	4,3	5,7	5,3	6,0	6,0	6,0	6,0
3	3,7	5,3	5,3	5,0	5,7	5,7	5,7
4	5,0	6,0	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
5	4,0	8,0	5,0	4,0	3,7	3,7	3,7
6	4,7	5,7	4,7	4,0	3,3	3,3	3,3
7	4,7	7,3	4,7	5,3	4,7	4,0	4,0
8	4,3	6,3	4,7	4,7	3,7	3,7	3,7
<b>MW</b>	<b>4,4</b>	<b>6,2</b>	<b>4,7</b>	<b>4,7</b>	<b>4,5</b>	<b>4,4</b>	<b>4,4</b>
<b>MD</b>	<b>4,5</b>	<b>5,84</b>	<b>4,7</b>	<b>4,7</b>	<b>4,34</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>
<b>s</b>	<b>0,4</b>	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>

Tabelle 12: Bandscheibenraumhöhendurchschnitte von Gruppe 2 (IGF-I/TGF- $\beta$ 1) in mm.

Schaf	prä OP	post OP	1. Wo.	2. Wo.	4. Wo.	8. Wo.	12. Wo.
1	5,3	8,0	5,0	4,0	3,3	3,3	3,3
2	5,3	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
3	3,0	7,0	5,7	4,7	5,0	4,3	4,3
4	4,7	5,0	4,7	4,3	3,7	3,3	3,3
5	5,0	6,3	5,7	5,0	4,0	4,0	4,0
6	3,7	3,7	4,3	4,3	4,0	4,0	4,0
7	4,3	5,7	4,0	4,7	4,0	3,7	3,0
8	5,3	6,7	4,0	4,3	4,3	4,3	4,3
<b>MW</b>	<b>3,8</b>	<b>5,7</b>	<b>4,6</b>	<b>4,5</b>	<b>4,0</b>	<b>3,8</b>	<b>3,8</b>
<b>MD</b>	<b>4,8</b>	<b>6,0</b>	<b>4,5</b>	<b>4,3</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>
<b>s</b>	<b>1,6</b>	<b>2,2</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>1,5</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>

Für den hier dargestellten radiologischen Parameter wurden die Gruppenunterschiede im Untersuchungszeitraum von 12 Wochen auf statistische Bedeutsamkeit geprüft. Die jeweiligen Mittelwerte sind in den Tabellen 11 und 12 aufgeführt. Dabei zeigte sich zu keinem Messzeitpunkt ein statistisch signifikanter Unterschied ( $p > .05$ ) zwischen den Gruppen 1 und 2 (Abb. 21).

Wie aus der Abbildung 21 ersichtlich, zeigt sich direkt nach dem operativen Eingriff für beide Wachstumsfaktoren (Gruppe 1 und 2) ein tendenzieller Anstieg der durchschnittlichen Bandscheibenraumhöhen. Im weiteren Messungsverlauf ist eine Abnahme der Werte zu beobachten, wobei Median und Mittelwert der letzten Messung (12. Wo.) im Bereich der präoperativ ermittelten Ausgangswerte liegen. Dabei zeigt sich im Verlauf von 12 Wochen kein signifikanter Unterschied ( $p > .05$ ) bei dem Vergleich der präoperativen Werte und der 12 Wochen postoperativ gemessenen Werte.

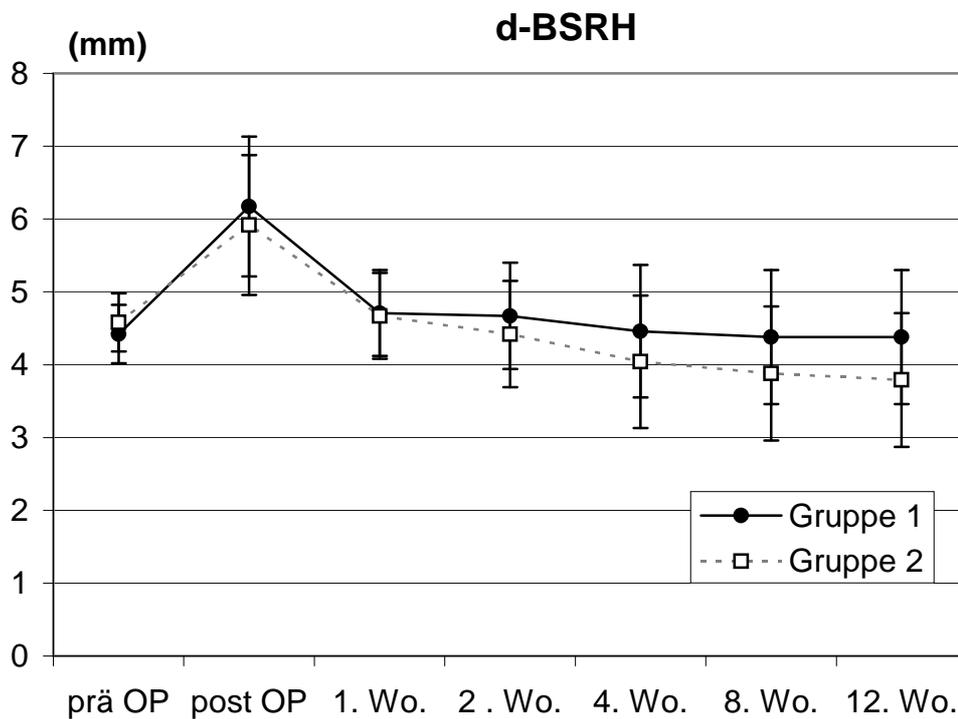


Abbildung 21: Vergleichende Darstellung der durchschnittlichen Bandscheibenraumhöhen von Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/ TGF- $\beta$ 1) im Wirbelsegment C3/C4.

### 3.1.5 Intervertebralwinkel (IVW)

Tabelle 13: Intervertebralwinkelwerte von Gruppe 1 (BMP-2) in Grad.

Schaf	prä OP	post OP	1. Wo.	2. Wo.	4. Wo.	8. Wo.	12. Wo.
1	9	2	11	10	10	11	11
2	9	14	14	20	20	20	20
3	12	18	18	16	19	19	19
4	4	9	12	11	10	10	10
5	4	14	15	14	13	13	14
6	8	14	14	17	12	12	12
7	8	15	10	15	12	11	11
8	12	12	12	12	10	10	9
<b>MW</b>	<b>8,3</b>	<b>12,3</b>	<b>13,3</b>	<b>14,4</b>	<b>13,3</b>	<b>13,3</b>	<b>13,3</b>
<b>MD</b>	<b>8,5</b>	<b>14,0</b>	<b>13,0</b>	<b>14,5</b>	<b>12,0</b>	<b>11,5</b>	<b>11,5</b>
<b>s</b>	<b>2,9</b>	<b>4,6</b>	<b>2,4</b>	<b>3,1</b>	<b>3,8</b>	<b>3,7</b>	<b>3,9</b>

Tabelle 14: Intervertebralwinkelwerte von Gruppe 2 (IGF-I/TGF- $\beta$ 1) in Grad.

Schaf	prä OP	post OP	1. Wo.	2. Wo.	4. Wo.	8. Wo.	12. Wo.
1	2	8	4	4	5	5	3
2	4	18	16	16	12	10	10
3	12	6	15	17	15	10	10
4	12	9	14	13	11	9	9
5	14	14	18	15	15	14	14
6	12	12	13	13	13	13	13
7	6	12	11	14	14	14	14
8	4	16	14	12	12	12	12
<b>MW</b>	<b>8,3</b>	<b>11,9</b>	<b>13,1</b>	<b>13</b>	<b>12,1</b>	<b>10,9</b>	<b>10,6</b>
<b>MD</b>	<b>9,0</b>	<b>12,0</b>	<b>14,0</b>	<b>13,5</b>	<b>12,5</b>	<b>11,0</b>	<b>11,0</b>
<b>s</b>	<b>4,4</b>	<b>3,8</b>	<b>4,0</b>	<b>3,7</b>	<b>3,0</b>	<b>2,9</b>	<b>3,4</b>

In den Tabellen 13 und 14 sind die deskriptiven Werte für den hier untersuchten radiologischen Parameter aufgeführt. Die Intervertebralwinkel von Gruppe 1 unterscheiden sich zu keinem Messzeitpunkt signifikant ( $p > .05$ ) von den Intervertebralwinkeln der Gruppe 2 (Abb. 22).

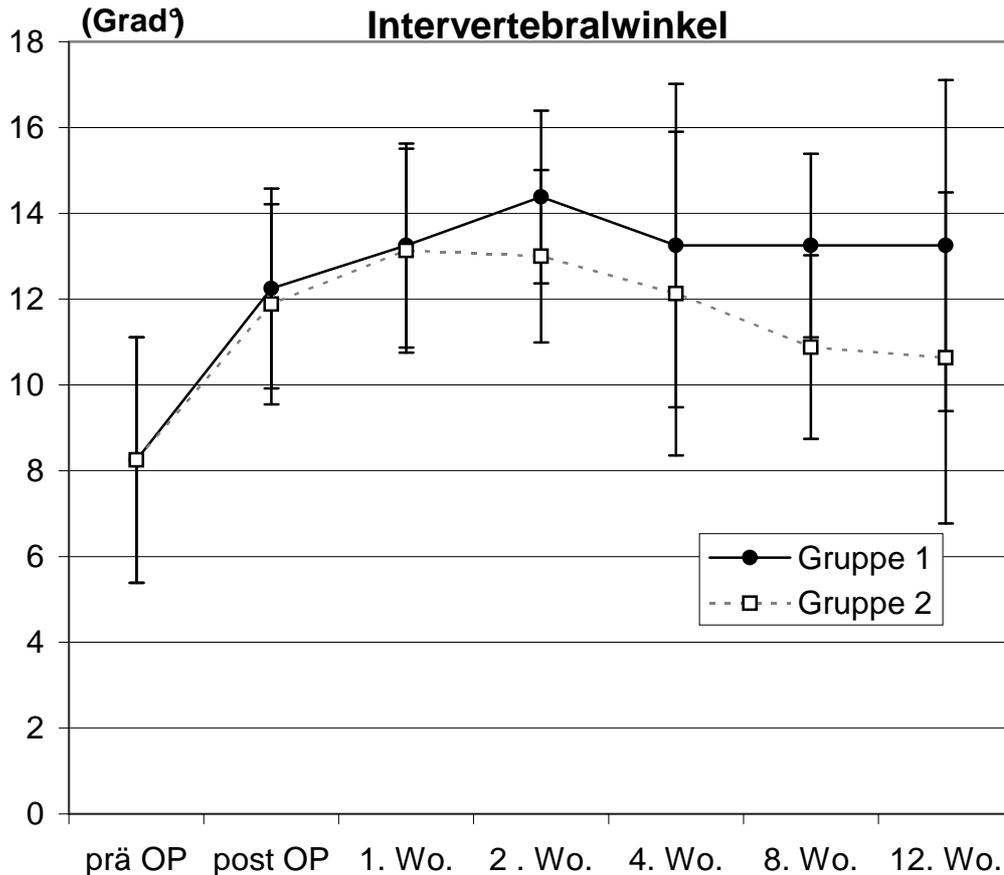


Abbildung 22: Vergleichende Darstellung der Intervertebralwinkel von Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/TGF- $\beta$ 1) im Wirbelsegment C3/C4.

Die Messungen in den Gruppen 1 und 2 ergaben einen postoperativen Anstieg der Intervertebralwinkel. Im weiteren Messungsverlauf konnte für beide Untersuchungsgruppen ab der 2. Woche nach der OP eine tendenzielle Abnahme der durchschnittlichen Winkelwerte dargestellt werden. Hierbei fällt die Abnahme der Werte in Gruppe 2 tendenziell stärker aus, als in Gruppe 1 (Abb. 22). Die Winkelgrößen der letzten Messung (12. Wo.) liegen über den präoperativ ermittelten Ausgangswerten. Im längsschnittlichen Vergleich der Gruppen durch den Wilcoxon-Test wurde nach einem Zeitraum von 12 Wochen kein signifikanter Unterschied ( $p > .05$ ) ermittelt.

### 3.1.6 Lordosewinkel (LDW)

In den Tabellen 15 und 16 sind die deskriptiven Werte der ermittelten Lordosewinkel beider untersuchter Gruppen aufgeführt.

Tabelle 15: Lordosewinkelwerte von Gruppe 1 (BMP-2) in Grad.

Schaf	prä OP	post OP	1. Wo.	2. Wo.	4. Wo.	8. Wo.	12. Wo.
1	2	-6	10	6	5	5	5
2	2	12	12	5	5	5	5
3	3	5	5	5	7	7	8
4	-2	-2	2	2	1	0	0
5	0	7	8	8	7	7	8
6	6	6	6	6	3	2	2
7	-3	10	-3	10	8	4	4
8	6	6	6	6	2	2	1
<b>MW</b>	<b>1,8</b>	<b>4,8</b>	<b>5,8</b>	<b>6</b>	<b>4,8</b>	<b>4</b>	<b>4,1</b>
<b>MD</b>	<b>2,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>
<b>s</b>	<b>3,1</b>	<b>5,6</b>	<b>4,4</b>	<b>2,2</b>	<b>2,4</b>	<b>2,4</b>	<b>2,8</b>

Tabelle 16: Lordosewinkelwerte von Gruppe 2 (IGF-I/TGF- $\beta$ 1) in Grad.

Schaf	prä OP	post OP	1. Wo.	2. Wo.	4. Wo.	8. Wo.	12. Wo.
1	-8	-5	2	-8	-7	-7	-5
2	5	9	8	8	7	6	6
3	7	3	8	10	8	3	3
4	2	0	5	4	1	0	0
5	0	0	5	2	2	0	0
6	0	0	1	2	2	2	2
7	-2	5	4	7	7	7	7
8	0	4	3	1	1	1	1
<b>MW</b>	<b>0,5</b>	<b>2</b>	<b>4,5</b>	<b>3,3</b>	<b>2,6</b>	<b>1,5</b>	<b>1,8</b>
<b>MD</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>4,5</b>	<b>3,0</b>	<b>2,0</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>
<b>s</b>	<b>4,2</b>	<b>3,9</b>	<b>2,4</b>	<b>5,2</b>	<b>4,6</b>	<b>4,0</b>	<b>3,5</b>

Die Messungen in den Untersuchungsgruppen ergaben einen tendenziellen Anstieg der Lordosewinkel bis zum ersten (Gruppe 2) bzw. zweiten (Gruppe 1) postoperativen Messzeitpunkt. Im weiteren Verlauf ist in der BMP-2 Gruppe und in der IGF-I/TGF- $\beta$ 1-Gruppe eine tendenzielle Abnahme der Lordosewinkel zu beobachten, wobei die Werte nach 12 Wochen über den initial ermittelten präoperativen Ausgangswerten liegen (Abb.23).

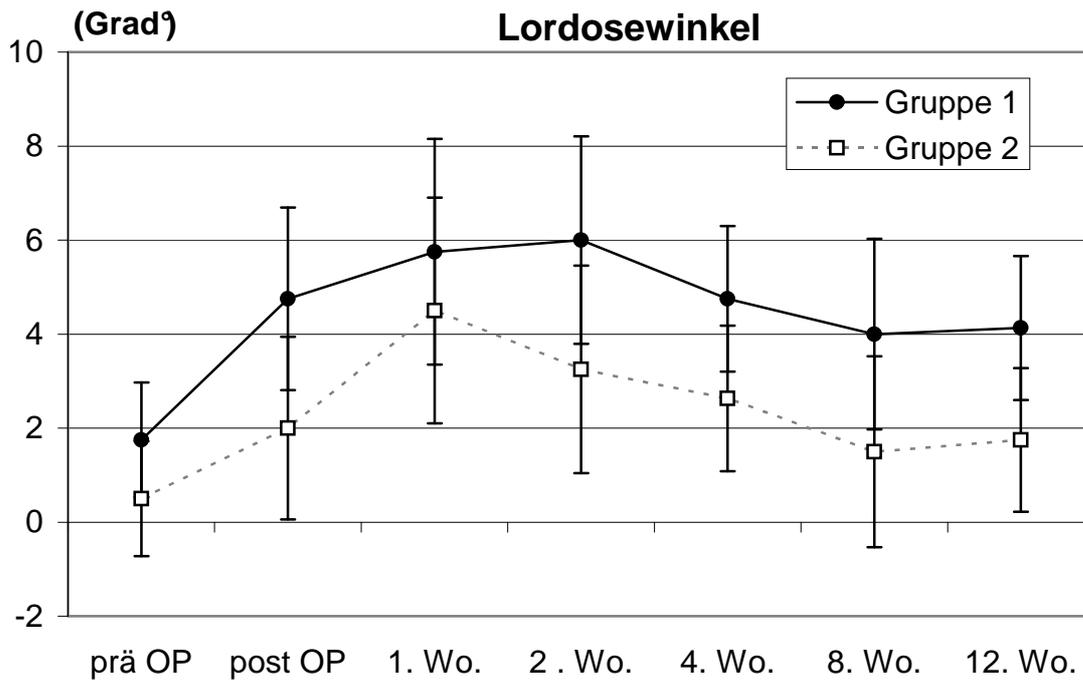


Abbildung 23: Vergleichende Darstellung der Lordosewinkel von Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/ TGF-β1) im Wirbelsegment C3/C4.

Für die hier beschriebenen Entwicklungen wurden sowohl im Vergleich der Gruppen untereinander als auch im Verlauf über 12 Wochen keine signifikanten Unterschiede ( $p > .05$ ) in beiden Gruppen ermittelt.

### 3.1.7 Translation (TL)

In den Tabellen 17 und 18 sind die deskriptiven Translationswerte von beiden untersuchten Gruppen aufgeführt.

Tabelle 17: Translationswerte von Gruppe 1 (BMP-2) in mm.

Schaf	prä OP	post OP	1. Wo.	2. Wo.	4. Wo.	8. Wo.	12. Wo.
1	1	-2	2	2	1	1	1
2	1	0	1	2	2	2	2
3	2	2	2	2	2	2	1
4	0	1	1	1	1	1	1
5	0	0	2	2	2	2	2
6	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	3	1	1	1	1
8	2	1	2	2	2	2	2
<b>MW</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>	<b>1,8</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,4</b>
<b>MD</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>
<b>s</b>	<b>0,7</b>	<b>1,1</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>

Tabelle 18: Translationswerte von Gruppe 2 (IGF-I/TGF- $\beta$ 1) in mm.

Schaf	prä OP	post OP	1. Wo.	2. Wo.	4. Wo.	8. Wo.	12. Wo.
1	0	2	2	2	2	2	2
2	2	2	4	3	2	1	1
3	3	0	1	1	1	1	1
4	0	0	1	1	1	1	1
5	1	1	2	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	2
8	0	0	1	1	1	1	1
<b>MW</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>1,1</b>	<b>1,3</b>
<b>MD</b>	<b>0,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
<b>s</b>	<b>1,1</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>

Vergleicht man die Translationswerte in beiden Gruppen, lassen sich tendenziell ähnliche Verläufe feststellen (Abb. 24).

Für die hier beschriebenen Entwicklungen wurden sowohl im Vergleich der Gruppen untereinander als auch im Verlauf über 12 Wochen keine signifikanten Unterschiede ( $p > .05$ ) ermittelt.

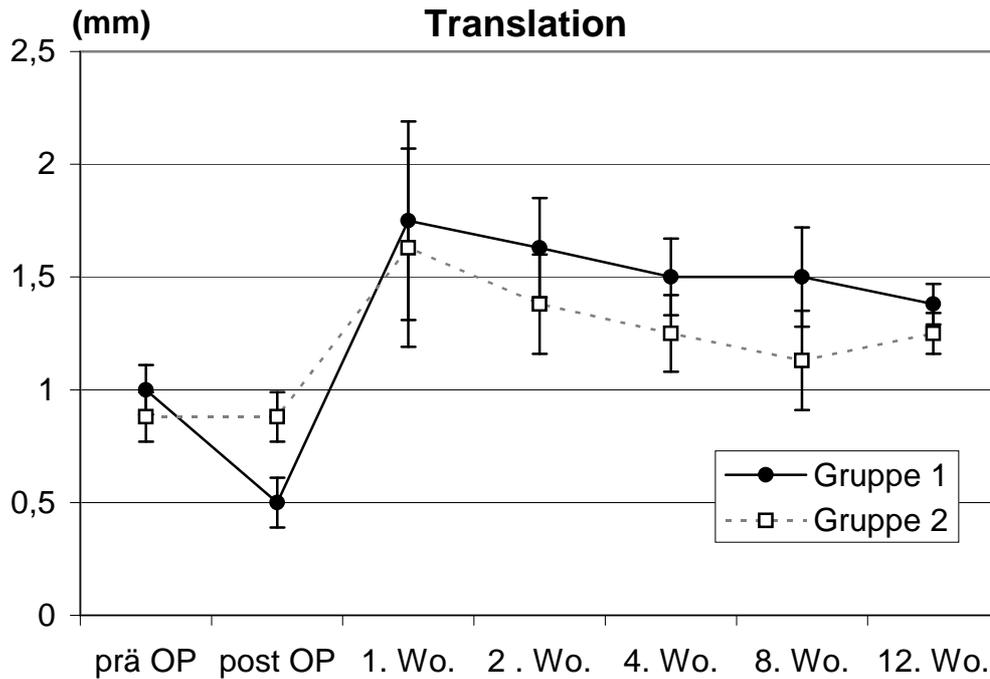


Abbildung 24: Vergleichende Darstellung der Translation von Gruppe1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/ TGF- $\beta$ 1) im Wirbelsegment C3/C4.

### 3.1.8 Röntgenscore

Anhand der Röntgenaufnahmen konnte ein radiologischer Score, der zwischen unterschiedlichen Durchbauungsgraden differenziert, erfasst werden.

In der Tabelle 19 ist die Anzahl der Versuchstiere aufgeführt, die dem jeweiligen Score (A bis D) zugeordnet werden kann (siehe Abschnitt 2 Material und Methodik). Für alle untersuchten Tiere wurde ein tendenziell hoher Durchbauungsgrad (Grad C und D) ermittelt. Ein möglicher bedeutsamer Unterschied zwischen den Gruppen wurde mittels Chi-Quadrat-Verfahren geprüft und kann nicht bestätigt werden ( $p > .05$ ).

Tabelle 19: Anzahl der Versuchstiere mit spezifischen Durchbauungsgrad

Grad der Durchbauung	Gruppe 1 (n=8) BMP-2	Gruppe 2 (n=8) IGF-I/ TGF- $\beta$ 1
A	0	0
B	0	0
C	7	6
D	1	2

### 3.1.9 Funktionsradiologische Ergebnisse

Aus den Tabellen 20 und 21 sind die funktionsradiologisch ermittelten Intervertebralwinkel (Neutralstellung, Extension und Flexion) der beiden untersuchten Gruppen ersichtlich.

Tabelle 20: Intervertebralwinkelwerte der funktionsradiologischen Untersuchungen von Gruppe 1 (BMP-2) in Grad.

Schaf	Neutral	Extension	Flexion	Differenz
1	11,0	12,0	5,0	7,0
2	20,0	20,0	20,0	0,0
3	19,0	19,0	17,0	2,0
4	10,0	16,0	10,0	6,0
5	14,0	14,0	14,0	0,0
6	12,0	12,0	10,0	2,0
7	11,0	11,0	6,0	5,0
8	11,0	11,0	6,0	5,0
<b>MW</b>	<b>13,9</b>	<b>14,9</b>	<b>11,7</b>	<b>3,1</b>
<b>MD</b>	<b>12,0</b>	<b>14,0</b>	<b>10,0</b>	<b>2,0</b>
<b>s</b>	<b>4,1</b>	<b>3,6</b>	<b>5,6</b>	<b>2,9</b>

Tabelle 21: Intervertebralwinkelwerte der funktionsradiologischen Untersuchungen von Gruppe 2 (IGF-I/TGF- $\beta$ 1) in Grad.

Schaf	Neutral	Extension	Flexion	Differenz
1	3,0	10,0	10,0	0,0
2	10,0	18,0	10,0	8,0
3	10,0	10,0	3,0	7,0
4	9,0	13,0	8,0	5,0
5	14,0	14,0	11,0	3,0
6	13,0	13,0	5,0	8,0
7	14,0	14,0	9,0	5,0
8	12,0	12,0	12,0	0,0
<b>MW</b>	<b>10,6</b>	<b>13,0</b>	<b>8,5</b>	<b>4,5</b>
<b>MD</b>	<b>11,0</b>	<b>13,0</b>	<b>9,5</b>	<b>5,0</b>
<b>s</b>	<b>3,6</b>	<b>2,6</b>	<b>3,1</b>	<b>3,3</b>

In Abbildung 25 sind die Veränderungen des Intervertebralwinkels im Wirbelsegment C3/C4 unter einer vorher festgelegten Zugkraft von 60 Newton in Extensions- und Flexionsrichtung sowohl für die BMP-2 als auch für die IGF-I/TGF- $\beta$ -Gruppe dargestellt.

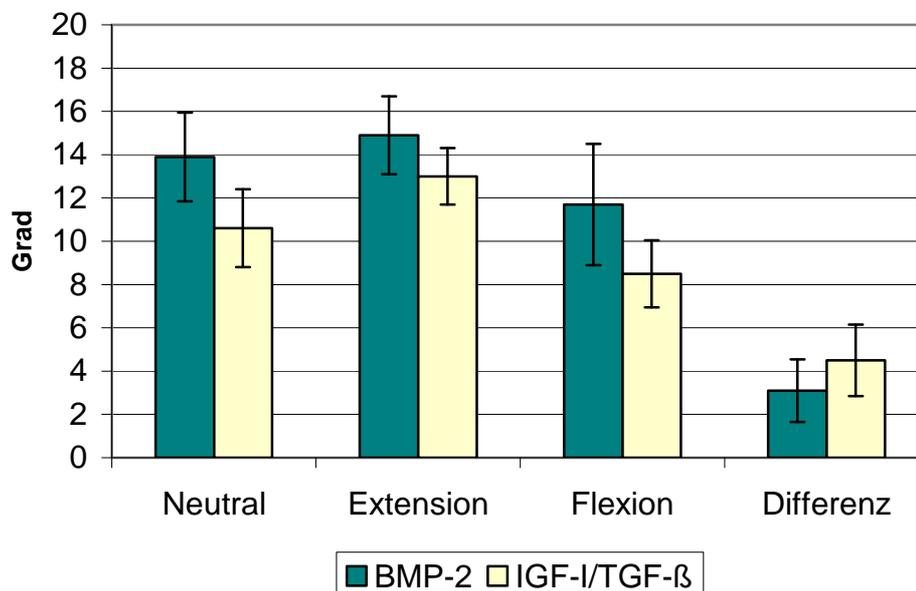


Abbildung 25: Vergleichende Darstellung der Veränderung des Intervertebralwinkels im Wirbelsegment C3/C4 unter Zugkraft von 60 Newton in Extensions- und Flexionsrichtung der Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/ TGF- $\beta$ 1).

In der BMP-2-Gruppe stellt sich unter Betrachtung der ermittelten Differenzen eine tendenziell niedrigere Beweglichkeit im Wirbelsegment dar. Die statistische Auswertung zeigte zwischen beiden Gruppen keinen bedeutsamen Unterschied bezüglich der residualen Beweglichkeit. Die BMP-2-Gruppe unterscheidet sich demnach in ihrer residualen Beweglichkeit im Wirbelsegment C3/4 statistisch nicht signifikant ( $p > .05$ ) vom Bewegungsumfang der IGF-I/TGF- $\beta$ 1-Gruppe.

Der statistische Vergleich der Neutralwinkelwerte mit den Intervertebralwinkelwerten in Extensionsrichtung und Flexionsrichtung ergab ebenfalls keine bedeutsamen Unterschiede. Demnach zeigte sich in beiden Untersuchungsgruppen kein signifikanter Unterschied zwischen den Intervertebralwinkeln in Neutralstellung zu den Intervertebralwinkeln in Extension- bzw. Flexionsstellung.

Den folgenden Tabellen 22 und 23 sind die funktionsradiologisch ermittelten Lordosewinkel in Neutralstellung, sowie in Extension- und Flexionsrichtung für beide Untersuchungsgruppen zu entnehmen.

Tabelle 22: Lordosewinkelwerte der funktionsradiologischen Untersuchungen von Gruppe 1 (BMP-2) in Grad.

Schaf	Neutral	Extension	Flexion	Differenz
1	5,0	7,0	-3,0	10,0
2	5,0	5,0	5,0	0,0
3	8,0	8,0	6,0	2,0
4	0,0	0,0	-6,0	6,0
5	8,0	8,0	8,0	0,0
6	2,0	2,0	-2,0	4,0
7	4,0	4,0	-5,0	9,0
8	4,0	4,0	0,0	4,0
<b>MW</b>	<b>4,6</b>	<b>4,9</b>	<b>0,4</b>	<b>4,4</b>
<b>MD</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>-2,0</b>	<b>4,0</b>
<b>s</b>	<b>2,9</b>	<b>3,1</b>	<b>5,7</b>	<b>4,1</b>

Tabelle 23: Lordosewinkelwerte der funktionsradiologischen Untersuchungen von Gruppe 2 (IGF-I/TGF- $\beta$ 1) in Grad.

Schaf	Neutral	Extension	Flexion	Differenz
1	-5,0	1,0	1,0	0,0
2	6,0	9,0	4,0	5,0
3	3,0	4,0	-2,0	6,0
4	0,0	4,0	-1,0	5,0
5	0,0	0,0	-2,0	2,0
6	2,0	2,0	-4,0	6,0
7	7,0	7,0	0,0	7,0
8	1,0	1,0	1,0	0,0
<b>MW</b>	<b>1,8</b>	<b>3,5</b>	<b>-0,4</b>	<b>3,9</b>
<b>MD</b>	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>	<b>-0,5</b>	<b>5,0</b>
<b>s</b>	<b>3,8</b>	<b>3,2</b>	<b>2,5</b>	<b>2,8</b>

Die ermittelten Ergebnisse des hier untersuchten radiologischen Parameters sind in Abbildung 26 für beide Untersuchungsgruppen graphisch dargestellt. Die Abbildung demonstriert die Veränderungen des Lordosewinkels im Wirbelsegment C3/C4 unter einer vorher festgelegten Zugkraft von 60 Newton in Extensions- und Flexionsrichtung.

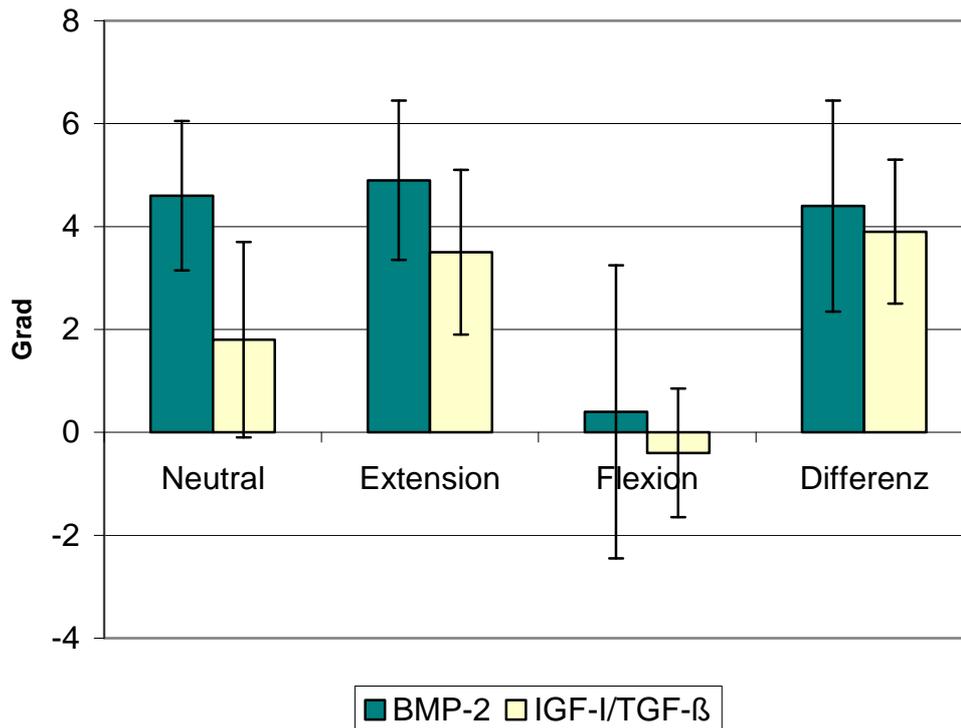


Abbildung 26: Vergleichende Darstellung der Veränderung des Lordosewinkels im Wirbelsegment C3/C4 unter einer Zugkraft von 60 Newton in Extensions- und Flexionsrichtung bei Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/ TGF-β1).

Die IGF-I/TGF-β1-Gruppe weist im Vergleich zur BMP-2-Gruppe eine tendenziell geringere Beweglichkeit auf. Dies kann jedoch statistisch nicht abgesichert werden. Die Veränderung des hier untersuchten Parameters zeigt beim statistischen Vergleich der Neutralwinkelwerte mit den Lordosewinkelwerten in Extensionsrichtung und Flexionsrichtung keine signifikanten Unterschiede ( $p > .05$ ) zwischen den einzelnen Untersuchungsgruppen. Weiterhin lässt sich beim statistischen Vergleich der Gruppen 1 und 2 hinsichtlich des residualen Bewegungsumfanges im Wirbelsegment C3/4 kein bedeutsamer Unterschied ( $p > .05$ ) ermitteln.

Den folgenden Tabellen 24 und 25 sind die für beide Untersuchungsgruppen funktionsradiologisch ermittelten Translationswerte in Neutralstellung sowie in Extension- und Flexionsrichtung zu entnehmen.

Tabelle 24: Translationswerte der funktionsradiologischen Untersuchungen von Gruppe 1 (BMP-2) in mm.

Schaf	Neutral	Extension	Flexion	Differenz
1	1,0	2,0	-1,0	3,0
2	2,0	2,0	2,0	0,0
3	1,0	1,0	0,0	1,0
4	1,0	0,0	0,0	0,0
5	2,0	2,0	2,0	0,0
6	1,0	1,0	1,0	0,0
7	1,0	1,0	1,0	0,0
8	1,0	1,0	1,0	0,0
<b>MW</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>
<b>MD</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,0</b>
<b>s</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>

Tabelle 25: Translationswerte der funktionsradiologischen Untersuchungen von Gruppe 2 (IGF-I/TGF- $\beta$ 1) in mm.

Schaf	Neutral	Extension	Flexion	Differenz
1	2,0	3,0	3,0	0,0
2	1,0	2,0	2,0	0,0
3	1,0	1,0	0,0	1,0
4	1,0	1,0	0,0	1,0
5	1,0	1,0	1,0	0,0
6	1,0	1,0	0,0	1,0
7	2,0	2,0	1,0	1,0
8	1,0	1,0	1,0	0,0
<b>MW</b>	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>
<b>MD</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>
<b>s</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>1,1</b>	<b>0,5</b>

Die funktionsradiologisch ermittelten Translationswerte sind in der Abbildung 27 für beide Untersuchungsgruppen graphisch dargestellt. Die Abbildung zeigt die Veränderungen der Translationwerte im Wirbelsegment C3/C4 unter einer zuvor festgelegten Zugkraft von 60 Newton in Extensions- und Flexionsrichtung.

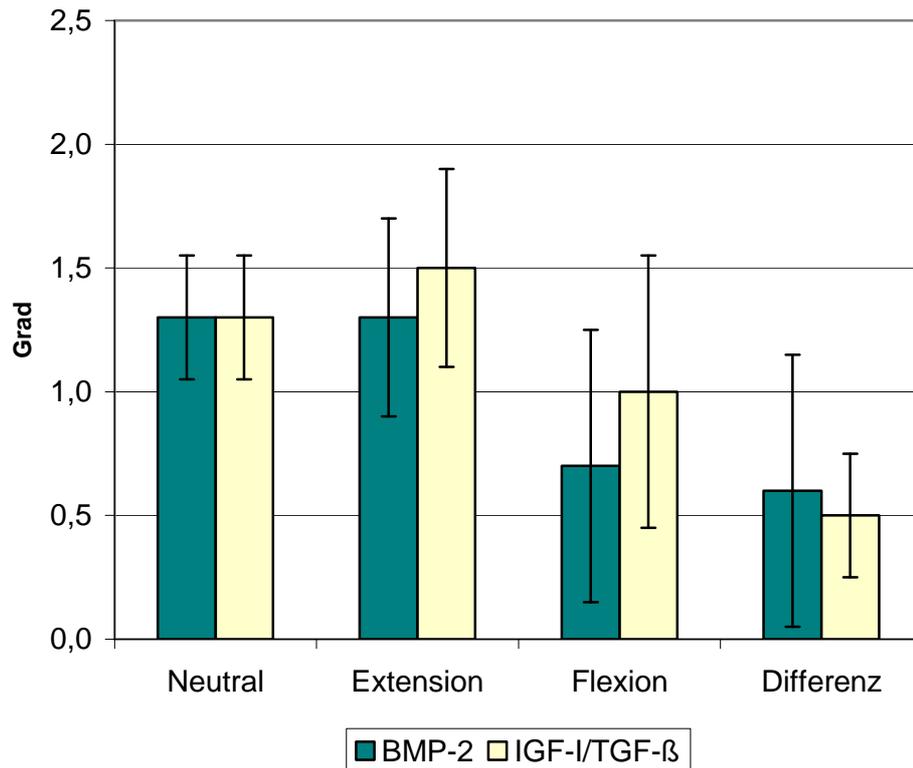


Abbildung 27: Vergleichende Darstellung der Veränderung der Translation im Wirbelsegment C3/C4 unter einer Zugkraft von 60 Newton in Extensions- und Flexionsrichtung bei Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/ TGF-β1).

Wie aus der Abbildung 27 ersichtlich, wurde für die BMP-2-Gruppe lediglich eine Veränderung der Translation in Flexionsrichtung festgestellt. In den einzelnen Untersuchungsgruppen ergaben sich beim statistischen Vergleich der Neutralwerte mit den Translationswerten in Extensions- und Flexionsrichtung keine signifikanten Unterschiede ( $p > .05$ ) zwischen diesen Werten. Es kann demnach bei beiden Untersuchungsgruppen von einer verminderten residualen Beweglichkeit in dem hier untersuchten Bewegungssegment ausgegangen werden.

Auch im Vergleich der ermittelten durchschnittlichen Differenzen zwischen den Translationswerten (Abb. 27) in Extensions- und Flexionsrichtung ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied ( $p > .05$ ). Die BMP-2-Gruppe unterscheidet sich demnach in ihrer Beweglichkeit statistisch nicht signifikant vom Bewegungsumfang der IGF-I/TGF-β1-Gruppe.

### 3.2 Ergebnisse der QCT- Untersuchungen

#### 3.2.1 Bone mineral density (BMD)

In den Tabellen 26 und 27 sind die ermittelten Knochendichtewerte für die verschiedenen Regionen (C3-Deckplatte, C3-Wirbelkörpermitte, C3-Bodenplatte, Kallus, C4-Deckplatte, C4-Wirbelkörpermitte, C4-Bodenplatte) im Bewegungssegment für beide Untersuchungsgruppen getrennt aufgeführt.

Tabelle 26: Knochendichtewerte der verschiedenen Schichten (C3-Deckplatte, C3-Wirbelkörpermitte, C3-Bodenplatte, Kallus, C4-Deckplatte, C4-Wirbelkörpermitte, C4-Bodenplatte) von Gruppe 1 (BMP-2) in g/cm<sup>3</sup>.

Schaf	C3 Decke	C3 Mitte	C3 Boden	Kallus	C4 Decke	C4 Mitte	C4 Boden
1	0,5	0,3	0,7	0,6	0,8	0,4	0,5
2	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,3	0,4
3	0,5	0,3	0,6	0,6	0,5	0,3	0,4
4	0,5	0,4	0,6	0,7	0,7	0,4	0,5
5	0,5	0,3	0,7	0,7	0,7	0,4	0,5
6	0,6	0,5	0,8	0,7	0,7	0,5	0,5
7	0,4	0,4	0,6	0,6	0,7	0,4	0,5
8	0,5	0,4	0,6	0,7	0,6	0,4	0,5
<b>MW</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>
<b>MD</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>
<b>s</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>

Tabelle 27: Knochendichtewerte der verschiedenen Schichten (C3-Deckplatte, C3-Wirbelkörpermitte, C3-Bodenplatte, Kallus, C4-Deckplatte, C4-Wirbelkörpermitte, C4- Bodenplatte) von Gruppe 2 (IGF-I/TGF-β1) in g/cm<sup>3</sup>.

Schaf	C3 Decke	C3 Mitte	C3 Boden	Kallus	C4 Decke	C4 Mitte	C4 Boden
1	0,3	0,4	0,8	0,6	0,8	0,4	0,6
2	0,5	0,4	0,7	0,6	0,7	0,4	0,5
3	0,5	0,3	0,6	0,6	0,7	0,4	0,5
4	0,3	0,4	0,6	0,6	0,6	0,3	0,4
5	0,4	0,3	0,7	0,6	0,7	0,3	0,4
6	0,5	0,4	0,7	0,5	0,7	0,4	0,5
7	0,5	0,5	0,7	0,6	0,8	0,4	0,5
8	0,5	0,5	0,7	0,6	0,8	0,5	0,5
<b>MW</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>
<b>MD</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>
<b>s</b>	<b>0,1</b>						

Wie in Abbildung 28 dargestellt, zeigt die BMP-2-Gruppe ähnliche Knochendichtewerte in den verschiedenen Regionen des Bewegungssegments C3/C4 wie die IGF-I/ TGF- $\beta$ 1-Gruppe. Mittels Mann-Whitney-U-Test zeigten sich keine statistischen Unterschiede ( $p > .05$ ) zwischen den beiden untersuchten Gruppen.

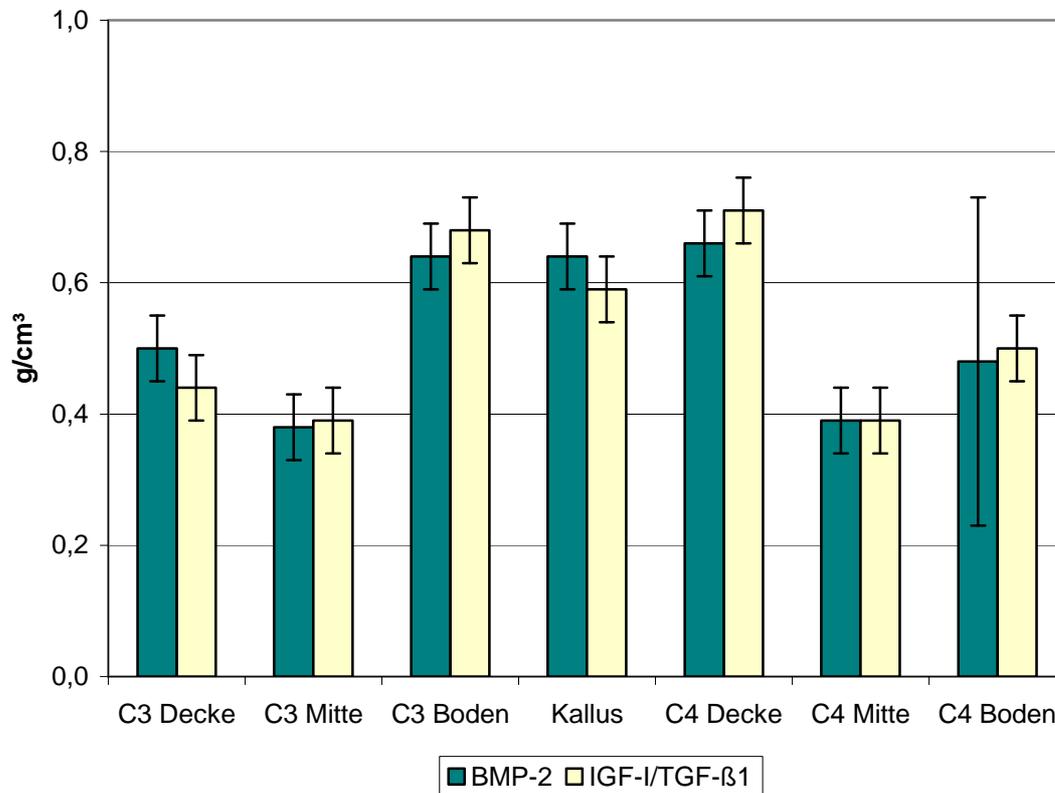


Abbildung 28: Vergleichende Darstellung der durchschnittlichen Knochendichte in den verschiedenen Schichten (C3-Deckplatte, C3-Wirbelkörpermitte, C3-Bodenplatte, Kallus, C4-Deckplatte, C4-Wirbelkörpermitte, C4-Bodenplatte) von Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/ TGF- $\beta$ 1).

### 3.2.2 Durchschnittliche BMD, BMV, BMC im Wirbelsegment C3/C4

Tabelle 28: Kallusvolumina (BMV in cm<sup>3</sup>), Knochendichte (BMD in g/cm<sup>3</sup>), Mineralsalzgehaltwerte (BMC in g) im Wirbelsegment C3/C4 der Gruppe 1 (BMP-2).

Schaf	BMV (cm <sup>3</sup> )	BMD (g/cm <sup>3</sup> )	BMC (g)
1	5,2	0,6	3,0
2	6,3	0,5	3,4
3	4,9	0,6	2,8
4	6,9	0,7	4,8
5	7,4	0,7	5,5
6	7,6	0,7	5,3
7	3,1	0,6	2,1
8	2,1	0,7	1,4
<b>MW</b>	<b>5,4</b>	<b>0,6</b>	<b>3,5</b>
<b>MD</b>	<b>5,7</b>	<b>0,7</b>	<b>3,2</b>
<b>s</b>	<b>2,0</b>	<b>0,1</b>	<b>1,5</b>

Tabelle 29: Kallusvolumina (BMV in cm<sup>3</sup>), Knochendichte (BMD in g/cm<sup>3</sup>), Mineralsalzgehaltwerte (BMC in g) im Wirbelsegment C3/C4 der Gruppe 2 (IGF-I/TGF-β1).

Schaf	BMV (cm <sup>3</sup> )	BMD (g/cm <sup>3</sup> )	BMC (g)
1	7,3	0,6	4,7
2	5,9	0,6	3,3
3	9,4	0,6	5,5
4	4,9	0,6	3,1
5	3,7	0,6	2,2
6	3,8	0,5	1,9
7	3,8	0,6	2,2
8	7,3	0,6	4,2
<b>MW</b>	<b>5,8</b>	<b>0,6</b>	<b>3,4</b>
<b>MD</b>	<b>5,4</b>	<b>0,6</b>	<b>3,2</b>
<b>s</b>	<b>2,1</b>	<b>0,1</b>	<b>1,3</b>

Aus den Tabellen 28 und 29 gehen die deskriptiven Werte der ermittelten Durchschnittskallusvolumina und Durchschnittsknochendichtewerte im Wirbelsegment C3/C4 der Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/TGF-β1) hervor. Für die hier ermittelten Parameter ergeben sich im statistischen Vergleich zwischen den Gruppen 1 und 2 keine signifikanten Unterschiede ( $p > .05$ ) (Abb. 29 und 30).

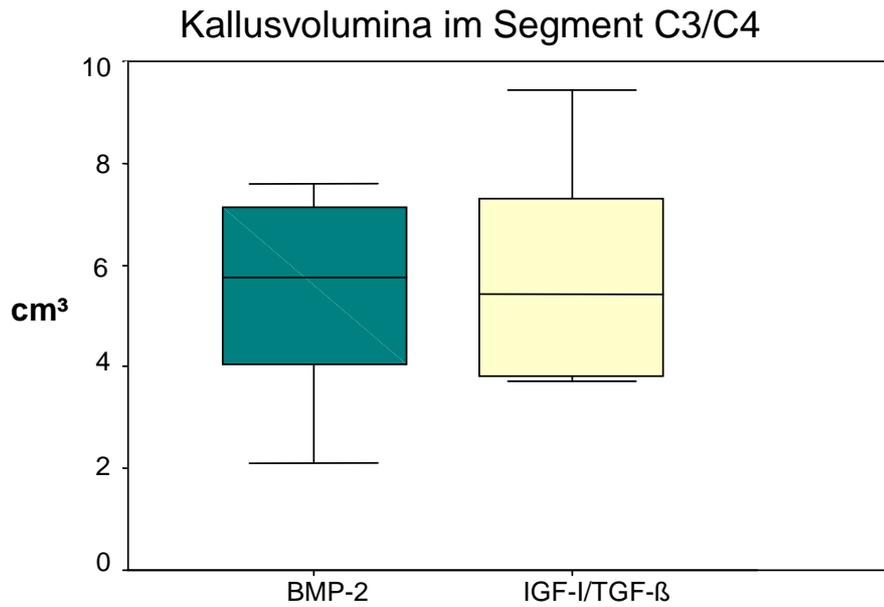


Abbildung 29: Vergleichende Darstellung der Durchschnittskallusvolumina von Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/ TGF-β1) im Wirbelsegment C3/C4.

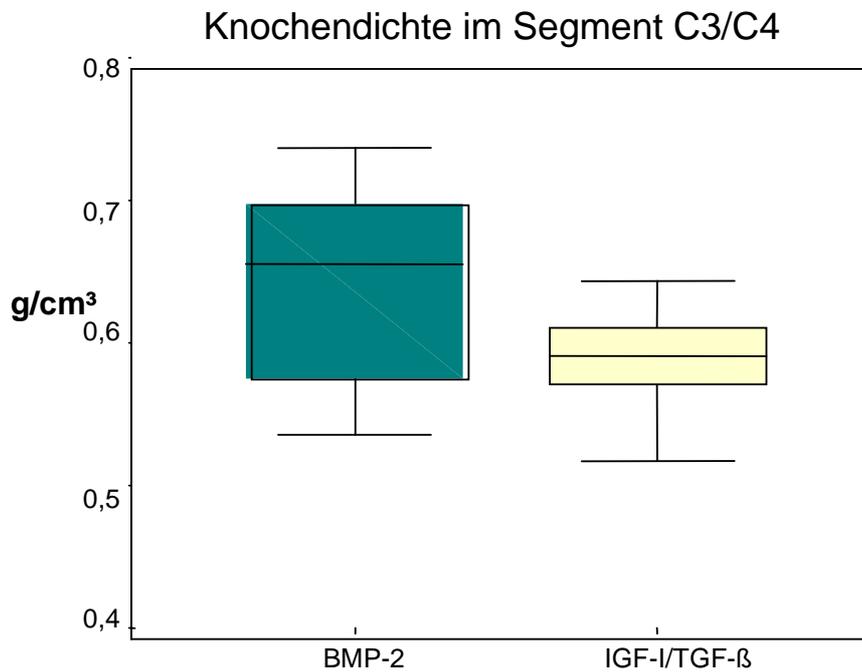


Abbildung 30: Vergleichende Darstellung der Durchschnittsknochendichtewerte im Wirbelsegment C3/C4 der Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/ TGF-β1).

In den Tabellen 28 und 29 sind die deskriptiven Werte der durchschnittlichen Mineralsalzgehaltwerte im Wirbelsegment C3/C4 der Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/ TGF- $\beta$ 1) dargestellt. Für den hier ermittelten Parameter ergibt sich im statistischen Vergleich zwischen den Gruppen 1 und 2 kein signifikanter Unterschied ( $p > .05$ ) (Abb. 31).

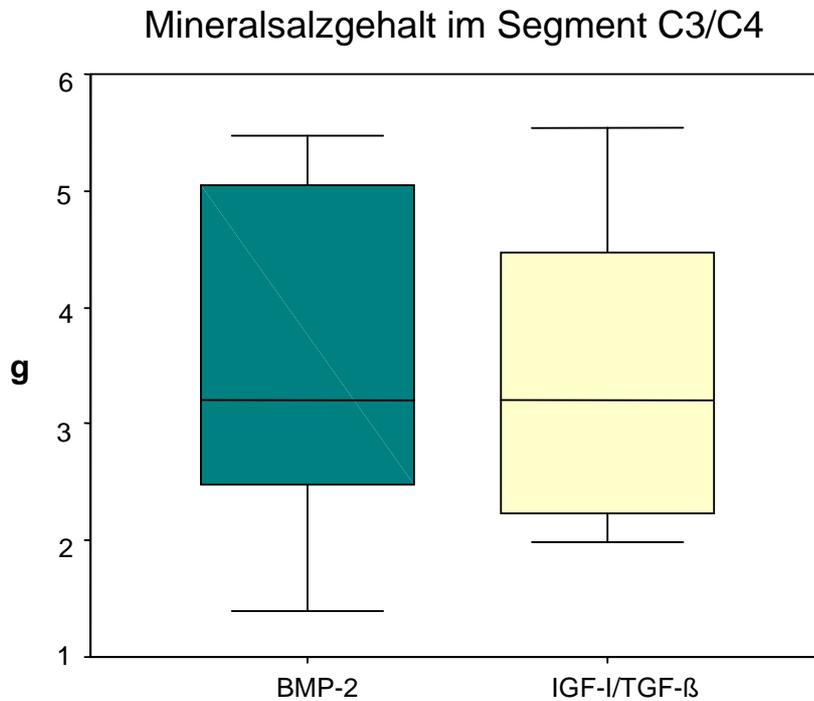


Abbildung 31: Vergleichende Darstellung der Durchschnittsmineralsalzgehaltwerte von Gruppe 1 (BMP-2) und Gruppe 2 (IGF-I/ TGF- $\beta$ 1) im Wirbelsegment C3/C4.

### 3.2.3 CT- Fusionsscore

In der Tabelle 30 ist die Anzahl der Versuchstiere aufgeführt, die dem jeweiligem Fusionsscore (A bis D) zugeordnet werden kann (siehe Abschnitt 2 Material und Methodik). Für alle untersuchten Tiere wurde ein hoher Durchbauungsgrad (Grad C und D) ermittelt. Ein möglicher bedeutsamer Unterschied zwischen den Gruppen wurde mittels Chi-Quadrat-Verfahren geprüft und kann nicht bestätigt werden ( $p > .05$ ).

Tabelle 30: CT- Fusionsscorewerte für die Durchbauung im Wirbelsegment C3/C4.

Grad der Durchbauung	Gruppe 1 (n=8) BMP-2	Gruppe 2 (n=8) IGF-I/ TGF- $\beta$ 1
A	0	0
B	0	0
C	6	5
D	2	3

### 3.3 Komplikationen

Während des gesamten Untersuchungszeitraumes konnten weder präoperativ noch intraoperativ Komplikationen beobachtet werden.

Postoperativ entwickelten sich in der Gruppe 1 bei zwei Tieren (Tier Nummer 6 und 8) oberflächliche Wundhämatome. Diese infizierten sich im weiteren Heilungsverlauf, wodurch es zu einer verzögerten Wundheilung kam. Unter der konservativen Therapie mit antiseptischen Verbandswechseln kam es zur folgenlosen Ausheilung mit restitutio ad integrum.