

# Langfristiger Einfluss verschiedener Dehnmethoden auf die aktive und passive Beweglichkeit

## *Long-term effects of different stretching-techniques on active and passive flexibility*

Daniel Gärtner

Technische Universität München. Fakultät für Sport und Gesundheitswissenschaften. 2015

.-

### Zusammenfassung

In den letzten Jahren standen vermehrt kurzfristige Effekte von Dehnmethoden im Fokus wissenschaftlicher Forschungen und weniger solche, die durch langzeitliche Anwendung eintreten. Die unterschiedlichen Wirkungen zwischen Kurzzeit- und Langzeitdehnen sind gerade in Sportarten mit hohen Bewegungsamplituden (z.B. Kampfsport) von großer praktischer Bedeutung. Welche Dehnmethode auf lange Sicht hinsichtlich der Beweglichkeit eben für diese Sportarten effektiver ist, wurde in der vorliegenden Studie an 98 Probanden aus dem Kampfsport untersucht. Im Vergleich standen drei verschiedene Dehnprogramme (SS=static stretch, DS=dynamic stretch, CRAC = contract relax + antagonist contrac = CRAC), die im Durchschnitt dreimal pro Woche über einen Zeitraum von acht Wochen durchgeführt wurden. Als Untersuchungs-gegenstand diente die einbeinige Hüftbeugefähigkeit im Stehen, die das physiologische Beanspruchungsschema einer frontalen Highkicks im Kampfsport abbildete. Hierzu wurde eine spezielle Apparatur entwickelt, mit der die aktiv-dynamische und passiv-statische Beweglichkeit in der ischiocruralen Muskelgruppe untersucht werden konnte. Alle Dehnmethoden verbesserten die Beweglichkeit signifikant, wobei sich die CRAC-Methode als effektiver gegenüber den anderen beiden herausstellte.

**Schlüsselwörter:** Beweglichkeit, Dehnen, Dehnmethoden, Bewegungsreichweite

### Einleitung

Moderne Wettkampf-Kampfsportarten (z.B. Kickboxen, MMA, Taekwondo, Karate) werden immer schneller und dynamischer. Zumindest entsteht bei jahrelanger Betrachtung der Szene des Kampfsports dieser subjektive Eindruck, denn das Training wird schon alleine durch den Einsatz vermeintlich funktioneller Übungen mit Zugbändern, Kettlebells und Co zunehmend moderner. Trotz all der insgesamt positiven Entwicklungen lassen sich bei verschiedenen Kampfsport-Disziplinen bezüglich der Ausführung von Tritttechniken enorme Verschlechterungen konstatieren, die nicht selten auf vernachlässigtes oder falsches Beweglichkeitstraining zurückzuführen sind. Dabei ist die Beweglichkeit, auf welche über ein Dehnungstraining Einfluss genommen werden kann, neben den Kraft- und Schnelligkeitsparametern im Kampfsport ein wesentlich leistungsbestimmender Faktor.

### Summary

In recent years, scientific researches were focused on the effects of short-term stretching methods rather than long-term stretching applications. The different effects between short and long term stretching are of practical significance especially in sports with high movement amplitudes (eg martial arts). What long term stretching method is more effective precisely for these kinds of sports were investigated in this study of 98 volunteers from martial arts. Three different stretching programs (SS = static stretch, DS = dynamic stretch, CRAC = contract relax + antagonist contrac = CRAC) were directly compared. These were applied over a period of eight weeks with an average stretching application of three times a week. The standing one-legged hip flexion was subject of this investigation that reflected the physiological stress diagram of a frontal highkick in martial arts. A special apparatus has been developed for this purpose. With this the active-dynamic und passive-static flexibility of the hamstrings could be investigated. All stretching methods improved the mobility significantly but the CRAC method was more effective compared to the other two.

**Keywords:** Flexibility, Stretching, Stretching methods, range of motion

Bereits in den 1990er Jahren stellten erste Veröffentlichungen zum funktionellen Training die Wichtigkeit eines speziellen, auf die Sportart zielgerichteten Beweglichkeitstrainings heraus (29). In der Sportpraxis ist jedoch eine zunehmende Diskrepanz zwischen Gewohnheit und Anwendung aktueller sportwissenschaftlicher Ergebnisse hinsichtlich des Dehnungstrainings zu betrachten. Davon ist nicht nur der Breitensport, sondern auch der Leistungssport betroffen (24). Gerade im leistungsorientierten Kampfsport nimmt die Bedeutung des Beweglichkeitstrainings zu Lasten des Schnelligkeits- und Krafttrainings immer mehr ab. Zu groß ist einerseits die Wissenslücke über die Kenntnis der verschiedenen Dehnmethoden und andererseits sorgen uneinheitliche Darstellungen der Belastungsnormativen in der Fachliteratur für Verwirrung über Nutzen und Anwendung in der Sportpraxis (7,8). Dabei hat sich die Sportwissenschaft in den letzten 20 Jahren intensiv mit dem Dehnungstraining auseinandergesetzt und in diesem Zusammenhang differenzierte Auswirkungsmöglichkeiten aufgezeigt. Doch die Umsetzung scheint in vielerlei Hinsicht Schwierigkeiten zu bereiten. Zum einen werden

vermeintlich negative Effekte durch kurzfristige Dehnungen (23,12,21,35) häufig pauschalisiert und dadurch zumeist auch den langfristigen Effekten zugeschrieben. Dabei haben zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen die unterschiedlichen Wirkungen von Kurzzeit- zu Langzeiteffekten des Dehnens herausgestellt (31,32,39,14) und negative Wirkungen teilweise widerlegt (3,36,37,27,4). Zum anderen wird das Beweglichkeitstraining in der praktischen Anwendung oft als lästige Pflicht durchgeführt, dem im Vergleich zum Kraft- oder Schnelligkeitstraining nicht gebührend Geduld und Zeit geschenkt wird. Während viele Kampfsportler beispielsweise ein regelmäßiges Krafttraining als isolierte Trainingseinheit verfolgen, werden Dehnungsübungen meist nur im Aufwärmprozess vor dem Training oder Wettkampf durchgeführt. Dabei wäre ein isoliertes Beweglichkeitstraining, das vom regulären Trainingsbetrieb ausgegliedert wird, schon alleine deshalb sinnvoll, weil Dehnungsübungen in Kombination mit sportartspezifischen Kraft- und Schnelligkeitsbelastungen durchgeführt werden können. Dadurch ergeben sich positive Einflüsse auf das intermuskuläre, sportartspezifische Belastungsmuster beispielsweise von Kicktechniken, sowie günstige Voraussetzungen zur Längenanpassung an Dehnungsreize aufgrund einer höheren Proteinsynthese und muskulären Umbaurate (10,5,16). Die Kombination von Kraft und Beweglichkeit scheint eben genau aus diesen Gründen für den Kampfsport sinnvoll, denn die Erscheinungsformen der Beweglichkeit bei Fußritten sind aktiv-dynamischer Natur und werden wesentlich durch die Kraftfähigkeit des Agonisten und die passive Dehnfähigkeit des Antagonisten bestimmt. Der Spagat zwischen funktionellem Krafttraining in Kombination mit funktionellem Beweglichkeitstraining scheint aber noch nicht gelungen zu sein. Dabei wäre es ein Leichtes, sich an den Methoden der propriozeptiven neuromuskulären Fazilitation (PNF) (17) und an dynamischen Dehnmethoden zu orientieren. Diese scheinen für das spezifische Beanspruchungsmuster von Kicktechniken im Kampfsport prädestiniert zu sein. Die PNF-Methoden ergeben sich aus den Bewegungsarten und den daraus entstandenen Dehnungsübungen (siehe Abbildung 1).

Die vermeintlichen Vorteile der PNF-Dehnmethoden (CR, AC, CRAC) gegenüber dem statischen Dehnen (SS) wurden häufig bestätigt (15). Aufgrund der muskulären Beanspruchung bei Kicktechniken scheint die CRAC-Methode für Kampfsportler besonders geeignet zu sein. Durch die Kräftigung des Agonisten (primär an der Realisierung der Kickbewegung beteiligten Muskulatur) im AC-Modul der Dehnung, wird über eine reziproke Hemmung die Entspannungsfähigkeit im Antagonisten (zu dehnende Muskulatur) gefördert. Im CR-Modul dieser Dehnung wird der zu dehnende Muskel im gedehnten Zustand kontrahiert. Die dabei ausgelöste autogene Hemmung setzt den Muskelreflex im Zielmuskel herab, wodurch sich dieser leichter entspannt und deshalb intensiver gedehnt werden kann (28). Leider liegen den PNF-Methoden auch uneinheitliche Belastungsnormativen und Bezeichnungen zugrunde, die teilweise sogar aus der jeweilig unterschiedlichen Betrachtungsweise von Agonist und Antagonist resultieren. Eine Übersicht über die drei Hauptmethoden und deren Bezeichnungsformen und Belastungsnormativen findet sich in Abbildung 3. Auch der Stellenwert des dynamischen Dehnens (DS) und dessen besondere Wirkung auf Schnelligkeitssportarten wurden ebenfalls dargestellt (13) und scheinen für den Kampfsport von hoher Relevanz zu sein. Auch hier gibt es nicht eine Methode der Wahl, sondern alleine schon aufgrund der Dehngeschwindigkeit und der Amplitude verschiedenen dynamischen Dehnmethoden, die im *progressive velocity flexibility programm* (siehe Abbildung 2) (41) anschaulich dargestellt werden. Meist handelt es sich in den Studien zur

Effektivität dieser Methoden um Untersuchungen zu Kurzzeitwirkungen, wohingegen Langzeitwirkungen über Wochen oder Monate eher selten zu finden sind. Die Unsicherheiten bezüglich der Effektivität und Notwendigkeit des Dehnens auf lange Sicht sind demnach nachvollziehbar. Es stellt sich also die Frage, welche Dehnmethode zur Verbesserung der aktiven und passiven Beweglichkeit für Kampfsportler auf lange Sicht die effektivste ist.

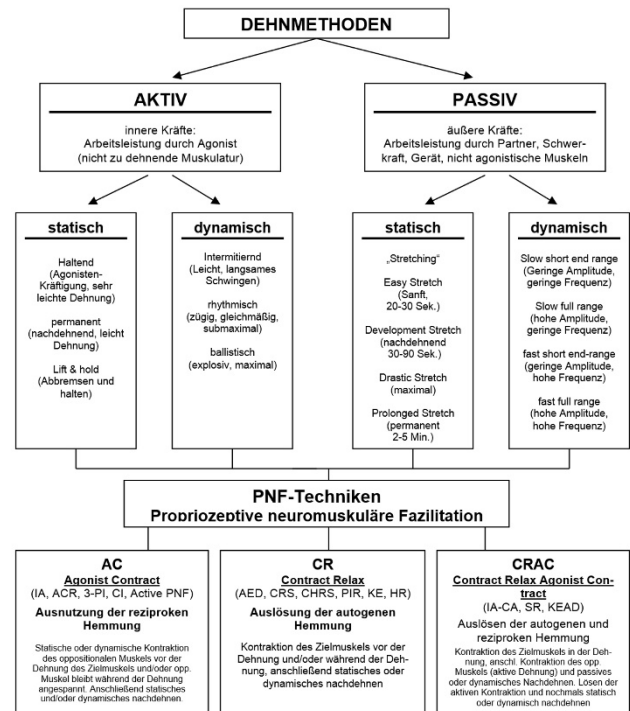


Abbildung 22: Methoden des Dehnungstrainings (in Anlehnung an HOSTER, 1987), verändert unter Berücksichtigung verschiedener Dehngeschwindigkeiten und Intensitäten nach ZACHAZEWSKI (1990) und ergänzt durch Kombination

Abbildung 1: Methoden des Dehnungstrainings (in Anlehnung an Hoster, 1987)

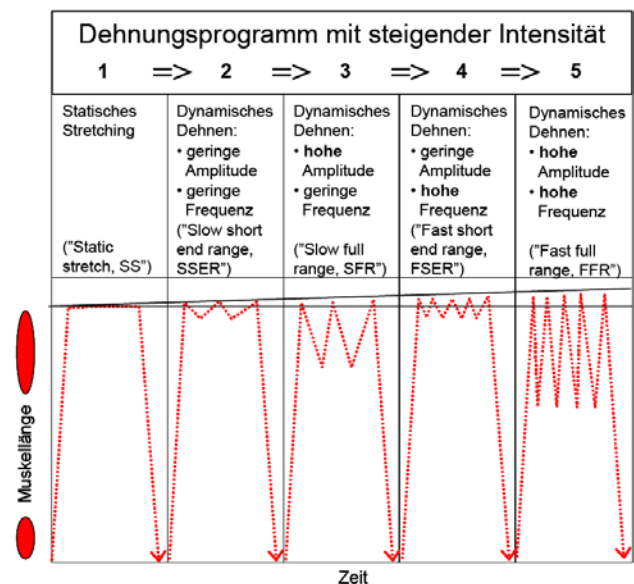


Abbildung 2: Das progressive velocity flexibility programm (verändert nach ZACHAZEWSKI, 1990, aus KLEE, 2003, S. 122)

Haupt-Methoden	CR (Contract Relax)	AC (Agonist Contract)	CR-AC (Contract Relax – Agonist Contract)
Durchführung	Bei dieser Methode wird eine Dehnposition eingenommen und diese zunächst kontrahiert und im Anschluss die Dehnung verstärkt.	Bei dieser Methode wird aktiv eine maximale Bewegungsamplitude eingenommen (z.B. Hochhalten des gestreckten Beines) und im Anschluss der Gegenspieler dieser Muskulatur gedehnt.	Diese Methode stellt eine Kombination aus CR und AC dar. Der zu dehnende Muskel wird kontrahiert und im Anschluss durch das aktive Anspannen des Agonisten, bei gleichzeitigem Nachdehnen, intensiv gedehnt.
Dehn-Intensität	submaximal-maximal (FREIWALD, 2009, S. 284) maximal (THIENES, 2000, S. 85)	keine Angaben (FREIWALD, 2009, S. 285) maximal (THIENES, 2000, S. 85)	submaximal-maximal (FREIWALD, 2009, S. 286) Keine Angaben (THIENES, 2000, S. 85)
Dauer	<b>C</b> = 2-10 Sekunden (FREIWALD, 2009, S. 284); bis 20 Sekunden (SÖLVEBORN, 1983, S. 13) <b>R</b> = 2-3 Sek. (SÖLVEBORN, 1983, S. 13) <b>Dehnung</b> = 20 Sek. (THIENES, 2000, S. 85) <b>Wdh.</b> = 1-3 (THIENES, 2000, S. 85)	<b>AC</b> = bis 10 Sekunden (FREIWALD, 2009, S. 284) <b>Dehnung</b> = 20 Sek. (THIENES, 2000, S. 85) <b>Wdh.</b> = 1-3 (THIENES, 2000, S. 85)	<b>C</b> = 2-10 Sekunden (FREIWALD, 2009, S. 284) <b>R</b> = 2-3 Sek. (SÖLVEBORN, 1983, S. 13) <b>AC</b> = keine Angaben <b>Dehnung</b> = keine Angaben <b>Wdh.</b> = 1-3 (THIENES, 2000, S. 85)
PNF-Wirkung	Autogene Hemmung; Förderung des Sehnenreflexes	Reziproke Hemmung (Sherrington-Prinzip); Hemmung des Muskelreflexes	Autogene Hemmung; Reziproke Hemmung; Entwicklung der intermuskulären Koordination
Synonyme mit teilweise leicht veränderter Durchführung	<b>AED</b> = Anspannen-Entspannen-Dehnen (aus FREIWALD, 2009); <b>CRS</b> = Contract-Relax-Stretch (aus THIENES, 2000, S. 82); <b>CHRS</b> = Contract-Hold-Relax-Stretch (KNEBEL, 1985, S. 94, aus KLEE, 2003, S. 112); <b>PIR</b> = Postisometrische Relaxation (aus FREIWALD, 2009, S.284); <b>KE</b> = Kontraktion-Entspannung; (aus SCHNABEL/HARRE ET AL., 2005, S. 286) <b>HR</b> = Hold Relax, Isometric Contraction of the Antagonist, relax, followed by moving into the newly gained range (aus ALTER, 2004, S. 164-165) <b>AED unter Ausnutzung der Eigenhemmung</b> (THIENES, 2000, S. 82)	<b>IA</b> = Isometric contraction of the agonist (HOLT ET AL, 1970, aus ALTER, 2004, S. 164-165); <b>ACR</b> = Agonist-Contract-Relax (aus ALTER, 2004, S. 164); <b>Slow-Active-Stretching</b> (TURNER, 1977, aus ALTER, 2004, S. 164) <b>Active PNF / Active Proprioceptive Neuromuscular Facilitation</b> (HARTLEY-O'BRIAN, 1980, aus ALTER, 2004, S. 164); <b>3-PI</b> = a passive flexibility maneuver – 3 sec. maximum voluntary isometric contraction of the agonist (CORNELIUS/HINSON, 1980, aus ALTER, 2004, S. 164); <b>CI</b> = Concentric, Isometric Contraction (FREY, 1984, aus ALTER, 2004, S. 164) <b>AED unter Ausnutzung der reziproken Hemmung</b> (THIENES, 2000, S. 82)	<b>IA-CA</b> = isometric contraction of the agonist, followed by a concentric contraction of the antagonist (HOLT ET AL, 1970, aus KLEE, 2003, S. 101); <b>SR</b> = isotonic contraction of the antagonist, followed by an isotonic contraction of the agonist (HOLT ET AL, 1970, aus ALTER, 2004, S. 164-165); <b>KEAD</b> = Kontraktion-Entspannung-Kontraktion "Antagonist" (aus SCHNABEL/HARRE ET AL., 2005, S. 286);
Bemerkungen	Diese Methode wurde von SÖLVEBORN (1983) wesentlich beeinflusst. Je stärker die Kontraktion, umso höher die reflektorische Entspannung des Muskels. Das Zeitfenster beträgt jedoch nur 2-5 Sekunden. Die autogene Hemmung soll über den Spannungsreiz an der Sehne ausgelöst werden. Dabei unterscheiden sich die Angaben in der Fachliteratur, da sich die Kontraktion teilweise auf einen entspannten Muskel bezieht oder einen bereits in der Dehnstellung befindenden Muskel beschreibt. Auch die Haltdauer von 2-10 bis sogar 20 Sekunden und einer Entspannung von 2-3 Sekunden variieren je nach Literaturangabe (vgl. SÖLVEBORN, 1983, S. 13; ULLRICH/GOLLHOFER, 1994, S. 341, In: THIENES, 2000, S. 82).	Die Wirkung der reziproken Hemmung, auch als Sherrington-Prinzip bekannt, konnte bis heute noch nicht eindeutig bestätigt werden. Durch die Kontraktion des nicht zu dehnenden Muskels (Agonisten) soll eine erhöhte Entspannung einhergehend mit einer verbesserten Dehnfähigkeit im Antagonisten erfolgen. EMG-Untersuchungen zeigten jedoch eine erhöhte Aktivität in der zu dehnenden Muskulatur, jedoch auch eine Verbesserte Dehtoleranz nach der Kontraktion. Dies lässt vermuten, dass durch die vorausgehende Kontraktion der Dehnschmerz besser ertragen werden kann (vgl. FREIWALD, 2009, S. 284; SCHNABEL/HARRE ET AL., 2005, S. 286).	Die CRAC-Methode scheint bei der Entwicklung der Beweglichkeit äußerst wirkungsvoll zu sein. Die Reflexhemmung oder -förderung konnte zwar nur im Tierexperiment nachgewiesen werden, jedoch scheint diese Methode all den anderen Methoden überlegen zu sein (Klee, 2003, S. 161). Besondere Bedeutung besitzt die aktive Komponente für hohe Amplituden im Wettkampfsport. Die Entwicklung des neuromuskulären Systems scheint hier besonders gut an die Dehn- und Kräftigungsreize dieser Methode zu reagieren (vgl. FREIWALD, 2009, S. 285-286).

Abbildung 3: Zusammenfassung verschiedener PNF-Dehnmethode und Einteilung nach den Hauptkategorien CR, AC, CRAC in Anlehnung an FREIWALD (2009)

## Methodik

### Zielsetzung und Arbeitshypothesen

In der vorliegenden Studie sollten die Wirkungen drei verschiedener Langzeitdehnmethode über acht Wochen auf die aktiv-dynamische und passiv-statische Dehnfähigkeit der ischiocruralen Muskelgruppe untersucht werden. Als Untersuchungsgegenstand diente die einbeinige Hüftbeugefähigkeit im Stehen, da dieses das sportartspezifische Beanspruchungsmuster eines Frontkicks im Kampfsport abbildet (1,25). Aufgrund des aktuellen Forschungsstandes und der daraus resultierenden Problematik ergeben sich zwei zentrale Fragestellungen. Nämlich ob durch alle drei Dehnmethode eine signifikante Verbesserung der Beweglichkeitsparameter nach acht Wochen erzielt wird und ob es Unterschiede zwischen den verschiedenen Dehninterventionen hinsichtlich der Effektivität gibt. Auf Grundlage dieser Fragestellungen ließen sich folgende zwei Arbeitshypothesen ableiten:

- 1) Statisches (SS), dynamisches (DS) und kombiniertes PNF-Dehnen nach der CRAC-Methode führen innerhalb von acht Wochen zu einer Vergrößerung der aktiv-dynamischen Bewegungsreichweite, wobei das DS- und CRAC-Dehnen dem SS-Dehnen überlegen ist.
- 2) Statisches (SS), dynamisches (DS) und kombiniertes PNF-Dehnen nach der CRAC-Methode führen innerhalb von acht Wochen zu einer Vergrößerung der passiv-statischen Bewegungsreichweite, wobei das DS- und CRAC-Dehnen dem SS-Dehnen überlegen ist.

### Variablenstichprobe

An den Untersuchungen nahmen insgesamt 48 weibliche und 50 männliche Versuchspersonen (Vpn) aus diversen Kampfsportarten (28% Kickboxen, 17% Karate, 9% Taekwondo, 6 %Thaiboxen/MMA, 40% Sonstige) teil. Jede VPN wurde mit einem Zahlencode in eine verschlüsselte Liste eingetragen und musste eine Einverständniserklärung unterschreiben. Nach einem fünfminütigen Aufwärmen fand ein Vortest statt, der zur Feststellung des aktuellen Leistungsstands diente, und nach acht Wochen Dehnintervention ein Nachtest, der die Veränderung der Leistungsparameter aufzeigte. Als Untersuchungsbein diente das von der VPN als weniger dehnfähig deklariertes Bein, da bei diesem höhere Wirkungen als beim dehnfähigeren Bein zu erwarten waren. Unmittelbar nach dem Vortest wurde jeder VPN durch ein Losverfahren eine Dehnmethode zugewiesen (Abbildung 4). Das Losverfahren wurde bedingt randomisiert durchgeführt, so dass sich die Versuchspersonen gleichmäßig nach Leistungsstand unter den verschiedenen Dehnprogrammen verteilten. Neben den drei Dehngruppen wurde ebenfalls eine Kontrollgruppe implementiert, die während den 8 Wochen kein spezielles Dehnprogramm durchführte. Nach dem Vortest sollte jede VPN 8 Wochen lang nach seiner per Losverfahren zugewiesenen Methode dehnen. Wichtig war dabei, die Dehnübungen nicht als Randerscheinung nach oder während des regulären Trainings durchzuführen, sondern sich durchschnittlich 2-3 Mal pro Woche intensiv Zeit dafür zu nehmen. Untersuchungen ergaben, dass maximale Dehnübungen bis an die Schmerzgrenze effektiver seien, als submaximale oder weiche Dehnungen (20). Aufgrund dessen, wurde den Probanden die Empfehlung gegeben, sich von Satz zu Satz an die Schmerzgrenze heranzutasten und maximal zu

dehnen. Jeder Dehnplan (siehe Abbildung 5) beinhaltete 4 Übungen für den Beinbeuger (Ischiocrurale Muskelgruppe) und 4 Übungen für den Beinstrecker und Hüftbeuger (M. Quadrizeps fem., M. Iliopsoas). Ein detaillierter Plan in Papierform wurde jeder VPN nach dem Vortest überreicht und die Dehnungsübungen im Detail erläutert. Auf der Rückseite dieses Plans befand sich ein Übungsprotokoll das nach jeder absolvierten Dehnungseinheit ausgefüllt werden musste. Dabei sollte die VPN subjektive Gefühle (Wohlbefinden, Schmerzen, Tagesform, Besonderheiten) notieren, die im Falle eines Abbruchs oder unklarer Datenlage zur Ursachenforschung herangezogen werden konnte. Außerdem wurden nur diejenigen, die regelmäßig gedehnt hatten in die Wertung aufgenommen. VPN mit weniger als zwei Dehneinheiten pro Woche wurden aus dem Versuch entfernt. Dadurch ergab sich ein Dropout von 24 VPN, wodurch sich die Personenstichprobe im Nachtest auf 74 VPN verkleinerte.

PRE-TEST	Gesamtstichprobe	Frauen	Männer	Anthropometrie	
	N=98	N=48	N=50	Alter [Jahre]	24,9±7,4
Verteilung					
Profis	N=23	N=10	N=13	Gewicht [kg]	69,6±11,3
Fortgeschr.	N=57	N=28	N=29	Größe [cm]	173,18±9,2
Anfänger	N=18	N=10	N=8		

Interventionsgruppen			
SS passiv-statisch	DS passiv-dynamisch	CRAC contract Relax +Agonist contract	Kontrolle keine Intervention

Abbildung 4: Stichprobenverteilung

### Dehnmethode

Die in der Studie untersuchten Dehnmethode waren zum einen das passiv-statische Dehnen (SS=static stretch) mit einer Haltedauer von jeweils 30 s./Muskelgruppe, zum anderen das passiv-dynamische Dehnen (DS=dynamic stretch) mit jeweils 10-15 pumpenden SFR-Dehnungen (slow-full-range) (41) und die kombinierte PNF-Methode CRAC, die laut vorausgegangenen Studien hinsichtlich der Beweglichkeitsverbesserung am effektivsten sei. Bei dieser Dehnmethode wird eine Dehnstellung eingenommen und gleichzeitig der zu dehnende Muskel für ca. 5-8 Sekunden kontrahiert, indem das zu dehnende Bein z.B. während der Dehnung fest gegen den Boden gedrückt wird (C=Contract). Durch diesen enormen Spannungsanstieg in den Muskeln und Sehnen kommt es zum Auslösen der „autogenen Hemmung“. Diese ist eine Reaktion des einsetzenden Sehnen-Spindelreflexes, der den Muskel bei starken Dehnungen vor Verletzung schützt. Als Resultat dessen, gibt der Sehnenapparat zusätzliche Bewegungsreserven frei. Nach dieser ersten Prozedur wird der behandelte Muskel für ca. 2-5 s. entspannt (R=Relax). Es folgt nun eine 5-8 s. Kontraktion des nicht zu dehnenden Muskels (AC=Agonist Contract). Es wird deshalb vom Agonist gesprochen, da die Belastung aus der Sicht der aktiven Beweglichkeit betrachtet wird. Durch diese Agonistenkontraktion, z.B. Anheben und Halten des gestreckten Beines, wird die „reziproke Hemmung ausgelöst“. Dies hat zur Folge, dass der Muskelspindelreflex im Agonisten (nicht zu dehnender Muskel) blockiert wird, wodurch dieser einen gewissen Entspannungszustand erfährt und besonders gut auf nachfolgende Dehnreize reagiert. Nach den beiden Anspannungsbeanspruchungen folgt deshalb eine 5-10 s. intensive statische Dehnung. Insgesamt wurden jeweils vier verschiedene Übungen für die ischiocrurale Muskulatur und vier verschiedene für den M. Quadrizeps femoris und M. Iliopsoas zu je drei Sätzen (8) durchgeführt.



**Passiv-statischer Dehnplan**

**Dehnung beidbeinig im L-Sitz**

3x 30 sec. je 10 sec. Pause mit auslockern  
Durchführung: statisch haltend  
nachdehnen mit jedem Satz, Rücken gerade halten



**Dehnung einbeinig im Liegen**

3x 30 sec. je 10 sec. Pause mit auslockern  
Durchführung: statisch haltend  
nachdehnen mit jedem Satz, Rücken gerade halten



**Dehnung einbeinig im Knien**

3x 30 sec. je 10 sec. Pause mit auslockern  
Durchführung: statisch haltend  
nachdehnen mit jedem Satz, Rücken gerade halten



**Dehnung einbeinig im Stehen**

3x 30 sec. je 10 sec. Pause mit auslockern  
Durchführung: statisch haltend  
nachdehnen mit jedem Satz, Rücken gerade halten  
evtl. Tuch als Unterstützung



**Dehnung einbeinig im Liegen**

3x 30 sec. je 10 sec. Pause mit auslockern  
Durchführung: statisch haltend  
nachdehnen mit jedem Satz, Bauch leicht anspannen,  
kein Hohlkreuz



**Dehnung einbeinig im Knien**

3x 30 sec. je 10 sec. Pause mit auslockern  
Durchführung: statisch haltend  
nachdehnen mit jedem Satz, Rücken gerade halten,  
Becken vor schieben



**Dehnung einbeinig im Knien angezogen**

3x 30 sec. je 10 sec. Pause mit auslockern  
Durchführung: statisch haltend  
nachdehnen mit jedem Satz, Rücken gerade halten,  
weicher Untergrund für Knie



**Dehnung einbeinig im Stehen**

3x 30 sec. je 10 sec. Pause mit auslockern  
Durchführung: statisch haltend  
nachdehnen mit jedem Satz, Rücken gerade halten,  
Becken vor schieben



**Passiv-dynamischer Dehnplan**

**Dehnung beidbeinig im L-Sitz**

3x 10-15 pumpend-federnde Dehnung,  
dazwischen je 10 sec. Pause  
Durchführung: dynamisch (leicht wippend)  
nachdehnen mit jedem Satz, Rücken gerade halten



**Dehnung einbeinig im Liegen**

3x 10-15 pumpend-federnde Dehnung,  
dazwischen je 10 sec. Pause  
Durchführung: dynamisch (leicht wippend)  
nachdehnen mit jedem Satz, Rücken gerade halten



**Dehnung einbeinig im Knien**

3x 10-15 pumpend-federnde Dehnung,  
dazwischen je 10 sec. Pause  
Durchführung: dynamisch (leicht wippend)  
nachdehnen mit jedem Satz, Rücken gerade halten



**Dehnung einbeinig im Stehen**

3x 10-15 pumpend-federnde Dehnung,  
dazwischen je 10 sec. Pause  
Durchführung: dynamisch (leicht wippend)  
nachdehnen mit jedem Satz, Rücken gerade halten



**Dehnung einbeinig im Liegen**

3x 10-15 pumpend-federnde Dehnung,  
dazwischen je 10 sec. Pause  
Durchführung: statisch haltend  
nachdehnen mit jedem Satz



**Dehnung einbeinig im Knien**

3x 10-15 pumpend-federnde Dehnung,  
dazwischen je 10 sec. Pause  
Durchführung: dynamisch (leicht wippend)  
nachdehnen mit jedem Satz, Rücken gerade halten,  
Becken vor schieben



**Dehnung einbeinig im Knien angezogen**

3x 10-15 pumpend-federnde Dehnung,  
dazwischen je 10 sec. Pause  
Durchführung: dynamisch (leicht wippend)  
nachdehnen mit jedem Satz, Rücken gerade halten,



**Dehnung einbeinig im Stehen**

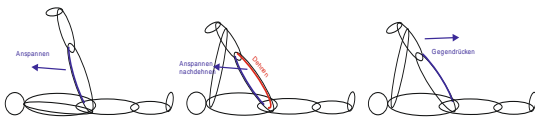
3x 10-15 pumpend-federnde Dehnung,  
dazwischen je 10 sec. Pause  
Durchführung: dynamisch (leicht wippend)  
nachdehnen mit jedem Satz, Becken vor schieben



**CRAC Dehnplan (kombinierte PNF-Methode)**

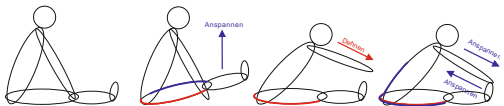
**Dehnung einbeinig im Liegen**

Aktiv-statisches Heranziehen bis zur Amplitudengrenze mit Anspannung des Antagonisten (8 sec.) Passiv-statisches Nachdehnen über Amplitudengrenze durch Arme/Handtuch (8 sec.) Gegendrücken gegen Hand/Handtuch mit Agonist (8 sec.) 1-3 2x wiederholen



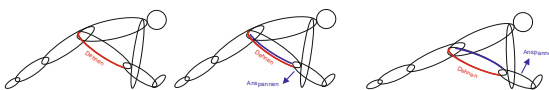
**Dehnung beidbeinig im L-Sitz**

Aktiv-statisches Heranziehen bis zur Amplitudengrenze mit Anspannung des Antagonisten (8 sec.) Passiv-statisches Nachdehnen über Amplitudengrenze durch Arme/Handtuch (8 sec.) Gegendrücken gegen Hand/Handtuch mit Agonist (8 sec.) 1-3 2x wiederholen



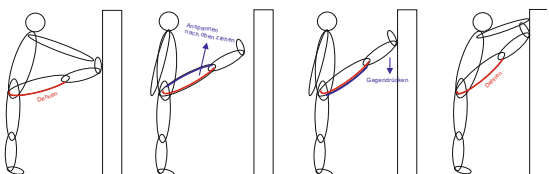
**Dehnung einbeinig im Knien**

Einnehmen der Dehnposition „Querspagat“ bis zur Schmerzgrenze (8 sec.) In den Boden hineindrücken (8 sec.) Nachdehnen und dabei Antagonist anspannen (8sec.) 1-3 2x wiederholen

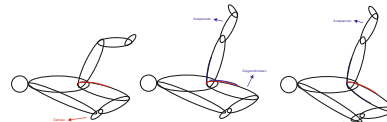


**Dehnung einbeinig im Stehen**

Einnehmen der Dehnposition „Spagat an der Wand“ bis zur Schmerzgrenze (8 sec.) Das Bein ohne Wandkontakt so hoch wie möglich ziehen (8 sec.) Nachschieben, Bein gegen Wand legen und dagegen drücken (8 sec.) Nachschieben und nachdehnen 1-4 2x wiederholen

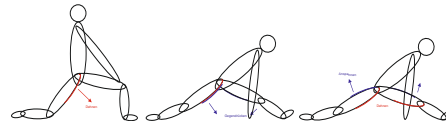


**Dehnposition im Liegen** seitlings, greifen und heranziehen eines Beines an das Gesäß (8 sec.) Gegen die Hand drücken, „Oberschenkel versuchen zu strecken“, dabei passives Bein weit vor spreizen und ebenfalls aktiv anspannen (8 sec.) Nachdehnen und dabei m. gluteaus maximus anspannen, passives Bein zieht weiterhin in die entgegengesetzte Richtung. 1-4 2x wiederholen



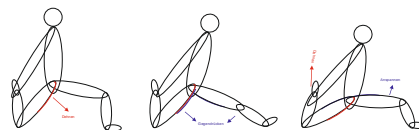
**Dehnung einbeinig im Knien (Dehnbein angewinkelt)**

Dehnposition im Knien, greifen und heranziehen eines Beines an das Gesäß und großen Ausfallschritt einnehmen (8 sec.) Mit hinterem Bein gegen die Hand drücken, „Oberschenkel versuchen zu strecken“, mit vorderem Bein gegen den Boden drücken (8 sec.) Nachdehnen und dabei m. gluteaus maximus anspannen, „Versuche den Ausfallschritt zu vergrößern“ 1-4 2x wiederholen



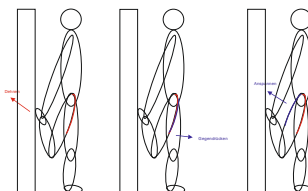
**Dehnung einbeinig im Knien (Dehnbein gestreckt, Ausfallschritt)**

Dehnposition im Knien, Becken nach unten drücken, tiefen Ausfallschritt einnehmen (8 sec.) Mit vorderem und hinterem Bein gegen den Boden drücken (8 sec.) Nachdehnen und dabei m. gluteaus maximus (hinteres Bein) und m. iliopsoas (vorderes Bein) anspannen. 1-4 2x wiederholen



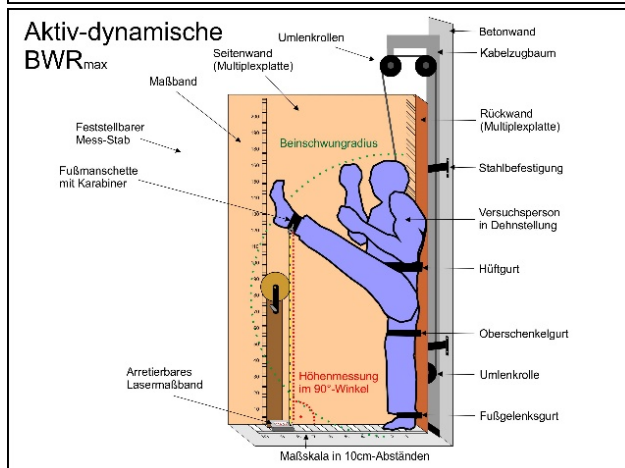
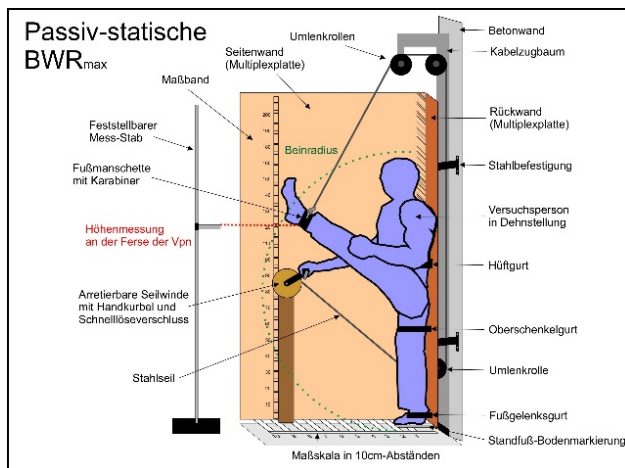
**Dehnung einbeinig im Stehen**

Dehnposition im Stehen, greifen und heranziehen eines Beines an das Gesäß (evtl. durch Wand im Hintergrund fixieren) (8 sec.) Gegen die Hand/Wand drücken, „Oberschenkel versuchen zu strecken“ (8 sec.)



## Messtechnik

Zur Prüfung der Hypothesen diente eine spezielle Form des Straight-Leg-Raise-Tests, für den eine Apparatur in Anlehnung an den Dehnungsmessschlitten von Glück/Wydra/Roemer (40) entwickelt wurde. Mit dieser konnte die maximal passiv-statische [BWRstat] und aktiv-dynamische [BWRdyn] Bewegungsreichweite [BWR] über direkte Eigendehnung (9) ermittelt werden. Zur Gewährleistung des kampf sportspezifischen Charakters fanden die Untersuchungen im Stand und nicht in Rückenlage statt. Diese Anpassung zielte auf einen transparenten Transfer zwischen BWRmax und einem maximal hohen Highkick ab. Eine weitere Veränderung wurde vorgenommen, um sowohl die passiv-statische als auch die aktiv-dynamische BWRmax ohne das Wechseln des Messinstruments ermitteln zu können. Dies wurde zum einen durch die Positionierung der Vpn im Stand mit einer Fixierung des Körpers rücklings durch Gurtsysteme an Hüfte, Oberschenkel und Fußgelenk erreicht. Zum anderen konnte durch einen an einer Fußmanschette befestigten Klickverschluss, ein schnelles wechseln der Messinstrumente ermöglicht werden.



Da der Fokus dieser Untersuchung rein auf der Ermittlung der maximalen Bewegungsreichweite lag, wurde der Dehnungsspannung keine Beachtung geschenkt. Deshalb nimmt das Eigengewicht des Untersuchungsbeins, das durch die Wirkung der Schwerkraft im Stand höher ist als in Rückenlage, keinen Einfluss auf die passiv-statische BWR. Aus Gründen der Einfachheit und leichteren Reproduzierbarkeit wurde dieser Parameter nicht mit Ultraschallmarkern, sondern über einen Messstab, der an der Ferse des Untersuchungsbeines der Vpn angelegt wurde, ermittelt. Die aktiv-dynamische wurde jedoch erheblich durch das Eigengewicht des Untersuchungsbeines

beeinflusst. Diese Einflussnahme ist jedoch aufgrund des Transfers in die Sportpraxis sogar gewünscht, denn bei einem frontalen Highkick muss auch das Eigengewicht des Trittbeines überwunden werden.

## Gütekriterien

Durch die Selbstregulation der statisch-passiven Dehnung an der Kurbel und der Schwungbewegung bei der aktiv-dynamischen Messung, sowie die Körperfixierungen an der Rückwand und die verbale Motivation durch den Versuchsleiter war ein hohes Maß an Objektivität gegeben. Die Validität ergibt sich aus den anatomisch-logischen Überlegungen und durch die permanente Kontrolle der Gelenke, die mit Videoanalysen überprüft wurden. Aussagen über die Reliabilität wurden mit dem Test-Retest-Verfahren ermittelt. Der Test-Retest-Korrelationskoeffizient für die Messung der passiv-statischen Beweglichkeit ist mit 0,98 als ausgezeichnet zu bewerten. Bei der aktiv-dynamischen Messung ergab sich ein „annehmerer“ Test-Retest-Korrelationskoeffizient von 0,78.

Test	Treatment-Gruppe	Stichprobengröße	Test-Retest Korrelationskoeffizient
	<b>Test passiv-stat. BWRstat [CM]</b>	SS	N=20
	DS	N=20	0,952 (ausgezeichnet)
	CRAC	N=14	0,990 (ausgezeichnet)
	KONTR	N=20	0,996 (ausgezeichnet)
	<b>Gesamtstichprobe</b>	<b>N=74</b>	<b>0,961 (ausgezeichnet)</b>
<b>Test aktiv-dyn. BWRdyn [CM]</b>	SS	N=20	0,676 (mäßig)
	DS	N=20	0,707 (annehmer)
	CRAC	N=14	0,846 (sehr gut)
	KONTR	N=20	0,914 (ausgezeichnet)
	<b>Gesamtstichprobe</b>	<b>N=74</b>	<b>0,780 (annehmer)</b>

## Ergebnisse

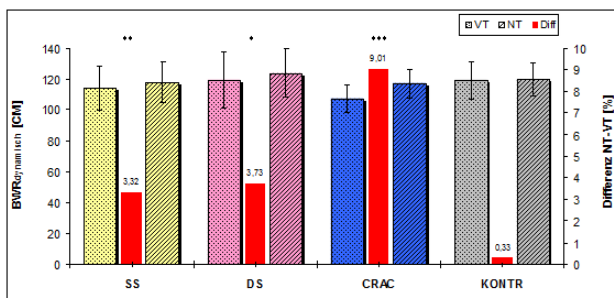
Die Daten wurden mit dem Programm „Statistica 5.1“ für Windows auf Normalverteilung und statistisch mit dem gepaarten T-Test auf Signifikanz untersucht. Gruppenunterschiede zwischen den Treatments wurden mit einer einfaktorischen Varianzanalyse überprüft. Aufgezeigt werden in der Ergebnisdarstellung die statistischen Mittelwerte und die Standardabweichung der jeweiligen Ergebnisse aus dem Vor- und Nachtest, die Differenzen in der jeweiligen physikalischen Einheit in Prozent sowie die p-Werte für die Irrtumswahrscheinlichkeit.

Hinsichtlich der passiv-statischen Bewegungsreichweite [BWRstat] konnten in allen drei Dehnungsgruppen signifikante positive Veränderungen konstatiert werden. Die höchsten Werte wurden mit jeweils  $p=0,000^{***}$  in der SS-Gruppe (N=20) mit einer Verbesserung von 4,82 % und in der CRAC-Gruppe (N=14) mit einer Steigerung um 8,92 % erreicht. Durch das DS-Dehnen (N=20) konnte die passiv-statische Beweglichkeit mit  $p=0,002^{**}$  um 5,69 % auch signifikant verbessert werden. Diese Ergebnisse entsprechen im Mittel jeweils Steigerungen in der maximalen Bewegungsreichweite um 7,16 cm in der SS-, 8,36 cm in der DS- und 12,42 cm in der CRAC-Gruppe. In der Kontrollgruppe (N=20) wurde dagegen keine signifikante Veränderung erzielt.

Beweglichkeit	Treatments								
	SS		DS		CRAC		KONTR.		
	VT	NT	VT	NT	VT	NT	VT	NT	
Passiv Statisch [CM]	M	148,4	155,5	146,8	155,2	139,3	151,7	137,1	137,5
	SD	±17,4	±15,5	±22,7	±20,2	±22,5	±20,2	±21,6	±20,6
	N	20	20	20	20	14	14	20	20
	Diff.	7,16		8,36		12,42		0,39	
	%	4,82		5,69		8,92		0,29	
	t	-7,359		-5,622		-8,189		-0,628	
	df	59		59		41		59	
	Korr.	0,901		0,836		0,9		0,975	
	Sig.(p)	0,000***		0,002**		0,000***		0,533	
	Aktiv Dynamisch [CM]	M	113,9	117,7	119,2	123,6	107,3	117,4	119,1
SD		±14,3	±13,1	±17,8	±15,7	±8,6	±9,1	±12,5	±10,7
N		20	20	20	20	14	14	20	20
Diff.		3,79		4,45		10,13		0,40	
%		3,32		3,73		9,44		0,33	
t		-4,171		-1,498		-8,82		-0,753	
df		59		59		41		59	
Korr.		0,873		0,644		0,684		0,95	
Sig.(p)		0,005**		0,035*		0,000***		0,454	

Für aktiv-dynamische Hüftbeugefähigkeit [BWRdyn] ergaben sich auch in allen drei Dehnungsgruppen signifikante Verbesserungen. Hier wurde durch das CRAC-Dehnen mit  $p=0,000***$  und einer Steigerung von 9,44 % der höchste Wert erreicht. In der SS-Gruppe zeigten sich mit  $p=0,005**$  und einer Differenz von 3,32 % und in der DS-Gruppe mit  $p=0,035*$  und einer Verbesserung um 3,73 % ebenfalls signifikante positive Veränderungen. Insgesamt konnte die aktiv-dynamische Hüftbeugefähigkeit in der SS- um 3,79 cm, in der DS- um 4,45 cm und in der CRAC-Gruppe um 10,13 cm verbessert werden. Die Veränderung von 0,33 % in der Kontrollgruppe ist dagegen nicht signifikant.

Varianzanalytisch konnte bei der BWRstat kein Gruppenunterschied festgestellt werden. Hinsichtlich der Verbesserung der BWRdyn ergaben sich für die CRAC-Methode



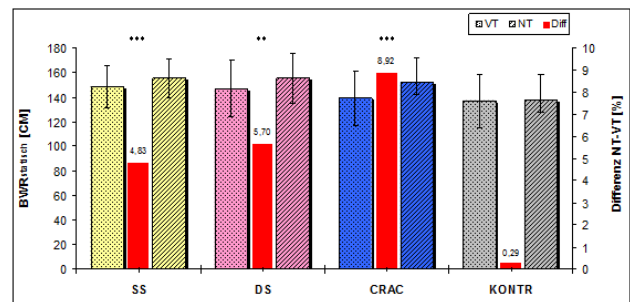
signifikante Unterschiede mit  $p=0,013*$  in der SS- und  $p=0,005**$  in der DS-Gruppe.

### Klärung der Hypothesen

Die Ergebnisse verdeutlichen die Effektivität des Dehnungstrainings durch alle drei Dehnmethode und stellen die signifikante Erweiterung der maximal statisch-passiven und aktiv-dynamischen BWR dar.

Tendenzen, die für eine besondere Wirkung einer Dehnmethode sprechen, konnten, nur für die Verbesserung der aktiv-dynamischen BWR dem CRAC-Dehnen nachgewiesen werden. Auch das dynamische Dehnen (DS) zeigte keine bessere Wirkung im Vergleich zum statischen Dehnen (SS). Diese CRAC-Dehnmethode unterscheidet sich hinsichtlich der positiven Wirkung auf die aktiv-dynamische BWR signifikant von der SS- und DS-Methode. Demzufolge können die Hypothesen 1 und 2 nur bedingt bestätigt werden, da sich das dynamische Dehnen nicht signifikant von den anderen Dehnprogrammen unterschied. Alle Methoden verbesserten beide Beweglichkeitsparameter signifikant, aber nur bei der aktiv-dynamischen BWR konnten durch das CRAC-Dehnen Gruppenunterschiede festgestellt werden.

Zusammengefasst kann vermutet werden, dass Muskelgewebe aufgrund der viskoleastischen Eigenschaften nicht unterschiedlich auf Dehnmethoden reagiert, sondern sich vielmehr durch die Regelmäßigkeit und Intensität von Dehnungen über Wochen und Monate verändern lässt. In den Interventionsgruppen dieser Studie wurde auf submaximale- bis maximale Reizintensitäten bei 2-3 Trainingseinheiten pro Woche zurückgegriffen. Schon alleine aufgrund dieser Belastungsdichte sind Anpassungsreaktionen plausibel. Gerade aber bei aktiv-dynamischen Bewegungen scheint der Vorteil der CRAC-Methode auf der Hand zu liegen und die Methode der Wahl zu sein.



## Diskussion

Außer Frage steht, dass sich die Beweglichkeit durch regelmäßig angewandtes Dehnungstraining innerhalb acht Wochen positiv beeinflussen lässt. Dabei scheint die Wahl der durchgeführten Dehnmethode auf den ersten Blick gleichgültig zu sein, zumindest dann, wenn die Verbesserung der allgemeinen passiven Beweglichkeit im Vordergrund steht. Die Erweiterung der BWRmax in allen drei Dehngruppen grenzt sich zudem deutlich von der Kontrollgruppe ab, wodurch die Wirksamkeit der Dehninterventionen hervorgehoben wird.

Geht es jedoch um die Entwicklung einer sportartspezifischen Beweglichkeit, welcher neben passiven, meist insbesondere aktive Dehnungsparameter zu Grunde liegen, werden mit der CRAC-Dehnmethode vergleichsweise deutlich höhere Effekte als mit den anderen Dehnmethoden erzielt. Durch alle drei Dehnmethoden können zwar für den Parameter BWRdyn signifikante Verbesserungen erreicht werden, jedoch wurde der Vorteil des CRAC-Dehnens gegenüber den anderen beiden Dehninterventionen deutlich herausgestellt. Die Ursachen liegen voraussichtlich im speziellen muskulären Beanspruchungsmuster der CRAC-Methode. Durch die isometrische Kontraktion des nicht zu dehnenden Muskels im AC-Modul der Dehnung kommt es zwangsläufig zu einer Kräftigung des Agonisten, wodurch langfristig höhere aktive Beweglichkeitsradien ausgeführt werden können. Auch die in Verbesserung der inter- und intramuskulären Koordination durch PNF-Dehnungstreatments kann als Ursache für die Überlegenheit der CRAC-Methode bei dem Leistungsparameter BWRdyn herangezogen werden, denn weder beim SS- noch beim DS-Dehnen kommt es zu einem derartigen neuromuskulären Reizintervall.

Als zentrales Ergebnis der Untersuchung hinsichtlich der Beweglichkeit steht fest, dass sich diese durch ein Dehnungstraining langfristig verbessern lässt. Die Frage nach den morphologischen Prozessen bleibt dabei aber unbeantwortet, da in dieser Studie nur dynamometrische Daten erhoben wurden. Mögliche Erklärungen wurden seitens der Sportwissenschaft in den letzten Jahren plausibel dargelegt, wobei eindeutige Beweise bis heute fehlen und nach wie vor kontrovers diskutiert werden. Darüber hinaus können keine eindeutigen Aussagen bezüglich der Treatmentdauer getätigt werden, ab welcher vermeintliche Anpassungsprozesse zu erwarten sind. Verbesserungen durch mittelfristige Treatments von zwei bis vier Wochen konnten zwar mehrfach bestätigt werden (6,38,19,11), jedoch wird die Verbesserung der BWRmax in diesen Studien häufig koordinativen Prozessen oder einer erhöhten Schmerztoleranz zugeschrieben. Im Tierexperiment konnte durch permanente Immobilisationen der Extremitäten mehrfach die Zunahme von in Serie geschalteter Sarkomere, sowie eine strukturelle bzw. funktionelle Anpassung konstatiert werden (22).

Obwohl sich die Proteinsyntheseraten von Tieren im Vergleich zum Menschen unterscheiden, lassen sich Ergebnisse in jüngeren Studien aufgrund der Untersuchungsmethoden häufiger auf den Menschen übertragen (26). KLEE(15) fasst die Erkenntnisse zur Wirkung des Dehnens durch Immobilisation von Tiermuskeln umfangreich zusammen und resümiert, dass – übertragen auf den Menschen – ein Dehnungstraining eine Hypertrophie und eine Zunahme der Anzahl der Sarkomere verursachen könnte, die sich eher über die Entwicklung der Kraft-Längen-Kurve zeigen als über die Veränderung der Ruhespannungs-Dehnungskurve. Dies würde für eine Festigung des Muskelgewebes durch ein Dehnungstraining sprechen, womit auch Kraft- und Schnellkeitssteigerungen durch langfristiges und sportartspezifisches Dehnungstraining erklärt werden können. Demnach scheint es hinsichtlich der morphologischen Prozesse, ausgelöst über ein Kraft- und Dehnungstraining, Parallelen zu geben, die ähnliche Anpassungserscheinungen bewirken. Es bleibt an dieser Stelle jedoch noch zu klären, ab welcher Interventionsdauer von diesen Effekten ausgegangen werden kann. Hierzu finden sich

keine verwertbaren Angaben, da die Immobilisationsdauer im Tierexperiment aufgrund permanenter Gipsverbände über Stunden, Tage oder Wochen nicht auf den Menschen übertragbar ist. WIEMANN/JÖLLENBECK (34) und WIEMANN(33) berichten von einer Verschiebung der Kraft-Längen-Kurve durch ein zehnwöchiges Dehnungstraining bei dreimaliger wöchentlicher Anwendung. Auch bei KOKKONEN/LAURITZEN/YOUNG (18) werden ähnliche Effekte beschrieben: So kommt es durch ein 12-wöchiges Dehnungstraining, bei dreimaliger Anwendung pro Woche, zu signifikanten Verbesserungen der Beweglichkeit, Maximalkraft und Kraftausdauer. Von vergleichbaren Ergebnissen berichten KLINGE ET AL. (16), WEBRIGHT ET AL. (30) und BANDY ET AL. (2). Demnach sind morphologische Anpassungen durch ein Dehnungstraining erst nach mehreren Wochen regelmäßiger Anwendung zu erwarten. Ob dabei auch die angewandte Dehnmethode eine besondere Rolle spielt, wurde seitens der Sportwissenschaft nur unzureichend untersucht. Orientierung bietet eine von KLEE (15) durchgeführte Metastudie, welche die Vorteile des CRAC-Dehnens, besonders hinsichtlich der Verbesserung der aktiven Beweglichkeit herausstellt und sich mit den Ergebnissen dieser Untersuchung deckt.

In einer Vielzahl sportwissenschaftlicher Forschungen wurde in den letzten Jahren die Wirkung des Dehnungstrainings auf das Muskelgewebe untersucht. Gerade durch Langzeitdehnungen über mehrere Woche oder Monate konnte der Nachweis erbracht werden, dass Muskelgewebe sich in typischer Art und Weise an Dehnreize anpasst. Da es sich in dieser Studie nicht um eine klinische Untersuchung handelt, können an dieser Stelle keine eindeutigen Aussagen über die zellulären Hintergründe der gewonnenen Erkenntnisse gemacht werden. Hinter den signifikanten Veränderungen lassen sich jedoch Anpassungs- und Ökonomisierungsprozesse vermuten, die je nach Reizdauer, Regelmäßigkeit und Intensität positiv beeinflusst werden können.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass Beweglichkeitstraining nicht als „lästige Pflicht“ vor, während oder nach dem Training abgearbeitet, sondern als isolierte Trainingseinheit durchgeführt werden sollte. Darüber hinaus müssen Wirkungsweisen und Einsatz verschiedener Dehnmethoden differenzierte Betrachtung finden. So gelten für die langfristige Entwicklung der Beweglichkeit nicht die selben Empfehlungen wie für Kurzzeitdehnungen vor dem Sport oder als „An-Dehnen“ zwischendurch. Hinsichtlich der Entwicklung einer sportartspezifischen Beweglichkeit über Monate und Jahre ist es demnach unabdingbar, sich ein Beweglichkeitskonzept zu entwerfen und das Dehnungstraining als eigenständiges Training in den wöchentlichen Trainingsplan einzubauen. Denn nur durch das intensive Dehnen und Auseinandersetzen mit dem eigenen Körper, ohne nachfolgende Kraft- oder Schnellkeitsdrills, kann sich die Muskulatur ohne Störungen anpassen. Es sollten dabei mehrere Sätzen und verschiedene Übungen für eine Muskelgruppe durchgeführt werden. Eine Ausnahme scheint die Kombination von Kraft- und Dehnungstraining zu sein, die für Kampfsportler besonders empfehlenswert ist. Dabei sollte ein Wechselspiel zwischen Kräftigung des Agonisten und Dehnung des Antagonisten stattfinden. So wäre die Kräftigung der Abduktoren durch das seitwärts Heben eines Beines am Kabelzug oder einem Theraband bei anschließender Dehnung der Adduktoren durch eine Grätsche eine sinnvolle Kombination. Der Vorteil dieser Übungssynthese liegt in der Ausbildung des sportartspezifischen Belastungsmusters, der Verbesserung der Reflexsteuerung und einer Ökonomisierung der Bewegung.

Auf Grundlage dieser Ergebnisse lässt sich eine Tendenz ableiten, wonach die Anwendung der CRAC-Methode und des passiv-dynamischen Dehnens (DS) im Kampfsport zu bevorzugen sind. Es stellt sich jedoch die Frage, ob die Anwendung des CRAC-Dehnens auf den gesamten Anwenderbereich zu übertragen ist. Die Überlegung stützt sich auf die aus der Testpraxis gewonnenen Auswertungen der Protokollbögen. Fast die Hälfte



der Probanden klagte über enorme Gelenkschmerzen vor allem bei Dehnübungen für den M. quadriceps femoris. Auch auf Nachfragen bei den aufgrund vorzeitigen Abbruchs der Intervention ungültigen Vpn in dieser Gruppe wurden ähnliche Gründe genannt. Eine weitere Problematik in der Anwendung des CRAC-Dehnprogramms zeigt sich in der Intensität der Übungen, einhergehend mit dem erhöhten zeitlichen Aufwand. Zudem traten Verständnisschwierigkeiten hinsichtlich der zu kontrahierenden Muskulatur und den daraus erzielten Effekten auf, die teilweise eine zielorientierte Anwendung verhinderten. Aus diesem Grund scheint die Durchführung in großen Gruppen, oder als Eigentaining ohne entsprechende Vorkenntnis, oder ohne Trainerunterstützung ungeeignet zu sein. Beachtet werden muss, dass für das Ausüben dieser Methode ein hohes Maß an Körperwahrnehmung und Vorkenntnis notwendig ist. Der Einsatz im Leistungssport ist deshalb zu eher bevorzugen, als im Breiten- oder Anfängertraining. Durch unsachgemäße Anwendung kann es aufgrund der intensiven Belastung zu Muskelschmerzen, Muskelkater, Taubheit, Zerrungen oder Gelenksproblemen kommen. Deshalb sollte die CRAC-Methode auch nur bedingt bei allen Dehnübungen eingesetzt werden. Im Breitensport empfiehlt sich ein ergänzender Einsatz von PNF-

Methoden, parallel zum passiv-dynamischen Dehnen in Form von isolierten AC- oder CR-Treatments. Im Anfängerbereich dagegen scheint zunächst ein reines passiv-statisches, mit allmählich einsetzenden dynamischen Komponenten sinnvoll.

Weiterführende Untersuchungen sollten auf dem Gebiet der Langzeitwirkung verschiedener Dehnmethode dringend durchgeführt werden. Vor allem die Wirkung der CRAC-Methoden in Kombination mit einem passiv-dynamischen Nachdehnen ist noch kein Gegenstand sportwissenschaftlicher Studien. Auch Unterschiede der Durchführung verschiedener Belastungsnormativen innerhalb einer Dehnmethode, wie etwa die Reizdauer, Satzzahl und Wiederholungen, sollte durch weiterführende Forschungen behandelt werden. Darüber hinaus durchaus sinnvoll, kampfsportspezifische Leistungsparameter isoliert zu untersuchen und von der in diesem Projekt aufgebauten Testserie auszugliedern. Auch die Wirkungen von Kurzzeit-Treatments, sowie singulären Dehnbelastungen wurden im Kampfsport noch zureichend behandelt. Hier könnten auf dieser Arbeit aufbauende Studien praxisrelevante Ergebnisse in der Zukunft liefern.

## Literatur

1. Abraham, C./Dyson, R./Kingman, J. (2001): Muscular activity of the striking leg during the martial arts front, side and turning kicks. *Journal of Sports Sciences*, 19, S. 3-84.
2. Bandy, W.D./Irion J.M./Briggler, M. (1998): The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscles. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 27, S. 295-300.
3. Behm, D. (2006): Flexibility is not related to stretch-induced deficits in force or power. *Journal of Sports Science and Medicine* 05, S. 33-42.
4. Freiwald, J. (2009): Optimales Dehnen. Sport – Prävention – Rehabilitation. Balingen: Spitta-Verlag.
5. Freiwald, J./Greiwing (2007): Beweglichkeitstraining mit Gesunden und Erkrankten. Balingen: Spitta-Verlag.
6. Gajdosik, R.L. (1991): Effects of static stretching on the maximal length and resistance to passive stretch of short hamstring muscles. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 14 (6), S. 250-255.
7. Gärtner, D. (2012): Zum Einfluss verschiedener Dehnmethode auf ausgewählte Leistungsparameter im Kampfsport. WOK World of Kickboxing, Ausg. 60, 3/2012, S. 21-24 3
8. Glück, S. (2005): Beeinflussung der Beweglichkeit durch unterschiedliche physische und psychische Einwirkungen. Dissertation, Universität des Saarlandes, Saarbrücken. 4
9. Glück, S./Schwarz M./Hoffman U./Wydra G. (2002): Bewegungsreichweite, Zugkraft und Muskelaktivität bei eigen- bzw. fremdregulierter Dehnung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 53 (3), S. 66-71.
10. Goldspink, G. (1994): Zelluläre und molekulare Aspekte der Trainingsadaptation des Skelettmuskels. In: P.V. Komi: Kraft und Schnellkraft im Sport. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag, S. 215 -231
11. Halbertsma, J.P.K./Göeken, L.N.H. (1994): Stretching exercises: Effect on passive extensibility and stiffness in sport hamstrings of healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabilitation*, 75 (9), S. 976-981.
12. Henning, E.M./Podzielny, S. (1994): Die Auswirkungen von Dehn- und Aufwärmübungen auf die Vertikalsprungleistung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 45 (6), S. 253-260. 6
13. Hillebrecht, M. (2013): Dehnen und Kraftverhalten. Experimentelle Studien zum kurzfristigen Einfluss von Dehntechniken auf die Kraftfähigkeiten. Berlin: Lit Verlag.
14. Klee, A. (2003): Methoden und Wirkungen des Dehnungstrainings – Die Ruhespannung-Dehnungskurve – ihre Erhebung beim M. rectus femoris und ihre Veränderung im Rahmen kurzfristiger Treatments. Schorndorf: Hofmann.
15. Klee, A. (2003): Methoden und Wirkungen des Dehnungstrainings – Die Ruhespannung-Dehnungskurve – ihre Erhebung beim M. rectus femoris und ihre Veränderung im Rahmen kurzfristiger Treatments. Schorndorf: Hofmann.
16. Klinge, K./Magnusson, S.P./Simonson, E.B./Aagaard, P./Klausen, K./Kjaer, M. (1997): The effect of strength and flexibility training on skeletal muscle electromyographic activity, stiffness and viscoelastic stress relaxation response. *American Journal of Sports Medicine*, 25 (5), S. 710-716.
17. Knott, M./Voss D.E. (1968): Propriozeptive neuromuskuläre Facilitation. New York: Harper&Row
18. Kokkonen, J./Lauritzen, S./Young, B. (1995): Isotonic strength and endurance gains through PNF stretching. *Medicine and Science and Sports and Exercise* 27 (5), S. 122-127.
19. Magnusson, S.P./Simonsen, E.B./Aagaard, P./Gleim, G.W./McHugh, M.P./Kjaer, M. (1995): Viscoelastic response to repeated static stretching in the human hamstring muscle. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 5 (6), S. 342-347.
20. Marschall, F. (1999): Wie beeinflussen unterschiedliche Dehnintensitäten kurzfristig die Veränderung der Bewegungsreichweite? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 50 (1), S. 5-9.
21. Nelson, A.G./Allen, J. D./Cornwell, A./Kokkonen, J. (2001): Inhibition of maximal voluntary isometric torque production by acute stretching is joint-angle specific. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 72 (1), S. 68-70.
22. Oudet C., Petrovic A., Garcia P. (1988): An experimental orthopedic treatment of the rat mandible using a functional appliance alters the bre and myosin types in masticatory muscles. *Reproduction Nutrition Developpement*, 28 (3B), pp.795-803.
23. Rosenbaum, D. (1992): Biomechanische und neuromuskuläre Wirkungsmechanismen von Aufwärm- und Stretchingübungen zur Verletzungsprävention im Sport. Dissertation Universität Konstanz.
24. Schneider, S./Schmitt, H./Zalewski, M./Gantz, S. (2011): Dehnst Du noch oder grübelst Du schon? – Aktuelle Daten zu Akzeptanz und Verbreitung von Stretching im Leistungssport. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 62 (3), S. 75-78.

25. Sørensen, H./Zacho, M./Simonsen, E. B./Klausen, K. (1996): Dynamics of the martial arts high front kick. *Journal of Sports Science* 14 (6), S. 483-495.
26. Steinacker, J.M./Lormes, W./Lehmann, M./Liu, Y. (2000): Molekulare Effekte von körperlicher Belastung und Stress auf den Skelettmuskel – Beispiel periphere arterielle Verschlusskrankheit. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 51, S. 11-20.
27. Strauß, T./Wydra, G (2010): Untersuchung zum Einfluss von statischem Dehnen auf die Wurfgeschwindigkeit im Handball. *Leistungssport*, 6.
28. Thienes, G. (2000): *Beweglichkeitstraining - Grundlagen, Methoden, Leistungssteuerung, Übungen*. München: BLV.
29. Ullrich, K./Gollhofer, A. (1994): Physiologische Aspekte und Effektivität unterschiedlicher Dehnmethode. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 45 (9), S. 336-345.
30. Webricht, W.G./Randolph, B.J./Perrin, D.H. (1997): Comparison of nonballistic active knee extension in neural slump position and static stretch techniques on hamstring flexibility. *Journal Orthop. Phys. Therapy*, 26 (1), S. 7-13.
31. Wiemann, K. (1993): *Stretching - Grundlagen, Möglichkeiten, Grenzen*. *Sportunterricht* 42, 3, S.91-106.
32. Wiemann, K. (1994a): Beeinflussung muskulärer Parameter durch unterschiedliche Dehnverfahren. In: M. Hoster u. H.-U. Nepper (Hrsg.): *Dehnen und Mobilisieren*. Sport-, Gymnastik- und Krankengymnastikschule. Waldenburg, S.40-71.
33. Wiemann, K. (1995): Die ischiocrurale Muskulatur. In: K. Carl, H. Mechling, K. Quade u. P. Stehle (Hrsg.): *Krafttraining in der Sportwissenschaftlichen Forschung*. Köln: Sport und Strauß Buch, S. 85-124.
34. Wiemann, K./Jöllbeck, T. (1990): Die ischiocrurale Muskulatur - Abhängigkeit zwischen Dehnungsgrad, isometrischer Maximalkraft in unterschiedlichen Hüftwinkelstellungen und Sprintgeschwindigkeit. Unveröff. Schlussbericht des Forschungsauftrages des BISP.
35. Wiemeyer, J. (2001): Der zielgerichtete Einsatz von Auf- und Abwärmen im Sport. In: R. Singer (Hrsg.): *Neue Erkenntnisse zum Konditionstraining*. Darmstadt, S. 157-171.
36. Wiemeyer, J. (2001): Der zielgerichtete Einsatz von Auf- und Abwärmen im Sport. In: R. Singer (Hrsg.): *Neue Erkenntnisse zum Konditionstraining*. Darmstadt, S. 157-171.
37. Wiemeyer, J. (2003): Dehnen und Leistung – primär psychophysiologische Entspannungseffekte? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 54, S. 288-294.
38. Wydra, G./Bös, K./Karisch, G. (1991): Zur Effektivität verschiedener Dehntechniken. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 42 (9), S. 386-400.
39. Wydra, G./Glück, S. (2004): Zur Effektivität des Dehnens. In: K. Cachay, A. Halle u. H. Teubert (Hrsg.): *Sport ist Spitze - Nachwuchsleistungssport aktuell zwischen Computer und Power-Food*. Aachen: Meyer&Meyer, S. 103-118.
40. Wydra, G./Glück, S./Roemer, K. (1999): Kurzfristige Effekte verschiedener singulärer Muskeldehnungen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 50 (1), S. 10-16.
41. Zachazewski (1990): *Flexibility for Sports*. In: B. Sanders (Hrsg.): *Sports Physical Therapy*, S. 201- 238. Norwalk, Conn: Appleton&Lange.

Der korrespondierende Autor gibt für sich und seine Koautoren an, dass kein Interessenkonflikt besteht.