KLEE, A. / WIEMANN, K.: Methoden und Wirkungen des Dehnungstrainings. In: Freitag, W.: Schwimmen - Lernen und Optimieren. Band 23. Rüsselsheim: DSTV, 2004b, S. 58 - 72.

KLEE ANDREAS; WIEMANN KLAUS

Methoden und Wirkungen des Dehnungstrainings

In den 80er Jahren ist die Anzahl der Veröffentlichungen zum Thema „Dehnungstraining“ sprunghaft angestiegen und in der Trainingspraxis wurde dem Dehnen viel Aufmerksamkeit gewidmet. Ursache war, dass dem Dehnen auf Grund oberflächlicher theoretischer Überlegungen und Vermutungen eine Vielzahl von Effekten zugeschrieben wurde: So sollte Dehnen den Muskel verlängern, Muskelverspannungen beseitigen, Muskelverkürzungen aufheben, die Muskelruhespannung senken, die Muskelelastizität verbessern, die Gelenkreichweite vergrößern, muskuläre Dysbalancen beheben, die Leistungsfähigkeit des Muskels steigern, vor Muskelverletzungen und Muskelkater schützen und vieles mehr.

Durch experimentelle Untersuchungen sind einige dieser Aussagen widerlegt worden. Diese Erkenntnisse führen nun dazu, dass mancherorts gefragt wird, ob man überhaupt noch dehnen soll. Diese Frage lässt sich nun weder mit einem Ja noch mit einem Nein beantworten, sie muss schlichtweg differenziert behandelt werden.

Um die verschiedenen Wirkungen des Dehnungstrainings beurteilen zu können, müssen zunächst vier Kennwerte, mit denen man Funktionsparameter der Muskulatur quantifizieren kann, erläutert werden.

1 Kennwerte der Dehnfähigkeit

(1) Bewegungsreichweite, (2) maximale Dehnungsspannung, (3) submaximale Dehnungsspannung

Wird ein Muskel gedehnt, setzt er der Dehnung einen Widerstand entgegen, auch wenn er völlig inaktiv ist, d.h., wenn er nicht vom Nervensystem angeregt wird, eine Kontraktionsspannung zu entwickeln. Diese Spannung des ruhenden Muskels wird als Ruhespannung (Ruhetonus, passive Spannung) bezeichnet. Sie entsteht durch die elastischen Rückstellkräfte des gedehnten Muskels, nimmt mit zunehmender Dehnung exponentiell zu, d.h., sie steigt umso steiler, je weiter die Dehnung fortschreitet. Innerhalb des Körpers zeigen die meisten Muskeln auch bei größtmöglicher Annäherung von Ursprung und Ansatz einen bestimmten niedrigen Betrag an passiver Spannung, sodass sie unter der Wirkung der Schwerkraft nicht „durchhängen“ können. Im Alltag und beim Sport spürt man die passive Spannung der Muskeln in der Regel nicht. Erst wenn man Gelenke deutlich aus der Mittelstellung auslenkt, kann die passive Spannung mancher Muskeln als ein Gefühl des Ziehens oder Reißens empfunden werden.

Das exakte Dehnungs-Spannungsverhalten des Muskels in Form der Ruhespannungs-Dehnungskurve muss mit Hilfe komplexer Versuchsstände gewonnen werden, bei denen der Gelenkwinkel (Abb. 1, Abszisse) und die Dehnkraft (Ordinate) kontinuierlich aufgezeichnet wird. Aus der Ruhespannungs-Dehnungskurve lassen sich folgende Kennwerte entnehmen:

1. Die maximale **Gelenkreichweite** (Bewegungsreichweite).
2. Die maximale Gelenkreichweite hängt ab von der **maximalen Dehnungsspannung**, die die gedehnte Person zu erdulden bereit ist (Dehnbelastungsfähigkeit).
3. Die **submaximale Dehnungsspannung** (Ruhespannung, passive Spannung, Ruhedehnungsspannung) stellt den Widerstand des passiven, nicht kontrahierenden Muskels im submaximalen Dehnbereich gegen die dehnende Wirkung dar. Um sie bestimmen zu können, muss auf dem Wege über Muskelstrommessungen (EMG) sichergestellt sein, dass der Muskel sich während der gesamten Dehnprozedur tatsächlich inaktiv verhält.

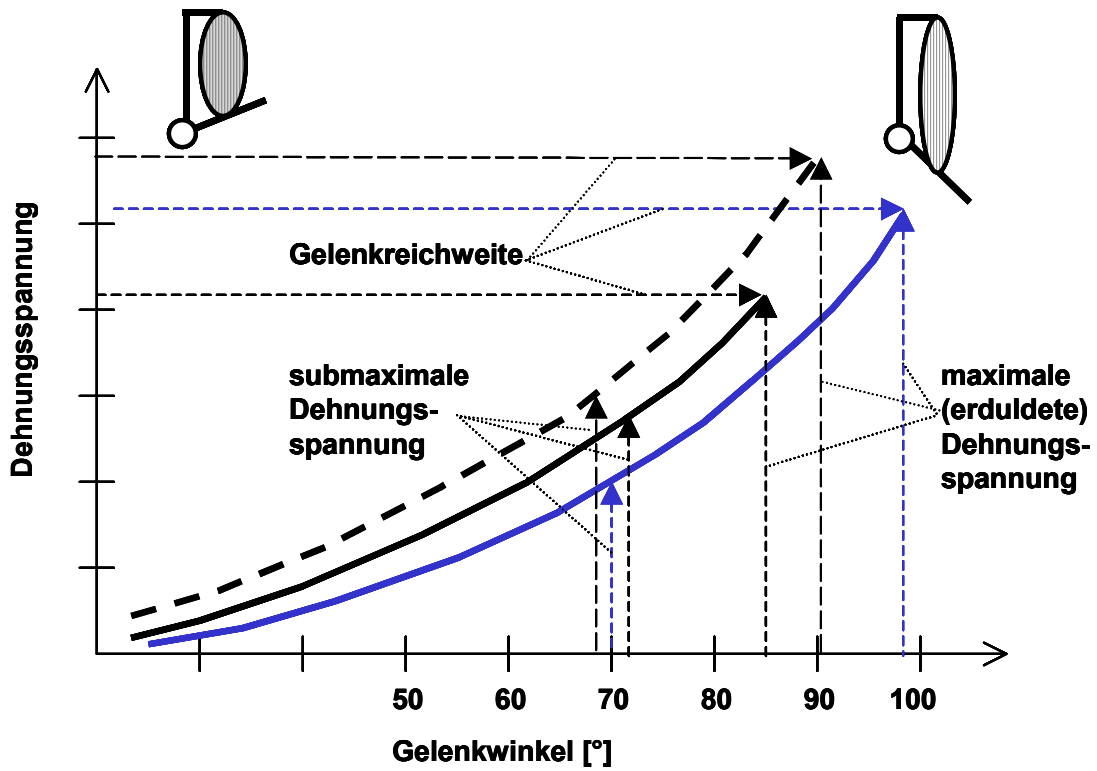


Abb. 1: Ruhespannungs-Dehnungskurven identischer Muskeln von 3 unterschiedlichen Personen

(4) Muskellänge

Ein wenig dehnfähiger Muskel wird in der Regel „kurz“ oder „verkürzt“ genannt. Dies mag umgangssprachlich einleuchtend sein. Physiologisch gesehen ist die synonyme Verwendung der Begriffe Dehnfähigkeit und Muskellänge jedoch in den meisten Fällen nicht berechtigt. Als Ausnahmen können nur krankhafte Veränderungen der muskulären Eigenschaften gelten. Desgleichen wird einem hochtonigen Muskel oft das Merkmal zugesprochen, verkürzt zu sein. Dies muss beim gesunden Muskel nicht notwendiger Weise zutreffen. Ob die gleichen Muskeln von zwei Personen unterschiedlich lang sind, lässt sich von außen nicht erkennen; denn die Muskellänge stellt einen Funktionsparameter dar, der sich auf die Fähigkeit der Kraftfreisetzung bezieht:

Die Kontraktionskraft des Muskels wird von den Myosin- und Aktinfilamenten erzeugt und ist abhängig vom unterschiedlichem Grad ihrer Überlappung (Abb. 2). Überlappen sich nämlich bei einem mittleren Dehnungsgrad Aktin und Myosin optimal (94 – 106%), kann eine maximale Anzahl von Querbrücken gebildet und somit die maximale Kontraktionskraft (=100%) erzeugt werden. Je stärker sich – ausgehend vom optimalen Dehnungsgrad – das Sarkomer entdehnt, desto geringer wird die Kontraktionskraft. Ebenso sinkt die Kontraktionskraft, wenn bei steigendem Dehnungsgrad der Grad der Überlappung der Filamente abnimmt.

Derjenige Zustand der Muskellänge (des Abstandes von Ursprung und Ansatz des Muskels), bei dem sich die Filamente derart überlappen, dass die maximale Kontraktionskraft freigesetzt wird, heißt **Optimallänge** und kann als relatives Maß der Eigenschaft „Länge des Muskels“ benutzt werden (Abb. 3).

Ein Sarkomer besitzt im Ruhezustand eine Länge von 2,2 µm. In einer Muskelfaser liegen mehrere Tausend der Sarkomere hintereinander und sind durch die Z-Scheiben verbunden. Im Tierversuch ist nachgewiesen, dass sich die Anzahl der Sarkomere in Serie durch Immobilisieren des Muskels im gedehnten Zustand erhöhen lässt, d.h. es kommt bei der Erhebung der Kraft-Längen-Kurve des gesamten Muskels zu einer Ver-

schiebung nach rechts (Goldspink, 1994). Mit Hinweis auf diese Untersuchungen wurde vermutet, ein intensives Dehnungstraining könne beim Menschen den Muskel verlängern.

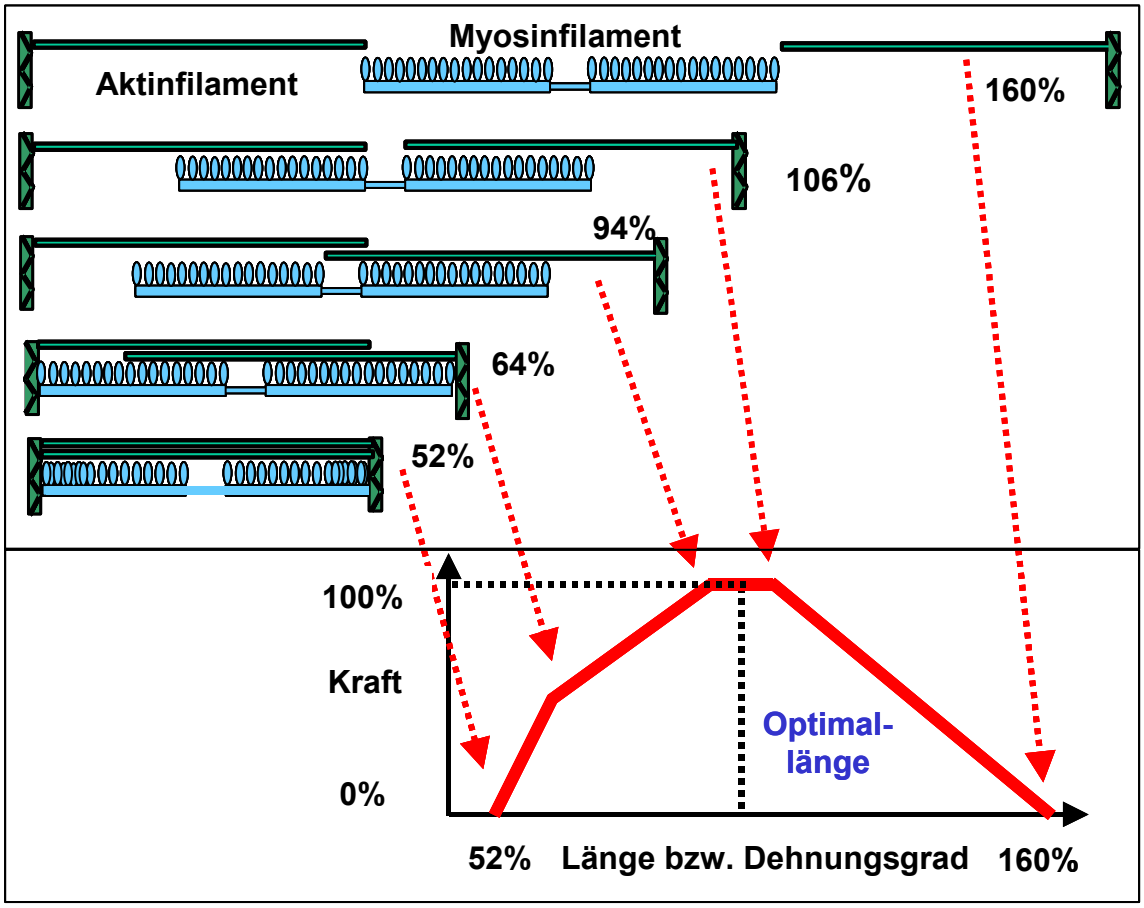


Abb. 2. Oben: Die unterschiedliche Überlappung der Myosin- und Aktinfilamente. Unten: Die Kraft-Längen-Kurve eines Sarkomers.

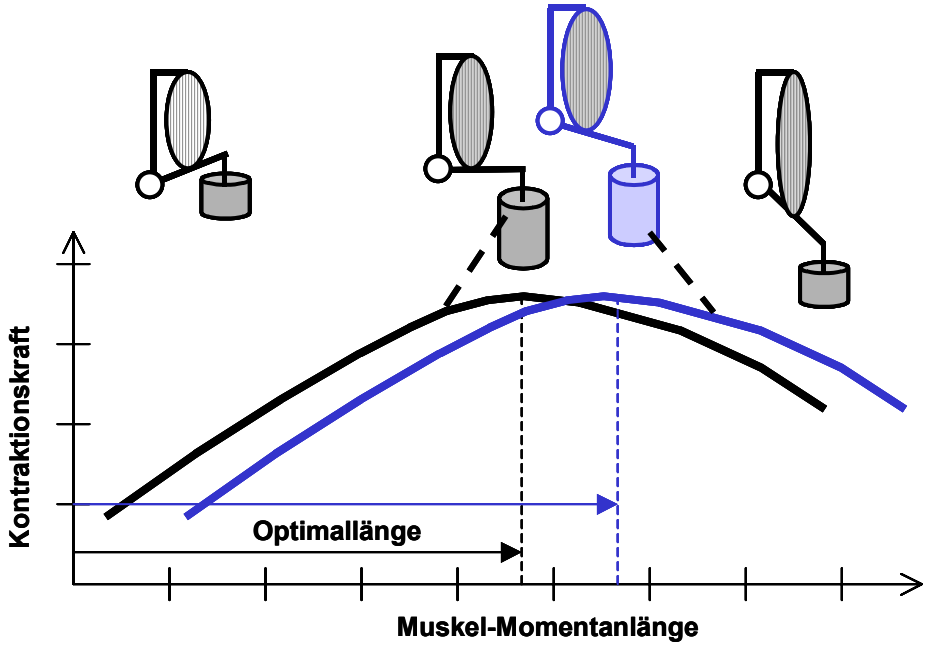


Abb. 3: Kraft-Längenkurve eines Muskels mit Optimallänge und des gleichen Muskels einer zweiten Person mit großer Optimallänge

2. Kurzzeit- und Langzeitdehnen

Will man nun die Effekte von Dehnübungen auf die Dehnungseigenschaften von Muskeln beschreiben, müssen sowohl die Dehnmaßnahmen als auch die Dehneffekte im Hinblick auf zeitliche Dimensionen unterschieden werden. Bei den Dehnmaßnahmen erscheint es sinnvoll, mindestens zwei unterschiedliche Vorgehensweisen von einander abzugrenzen (Wiemann, 1994):

1. 10 – 20 min dauernde Programme von Dehnübungen für einen Muskel oder eine Muskelgruppe, wie man sie innerhalb einer Trainingseinheit oder eines Aufwärmprogramms durchführt („Kurzzeitdehnen“).
2. Über mehrere Wochen regelmäßig (täglich oder zumindest alle 3 Tage) durchgeführte kurzzeitige Dehnprogramme („Langzeitdehnen“).

In ähnlicher Weise sind bei den **Effekten** von Dehnmaßnahmen mindestens zwei Wirkungen zu unterscheiden:

1. Akute Effekte, die sich direkt nach einer oder nach wenigen Dehnmaßnahmen, bzw. nach einem Kurzzeitdehnen feststellen lassen, dann aber nach Minuten, in Ausnahmefällen maximal nach einer Stunde abklingen. Dies sind zunächst Aufwärmeffekte, bezogen auf die Punkte 5-7 der Tab. I dann später einsetzende Ermüdungs- oder Verschleißeffekte.
2. Langfristige Effekte, die aus gezielten Langzeit-Trainingsprogrammen resultieren und über Wochen und Monate Bestand haben und deren Grundlage Trainingsanpassungen in Form von Wachstumsprozessen sein können.

3. Wirkungen des Dehnungstrainings

In Tab. I sind Wirkungen von Dehnungsmaßnahmen zusammengestellt, die im Weiteren erläutert werden.

Tab. I: Akute und langfristige Effekte von unterschiedlichen Dehnmaßnahmen auf muskuläre Parameter. ↗: Anstieg. ↘: Abnahme. ⇔: keine Veränderung. nr: nicht relevant. ?: Untersuchungsergebnisse liegen nicht vor.

Kennwerte	akute Effekte nach Kurzzeitdehnen	langfristige Effekte nach Langzeitdehnen
1. Bewegungsreichweite	↗ (8%)	↗ (15%)
2. max. Dehnungsspannung	↗ (23%)	↗ (30%)
3. submaximale Dehn.span.	↘ (20%)	↗ (~13%)
4. funktionelle Muskellänge	nr	⇔
5. Kontraktionskraft	↘ (~7%)	↗ (13%)
6. Schnellkraftleistung	↘ (~5%) statisches Dehnen ⇔ dynamisches Dehnen	?
7. Verletzungsgefahr, Muskelkater	⇔ ↗	⇔ (?)
8. Wohlbefinden	↗	↗

(1) Bewegungsreichweite und (2) maximale Dehnungsspannung

Unbestritten resultiert aus allen vorliegenden Untersuchungsergebnissen, dass Dehnen die Gelenkreichweite vergrößert. Das gilt sowohl für kurzfristige Dehnprogramme als auch für ein Langzeitdehnen über mehrere Wochen. Diese Wirkung bleibt durchschnittlich viele Minuten bis zu einer Stunde, nach einem Langzeitdehnprogramm sogar wo-

chen- bis monatelang bestehen und muss somit zu den akuten und den längerfristigen Effekten gerechnet werden. In gleicher Weise steigt die Dehnbelastungsfähigkeit, so dass der Schluss nahe liegt, die Steigerung der Gelenkreichweite sei durch die vergrößerte Dehnbelastungsfähigkeit, d.h. durch eine gesteigerte Toleranz gegenüber maximalen Dehnungsspannungen, zu begründen. Dabei zeigt es sich, dass die ersten 4-5 Wiederholungen bei einem Kurzzeitdehnen die größten Zuwächse an Bewegungsreichweite bewirken (Abb. 4).

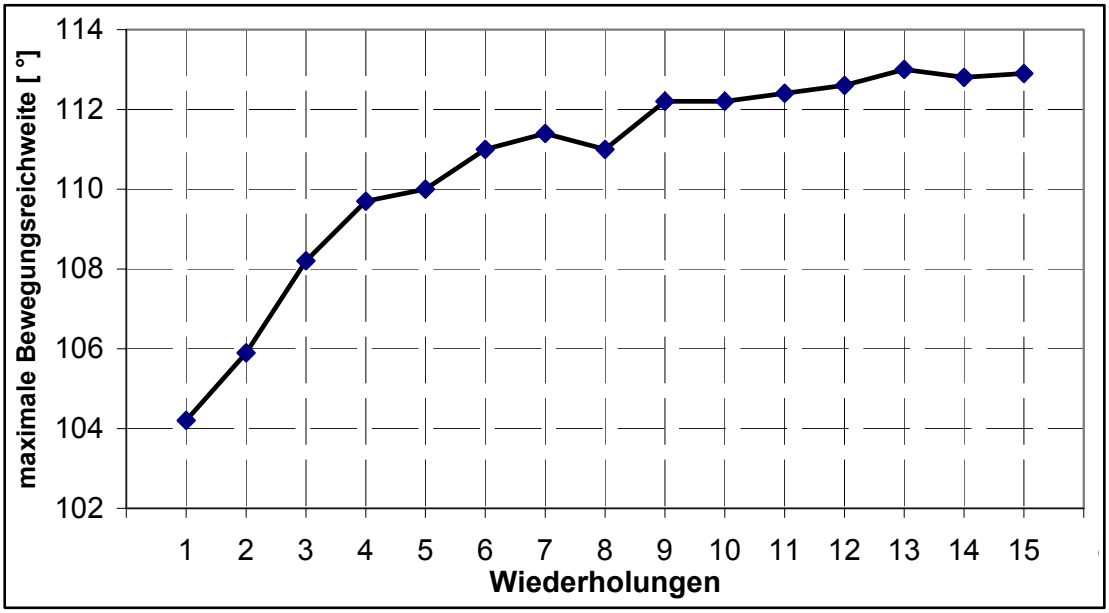
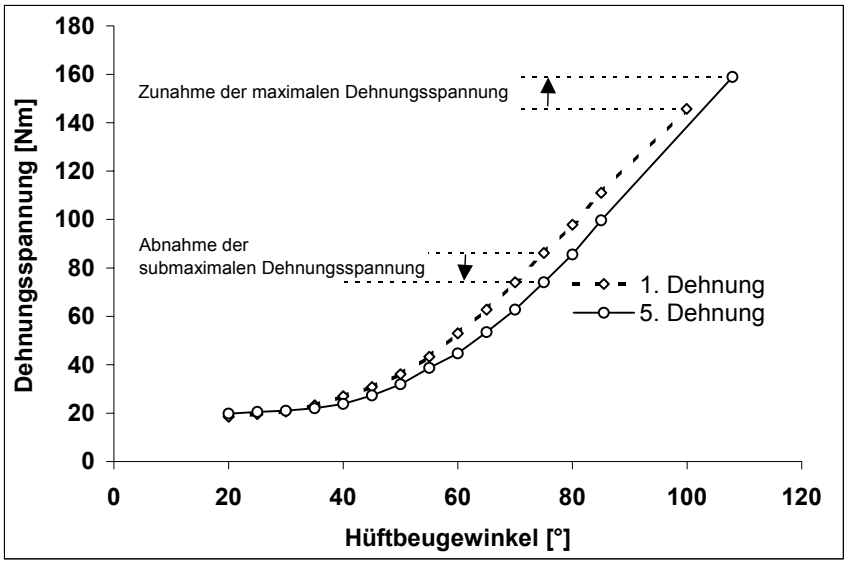


Abb. 4: Die Veränderung der Bewegungsreichweite in Abhängigkeit von der Anzahl der Wiederholungen (verändert nach Wydra & Glück, 2004)

(3) Submaximale Dehnungsspannung

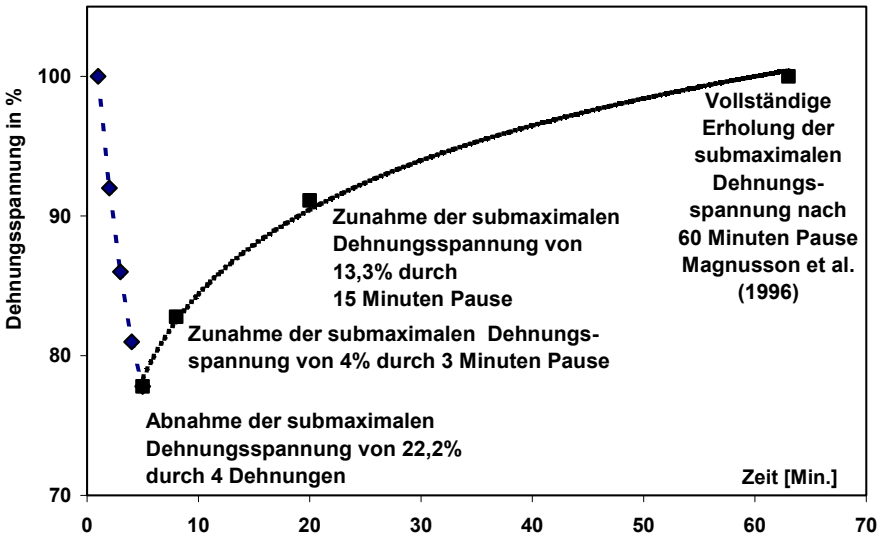
Lässt man einer ersten Dehnprozedur eine zweite folgen, zeigt sich bei der zweiten Dehnprozedur eine etwas niedrigere Ruhe-Dehnungsspannung (Abb. 5). Auch bei weiteren folgenden Dehnmaßnahmen sinkt die Ruhespannung ab, bleibt dann aber etwa nach der fünften Dehnprozedur konstant. Diesen Effekt, der zu einer Absenkung der Ruhespannung um durchschnittlich 10%, maximal sogar bis zu 20% führt (Tab. I), kann man einer viskoelastischen Reaktion des Muskelgewebes zuschreiben, ist somit als ein Aufwärmeffekt anzusehen.

Abb. 5: Ruhespannungs-Dehnungskurve einer 1. und einer 5. Dehnung (verändert nach Wiemann, 1994).



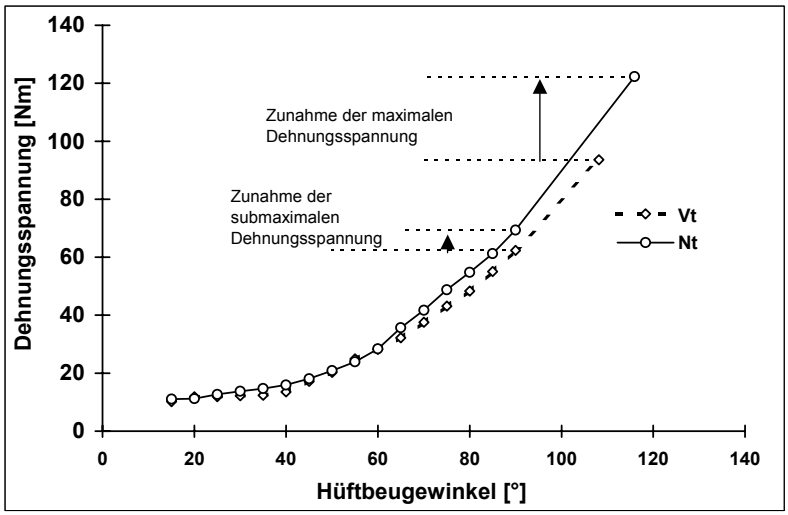
Dieser ist nach 4 Minuten wieder um ein Fünftel (Abb. 6), nach 15 Minuten bis auf die Hälfte (Klee & Wiemann, 2002) und spätestens nach 60min völlig abgeklungen (Magnusson, Simonsen, Aagaard, & Kjaer, 1996).

Abb. 6: Die Abnahme der submaximalen Dehnungsspannung durch 4 Dehnungen und der Wiederanstieg nach 3 Minuten -, nach 15 Minuten - und nach 1 Stunde Pause.



Bei der submaximalen Dehnungsspannung zeigt sich zwischen den akuten und den langfristigen Effekten ein entscheidender Unterschied, d.h., lässt man zwischen der letzten Trainingseinheit eines langfristigen Dehnungstrainings und dem Messzeitpunkt eine genügend lange Zeit zum Abklingen der akuten Effekte verstreichen, ist keine reduzierte Ruhespannung mehr zu entdecken. Je nach Intensität des Dehnungstrainings tritt sogar eine erhöhte Ruhespannung auf (Abb. 7, Klee, 1995; Wiemann, 1994). Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Dehnbelastung der passiven Strukturen zu einer Hypertrophie des Muskels geführt hat, was zusätzlich durch einen Anstieg der Kontraktionskraft (Abb. 8) untermauert wird (Wiemann, 1994).

Abb. 7: Ruhespannungs-Dehnungskurven der 12 weiblichen Versuchspersonen vor (Vt) und nach (Nt) einem 10-wöchigen Dehnungstraining (verändert nach Wiemann, 1994)



Zusammenfassend lässt sich feststellen: Akut lässt sich die Ruhespannung des Muskels durch Dehnen für wenige Minuten reduzieren, indem der viskoelastische Widerstand des Muskelgewebes herabgesetzt wird. Dies mag - neben dem Anstieg von Dehnbelastungsfähigkeit und Beweglichkeit - einer der Gründe sein, warum man sich nach einem Dehnen entspannter und „lockerer“ fühlt. Eine dauerhafte Reduzierung der Muskelspannung ist durch Dehnen jedoch nicht zu erwarten. Die Gründe dazu liegen auf der Hand: Der elastische Widerstand, den der Muskel einem Dehnen entgegensetzt, wird in erster Linie von den Titinfilamenten erzeugt (Wiemann, Klee, & Stratmann,

1998). Deren wesentliche Aufgabe ist es, den gedehnten, aber inaktiven Muskel (die gedehnten Sarkomere) ohne Energieverbrauch wieder auf eine Standardlänge zu entdehnen. Soll diese Aufgabe stets optimal gelingen, ist es notwendig, dass die elastischen Rückstellkräfte des Titins durch äußere Einwirkungen keine Einbuße erleiden. Somit ist durch regelmäßiges Dehnen von vorn herein keine dauerhafte Reduzierung der Ruhespannung des Muskels zu erwarten.

Diese Erkenntnis hat auch Konsequenzen für die Behandlung **muskulärer Dysbalancen**. Während man früher annahm, man könnte z.B. ein durch ein muskuläres Ungleichgewicht verursachtes vorgekipptes Becken aufrichten und somit ein Hohlkreuz beseitigen, indem man Dehnungsübungen für die Hüftbeuger durchführt, so weiß man heute, dass diese Übungen nicht den gewünschten Effekt, eine Abnahme der Ruhespannung der Hüftbeuger, erzielen können. Hier ist ein Krafttraining für die Hüftstrecker wegen der Zunahme der Ruhespannung dieser Muskeln und eines entsprechend stärkeren Becken aufrichtenden Drehmomentes Erfolg versprechender (Wiemann & Klee, 1999; Wiemann, Klee, & Stratmann, 1998). Diese Feststellung gilt, wie alle Aussagen, nur für den gesunden, nicht durch pathologische Veränderungen beeinflussten Muskel.

(4) Muskellänge

Zur Veränderung der Muskellänge durch Langzeitdehnen liegen kaum Untersuchungen vor. In einer der wenigen Untersuchungen (Wiemann, 1994) zur Wirkung eines Langzeitdehnens (10 Wochen mit 3mal wöchentlich 15min. Dehnprogramme) der ischiokruralen Muskeln konnte keine Änderung der Muskellänge diagnostiziert werden (Abb. 8).

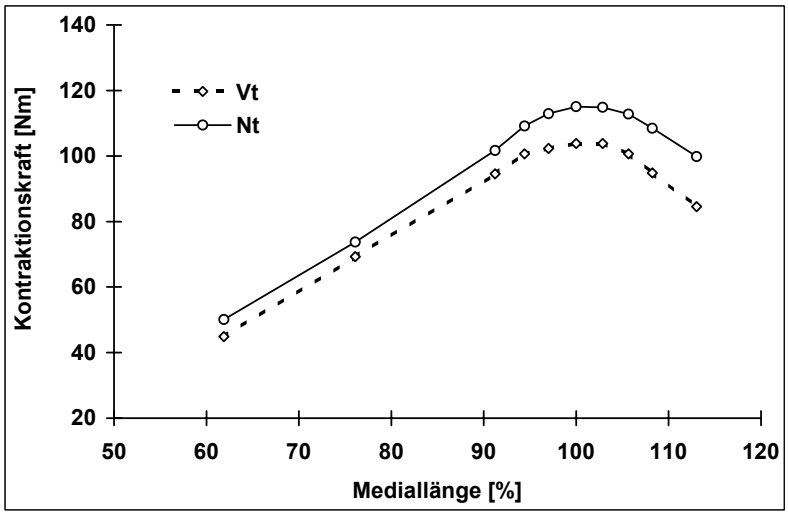


Abb. 8: Kraft-Längen-Kurve der ischiokruralen Muskeln von 12 weiblichen Vpn vor (Vt) und nach (Nt) einem 10-wöchigen Dehnungstraining (verändert nach Wiemann, 1994)

Selbst Leistungsturner, die nahezu täglich ein hoch intensives Dehntraining für die ischiokruralen Muskeln durchführen und sich bekannter Maßen durch eine extreme Hüftbeugefähigkeit auszeichnen, zeigen gegenüber Sportstudenten keine vergrößerte Muskellänge (Wiemann & Leisner, 1996). Offensichtlich wird die Muskellänge nicht durch Dehnübungen beeinflusst, sondern durch die Notwendigkeit bestimmt, die von den Muskeln täglich durchzuführenden Bewegungsaufgaben optimal, d.h. mit möglichst geringem Energiebedarf, zu erfüllen. Da die ischiokruralen Muskeln täglich beim Gehen, Laufen, Treppensteigen usw. beteiligt sind, wird sich ihre Länge derart einrichten, dass diese Tätigkeiten bei optimaler Filamentüberlappung realisiert werden können.

(5) Kontraktionskraft, (6) Schnellkraftleistung

Dehnungstraining belastet durch die auftretenden Dehnungsspannungen die Muskulatur, insbesondere die fibrillären Strukturen innerhalb der Muskelfaser. Somit ist es nicht verwunderlich, dass intensives statisches Dehnen zu einer akuten und kurzfristigen Ab-

nahme von Schnellkraftleistungen (Hennig & Podzielny, 1994) und der Maximalkraft (Kokkonen, Nelson & Cornwell, 1998) führt. Wiemeyer (2002) wertete sieben Untersuchungen zur kurzfristigen Auswirkung des statischen Dehnens auf die Leistungsfähigkeit aus und resümiert, dass Dehnmaßnahmen zu Leistungseinbußen bei der Maximalkraft von bis zu 7% und bei Sprungtests von 2-5% und mehr führen können. Bei dieser Aussage muss allerdings zwischen den verschiedenen Dehnungsmethoden unterschieden werden, denn nach einer neueren Untersuchung wirkt sich das **dynamische Dehnen** bei der direkten Vorbereitung auf eine Schnellkraftleistung **nicht leistungsmindernd** aus (Begert & Hillebrecht, 2003). Die Autoren erklären dies dadurch, dass es beim statischen Dehnen durch eine Potenzierung der Ib-Afferenzen (Sehnenspindeln) zu einer Aktivierung der hemmenden Interneurone kommt, während beim dynamischen Dehnen eine Potenzierung der Ia-Afferenzen (Muskelspindeln) und eine verbesserte Erregbarkeit der aktivierenden Neurone bewirkt wird.

Es wurde oft vermutet, dass sich ein langfristiges Dehn- und ein langfristiges Krafttraining behindern würden. Dies ist widerlegt. Statt dessen belegen Studien über Langzeit-Dehnmaßnahmen, bei denen der abschließende Krafttest erst nach Abklingen der kurzfristigen Wirkungen durchgeführt wurde, dass keine Einbußen der Maximalkraft auftraten. Teilweise war – insbesondere bei weiblichen Versuchspersonen – die Maximalkraft angestiegen (Abb. 8, Wiemann, 1991, 1992). Dies ist ein Hinweis, dass auch Dehnungstraining Entwicklungsreize für die Muskulatur liefern kann.

(7) Verletzungsprophylaxe und Vermeidung von Muskelkater

In zwei Untersuchungen australischer Forscher (Herbert & Gabriel, 2002) wurden 2630 Militärrekruten jeweils in zwei Gruppen eingeteilt. Während die erste Gruppe von 1284 Probanden jeweils vor einem Körpertraining 2 bis 4 Minuten ihre Beinmuskeln dehnte, führten die 1346 Kontrollpersonen keine Dehnungsübungen durch. Im Verlauf von 11 Wochen und 40 Trainingseinheiten traten in der Dehngruppe 181 Muskel- und Sehnenverletzungen am Bein auf, in der Kontrollgruppe 200. Das bedeutet, dass in der nicht dehnenden Kontrollgruppe die 1346x40 Trainingseinheiten in 0,0037% Fällen zu einer Verletzung führten, in der Dehngruppe die 1284x40 Trainingeinheiten aber „nur“ in 0,0035% Fällen. Diese Differenz ist derart unbedeutend, dass man dem durchgeführten Dehnungstraining keine verletzungsprophylaktische Wirkung zuerkennen kann. Nach einer zusammenfassenden Betrachtung der eben erwähnten und einiger weiterer experimenteller Untersuchungen kommt Wiemeyer (2002) zu dem Ergebnis, dass eine kurz- und langfristige Verletzungsprophylaxe durch Dehnmaßnahmen fraglich erscheint.

Einen weiteren Hinweis auf die Bedeutung des Dehnens für eine mögliche Verletzungsprophylaxe erhält man durch die Beobachtung von Dehnübungen als Vorbeugung gegen **Muskelkater**. Wiemeyer (2002) stellt in seinem Überblick sechs Untersuchungen vor, bei denen geprüft wurde, ob sich Muskelkater durch Dehnen vor oder nach einer Kraftbelastung vermeiden lässt. Z.T. wurde kein Einfluss festgestellt, z.T. auch eine Verstärkung des Muskelkaters. Nach einer Untersuchung von Smith, Brunetz, Chenier, McCammon, Houmard, Franklin & Israel (1993) kann durch Dehnungstraining allein Muskelkater ausgelöst werden.

Diese Ergebnisse decken sich mit den Erkenntnissen über die Ursachen des Muskelkaters, denn mittlerweile steht fest, dass Muskelkater durch Mikroverletzungen innerhalb von Muskelfasern vor allem bei exzentrischer Muskelarbeit (Krafttraining, Niedersprünge, Bergabläufe) verursacht wird. Da die Dehnungsspannungen, die beim Dehnungstraining an den Z-Scheiben entstehen, ähnlich hoch sind wie diejenigen Spannungen, die bei maximaler isometrischer Willkürkontraktion auftreten, könnten somit durch intensives Dehnen ähnliche Mikrotraumen verursacht werden wie durch Krafttraining.

4 Zusammenfassung: Wirkungen des Dehnungstrainings

Durch die experimentellen Untersuchungen der letzten Jahre wurde gezeigt, dass einige der Effekte, die man vom Dehnen aufgrund theoretischer Überlegungen erwartete, nicht eintreten. So kann die Ruhespannung durch langfristiges Dehnungstraining nicht gesenkt werden, die Wirkung des Dehnens bei der Verletzungsprophylaxe ist umstritten, die Vermeidung von Muskelkater durch Dehnen konnte nicht nachgewiesen werden und die Leistung durch ein Dehnen während des Aufwärmens lässt sich nicht verbessern, statisches Dehnen wirkt im Gegensatz zum dynamischen Dehnen sogar leistungsmindernd.

Andere Wirkungen wurden experimentell bestätigt, wie die Vergrößerung der Bewegungsreichweite und der maximalen Dehnungsspannung sowohl kurz- als auch langfristig und die kurzfristige Herabsetzung der Ruhespannung. Eine letzte Wirkung - die Verbesserung des Wohlbefindens - sollte nicht ganz aus dem Blick verloren werden.

5 Methoden der Muskeldehnung

5.1 Entwicklung der verschiedenen Dehnungsmethoden

Der Themenbereich „Dehnungstraining und Dehnungsmethoden" hat in den letzten 25 Jahren einen grundlegenden inhaltlichen Wandel und eine starke quantitative Expansion erfahren. Bis etwa 1980 wurden in der Literatur im Wesentlichen nur zwei Dehnmethoden empfohlen, nämlich ein **statisches Dehnen**, bei dem die Dehn-Endposition langsam eingenommen und dann mehrere Sekunden beibehalten wird, sowie ein **dynamisches Dehnen**, ein federndes Dehnen, das häufig auch die Bezeichnung „Schwunggymnastik“ trägt. Im Laufe der „Stretching-Bewegung“ bis zum Jahre 2004 entwickelte sich die Dehnthematik jedoch sprunghaft durch das Propagieren immer neuerer Methoden, verbunden mit einer Vielzahl von (meist englischen) Begriffen, wobei zum großen Teil mehrere Begriffe für ein und dieselbe Methode verwendet wurden.

Ausgelöst zunächst in Amerika durch Anderson (1980) und später auch im deutschsprachigen Raum durch Sölveborn (1983), Knebel (1985) und Spring, Kunz, Röthlin, Schneider & Tritschler (1986) wurde vor allem das dynamische Dehnen kritisiert. Dabei gründete das zentrale Argument gegen diese Dehnungsmethode auf der hypothetischen Annahme, durch die schnelle Dehnung des Muskels würde der **monosynaptische Dehnungsreflex** ausgelöst. Dies führe einerseits in demjenigen Muskel, der gedehnt werden soll, zu einer Kontraktion und verhindere auf diese Weise eine effektive Dehnung. Andererseits könnte die durch den Dehnungsreflex ausgelöste Kontraktion Ursache für Verletzungen sein. Um beides zu vermeiden, sollte der Muskel ausschließlich statisch gedehnt werden.

Zeitgleich mit der Kritik am dynamischen Dehnen machten Sölveborn, Knebel und Spring et al. weitere Dehnungsmethoden bekannt, die Methoden der propriozeptiven neuromuskulären Fazilitation (PNF). Dieser Begriff zielt ab auf eine durch Rezeptoren des „Muskelsinnes“ ausgelöste Bahnung neuromuskulärer Prozesse. Die PNF-Methoden wurden ursprünglich zur Behandlung Gelähmter durch Bewegungsbahnung konzipiert (Knott & Voss, 1968), dabei stand die Dehnung zunächst nicht im Vordergrund. Erst später glaubte man auch an einen effektiven Einsatz der PNF-Techniken als Dehnungsmethoden (Holt, Travis & Okita, 1970 und Tanigawa, 1972), was dann zu einer weitgehend einstimmigen und emphatischen Huldigung des statischen Dehnens und der PNF-Methoden führte, während das dynamische Dehnen ebenso einstimmig und nachdrücklich abgelehnt und als „Zerr-Gymnastik“ (Sölveborn 1983, S. 13) verschmäht wurde.

Allerdings stellten bereits 1980 Moore und Hutton in der englischsprachigen Literatur die Überlegenheit der PNF-Methoden in Frage, weil sich die angenommenen neuromuskulären Bahnungseffekte nicht als hinreichend stabil nachweisen ließen. Zusätzlich konnten auch fundierte Analysen der wissenschaftlichen Literatur und empirische Untersuchungen **keine Bestätigung für die Vorzüge der PNF-Methoden** liefern. Statt dessen entkräfteten sie die Argumente gegen das dynamische Dehnen (in der deutschsprachigen Literatur insbesondere Hoster, 1987; Wiemann, 1991 und Wydra, Bös & Karisch, 1991).

Für die Rehabilitierung des dynamischen Dehnens sprechen die folgenden Argumente:

- Weder durch das statische Dehnen noch durch die PNF-Methoden lassen sich die Dehnungsreflexe im Vergleich zum dynamischen Dehnen reduzieren.
- Verletzungen treten beim dynamischen Dehnen mit moderater Dehngeschwindigkeit und moderater Ausholbewegung ebenso wenig auf wie bei den anderen Dehntechniken.
- Das dynamische Dehnen liefert einen Kräftigungsreiz für die Antagonisten und hat durch die durchblutungsfördernde Wirkung eine erhöhte Muskeltemperatur und somit einen höheren allgemeinen Aufwärmeffekt zur Folge.
- Bei der Vorbereitung auf dynamische Belastungen wie z.B. dem Hürdenlauf zeigt das dynamische Dehnen größere Nähe zur Zielübung.
- Die PNF-Methoden erfordern einen höheren zeitlichen Aufwand.
- Bei manchen Übungen muss die Dehnung dynamisch mit Schwung ausgeführt werden, da bei der statischen Ausführung nicht genügend Kraft für eine intensive Dehnung erzeugt werden kann.
- Das dynamische Dehnen kann unter bestimmten Voraussetzungen sogar effektiver für die Vergrößerung der Bewegungsreichweite als das statische Dehnen sein.
- Bei der direkten Vorbereitung auf eine Schnellkraftleistung wirkt sich das statische Dehnen leistungsmindernd aus, das dynamische nicht (Begert & Hillebrecht, 2003).

5.2 Definition der Dehnungsmethoden

Aus der Vielzahl der in den letzten 20 Jahren empfohlenen Methoden zur Muskeldehnung lassen sich im wesentlichen 5 Methoden herausstellen, die sich in der allgemeinen Dehn- und Stretchingpraxis durchgesetzt haben (Abb. 9):

Die „klassischen“ Dehnmethoden (Hoster, 1987, S. 1524):

1. Das **dynamische Dehnen** (DD) zeichnet sich dadurch aus, dass die Dehnposition mit einer schnellen Bewegung eingenommen, direkt wieder verlassen und dann meist mit kurzen Ausholbewegungen wiederholt eingenommen wird (= ***intermittierendes Dehnen***). Gleicht diese Bewegungsfolge einem Federn oder Wippen, kann dies als ***rhythmisches***, ***schwingendes*** oder ***ballistisches Dehnen*** bezeichnet werden. Als Beispiel soll das Dehnen der hinteren Oberschenkelmuskeln (ischiokrurale Muskeln) dienen. Diese lassen sich z.B. im einbeinigen Kniestand mit vorgestrecktem „Dehnbein“ durch ein federndes Vor- und Rückbeugen des möglichst geraden Rumpfes dehnen.

2. Beim **statischen Dehnen** (SD, auch SS, **s**tatisches **S**tretching) wird die Dehnposition mit einer langsamen Bewegung eingenommen und dann längere Zeit (mehrere Sekunden bis Minuten) unbeweglich beibehalten.

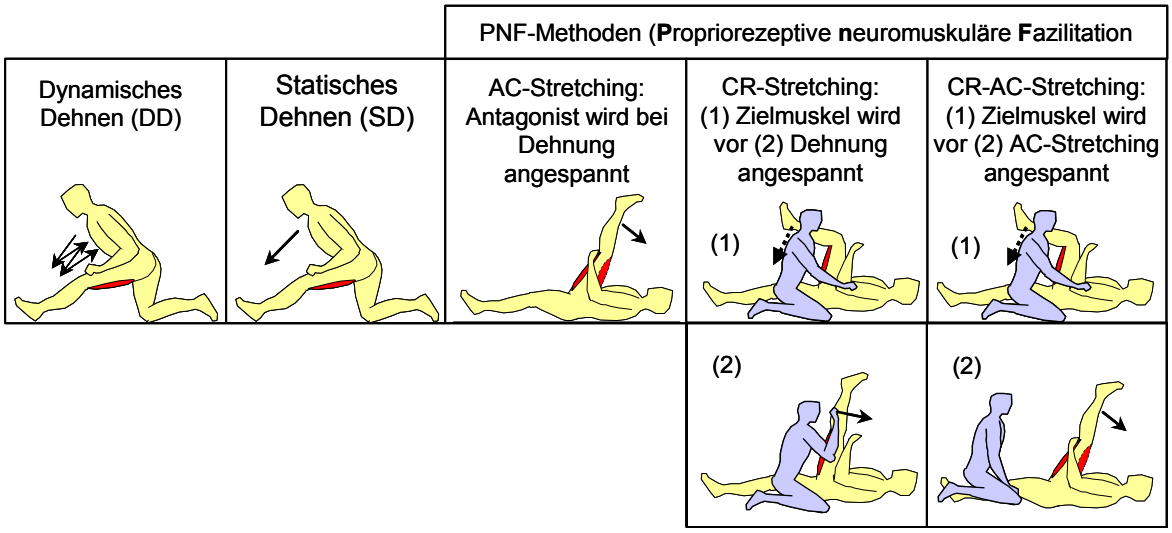


Abb. 9: Die 5 wichtigsten Dehnmethoden am Beispiel des Dehnens der ischiokruralen Muskeln

Die PNF-Methoden beinhalten stets eine statische Dehnung des Zielmuskels. Aus diesem Grunde können sie als Variationsformen des statischen Dehnens gelten:

3. Das **AC-Stretching** (AC = **A**ntagonist-**C**ontract) unterscheidet sich vom SD lediglich dadurch, dass während des Dehnens der Antagonist (Gegenspieler) des Zielmuskels maximal kontrahiert und dadurch die Dehnposition vertieft. Beim Dehnen der ischiokruralen Muskeln müssten die Hüftbeugemuskeln, insbesondere der gerade Schenkelmuskel (M. rectus femoris) angespannt werden. Da dies im einbeinigen Kniestand schwierig ist, nimmt man dazu in der Regel eine andere Körperposition ein, etwa die Rückenlage. Durch die isometrische Kontraktion des Antagonisten soll während der statischen Dehnung eine **reziproke Vorwärtshemmung** des Zielmuskels ausgelöst werden, so dass dieser die Einnahme einer tiefen Dehnposition nicht durch eine unwillkürliche bzw. reflektorische Kontraktion behindert.
4. Das **CR-Stretching** (CR = **C**ontract-**R**elax, auch Anspannungs–Entspannungs–Dehnen) beginnt – noch bevor die eigentliche Dehnprozedur durchgeführt wird - mit einer maximalen isometrischen Kontraktion des Zielmuskels. Erst danach folgt - meist nach einer kurzen Entspannungsphase (Relax) – eine statische Dehnung des Zielmuskels. Zum Beispiel legt die dehnende Person den Unterschenkel bei gewinkeltem Knie auf die Schulter eines Partners und versucht, diese durch maximale Anspannung der ischiokruralen Muskeln nach unten zu drücken, bevor dann die Dehnung dieser Muskeln angeschlossen wird. Durch diese Abfolge soll es zu einer hemmenden Wirkung der Sehnenspindeln auf den Dehnungsreflex (**autogene Hemmung**) des Zielmuskels kommen, so dass sich dieser nicht reflektorisch der Dehnung widersetzt.
5. Das **CR-AC-Stretching** ist nichts weiter als eine Verknüpfung des CR-Stretchings mit dem AC-Stretching. Dadurch erhofft man sich ein Zusammenwirken der Mechanismen der **autogenen Hemmung** und der **reziproken Vorwärtshemmung.**

Funktion der Abb. 9 ist, die wichtigsten Dehnungsmethoden zu veranschaulichen. Die Vielfalt der Dehnungsmethoden abzubilden, die in der Literatur und in der Trainingspraxis anzutreffen sind, ist in Form einer solchen Abbildung jedoch kaum möglich. Ursache hierfür ist, dass sich die einzelnen Bestandteile einer Dehnungsmethode modular kombinieren lassen, so dass sich der Begriff **Module einer Dehnung** anbietet. Z.B. kann die Dehnung auch zunächst dynamisch und dann statisch durchgeführt werden, so wie dies bei der Dehnungsmethode „Federn und Halten“ praktiziert wird, oder während des

passiven Dehnens kann der Antagonist kontrahiert werden, so dass es zu einer Verbindung der Module „passiv“ und „aktiv“ kommt.

Ein Modul, das bisher noch nicht genannt wurde, ist die **Relaxation**. Der Begriff Relaxation (= Entspannung) bezieht sich einerseits auf eine Entspannung des Muskels nach einer Kontraktion wie etwa beim CR-Stretching, er kann aber auch als eine bewusst herbeigeführte totale körperliche und mentale Entspannung der dehnenden Person gewertet werden. Während die erstgenannte Art der Entspannung zwangsläufig beim Übergang von der Zielmuskelkontraktion zum Dehnen eintreten muss, stellt die zweitgenannte Entspannungsmöglichkeit eine gezielte dehnungsvorbereitende oder dehnungsbegleitende Maßnahme dar, die Bedingungen für das Erzielen eines guten Dehnergebnisses zu verbessern (s. z.B. Alter, 1996). Den Effekt dieser Entspannungsmaßnahme führt Sölveborn (1983) auf ein Absenken des Muskeltonus durch zentralnervöse Prozesse zurück, was bewirken soll, dass die Muskulatur der Dehnmaßnahme geringere Widerstände entgegensetzt. Dazu konnte in einem Dehnexperiment (Glück et al., 2002) gezeigt werden, dass experimentell gestresste Personen geringere Gelenkreichweiten bei höheren Dehnungsspannungen erreichten als („normale“ = unbehandelte) Kontrollpersonen und experimentell entspannte Personen.

5.3 Zur Effektivität der Dehnungsmethoden

Für die Praxis des Dehnens stellt sich die Frage, welche der fünf Dehnungsmethoden die wirkungsvollste ist, um die Beweglichkeit und Dehnfähigkeit des Körpers kurzfristig und/oder langfristig zu verbessern.

Zu diesem Thema lassen sich in der Fachliteratur eine Menge von Aufsätzen über die Ergebnisse von Dehnexperimenten und zum Problem der effektivsten Dehnungsmethode finden. Die Aussagen fallen jedoch sehr unterschiedlich aus. So erwies sich beispielsweise in der einen Untersuchung das CR-Stretching für eine langfristige Verbesserung der Bewegungsreichweite als wirkungsvoller als das dynamische Dehnen (Sady, Wortman & Blanke, 1982 und Wallin, Ekblom, Grahn & Nordenborg, 1985), in einem anderen Test stellten sich keine Unterschiede heraus (Schönthaler & Ott, 1994), während in einem weiteren Experiment sich das dynamische Dehnen als überlegen zeigte (Wydra et al., 1991).

Um hier einen Überblick zu gewinnen, wurden 28 empirische Untersuchungen nach der Frage ausgewertet, ob sich im Hinblick auf die Effektivität eine Rangfolge innerhalb der Dehnungsmethoden aufstellen lässt (Klee, 2003). Dabei wurden die Untersuchungen in vier Gruppen eingeteilt, je nachdem, ob die Versuchspersonen ein Kurzzeitdehnen oder ein Langzeitdehnen praktizierten bzw. ob die aktive oder passive Bewegungsreichweite geprüft wurde. Als Ergebnis dieses Vergleichs wurde in Tab. II die Rangfolge gemäß der Effektivität der fünf Dehnungsmethoden innerhalb dieser vier Untersuchungsfragen aufgelistet. Zusätzlich zeigt Tab. II drei unterschiedliche Zusammenfassungen aller Befunde.

Es zeigt sich, dass die CR-AC-Methode in nahezu allen Auswertebereichen auf dem ersten Rang liegt (im ungünstigsten Fall aber immerhin noch auf dem zweiten Rang), d.h., dass sie den anderen Methoden im Hinblick auf die Vergrößerung der Bewegungsreichweite (BRW) überlegen ist. Man erkennt auch, dass sich das statische Dehnen in nahezu allen Bereichen auf dem fünften Rang befindet (dem letzten, im günstigsten Fall aber auch nur auf dem vierten Rang), d.h., dass es von allen Methoden die geringste Effektivität besitzt. Das dynamische Dehnen findet man auf den Rangplätzen zwei oder drei, was bedeutet, dass es - abgesehen von der CR-AC-Methode – bei der Effektivität mit den PNF-Methoden konkurrieren kann, dem statischen Dehnen aber überlegen ist.

Tab. II: Die Platzierungen der fünf Dehnungsmethoden im Vergleich. BRW: Bewegungsreichweite

	Platzierung im Vergleich				
Auswertebereich/Versuchsfrage	1	2	3	4	5
1. Kurzzeit-Dehnen, passive BRW	AC	CR-AC	DD	CR	SD
2. Kurzzeit-Dehnen, aktive BRW	CR-AC	AC	CR, DD		SD
3. Langzeit-Dehnen, passive BRW	CR-AC	CR	DD	SD	AC
4. Langzeit-Dehnen, aktive BRW	CR-AC	DD	AC	SD	CR
Zusammenfassungen					
5. Kurzzeit-Dehnen (Zeile 1 und 2)	CR-AC	AC	DD	CR	SD
6. Langzeit-Dehnen (Zeile 3 und 4)	CR-AC	DD	AC, CR		SD
7. Alle Untersuchungen (Zeile 1 – 4)	CR-AC	AC	DD	CR	SD

Gründe für die generelle Überlegenheit der PNF-Methoden lassen sich nur schwer finden. Wie schon erwähnt, konnten die neurophysiologischen Effekte, die man den PNF-Methoden zuschreibt und die diesen Methoden eine besondere Effektivität verleihen sollen, experimentell nicht nachgewiesen werden. Als mögliche Erklärung bleibt eine günstigere psychische Beeinflussung der gedehnten Personen durch die PNF-Methoden. D.h., der Dehnende soll sich hier sicherer fühlen, weil er die Dehnung besser selbst kontrollieren kann und damit eine stärkere Dehnung zulässt (Osternig, Robertson, Troxel & Hansen, 1987). Zusätzlich wird angeführt, durch die Konzentration der gedehnten Personen auf die Zusatzaufgabe (Kontraktion des Antagonisten) seien sie von den unangenehmen Empfindungen im Zielmuskel abgelenkt und ließen deshalb größere Dehnungsspannungen zu (Moore & Hutton, 1980).

Wie dem auch sei - für die Dehnpraxis kann empfohlen werden, dass immer dann, wenn statt eines dynamischen Dehnens eher ein statisches Dehnen vorgezogen wird, wie es bei bestimmten Muskelgruppen und /oder bei besonderen Zusatzbedingungen befürwortet werden kann, Zusatzaufgaben im Sinne der PNF-Methoden gestellt werden sollten, etwa eine dehnungsvorbereitende Zielmuskelkontraktion (CR-Stretching) und / oder eine dehnungsbegleitende Antagonistenkontraktion (AC-Stretching, CR-AC-Stretching) oder eine dehnungsbegleitende Relaxation.

6 Zusammenfassung: Methoden der Muskeldehnung

In einem ersten Zugang lassen sich fünf Dehnungsmethoden unterscheiden. Die Argumente, die gegen das dynamische Dehnen und für das statische Dehnen vorgebracht wurden, sind widerlegt. Das dynamische Dehnen besitzt insbesondere beim Aufwärmen gegenüber dem statischen Dehnen Vorteile. Dabei reichen sowohl für die Vergrößerung der Bewegungsreichweite als auch für die Reduzierung der submaximalen Dehnungsspannung 4-5 Wiederholungen. Vor einem Wettkampf sollte zwischen diesen Wiederholungen und dem Wettkampfbeginn keine längere Pause gemacht werden, da die submaximale Dehnungsspannung rasch wieder ansteigt. Bei einem langfristigen Training haben sich die drei PNF-Methoden als am effektivsten für die Vergrößerung der Bewegungsreichweite erwiesen, insbesondere das CR-AC-Stretching und das AC-Stretching. Analysiert man die Dehnungsmethoden genauer, so stellt man fest, dass mehr als nur die fünf Dehnungsmethoden existieren. Ursache ist, dass sich die Module einer Dehnung (dynamisch, statisch, aktiv, passiv, Antagonistenkontraktion, Relaxation) in zahlreichen Kombinationen miteinander verbinden lassen.

7 Literatur

Alter, M.J. (1996). *Science of Flexibility.* Champaign, USA, Illinois: Human Kinetics Publishers.

Anderson, B. (1980). *Stretching*. Bolinas, CA: Shelter.

Begert, B. & Hillebrecht, M. (2003). Einfluss unterschiedlicher Dehntechniken auf die reaktive Leistungsfähigkeit. *Spectrum*, 15 (1), 6-25.

Glück, S., Schwarz, M., Braun, C., Maxeiner, J. & Wydra, G. (2002). Stress as well as relaxation induced influences during a flexibility training. *International Journal of Sports Medicine*, 23 (Supplement), 138-139.

Goldspink, G. (1994). Zelluläre und molekulare Aspekte der Trainingsadaptation des Skelettmuskels. In Komi, P.V. (Hrsg.), *Kraft und Schnellkraft im Sport* (S. 213-231). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.

Hennig, E. & Podzielny, S. (1994). Die Auswirkungen von Dehn- und Aufwärmübungen auf die Vertikalsprungleistung. *Dtsch Z. Sportmed.*, 45 (6), 253-260.

Herbert, R.D. & Gabriel, M. (2002). Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury. systematic review. *BMJ*, 325, 1-5.

Holt, L.E., Travis, T.M. & Okita, T. (1970). Comparative study of three stretching techniques. *Percept. Mot. Skills*, 31, 611-616.

Hoster, M. (1987). Zur Bedeutung verschiedener Dehnungsarten bzw. Dehnungstechniken in der Sportpraxis. *Die Lehre der Leichtathletik*, 26 (31), 1523-1526.

Klee, A. (1995). *Haltung, muskuläre Balance und Training. Die metrische Erfassung der Haltung und des Funktionsstandes der posturalen Muskulatur - Möglichkeiten der Haltungsbeeinflussung durch funktionelle Dehn- und Kräftigungsübungen.* 1994[1], 2., unveränderte Auflage, Frankfurt a.M.: Harri Deutsch.

Klee, A. (2003). *Methoden und Wirkungen des Dehnungstrainings. Die Ruhespannungs-Dehnungskurve - ihre Erhebung beim M. rectus femoris und ihre Veränderung im Rahmen kurzfristiger Treatments*. Habilitationsschrift. Schorndorf: Hofmann.

Klee, A. & Wiemann, K. (2002). Zur Problematik des Dehnens in der Gymnastik – theoretische und experimentelle Überlegungen: In Gutsche, K.-J. & Medau, H.J. (Hrsg.), *Gymnastik im neuen Jahrtausend. Herausforderungen – Perspektiven – Innovationen* (S. 100-111). Schorndorf: Hofmann.

Klee, A. & Wiemann, K. (2004). *Beweglichkeit und Dehnfähigkeit.* Schriftenreihe Praxisideen, Verlag K. Hofmann, Schorndorf (im Druck).

Knebel, K.-P. (1985). *Funktionsgymnastik*. Reinbek: Rowolth.

Knott, M. & Voss, D.E. (1968). *Propriozeptive neuromuscular facilitation*. New York: Harper & Row.

Kokkonen, J., Nelson, A.G. & Cornwell, A. (1998). Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69 (4), 411-415.

Magnusson, S.P., Simonsen, E.B., Aargaard, P. & Kjaer, M. (1996). Biomechanical Responses to Repeated Stretches in Human Hamstring Muscle In Vivo. *The Am. J. Sports Med.*, 24 (5), 622-628.

Moore, M.A. & Hutton, R.S. (1980). Electromyographic investigation of muscle stretching techniques. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 12 (5), 322-329.

Osternig, L.R., Robertson, R., Troxel, R. & Hansen, P. (1987). Muscle activation during proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching techniques. *Am. J. Phys. Med.*, 66 (5), 298-307.

Sady, S.P., Wortman, M. & Blanke, D. (1982). Flexibility Training: Ballistic, Static or Proprioceptive Neuromuscular Facilitation? *Arch Phys Med Rehabil*, 63, 261-263.

Schönthaler, S.R. & Ott, H. (1994). *Auswirkungen verschiedener Dehnmethoden auf die maximale Bewegungsreichweite und die Dehnungsspannung. Messung an der ischiocruralen Muskulatur mit einem computergesteuerten isokinetischen Meßsystem*. Unveröff. Diplomarbeit, Saarbrücken.

Smith, L.L., Brunetz, M.H., Chenier, T.C., McCammon, M.R., Houmard, J.A., Franklin, M.E. & Israel, R.G. (1993). The effects of static and ballistic stretching on delayed onset muscle soreness and creatine kinase. *Research Quarterly for Exercise and Sport,* 64 (1), 103-107.

Sölveborn, S.A. (1983). *Das Buch vom Stretching. Beweglichkeitstraining durch Dehnen und Strecken*. München: Mosaik.

Spring, H., Illi, U., Kunz, H.-R., Röthlin, K., Schneider, W. & Tritschler, T. (1992[4], 1986[1]). *Dehn- und Kräftigungsgymnastik: Stretching und dynamische Kräftigung*. Stuttgart u.a.: Thieme.

Tanigawa, M.C. (1972). Comparison of the Hold-relax Procedure and Passive Mobilization on Increasing Muscle Length. *Phys Ther*, 52 (7), 725-735.

Wallin, D., Ekblom, B., Grahn, R. & Nordenborg, T. (1985). Improvement of muscle flexibility. A comparison between two techniques. *Americ. J. Sports. Med.*, 13 (4), 263-268.

Wiemann, K. (1991). Beeinflussung muskulärer Parameter durch ein zehnwöchiges Dehnungstraining. *Sportwissenschaft*, 21 (3), 295-306.

Wiemann, K. (1992). Die ischiocrurale Muskulatur. In Carl, K., Mechling, H., Quade, K. & Stehle, P. (Hrsg.), *Krafttraining in der Sportwissenschaftlichen Forschung* (S. 37-74). Köln: Strauß.

Wiemann, K. (1994): Beeinflussung muskulärer Parameter durch unterschiedliche Dehnverfahren. In Hoster, M. & Nepper, H.-U. (Hrsg.), *Dehnen und Mobilisieren.* (S. 40-71). Waldenburg: Sport Consult.

Wiemann, K. & Hahn, K. (1997). Influences of strength, stretching and circulatory exercises on flexibility parameters of the human hamstrings. *Int. J. Sports Med.*, 18, 340-346.

Wiemann, K. & Kamphöfner, M. (1995). Verhindert statisches Dehnen das Auftreten von Muskelkater nach exzentrischem Training? *Dtsch Z. Sportmed.*, 46 (9), 411-421.

Wiemann, K. & Klee, A. (1999). Dehnen und Stretching - Effekte, Methoden, Hinweise für die Praxis. *Sportpraxis*, 40, (3), 8-12; (4), 37-41.

Wiemann, K. & Leisner, S. (1996). Extreme Hüftbeugefähigkeit von Turnern. Sind längere ischiokrurale Muskeln die Ursache? *TW sport und medizin*, 8 (2), 103-108.

Wiemann, K., Klee, A. & Stratmann, M. (1998). Filamentäre Quellen der Muskel-Ruhespannung und die Behandlung muskulärer Dysbalancen. *Dtsch Z. Sportmed.*, 49 (4), 111-118.

Wiemeyer, J. (2002). Dehnen – eine sinnvolle Vorbereitungsmaßnahme. *Spectrum,* 14 (1), 53-80.

Wydra, G. & Glück, S. (2004). Zur Effektivität des Dehnens. In Cachey, K., Halle, A. & Teubert, H. (Hrsg.), *Sport ist Spitze*. Reader zum Sportgespräch / 18. Internationaler Workshop am 16. und 17. Juni 2003 in Oberhausen (S. 88-102). Aachen: Meyer & Meyer.

Wydra, G., Bös, K. & Karisch, G. (1991). Zur Effektivität verschiedener Dehntechniken. *Dtsch Z. Sportmed.*, 42 (9), 386-400.

Einige der Aufsätze (Wiemann, Klee, Wydra) können auf den folgenden homepages heruntergeladen werden.

http://www2.uni-wuppertal.de/FB3/sport/bewegungslehre/wiemann/agr_wiem.htm

http://www.uni-saarland.de/fak5/sportpaed/