

Aus der Medizinischen Universitätsklinik und Poliklinik Tübingen

Abteilung Sportmedizin / Innere Medizin V

Ärztlicher Direktor: Professor Dr. A. Nieß

**Kraftorientiertes Zirkeltraining  
im Rahmen der Herzgruppentherapie**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard-Karls-Universität  
zu Tübingen

vorgelegt von  
Volker Seeger

aus

Freudenstadt

2006

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. H.-C. Heitkamp

2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. A. May

Meiner Familie



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>7</b>
<b>2. METHODIK</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Untersuchungsgut</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Trainingsdarstellung</b>	<b>11</b>
<b>2.3 Messmethodik</b>	<b>13</b>
2.3.1 Maximalkraftmessung mit einer isokinetischen Kraftmaschine	13
Kniestreckergruppe	15
2.3.1.1 Kraftmessung im Kniegelenk	15
2.3.1.2 Kraftmessung im Schultergelenk	16
2.3.2 Sportmotorische Tests	16
<b>2.4 Versuchsdurchführung</b>	<b>17</b>
2.4.1 Isokinetische Kraftmessungen	17
2.4.2 Sportmotorische Tests	19
<b>2.5 Auswertung</b>	<b>20</b>
2.5.1 Isokinetische Kraftmessungen	20
2.5.2 Sportmotorische Tests	20
<b>2.6 Statistik</b>	<b>20</b>
<b>3. ERGEBNISSE</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Trainingsdokumentation</b>	<b>22</b>
<b>3.2 Isokinetische Kraftmessungen</b>	<b>25</b>
3.2.1 Konzentrik	26
3.2.1.1 Knie	26

3.2.1.2 Schulter	31
3.2.2 Exzentrik	37
3.2.2.1 Knie	37
3.2.2.2 Schulter	42
3.2.3 Isometrie	48
3.2.3.1 Knie	48
3.2.3.2 Schulter	53
<b>3.3 Sportmotorische Tests</b>	<b>58</b>
3.3.1 Stuhlkreis	59
3.3.2 Fußtip	60
3.3.3 Rumpfwende	62
3.3.4 Rückenstreck	63
3.3.5 Rückenkreis	65
3.3.6 Bauchkreis	66
3.3.7 Überstieg	68
<b>4. DISKUSSION</b>	<b>70</b>
<b>4.1 Kritik der Methodik und Wertung der Ergebnisse</b>	<b>70</b>
4.1.1 Probandenauswahl	70
4.1.2 Training	71
4.1.3 Tests	72
<b>4.2 Krafttraining und Koronarsport</b>	<b>76</b>
<b>4.3 Schlussfolgerungen</b>	<b>83</b>
<b>5. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>84</b>
<b>6. LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>86</b>
<b>7. ANHANG</b>	<b>93</b>

# 1. Einleitung

Der Weg eines Patienten nach einem kardialen Ereignis sollte ihn nach Empfehlung der WHO von der Akut- über die Rehaklinik in die ambulante Weiterbehandlung durch Hausarzt und Herzgruppe führen. Ziel dieser Maßnahmen ist der Abbau der bekannten Risikofaktoren (Adipositas, Nikotinabusus, Hyperlipoproteinämie, Hypertonie, Stress, Bewegungsmangel,...) durch die Motivation zu einem gesundheitsfördernden Lebensstil.

Ernährung, Bewegung, Stressbewältigung und Raucherentwöhnung sind die Ansätze, auf denen die konservative, nicht-medikamentöse Therapie der koronaren Herzkrankheit gründet (45).

Spätestens seit 1990, nachdem Dean Ornish als erster nachgewiesen hatte, dass die Koronarverkalkung durch die richtige Anwendung dieser Prinzipien in ihrem Verlauf nicht nur gebremst, sondern gar rückgängig gemacht werden kann (43), gewinnt die Lebensstiländerung im Kampf gegen die Volkskrankheit Nr.1 der meisten Industrienationen (13,16,39) immer mehr an Bedeutung. Dabei ist bezüglich der Bewegung laut Blair et al. (1992) der absolute Energieverbrauch, nicht die Art der Bewegung, entscheidend. Gartenarbeit und körperliche Tätigkeiten im Beruf beispielsweise sind somit dem Sport gleichzusetzen (3). Gordon et al. (1991) streben einen zusätzlichen wöchentlichen Energieverbrauch von 14 bis 20 Kilokalorien pro Kilogramm Körpergewicht an (16).

Die koronare Herzkrankheit hat durch die Arbeit von Dean Ornish einen beträchtlichen Teil der Schicksalhaftigkeit, die ihr bis dato bezüglich des Auftretens und der Prognose anhing, eingebüßt.

Die Erkenntnis, dass ausgewogene Ernährungsweise, regelmäßiges körperliches Training und ein ausgeglichenes Verhältnis von Anspannung und Entspannung Präventiv-Faktoren darstellen, scheint zunächst nichts revolutionär Neues zu sein (3). Jedoch erst in neuerer Zeit wurde ihr tatsächlicher Stellenwert nach wissenschaftlichen Maßstäben deutlich (43,44,45,57).

Dem entsprechend wird den Mitgliedern der Ambulanten Koronargruppe Tübingen e.V. ein dreifaches Programm angeboten: Ernährungsseminare, gezieltes Entspannungstraining in Form von Yoga sowie Bewegungstherapie in Form von Koronarsport, mit welchem sich die vorliegende Studie beschäftigt.

Herzgruppensport soll zu einer Ökonomisierung der Herz-Kreislauf-Funktion durch Verminderung des myokardialen Sauerstoffbedarfs und der Absenkung der Pulsfrequenz führen. Die Verbesserung der Leistungsfähigkeit soll dem Patienten verlorengangene Selbstsicherheit wiedergeben und zu einer gesteigerten Lebensqualität in Alltag, Freizeit und auch Beruf verhelfen (11,42,59).

Haskell (1994) beschreibt einen Rückgang der kardialen und allgemeinen Mortalität bei Herzgruppenteilnehmern gegenüber nichtteilnehmenden Herzpatienten um etwa 25% (20).

An Übungsformen werden aktuell bei Herzpatienten, abhängig von der individuellen Belastbarkeit, im wesentlichen Bewegungstherapie, Schwimmen, Walking, Jogging, freie Ballspiele und Krafttraining im Fitnessstudio angewandt.

Für das häusliche Training werden Walking, Jogging und Heimtrainer empfohlen (21).

Im Alltag wie auch in Freizeit und Beruf sind die Patienten häufig kraftefordernden Belastungen ausgesetzt (Treppensteigen, Lasten heben...), weshalb ein rein ausdauerorientiertes Trainingskonzept dem Anspruch eines spezifischen Trainings nicht voll gerecht werden kann (8,52).

Spezifisches Krafttraining, wie es in der Praxis des Herzgruppensports in den letzten Jahren vermehrt durchgeführt wird, galt für Herzpatienten lange als gefährlich und daher als kontraindiziert. Gefürchtet waren vor allem ein unkontrollierbarer Blutdruckanstieg während isometrischer Belastungsformen und kardiale Belastungen, die durch Pressatmung hervorgerufen werden. Jedoch belegen zahlreiche neuere Studien, dass Krafttraining für Herzpatienten unter bestimmten Voraussetzungen als sicher gelten darf. Auch wurde gezeigt, dass gerade Herzpatienten von einem gezielten Krafttraining profitieren (1,2,7,8,26,29,34,37,49,50).

In diesen Studien wurden für das Training meist Kraftmaschinen verwendet.

Kraftmaschinen bieten den Vorteil einer guten Dosierbarkeit der Belastung und einer optimalen Reproduzierbarkeit des Trainingserfolges.

Ihre Nachteile liegen im hohen Anschaffungsaufwand und Platzbedarf, so dass sie nicht überall zur freien Verfügung stehen.

Die vorliegende Studie soll zeigen, ob auch ein „freies“ Krafttraining ohne Maschinen von Herzpatienten messbaren Gewinn bringt. Wenn ja, könnte sich Krafttraining im Herzgruppensport künftig auf noch breiterer Ebene etablieren.

Konkret ergeben sich folgende **Untersuchungsziele**:

- Welchen Zuwachs an Kraft lässt sich im Bereich der Oberschenkel- und Schultermuskulatur durch ein Kraftzirkeltraining im Rahmen der Herzgruppentherapie erzielen?
- Welche Verbesserungen von sportmotorischen Leistungen lassen sich dadurch dokumentieren?
- Gibt es Hinweise für eine ökonomischere Ausführung von Standardbelastungen im Alltag nach diesem Training?

## **2. Methodik**

### **2.1 Untersuchungsgut**

Teilnehmer am Koronarsport müssen sich generell einer Eingangsuntersuchung im sportmedizinischen Institut der Universität Tübingen unterziehen. Bei dieser Untersuchung wird unter anderem die Belastbarkeit mittels Fahrradergometrie getestet.

Patienten, welche einen Testwert von mindestens 1,50 Watt pro Kilogramm Körpergewicht erreichen, werden der Trainingsgruppe zugeteilt. Wird dieser Wert nicht erreicht, erfolgt die Zuteilung zur Übungsgruppe. Dies ist das übliche Vorgehen in Tübingen. Normalerweise besteht die Grenze bei 1,0 Watt pro Kilogramm. Bei regelmäßigen, mindestens jährlichen, Kontrolluntersuchungen wird die Belastbarkeit überprüft. Daher war es nicht erforderlich, alle Studienteilnehmer vor Studienbeginn einer gesonderten ärztlichen Untersuchung zu unterziehen.

Für die Zirkeltrainingsgruppe (T) stellten sich 16 männliche Freiwillige aus der Trainingsgruppe zur Verfügung. Davon hatten 15 eine sicher diagnostizierte koronare Herzkrankheit, ein Proband hatte die Diagnose Zustand nach Endokarditis.

Für die Kontrollgruppe (K) stellten sich 10 männliche Freiwillige aus der Übungsgruppe zur Verfügung. Alle hatten eine sicher diagnostizierte koronare Herzkrankheit.

Die Mittelwerte und oberen bzw. unteren Grenzwerte von Alter sowie der anthropometrischen Daten Größe, Gewicht und Body-Mass-Index (BMI) gehen aus Tabelle 1 hervor.

**Tabelle 1: Alter, Größe, Gewicht und Body-Mass-Index (BMI) der beteiligten Probanden**

	<b>Gruppe</b>	<b>Alter (Jahre)</b>	<b>Größe (cm)</b>	<b>Gewicht (kg)</b>	<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Mittelwert (Standardabweichung) [Spannbreite]</b>	T	61 (4,9) [53-69]	174 (4,9) [167-183]	77 (7,8) [66-90]	25 (1,7) [24-30]
<b>Mittelwert (Standardabweichung) [Spannbreite]</b>	K	63 (6,4) [52-71]	176 (5,2) [167-184]	83 (15,7) [60-102]	27 (4,3) [20-32]

## **2.2 Trainingsdarstellung**

Während 20 Wochen wurde im Rahmen des Herzgruppensports ein kraftorientiertes Zirkeltraining durchgeführt. Das Zirkeltraining wurde wöchentlich an drei Terminen angeboten. Samstags und Dienstags wurde es in die üblichen Übungsstunden integriert. Ein weiterer Termin fand Donnerstags statt. Donnerstags traf sich ein Großteil der Studienteilnehmer regelmäßig zum freien Volleyballspiel. Dieser Teil erklärte sich bereit, das Zirkeltraining vor Beginn des Volleyballspiels durchzuführen.

Eine Zirkeltrainingseinheit dauerte circa 20 Minuten. In dieser Zeit wurden zehn Stationen zweimal durchlaufen. An jeder Station wurde 30 bis 40 Sekunden lang geübt, worauf 20 bis 30 Sekunden Erholung folgten. Das Ende einer Übung und der Beginn der nächsten wurden durch Verstummen und Wiedereinsetzen der Hintergrundmusik bestimmt.

Auf Vermeidung von Pressatmung wurde konsequent geachtet.

Die Probanden wurden dazu angehalten, das Zirkeltraining auch als Hausaufgabe durchzuführen, um optimalerweise drei Trainingseinheiten pro Woche zu absolvieren.

In der folgenden Tabelle werden die ausgewählten Übungen beschrieben, entsprechende Abbildungen finden sich im Anhang.

**Tabelle 2: Darstellung ausgewählter Übungen zur Kräftigung der entsprechenden Muskelgruppen.**

Station	Übung	Beanspruchte Muskelgruppe
1	Rumpfbeugen in Rückenlage	Bauchmuskulatur, Kniebeuger, Hüftstrecker
2	Ellenbogenbeugen gegen Gummizug	Ellenbogenbeuger, Brustmuskulatur, Rückenmuskulatur
3	Flugbewegungen in Körpervorlage („Flys“)	Schultergürtelmuskulatur, Armstrecker, Rückenmuskulatur
4	Fußstrecken im Stand	Wadenmuskulatur
5	Rumpfstrecken im Vierfüßlerstand	Hüftstrecker, Rückenmuskulatur, Kniebeuger
6	Armschließen mit Kugelhantel in Rückenlage	Brustmuskulatur
7	Beinabspreizen in Seitenlage	Abduktoren im Hüftgelenk
8	Armöffnen gegen Gummizug	Schultergürtelmuskulatur, Rückenmuskulatur
9	Kniestrecken (Step auf Kasten)	Hüftstrecker, Kniestrecker
10	Liegestützen aus dem Vierfüßlerstand	Brustmuskulatur, Schultergürtelmuskulatur, Bauchmuskulatur, Hüftbeuger

## **2.3 Messmethodik**

Die Tests, welche vor, zur Halbzeit und am Ende des 20-wöchigen Trainings durchgeführt wurden, beruhen auf zwei verschiedenen Verfahren.

- Maximalkraftmessung mit einer isokinetischen Kraftmaschine
- Sportmotorische Tests

### **2.3.1 Maximalkraftmessung mit einer isokinetischen Kraftmaschine**

Es wurden Flexion und Extension im Kniegelenk, sowie Außenrotation und Innenrotation im Schultergelenk bei 90° Elevation des Armes und 90° Flexion im Ellenbogengelenk gemessen.

Gemessen wurde die konzentrische, die exzentrische und die isometrische Maximalkraft.

Das Bewegungsausmaß betrug circa 90°, wobei diese Marke bei den Messungen am Kniegelenk von vielen Probanden aufgrund von Streckdefiziten nicht erreicht wurde.

Die Winkelgeschwindigkeit betrug 60°/s.

Die Anspannungszeit bei den isometrischen Messungen betrug fünf Sekunden und wurde von fünf Sekunden Entspannung gefolgt.

Konzentrisch und exzentrisch wurden jeweils sechs Zyklen gemessen und die drei besten gemittelt. Bei den isometrischen Messungen wurde innerhalb des Bewegungsausmaßes in 15°-Abständen gemessen und der beste Wert gewertet.

Somit ergaben die isokinetischen Kraftmessungen für jeden Probanden 24 Messwerte wie aus Tabelle 3 hervorgeht.

**Tabelle 3: Beispiel einer Reihenfolge der isokinetischen Kraftmessungen**

	<b>Konzentrisch</b>	<b>Exzentrisch</b>	<b>Isometrisch</b>
<b>Rechtes Knie Extension</b>	1	3	5
<b>Rechtes Knie Flexion</b>	2	4	6
<b>Linkes Knie Extension</b>	7	9	11
<b>Linkes Knie Flexion</b>	8	10	12
<b>Rechte Schulter Außenrotation</b>	13	15	17
<b>Rechte Schulter Innenrotation</b>	14	16	18
<b>Linke Schulter Außenrotation</b>	19	21	23
<b>Linke Schulter Innenrotation</b>	20	22	24

Die funktionellen Gruppen der Muskulatur werden vorwiegend aus folgenden Einzelmuskeln gebildet (Tabelle 4):

**Tabelle 4: Einzelmuskeln der beanspruchten funktionellen Gruppen**

<b>Kniestreckergruppe</b>	M. rectus femoris, M. vastus intermedius, M. vastus lateralis, M. vastus medialis
<b>Kniebeugergruppe</b>	M. biceps femoris, M. semitendinosus, M. semimembranosus
<b>Schulteraußenrotationsgruppe</b>	M. infraspinatus, M. teres minor, M. supraspinatus, M. deltoideus pars spinalis
<b>Schulterinnenrotationsgruppe</b>	M. latissimus dorsi, M. pectoralis major, M. teres major, M. subscapularis, M. deltoideus pars clavicularis

Die Kraftmessungen wurden mit dem isokinetischen System LIDO-ACTIVE der Firma LOREDAN Biomedical Inc. Davis, California, USA durchgeführt. Das System besteht aus einer Testliege, einer Steuereinheit mit Elektromotor und aus einem handelsüblichen 486 DX-Computer. Die Messungen werden schwerkraftkorrigiert über einen Elektromotor vorgenommen. Hierzu wird vor jedem Test eine Schwerkraftmessung durchgeführt. In regelmäßigen Abständen erfolgt eine Kalibrierung des Messgerätes. Die Extremität wird in einer gleitenden Manschette („Sliding-Cuff“) befestigt. Somit wird die Länge des Hebelarms stets optimal eingestellt und vom Gerät automatisch errechnet. Die Auswertung erfolgte mit der Software LIDOACT 4.1 der Firma LOREDAN entsprechend den Empfehlungen von Mayer et al. (1994) (32).

### **2.3.1.1 Kraftmessung im Kniegelenk**

Die Probanden wurden gemäß des Benutzerhandbuches für das Lido-Isokinetik-System fixiert.

Die Messungen wurden in sitzender Position durchgeführt.

Zur Stabilisierung wurden zwei Stabilisierungshandgriffe, ein Oberschenkel-Stabilisierungskissen und ein Stabilisierungsgurt, welcher die Hüfte an der Rückenlehne fixiert,

verwendet. Auf einen zweiten Stabilisierungsgurt zur Brustfixierung wurde verzichtet. Die Stabilisierungshandgriffe dienten zur aktiven Stabilisierung des Probanden.

### **2.3.1.2 Kraftmessung im Schultergelenk**

Die Probanden wurden gemäß des Benutzerhandbuches für das Lido-Isokinetik-System fixiert.

Die Messungen wurden in sitzender Position durchgeführt.

Nur der zu testende Arm des Probanden wurde im Handgriff fixiert. Der kontralaterale Arm ruhte auf dem Sitzteil. Beim Test musste der Proband seinen Oberkörper somit durch aktive Stabilisierung in gerader Position halten.

### **2.3.2 Sportmotorische Tests**

Bei diesen Tests musste ein Bewegungsablauf innerhalb von 30 Sekunden möglichst oft wiederholt werden.

Die Übungen wurden paarweise durchgeführt. Ein Partner führte die Übung aus, während der andere die Wiederholungen zählte.

War ein Proband bei einem Testtermin nicht anwesend, erfolgte eine Einzeltestung.

Ein standardisiertes Aufwärmprogramm erfolgte nicht. Wurde die Testung im Rahmen der Übungsstunden durchgeführt, erfolgte sie nach dem dort üblichen Aufwärmprogramm. Bei Einzeltestungen erfolgte sie im Anschluss an die isokinetischen Kraftmessungen und den Laufbandtest.

Die Testbatterie bestand aus sieben verschiedenen Übungen, welche im folgenden aufgeführt werden.

1. Stuhlkreis: Im Sitzen Bohnensäckchen vom Boden aufnehmen, hinter dem Rücken übergeben, ablegen.
2. Fußtip: Mit ausgestreckten Armen ein Vierfach-Seil waagrecht auf Brusthöhe halten und mit den Füßen abwechselnd antippen.

3. Rumpfwende: Weite Grätschstellung im Stehen; Frisbeescheibe auf dem Boden wenden, Oberkörper aufrichten und hinter dem Rücken in die Hände klatschen.
4. Rückenstrecken: Leichte Grätschstellung im Stehen; kleinen Softball hinter dem Rücken und vor der Brust jeweils mit gestreckten Armen übergeben.
5. Rückenkreis: In Rückenlage Bohnensäckchen um die Hüfte kreisen lassen, jedes Mal Gesäß ablegen.
6. Bauchkreis: In Bauchlage Bohnensäckchen vor dem Kopf und hinter dem Rücken übergeben.
7. Überstieg: Leichte Grätschstellung im Stehen; im Wechsel mit dem rechten und dem linken Bein vorwärts und rückwärts über ein selbst gehaltenes Vierfach-Seil steigen.

## **2.4 Versuchsdurchführung**

Die Messungen wurden vor, nach zehn Wochen und am Ende des 20-wöchigen Trainings durchgeführt. Die isokinetischen Kraftmessungen fanden im sportmedizinischen Institut in Tübingen statt. Die sportmotorischen Tests wurden vorwiegend in der Gruppe im Sportinstitut in Tübingen während des Koronarsports durchgeführt. War ein Proband bei diesen Terminen nicht anwesend, wurden die sportmotorischen Test als Einzeltestung entweder im sportmedizinischen Institut oder im Sportinstitut durchgeführt.

### **2.4.1 Isokinetische Kraftmessungen**

Nachdem dem Probanden die Prinzipien der Messmethode erklärt worden waren, erfolgte die Testung, wobei nicht festgelegt worden war, ob zuerst an den Schultergelenken oder den Kniegelenken getestet werden sollte. Auch war nicht festgelegt worden, mit welcher Seite jeweils zu beginnen war. So begann ein Proband immer mit der Übung, mit der sein

Vorgänger geendet hatte, wenn die Einstellung an der Kraftmaschine nicht verändert worden war. Es erfolgte kein Aufwärmen.

Der Ablauf der einzelnen Übungsformen verlief gemäß einem festgelegten Menü in der Systemsoftware.

Zuerst erfolgte die konzentrische, dann die exzentrische Übungsform. Nach einigen Probezyklen wurden sechs Streckungen und sechs Beugungen bzw. sechs Innenrotationen und sechs Außenrotationen im kontinuierlichen Bewegungsablauf gemessen.

Bei den nachfolgenden isometrischen Messungen wurde zuerst die Streckung bzw. Außenrotation und anschließend die Beugung bzw. Innenrotation gemessen.

Während aller Messungen konnte der Proband die von ihm erbrachte Leistung in Echtzeit am Monitor verfolgen (Biofeedback).

Auf „Anfeuerung“ durch den Versuchsleiter wurde bewusst verzichtet.

Die Messungen in den verschiedenen Modi wurden nur durch die Bedienung der Systemsoftware für wenige Sekunden unterbrochen.

Beispielhafter Ablauf (vgl. Tabelle 3):

Rechtes Kniegelenk:	konzentrisch	6 Messzyklen Strecken und Beugen kontinuierlich;
	exzentrisch	6 Messzyklen Strecken und Beugen kontinuierlich;
	isometrisch	Strecken 6 mal 5 Sek. in 15°-Abständen;
	isometrisch	Beugen 6 mal 5 Sek. in 15°-Abständen.

Umbau (etwa zwei Minuten)

Linkes Kniegelenk:	konzentrisch	6 Messzyklen Strecken und Beugen kontinuierlich;
	exzentrisch	6 Messzyklen Strecken und Beugen kontinuierlich;
	isometrisch	Strecken 6 mal 5 Sek. in 15°-Abständen;
	isometrisch	Beugen 6 mal 5 Sek. in 15°-Abständen.

Umbau (etwa vier Minuten)

Linke Schulter:      konzentrisch    6 Messzyklen Außenrotation und Innenrotation  
kontinuierlich;  
exzentrisch      6 Messzyklen Außenrotation und Innenrotation  
kontinuierlich;  
isometrisch      Außenrotation 6 mal 5 Sek. in 15°-Abständen;  
isometrisch      Innenrotation 6 mal 5 Sek. in 15°-Abständen.

Umbau (etwa zwei Minuten)

Rechte Schulter:    konzentrisch    6 Messzyklen Außenrotation und Innenrotation  
kontinuierlich;  
exzentrisch      6 Messzyklen Außenrotation und Innenrotation  
kontinuierlich;  
isometrisch      Außenrotation 6 mal 5 Sek. in 15°-Abständen;  
isometrisch      Innenrotation 6 mal 5 Sek. in 15°-Abständen.

## **2.4.2 Sportmotorische Tests**

Wie bereits erwähnt wurden die sportmotorischen Tests paarweise durchgeführt. Vor jeder der sieben Übungen wurde der Bewegungsablauf vom Übungsleiter erläutert und vorgeführt. So ergab sich folgender Ablauf.

1. Erläuterung und Vorführung der ersten Übung durch den Versuchsleiter;
2. Durchführung der ersten Übung durch den ersten Partner, während der zweite Partner die Wiederholungen zählt;
3. Durchführung der ersten Übung durch den zweiten Partner, während der erste Partner die Wiederholungen zählt;
4. Erläuterung und Vorführung der zweiten Übung durch den Versuchsleiter;
5. Durchführung der zweiten Übung durch den ersten Partner, während der zweite Partner die Wiederholungen zählt;

6. Durchführung der zweiten Übung durch den zweiten Partner, während der erste Partner die Wiederholungen zählt;
7. usw.

Wurden die sportmotorischen Tests als Einzeltestung durchgeführt, trat an Stelle der Durchführung durch den Partner eine entsprechende Pause.

## **2.5 Auswertung**

### **2.5.1 Isokinetische Kraftmessungen**

Wie aus Tabelle 3 hervorgeht, wurden für jeden Probanden pro Messtermin aus den Modalitäten Extension, Flexion, Konzentrik, Exzentrik und Isometrie, jeweils rechts und links, zwölf Messwerte für das Kniegelenk ermittelt und statistisch ausgewertet. Aus den Modalitäten Außenrotation, Innenrotation, Konzentrik, Exzentrik und Isometrie, jeweils rechts und links, wurden zwölf Messwerte für das Schultergelenk ermittelt und statistisch ausgewertet.

### **2.5.2 Sportmotorische Tests**

An jedem Messtermin wurden, den sieben Übungen entsprechend, jeweils die Anzahl der Wiederholungen pro Proband ermittelt, welche separat statistisch ausgewertet wurde.

## **2.6 Statistik**

Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) wurden für die einzelnen Parameter errechnet.

Die Messergebnisse von Trainingsgruppe und Kontrollgruppe wurden über die drei Messtermine mittels zweiseitigem Students-t-Test vergleichend auf Veränderungen geprüft.

Der angewendete t-Test (Signifikanztest) berechnet das Signifikanzniveau und gibt dieses als Irrtumswahrscheinlichkeit mit dem P-Wert an. Der t-test deckt als äußerst trennscharfer Test bereits bei geringem Stichprobenumfang signifikante Unterschiede auf. Voraussetzung für einen gültigen t-Test ist die annähernde Normalverteilung der Messwerte, wobei auch leichte bis mittlere Abweichungen von der Normalverteilung toleriert werden (53). P-Werte kleiner 0,05 wurden als statistisch auffällig gewertet.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Trainingsdokumentation

Da das Donnerstagstraining nur während der Schulzeit stattfinden konnte, und auch einige Feiertage in die Zeit der 20 Trainingswochen fielen, gab es nur 47 Termine, an denen das Zirkeltraining angeboten wurde.

Der nachfolgenden Tabelle (Tabelle 5) kann die Trainingsanamnese der Probanden entnommen werden.

Häusliches Zirkeltraining wurde nur von 7 Probanden hin und wieder durchgeführt, wobei ein Proband, seinen Angaben zur Folge, 116 Trainingseinheiten als Hausaufgabe durchführte, was, zusammen mit 15 Trainingsbesuchen, fast einem täglichen Training entspricht.

**Tabelle 5: Darstellung der Trainingshäufigkeit**

	<b>Trainingsbesuch (n=16)</b>	<b>Hausaufgabe (n=7)</b>
<b>Mittelwert</b>	23	12
<b>Standardabweichung</b>	8,8	28,9
<b>Maximum</b>	44	116
<b>Minimum</b>	14	0

Da auch Aktivitäten, welche außerhalb des Koronarsports stattfinden, das Kraftverhalten der Probanden beeinflussen konnten, werden solche Aktivitäten in Tabelle 6 aufgeführt. Mit Ausnahme eines Probanden aus der Kontrollgruppe, der ein tägliches Stepper-Training begann, blieben die Zusatzaktivitäten im Verlauf der Studie bei allen Teilnehmern konstant.

**Tabelle 6: Darstellung zusätzlicher, nicht im Rahmen des Herzsports durchgeführter Aktivitäten. Proband 1 der Kontrollgruppe begann ein Stepper-Training.**

<b>Proband</b>	<b>Gruppe</b>	<b>Zusätzliche Aktivitäten</b>	<b>Stunden pro Woche</b>
1	T	Gartenarbeit Radfahren Volleyball	2 2 1,5
2	T	Gartenarbeit Volleyball	Mehrere 2
3	T	Gartenarbeit Radfahren	15 bis 20 4 bis 5
4	T	Gartenarbeit Radfahren	6 bis 8 2
5	T	Gartenarbeit	20
6	T	Gartenarbeit Radfahren	8 5
7	T	Radfahren	6 bis 9
8	T	Gartenarbeit Radfahren	2 bis 3 3
9	T	Gartenarbeit Radfahren	2 4
10	T	Gartenarbeit Gymnastik Tennis Radfahren	2 1,5 2 2
11	T	Gartenarbeit Radfahren Ergometertraining	1 1 bis 3 1

<b>Proband</b>	<b>Gruppe</b>	<b>Zusätzliche Aktivitäten</b>	<b>Stunden pro Woche</b>
12	T	Ergometertraining Squash Volleyball	1 1 1 bis 2
13	T	Radfahren	3
14	T	Gartenarbeit Walking Radfahren Tanzen	2 3 1 1
15	T	Gartenarbeit Walking Tanzen	12 20 2
16	T	Gartenarbeit Radfahren Ergometertraining Gymnastik	10 bis 12 1 bis 2 1,5 1,5
1	K	Gartenarbeit Gymnastik Radfahren Ergometertraining Steps	3 2,5 1 0,5 täglich 150
2	K	Reiten Radfahren	14 2
3	K	Keine	
4	K	Gartenarbeit Aquajogging	2 1
5	K	Gartenarbeit Radfahren	5 5

Proband	Gruppe	Zusätzliche Aktivitäten	Stunden pro Woche
6	K	Radfahren Skifahren	Keine Angaben Keine Angaben
7	K	Gartenarbeit	15
8	K	Gartenarbeit Radfahren oder Ergometertraining	1 bis 5 1 bis 2
9	K	Gartenarbeit	4 bis 6
10	K	Gartenarbeit Walking Radfahren	6 4 1

### **3.2 Isokinetische Kraftmessungen**

Bei den einzelnen Messungen zeigten sich statistisch auffällige Kraftzuwächse bei der Konzentrik im rechten und linken Kniegelenk jeweils bei der Extension, im linken Kniegelenk bei der Flexion und im linken Schultergelenk bei der Innenrotation. Bei der Exzentrik ergaben sich keine statistisch auffälligen Kraftzuwächse. Bei der Isometrie waren die Kraftzuwächse im rechten Kniegelenk mit Flexion sowie im linken Schultergelenk mit Innenrotation statistisch auffällig.

Statistisch auffällige Unterschiede zwischen Trainingsgruppe und Kontrollgruppe zeigten sich bei der Exzentrik im rechten Kniegelenk bei der Flexion in der dritten Messung und im rechten Schultergelenk bei der Innenrotation in der ersten und zweiten Messung, sowie bei der Isometrie im linken Schultergelenk bei der Außenrotation in der dritten Messung.

Aus den nachfolgenden Tabellen können jeweils die Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der zu den einzelnen Messterminen von der Trainingsgruppe (T) und der Kontrollgruppe (K) erreichten Messwerte und der daraus errechnete Zuwachs, sowie die p-Werte aus den t-Tests entnommen werden.

Nachfolgend werden die Ergebnisse, geordnet nach Konzentrik, Exzentrik und Isometrie, dargestellt.

Sämtliche Ergebnisse der Einzelmessungen sind im Anhang aufgeführt.

### **3.2.1 Konzentrik**

#### **3.2.1.1 Knie**

##### **Rechtes Knie konzentrische Extension**

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei der Trainingsgruppe (T) ein Kraftzuwachs von 21,7 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 2,8 Nm bei der Kontrollgruppe (K) gegenüber (Tabelle 7). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch auffällig ( $p=0,023$ ).

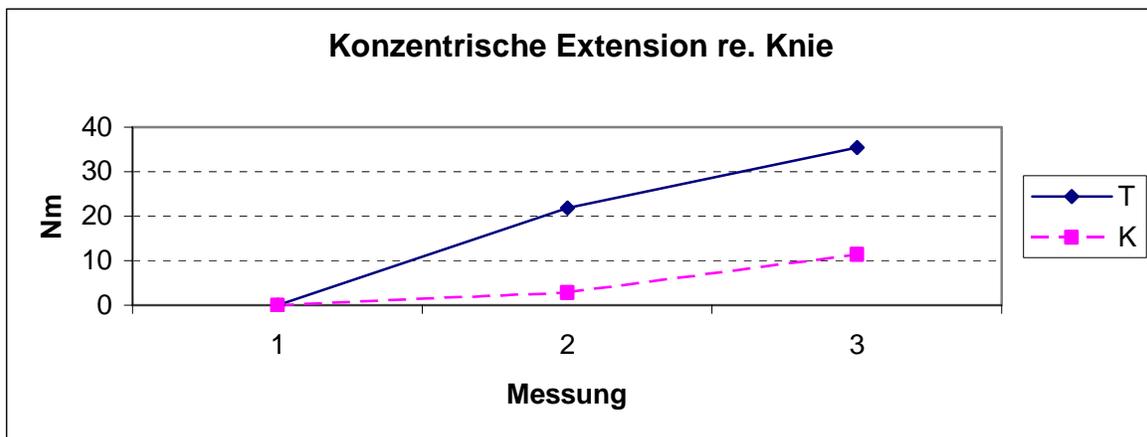
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 14,0 Nm gegenüber 8,4 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,592$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 35,7 Nm für T und 11,2 Nm für K (Abbildung 1).

Dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,054$ ).

**Tabelle 7: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) am rechten Knie bei konzentrischer Extension zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	86,3	108	122	21,7	14,0	35,7
MW	K	91,8	94,6	103	2,8	8,4	11,2
SD	T	47,4	49,2	49,5	19,8	21,1	29,8
SD	K	22,6	28,0	41,2	18,9	23,9	28,4
t-Test		0,736	0,436	0,335	0,023	0,592	0,054



**Abbildung 1: Zunahme der Kraft (Nm) in der Trainings- (T) und Kontrollgruppe (K) im rechten Kniegelenk bei konzentrischer Extension**

### Rechtes Knie konzentrische Flexion

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 11,0 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 5,1 Nm bei K gegenüber (Tabelle 8). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,274$ ).

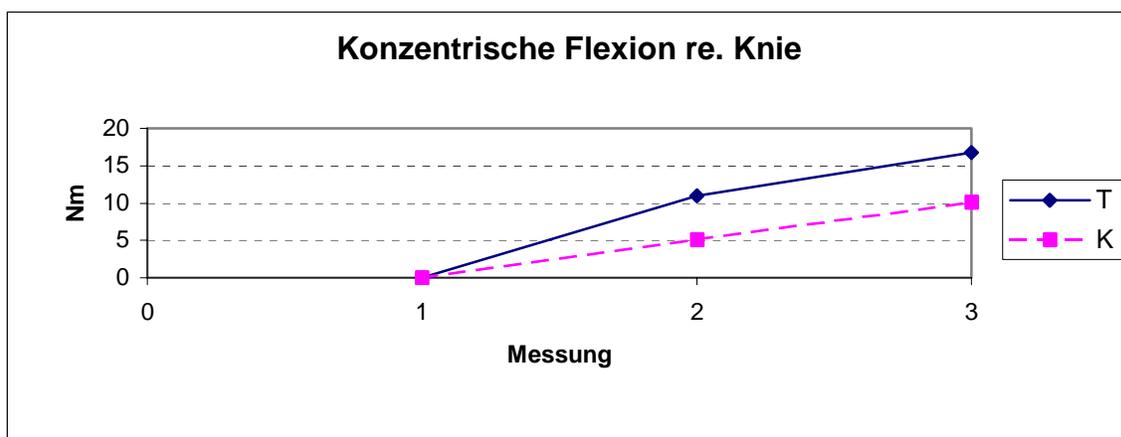
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 5,7 Nm gegenüber 5,0 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,861$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 16,7 Nm für T und 10,1 Nm für K (Abbildung 2).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,332$ ).

**Tabelle 8: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) am rechten Knie bei konzentrischer Flexion zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	53,3	64,3	70,0	11,0	5,7	16,7
MW	K	50,3	55,4	60,4	5,1	5,0	10,1
SD	T	29,8	26,1	24,7	10,8	10,8	14,0
SD	K	9,0	14,3	19,8	16,1	9,9	20,3
t-Test		0,765	0,337	0,311	0,274	0,861	0,332



**Abbildung 2: Zunahme der Kraft (Nm) bei T und K im rechten Kniegelenk bei konzentrischer Flexion**

### Linkes Knie konzentrische Extension

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 30,2 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von -1,0 Nm bei K gegenüber (Tabelle 9). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch auffällig ( $p=0,048$ ).

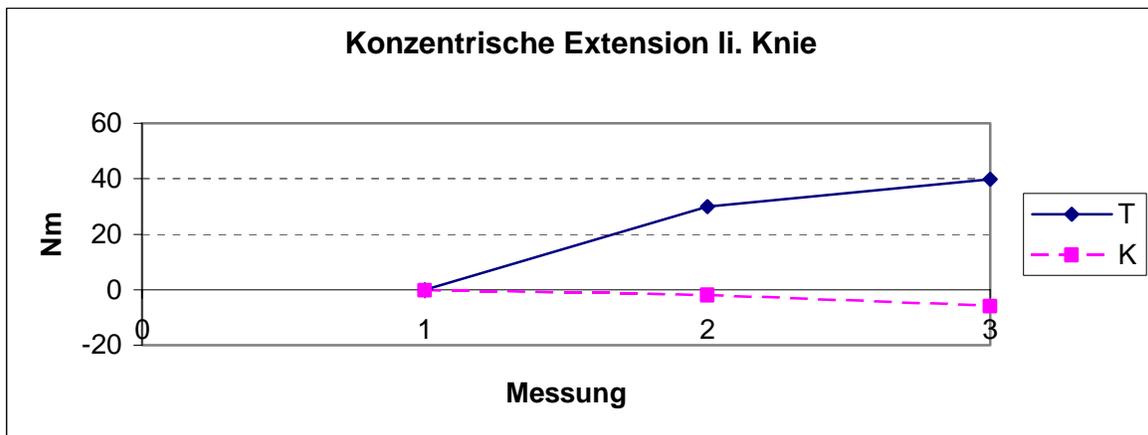
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 10,0 Nm gegenüber -4,6 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,165$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 40,2 Nm für T und -5,6 Nm für K (Abbildung 3).

Dieser Unterschied war statistisch auffällig ( $p=0,002$ ).

**Tabelle 9: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) am linken Knie bei konzentrischer Extension zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→2	Zuwachs 2→3	Zuwachs 1→3
MW	T	81,8	112	122	30,2	10,0	40,2
MW	K	103	102	97,4	-1,0	-4,6	-5,6
SD	T	45,2	47,7	45,4	42,4	24,6	37,1
SD	K	30,3	34,2	27,4	28,7	23,3	24,9
t-Test		0,197	0,563	0,144	0,048	0,165	0,002



**Abbildung 3: Zunahme bzw. Abnahme der Kraft (Nm) bei T und K im linken Kniegelenk bei konzentrischer Extension**

#### **Linkes Knie konzentrische Flexion**

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 15,3 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 6,2 Nm bei K gegenüber (Tabelle 10). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,278$ ).

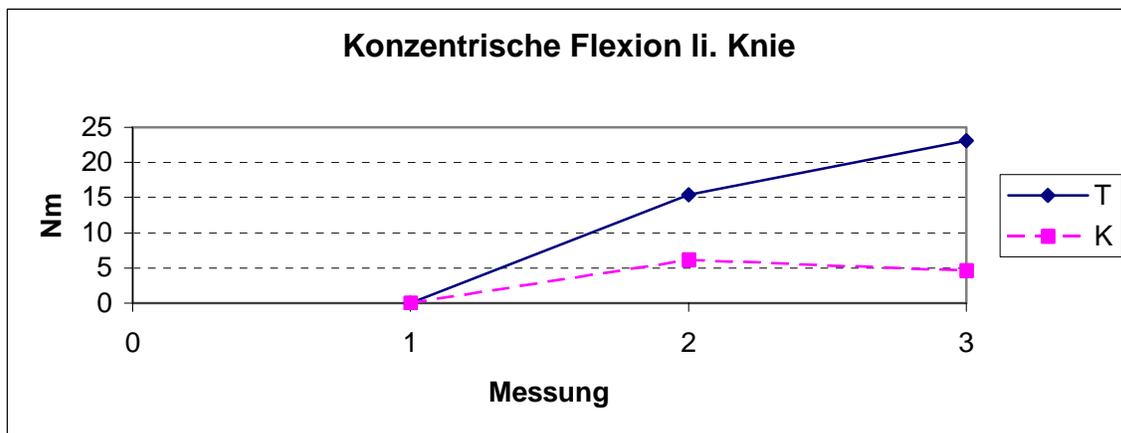
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 7,8 Nm gegenüber  $-1,6$  Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,169$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 23,1 Nm für T und 4,6 Nm für K (Abbildung 4).

Dieser Unterschied war statistisch auffällig ( $p=0,013$ ).

**Tabelle 10: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) am linken Knie bei konzentrischer Flexion zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	51,3	66,6	74,4	15,3	7,8	23,1
MW	K	53,4	59,6	58,0	6,2	-1,6	4,6
SD	T	24,9	29,3	22,6	23,5	17,4	18,3
SD	K	14,9	13,0	17,2	14,3	14,4	14,9
t-Test		0,808	0,484	0,062	0,278	0,169	0,013



**Abbildung 4: Zunahme bzw. Abnahme der Kraft (Nm) bei T und K im linken Kniegelenk bei konzentrischer Flexion**

### 3.2.1.2 Schulter

#### Rechte Schulter konzentrische Außenrotation

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 4,7 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 3,3 Nm bei K gegenüber (Tabelle 11). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,320$ ).

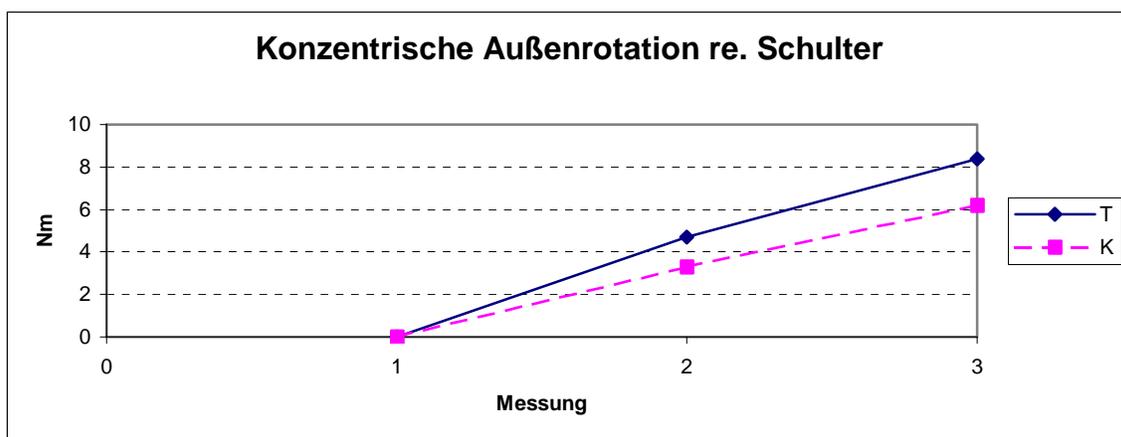
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 3,7 Nm gegenüber 2,9 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,660$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 8,4 Nm für T und 6,2 Nm für K (Abbildung 5).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,225$ ).

**Tabelle 11: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) an der rechten Schulter bei konzentrischer Außenrotation zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	18,0	22,7	26,4	4,7	3,7	8,4
MW	K	18,5	21,8	24,7	3,3	2,9	6,2
SD	T	7,8	9,0	9,5	3,8	4,9	5,2
SD	K	6,5	4,8	4,9	2,6	3,4	3,4
t-Test		0,868	0,778	0,611	0,320	0,660	0,255



**Abbildung 5: Zunahme der Kraft (Nm) bei T und K im rechten Schultergelenk bei konzentrischer Außenrotation**

### Rechte Schulter konzentrische Innenrotation

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 4,4 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 0,6 Nm bei K gegenüber (Tabelle 12). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,112$ ).

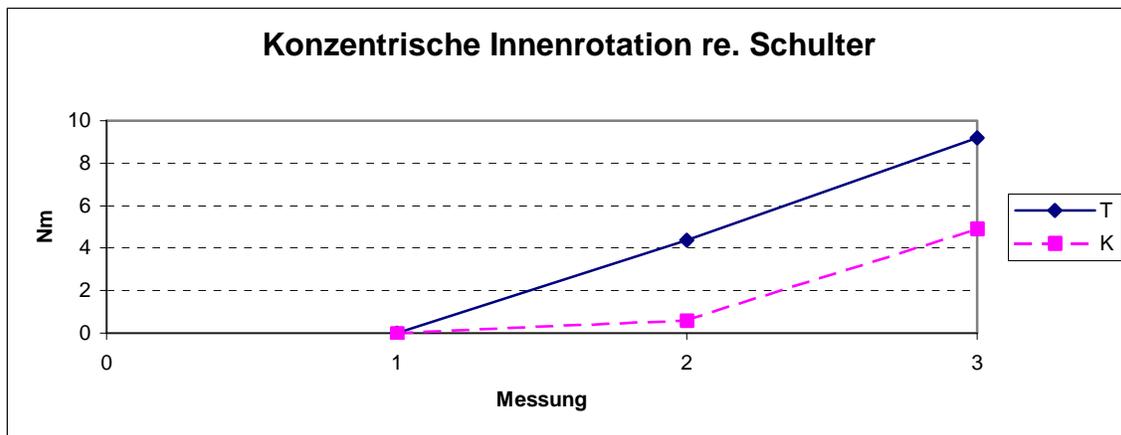
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 4,8 Nm gegenüber 4,3 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,858$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 9,2 Nm für T und 4,9 Nm für K (Abbildung 6).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,130$ ).

**Tabelle 12: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) an der rechten Schulter bei konzentrischer Innenrotation zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	25,4	29,8	34,6	4,4	4,8	9,2
MW	K	23,8	24,4	28,7	0,6	4,3	4,9
SD	T	13,9	15,2	16,7	5,5	8,5	7,9
SD	K	8,9	4,4	5,7	5,9	3,3	4,3
t-Test		0,752	0,293	0,297	0,112	0,858	0,130



**Abbildung 6: Zunahme der Kraft (Nm) bei T und K im rechten Schultergelenk bei konzentrischer Innenrotation**

#### **Linke Schulter konzentrische Außenrotation**

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 3,9 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 1,0 Nm bei K gegenüber (Tabelle 13). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,193$ ).

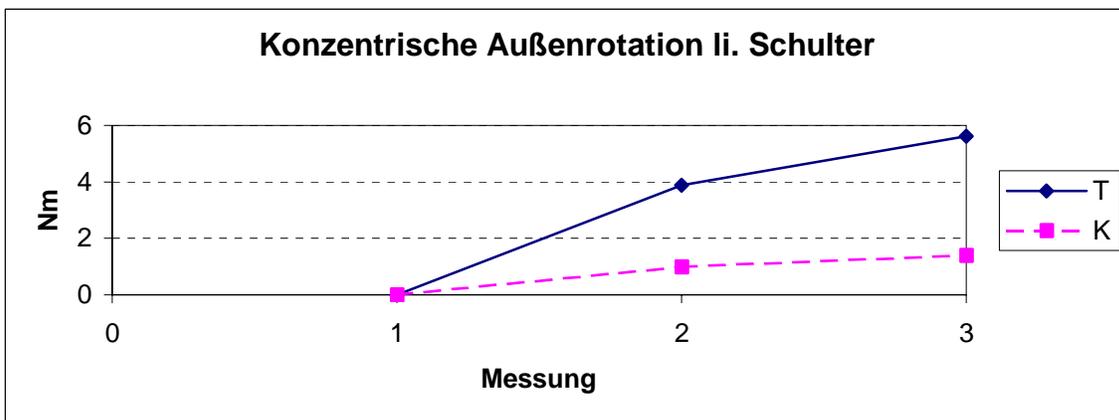
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 1,7 Nm gegenüber 0,4 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,402$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 5,6 Nm für T und 1,4 Nm für K (Abbildung 7).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,115$ ).

**Tabelle 13: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) an der linken Schulter bei konzentrischer Außenrotation zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	19,3	23,2	24,9	3,9	1,7	5,6
MW	K	17,1	18,1	18,5	1,0	0,4	1,4
SD	T	9,0	8,4	9,3	6,4	4,5	7,5
SD	K	6,6	4,4	5,4	2,8	2,6	3,9
t-Test		0,509	0,091	0,060	0,193	0,402	0,115



**Abbildung 7: Zunahme der Kraft (Nm) bei T und K im linken Schultergelenk bei konzentrischer Außenrotation**

#### **Linke Schulter konzentrische Innenrotation**

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 6,8 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 0,9 Nm bei K gegenüber (Tabelle 14). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch auffällig ( $p=0,009$ ).

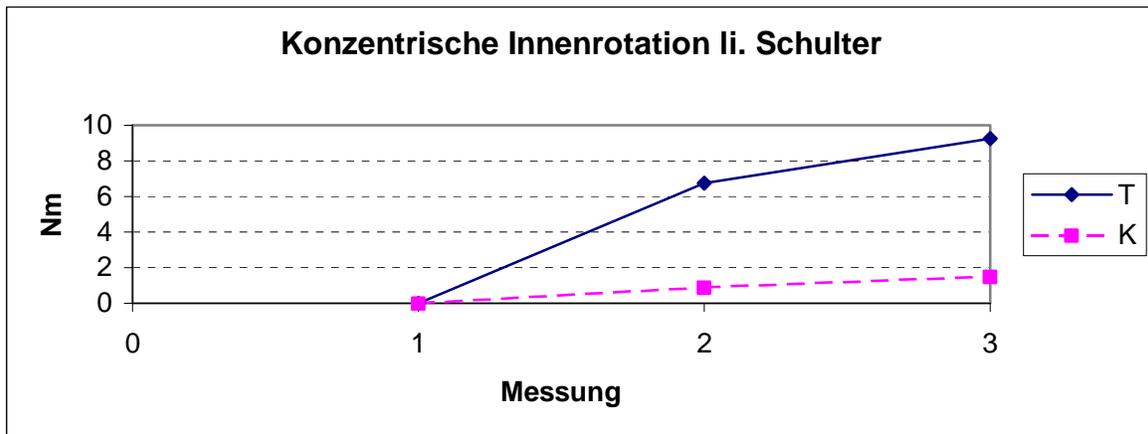
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 2,5 Nm gegenüber 0,6 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,239$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 9,3 Nm für T und 1,5 Nm für K (Abbildung 8).

Dieser Unterschied war statistisch auffällig ( $p=0,009$ ).

**Tabelle 14: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) an der linken Schulter bei konzentrischer Innenrotation zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1=>2	Zuwachs 2=>3	Zuwachs 1=>3
MW	T	22,4	29,2	31,7	6,8	2,5	9,3
MW	K	23,4	24,3	24,9	0,9	0,6	1,5
SD	T	11,8	12,4	12,0	5,3	3,9	7,3
SD	K	9,2	8,0	7,9	4,8	4,0	5,6
t-Test		0,828	0,280	0,128	0,009	0,239	0,009



**Abbildung 8: Zunahme der Kraft (Nm) bei T und K im linken Schultergelenk bei konzentrischer Innenrotation**

## 3.2.2 Exzentrik

### 3.2.2.1 Knie

#### Rechtes Knie exzentrische Extension

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von -4,0 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von -1,0 Nm bei K gegenüber (Tabelle 15). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,838$ ).

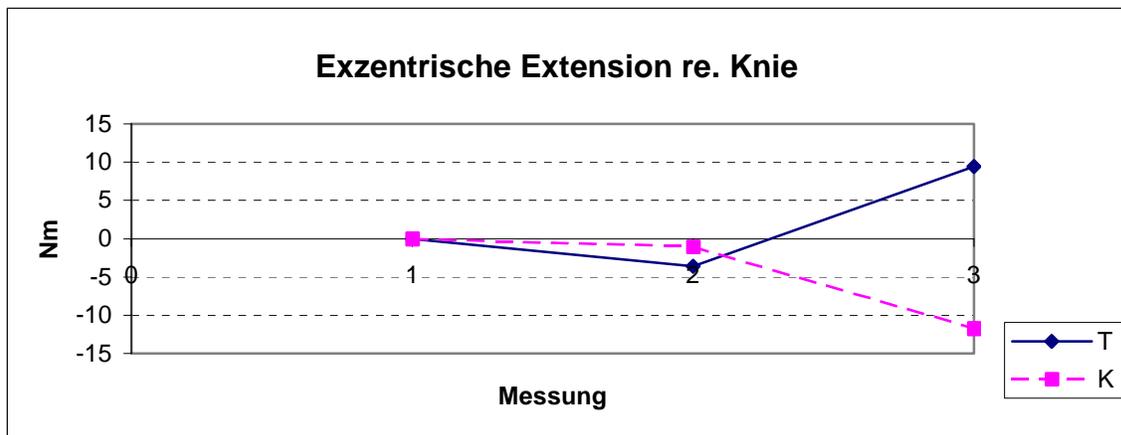
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 13,0 Nm gegenüber -10,0 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,110$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 9,0 Nm für T und -11,0 Nm für K (Abbildung 9).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,101$ ).

**Tabelle 15: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) am rechten Knie bei exzentrischer Extension zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	181	177	190	-4,0	13,0	9,0
MW	K	165	164	154	-1,0	-10,0	-11,0
SD	T	69,3	66,1	73,2	24,2	30,9	29,1
SD	K	46,0	55,5	46,9	41,0	42,1	33,3
t-Test		0,532	0,606	0,169	0,838	0,110	0,101



**Abbildung 9: Zunahme bzw. Abnahme der Kraft (Nm) bei T und K im rechten Kniegelenk bei exzentrischer Extension**

### **Rechtes Knie exzentrische Flexion**

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von  $-6,8$  Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von  $-3,8$  Nm bei K gegenüber (Tabelle 16). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,792$ ).

Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von  $7,8$  Nm gegenüber  $-4,9$  Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,060$ ).

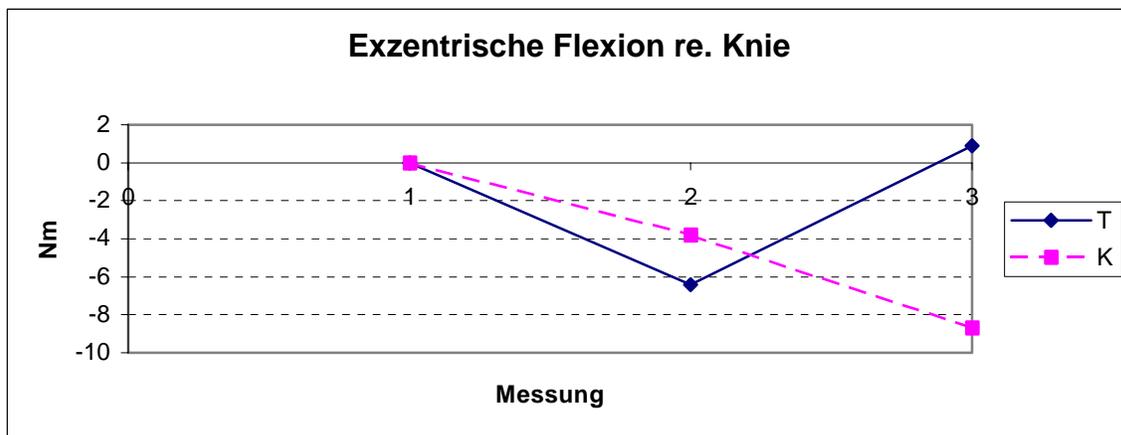
Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von  $1,0$  Nm für T und  $-8,7$  Nm für K (Abbildung 10).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,276$ ).

Jedoch unterschieden sich bei der dritten Messung die für T und K erhaltenen Mittelwerte statistisch ( $p=0,039$ ).

**Tabelle 16: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) am rechten Knie bei exzentrischer Flexion zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	106	99,2	107	-6,8	7,8	1,0
MW	K	91,7	87,9	83,0	-3,8	-4,9	-8,7
SD	T	26,7	32,2	29,7	14,1	15,8	13,8
SD	K	31,2	26,8	20,7	35,7	14,4	29,9
t-Test		0,237	0,364	0,039	0,792	0,060	0,276



**Abbildung 10: Zunahme bzw. Abnahme der Kraft (Nm) bei T und K im rechten Kniegelenk bei exzentrischer Flexion**

### Linkes Knie exzentrische Extension

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von  $-6,0$  Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von  $-9,0$  Nm bei K gegenüber (Tabelle 17). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,828$ ).

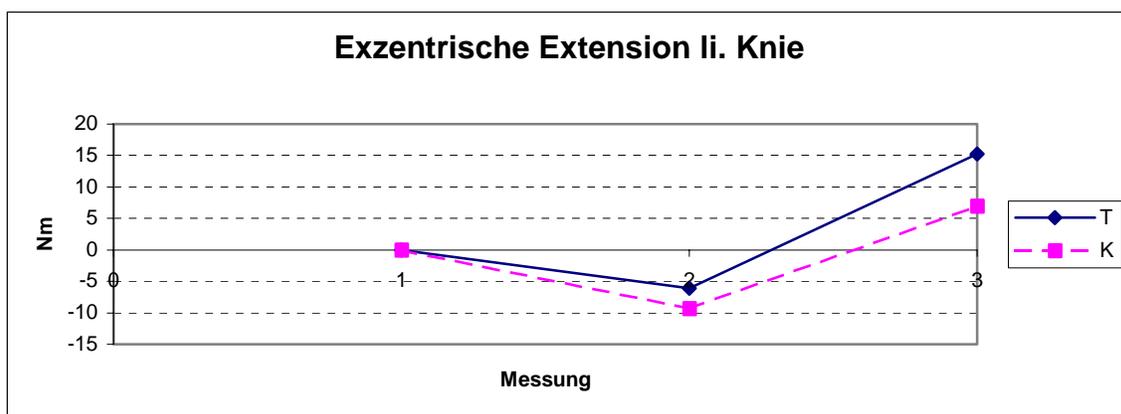
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 21,0 Nm gegenüber 16,0 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,776$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 15,0 Nm für T und 7,0 Nm für K (Abbildung 11).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,551$ ).

**Tabelle 17: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) am linken Knie bei exzentrischer Extension zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	181	175	196	-6,0	21,0	15,0
MW	K	162	153	169	-9,0	16,0	7,0
SD	T	71,4	69,6	76,3	39,5	44,5	34,1
SD	K	46,2	53,5	37,6	31,0	40,9	33,5
t-Test		0,458	0,393	0,302	0,828	0,776	0,551



**Abbildung 11: Zunahme bzw. Abnahme der Kraft (Nm) bei T und K im linken Kniegelenk bei exzentrischer Extension**

### Linkes Knie exzentrische Flexion

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von  $-0,5$  Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von  $0,9$  Nm bei K gegenüber (Tabelle 18). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,878$ ).

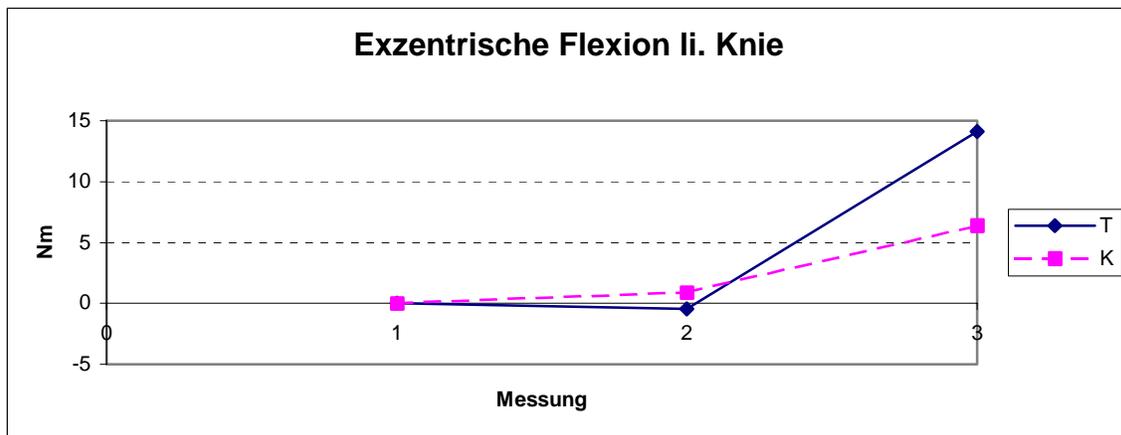
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von  $14,6$  Nm gegenüber  $5,5$  Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,234$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von  $14,1$  Nm für T und  $6,4$  Nm für K (Abbildung 12).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,364$ ).

**Tabelle 18: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) am linken Knie bei exzentrischer Flexion zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	95,3	94,8	109,4	-0,5	14,6	14,1
MW	K	88,1	89,0	94,5	0,9	5,5	6,4
SD	T	28,8	17,2	25,8	19,5	18,6	20,0
SD	K	28,3	23,2	20,1	24,0	18,0	21,9
t-Test		0,541	0,471	0,135	0,878	0,234	0,364



**Abbildung 12: Zunahme bzw. Abnahme der Kraft (Nm) bei T und K im linken Kniegelenk bei exzentrischer Flexion**

### 3.2.2.2 Schulter

#### Rechte Schulter exzentrische Außenrotation

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 2,3 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 2,7 Nm bei K gegenüber (Tabelle 19). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,894$ ).

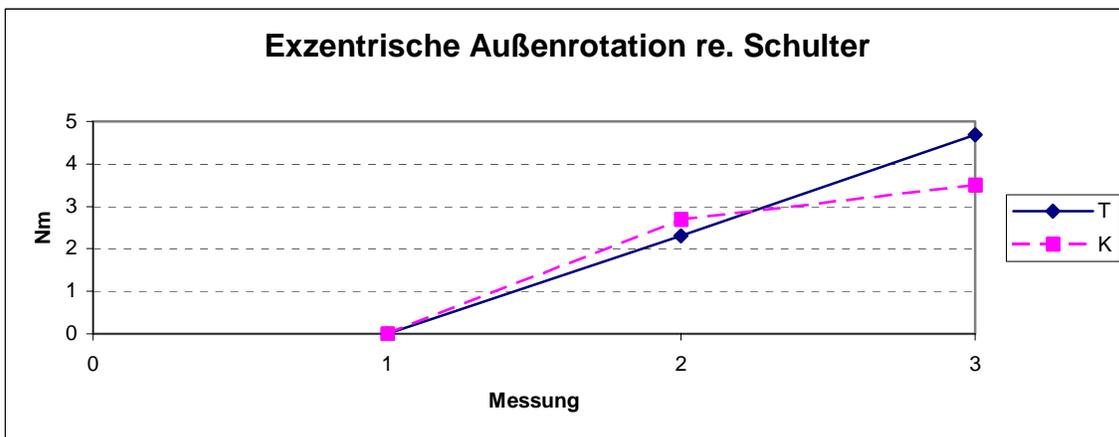
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 2,4 Nm gegenüber 0,8 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,518$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 4,7 Nm für T und 3,5 Nm für K (Abbildung 13).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,537$ ).

**Tabelle 19: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) an der rechten Schulter bei exzentrischer Außenrotation zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	27,7	30,0	32,4	2,3	2,4	4,7
MW	K	27,9	30,6	31,4	2,7	0,8	3,5
SD	T	9,2	12,2	10,6	7,6	6,6	5,4
SD	K	9,0	10,4	7,8	6,2	4,6	3,3
t-Test		0,954	0,899	0,804	0,894	0,518	0,537



**Abbildung 13: Zunahme der Kraft (Nm) bei T und K im rechten Schultergelenk bei exzentrischer Außenrotation**

### Rechte Schulter exzentrische Innenrotation

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 0,6 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 0,5 Nm bei K gegenüber (Tabelle 20). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,957$ ).

Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 2,6 Nm gegenüber 2,5 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,988$ ).

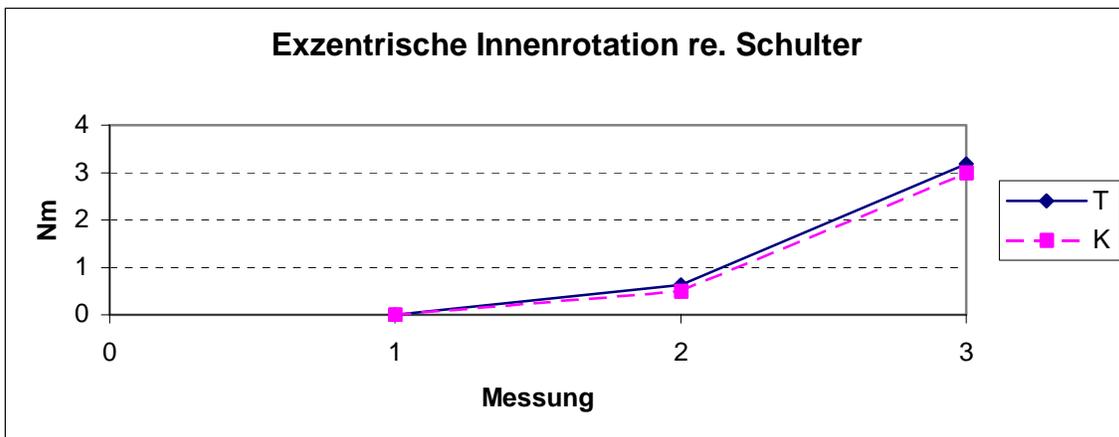
Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 3,2 Nm für T und 3,0 Nm für K (Abbildung 14).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,964$ ).

Jedoch unterschieden sich bei der ersten und zweiten Messung die für T und K erhaltenen Mittelwerte statistisch ( $p=0,029$  bzw.  $0,042$ ).

**Tabelle 20: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) an der rechten Schulter bei exzentrischer Innenrotation zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	42,1	42,7	45,3	0,6	2,6	3,2
MW	K	34,4	34,9	37,4	0,5	2,5	3,0
SD	T	9,1	10,3	17,0	6,4	12,3	12,9
SD	K	6,3	6,3	6,7	4,5	3,4	2,7
t-Test		0,029	0,042	0,179	0,957	0,988	0,964



**Abbildung 14: Zunahme der Kraft (Nm) bei T und K im rechten Schultergelenk bei exzentrischer Innenrotation**

#### **Linke Schulter exzentrische Außenrotation**

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von  $-1,4$  Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von  $0,6$  Nm bei K gegenüber (Tabelle 21). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,533$ ).

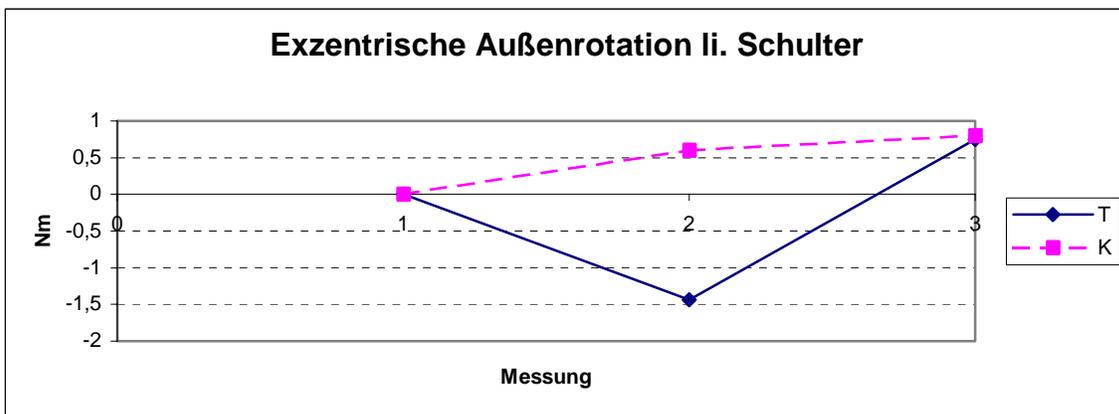
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von  $2,1$  Nm gegenüber  $0,2$  Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,290$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von  $0,7$  Nm für T und  $0,8$  Nm für K (Abbildung 15).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,986$ ).

**Tabelle 21: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) an der linken Schulter bei exzentrischer Außenrotation zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	31,7	30,3	32,4	-1,4	2,1	0,7
MW	K	25,9	26,5	26,7	0,6	0,2	0,8
SD	T	9,2	9,2	9,0	9,1	4,8	8,3
SD	K	6,8	6,5	6,4	5,8	4,0	4,6
t-Test		0,100	0,271	0,092	0,533	0,290	0,986



**Abbildung 15: Zunahme bzw. Abnahme der Kraft (Nm) bei T und K im linken Schultergelenk bei exzentrischer Außenrotation**

### Linke Schulter exzentrische Innenrotation

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 2,7 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 0,2 Nm bei K gegenüber (Tabelle 22). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,546$ ).

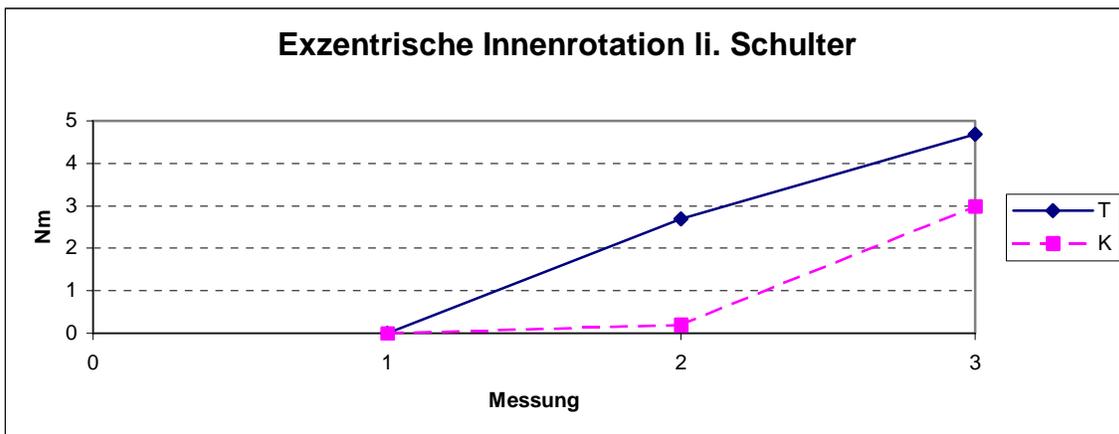
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 2,0 Nm gegenüber 2,8 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,766$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 4,7 Nm für T und 3,0 Nm für K (Abbildung 16).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,644$ ).

**Tabelle 22: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) an der linken Schulter bei exzentrischer Innenrotation zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	38,8	41,5	43,5	2,7	2,0	4,7
MW	K	33,2	33,4	36,2	0,2	2,8	3,0
SD	T	10,0	13,6	11,4	11,2	6,6	10,9
SD	K	7,1	9,1	5,4	7,7	6,5	3,8
t-Test		0,136	0,111	0,071	0,546	0,766	0,644



**Abbildung 16: Zunahme der Kraft (Nm) bei T und K im linken Schultergelenk bei exzentrischer Innenrotation**

### 3.2.3 Isometrie

#### 3.2.3.1 Knie

##### Rechtes Knie isometrische Extension

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 12,0 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 3,0 Nm bei K gegenüber (Tabelle 23). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,371$ ).

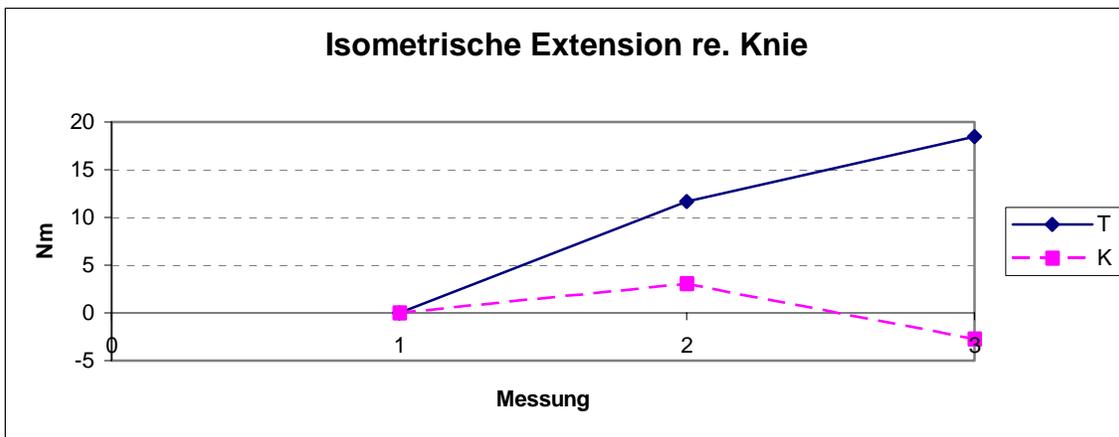
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 7,0 Nm gegenüber -6,0 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,243$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 19,0 Nm für T und -3,0 Nm für K (Abbildung 17).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,087$ ).

**Tabelle 23: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) am rechten Knie bei isometrischer Extension zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	157	169	176	12,0	7,0	19,0
MW	K	147	150	144	3,0	-6,0	-3,0
SD	T	42,1	40,8	48,0	21,4	27,0	30,1
SD	K	41,3	55,1	45,5	26,3	24,6	28,3
t-Test		0,546	0,325	0,110	0,371	0,243	0,087



**Abbildung 17: Zunahme bzw. Abnahme der Kraft (Nm) bei T und K im rechten Kniegelenk bei isometrischer Extension**

### Rechtes Knie isometrische Flexion

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 0,4 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 4,0 Nm bei K gegenüber (Tabelle 24). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,580$ ).

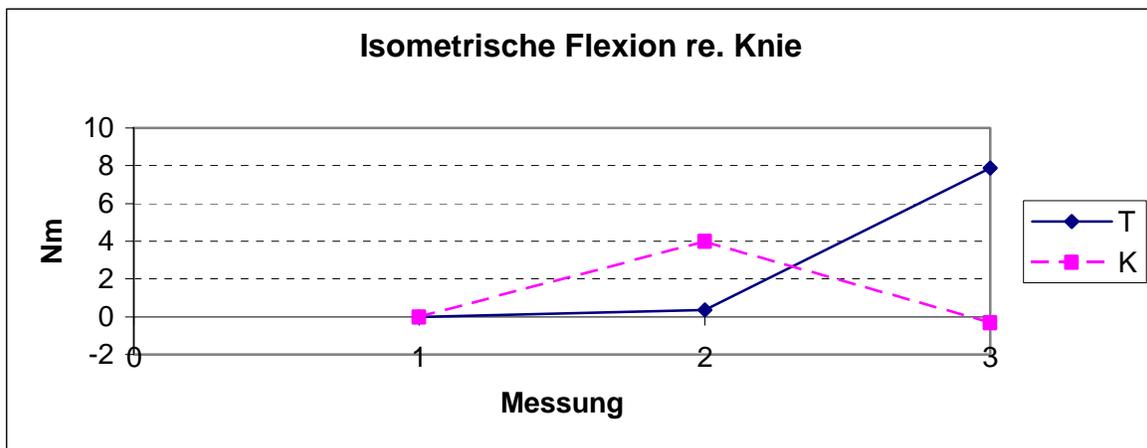
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 7,5 Nm gegenüber  $-4,3$  Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch auffällig ( $p=0,036$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 7,9 Nm für T und  $-0,3$  Nm für K (Abbildung 18).

Dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,254$ ).

**Tabelle 24: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) am rechten Knie bei isometrischer Flexion zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	84,9	85,3	92,8	0,4	7,5	7,9
MW	K	72,8	76,8	72,5	4,0	-4,3	-0,3
SD	T	24,6	22,5	23,3	11,4	15,5	16,3
SD	K	24,7	27,6	24,7	21,7	7,8	19,0
t-Test		0,233	0,397	0,045	0,580	0,036	0,254



**Abbildung 18: Zunahme bzw. Abnahme der Kraft (Nm) bei T und K im rechten Kniegelenk bei isometrischer Flexion**

### Linkes Knie isometrische Extension

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 9,0 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 5,0 Nm bei K gegenüber (Tabelle 25). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,798$ ).

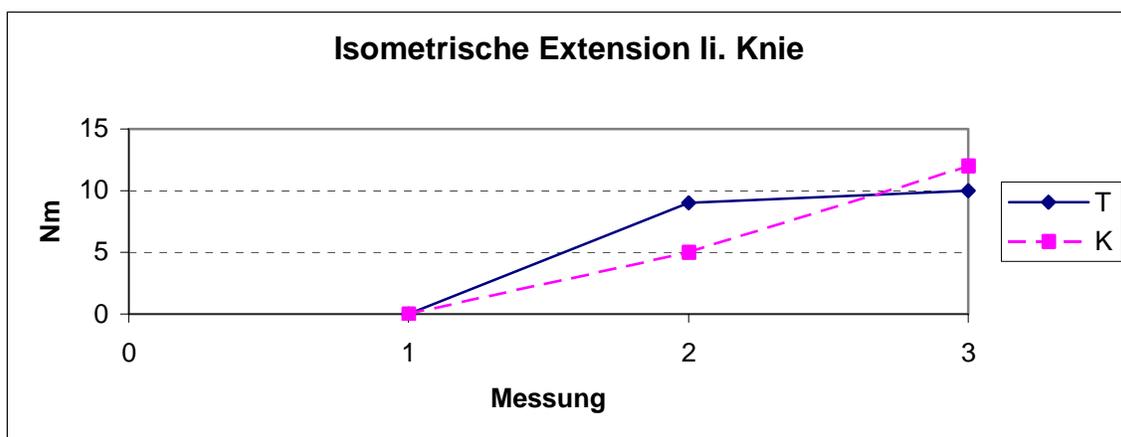
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 1,0 Nm gegenüber 7,0 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,561$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 10,0 Nm für T und 12,0 Nm für K (Abbildung 19).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,825$ ).

**Tabelle 25: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) am linken Knie bei isometrischer Extension zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	168	177	178	9,0	1,0	10,0
MW	K	151	156	163	5,0	7,0	12,0
SD	T	35,0	41,6	53,6	32,2	26,5	31,9
SD	K	46,3	51,4	47,4	18,7	16,4	23,0
t-Test		0,283	0,276	0,478	0,798	0,561	0,825



**Abbildung 19: Zunahme der Kraft (Nm) bei T und K im linken Kniegelenk bei isometrischer Extension**

### Linkes Knie isometrische Flexion

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von  $-2,3$  Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von  $-1,1$  Nm bei K gegenüber (Tabelle 26). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,815$ ).

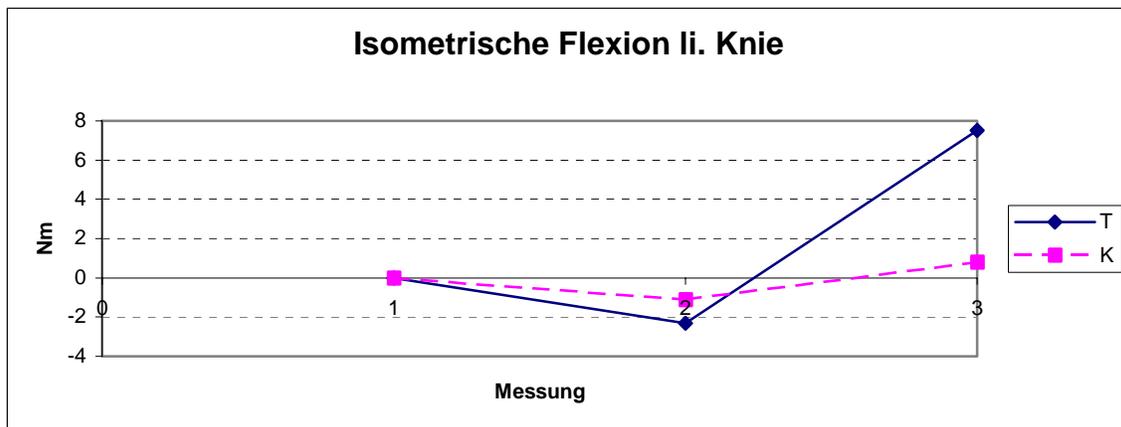
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von  $9,8$  Nm gegenüber  $1,9$  Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,165$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von  $7,5$  Nm für T und  $0,8$  Nm für K (Abbildung 20).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,238$ ).

**Tabelle 26: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) am linken Knie bei isometrischer Flexion zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	84,6	82,3	92,1	-2,3	9,8	7,5
MW	K	74,4	73,3	75,2	-1,1	1,9	0,8
SD	T	22,7	15,9	24,0	11,3	14,6	14,4
SD	K	22,3	21,4	20,3	14,9	12,0	12,6
t-Test		0,272	0,230	0,076	0,815	0,165	0,238



**Abbildung 20: Zunahme bzw. Abnahme der Kraft (Nm) bei T und K im linken Kniegelenk bei isometrischer Flexion**

### 3.2.3.2 Schulter

#### Rechte Schulter isometrische Außenrotation

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 3,7 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 2,9 Nm bei K gegenüber (Tabelle 27). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,653$ ).

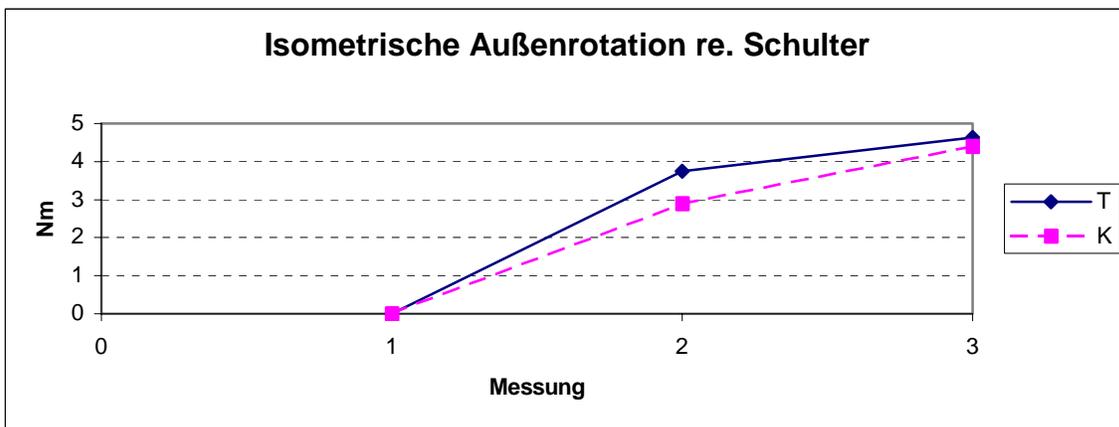
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 0,9 Nm gegenüber 1,5 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,725$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 4,6 Nm für T und 4,4 Nm für K (Abbildung 21).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,906$ ).

**Tabelle 27: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) an der rechten Schulter bei isometrischer Außenrotation zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	24,2	27,9	28,8	3,7	0,9	4,6
MW	K	22,5	25,4	26,9	2,9	1,5	4,4
SD	T	9,4	9,4	8,8	5,2	4,6	5,3
SD	K	6,5	6,0	8,0	3,5	3,9	3,5
t-Test		0,625	0,456	0,581	0,653	0,725	0,906



**Abbildung 21: Zunahme der Kraft (Nm) bei T und K im rechten Schultergelenk bei isometrischer Außenrotation**

### Rechte Schulter isometrische Innenrotation

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 2,2 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 3,3 Nm bei K gegenüber (Tabelle 28). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,685$ ).

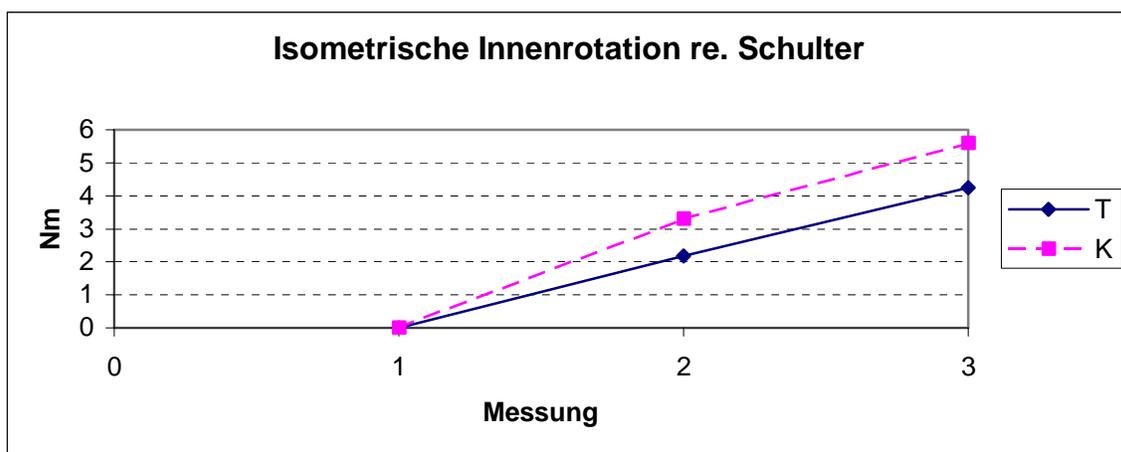
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 2,1 Nm gegenüber 2,3 Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,928$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 4,3 Nm für T und 5,6 Nm für K (Abbildung 22).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,603$ ).

**Tabelle 28: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) an der rechten Schulter bei isometrischer Innenrotation zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	36,0	38,2	40,3	2,2	2,1	4,3
MW	K	28,9	32,2	34,5	3,3	2,3	5,6
SD	T	14,6	12,6	13,4	7,2	6,6	6,6
SD	K	8,4	10,6	11,8	5,8	6,2	5,8
t-Test		0,175	0,225	0,277	0,685	0,928	0,603



**Abbildung 22: Zunahme der Kraft (Nm) bei T und K im rechten Schultergelenk bei isometrischer Innenrotation**

### Linke Schulter isometrische Außenrotation

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von 1,1 Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von 1,7 Nm bei K gegenüber (Tabelle 29). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,810$ ).

Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von 0,6 Nm gegenüber  $-1,0$  Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,511$ ).

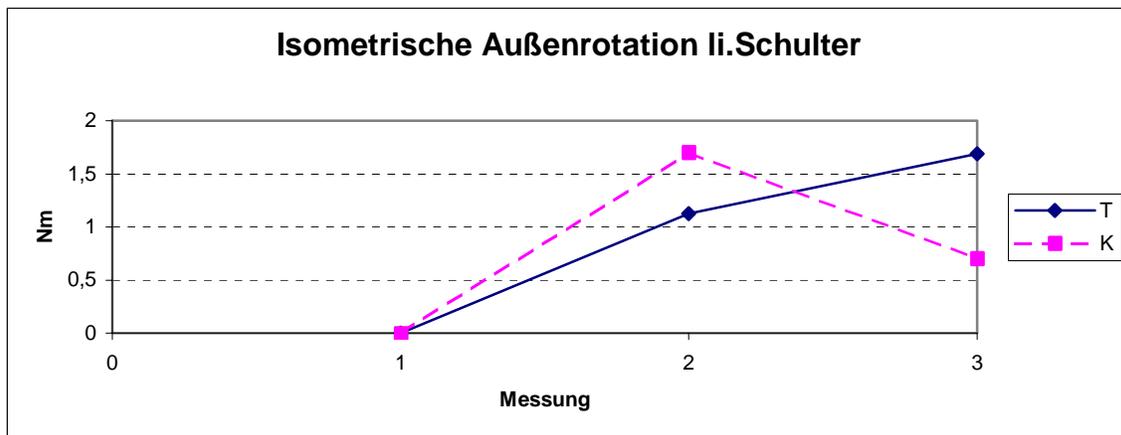
Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von 1,7 Nm für T und 0,7 Nm für K (Abbildung 23).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,610$ ).

Jedoch unterschieden sich bei der dritten Messung die für T und K erhaltenen Mittelwerte statistisch ( $p=0,032$ ).

**Tabelle 29: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) an der linken Schulter bei isometrischer Außenrotation zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1→ 2	Zuwachs 2→ 3	Zuwachs 1→ 3
MW	T	28,2	29,3	29,9	1,1	0,6	1,7
MW	K	22,2	23,9	22,9	1,7	-1,0	0,7
SD	T	9,5	9,4	8,1	6,3	6,3	5,4
SD	K	8,2	8,5	6,6	5,1	4,9	3,3
t-Test		0,112	0,153	0,032	0,810	0,511	0,610



**Abbildung 23: Zunahme bzw. Abnahme der Kraft (Nm) bei T und K im linken Schultergelenk bei isometrischer Außenrotation**

#### **Linke Schulter isometrische Innenrotation**

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T ein Kraftzuwachs von  $-0,4$  Nm beobachtet. Dem steht ein Kraftzuwachs von  $6,0$  Nm bei K gegenüber (Tabelle 30). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch auffällig ( $p=0,029$ ).

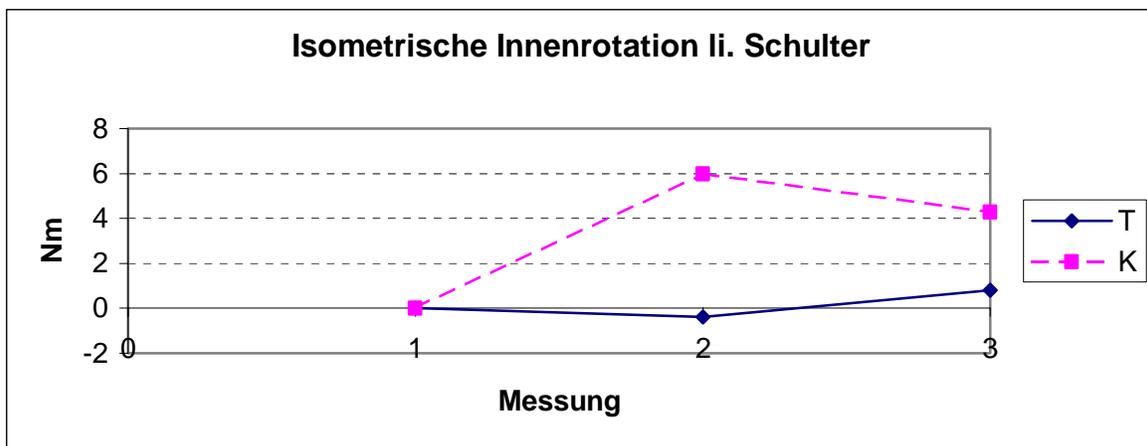
Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T ein Kraftzuwachs von  $1,2$  Nm gegenüber  $-1,7$  Nm bei K. Dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,271$ ).

Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit ein Kraftzuwachs von  $0,8$  Nm für T und  $4,3$  Nm für K (Abbildung 24).

Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,117$ ).

**Tabelle 30: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung (Nm) an der linken Schulter bei isometrischer Innenrotation zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1=>2	Zuwachs 2=>3	Zuwachs 1=>3
MW	T	35,3	34,9	36,1	-0,4	1,2	0,8
MW	K	29,7	35,7	34,0	6,0	-1,7	4,3
SD	T	13,6	10,6	10,4	6,5	4,5	5,8
SD	K	9,9	12,8	9,6	7,3	8,6	4,4
t-Test		0,269	0,870	0,606	0,029	0,271	0,117



**Abbildung 24: Zunahme bzw. Abnahme der Kraft (Nm) bei T und K im linken Schultergelenk bei isometrischer Innenrotation**

### 3.3 Sportmotorische Tests

Bei den einzelnen Messungen zeigten sich statistisch auffällige Zunahmen der Wiederholungen beim Stuhlkreis, Fußtip und Bauchkreis.

Statistisch auffällige Unterschiede zwischen Trainingsgruppe und Kontrollgruppe zeigten sich beim Stuhlkreis und beim Fußtip jeweils in der zweiten und dritten Messung, bei der Rumpfwende in der ersten, zweiten und dritten Messung, beim Rückenstreck in der zweiten und dritten Messung, beim Rückenkreis in der zweiten und dritten Messung, beim Bauchkreis in der zweiten Messung und beim Überstieg in der zweiten und dritten Messung.

Sämtliche Ergebnisse der Einzelmessungen sind im Anhang dargestellt.

### **3.3.1 Stuhlkreis**

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T eine Zunahme von 4,4 Wiederholungen beobachtet. Dem steht ein Zunahme von 1,1 Wiederholungen bei K gegenüber (Tabelle 31). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch auffällig ( $p=0,044$ ).

Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T eine Zunahme von 4,4 Wiederholungen gegenüber 1,2 Wiederholungen bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls auffällig ( $p=0,009$ ).

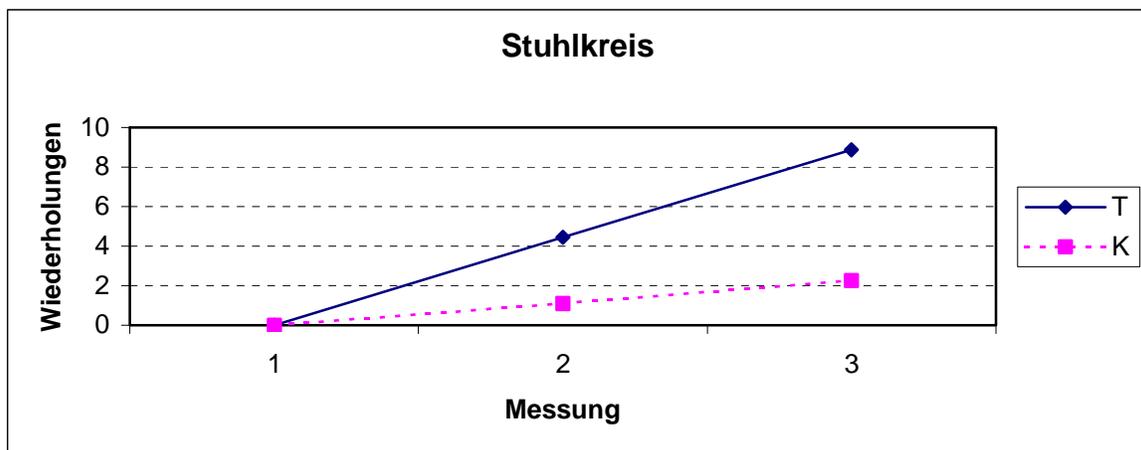
Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit eine Zunahme von 8,8 Wiederholungen für T und 2,3 Wiederholungen für K (Abbildung 25).

Auch dieser Unterschied war statistisch auffällig ( $p=0,0001$ ).

Außerdem unterschieden sich bei der zweiten und dritten Messung die für T und K erhaltenen Mittelwerte statistisch ( $p=0,018$  bzw.  $0,0001$ ).

**Tabelle 31: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung der Wiederholungen beim Stuhlkreis zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1=>2	Zuwachs 2=>3	Zuwachs 1=>3
MW	T	16,1	20,5	24,9	4,4	4,4	8,8
MW	K	15,4	16,5	17,7	1,1	1,2	2,3
SD	T	3,9	3,3	2,6	4,3	3,2	3,7
SD	K	3,7	4,7	5,2	3,1	2,0	3,1
t-Test		0,671	0,018	0,0001	0,044	0,009	0,0001



**Abbildung 25: Zunahme der Wiederholungen für T und K beim Stuhlkreis**

### 3.3.2 Fußtip

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T eine Zunahme von 13,7 Wiederholungen beobachtet. Dem steht eine Zunahme von 1,3 Wiederholungen bei K gegenüber (Tabelle 32). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch auffällig ( $p=0,002$ ).

Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T eine Zunahme von 0,6 Wiederholungen gegenüber 1,5 Wiederholungen bei K. Dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,759$ ).

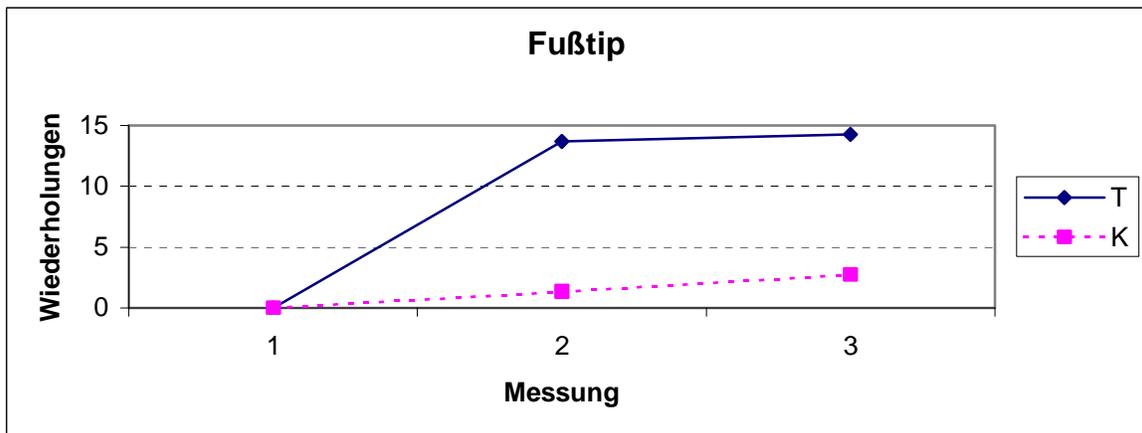
Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit eine Zunahme von 14,3 Wiederholungen für T und 2,8 Wiederholungen für K (Abbildung 26).

Dieser Unterschied war statistisch auffällig ( $p<0,001$ ).

Außerdem unterschieden sich bei der zweiten und dritten Messung die für T und K erhaltenen Mittelwerte statistisch (jeweils  $p=0,002$ ).

**Tabelle 32: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung der Wiederholungen beim Fußtip zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1=>2	Zuwachs 2=>3	Zuwachs 1=>3
MW	T	34,1	47,8	48,4	13,7	0,6	14,3
MW	K	32,3	33,6	35,1	1,3	1,5	2,8
SD	T	5,9	12,8	11,4	10,9	8,8	8,9
SD	K	3,6	3,0	4,5	3,3	4,4	2,2
t-Test		0,389	0,002	0,002	0,002	0,759	0,0006



**Abbildung 26: Zunahme der Wiederholungen für T und K beim Fußtip**

### 3.3.3 Rumpfwende

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T eine Zunahme von 3,9 Wiederholungen beobachtet. Dem steht eine Zunahme von 2,4 Wiederholungen bei K gegenüber (Tabelle 33). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,356$ ).

Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T eine Zunahme von 0,8 Wiederholungen gegenüber 0,0 Wiederholungen bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,175$ ).

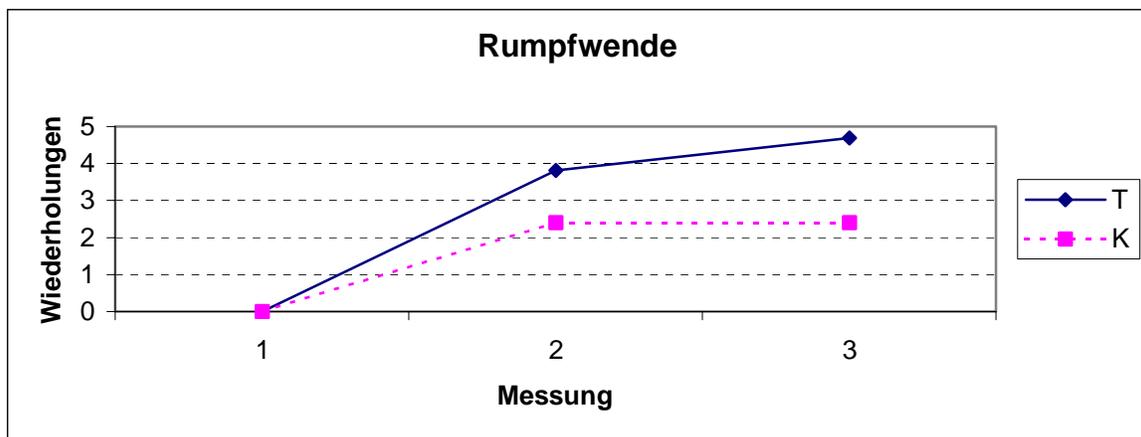
Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit eine Zunahme von 4,7 Wiederholungen für T und 2,4 Wiederholungen für K (Abbildung 27).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,150$ ).

Außerdem unterschieden sich bei der ersten, zweiten und dritten Messung die für T und K erhaltenen Mittelwerte statistisch ( $p=0,047$  bzw.  $0,0002$  bzw.  $0,0001$ ).

**Tabelle 33: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung der Wiederholungen bei der Rumpfwende zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1=>2	Zuwachs 2=>3	Zuwachs 1=>3
MW	T	18,4	22,3	23,1	3,9	0,8	4,7
MW	K	14,9	17,3	17,3	2,4	0,0	2,4
SD	T	4,7	2,1	2,2	4,3	1,7	4,3
SD	K	3,3	3,8	4,0	2,5	1,3	2,9
t-Test		0,047	0,0002	0,0001	0,356	0,175	0,150



**Abbildung 27: Zunahme der Wiederholungen für T und K bei der Rumpfwende**

### 3.3.4 Rückenstreck

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T eine Zunahme von 3,3 Wiederholungen beobachtet. Dem steht eine Zunahme von 0,2 Wiederholungen bei K gegenüber (Tabelle 34). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,170$ ).

Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T eine Zunahme von 2,0 Wiederholungen gegenüber 0,5 Wiederholungen bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,361$ ).

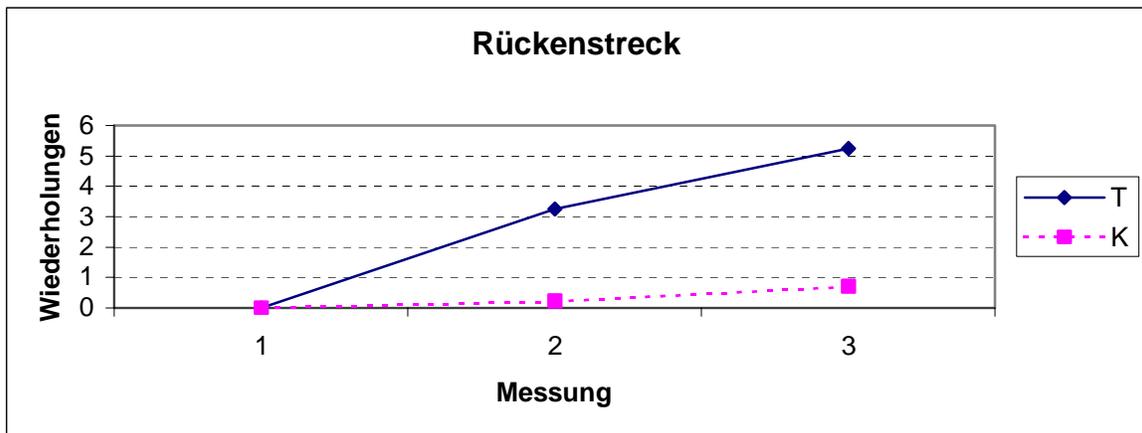
Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit eine Zunahme von 5,3 Wiederholungen für T und 0,7 Wiederholungen für K (Abbildung 28).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,057$ ).

Jedoch unterschieden sich bei der zweiten und dritten Messung die für T und K erhaltenen Mittelwerte statistisch ( $p=0,007$  bzw.  $0,003$ ).

**Tabelle 34: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung der Wiederholungen beim Rückenstreck zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1=>2	Zuwachs 2=>3	Zuwachs 1=>3
MW	T	24,6	27,9	29,9	3,3	2,0	5,3
MW	K	23,1	23,3	23,8	0,2	0,5	0,7
SD	T	5,2	3,7	4,3	5,9	4,4	5,8
SD	K	3,4	4,2	5,0	4,2	3,2	5,4
t-Test		0,418	0,007	0,003	0,170	0,361	0,057



**Abbildung 28: Zunahme der Wiederholungen für T und K beim Rückenstreck**

### 3.3.5 Rückenkreis

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T eine Zunahme von 3,8 Wiederholungen beobachtet. Dem steht eine Zunahme von 1,0 Wiederholungen bei K gegenüber (Tabelle 35). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,277$ ).

Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T eine Zunahme von 1,4 Wiederholungen gegenüber 1,2 Wiederholungen bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,877$ ).

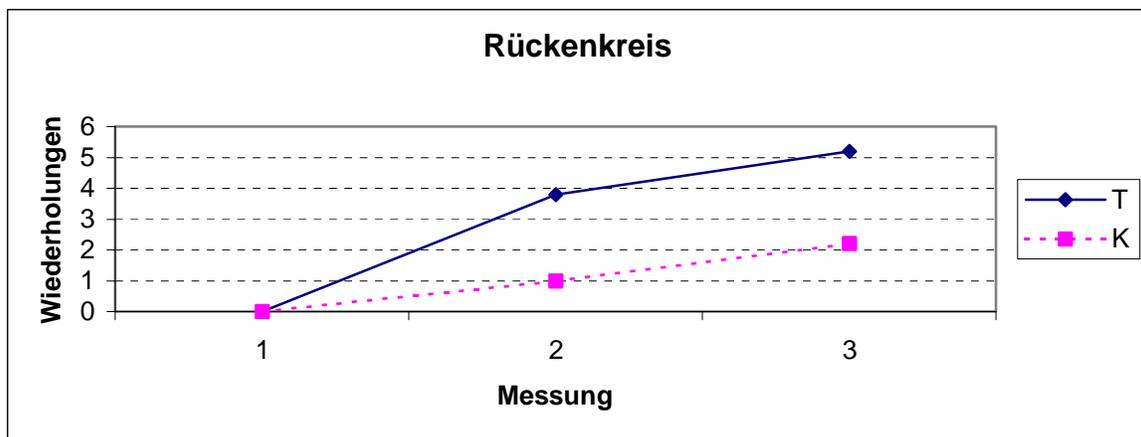
Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit eine Zunahme von 5,2 Wiederholungen für T und 2,2 Wiederholungen für K (Abbildung 29).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,229$ ).

Jedoch unterschieden sich bei der zweiten und dritten Messung die für T und K erhaltenen Mittelwerte statistisch ( $p=0,005$  bzw.  $0,003$ ).

**Tabelle 35: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung der Wiederholungen beim Rückenkreis zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1=>2	Zuwachs 2=>3	Zuwachs 1=>3
MW	T	25,3	29,1	30,5	3,8	1,4	5,2
MW	K	22,2	23,2	24,4	1,0	1,2	2,2
SD	T	6,1	4,7	4,1	7,2	2,9	6,8
SD	K	5,4	4,9	5,1	4,2	2,4	4,4
t-Test		0,199	0,005	0,003	0,277	0,877	0,229



**Abbildung 29: Zunahme der Wiederholungen für T und K beim Rückenkreis**

### 3.3.6 Bauchkreis

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T eine Zunahme von 3,0 Wiederholungen beobachtet. Dem steht eine Zunahme von -0,4 Wiederholungen bei K gegenüber (Tabelle 36). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch auffällig ( $p=0,043$ ).

Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T eine Zunahme von 0,3 Wiederholungen gegenüber 1,7 Wiederholungen bei K. Dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,145$ ).

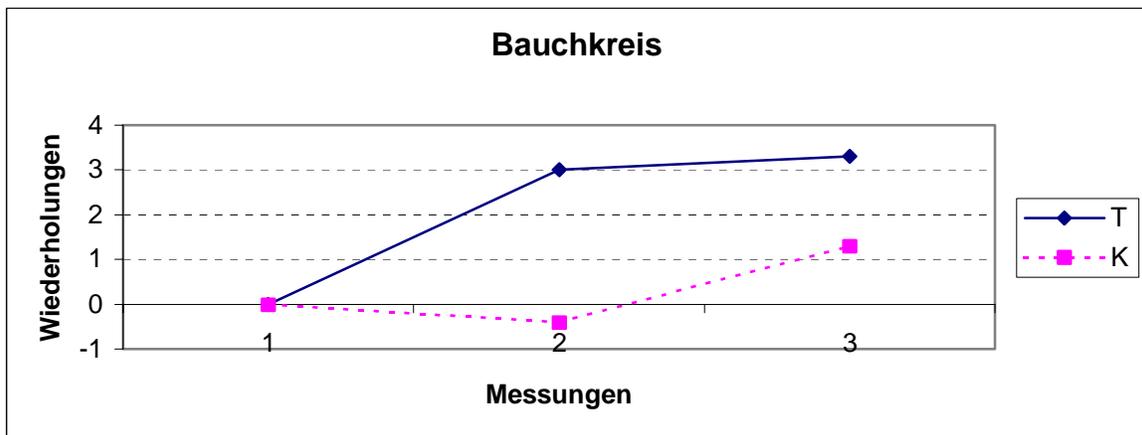
Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit eine Zunahme von 3,3 Wiederholungen für T und 1,3 Wiederholungen für K (Abbildung 30).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,213$ ).

Außerdem unterschieden sich bei der zweiten Messung die für T und K erhaltenen Mittelwerte statistisch ( $p=0,012$ ).

**Tabelle 36: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung der Wiederholungen beim Bauchkreis zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	<b>Gruppe</b>	<b>1. Messung</b>	<b>2. Messung</b>	<b>3. Messung</b>	<b>Zuwachs 1=&gt;2</b>	<b>Zuwachs 2=&gt;3</b>	<b>Zuwachs 1=&gt;3</b>
<b>MW</b>	T	19,5	22,5	22,8	3,0	0,3	3,3
<b>MW</b>	K	18,2	17,8	19,5	-0,4	1,7	1,3
<b>SD</b>	T	4,0	2,4	2,1	4,1	2,4	4,1
<b>SD</b>	K	6,6	6,3	6,3	3,7	2,1	3,5
<b>t-Test</b>		0,539	0,012	0,064	0,043	0,145	0,213



**Abbildung 30: Zunahme bzw. Abnahme der Wiederholungen für T und K beim Bauchkreis**

### 3.3.7 Überstieg

Von der ersten zur zweiten Messung wurde bei T eine Zunahme von 2,3 Wiederholungen beobachtet. Dem steht eine Zunahme von 0,4 Wiederholungen bei K gegenüber (Tabelle 37). Der Unterschied zwischen T und K war statistisch nicht auffällig ( $p=0,188$ ).

Von der zweiten zur dritten Messung zeigte sich bei T eine Zunahme von 1,0 Wiederholungen gegenüber 1,1 Wiederholungen bei K. Dieser Unterschied war statistisch ebenfalls nicht auffällig ( $p=0,923$ ).

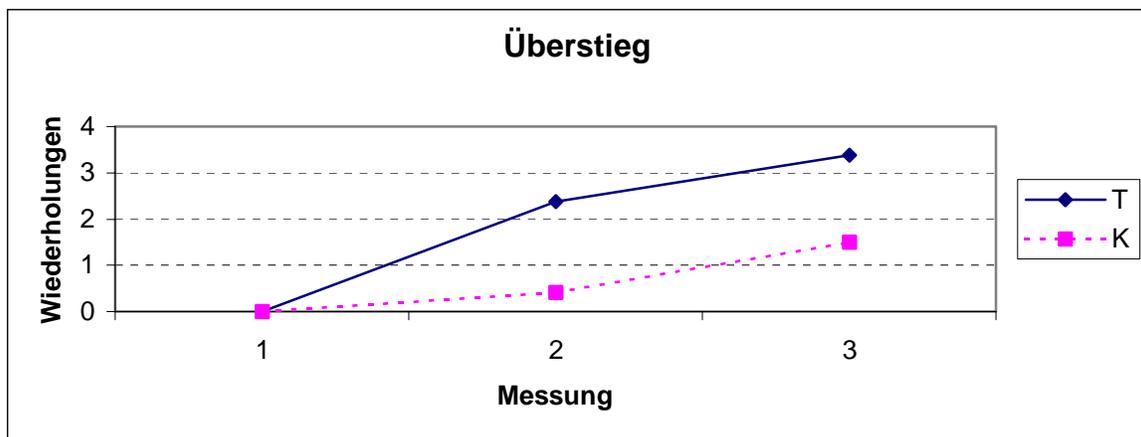
Von der ersten zur dritten Messung ergab sich somit eine Zunahme von 3,3 Wiederholungen für T und 1,5 Wiederholungen für K (Abbildung 31).

Auch dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig ( $p=0,308$ ).

Jedoch unterschieden sich bei der zweiten und dritten Messung die für T und K erhaltenen Mittelwerte statistisch ( $p=0,032$  bzw.  $0,046$ ).

**Tabelle 37: Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung der Wiederholungen beim Überstieg zu den drei Messzeitpunkten und der daraus errechneten Zuwächse, sowie der jeweils errechneten p-Werte**

	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1=>2	Zuwachs 2=>3	Zuwachs 1=>3
MW	T	15,6	17,9	18,9	2,3	1,0	3,3
MW	K	12,7	13,1	14,2	0,4	1,1	1,5
SD	T	3,9	5,2	6,0	4,0	2,3	4,8
SD	K	4,3	5,4	4,8	2,8	3,0	3,8
t-Test		0,096	0,032	0,046	0,188	0,923	0,308



**Abbildung 31: Zunahme der Wiederholungen für T und K beim Überstieg**

## **4. Diskussion**

Gegenstand der Untersuchungen war die Überprüfung der Wirksamkeit eines kraftorientierten Zirkeltrainings bei dem geschilderten Patientenkollektiv der Ambulanten Koronargruppe Tübingen. Dabei stand nicht der Nachweis einer generellen Trainierbarkeit von Herzpatienten, wie er schon vielfach erfolgreich geführt wurde, im Vordergrund. Vielmehr wollten wir prüfen, ob ein mit vergleichsweise geringem zeitlichen und apparativen Aufwand in den Ablauf des bestehenden Trainings integriertes Zirkeltraining sicher durchzuführen ist und zu objektivierbaren Steigerungen der Leistungsfähigkeit bei den Trainierenden führt. Bei den meisten anderen Studien zum Krafttraining mit Herzpatienten wurden, wie in Kapitel 1 bereits erwähnt, für Test und Training dieselben Kraftmaschinen verwandt, so dass exakt der gleiche Bewegungsablauf, der trainiert wurde, auch getestet wurde. Ein Trainingseffekt scheint bei einem derartigen Studiendesign schon fast zwingend.

Demgegenüber wurde im vorliegenden Fall kein auf bestimmte Muskelgruppen fokussiertes, sondern ein möglichst alle Muskelgruppen umfassendes Krafttraining durchgeführt. Die angewandten Messmethoden sollten auf einen alltagsbezogenen Benefit schließen lassen.

### ***4.1 Kritik der Methodik und Wertung der Ergebnisse***

#### **4.1.1 Probandenauswahl**

Die Rekrutierung der Probanden sowohl für die Trainingsgruppe als auch für die Kontrollgruppe erwies sich als unproblematisch. Viele Teilnehmer zeigten sich kooperativ und motiviert, was sicher auch auf den Umstand zurückzuführen war, dass lediglich drei Extratermine für Testungen gefordert wurden und das Training keinen zusätzlichen Zeitaufwand mit sich brachte. Die Hausaufgabe wurde nur vereinzelt regelmäßig durchgeführt. Dies scheint angesichts der aus Tabelle 6 ersichtlichen zahlreichen

Freizeitaktivitäten, welche als attraktive Alternativen zu einem häuslichen Solo-Zirkeltraining gewertet werden können, nachvollziehbar.

Dass die Kontrollgruppe aus Teilnehmern der Übungsgruppe bestand und sich somit naturgemäß auf einem geringeren Ausgangsleistungsniveau befand, mag als methodische Schwäche gesehen werden. Es standen jedoch nicht ausreichend viele Trainingsgruppenteilnehmer zur Verfügung, um zwei homogene Gruppen zu bilden. Außerdem hätte die Kontrollgruppe dann zumindest für die Zeit des Zirkeltrainings separat betreut werden müssen, was zusätzliche Übungsleiter und Raumkapazitäten erfordert hätte. Dennoch zeigten sich statistisch auffällige Unterschiede zwischen Trainingsgruppe und Kontrollgruppe bei den isokinetischen Messungen im ersten Messzyklus nur bei der exzentrischen Innenrotation der rechten Schulter. Bei den sportmotorischen Tests ergaben sich im ersten Messzyklus keine statistisch auffälligen Unterschiede zwischen Trainingsgruppe und Kontrollgruppe.

#### **4.1.2 Training**

Es zeigte sich, dass die zehn ausgewählten Übungen von den Teilnehmern der Trainingsgruppe problemlos ausgeführt werden konnten. Für das Dienstags-Training mussten die Übungen zum Teil etwas abgewandelt werden, da bei einigen Mittrainierenden aus der Übungsgruppe Schwindel beim Wechsel vom Liegen zum Stehen zwischen einzelnen Übungen auftrat. Es wurde dann nur noch im Sitzen oder Stehen trainiert, woraufhin keine Probleme mehr auftraten.

Ein generelles Problem des „freien“ Zirkeltrainings ist die mangelhafte Kontrollierbarkeit der Trainingsintensität. Zwar wurden die Voraussetzungen für eine individuelle Intensitätswahl weitgehend geschaffen (unterschiedlich schwere Hanteln, Gummibänder verschiedener Stärken, Fußmanschetten), dennoch kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob immer im trainingswirksamen Bereich geübt wurde, zumal der Trainings-Ehrgeiz der einzelnen Probanden naturgemäß unterschiedlich hoch war. Die Spannbreite reichte von verbissen-konzentriert bis zur lockeren Unterhaltung mit dem Nachbarn während einzelner Übungen.

Auch die durchschnittliche Trainingshäufigkeit war mit 1,2 Trainingseinheiten pro Woche von dem für effektives Krafttraining optimalen Trainingsreizintervall von 48 Stunden weit entfernt. Braith et al. (1989) zeigten in einer Studie an gesunden 18- bis 38-Jährigen, dass bei einem über 18 Wochen durchgeführten Krafttraining (Knie-Extensoren) bei zwei Trainingseinheiten pro Woche noch etwa 80 % des Kraftzuwachses eines drei Trainingseinheiten pro Woche umfassenden Trainings zu erwarten sind (5).

### **4.1.3 Tests**

Im folgenden soll erläutert werden, warum gerade die beschriebenen Testverfahren durchgeführt wurden, um einen mutmaßlichen Trainingseffekt in Form einer gesteigerten Leistungsfähigkeit der Trainingsgruppe zu verifizieren, und wie die vorliegenden Ergebnisse im Blick auf die Testmethodik zu beurteilen sind.

In der Praxis zeigte sich, dass alle durchgeführten Tests für die Probanden sicher zu absolvieren waren. Generell muss man sich fragen, ob es nicht besser gewesen wäre, alle Testungen einmal probeweise durchzuführen, um einen Leistungszuwachs aufgrund des Vertrautseins mit der Testmethode ausschließen zu können, wobei dieser Effekt durch den Vergleich mit der Kontrollgruppe nicht ins Gewicht fallen dürfte.

In Anbetracht der mehrheitlich recht hohen Freizeitaktivität der Probanden und vor allem der häufigen Nennung von Fahrradfahren und Gartenarbeit (siehe Tabelle 6) stellt sich die Frage nach möglichen, vom durchgeführten Zirkeltraining unabhängigen, jahreszeitabhängigen Schwankungen des allgemeinen Trainingszustandes und somit der generellen Leistungsfähigkeit. Die erste Messreihe wurde im Januar durchgeführt. Es ist anzunehmen, dass in der vorangegangenen Zeit weniger Gartenarbeit verrichtet und auch weniger Fahrrad gefahren wurde, als in den sich anschließenden 20 Trainingswochen.

### **Isokinetische Tests**

Mittels isokinetischer Kraftmessungen lässt sich der leistungsbegrenzende Faktor Kraft relativ isoliert austesten. Ausdauer, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination haben

zumindest bei den hier gewählten Testmodalitäten nur einen geringen Einfluss auf die Testergebnisse (32).

Auch wenn sich aus einem isolierten Kraftzuwachs nicht zwingend ein Vorteil für die Patienten bezüglich der Bewältigung alltäglicher Belastungssituationen ableiten lässt, so ist die Isokinetik doch gut geeignet, um einen Trainingseffekt nachzuweisen, da das Messverfahren gut standardisierbar und etabliert ist (32).

Theoretisch ist denkbar, dass durch ein einseitiges Krafttraining muskuläre Dysbalancen entstehen oder verstärkt werden, welche ihrerseits koordinative Fähigkeiten negativ beeinflussen, oder es können mit dem Kraftzuwachs Bewegungseinschränkungen einhergehen (15).

Haennel et al. (1991) nutzten isokinetische Kraftmaschinen für Training und Messung im Knie- und Schulterbereich und fanden gegenüber einer Kontrollgruppe signifikante Steigerungen der Muskelkraft (17).

Sowohl bei der Trainingsgruppe als auch bei der Kontrollgruppe konnten die Messungen problemlos durchgeführt werden.

Da bei den für das Training ausgewählten Übungen keine Schwerpunkte auf bestimmte Kraftarten (Konzentrik, Exzentrik, Isometrie) oder Ausführungsformen (Extension, Flexion bzw. Innenrotation, Außenrotation) gelegt wurden, waren Kraftzuwächse bei den einzelnen Messmodalitäten in ähnlichem Ausmaß zu erwarten. Auch retrospektiv lässt sich kein Grund für die unterschiedlichen Kraftzuwächse bei den einzelnen Messungen finden.

### **Sportmotorische Tests**

In der Regel sind sportmotorische Tests so aufgebaut, dass eine bestimmte Übung in einem vorgegebenen Zeitraum möglichst oft durchgeführt werden muss (z. B. möglichst viele Kniebeugen in 30 Sekunden).

Solche Tests zeigen eher, mit welcher Geschwindigkeit eine Übung durchgeführt werden kann (Aktionsschnelligkeit), und können den Patienten in Belastungsbereiche bringen, welche er im Alltag eigentlich meiden sollte, als dass sie Rückschlüsse auf eine verbesserte Ökonomie des Bewegungsablaufes zulassen.

Da die meisten in der Literatur beschriebenen sportmotorischen Tests nicht auf die besonderen Voraussetzungen bei Senioren und schon gar nicht auf jene bei Herzpatienten zugeschnitten sind (kraftefordernde Übungen können selbst in einfacher Wiederholung oft nicht ausgeführt werden, z. B. Klimmzüge), fiel die Auswahl der Übungen nicht leicht.

Es mussten Tests gefunden werden, welche von Herzpatienten sicher durchgeführt werden können, obwohl auf Zeit gearbeitet wird, die aber gleichzeitig Rückschlüsse auf die Kraftentwicklung zulassen.

Das Ergebnis konnte nur ein Kompromiss sein, so dass schließlich die Faktoren Ausdauer, Aktionsschnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination von den ausgewählten Übungen mindestens ebenso wie die Kraft getestet wurden.

Wird nun davon ausgegangen, dass die Leistungsfaktoren Ausdauer, Aktionsschnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination von dem durchgeführten Zirkeltraining weniger beeinflusst wurden als die Kraft, so ließe sich eine Leistungssteigerung auf den Kraftzuwachs zurückführen.

Vorzüge von sportmotorischen Tests sind die einfache und wenig zeitaufwändige Durchführung und die Testung relativ komplexer und somit alltagsnaher Bewegungsabläufe. Wie oft ein Bewegungsablauf in einer festgelegten Zeitspanne durchgeführt werden kann, hängt jedoch häufig davon ab, wie korrekt er durchgeführt wird. Auch Fehler beim Zählen der Wiederholungen können nicht ausgeschlossen werden. Dennoch können laut Bös (1987) sportmotorische Tests problemlos und ökonomisch eingesetzt werden, auch wenn sie hinsichtlich Validität und Exaktheit beispielsweise labordiagnostischen Messungen unterlegen sind (4).

Während der Tests traten weder in der Trainingsgruppe noch in der Kontrollgruppe Komplikationen auf.

Bei der kritischen Betrachtung der Messergebnisse fallen zum Teil extrem hohe Zuwächse bei einzelnen Probanden der Testgruppe auf. So hat z.B. Proband 15 der Trainingsgruppe beim Fußtip seine Anzahl der Wiederholungen von der ersten zur zweiten Messung mehr als verdoppelt. Es scheint nicht plausibel für eine derartige Leistungssteigerung lediglich einen mutmaßlichen Kraftzuwachs durch das Zirkeltraining verantwortlich zu machen.

Motivationslage und Sorgfalt bei der Durchführung scheinen hier den Ausschlag zu geben. Vor diesem Hintergrund ist die Durchführung der Tests in der Gruppe zu hinterfragen. Generelle Einzeltestung durch den Untersucher hätte wahrscheinlich durch bessere Kontrolle der Bewegungsabläufe zu vergleichbareren Daten geführt.

## **4.2 Krafttraining und Koronarsport**

Ziel eines Krafttrainings im Herzgruppensport ist es primär nicht, die Grenze des maximal möglichen weiter nach oben zu verschieben, um diese erweiterte Leistungsreserve dann auch auszunutzen. Vielmehr soll erreicht werden, dass in alltäglichen kraftefordernden Situationen eine ökonomischere Bewältigung ermöglicht wird. Die Aussage eines Probanden, es sei ihm dieses Jahr deutlich leichter gefallen, seine Fahrräder auf dem Autodach zu verstauen als im vorigen Jahr, was er auf das durchgeführte Zirkeltraining zurückführte, entspricht weitgehend dieser Zielsetzung.

Daub et al. (1996) untersuchten die Wirksamkeit und Sicherheit eines Krafttrainings mit niedriger bis mittlerer Intensität bei Niedrig-Risiko-Patienten (jünger als 61 Jahre, sechs bis 16 Wochen nach Infarkt). Sie stellten fest, dass bei ausgewählten Patienten das Training wirksam ist und weniger kardiovaskuläre Probleme verursacht als Ausdauertraining (8).

Entsprechendes zeigten auch zahlreiche andere Studien (7,26,29,37,49,50).

Selbst ein Krafttraining mit 80 % der maximal willkürlichen Anspannung scheint bei stabilen ausdauertrainierten Herzpatienten sicher und effektiv zu sein (14).

Auch steigert im Speziellen das Kraftzirkeltraining nicht nur die muskuloskeletale Kraft, sondern auch die aerobe Ausdauer (25,33).

Es konnte ebenfalls gezeigt werden, dass sowohl Krafttraining als auch Krafttests weniger Zeichen myokardialer Ischämie hervorrufen als Ausdauertraining bzw. Ausdauertests. Dies wird auf die niedrigere Herzfrequenz und einen höheren diastolischen Blutdruck bei Kraftbelastungen zurückgeführt (27,37,38).

Butler et al. (1992) verglichen reines Ausdauertraining mit kombiniertem Ausdauer-/Kraftzirkeltraining und fanden einen signifikant höheren systolischen Maximaldruck während des Ausdauertrainings. Die Herzfrequenzmaxima waren vergleichbar (7).

Featherstone et al. (1993) verglichen Krafttraining bei 40, 60, 80 und 100 % der maximal willkürlichen Anspannung mit maximalem Laufbandtraining und fanden keine Ischämiezeichen im EKG beim Krafttraining, aber ST-Strecken-Senkungen größer/gleich 1 mm beim Laufbandtraining bei fünf von zwölf Patienten und ebenfalls höhere diastolische Blutdruckwerte beim Krafttraining (12).

Zu entsprechenden Ergebnissen kommen auch Verrill et al. (1992) und bezeichnen Krafttraining auch mit relativ hoher Intensität für ausgewählte Koronarpatienten als sicher (56).

Stewart et al. (1998) verglichen ein reines Ergometertraining mit einem kombinierten Kraft- und Ergometertraining bei Männern, die in den letzten sechs Wochen einen Herzinfarkt erlitten hatten. Nach dem jeweils zehnwöchigen komplikationslosen Training konnte bei den Patienten aus der kombinierten Gruppe eine größere Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme, der maximalen Ergometerfahrzeit, der Armkraft und der Beinkraft festgestellt werden (51).

Selbst isometrisches Krafttraining erwies sich laut Hanson et al. (1987) als sicher und sollte mit Herzpatienten durchgeführt werden, da im Alltag häufig isometrische Belastungsformen auftreten (19).

Brown et al. (1990) zeigten in einer Studie mit 14 älteren Männern, welche sie in einem zwölfwöchigen Krafttraining unterzogen, dass ältere Menschen das Potenzial zu signifikanten Kraftsteigerungen und Muskelhypertrophie behalten (6).

McCartney et al. (1995) führten ein 42wöchiges Krafttraining an gesunden Männern und Frauen im Alter zwischen 60 und 80 Jahren durch und fanden bei der Trainingsgruppe verglichen mit einer Kontrollgruppe signifikante Steigerungen der dynamischen Muskelkraft, des Muskelumfangs und der kardiopulmonalen Ausdauer. Keine Unterschiede fanden sich bezüglich der Knochendichte und der Knochenzusammensetzung (35).

Eine andere Studie von McCartney et al. (1996) über zwei Jahre Krafttraining bei Älteren zeigte Kraftzuwachs, Muskelhypertrophie, mehr Ausdauer beim Radfahren, Laufen und Treppensteigen in jedem Jahr (36).

Roth et al. (1999) untersuchten Muskelschäden in der Ultrastruktur nach Krafttraining mit hohen Widerständen bei jungen (20 bis 30 Jahre) und älteren (65 bis 75 Jahre) Männern elektronenmikroskopisch anhand von bilateralen Biopsien aus dem M. vastus lateralis nach neunwöchigem unilateralem Beinstreckertraining. Sowohl beim Trainingseffekt (bei beiden

Gruppen 27 % Kraftzuwachs), als auch bei den Biopsatuntersuchungen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (46).

Hurley et al. (1995) untersuchten ein alle Muskelgruppen betreffendes 16wöchiges Krafttraining bei 50 bis 69jährigen Männern anhand der Parameter Muskelkraft, Muskelumfang, Serum-Kreatininkinase-(CK)-Aktivität und hervorgerufene Muskelschmerzen. Kraft und Muskelumfang stiegen verglichen mit einer Kontrollgruppe signifikant an. Die Aktivität der CK hatte sich acht Stunden nach der ersten Trainingseinheit im Schnitt verdoppelt. Bei Trainingsende lag die Spitze des CK-Anstiegs ebenfalls bei acht Stunden nach der Trainingseinheit, war jedoch bei gleicher absoluter und relativer Trainingsbelastung signifikant niedriger als zu Beginn des Trainings. Muskelschmerzen traten nur vereinzelt bei Trainingsbeginn und fast gar nicht mehr gegen Ende des Trainings auf (24).

McCartney et al. (1993) führten ein zwölfwöchiges Krafttraining an Armcurl und Beinpresse mit älteren Männern durch und überprüften das Kreislaufverhalten bei 60, 80 und 100 % der maximal willkürlichen Anspannung vor und nach den zwölf Wochen. Nach dem Training war die maximale willkürliche Anspannung um 24 % (Beine) bzw. 54 % (Arme) gestiegen. Die gemessenen Herzfrequenz- und Blutdruckwerte waren bei gleicher absoluter Belastung niedriger als vor dem Training und bei gleicher relativer Belastung, also 60, 80 und 100 % der maximal willkürlichen Anspannung nach zwölf Wochen Training, gleich (34). Der hier beschriebene Effekt des Krafttrainings entspricht genau der Zielsetzung der ökonomischeren Bewältigung in alltäglichen Situationen, wie zu Beginn dieses Kapitels beschrieben.

Sale et al. (1994) führten mit sechs jungen Männern ein 19wöchiges Krafttraining an der Beinpresse durch, bei dem drei Mal pro Woche trainiert wurde. Der arterielle Blutdruck (Brachialiskatheter) und der ösophageale Druck wurden gemessen. Systolischer und diastolischer Blutdruck, sowie ösophagealer Druck waren nach den 19 Wochen Training bei gleicher prozentualer Belastung signifikant höher als vor dem Training. Bei gleicher absoluter Belastung wurden bei allen drei Parametern signifikant niedrigere Werte

gemessen. Der Trainierte erreichte demnach bei maximaler Belastung höhere Spitzenwerte als der Untrainierte. Bei gleicher absoluter Belastung werden jedoch beim Untrainierten höhere Werte gemessen (47).

Laut Weidemann ist das Ausmaß des Blutdruckanstiegs nicht von der eingesetzten Muskelmasse, sondern von der prozentualen Spannung der Einzelfasern abhängig (58).

Dem widersprechen die Ergebnisse mehrerer Studien, in denen gezeigt wurde, dass beim Krafttraining die aktivierte Muskelmasse die Kreislaufreaktion bedingt (18,28,31,34).

Misner et al. (1990) untersuchten die Kreislaufreaktion (Herzfrequenz und Blutdruck) bei maximaler willkürlicher, isometrischer Belastung bei 27 jungen Erwachsenen an drei unterschiedlichen Muskelgruppen (Fingerbeuger der rechten Hand, Beinstrecker rechts, Beinstrecker rechts und links). Es zeigte sich, dass das Ausmaß der Kreislaufreaktion mit der beanspruchten Muskelgruppe in Verbindung steht. Der Einsatz beider Beinstrecker führte zur stärkeren Erhöhung von Herzfrequenz und Blutdruck als der Einsatz der rechten Beinstrecker allein. Die geringste Kreislaufreaktion wurde beim Gebrauch der Fingerbeuger der rechten Hand beobachtet (41).

Smutok et al. (1993) untersuchten Ausdauertraining und Krafttraining im Vergleich bezüglich der Beeinflussung kardiovaskulärer Risikofaktoren bei Männern im mittleren Alter. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Lipoprotein- und Lipidprofile sowie der Blutdruck blieben jeweils unverändert. Die Glukose- und Insulinantworten bei einem oralen Glukosetoleranztest fielen sowohl nach Krafttraining als auch nach Ausdauertraining geringer aus (48).

Auch Hurley (1989) fand keine Änderung der Lipoprotein- und Lipidprofile bei Koronarpatienten nach 20wöchigen Krafttraining (23).

Zuvor hatten Hurley et al. (1988) aus einer Untersuchung an elf gesunden untrainierten Männern, welche sie einem 16wöchigen Krafttraining mit hohen Intensitäten unterzogen, geschlossen, dass Krafttraining die Risikofaktoren für die koronare Herzkrankheit positiv beeinflussen kann. Sie gründeten ihre Annahme auf nach den 16 Trainingswochen ermittelte verbesserte Lipoproteinprofile und Glukosetoleranztests (22).

Delagardelle et al. (2005) empfehlen Krafttraining bei Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz, da die Fehlfunktion der peripheren Skelettmuskeln eine Hauptrolle bei der Pathogenese der Symptome Dyspnoe und Leistungsverlust und auch beim Fortschreiten der Krankheit spiele. Krafttraining würde die Leistungsfähigkeit und damit auch die Lebensqualität verbessern. Seine breite Anwendung sollte gefördert werden (9).

Miller et al. (1994) fanden bei 50 bis 65jährigen Männern gesteigerte Insulinwirkung und verminderte Plasmainsulinspiegel nach erfolgtem Krafttraining (40).

Martel et al. (1999) folgerten nach einer Studie mit elf Männern und zehn Frauen zwischen 65 und 73 Jahren, dass Krafttraining mit hohen Widerständen hochnormale Blutdruckwerte in den Normbereich senken kann (30).

Kardiale Ereignisse, wie ein Herzinfarkt oder pektanginöse Beschwerden, stellen einschneidende Erlebnisse im Leben eines Menschen dar. Alltagsbelastungen werden mangels Vertrauen in die körperliche Leistungsfähigkeit mit Furcht vor erneuten kardialen Symptomen belegt. Hier kann richtig angewandtes Krafttraining einen wertvollen Beitrag leisten, um zumindest einen Teil der früher gewohnten Unbefangenheit zurückzugewinnen. Der Patient lernt, dass er trotz seiner chronischen Erkrankung den täglichen Anforderungen gewachsen ist und darüber hinaus eventuell trotz eines vorgeschädigten Herzens seine körperliche Belastbarkeit steigern kann. Dies bedeutet einen entscheidenden Zugewinn an Lebensqualität. Das Vertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit wird gesteigert, Stimmungsschwankungen, Depression, Erschöpfungszustände, Trägheit und emotionales Wohlbefinden werden verbessert (10,11,37,38).

Unverdorben et al. (1996) befragten 903 Patienten und 144 Ärzte bezüglich des Auftretens von Komplikationen während des Koronarsports. Auf 750.000 Patienten-Übungsstunden kam ein Todesfall, was mit der Todesfallrate bei gesunden Sportlern gleichen Alters vergleichbar sei. Kardiovaskuläre Symptome wurden von 38,4 % berichtet. Atemnot und Herzklopfen führten am häufigsten zu Beschwerden (55).

Haskell (1994) beziffert die Wahrscheinlichkeit für ein kardiales Ereignis mit Todesfolge im Rahmen des Koronarsports mit einem Ereignis auf 60.000 Patienten-Übungsstunden in den USA (20).

In einer anderen Studie untersuchten Unverdorben et al. (1996) Unfälle im Rahmen des Herzgruppensports. Es zeigte sich, dass die Traumarate mit der gesunder Sportler vergleichbar ist. Jedoch zeigten Patienten, welche das Training als zu anstrengend empfunden hatten oder über kardiovaskuläre Symptome klagten, eine signifikant erhöhte Traumarate (54).

Abschließend kann gesagt werden, dass das durchgeführte Zirkeltraining zumindest teilweise einen messbaren Gewinn für die Trainierenden brachte.

Sowohl an den oberen als auch an den unteren Extremitäten ließ sich nach dem 20wöchigen Training durch die isokinetischen Kraftmessungen ein zum Teil deutlicher Kraftzuwachs feststellen. Im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigten sich statistisch auffällige Ergebnisse. Auch bei den sportmotorischen Tests zeigten sich nach dem 20wöchigen Training statistisch auffällige Leistungszuwächse bei der Trainingsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Eine ökonomischere Alltagsbewältigung ließ sich indirekt aus den gemessenen Kraftzuwachsen, den sportmotorischen Tests und subjektiven Aussagen von Probanden mutmaßen.

In Anbetracht der durchschnittlichen Trainingshäufigkeit von nur 1,2 Einheiten pro Woche war nicht unbedingt mit einem messbaren Trainingserfolg zu rechnen. Umso erfreulicher sind daher die gewonnenen Messergebnisse, da sie zeigen, dass auch ein in den Koronarsport integriertes Kraftzirkeltraining mit relativ niedrigem Trainingsvolumen einen Profit für die Teilnehmer bringt.

Abgesehen von den Messergebnissen kann ebenfalls festgestellt werden, dass das Zirkeltraining von allen Teilnehmern als Bereicherung empfunden wurde, zu keiner Zeit

eine Gefährdung durch Training oder Tests für die Teilnehmer bestand und dass eine durchgehend hohe Motivation bestand.

Für die Zukunft kann gesagt werden, dass spezifisches Krafttraining, zum Beispiel in Form des beschriebenen freien Kraftzirkeltrainings, auf breiterer Ebene im Rahmen des Herzgruppensports angewandt werden sollte, da es einfach, sicher, effektiv und ressourcenschonend durchgeführt werden kann.

Inwieweit ein solches oder ähnliches Krafttraining auch für Teilnehmer der Übungsgruppen indiziert ist, sollte Thema weiterer Studien sein.

Der Gang in ein Fitness-Studio könnte für den getesteten, geschulten und überwachten Herzpatienten bald eher die Regel als die Ausnahme sein.

### **4.3 Schlussfolgerungen**

- Durch ein Kraftzirkeltraining im Rahmen der Herzgruppentherapie lässt sich im Bereich der Oberschenkel- und Schultermuskulatur ein Kraftzuwachs erzielen.
- Es lassen sich nach dem Kraftzirkeltraining deutliche Verbesserungen von sportmotorischen Leistungen dokumentieren.
- Hinweise für eine ökonomischere Ausführung von Standardbelastungen im Alltag nach diesem Training ergeben sich indirekt aus den gemessenen Kraftzuwächsen, den sportmotorischen Tests und subjektiven Aussagen von Probanden.

## 5. Zusammenfassung

Krafttraining im Rahmen des Herzgruppensports wurde in den letzten Jahren immer beliebter und war schon Thema zahlreicher Studien. Um die Wirksamkeit eines in den Herzgruppensport integrierten, freien Kraftzirkeltrainings zu überprüfen, führten 16 Probanden (Durchschnittsalter 61 Jahre, Spannweite 53-69 Jahre, davon 15 mit Zustand nach Myokardinfarkt) der Trainingsgruppe der Koronarsportgruppe Tübingen über 20 Wochen mit drei Terminen pro Woche ein 20-minütiges kraftorientiertes Zirkeltraining durch. Das Training wurde im Rahmen der Übungsstunden angeboten, beanspruchte etwa 20 Minuten und war so ausgelegt, dass möglichst alle Muskelgruppen gleichmäßig beansprucht wurden. Vor, zur Halbzeit und am Ende der 20 Wochen wurden isokinetische Kraftmessungen im Schulter- und Kniegelenk sowie sportmotorische Tests durchgeführt.

Bei den isokinetischen Kraftmessungen wurden am rechten und linken Kniegelenk Extension und Flexion jeweils konzentrisch, exzentrisch und isometrisch gemessen. Am rechten und linken Schultergelenk wurden Innenrotation und Außenrotation jeweils konzentrisch, exzentrisch und isometrisch gemessen.

Die sportmotorischen Tests umfassten sieben ausgesuchte Bewegungsabläufe, welche jeweils 30 Sekunden lang so oft wie möglich wiederholt werden mussten (z.B. in Bauchlage ein Bohnensäckchen vor dem Kopf und hinter dem Rücken übergeben).

Eine Kontrollgruppe umfasste zehn Teilnehmer (Durchschnittsalter 63 Jahre, Spannweite 52-71 Jahre, alle mit Zustand nach Myokardinfarkt) der Übungsgruppe der Koronarsportgruppe Tübingen.

Die durchschnittliche Trainingshäufigkeit betrug 1,2 Einheiten pro Woche.

Die Messergebnisse von Trainingsgruppe und Kontrollgruppe wurden über die drei Messtermine mittels zweiseitigem Students-t-Test vergleichend auf Veränderungen geprüft. P-Werte kleiner 0,05 wurden als statistisch auffällig gewertet.

Es wurden statistisch auffällige Kraftzuwächse im Bereich der kniegelenksübergreifenden Muskulatur rechts bei der konzentrischen Extension (von der ersten zur zweiten Messung  $p=0,023$ ) und der isometrischen Flexion (von der zweiten zur dritten Messung  $p=0,036$ ), sowie links bei der konzentrischen Extension (von der ersten zur zweiten Messung  $p=0,048$

und von der ersten zur dritten Messung  $p=0,002$ ) und der konzentrischen Flexion (von der ersten zur dritten Messung  $p=0,013$ ) festgestellt. In der Schultermuskulatur wurden links statistisch auffällige Kraftzuwächse bei der konzentrischen Innenrotation (von der ersten zur zweiten Messung  $p=0,009$  und von der ersten zur dritten Messung ebenfalls  $p=0,009$ ) und der isometrischen Innenrotation (von der ersten zur zweiten Messung  $p=0,029$ ) festgestellt.

Die Ergebnisse der sportmotorischen Tests zeigten bei drei von sieben Einzelmessungen statistisch auffällige Verbesserungen der Trainingsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe. Konnte beim ersten Messdurchgang noch kein statistisch auffälliger Unterschied im Leistungsniveau zwischen Trainings- und Kontrollgruppe festgestellt werden, so war die Trainingsgruppe beim zweiten Messdurchgang bei allen sieben und im dritten Messdurchgang bei sechs von sieben Einzelmessungen besser.

Rückschlüsse auf eine ökonomischere Ausführung von Standardbelastungen im Alltag nach diesem Training ergeben sich indirekt aus den gemessenen Kraftzuwächsen, den sportmotorischen Tests und subjektiven Aussagen von Probanden.

Die Probanden waren der Studie gegenüber konstant positiv eingestellt und zeigten dies durch engagierte Mitarbeit.

Komplikationen während des Krafttrainings traten nicht auf.

Daher sollte spezifisches Krafttraining in Zukunft als fester Bestandteil in den Herzgruppensport Eingang finden.

## 6. Literaturverzeichnis

- 1 Adams KJ, Barnard KL, Swank AM, Mann E, Kushnick MR, Denny DM (1999)  
Combined high intensity strength and aerobic training in diverse phase II cardiac rehabilitation patients. *Cardiopulm Rehabil* 19: 209-215
- 2 Bjarnason-Wehrens B, Mayer-Berger W, Meister ER, Baum K, Hambrecht R, Gielen S:  
German Federation for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation (2004)  
Recommendations for resistance exercise in cardiac rehabilitation. Recommendations of the German Federation for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 11: 352-61
- 3 Blair SN, Kohl HW, Gordon NF, Paffenbarger RS Jr (1992)  
How much physical activity is good for health? *Annu Rev Public Health* 13: 99-126
- 4 Bös K (1987)  
Handbuch sportmotorischer Tests. Göttingen: Hogrefe
- 5 Braith RW, Graves JE, Pollock ML, Leggett SL, Carpenter DM, Colvin AB (1989)  
Comparison of 2 vs 3 days/week of variable resistance training during 10- and 18-week programs. *Int J Sports Med* 10: 450-454
- 6 Brown AB, McCartney N, Sale DG (1990)  
Positive adaptations to weight-lifting training in the elderly. *J Appl Physiol* 69: 1725-1733
- 7 Butler RM, Palmer G, Rogers FJ (1992)  
Circuit weight training in early cardiac rehabilitation. *J Osteopath Assoc* 92: 77-89
- 8 Daub WD, Knapik GP, Black WR (1996)  
Strength training early after myocardial infarction. *J Cardiopulm Rehabil* 16: 100-108
- 9 Delagardelle C, Feiereisen P (2005)  
Strength training for patients with chronic heart failure. *Eura Medicophys* 41: 57-65

- 10 Ewart CK, Stewart KJ, Gillian RE, Kelemen MH (1986)  
Self efficacy mediates strength gains during circuit weight training in men with coronary artery disease. *Med Sci Sports Exerc* 18: 531-540
- 11 Ewart CK (1989)  
Psychological effects of resistive training: implications for cardiac patients. *Med Sci Sports Exerc* 21: 683-688
- 12 Featherstone JF, Holly RG, Amsterdam EA (1993)  
Physiologic responses to weight lifting in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 71: 287-292
- 13 Fowler-Brown A, Pignone M, Pletcher M, Tice JA, Sutton SF, Lohr KN:  
U.S.Preventive Services Task Force (2004)  
Exercise tolerance testing to screen for coronary heart disease: a systematic review for the technical support for the U.S. Preventive Services Task Force. *Ann Intern Med* 140: W9-24
- 14 Ghilarducci LE, Holly RG, Amsterdam EA (1989)  
Effect of high resistance training in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 64: 866-870
- 15 Girouard CK, Hurley BF (1995)  
Does strength training inhibit gains in range of motion from flexibility training in older adults? *Med Sci Sports Exerc* 27: 1444-1449
- 16 Gordon NF, Scott CB (1991)  
The role of exercise in primary and secondary prevention of coronary artery disease. *Clin Sports Med* 10: 87-103
- 17 Haennel RG, Quinney HA, Kappagoda CT (1991)  
Effects of hydraulic circuit training following coronary artery bypass surgery. *Med Sci Sports Exerc* 23: 158-165
- 18 Haennel RG, Snyder Miller GD, Teo KK, Greenwood PV, Quinney HA, Kappagoda CT (1992)  
Changes in blood pressure and cardiac output during maximal isokinetic exercise. *Arch Phys Med Rehabil* 73: 150-155

- 19 Hanson P, Nagle F (1987)  
Isometric exercise: cardiovascular responses in normal and cardiac populations. *Cardiol Clin* 5: 157-170
- 20 Haskell WL (1994)  
The efficacy and safety of exercise programs in cardiac rehabilitation. *Med Sci Sports Exerc* 26: 815-823
- 21 Heitkamp HC (1999)  
Herzgruppentherapie - eine Standortbestimmung. *Herz* 24: 242-249
- 22 Hurley BF, Hagberg JM, Goldberg AP, Seals DR, Ehsani AA, Brennan RE, Holloszy JO (1988)  
Resistive training can reduce coronary risk factors without altering VO<sub>2</sub>max or percent body fat. *Med Sci Sports Exerc* 20: 150-154
- 23 Hurley BF (1989)  
Effects of resistive training on lipoprotein-lipid profiles: a comparison to aerobic exercise training. *Med Sci Sports Exerc* 21: 689-693
- 24 Hurley BF, Redmond RA, Pratley RE, Treuth MS, Rogers MA, Goldberg AP (1995)  
Effects of strength training on muscle hypertrophy and muscle cell disruption in older men. *Int J Sports Med* 16: 378-384
- 25 Kelemen MH, Stewart KJ, Gillian RE, Ewart CK, Valenti SA, Manley JD, Kelemen MD (1986)  
Circuit weight training in cardiac patients. *J Am Coll Cardiol* 7: 38-42
- 26 Kelemen MH (1989)  
Resistive training safety and assessment guidelines for cardiac and coronary prone patients. *Med Sci Sports Exerc* 21: 675-677
- 27 Kerber RE, Miller RA, Najjar SM (1975)  
Myocardial ischemic effects of isometric, dynamic and combined exercise in coronary artery disease. *Chest* 67: 388-394

- 28 Lewis SF, Snell PG, Taylor WF, Hamra M, Graham RM, Pettinger WA, Blomqvist CG (1985)  
Role of muscle mass and mode of contraction in circulatory responses to exercise. *J Appl Physiol* 58: 146-151
- 29 Maiorana AJ, Briffa TG, Goodman C, Hung J (1997)  
A controlled trial of circuit weight training on aerobic capacity and myocardial oxygen demand in men after coronary artery bypass surgery. *J Cardiopulm Rehabil* 17: 239-247
- 30 Martel GF, Hurlbut DE, Lott ME, Lemmer JT, Ivey FM, Roth SM, Rogers MA, Fleg JL, Hurley BF (1999)  
Strength training normalizes resting blood pressure in 65-to 73-year-old men and women with high normal blood pressure. *J Am Geriatr Soc* 47: 1215-1221
- 31 Martin WH 3rd, Berman WI, Buckey JC, Snell PG, Blomqvist CG (1989)  
Effects of muscle mass size on cardiopulmonary responses to exercise in congestive heart failure. *J Am Coll Cardiol* 14: 683-694
- 32 Mayer F, Horstmann T, Küsswetter W, Dickhuth HH (1994)  
Isokinetik - Eine Standortbestimmung. *Dtsch Z Sportmed* 45: 272-287
- 33 McCartney N, McKelvie RS, Haslam DR, Jones NL (1991)  
Usefulness of weightlifting training in improving strength and maximal power output in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 67: 939-945
- 34 McCartney N, McKelvie RS, Martin J, Sale DG, MacDougall JD (1993)  
Weight-training-induced attenuation of the circulatory response of older males to weightlifting. *J Appl Physiol* 74: 1056-1060
- 35 McCartney N, Hicks AL, Martin J, Webber CE (1995)  
Long-term resistance training in elderly: effects on dynamic strength, exercise capacity, muscle, and bone. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 50: B97-104
- 36 McCartney N, Hicks AL, Martin J, Webber CE (1996)  
A longitudinal trial of weight training in the elderly: continued improvements in year 2. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 51: B425-433

- 37 McCartney N, McKelvie RS (1996)  
The role of resistance training in patients with cardiac disease. *J Cardiovasc Risk* 3: 160-166
- 38 McCartney N (1998)  
Role of resistance training in heart disease. *Med Sci Sports Exerc* 30: 396-402
- 39 McKelvie RS, McCartney N (1990)  
Weightlifting in cardiac patients. Considerations. *Sports Med* 10: 355-364
- 40 Miller JP, Pratley RE, Goldberg AP, Gordon P, Rubin M, Treuth MS, Ryan AS, Hurley BF (1994)  
Strength training increases insulin action in healthy 50- to 65-yr-old men. *J Appl Physiol* 77: 1122-1127
- 41 Misner JE, Going SB, Massey BH, Ball TE, Bembien MG, Essandoh LK (1990)  
Cardiovascular response to sustained maximal voluntary muscle contraction. *Med Sci Sports Exerc* 22: 194-199
- 42 Niederhauser HU (1995)  
Heart patient and sports. *Schweiz Rundsch Med Prax* 84: 933-938
- 43 Ornish D, Brown SE, Scherwitz LW, Billings JH, Armstrong WT, Ports TA, McLanahan SM, Kirkeeide RL, Brand RJ, Gould KL (1990)  
Can lifestyle changes reverse coronary heart disease? The Lifestyle Heart Trial. *Lancet* 336: 129-133
- 44 Ornish D (1998)  
Avoiding revascularisation with lifestyle changes: the Multicenter Lifestyle Demonstration Project. *Am J Cardiol* 82: 72T-76T
- 45 Ornish D, Scherwitz LW, Billings JH, Brown SE, Gould KL, Merritt TA, Sparler S, Armstrong WT, Ports TA, Kirkeeide RL, Hogeboom C, Brand RJ (1998)  
Intensive lifestyle changes for reversal of coronary heart disease. *J Am Med Ass* 280: 2001-2007

- 46 Roth SM, Martel GF, Ivey FM, Lemmer JT, Tracy BL, Hurlbut DE, Metter EJ, Hurley BF, Rogers MA (1999)  
Ultrastructural muscle damage in young vs. older men after high-volume, heavy-resistance strength training. *J Appl Physiol* 86: 1833-1840
- 47 Sale DG, Moroz DE, McKelvie RS, MacDougall JD, McCartney N (1994)  
Effect of training on the blood pressure response to weight lifting. *Can J Appl Physiol* 19: 60-74
- 48 Smutok MA, Reece C, Kokkinos PF, Farmer C, Dawson P, Shulman R, DeVane-Bell J, Patterson J, Charabogos C, Goldberg AP (1993)  
Aerobic versus strength training for risk factor intervention in middle-aged men at high risk for coronary heart disease. *Metabolism* 42: 177-184
- 49 Sparling PB, Cantwell JD, Dolan CM, Niederman RK (1990)  
Strength training in cardiac rehabilitation program: a six-month follow-up. *Arch Phys Med Rehabil* 71: 148-152
- 50 Stewart KJ (1989)  
Resistive training effects on strength and cardiovascular endurance in cardiac and coronary prone patients. *Med Sci Sports Exerc* 21: 678-682
- 51 Stewart KJ, McFarland LD, Weinhofer JJ, Cottrell E, Brown CS, Shapori EP (1998)  
Safety and efficacy of weight training soon after myocardial infarction. *J Cardiopulm Rehabil* 18: 37-44
- 52 Takehana K, Sugiura T, Nagahama Y, Hatada K, Okugawa S, Iwasaka T (2000)  
Cardiovascular response to combined static-dynamic exercise of patients with myocardial infarction. *Coronary-Artery-Disease* 11: 35-40
- 53 Trampisch J, Windeler J (1997)  
*Medizinische Statistik*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg
- 54 Unverdorben M, Neuner P, Kunkel B, Gansser R, Oster H, Vallbracht C (1996)  
Injuries in outpatient cardiac rehabilitation. *Med Klin* 91: 131-135
- 55 Unverdorben M, Vallbracht C, Gansser R, Oster H, Neuner P, Kunkel B (1996)  
Cardiovascular risks of outpatient cardiac rehabilitation. *Herz-Kreislauf* 28: 59-62

- 56 Verril D, Shoup E, McElveen G, Witt K, Bergey D (1992)  
Resistive exercise training in cardiac patients. Recommendations. Sports Med 13: 171-193
- 57 Vestfold Heartcare Study Group (2003)  
Influence on lifestyle measures and five-year coronary risk by a comprehensive lifestyle intervention programme in patients with coronary heart disease. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 10: 429-37
- 58 Weidemann H, Meyer K (1991)  
Lehrbuch der Bewegungstherapie mit Herzkranken: Pathophysiologie, Trainingslehre, Praxis. Darmstadt Steinkopff
- 59 Wilke NA, Sheldahl LM (1985)  
Use of simulated work testing in cardiac rehabilitation. A case report. Am J Occup Ther 39: 327-330

## 7. Anhang

**Tabelle 1: Konzentrische Extension rechtes Knie (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	114	140	172	26	32	58
2	T	78	78	79	0	1	1
3	T	24	37	40	13	3	16
4	T	20	70	118	50	48	98
5	T	83	129	115	46	-14	32
6	T	112	125	117	13	-8	5
7	T	132	162	150	30	-12	18
8	T	83	131	175	48	44	92
9	T	20	21	39	1	18	19
10	T	39	62	69	23	7	30
11	T	198	207	214	9	7	16
12	T	101	99	154	-2	55	53
13	T	69	124	137	55	13	68
14	T	130	161	158	31	-3	28
15	T	76	74	87	-2	13	11
16	T	102	111	124	9	13	22
1	K	110	105	147	-5	42	37
2	K	62	41	31	-21	-10	-31
3	K	109	131	119	22	-12	10
4	K	57	59	54	2	-5	-3
5	K	120	86	102	-34	16	-18
6	K	87	100	142	13	42	55
7	K	75	93	105	18	12	30
8	K	96	94	90	-2	-4	-6
9	K	84	108	82	24	-26	-2
10	K	118	129	161	11	32	43
MW	T	86,3	108	122	21,7	14	35,7
MW	K	91,8	94,6	103	2,8	8,4	11,2
SD	T	47,4	49,2	49,5	19,8	21,1	29,8
SD	K	22,6	28	41,2	18,9	23,9	28,4
t-Test		0,736	0,436	0,335	0,023	0,592	0,054

**Tabelle 2: Konzentrische Flexion rechtes Knie (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	87	81	95	-6	14	8
2	T	33	38	54	5	16	21
3	T	14	25	19	11	-6	5
4	T	15	44	53	29	9	38
5	T	43	61	65	18	4	22
6	T	60	67	63	7	-4	3
7	T	90	110	88	20	-22	-2
8	T	57	73	95	16	22	38
9	T	16	19	30	3	11	14
10	T	29	51	65	22	14	36
11	T	110	102	112	-8	10	2
12	T	69	79	91	10	12	22
13	T	38	67	72	29	5	34
14	T	92	97	91	5	-6	-1
15	T	46	52	60	6	8	14
16	T	53	62	67	9	5	14
1	K	59	56	69	-3	13	10
2	K	57	28	25	-29	-3	-32
3	K	58	76	74	18	-2	16
4	K	44	46	30	2	-16	-14
5	K	62	55	72	-7	17	10
6	K	46	71	86	25	15	40
7	K	35	58	63	23	5	28
8	K	41	42	51	1	9	10
9	K	46	55	59	9	4	13
10	K	55	67	75	12	8	20
MW	T	53,3	64,3	70	11	5,7	16,7
MW	K	50,3	55,4	60,4	5,1	5	10,1
SD	T	29,8	26,1	24,7	10,8	10,8	14
SD	K	9	14,3	19,8	16,1	9,9	20,3
t-Test		0,765	0,337	0,311	0,274	0,861	0,332

**Tabelle 3: Konzentrische Extension linkes Knie (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	39	119	157	80	38	118
2	T	50	87	85	37	-2	35
3	T	21	17	37	-4	20	16
4	T	16	86	80	70	-6	64
5	T	83	138	89	55	-49	6
6	T	110	116	114	6	-2	4
7	T	172	167	189	-5	22	17
8	T	104	110	134	6	24	30
9	T	77	22	63	-55	41	-14
10	T	53	132	123	79	-9	70
11	T	150	211	214	61	3	64
12	T	82	107	156	25	49	74
13	T	54	140	137	86	-3	83
14	T	82	134	122	52	-12	40
15	T	70	92	113	22	21	43
16	T	145	109	131	-36	22	-14
1	K	123	136	111	13	-25	-12
2	K	67	53	41	-14	-12	-26
3	K	85	104	125	19	21	40
4	K	54	61	66	7	5	12
5	K	136	78	113	-58	35	-23
6	K	147	132	106	-15	-26	-41
7	K	81	90	89	9	-1	8
8	K	115	95	112	-20	17	-3
9	K	113	104	84	-9	-20	-29
10	K	112	162	127	50	-35	15
MW	T	81,8	112	122	30,2	10	40,2
MW	K	103	102	97,4	-1	-4,6	-5,6
SD	T	45,2	47,7	45,4	42,4	24,6	37,1
SD	K	30,3	34,2	27,4	28,7	23,3	24,9
t-Test		0,197	0,563	0,144	0,048	0,165	0,002

**Tabelle 4: Konzentrische Flexion linkes Knie (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	36	72	72	36	0	36
2	T	27	52	63	25	11	36
3	T	14	25	25	11	0	11
4	T	14	43	46	29	3	32
5	T	58	76	60	18	-16	2
6	T	70	78	81	8	3	11
7	T	93	94	96	1	2	3
8	T	62	46	77	-16	31	15
9	T	53	19	40	-34	21	-13
10	T	24	73	85	49	12	61
11	T	90	142	108	52	-34	18
12	T	61	62	90	1	28	29
13	T	30	68	76	38	8	46
14	T	66	94	93	28	-1	27
15	T	50	53	82	3	29	32
16	T	72	69	96	-3	27	24
1	K	66	74	78	8	4	12
2	K	48	34	26	-14	-8	-22
3	K	38	55	72	17	17	34
4	K	30	45	42	15	-3	12
5	K	82	56	83	-26	27	1
6	K	57	69	49	12	-20	-8
7	K	54	68	57	14	-11	3
8	K	43	55	52	12	-3	9
9	K	62	73	57	11	-16	-5
10	K	54	67	64	13	-3	10
MW	T	51,3	66,6	74,4	15,3	7,8	23,1
MW	K	53,4	59,6	58	6,2	-1,6	4,6
SD	T	24,9	29,3	22,6	23,5	17,4	18,3
SD	K	14,9	13	17,2	14,3	14,4	14,9
t-Test		0,808	0,484	0,062	0,278	0,169	0,013

**Tabelle 5: Konzentrische Außenrotation rechte Schulter (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	10	11	11	1	0	1
2	T	11	15	16	4	1	5
3	T	14	12	15	-2	3	1
4	T	8	14	24	6	10	16
5	T	24	23	37	-1	14	13
6	T	28	34	34	6	0	6
7	T	21	32	31	11	-1	10
8	T	12	18	32	6	14	20
9	T	17	27	27	10	0	10
10	T	17	21	24	4	3	7
11	T	40	46	50	6	4	10
12	T	21	24	27	3	3	6
13	T	15	23	27	8	4	12
14	T	17	25	26	8	1	9
15	T	18	18	22	0	4	4
16	T	15	20	19	5	-1	4
1	K	13	16	20	3	4	7
2	K	10	17	19	7	2	9
3	K	17	22	22	5	0	5
4	K	15	19	21	4	2	6
5	K	23	27	26	4	-1	3
6	K	25	26	35	1	9	10
7	K	29	30	29	1	-1	0
8	K	13	20	22	7	2	9
9	K	15	17	25	2	8	10
10	K	25	24	28	-1	4	3
MW	T	18	22,7	26,4	4,7	3,7	8,4
MW	K	18,5	21,8	24,7	3,3	2,9	6,2
SD	T	7,8	9	9,5	3,8	4,9	5,2
SD	K	6,5	4,8	4,9	2,6	3,4	3,4
t-Test		0,868	0,778	0,611	0,32	0,66	0,255

**Tabelle 6: Konzentrische Innenrotation rechte Schulter (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	24	28	23	4	-5	-1
2	T	19	19	25	0	6	6
3	T	17	13	18	-4	5	1
4	T	8	10	29	2	19	21
5	T	35	29	50	-6	21	15
6	T	34	38	42	4	4	8
7	T	27	38	41	11	3	14
8	T	17	19	38	2	19	21
9	T	16	31	31	15	0	15
10	T	19	26	31	7	5	12
11	T	70	78	87	8	9	17
12	T	26	35	37	9	2	11
13	T	24	33	33	9	0	9
14	T	16	23	17	7	-6	1
15	T	29	29	30	0	1	1
16	T	25	27	21	2	-6	-4
1	K	18	23	24	5	1	6
2	K	11	20	22	9	2	11
3	K	27	26	27	-1	1	0
4	K	22	23	29	1	6	7
5	K	31	23	30	-8	7	-1
6	K	36	27	37	-9	10	1
7	K	28	29	35	1	6	7
8	K	15	22	22	7	0	7
9	K	15	18	25	3	7	10
10	K	35	33	36	-2	3	1
MW	T	25,4	29,8	34,6	4,4	4,8	9,2
MW	K	23,8	24,4	28,7	0,6	4,3	4,9
SD	T	13,9	15,2	16,7	5,5	8,5	7,9
SD	K	8,9	4,4	5,7	5,9	3,3	4,3
t-Test		0,752	0,293	0,297	0,112	0,858	0,13

**Tabelle 7: Konzentrische Außenrotation linke Schulter (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	19	19	19	0	0	0
2	T	16	15	15	-1	0	-1
3	T	8	10	8	2	-2	0
4	T	8	13	16	5	3	8
5	T	24	30	27	6	-3	3
6	T	24	32	28	8	-4	4
7	T	24	33	29	9	-4	5
8	T	8	19	25	11	6	17
9	T	9	16	22	7	6	13
10	T	16	22	21	6	-1	5
11	T	36	42	46	6	4	10
12	T	20	20	22	0	2	2
13	T	12	26	26	14	0	14
14	T	23	28	40	5	12	17
15	T	28	25	33	-3	8	5
16	T	34	21	22	-13	1	-12
1	K	13	17	21	4	4	8
2	K	7	11	15	4	4	8
3	K	14	16	15	2	-1	1
4	K	19	18	17	-1	-1	-2
5	K	20	18	18	-2	0	-2
6	K	26	23	23	-3	0	-3
7	K	24	24	26	0	2	2
8	K	20	19	20	-1	1	0
9	K	7	12	7	5	-5	0
10	K	21	23	23	2	0	2
MW	T	19,3	23,2	24,9	3,9	1,7	5,6
MW	K	17,1	18,1	18,5	1	0,4	1,4
SD	T	9	8,4	9,3	6,4	4,5	7,5
SD	K	6,6	4,4	5,4	2,8	2,6	3,9
t-Test		0,509	0,091	0,06	0,193	0,402	0,115

**Tabelle 8: Konzentrische Innenrotation linke Schulter (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	24	24	22	0	-2	-2
2	T	19	19	25	0	6	6
3	T	9	14	13	5	-1	4
4	T	7	18	25	11	7	18
5	T	35	35	35	0	0	0
6	T	29	33	31	4	-2	2
7	T	40	42	49	2	7	9
8	T	8	16	23	8	7	15
9	T	11	21	30	10	9	19
10	T	20	28	30	8	2	10
11	T	47	64	65	17	1	18
12	T	16	21	23	5	2	7
13	T	14	29	33	15	4	19
14	T	23	35	39	12	4	16
15	T	29	37	34	8	-3	5
16	T	28	31	30	3	-1	2
1	K	22	24	23	2	-1	1
2	K	7	10	16	3	6	9
3	K	22	25	25	3	0	3
4	K	26	21	24	-5	3	-2
5	K	35	31	28	-4	-3	-7
6	K	34	27	28	-7	1	-6
7	K	23	25	31	2	6	8
8	K	22	23	25	1	2	3
9	K	11	17	10	6	-7	-1
10	K	32	40	39	8	-1	7
MW	T	22,4	29,2	31,7	6,8	2,5	9,3
MW	K	23,4	24,3	24,9	0,9	0,6	1,5
SD	T	11,8	12,4	12	5,3	3,9	7,3
SD	K	9,2	8	7,9	4,8	4	5,6
t-Test		0,828	0,28	0,128	0,009	0,239	0,009

**Tabelle 9: Exzentrische Extension rechtes Knie (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	117	117	146	0	29	29
2	T	208	220	210	12	-10	2
3	T	147	124	95	-23	-29	-52
4	T	112	126	166	14	40	54
5	T	171	182	153	11	-29	-18
6	T	156	156	140	0	-16	-16
7	T	175	208	239	33	31	64
8	T	246	227	233	-19	6	-13
9	T	72	97	85	25	-12	13
10	T	165	138	167	-27	29	2
11	T	384	378	405	-6	27	21
12	T	164	137	198	-27	61	34
13	T	179	170	203	-9	33	24
14	T	233	169	234	-64	65	1
15	T	181	189	199	8	10	18
16	T	187	201	174	14	-27	-13
1	K	117	110	171	-7	61	54
2	K	102	67	75	-35	8	-27
3	K	152	166	166	14	0	14
4	K	130	153	79	23	-74	-51
5	K	252	179	209	-73	30	-43
6	K	205	170	154	-35	-16	-51
7	K	179	224	164	45	-60	-15
8	K	139	113	127	-26	14	-12
9	K	200	228	206	28	-22	6
10	K	177	233	184	56	-49	7
MW	T	181	177	190	-4	13	9
MW	K	165	164	154	-1	-10	-11
SD	T	69,3	66,1	73,2	24,2	30,9	29,1
SD	K	46	55,5	46,9	41	42,1	33,3
t-Test		0,532	0,606	0,169	0,838	0,11	0,101

**Tabelle 10: Exzentrische Flexion rechtes Knie (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	91	85	106	-6	21	15
2	T	126	119	108	-7	-11	-18
3	T	78	49	52	-29	3	-26
4	T	69	64	76	-5	12	7
5	T	102	104	96	2	-8	-6
6	T	98	85	82	-13	-3	-16
7	T	152	170	152	18	-18	0
8	T	127	133	138	6	5	11
9	T	66	89	79	23	-10	13
10	T	83	64	92	-19	28	9
11	T	159	152	158	-7	6	-1
12	T	119	110	147	-9	37	28
13	T	103	78	106	-25	28	3
14	T	116	95	112	-21	17	-4
15	T	103	99	110	-4	11	7
16	T	98	91	90	-7	-1	-8
1	K	63	58	70	-5	12	7
2	K	78	53	50	-25	-3	-28
3	K	73	95	93	22	-2	20
4	K	86	117	91	31	-26	5
5	K	154	73	86	-81	13	-68
6	K	140	107	92	-33	-15	-48
7	K	90	108	103	18	-5	13
8	K	67	51	59	-16	8	-8
9	K	97	120	117	23	-3	20
10	K	69	97	69	28	-28	0
MW	T	106	99,2	106,5	-6,8	7,8	1
MW	K	91,7	87,9	83	-3,8	-4,9	-8,7
SD	T	26,7	32,2	29,7	14,1	15,8	13,8
SD	K	31,2	26,8	20,7	35,7	14,4	29,9
t-Test		0,237	0,364	0,039	0,792	0,06	0,276

**Tabelle 11: Exzentrische Extension linkes Knie (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	126	130	176	4	46	50
2	T	202	160	192	-42	32	-10
3	T	122	136	127	14	-9	5
4	T	138	128	139	-10	11	1
5	T	159	179	176	20	-3	17
6	T	152	169	127	17	-42	-25
7	T	215	173	246	-42	73	31
8	T	213	202	309	-11	107	96
9	T	100	127	106	27	-21	6
10	T	202	170	180	-32	10	-22
11	T	398	386	403	-12	17	5
12	T	219	135	197	-84	62	-22
13	T	148	239	209	91	-30	61
14	T	196	164	239	-32	75	43
15	T	207	228	191	21	-37	-16
16	T	99	73	123	-26	50	24
1	K	119	101	200	-18	99	81
2	K	89	106	89	17	-17	0
3	K	178	169	190	-9	21	12
4	K	130	72	131	-58	59	1
5	K	209	151	180	-58	29	-29
6	K	209	180	172	-29	-8	-37
7	K	177	199	170	22	-29	-7
8	K	120	123	158	3	35	38
9	K	228	253	226	25	-27	-2
10	K	159	171	172	12	1	13
MW	T	181	175	196	-6	21	15
MW	K	162	153	169	-9	16	7
SD	T	71,4	69,6	76,3	39,5	44,5	34,1
SD	K	46,2	53,5	37,6	31	40,9	33,5
t-Test		0,458	0,393	0,302	0,828	0,776	0,551

**Tabelle 12: Exzentrische Flexion linkes Knie (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	73	70	92	-3	22	19
2	T	97	92	101	-5	9	4
3	T	50	74	64	24	-10	14
4	T	71	68	73	-3	5	2
5	T	106	106	106	0	0	0
6	T	76	106	104	30	-2	28
7	T	140	120	140	-20	20	0
8	T	85	91	151	6	60	66
9	T	62	89	85	27	-4	23
10	T	117	82	104	-35	22	-13
11	T	145	129	146	-16	17	1
12	T	133	104	127	-29	23	-6
13	T	86	104	91	18	-13	5
14	T	118	106	139	-12	33	21
15	T	95	91	113	-4	22	18
16	T	70	85	114	15	29	44
1	K	62	54	98	-8	44	36
2	K	62	87	67	25	-20	5
3	K	84	84	90	0	6	6
4	K	82	108	95	26	-13	13
5	K	108	71	75	-37	4	-33
6	K	144	102	114	-42	12	-30
7	K	92	114	106	22	-8	14
8	K	62	66	86	4	20	24
9	K	120	127	135	7	8	15
10	K	65	77	79	12	2	14
MW	T	95,3	94,8	109	-0,5	14,2	13,7
MW	K	88,1	89	94,5	0,9	5,5	6,4
SD	T	28,8	17,2	25,8	19,5	18,6	20
SD	K	28,3	23,2	20,1	24	18	21,9
t-Test		0,541	0,471	0,135	0,878	0,234	0,364

**Tabelle 13: Exzentrische Außenrotation rechte Schulter (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	12	17	12	5	-5	0
2	T	24	17	19	-7	2	-5
3	T	25	19	30	-6	11	5
4	T	24	24	33	0	9	9
5	T	26	28	39	2	11	13
6	T	43	52	43	9	-9	0
7	T	22	37	32	15	-5	10
8	T	39	33	41	-6	8	2
9	T	36	26	33	-10	7	-3
10	T	24	32	28	8	-4	4
11	T	44	56	57	12	1	13
12	T	27	26	29	-1	3	2
13	T	32	33	39	1	6	7
14	T	29	43	36	14	-7	7
15	T	22	22	24	0	2	2
16	T	14	15	23	1	8	9
1	K	21	16	20	-5	4	-1
2	K	20	22	24	2	2	4
3	K	18	24	25	6	1	7
4	K	32	33	33	1	0	1
5	K	27	26	33	-1	7	6
6	K	46	43	44	-3	1	-2
7	K	33	50	39	17	-11	6
8	K	18	23	24	5	1	6
9	K	35	35	37	0	2	2
10	K	29	34	35	5	1	6
MW	T	27,7	30	32,4	2,3	2,4	4,7
MW	K	27,9	30,6	31,4	2,7	0,8	3,5
SD	T	9,2	12,2	10,6	7,6	6,6	5,4
SD	K	9	10,4	7,8	6,2	4,6	3,3
t-Test		0,954	0,899	0,804	0,894	0,518	0,537

**Tabelle 14: Exzentrische Innenrotation rechte Schulter (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	25	34	22	9	-12	-3
2	T	39	39	38	0	-1	-1
3	T	34	29	36	-5	7	2
4	T	34	34	41	0	7	7
5	T	52	50	69	-2	19	17
6	T	52	53	40	1	-13	-12
7	T	49	59	57	10	-2	8
8	T	44	42	42	-2	0	-2
9	T	45	31	43	-14	12	-2
10	T	37	47	43	10	-4	6
11	T	61	66	94	5	28	33
12	T	40	42	44	2	2	4
13	T	36	41	40	5	-1	4
14	T	49	44	24	-5	-20	-25
15	T	43	38	41	-5	3	-2
16	T	33	34	50	1	16	17
1	K	31	24	28	-7	4	-3
2	K	26	31	29	5	-2	3
3	K	33	37	39	4	2	6
4	K	35	32	37	-3	5	2
5	K	39	34	44	-5	10	5
6	K	43	42	45	-1	3	2
7	K	39	44	43	5	-1	4
8	K	23	28	28	5	0	5
9	K	36	39	41	3	2	5
10	K	39	38	40	-1	2	1
MW	T	42,1	42,7	45,3	0,6	2,6	3,2
MW	K	34,4	34,9	37,4	0,5	2,5	3
SD	T	9,1	10,3	17	6,4	12,3	12,9
SD	K	6,3	6,3	6,7	4,5	3,4	2,7
t-Test		0,029	0,042	0,179	0,957	0,988	0,964

**Tabelle 15: Exzentrische Außenrotation linke Schulter (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	23	25	25	2	0	2
2	T	33	30	29	-3	-1	-4
3	T	22	13	16	-9	3	-6
4	T	24	22	23	-2	1	-1
5	T	28	27	26	-1	-1	-2
6	T	47	44	46	-3	2	-1
7	T	26	39	30	13	-9	4
8	T	53	31	38	-22	7	-15
9	T	32	25	30	-7	5	-2
10	T	26	32	34	6	2	8
11	T	44	40	39	-4	-1	-5
12	T	27	24	30	-3	6	3
13	T	23	27	40	4	13	17
14	T	37	40	46	3	6	9
15	T	30	45	44	15	-1	14
16	T	32	20	23	-12	3	-9
1	K	20	21	22	1	1	2
2	K	23	17	23	-6	6	0
3	K	20	19	19	-1	0	-1
4	K	34	34	28	0	-6	-6
5	K	30	24	24	-6	0	-6
6	K	36	33	40	-3	7	4
7	K	33	34	35	1	1	2
8	K	25	24	24	-1	0	-1
9	K	17	27	24	10	-3	7
10	K	21	32	28	11	-4	7
MW	T	31,7	30,3	32,4	-1,4	2,1	0,7
MW	K	25,9	26,5	26,7	0,6	0,2	0,8
SD	T	9,2	9,2	9	9,1	4,8	8,3
SD	K	6,8	6,5	6,4	5,8	4	4,6
t-Test		0,1	0,271	0,092	0,533	0,29	0,986

**Tabelle 16: Exzentrische Innenrotation linke Schulter (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	22	28	27	6	-1	5
2	T	36	37	36	1	-1	0
3	T	31	27	30	-4	3	-1
4	T	33	34	37	1	3	4
5	T	45	40	53	-5	13	8
6	T	39	37	38	-2	1	-1
7	T	45	56	50	11	-6	5
8	T	56	29	31	-27	2	-25
9	T	46	38	41	-8	3	-5
10	T	39	46	46	7	0	7
11	T	54	73	73	19	0	19
12	T	23	25	40	2	15	17
13	T	26	35	48	9	13	22
14	T	45	53	50	8	-3	5
15	T	42	63	54	21	-9	12
16	T	39	43	42	4	-1	3
1	K	34	29	40	-5	11	6
2	K	25	15	28	-10	13	3
3	K	29	32	36	3	4	7
4	K	37	28	36	-9	8	-1
5	K	43	39	39	-4	0	-4
6	K	46	44	46	-2	2	0
7	K	29	34	36	5	2	7
8	K	30	31	31	1	0	1
9	K	25	34	30	9	-4	5
10	K	34	48	40	14	-8	6
MW	T	38,8	41,5	43,5	2,7	2	4,7
MW	K	33,2	33,4	36,2	0,2	2,8	3
SD	T	10	13,6	11,4	11,2	6,6	10,9
SD	K	7,1	9,1	5,4	7,7	6,5	3,8
t-Test		0,136	0,111	0,071	0,546	0,766	0,644

**Tabelle 17: Isometrische Extension rechtes Knie (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	138	136	171	-2	35	33
2	T	152	155	146	3	-9	-6
3	T	110	114	115	4	1	5
4	T	113	156	138	43	-18	25
5	T	184	184	176	0	-8	-8
6	T	174	145	155	-29	10	-19
7	T	217	240	221	23	-19	4
8	T	171	148	214	-23	66	43
9	T	99	127	98	28	-29	-1
10	T	144	159	135	15	-24	-9
11	T	229	259	296	30	37	67
12	T	163	175	201	12	26	38
13	T	107	156	190	49	34	83
14	T	232	230	214	-2	-16	-18
15	T	141	150	165	9	15	24
16	T	145	172	180	27	8	35
1	K	122	122	176	0	54	54
2	K	122	69	69	-53	0	-53
3	K	163	169	169	6	0	6
4	K	61	87	84	26	-3	23
5	K	144	123	123	-21	0	-21
6	K	168	180	159	12	-21	-9
7	K	183	188	171	5	-17	-12
8	K	125	117	107	-8	-10	-18
9	K	180	205	184	25	-21	4
10	K	203	242	202	39	-40	-1
MW	T	157	169	176	12	7	19
MW	K	147	150	144	3	-6	-3
SD	T	42,1	40,8	48	21,4	27	30,1
SD	K	41,3	55,1	45,5	26,3	24,6	28,3
t-Test		0,546	0,325	0,11	0,371	0,243	0,087

**Tabelle 18: Isometrische Flexion rechtes Knie (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	99	89	92	-10	3	-7
2	T	77	68	71	-9	3	-6
3	T	60	58	58	-2	0	-2
4	T	64	66	58	2	-8	-6
5	T	95	83	92	-12	9	-3
6	T	57	64	68	7	4	11
7	T	129	138	117	9	-21	-12
8	T	95	100	121	5	21	26
9	T	58	61	75	3	14	17
10	T	92	85	96	-7	11	4
11	T	110	108	122	-2	14	12
12	T	99	87	121	-12	34	22
13	T	35	68	76	33	8	41
14	T	111	121	104	10	-17	-7
15	T	91	84	92	-7	8	1
16	T	87	85	122	-2	37	35
1	K	73	73	74	0	1	1
2	K	57	31	27	-26	-4	-30
3	K	77	92	81	15	-11	4
4	K	30	69	64	39	-5	34
5	K	76	46	47	-30	1	-29
6	K	126	119	119	-7	0	-7
7	K	76	104	89	28	-15	13
8	K	53	53	64	0	11	11
9	K	85	94	83	9	-11	-2
10	K	75	87	77	12	-10	2
MW	T	84,9	85,3	92,8	0,4	7,5	7,9
MW	K	72,8	76,8	72,5	4	-4,3	-0,3
SD	T	24,6	22,5	23,3	11,4	15,5	16,3
SD	K	24,7	27,6	24,7	21,7	7,8	19
t-Test		0,233	0,397	0,045	0,58	0,036	0,254

**Tabelle 19: Isometrische Extension linkes Knie (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	164	126	172	-38	46	8
2	T	157	148	113	-9	-35	-44
3	T	126	172	130	46	-42	4
4	T	131	143	145	12	2	14
5	T	177	176	170	-1	-6	-7
6	T	164	160	180	-4	20	16
7	T	215	203	226	-12	23	11
8	T	207	189	228	-18	39	21
9	T	152	147	128	-5	-19	-24
10	T	146	159	150	13	-9	4
11	T	228	296	321	68	25	93
12	T	176	205	183	29	-22	7
13	T	115	168	163	53	-5	48
14	T	210	228	243	18	15	33
15	T	129	161	132	32	-29	3
16	T	195	144	163	-51	19	-32
1	K	169	197	225	28	28	56
2	K	79	59	75	-20	16	-4
3	K	159	174	162	15	-12	3
4	K	68	94	96	26	2	28
5	K	140	123	153	-17	30	13
6	K	178	186	186	8	0	8
7	K	206	197	188	-9	-9	-18
8	K	134	130	153	-4	23	19
9	K	194	191	178	-3	-13	-16
10	K	180	210	214	30	4	34
MW	T	168	177	178	9	1	10
MW	K	151	156	163	5	7	12
SD	T	35	41,6	53,6	32,2	26,5	31,9
SD	K	46,3	51,4	47,4	18,7	16,4	23
t-Test		0,283	0,276	0,478	0,798	0,561	0,825

**Tabelle 20: Isometrische Flexion linkes Knie (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	96	80	79	-16	-1	-17
2	T	73	70	77	-3	7	4
3	T	50	58	41	8	-17	-9
4	T	57	77	64	20	-13	7
5	T	92	88	85	-4	-3	-7
6	T	78	76	68	-2	-8	-10
7	T	100	98	107	-2	9	7
8	T	83	92	113	9	21	30
9	T	67	62	85	-5	23	18
10	T	103	81	110	-22	29	7
11	T	118	107	125	-11	18	7
12	T	88	94	107	6	13	19
13	T	52	62	75	10	13	23
14	T	132	114	126	-18	12	-6
15	T	76	77	102	1	25	26
16	T	89	81	110	-8	29	21
1	K	80	72	91	-8	19	11
2	K	46	37	45	-9	8	-1
3	K	89	87	87	-2	0	-2
4	K	39	69	49	30	-20	10
5	K	76	49	58	-27	9	-18
6	K	113	106	104	-7	-2	-9
7	K	69	81	92	12	11	23
8	K	57	54	64	-3	10	7
9	K	87	91	89	4	-2	2
10	K	88	87	73	-1	-14	-15
MW	T	84,6	82,3	92,1	-2,3	9,8	7,5
MW	K	74,4	73,3	75,2	-1,1	1,9	0,8
SD	T	22,7	15,9	24	11,3	14,6	14,4
SD	K	22,3	21,4	20,3	14,9	12	12,6
t-Test		0,272	0,23	0,076	0,815	0,165	0,238

**Tabelle 21: Isometrische Außenrotation rechte Schulter (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	11	9	12	-2	3	1
2	T	24	19	20	-5	1	-4
3	T	24	31	23	7	-8	-1
4	T	14	24	25	10	1	11
5	T	19	28	34	9	6	15
6	T	39	41	39	2	-2	0
7	T	23	35	26	12	-9	3
8	T	28	30	35	2	5	7
9	T	26	23	30	-3	7	4
10	T	23	30	26	7	-4	3
11	T	50	48	49	-2	1	-1
12	T	23	24	27	1	3	4
13	T	16	22	26	6	4	10
14	T	28	38	39	10	1	11
15	T	19	23	27	4	4	8
16	T	20	22	23	2	1	3
1	K	18	19	23	1	4	5
2	K	16	20	16	4	-4	0
3	K	26	30	31	4	1	5
4	K	18	26	23	8	-3	5
5	K	24	24	26	0	2	2
6	K	33	31	41	-2	10	8
7	K	33	34	34	1	0	1
8	K	15	16	16	1	0	1
9	K	22	31	33	9	2	11
10	K	20	23	26	3	3	6
MW	T	24,2	27,9	28,8	3,7	0,9	4,6
MW	K	22,5	25,4	26,9	2,9	1,5	4,4
SD	T	9,4	9,4	8,8	5,2	4,6	5,3
SD	K	6,5	6	8	3,5	3,9	3,5
t-Test		0,625	0,456	0,581	0,653	0,725	0,906

**Tabelle 22: Isometrische Innenrotation rechte Schulter (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	28	28	24	0	-4	-4
2	T	38	38	41	0	3	3
3	T	23	22	33	-1	11	10
4	T	22	27	35	5	8	13
5	T	34	34	34	0	0	0
6	T	42	50	47	8	-3	5
7	T	50	50	49	0	-1	-1
8	T	45	38	47	-7	9	2
9	T	20	31	34	11	3	14
10	T	30	42	42	12	0	12
11	T	77	73	83	-4	10	6
12	T	37	49	39	12	-10	2
13	T	16	27	30	11	3	14
14	T	37	38	30	1	-8	-7
15	T	34	34	34	0	0	0
16	T	43	30	42	-13	12	-1
1	K	34	37	35	3	-2	1
2	K	23	18	26	-5	8	3
3	K	35	37	35	2	-2	0
4	K	18	30	27	12	-3	9
5	K	26	22	26	-4	4	0
6	K	46	50	65	4	15	19
7	K	33	45	39	12	-6	6
8	K	20	19	24	-1	5	4
9	K	24	30	34	6	4	10
10	K	30	34	34	4	0	4
MW	T	36	38,2	40,3	2,2	2,1	4,3
MW	K	28,9	32,2	34,5	3,3	2,3	5,6
SD	T	14,6	12,6	13,4	7,2	6,6	6,6
SD	K	8,4	10,6	11,8	5,8	6,2	5,8
t-Test		0,175	0,225	0,277	0,685	0,928	0,603

**Tabelle 23: Isometrische Außenrotation linke Schulter (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	22	22	19	0	-3	-3
2	T	20	23	26	3	3	6
3	T	16	26	16	10	-10	0
4	T	18	19	24	1	5	6
5	T	23	31	31	8	0	8
6	T	47	46	42	-1	-4	-5
7	T	34	33	39	-1	6	5
8	T	39	37	31	-2	-6	-8
9	T	22	18	24	-4	6	2
10	T	22	26	28	4	2	6
11	T	39	52	39	13	-13	0
12	T	26	24	26	-2	2	0
13	T	18	23	23	5	0	5
14	T	33	34	42	1	8	9
15	T	34	31	38	-3	7	4
16	T	38	24	30	-14	6	-8
1	K	20	19	23	-1	4	3
2	K	20	14	20	-6	6	0
3	K	22	18	23	-4	5	1
4	K	18	24	17	6	-7	-1
5	K	22	26	20	4	-6	-2
6	K	38	37	33	-1	-4	-5
7	K	35	37	34	2	-3	-1
8	K	15	15	18	0	3	3
9	K	12	19	14	7	-5	2
10	K	20	30	27	10	-3	7
MW	T	28,2	29,3	29,9	1,1	0,6	1,7
MW	K	22,2	23,9	22,9	1,7	-1	0,7
SD	T	9,5	9,4	8,1	6,3	6,3	5,4
SD	K	8,2	8,5	6,6	5,1	4,9	3,3
t-Test		0,112	0,153	0,032	0,81	0,511	0,61

**Tabelle 24: Isometrische Innenrotation linke Schulter (Newtonmeter)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	26	31	24	5	-7	-2
2	T	31	37	30	6	-7	-1
3	T	23	26	24	3	-2	1
4	T	27	34	32	7	-2	5
5	T	30	26	33	-4	7	3
6	T	39	41	45	2	4	6
7	T	47	46	45	-1	-1	-2
8	T	52	34	39	-18	5	-13
9	T	22	22	31	0	9	9
10	T	34	37	35	3	-2	1
11	T	72	64	64	-8	0	-8
12	T	26	30	33	4	3	7
13	T	18	20	23	2	3	5
14	T	39	43	45	4	2	6
15	T	37	31	34	-6	3	-3
16	T	42	37	41	-5	4	-1
1	K	35	34	40	-1	6	5
2	K	19	19	23	0	4	4
3	K	35	41	33	6	-8	-2
4	K	19	37	26	18	-11	7
5	K	27	27	41	0	14	14
6	K	46	50	49	4	-1	3
7	K	30	47	37	17	-10	7
8	K	20	20	23	0	3	3
9	K	23	26	24	3	-2	1
10	K	43	56	44	13	-12	1
MW	T	35,3	34,9	36,1	-0,4	1,2	0,8
MW	K	29,7	35,7	34	6	-1,7	4,3
SD	T	13,6	10,6	10,4	6,5	4,5	5,8
SD	K	9,9	12,8	9,6	7,3	8,6	4,4
t-Test		0,269	0,87	0,606	0,029	0,271	0,117

**Tabelle 25: Stuhlkreis (Wiederholungen)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	18	22	22	4	0	4
2	T	11	17	22	6	5	11
3	T	12	14	22	2	8	10
4	T	15	22	25	7	3	10
5	T	16	18	24	2	6	8
6	T	13	20	24	7	4	11
7	T	24	19	27	-5	8	3
8	T	19	18	25	-1	7	6
9	T	22	24	26	2	2	4
10	T	14	15	24	1	9	10
11	T	14	22	30	8	8	16
12	T	19	23	30	4	7	11
13	T	18	25	27	7	2	9
14	T	14	23	22	9	-1	8
15	T	10	23	25	13	2	15
16	T	18	23	24	5	1	6
1	K	21	18	23	-3	5	2
2	K	11	8	8	-3	0	-3
3	K	20	25	24	5	-1	4
4	K	12	14	16	2	2	4
5	K	16	13	13	-3	0	-3
6	K	14	16	20	2	4	6
7	K	14	18	17	4	-1	3
8	K	20	22	24	2	2	4
9	K	14	15	15	1	0	1
10	K	12	16	17	4	1	5
MW	T	16,1	20,5	24,9	4,4	4,4	8,8
MW	K	15,4	16,5	17,7	1,1	1,2	2,3
SD	T	3,9	3,3	2,6	4,3	3,2	3,7
SD	K	3,7	4,7	5,2	3,1	2	3,1
t-Test		0,671	0,018	0,0001	0,044	0,009	0,0001

**Tabelle 26: Fußtip (Wiederholungen)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	40	71	52	31	-19	12
2	T	33	44	39	11	-5	6
3	T	26	38	42	12	4	16
4	T	31	35	43	4	8	12
5	T	38	45	45	7	0	7
6	T	31	35	29	4	-6	-2
7	T	38	35	51	-3	16	13
8	T	36	39	47	3	8	11
9	T	36	60	50	24	-10	14
10	T	28	39	45	11	6	17
11	T	33	47	55	14	8	22
12	T	50	74	82	24	8	32
13	T	32	58	56	26	-2	24
14	T	33	45	49	12	4	16
15	T	26	60	52	34	-8	26
16	T	35	40	37	5	-3	2
1	K	32	33	39	1	6	7
2	K	30	33	29	3	-4	-1
3	K	40	39	43	-1	4	3
4	K	30	34	34	4	0	4
5	K	34	28	38	-6	10	4
6	K	35	36	36	1	0	1
7	K	30	36	33	6	-3	3
8	K	34	34	38	0	4	4
9	K	31	32	32	1	0	1
10	K	27	31	29	4	-2	2
MW	T	34,1	47,8	48,4	13,7	0,6	14,3
MW	K	32,3	33,6	35,1	1,3	1,5	2,8
SD	T	5,9	12,8	11,4	10,9	8,8	8,9
SD	K	3,6	3	4,5	3,3	4,4	2,2
t-Test		0,389	0,002	0,002	0,002	0,759	0,0006

**Tabelle 27: Rumpfwende (Wiederholungen)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	14	22	22	8	0	8
2	T	22	24	24	2	0	2
3	T	12	18	18	6	0	6
4	T	18	22	24	4	2	6
5	T	21	25	25	4	0	4
6	T	19	20	21	1	1	2
7	T	26	21	25	-5	4	-1
8	T	21	25	25	4	0	4
9	T	17	25	23	8	-2	6
10	T	13	21	23	8	2	10
11	T	17	24	26	7	2	9
12	T	25	24	26	-1	2	1
13	T	13	20	24	7	4	11
14	T	22	22	22	0	0	0
15	T	12	22	22	10	0	10
16	T	23	21	20	-2	-1	-3
1	K	14	19	21	5	2	7
2	K	12	13	12	1	-1	0
3	K	22	24	24	2	0	2
4	K	13	15	16	2	1	3
5	K	13	13	13	0	0	0
6	K	14	15	16	1	1	2
7	K	15	22	20	7	-2	5
8	K	18	20	21	2	1	3
9	K	17	16	14	-1	-2	-3
10	K	11	16	16	5	0	5
MW	T	18,4	22,3	23,1	3,9	0,8	4,7
MW	K	14,9	17,3	17,3	2,4	0	2,4
SD	T	4,7	2,1	2,2	4,3	1,7	4,3
SD	K	3,3	3,8	4	2,5	1,3	2,9
t-Test		0,047	0,0002	0,0001	0,356	0,175	0,15

**Tabelle 28: Rückenstreck (Wiederholungen)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	22	30	24	8	-6	2
2	T	28	30	31	2	1	3
3	T	18	27	25	9	-2	7
4	T	21	24	31	3	7	10
5	T	28	28	27	0	-1	-1
6	T	25	22	28	-3	6	3
7	T	30	25	23	-5	-2	-7
8	T	25	25	32	0	7	7
9	T	28	24	31	-4	7	3
10	T	16	25	30	9	5	14
11	T	29	32	37	3	5	8
12	T	30	33	37	3	4	7
13	T	21	32	36	11	4	15
14	T	27	34	30	7	-4	3
15	T	15	29	26	14	-3	11
16	T	31	26	30	-5	4	-1
1	K	19	24	30	5	6	11
2	K	20	18	15	-2	-3	-5
3	K	27	31	32	4	1	5
4	K	18	23	24	5	1	6
5	K	25	20	19	-5	-1	-6
6	K	25	28	26	3	-2	1
7	K	26	27	23	1	-4	-3
8	K	27	20	25	-7	5	-2
9	K	23	21	21	-2	0	-2
10	K	21	21	23	0	2	2
MW	T	24,6	27,9	29,9	3,3	2	5,3
MW	K	23,1	23,3	23,8	0,2	0,5	0,7
SD	T	5,2	3,7	4,3	5,9	4,4	5,8
SD	K	3,4	4,2	5	4,2	3,2	5,4
t-Test		0,418	0,007	0,003	0,17	0,361	0,057

**Tabelle 29: Rückenkreis (Wiederholungen)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	25	30	30	5	0	5
2	T	27	27	27	0	0	0
3	T	15	24	26	9	2	11
4	T	28	23	30	-5	7	2
5	T	29	32	27	3	-5	-2
6	T	24	25	25	1	0	1
7	T	24	24	27	0	3	3
8	T	26	25	29	-1	4	3
9	T	29	33	36	4	3	7
10	T	14	28	30	14	2	16
11	T	32	33	37	1	4	5
12	T	33	37	34	4	-3	1
13	T	22	33	34	11	1	12
14	T	31	30	34	-1	4	3
15	T	15	37	36	22	-1	21
16	T	31	25	26	-6	1	-5
1	K	16	22	27	6	5	11
2	K	20	20	18	0	-2	-2
3	K	32	35	34	3	-1	2
4	K	16	19	19	3	0	3
5	K	26	19	21	-7	2	-5
6	K	26	25	28	-1	3	2
7	K	25	25	29	0	4	4
8	K	25	23	25	-2	2	0
9	K	19	19	20	0	1	1
10	K	17	25	23	8	-2	6
MW	T	25,3	29,1	30,5	3,8	1,4	5,2
MW	K	22,2	23,2	24,4	1	1,2	2,2
SD	T	6,1	4,7	4,1	7,2	2,9	6,8
SD	K	5,4	4,9	5,1	4,2	2,4	4,4
t-Test		0,199	0,005	0,003	0,277	0,877	0,229

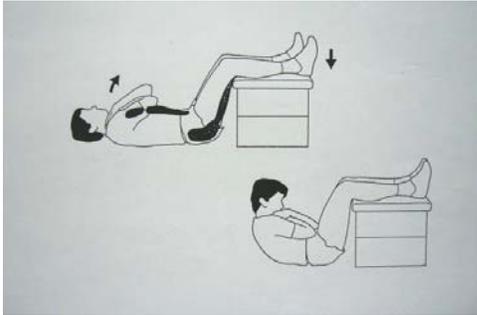
**Tabelle 30: Bauchkreis (Wiederholungen)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	19	23	22	4	-1	3
2	T	20	24	23	4	-1	3
3	T	13	16	19	3	3	6
4	T	21	21	24	0	3	3
5	T	19	22	23	3	1	4
6	T	21	22	21	1	-1	0
7	T	23	20	24	-3	4	1
8	T	23	21	25	-2	4	2
9	T	21	25	24	4	-1	3
10	T	15	25	27	10	2	12
11	T	29	24	23	-5	-1	-6
12	T	20	24	23	4	-1	3
13	T	18	25	25	7	0	7
14	T	20	24	19	4	-5	-1
15	T	12	21	21	9	0	9
16	T	18	23	22	5	-1	4
1	K	14	16	20	2	4	6
2	K	17	11	17	-6	6	0
3	K	26	27	30	1	3	4
4	K	16	20	21	4	1	5
5	K	19	16	16	-3	0	-3
6	K	30	24	25	-6	1	-5
7	K	20	24	23	4	-1	3
8	K	20	18	20	-2	2	0
9	K	6	6	6	0	0	0
10	K	14	16	17	2	1	3
MW	T	19,5	22,5	22,8	3	0,3	3,3
MW	K	18,2	17,8	19,5	-0,4	1,7	1,3
SD	T	4	2,4	2,1	4,1	2,4	4,1
SD	K	6,6	6,3	6,3	3,7	2,1	3,5
t-Test		0,539	0,012	0,064	0,043	0,145	0,213

**Tabelle 31: Überstieg (Wiederholungen)**

Proband	Gruppe	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Zuwachs 1->2	Zuwachs 2->3	Zuwachs 1->3
1	T	12	14	16	2	2	4
2	T	16	19	19	3	0	3
3	T	12	16	16	4	0	4
4	T	12	16	16	4	0	4
5	T	18	11	11	-7	0	-7
6	T	15	14	16	-1	2	1
7	T	10	12	8	2	-4	-2
8	T	16	18	17	2	-1	1
9	T	16	13	16	-3	3	0
10	T	15	22	26	7	4	11
11	T	17	27	27	10	0	10
12	T	27	30	32	3	2	5
13	T	15	21	22	6	1	7
14	T	18	20	20	2	0	2
15	T	12	17	23	5	6	11
16	T	18	17	18	-1	1	0
1	K	10	10	18	0	8	8
2	K	6	2	2	-4	0	-4
3	K	20	23	20	3	-3	0
4	K	9	10	13	1	3	4
5	K	16	13	14	-3	1	-2
6	K	14	13	15	-1	2	1
7	K	10	15	16	5	1	6
8	K	18	17	16	-1	-1	-2
9	K	12	14	13	2	-1	1
10	K	12	14	15	2	1	3
MW	T	15,6	17,9	18,9	2,3	1	3,3
MW	K	12,7	13,1	14,2	0,4	1,1	1,5
SD	T	3,9	5,2	6	4	2,3	4,8
SD	K	4,3	5,4	4,8	2,8	3	3,8
t-Test		0,096	0,032	0,046	0,188	0,923	0,308

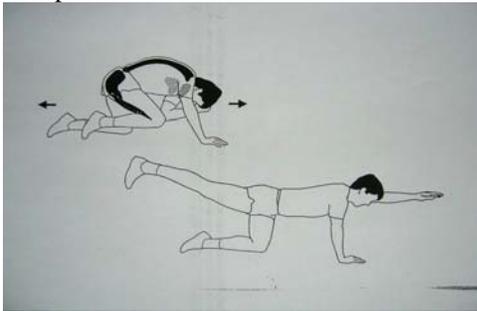
Rumpfbeugen in Rückenlage



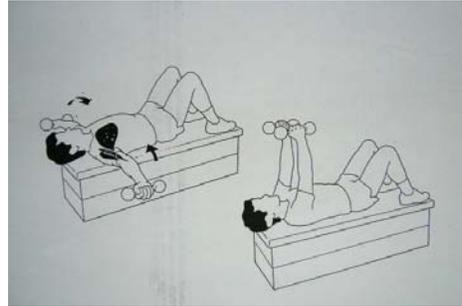
Ellenbogenbeugen gegen Gummizug



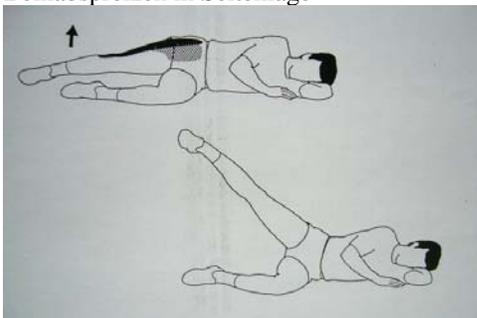
Rumpfstrecken im Vierfüßlerstand



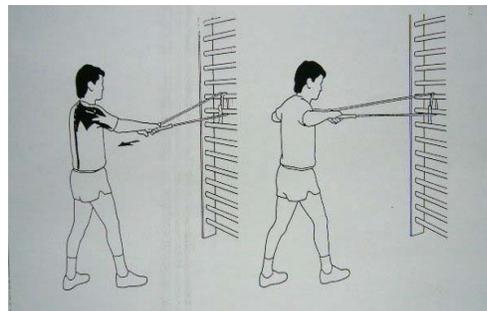
Armschließen mit Kugelhantel in Rückenlage



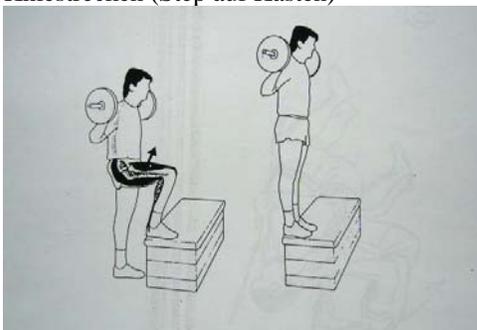
Beinabspreizen in Seitenlage



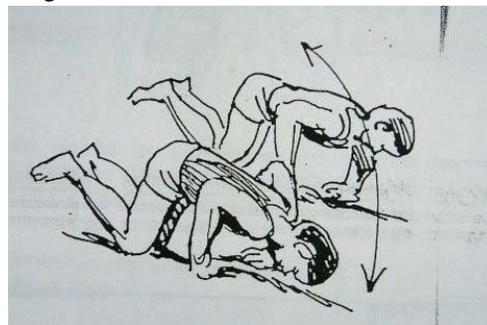
Armöffnen gegen Gummizug



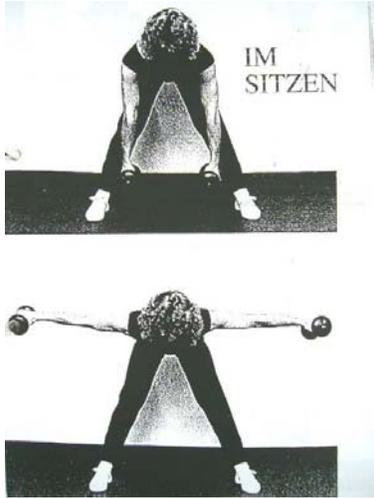
Kniestrecken (Step auf Kasten)



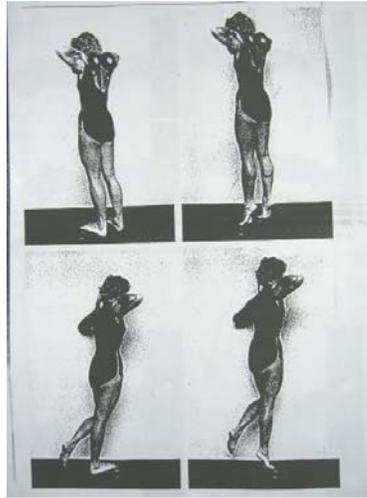
Liegestützen aus dem Vierfüßlerstand



Flugbewegungen in Körpervorlage  
(Flies) im Sitzen



Fußstrecken im Stand



## **Danksagung**

Herrn Prof. Dr. med. H.-Ch. Heitkamp möchte ich für die freundliche Überlassung des Themas dieser Dissertation und seine hilfreiche und geduldige Unterstützung herzlichen Dank sagen.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei den Teilnehmern der Koronarsportgruppe Tübingen für ihre hervorragende Mitarbeit.

Ganz besonderer Dank gilt Gisela für alle Mühe und Hilfe in Zusammenhang mit dem Werden dieser Dissertation.

# Curriculum Vitae

Volker Seeger

- 05.08.1973 geboren in Freudenstadt  
Eltern: Helmut und Gisela Seeger, geb. Corzillius  
Familienstand: verheirat, ein Kind
- 1980-1984 Grundschule Freudenstadt
- 1984-1993 Kepler-Gymnasium Freudenstadt. Abschluss: Allgemeine Hochschulreife
- 1993-1995 Zivildienst Deutsches Rotes Kreuz Freudenstadt als Rettungshelfer, mit anschließender Ausbildung als Rettungssanitäter
- 04/1995 -  
11/2001 Studium der Humanmedizin an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen  
Famulaturen auf den Gebieten Allgemein Chirurgie, Unfallchirurgie, Rehabilitation für Herz- und Lungenerkrankungen und Psychiatrie
- 06.11.2001 Drittes Staatsexamen
- 12/2001 –  
5/2003 Arzt im Praktikum in der Belegabteilung der urologischen Gemeinschaftspraxis im Städtischen Krankenhaus Friedrichshafen
- 7/2003 –  
9/2004 Assistenzarzt in der Chirurgischen Abteilung Bodenseekreis-Krankenhaus Tettnang
- Seit 10/2004 Assistenzarzt am Klinikum Kempten, Abteilung Urologie.