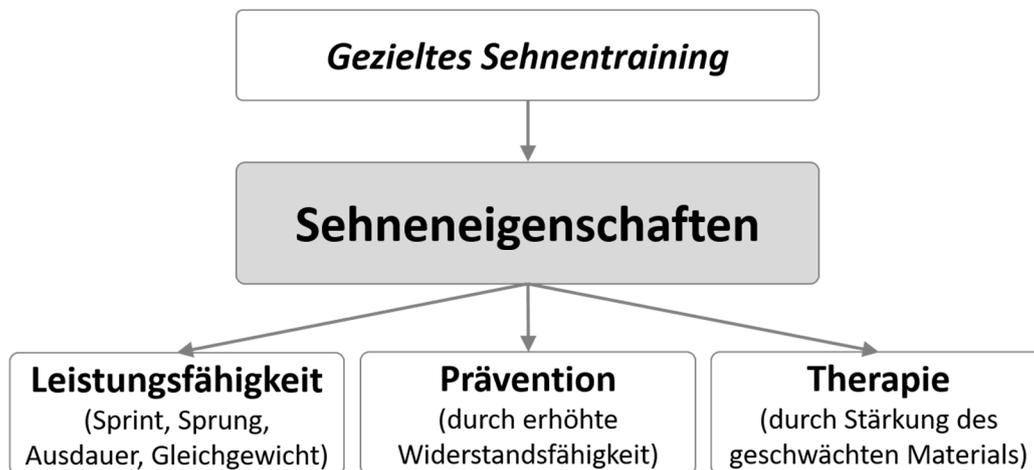


# Die „Berliner Methode“

## *Praktische Empfehlungen für ein Sehnentraining zur Leistungssteigerung, Prävention und Therapie*

## Hintergrund

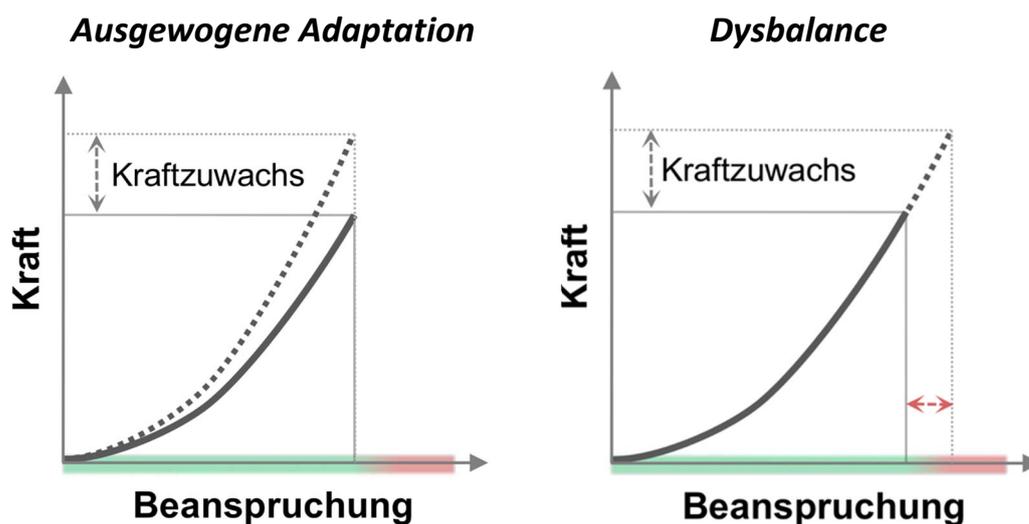
Sehnen übertragen die Kraft des Muskels auf das Skelett und haben damit eine wichtige Funktion für alle Arten menschlicher Bewegung. Die Eigenschaften der Sehnen, d.h. ob sie besonders widerstandsfähig bzw. zugresistent oder eher nachgiebig sind, haben dabei einen direkten Einfluss auf die Arbeitsweise und damit auf das Kraftpotential des Muskels. Vor allem eine hohe Widerstandsfähigkeit (Steifigkeit) wird hierbei mit verbesserten Schnellkraftleistungen, wie beim Sprint oder Sprung, sowie mit der Ökonomie des Laufens, der Gleichgewichtssicherungsfähigkeit und der Prävention und Rehabilitation von Sehnenkrankungen in Verbindung gebracht (Abb. 1).



**Abbildung 1:** Relevanz der Sehneneigenschaften für die körperliche Leistungsfähigkeit und gezielte Verbesserung durch ein spezielles Sehnentraining.

Sehnen sind dabei kein unveränderbares Bindegewebe, sondern passen sich, wie man heute weiß, an mechanische Belastungen (z.B. durch Training) an. Der entscheidende Stimulus für die Sehne ist die Dehnung, die sie infolge kräftiger Kontraktionen des zugehörigen Muskels erfährt. Diese Deformation wirkt über verschiedene Wege der Mechanotransduktion auf die Sehnenzellen und hemmt gewebeabbauende bzw. fördert gewebeaufbauende Prozesse. Anpassungsreaktionen zeigen sich in Form von veränderten Materialeigenschaften (z.B. Kollagengehalt und molekulare Vernetzung) und/oder einer Zunahme des Querschnittes (Hypertrophie), wobei letzteres vor allem im langfristigen Prozess zu beobachten ist. Beide biologischen Anpassungen haben eine erhöhte Widerstandsfähigkeit der Sehne zur Folge. Die Zunahme der sogenannten Steifigkeit ist physiologisch sinnvoll, da eine Zunahme der Muskelkraft ansonsten das Ausmaß der bei Muskelanspannung erzeugten Dehnungen in der Sehne so stark erhöht, dass Schädigungen des Gewebes ausgelöst werden könnten, die den Ausgangspunkt von Entzündungen und Verletzungen bedeuten können (Abb. 2). Vor diesem Hintergrund ist folgerichtig eine ausgewogene Anpassung von Muskel und Sehne anzustreben.

Dabei ist wichtig zu wissen, dass Muskeln und Sehnen sich auf unterschiedliche Weise an Belastung anpassen. Vergleicht man Muskel- und Sehnenewebe, fällt auf, dass Letzteres eine vergleichsweise schlechtere Durchblutung und einen langsameren Stoffwechsel aufweist. Das ist der Grund für eine langsamere Anpassung der Sehne im Vergleich zum Muskel. Darüber hinaus sind auch die anpassungswirksamen Belastungsformen für Muskeln und Sehnen unterschiedlich. Während der Muskel bspw. Anpassungen (Kraftsteigerungen) als Reaktion auf plyometrisches Training (z.B. Sprungtraining) und Krafttraining im mittleren Intensitätsbereich zeigt, führt diese Form der Belastung nur zu verhältnismäßig geringen Anpassungsreaktionen der Sehnen. Diese beiden Besonderheiten der Sehnenanpassung müssen im Trainingsprozess also berücksichtigt werden, wenn beide Strukturen optimal und ausgewogen entwickelt werden sollen (Abb. 2).



**Abbildung 2:** Ausgewogene und nicht-ausgewogene Anpassungsreaktionen (Dysbalance) von Muskel und Sehne. Bei einer ausgewogenen Anpassung geht die Zunahme der Muskelkraft mit einer Zunahme der Sehnensteifigkeit einher (steilerer Anstieg bei der gestrichelten Kurve), sodass die Beanspruchung (Dehnung) der Sehne auch bei höherer Kraft in physiologischen Bereichen gegeben bleibt. Im Fall einer nicht-ausgewogenen Entwicklung, ohne adäquate Anpassung der Sehne, verursacht der Kraftzuwachs latente Beanspruchungen über das normale Maß hinaus.

Die damit verbundene erhöhte Beanspruchung scheint das Risiko für Sehnenbeschwerden entsprechend zu steigern (Abb. 2), denn es treten eben insbesondere bei Athleten der Sprint- und Sprungsportarten sowie Ausdauerathleten (z.B. Volleyball, Basketball, Leichtathletik) Beschwerden mit schmerzhaften und funktionseinschränkenden Veränderungen gehäuft auf. Um eine pathologische Symptomatik als Folge einer unausgewogenen Anpassung von Muskel und Sehne vorzubeugen, ist entsprechend ein ergänzendes und frühzeitiges Sehnenstraining mit dem Ziel der Kräftigung der Sehne (Erhöhung der Steifigkeit) präventiv für alle Altersbereiche unbedingt zu empfehlen.

Ein gezieltes Training der Sehnen ist auch in der Rehabilitation von Sehnenbeschwerden (Tendinopathie, Ruptur, Partialruptur) von Bedeutung. Infolge von chronischen Beschwerden und nach der Akutphase von Verletzungen ist das Sehngewebe geschwächt und vergleichsweise schlecht belastbar. Eine Wiederherstellung der Widerstandsfähigkeit der Sehne ist entsprechend anzustreben. Es kann basierend auf Literaturbefunden argumentiert werden, dass ein Sehnentraining hier gegenüber einer medikamentösen Therapie und reinen passiven Physiotherapiemaßnahmen entscheidende Vorteile hat und deshalb als Therapie nach der Wundheilungsphase zur Rehabilitation geeignet ist.

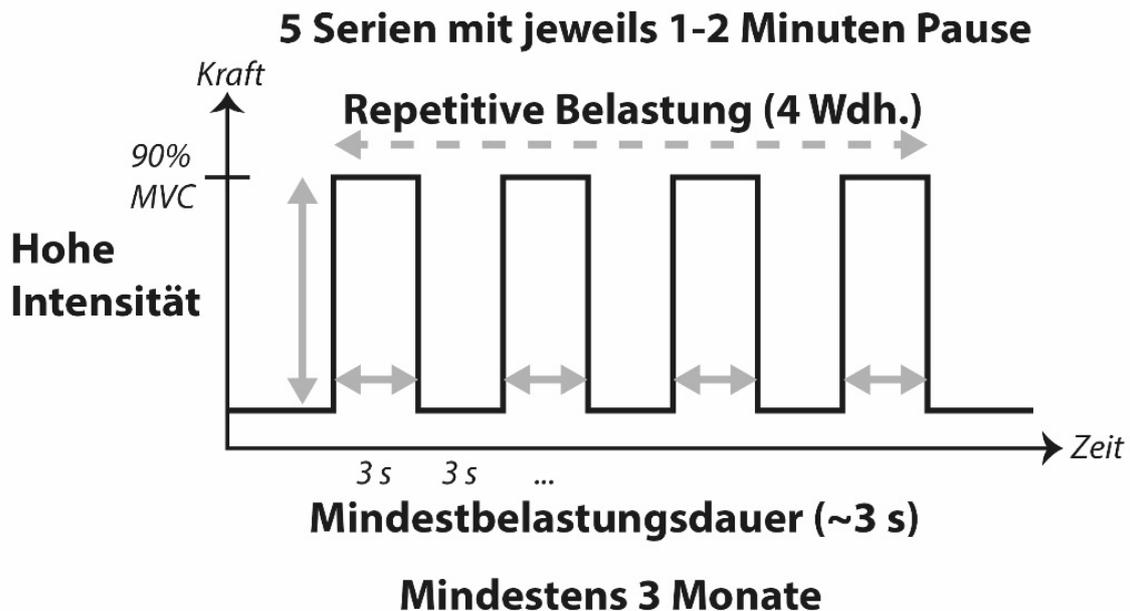
## Sehnentraining

Entscheidend für die Anpassung der Sehne ist die wiederholte Zugbelastung, hervorgerufen durch die Kontraktion des jeweils zugehörigen Muskels. Die resultierende Dehnung der Sehne wird durch die vier Faktoren Magnitude (Höhe der Dehnung), Frequenz (Anzahl der Wiederholungen der Belastung pro Zeitintervall), Dauer (zeitliche Dauer der einzelnen Reizapplikationen) und Rate (Dehnungszunahme pro Zeiteinheit) bestimmt. Durch unsere systematische Forschung konnte folgende Belastungskonfiguration als ein „optimales“ Sehnentraining identifiziert werden (Abb. 3).

### *Trainingskonzept „Berliner Methode“:*

1. Trainingsprotokolle sollten durch hohe Muskelkräfteeinsätze gekennzeichnet sein, d.h.  **$\geq 85\%$  des isometrischen willkürlichen Kraftmaximums**. Dadurch kann die zur Adaptation notwendige hohe Dehnung der Sehne erzeugt werden. Die Form der Muskelkontraktion (exzentrisch, isometrisch oder konzentrisch) spielt keine entscheidende Rolle.
2. Die **Dauer** der Muskelkontraktion und die damit verbundene Dehnung der Sehne, sollte für **ca. 3 Sekunden** gehalten werden. Die Dauer ist essenziell für eine effektive Übertragung der Dehnung auf die Sehnenzellen, die für die Anpassungsreaktionen verantwortlich sind.
3. **Wiederholende Belastungen** sind geeigneter als konstant gehaltene längere Belastungen. Höhere Dehnungsraten durch beispielsweise plyometrisches Training sind nicht so wirksam für die Sehnenadaptation.
4. Die **Winkelstellung des Gelenks** sollte berücksichtigt werden, um der Kraft-Längen-Relation des Muskels gerecht zu werden. Für die Achillessehne empfehlen sich ca.  $90^\circ$  im Fußgelenk bei gestrecktem Knie, das Training der Patellarsehne sollte bei ca.  $70^\circ$  Kniegelenkwinkel stattfinden.
5. Eine hohe Trainingswirksamkeit zeigt sich bei **5 Serien** mit jeweils **4-maligen Wechsel aus 3 Sekunden Belastung und 3 Sekunden Entspannung** besteht. Zwischen den Serien sollte **1 bis 2 Minuten Pause** gegeben werden.
6. Um deutliche Effekte auf die Widerstandsfähigkeit der Sehne zu erzielen, ist eine Durchführung des Trainings über **mindestens drei Monate** zu empfehlen. Nach einer

*Eingewöhnungsphase* mit zwei Einheiten pro Woche lässt ein *vier Mal wöchentlich durchgeführtes Training* die größten Trainingserfolge erwarten.



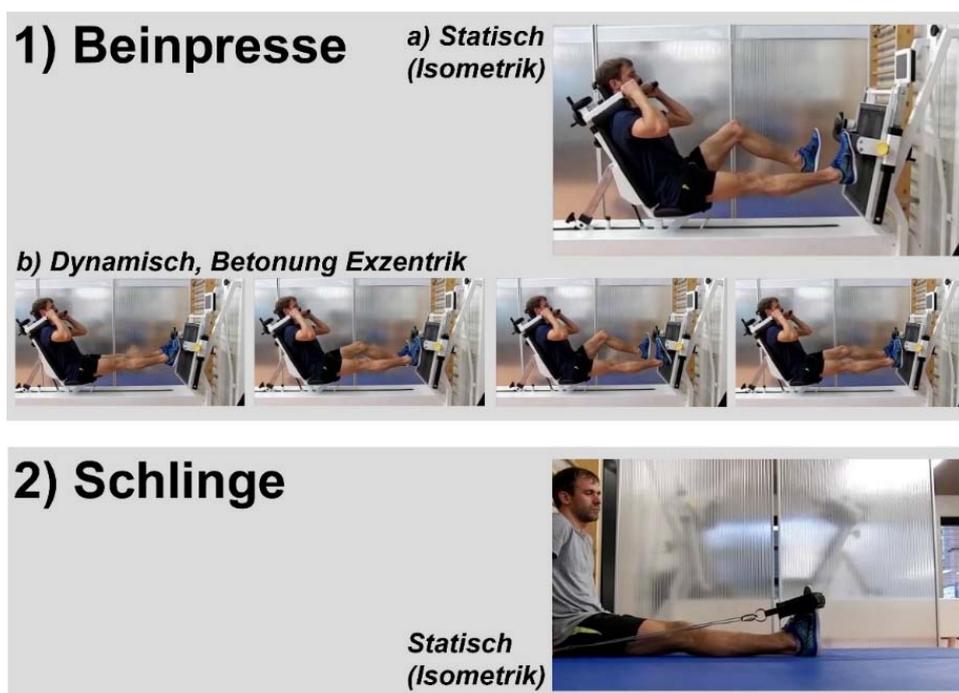
**Abbildung 3:** Evidenzbasierte Empfehlungen für einen effektiven Trainingsreiz zur Sehnenanpassung. Hohe Belastungen durch kräftige Muskelkontraktionen sollten in fünf Sätzen mit vier Wiederholungen bei einer Be- und Entlastungsdauer von je ca. drei Sekunden und Pausen von ein bis zwei Minuten appliziert werden. Wir empfehlen ein Training viermal pro Woche über mindestens drei Monate.

Das Einbringen in bestehende Krafttrainingspläne oder reguläre Trainingseinheiten kann problemlos vorgenommen werden, der zeitliche Umfang einer Sehnenanpassungseinheit liegt bei insgesamt ca. 15 Minuten (je nach Pausenlänge) wenn beide Seiten (wechselseitig in der jeweiligen Pause) trainiert werden. Aufgrund der kontrollierbaren Trainingsbedingungen ist die Durchführung an Kraftmaschinen unter statischen Bedingungen von Vorteil, jedoch nicht zwingend. Eine schrittweise Steigerung der Belastung sollte innerhalb der ersten drei bis vier Wochen berücksichtigt werden, um Überlastungen zu vermeiden. Stehen keine Maximalkraftwerte zur Berechnung des individuellen Trainingswertes von ~85% zur Verfügung kann auf subjektiv empfundene *maximale* Kontraktionen zurückgegriffen werden. Ist eine entsprechende Trainingsperiode erfolgreich absolviert, sollte ein reduziertes Trainingsvolumen (2x Woche) ausreichen, um die Anpassungen zu erhalten, obgleich hierzu noch keine gesicherten Erkenntnisse existieren. Allgemein gilt, dass der Wirkungsmechanismus des Trainingskonzeptes (Abb. 3) auf andere Sehnen, wie beispielsweise am Schultergelenk, übertragbar ist.

## Praktische Übungsempfehlungen gemäß der „Berliner Methode“:

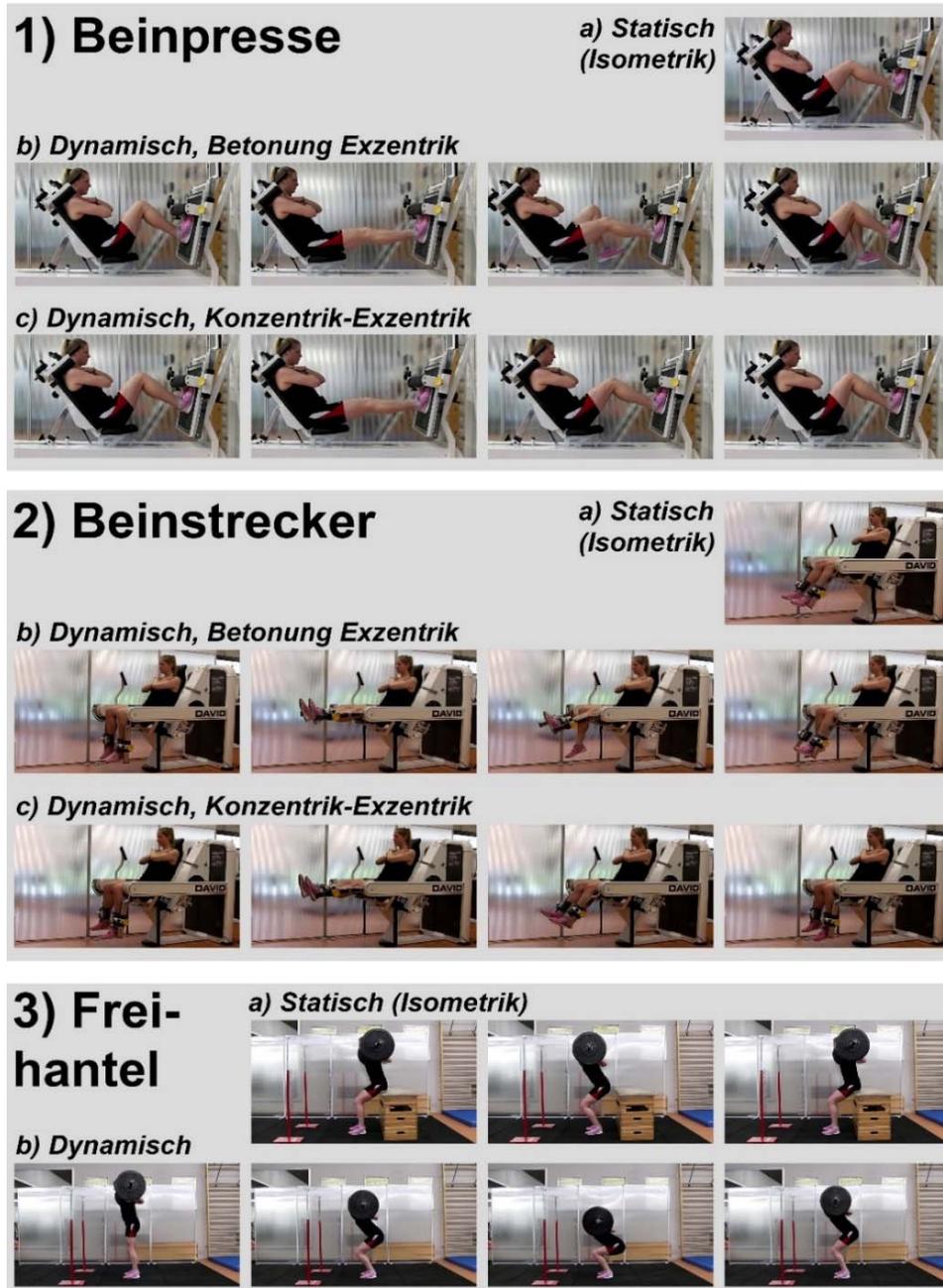
Im Folgenden sind einige Übungsbeispiele für die Achilles- und Patellarsehne zusammengetragen.

### Achillessehne



**Abbildung 4:** Exemplarische Übungen zur Stärkung der Achillessehne. Repetitive isometrische Fußstreckungen mit hohen Kontraktionsintensitäten ( $\geq 85\%$  des willkürlichen Maximums, 3 Sekunden Kontraktionsdauer) in einem neutralen Fußwinkel (Fußsohle  $90^\circ$  zum Unterschenkel) bei gestrecktem Knie stellen eine effiziente und leicht kontrollierbare Form der Belastung dar, die bspw. auf einer Beinpresse (1a) oder mit nicht-elastischen Schlingen (2) durchgeführt werden können. Alternativen sind dynamische Übungen mit einer Betonung der exzentrischen Phase (beide Füße heben die Last und nur ein Fuß hält die Last in der exzentrischen Phase; 1b), klassische Konzentrik-Exzentrik-Serien oder Fersenheben mit dem Fußballen auf einer Stufe mit Zusatzgewichten. Die dynamischen Übungen sollten langsam ausgeführt werden, um eine adäquate Belastungsdauer in dem Gelenkwinkel zu gewährleisten in dem die höchsten Kräfte auf die Sehne wirken. Hierzu empfehlen wir eine Dauer von ca. 6 Sekunden für die Gesamtbewegung.

## Patellarsehne



**Abbildung 5:** Exemplarische Übungen zur Kräftigung der Patellarsehne mittels Beinpresse (1), Extensionstrainingsgerät (2) und Freihantel (3). Wiederholte isometrische Knieextensionen mit hohen Kontraktionsintensitäten ( $\geq 85\%$  des willkürlichen Maximums, 3 Sekunden Kontraktionsdauer) bei einem Kniewinkel von ca.  $70^\circ$  stellen eine effiziente und leicht kontrollierbare Form der Belastung dar (1a, 2a, 3a). Alternativen sind dynamische Übungen mit einer Betonung der exzentrischen Phase (beide Beine heben die Last und nur ein Bein hält die Last in der exzentrischen Phase; 1b, 2b), klassische Konzentrik-Exzentrik-Serien (1c, 2c) oder Kniebeuge (3b). Die dynamischen Übungen sollten langsam ausgeführt werden, um eine adäquate Belastungsdauer in dem Gelenkwinkel zu gewährleisten in dem die höchsten Kräfte auf die Sehne wirken. Hierzu empfehlen wir eine Dauer von ca. 6 Sekunden für die Gesamtbewegung.

Vor dem Hintergrund der Prinzipien des Trainingskonzeptes lassen sich weitere Übungen schnell selbst ableiten. Bei dynamischen Übungen ist vor der Belastung im hohen Intensitätsbereich unbedingt die technische Ausführung zu schulen.

Weitere Übungsideen für die Achillessehne:

- Langsames einbeiniges Fersenheben (dynamisch und statisch) mit der Fußspitze auf einer Stufe ggf. mit Zusatzgewichten (Freihantel, Kettlebells, Gewichte, Huckepack eines Partners)
- Kräftige einbeinige Fußstreckungen im Sitzen mit einer Schlinge (z.B. zwei verbundene Gürtel, ein Spanngurt) um die Hüfte und den Fußballen als Wiederlager (ähnlich Abb. 5-2)
- Statische kräftige Fußstreckungen im Sitzen mit gestrecktem Knie in einem Türrahmen (Türrahmen als Wiederlager)

Weitere Übungsideen für die Patellarsehne:

- Einbeinige Kniebeuge mit langsamem Absenken (ggf. mit Festhalten)
- Langsames einbeiniges Aufsteigen auf eine Bank
- Langsame Kniebeugen mit hohen Zusatzgewichten (Freihantel, Kettlebells, Gewichte, Huckepack eines Partners)
- Langsames Einnehmen der Kniebeugeposition in Schrittstellung oder Seitschrittstellung mit Gewicht auf dem vorderen Bein und Zusatzgewichten
- Isometrische kräftige Beinstreckungen im Sitzen in einem Türrahmen mit dem Türrahmen als Wiederlager
- Langsame Kniebeuge, dabei eine Seite einer Turnbank mit anheben, Steigerung möglich indem jemand auf der Bank sitzt (Einzel- und Partnerübung)

## Impressum

### Autoren

Univ.-Prof. A. Arampatzis

Dr. F. Mersmann

Dr. S. Bohm

Abteilung Trainings- und Bewegungswissenschaften

Institut für Sportwissenschaft

Philippstr. 13, Haus 11, 10115 Berlin

Homepage: [www.tbw.hu-berlin.de](http://www.tbw.hu-berlin.de)

Humboldt-Universität zu Berlin

Unter den Linden 6

10099 Berlin

*Stand: 22.06.2018*