

3 Ergebnisse

Die einzelnen Werte der Messungen, sowie die errechneten Mittelwerte befinden sich im Kapitel 8 (Anhang).

3.1 Vergleich der Meßmethoden

Die Daten wurden mittels einer dreifaktoriellen Varianzanalyse mit zweifach- und dreifach- Wechselwirkung ausgewertet, wobei das Knochenpaar als Faktor mit zufälligem Effekt einfließt. Das Modell für diese Varianzanalyse ist wie bereits in 2.3.4 erwähnt:

$$y_{ijkl} = m + a_i + b_j + g_k + (bg)_{jk} + (ab)_{ij} + (ag)_{ik} + (abg)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Die Ergebnisse der Analyse sind in folgender Tabelle aufgeführt:

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: WERT

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	20585,533	1	20585,533	77,430	,000
	Error	6912,384	26	265,861 ^a		
METHODE	Hypothesis	205,353	2	102,676	2,588	,085
	Error	2062,980	52	39,673 ^b		
TIERARZT	Hypothesis	19,106	2	9,553	1,309	,279
	Error	379,561	52	7,299 ^c		
PAAR	Hypothesis	6912,384	26	265,861	7,040	,000
	Error	1677,772	44,424	37,767 ^d		
METHODE * TIERARZT	Hypothesis	36,008	4	9,002	,978	,423
	Error	957,325	104	9,205 ^e		
METHODE * PAAR	Hypothesis	2062,980	52	39,673	4,310	,000
	Error	957,325	104	9,205 ^e		
TIERARZT * PAAR	Hypothesis	379,561	52	7,299	,793	,822
	Error	957,325	104	9,205 ^e		
METHODE * TIERARZT * PAAR	Hypothesis	957,325	104	9,205	1,804	,000
	Error	1240,250	243	5,104 ^f		

a. MS(PAAR)

b. MS(METHODE * PAAR)

c. MS(TIERARZT * PAAR)

d. 1,000 MS(METHODE * PAAR) + 1,000 MS(TIERARZT * PAAR) - 1,000 MS(METHODE * TIERARZT * PAAR) + 7,527E-14 MS(Error)

e. MS(METHODE * TIERARZT * PAAR)

f. MS(Error)

Tabelle 4: Ergebnisse der Anova

Die Überschreitungswahrscheinlichkeiten (p) sind in der Spalte ganz rechts (‚Sig.‘) aufgeführt. Effekte sind nach der Wahl des Signifikanzniveaus erkennbar, wenn dieser Wert kleiner als 0.05 ist.

Anhand der Ergebnisse ist erkennbar, daß ein Effekt der Wechselwirkung ($p < 0,05$) zwischen Paar, Methode und Untersucher vorliegt. Ein Effekt des Faktors Methode ist in dem zufälligen Wechselwirkungseffekt zwischen Knochenpaar und Methode ($p < 0,05$) zu erkennen. Es ist aber kein Haupteffekt des Faktors Methode im Datenmaterial zu sehen ($p=0.085$), und auch kein Haupteffekt des Faktors Untersucher ($p=0.279$).

Betrachtet man dieses Ergebnis, bedeutet es, daß in dem Datenmaterial Unterschiede zwischen den Methoden vorliegen. Diese haben aber je nach Knochenpaar unterschiedliche Richtungen, d.h. mal liegen die mit der TMM ermittelten Werte höher, mal niedriger als bei den etablierten Methoden.

Zur Veranschaulichung dienen die Diagramm 1 bis Diagramm 6 mit den Mittelwerten je Methode, je Untersucher und je Methode für jeden Untersucher getrennt sowie die Darstellung der Mittelwerte der ATD.

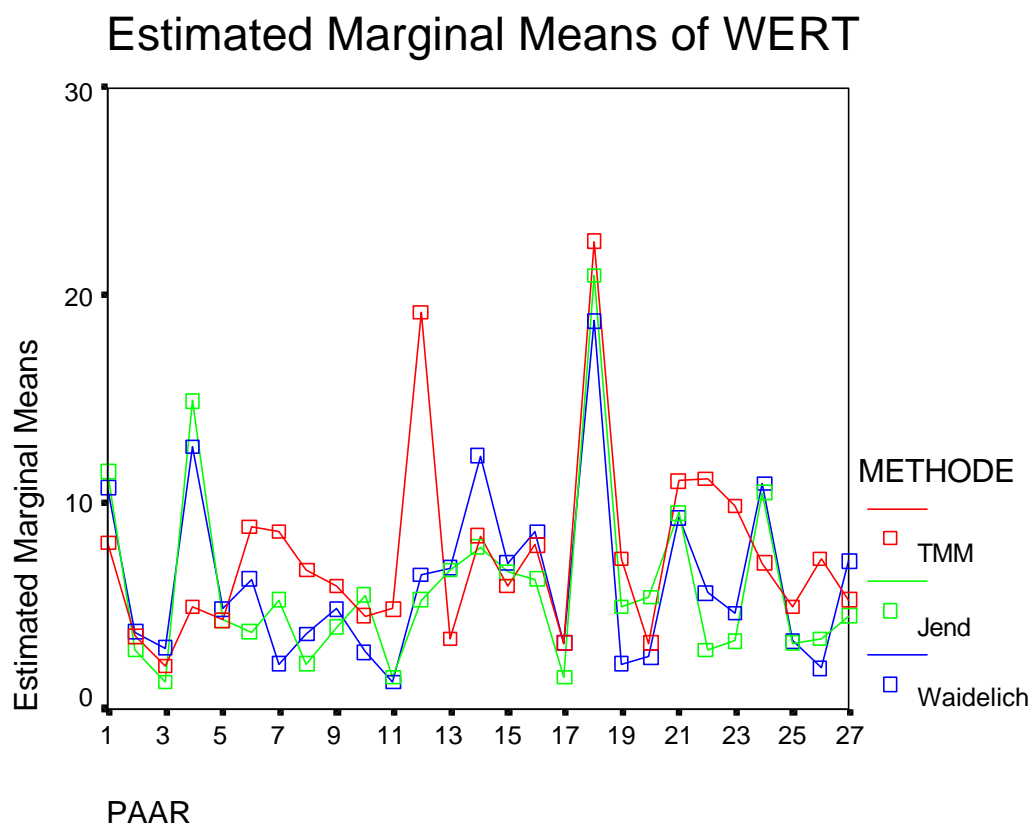


Diagramm 1: Mittelwerte je Methode
(gemittelt über die Tierärzte und Wiederholungsmessungen)

Estimated Marginal Means of WERT

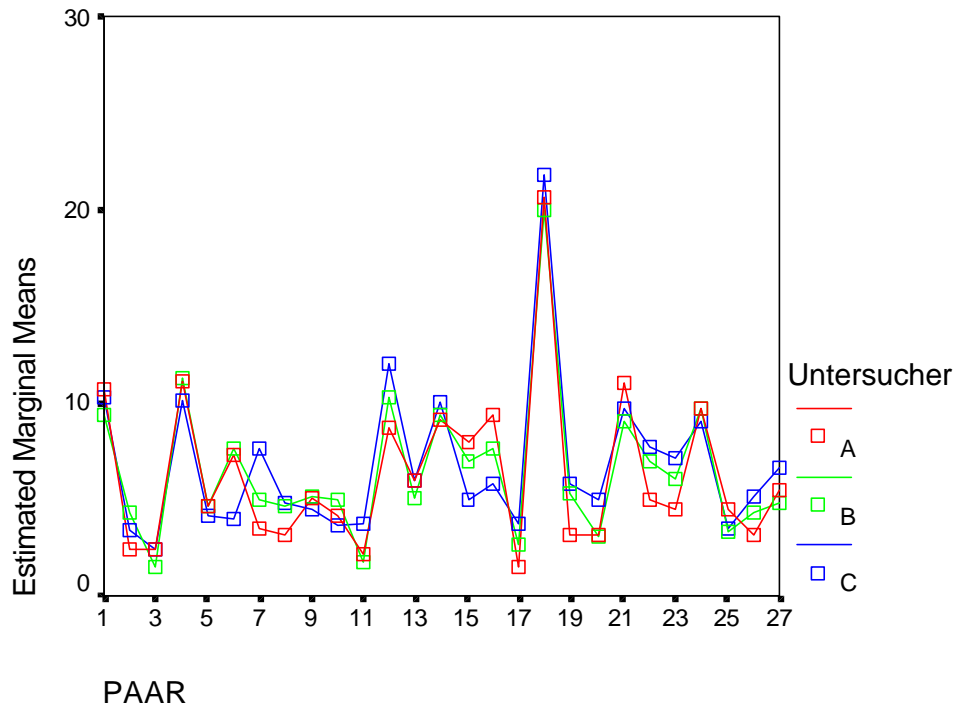


Diagramm 2: Mittelwerte je Tierarzt

(gemittelt über die Methoden und Wiederholungsmessungen)

Estimated Marginal Means of WERT

At Untersucher = A

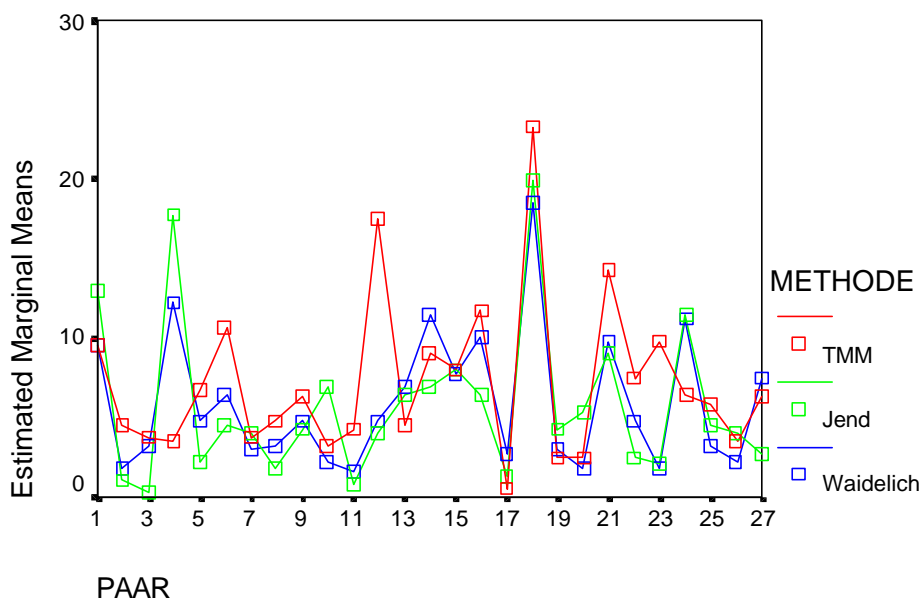


Diagramm 3: Mittelwerte je Methode für Untersucher A

(gemittelt über die Wiederholungsmessungen)

Estimated Marginal Means of WERT

At Untersucher = B

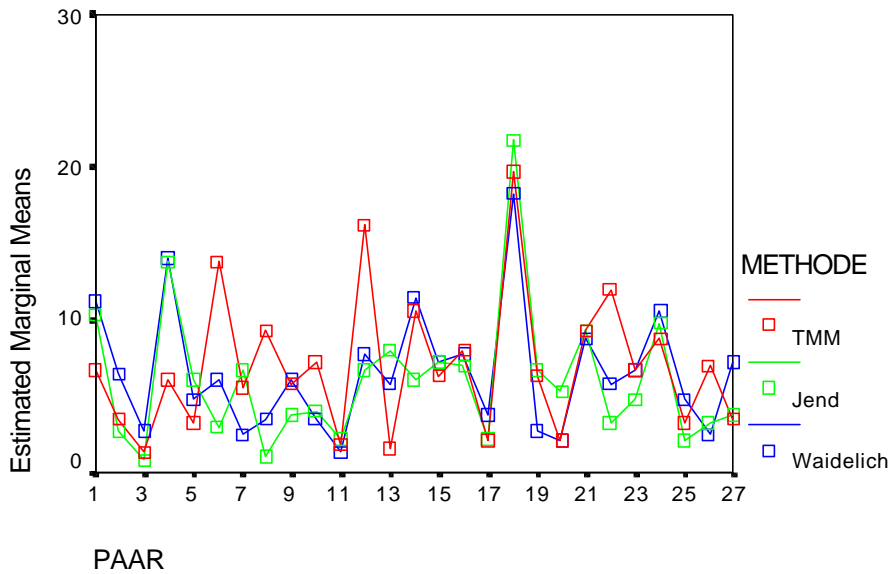


Diagramm 4: Mittelwerte je Methode für Untersucher B (gemittelt über die Wiederholungsmessungen)

Estimated Marginal Means of WERT

At Untersucher = C

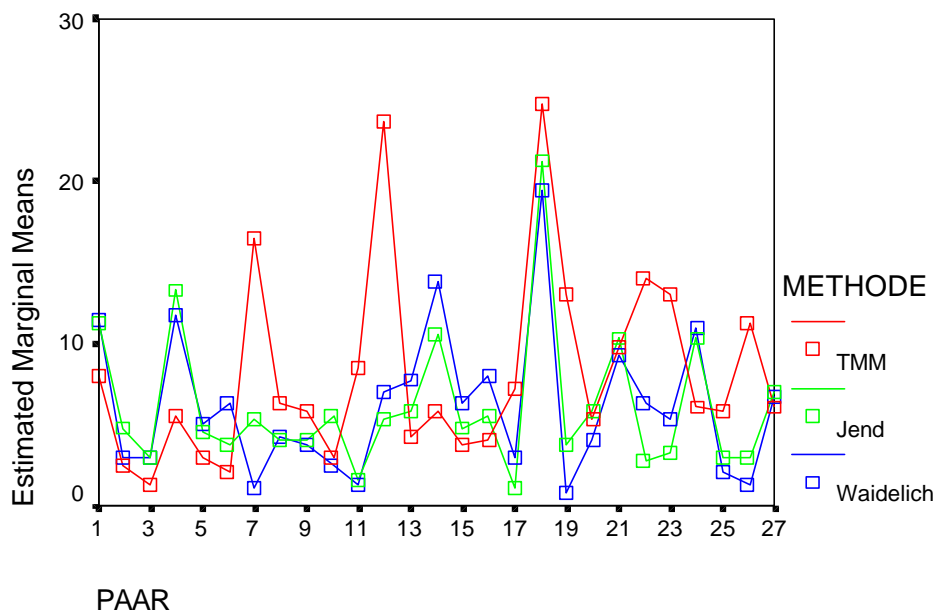


Diagramm 5: Mittelwerte je Methode getrennt nach Untersuchern (gemittelt über die Wiederholungsmessungen)

Mittelwerte der gemessenen ATD

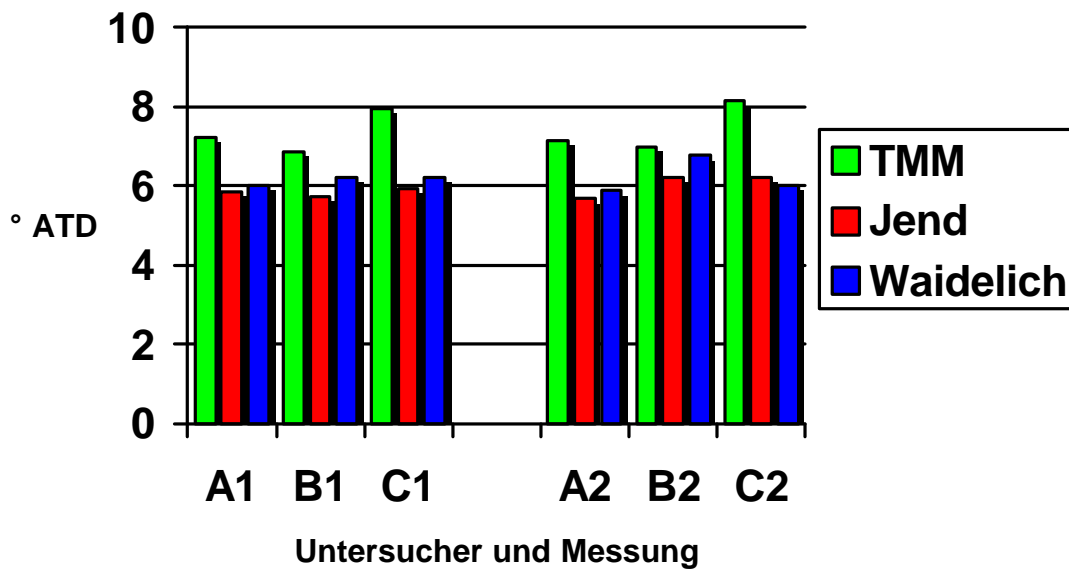


Diagramm 6: Graphische Darstellung der Mittelwerte der ATD

3.2 Intra- und Interobservervariabilität

Zur Quantifizierung der Intra- und Interobservervariabilität bei den drei Methoden wurden Varianzkomponentenschätzungen durchgeführt. Dabei wurde die Schätzung für jede Methode getrennt vorgenommen, um im Anschluß einen Vergleich der Varianzstrukturen zu vollziehen.

In dem verwendeten Varianz- Komponenten- Modell werden drei zufällige Effekte berücksichtigt:

- 1) die Variabilität zwischen den Knochenpaaren
- 2) die Variabilität zwischen den Untersuchern innerhalb der Knochenpaare (Interobservervariabilität)
- 3) die Restvarianz der wiederholten Messung durch einen Untersucher zu verschiedenen Zeitpunkten (Intraobservervariabilität)

Die Ergebnisse der Varianzkomponenten-Schätzungen sind in **Tabelle 5** bis **Tabelle 7** aufgeführt. In den Tabellen werden die absoluten Schätzwerte der Varianzkomponenten, die sich daraus ergebende Gesamtvarianz (Summe) sowie die prozentualen Anteile angegeben, die die einzelnen Komponenten an der Gesamtvarianz ausmachen.

Diese Werte werden einmal für alle drei Komponenten angegeben, einmal nur für die beiden Komponenten ‚Untersucher(Knochenpaar)‘ und ‚Rest‘, um zu sehen, wie die Verhältnisse von Inter- und Intra-Untersucher-Variabilität zueinander für sich betrachtet bei den drei Methoden aussehen.

Varianzquelle	Komponente	Anteil (%)	Komponente	Anteil (%)
Paar	17.795	53.4		
Untersucher (Paar)	4.012	12.0	4.012	25.8
Rest	11.517	34.6	11.517	74.2
Summe	33.324		15.529	

Tabelle 5: Varianz- Komponenten- Schätzung für die TMM

Varianzquelle	Komponente	Anteil (%)	Komponente	Anteil (%)
Paar	18.861	85.8		
Untersucher (Paar)	0.690	3.1	0.690	22.2
Rest	2.420	11.0	2.420	77.8
Summe	21.971		3.11	

Tabelle 6: Varianz- Komponenten- Schätzung für die Methode nach Jend

Varianzquelle	Komponente	Anteil (%)	Komponente	Anteil (%)
Paar	16.582	89.7		
Untersucher (Paar)	0.532	2.9	0.532	27.9
Rest	1.375	7.4	1.375	72.1
Summe	18.489		1.907	

Tabelle 7: Varianz- Komponenten- Schätzung für die Methode nach Waidelich

Vergleicht man die Varianzstrukturen bei den drei Methoden miteinander, sieht man, daß bei den Varianz- Komponenten „Untersucher (Paar)“ und „Rest“ die Verhältnisse bei allen drei Methoden ähnlich sind (siehe Spalte 5). Dabei ist die Restvarianz mit 74,2%, 77,8% und 72,1% anteilig größer. Allerdings unterscheiden sich die Komponenten beider Varianzquellen in den absoluten Zahlen (siehe Spalte 4 Tabelle 5 bis Tabelle 7), wobei sie bei der TMM am höchsten sind.

Zur Veranschaulichung sind in der folgenden **Tabelle 8** die Quadratwurzeln aus den Varianzkomponenten angegeben, die zu jeder Quelle die mit ihr verbundene Variabilität bzw. zusätzliche Variabilität in Form von Standardabweichungen quantifizieren. Das heißt, diese Größen sind in etwa als mittlere Abweichungen vom jeweiligen Mittelwert zu verstehen. Zum Beispiel: Der Wert 3.394 stellt für die TMM die mittlere Abweichung der beiden Wiederholungsmessungen desselben Untersuchers von Mittelwert dieser beiden Messungen dar, die Intraobservervariabilität. Der Wert 0.831 quantifiziert die zusätzliche Streuung zwischen den Untersuchern als mittlere Abweichung der Untersuchermittelwerte (über die beiden Wiederholungsmessungen) vom Mittelwert über alle Untersucher. Dies ist die Interobservervariabilität. Dazu kommt dann noch die zusätzliche Streuung zwischen den Knochenpaaren als Standardabweichung der Mittelwerte (über Untersucher und Wiederholungsmessungen) je Knochenpaar.

	TMM	Jend	Waidelich
Paar: zusätzliche Variabilität zwischen Knochenpaaren	4.218	4.343	4.072
Untersucher(Paar): zusätzliche Interobservervariabilität	2.003	0.831	0.792
Rest: Intraobservervariabilität	3.394	1.556	1.173

Tabelle 8: Quadratwurzeln aus den Varianzkomponenten

Die Intraobservierbarkeit ist bei allen drei Verfahren größer als die Interobservierbarkeit. Außerdem sind Intra- und zusätzliche Interobservierbarkeit bei der TMM mehr als doppelt so groß wie bei den Verfahren nach Jend und Waidelich. Die Präzision der TMM war in diesem Versuch demnach geringer.

Mit Werten von 17.795, 18.861 und 16.582 (Spalte 2, Zeile Paar, Tabelle 5 bis Tabelle 7) trägt die Varianzquelle „Paar“ bei allen drei Methoden in ähnlicher Größenordnung zur Gesamtvarianz bei. Daher ist das Verhältnis der drei Komponenten bei den CT- Methoden ähnlich. Der Anteil der zusätzlichen Streuung an der Gesamtvarianz macht in beiden Fällen über 80 % aus. Bei der TMM ist er dagegen mit 53.4% geringer.

3.3 Berechnung der maximalen Differenzen der ATD zwischen der TMM und den CT- Methoden

Geht man davon aus, daß die mit den Methoden nach Jend und Waidelich bestimmten Daten unsere Referenzwerte sind, so dürfen die Werte bei der TMM nicht um mehr als 15° davon abweichen. Dabei wird angenommen, daß die mit den CT- Methoden ermittelten Antetorsionsdifferenzen die tatsächlichen Werte darstellen, sozusagen als Nullwert genutzt werden. Die mit der TMM ermittelten Werte für die ATD dürfen somit nicht um mehr als 15 ° abweichen, da der Wert von 15° wie in **Kapitel 1.1.3** beschrieben als orthopädisch tolerabler Wert im Bezug auf Gesundheitsbeeinträchtigungen gesehen wird.

Es werden die äußeren Werte der TMM jeweils mit den äußeren Werten der CT- Methoden verglichen. Aus diesen Daten wird die maximale Differenz für jedes Knochenpaar und jeden Untersucher berechnet (**Tabelle 9 bis Tabelle 14**) und graphisch dargestellt. (Diagramm 7 bis Diagramm 12)

Am Beispiel erläutert bedeutet dies für Knochenpaar 1 bei Untersucher A, der mit der TMM in der 1. Messung einen Winkel von 11,5° und in der 2. Messung von 7,5° herausgefunden hat und mit der Methode nach Jend in der 1. Messung 10° und in der 2. 16°, daß in diesem Fall die maximale Differenz 16° minus 7,5° , also 8,5° ist.

Knochenpaar	Äußeres Extrem der Messung der TMM für Untersucher A [°]	Äußeres Extrem der Messung mit der Methode nach Jend bei Untersucher A [°]	Differenz zwischen TMM und Jend [°]
1	7,5	16	-8,5
2	5,5	0	5,5
3	5,5	0	5,5
4	3	18,5	-15,5
5	7	1,5	5,5
6	11,5	1	10,5
7	0,5	5	-4,5
8	7,5	1	6,5
9	8,5	4	4,5
10	0,5	11	-10,5
11	4,5	0,5	4
12	20,5	3	17,5
13	2,5	8	-5,5
14	10,5	6	4,5
15	8	6	2
16	13	6	7
17	0	1,5	-1,5
18	24	20	4
19	1,5	5,5	-4
20	0,5	7,5	-7
21	13,5	8	5,5
22	10	2	8
23	10	1	9
24	5	13	-8
25	10	4	6
26	3	4	-1
27	8,5	2,5	6

Tabelle 9: Extremwerte der ATD für Untersucher A bei der TMM und der Methode nach Jend

Knochenpaar	Äußeres Extrem der Messung der TMM für Untersucher B [°]	Äußeres Extrem der Messung mit der Methode nach Jend bei Untersucher B [°]	Differenz zwischen TMM und Jend [°]
1	6,5	10,5	-4
2	3,5	2	1,5
3	1,5	0,5	1
4	5	16	-11
5	2	6,5	-4,5
6	14	2	12
7	3,5	7	-3,5
8	11	1	10
9	7	2,5	4,5
10	10	4	6
11	1,5	2,5	-1
12	17	6,5	10,5
13	1,5	9	-7,5
14	15,5	5	10,5
15	5,5	7,5	-2
16	12,5	6	6,5
17	0,5	2,5	-2
18	19,5	22,5	-3
19	2,5	7	-4,5
20	0,5	5,5	-5
21	13,5	8,5	5
22	13,5	0,5	13
23	8,5	4,5	4
24	7,5	10,5	-3
25	4,5	1,5	3
26	13,5	2	11,5
27	2,5	4,5	-2

Tabelle 10: Extremwerte der ATD für Untersucher B bei der TMM und der Methode nach Jend

Knochenpaar	Äußeres Extrem der Messung der TMM für Untersucher C [°]	Äußeres Extrem der Messung mit der Methode nach Jend bei Untersucher C [°]	Differenz zwischen TMM und Jend [°]
1	2	12	-10
2	1	5,5	-4,5
3	1	3,5	-2,5
4	4	13,5	-9,5
5	0	4,5	-4,5
6	1	4,5	3,5
7	18	4	14
8	8	3,5	4,5
9	9,5	3,5	6
10	2	7	-5
11	12	1	11
12	25	4	21
13	2	6	-4
14	0,5	11	-10,5
15	0,5	4,5	-4
16	2	6,5	-4,5
17	9,5	0,5	9
18	27,5	21	6,5
19	15	3	12
20	0	6	-6
21	7,5	10,5	-3
22	14	1,5	12,5
23	15	3	12
24	4	11	-7
25	7	3	4
26	15,5	2,5	13
27	3	7,5	-4

Tabelle 11: Extremwerte der ATD für Untersucher C bei der TMM und der Methode nach Jend

Knochenpaar	Äußeres Extrem der Messung der TMM für Untersucher A [°]	Äußeres Extrem der Messung mit der Methode nach Waidelich bei Untersucher A [°]	Differenz Zwischen TMM und Waidelich [°]
1	7,5	10	-2,5
2	5,5	1,5	4
3	5,5	2	3,5
4	3	12,5	-9,5
5	7	4,5	2,5
6	11,5	6	5,5
7	7	1	6
8	7,5	3	4,5
9	8,5	4,5	4
10	6	2	4
11	4,5	1	3,5
12	20,5	4	16,5
13	2,5	7	-5,5
14	7,5	12	-4,5
15	8	7,5	0,5
16	13	9	4
17	0	3,5	-3,5
18	24	18	6
19	1,5	4	-2,5
20	4,5	1	3,5
21	15	10	5
22	10	4,5	5,5
23	10	0	10
24	5	11,5	-5,5
25	10	2,5	7,5
26	4	2	2
27	4	8	-4

Tabelle 12: Extremwerte der ATD für Untersucher A bei der TMM und der Methode nach Waidelich

Knochenpaar	Äußeres Extrem der Messung der TMM für Untersucher B [°]	Äußeres Extrem der Messung mit der Methode nach Waidelich bei Untersucher B [°]	Differenz zwischen TMM und Waidelich [°]
1	6,5	12	-5,5
2	3,5	7	-4
3	1	3	-2
4	5	15	-10
5	2	5,5	-3,5
6	14	5,5	8,5
7	7,5	2	5,5
8	11	2,5	8,5
9	4,5	6,5	-2
10	10	1,5	8,5
11	2	0,5	1,5
12	17	5,5	11,5
13	1,5	6,5	-5
14	5,5	11,5	-6
15	5,5	7,5	-2
16	3,5	9	-5,5
17	0,5	4,5	-4
18	20	16	4
19	10	2	8
20	3,5	1,5	2
21	13,5	8,5	5
22	13,5	5,5	8
23	8,5	5,5	-3
24	7,5	11	-3,5
25	2	7	-5
26	0,5	1	-0,5
27	4,5	8,5	-4

Tabelle 13: Extremwerte der ATD für Untersucher B bei der TMM und der Methode nach Waidelich

Knochenpaar	Äußeres Extrem der Messung der TMM für Untersucher C [°]	Äußeres Extrem der Messung mit der Methode nach Waidelich bei Untersucher C [°]	Differenz zwischen TMM und Waidelich [°]
1	2	11,5	-9,5
2	1	3,5	-2,5
3	1	3,5	-2,5
4	4	13	-9
5	0	6	-6
6	1	6,5	-5,5
7	18	0,5	17,5
8	8	4	4
9	9,5	3,5	6
10	4	2	2
11	12	1	11
12	25	6,5	18,5
13	2	8,5	-6,5
14	0,5	14	-13,5
15	0,5	6,5	-6
16	2	8,5	-6,5
17	9,5	3	6,5
18	27,5	19	8,5
19	15	0,5	14,5
20	10,5	3,5	7
21	12	8,5	3,5
22	14	5,5	8,5
23	15	4,5	10,5
24	4	11	-7
25	7	2	5
26	15,5	1	14,5
27	3	6,5	-3,5

Tabelle 14: Extremwerte der ATD für Untersucher C bei der TMM und der Methode nach Waidelich

Dabei ist festzustellen, daß bei Untersucher A beim Vergleich der Daten zwischen der TMM und der Methode nach Jend die Differenz bei zwei Knochenpaaren über 15° liegt (Knochenpaar 4 und 12), während bei diesem Untersucher bei der TMM verglichen mit der Methode nach Waidelich bei einem Knochenpaar die Differenz größer ist (Knochenpaar 12).

Im Fall von Untersucher B ist bei beiden CT- Methoden gegenüber der TMM keine Differenz der äußeren Meßwerte über 15° zu erkennen.

Bei Untersucher C ist beim Vergleich der Meßwerte eines jeden Knochenpaares beim Vergleich der TMM mit der Methode nach Jend eine Differenz der äußeren Extreme über dem entscheidenden Wert (Knochenpaar 12), bei Vergleich der TMM mit der Methode nach Waidelich ist dies in zwei Fällen aufgetreten (Knochenpaar 7 und 12).

Das Knochenpaar 12 scheint auf die Genauigkeit Ergebnisse der Messung einen konstanten Einfluß zu haben.

Diagramm 7: Äußere Werte der TMM und der Methode nach Jend bei Untersucher A

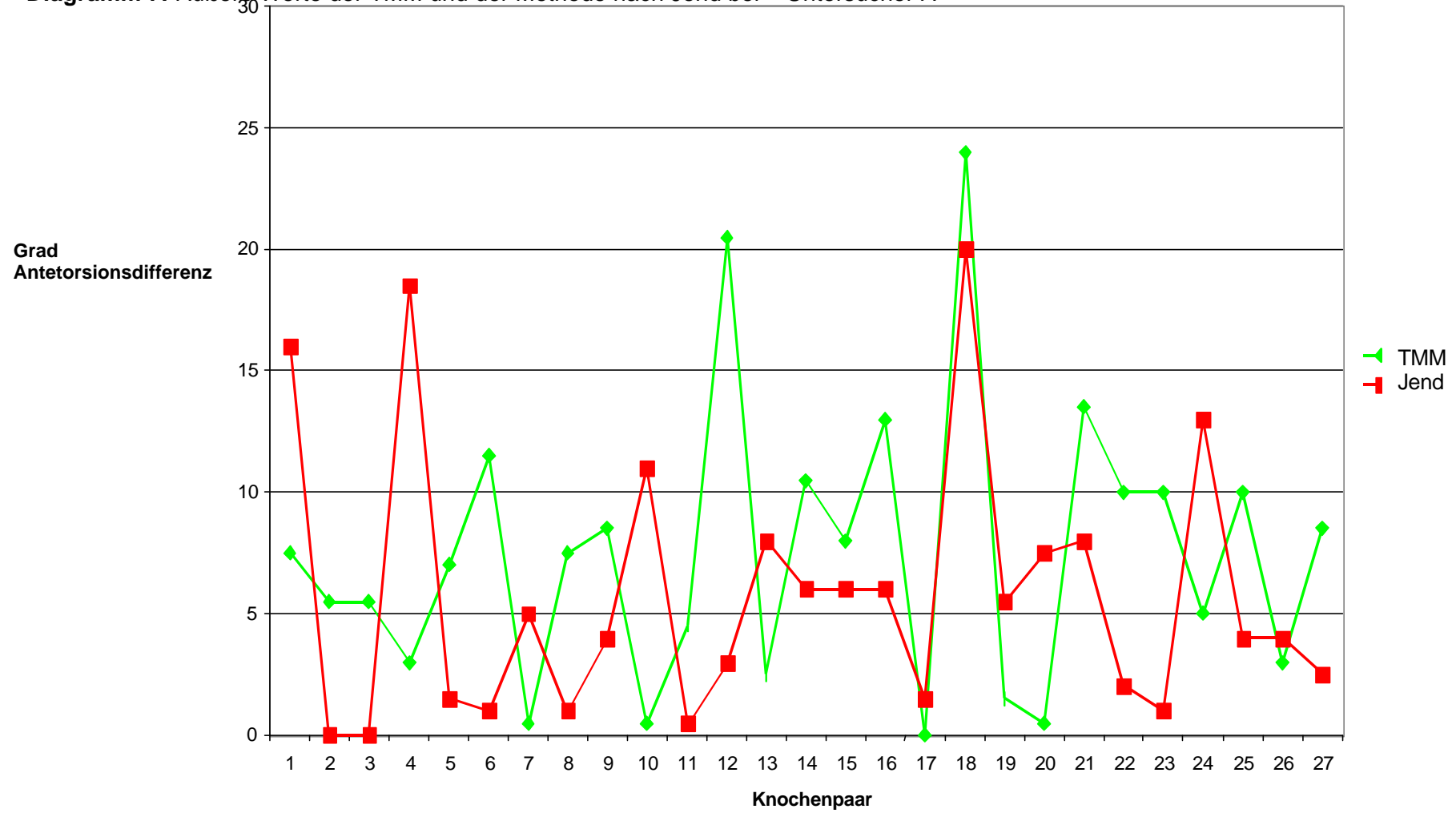


Diagramm 8: Äußere Werte der TMM und der Methode nach Jend bei Untersucher B

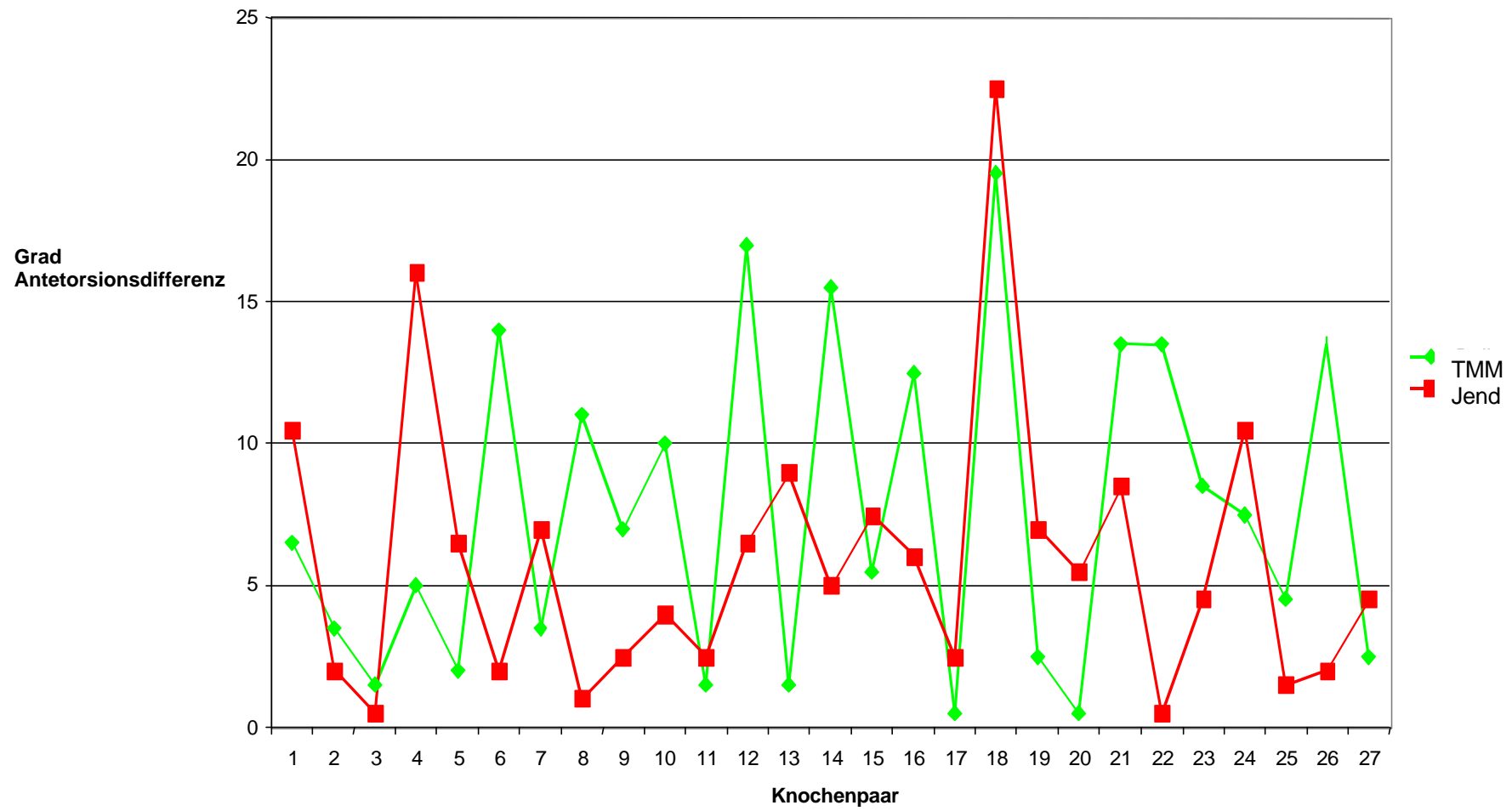


Diagramm 9: Äußere Werte der TMM und der Methode nach Jend bei Untersucher C

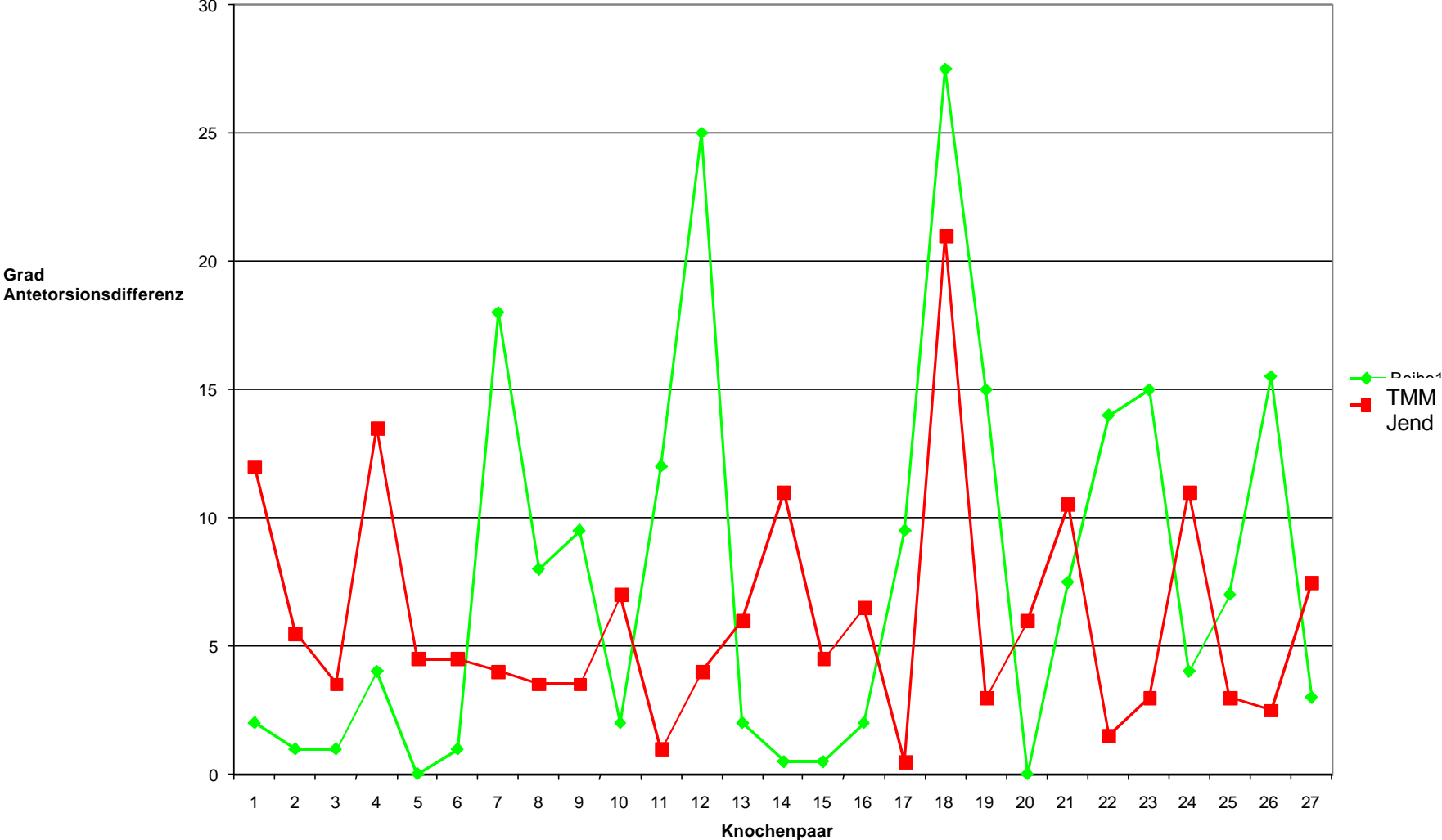


Diagramm 10: Äußere Werte der TMM und der Methode nach Waidelich bei Untersucher A

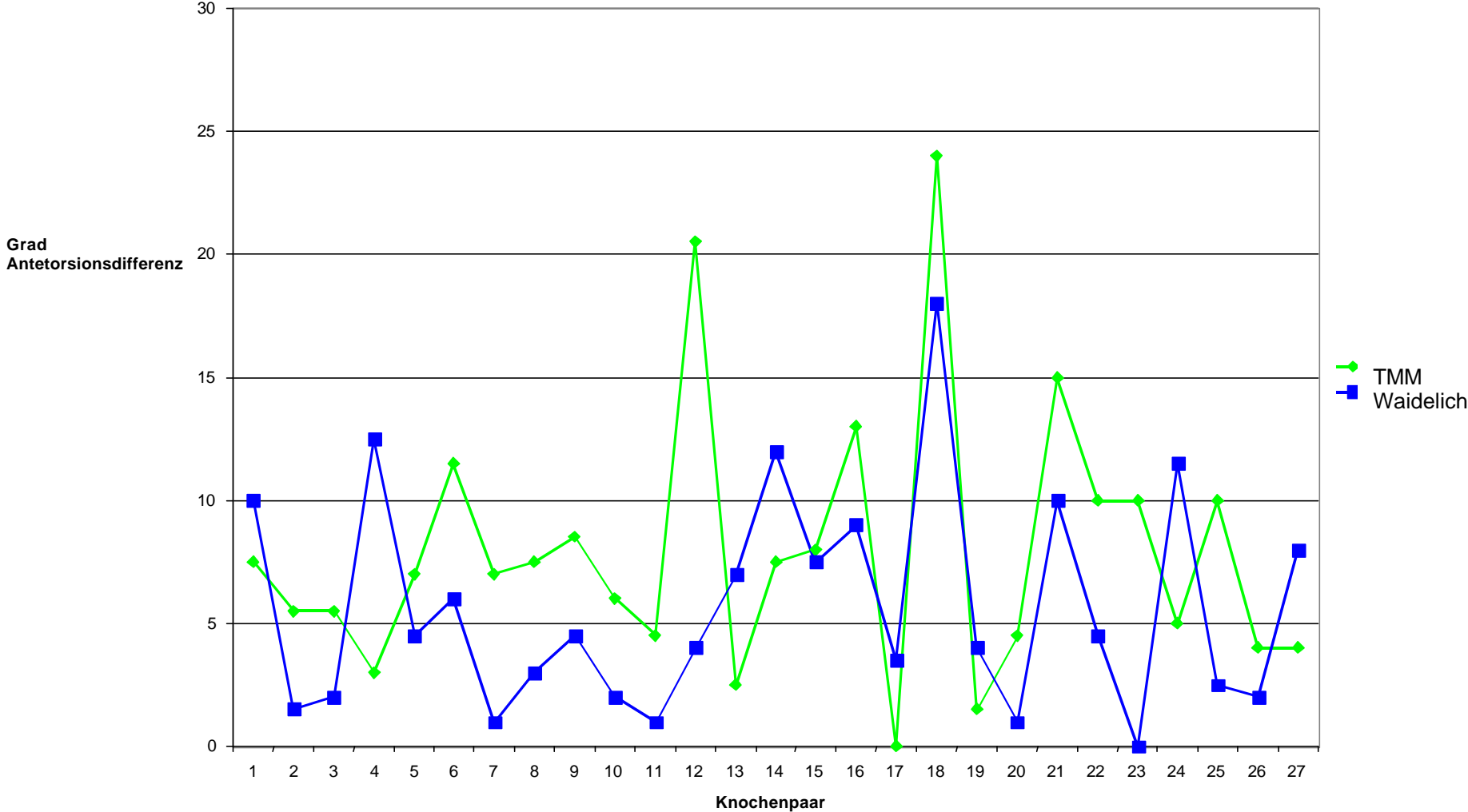


Diagramm 11: Äußere Werte der TMM und der Methode nach Waidelich bei Untersucher B

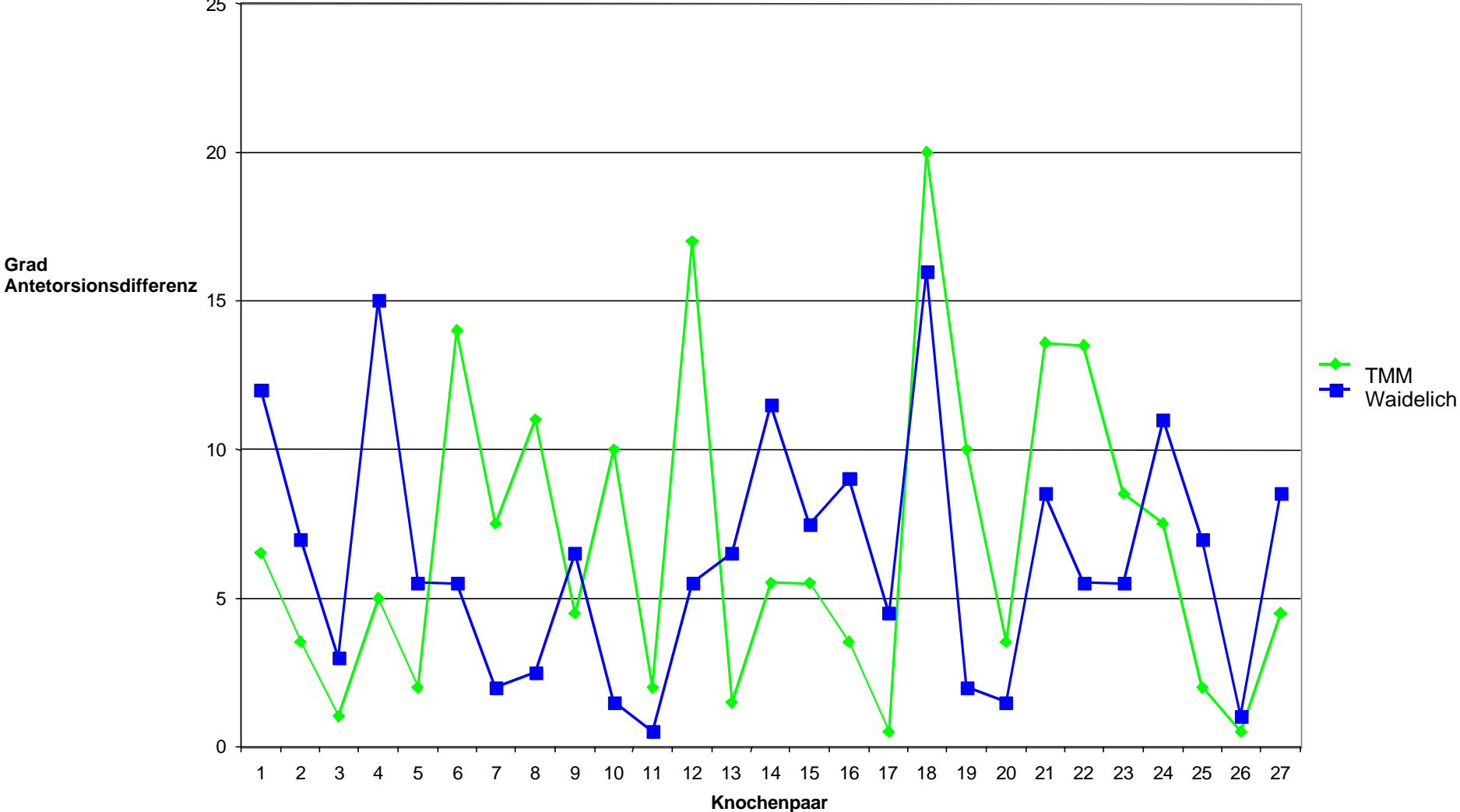


Diagramm 12: Äußere Werte der TMM und der Methode nach Waidelich bei Untersucher C

