

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Schnelligkeitstraining

**Kunz, Hansruedi
Unold, Edith**

Maggingen, 1990

3 Grundlagen

In den meisten Sportarten hat die Aktionsschnelligkeit die grössere Bedeutung als die Reaktionsschnelligkeit. Sie ist auch besser trainierbar und wird deshalb in der vorliegenden Trainer-Information gründlicher behandelt.

3 GRUNDLAGEN

3.1 Reaktionsschnelligkeit

Die Reaktionsschnelligkeit ist in einzelnen Sportarten wie 100-m-Sprint, Fechten, Boxen, Eishockey, usw. eine wichtige Leistungskomponente. Sie kann das sportliche Resultat entscheidend beeinflussen. Obwohl die Reaktionsschnelligkeit von der Funktion des Nervensystems abhängig und dadurch limitiert ist, kann sie bis zu einem gewissen Punkt mit entsprechendem Training verbessert werden. Es scheint, dass zwischen der Reaktions- und der Aktionsschnelligkeit, ja sogar zwischen akustischer, visueller und taktiler Reaktionsschnelligkeit keine deutlichen Zusammenhänge bestehen. Trotzdem gibt es einzelne Faktoren, welche die Reaktionszeit beeinflussen.

Die Reaktionsschnelligkeit ist abhängig vom Alter. Nach MILES/COWDRY werden die besten Werte zwischen dem 20. und dem 60. Altersjahr erreicht. Sie wird weiter beeinflusst durch die gestellte Bewegungsaufgabe. So ist es viel einfacher, auf ein Startsignal mit einer vorbestimmten Bewegung zu reagieren (z.B. 100-m-Start), als z.B. beim Spiel die eigene Bewegung auf das Verhalten des Gegners abzustimmen.

Die Reaktionsschnelligkeit ist auch abhängig vom Niveau der Konzentration. Darin liegen wahrscheinlich die Steigerungsmöglichkeiten. Die Unterschiede in den Reaktionszeiten zwischen einem 100-m- und einem 200-m- oder 400-m-Lauf sind primär auf das wegen der enormen Bedeutung der Startphase erhöhte Konzentrationsniveau des 100-m-Läufers zurückzuführen.

Die Reaktionsschnelligkeit nimmt mit zunehmender körperlicher und geistiger Ermüdung ab. Sie ist auch aus nicht bekannten Gründen bei den Männern etwas besser als bei den Frauen. Die Aufgabe, auf ein Startsignal schnell agieren zu können, ist abhängig von der Muskelspannung. Ein vorgespannter Muskel kann schneller Kraft entfalten. Das heisst, dass man sich auf ein Startsignal immer mit einer vorgespannten Muskulatur vorbereiten sollte (z.B. Druck auf den Startblock beim 100-m-Start).

Die Reaktionsschnelligkeit kann im extremsten Fall bis gegen 0.10s gesteigert werden. Werte zwischen 0.15s und 0.20s können aber bereits als gut bezeichnet werden. Die Finalisten des 100-m-Endlaufes anlässlich der Leichtathletik-Weltmeisterschaften 1987 in Rom hatten Reaktionszeiten von 0.11s (Johnson) bis 0.235s (Stewart). Selbst der Topsprinter Lewis erreichte mit 0.196s nur eine durchschnittliche Reaktionszeit.

3.2 Aktionsschnelligkeit

Die Aktionsschnelligkeit ist von vielen verschiedenen Faktoren abhängig. Schnelligkeitsbestimmende Faktoren sind:

- Muskelfaserzusammensetzung
- Muskelkraft
- Belastung
- Bewegungsausführung
- Koordination
- Muskelaktivität
- Hebelverhältnisse

Ueber den Einfluss der einzelnen Faktoren auf die Aktionsschnelligkeit sind sich die Fachleute nicht alle einig. Die folgenden Beschreibungen der schnelligkeitsbeeinflussenden Komponenten sollen etwas Klarheit bringen.

3.2.1 Muskelfaserzusammensetzung

Die Muskelfaserzusammensetzung hat einen sehr grossen Einfluss auf die Bewegungsschnelligkeit. Die Kraft pro cm^2 Muskelquerschnitt ist abhängig vom Anteil schneller und langsamer Muskelfasern; das heisst, Sportler mit einem grossen Anteil schneller Muskelfasern haben mehr Kraft pro Fläche. Die Unterschiede zwischen extremen Athletentypen können 100% betragen. Durch ein entsprechendes Training, d.h. hauptsächlich durch eine Querschnittsvergrösserung der schnellen Muskelfasern, kann die Kraft pro Fläche bis gegen $10\text{kp}/\text{cm}^2$ gesteigert werden. Nichtsportler mit einer durchschnittlichen Faserzusammensetzung können etwa $4\text{kp}/\text{cm}^2$ Kraft produzieren. Eine Querschnittsvergrösserung der schnellen Muskelfasern kann nur durch ein Krafttraining mit maximalem Einsatz erreicht werden.

Die schnellen Muskelfasern sind nicht nur kräftiger, sie haben auch eine grössere Verkürzungsgeschwindigkeit als die langsamen Muskelfasern. Je schneller eine Bewegung ist, umso eher können nur noch die schnellen Muskelfasern Kraft und damit Schnelligkeit produzieren. Die langsamen Fasern sind bei einer sehr schnellen Bewegung nicht mehr in der Lage, die schnellen Muskelfasern wirksam zu unterstützen. Deshalb ist auch die Kraftproduktion bei schnellen Bewegungen wesentlich kleiner als bei Bewegungen mit hohen Belastungen.

Da die langsamen Muskelfasern bei einer Bewegung aus der Ruhelage wegen ihrer geringeren Reizschwelle schneller aktiviert werden als die schnellen Muskelfasern, sind von Natur aus langsame Athleten bei Bewegungen mit geringem Widerstand nicht in der Lage, explodieren zu können (z.B. Jump-and-Reach-Test, Standweitsprung). Sie können ihre wenigen schnellen Fasern wegen der zu geringen Belastung nicht aktivieren. Bei einer Bewegung mit einer Vordehnung der Muskulatur (z.B. Anlauf) sind ihre Leistungen normalerweise wesentlich besser, weil durch Reflexmechanismen (Dehnreflex) auch die schnellen Fasern aktiviert werden. Die schnellkräftigen Athleten haben gewöhnlich geringere Leistungsdifferenzen zwischen Bewegungen mit oder ohne Anlauf.

Die schnellen Muskelfasern sind an grosse Motoneurone gekoppelt. Die Feinkoordination ist deshalb nicht sehr gut. Bei sehr einfachen Bewegungen (z.B. eingelenkige Bewegungen an den Kraftmaschinen, Standweitsprung) spielt dies keine grosse Rolle. Schnellkräftige Athleten können solche Bewegungen extrem schnell ausführen, wogegen die langsamen Athleten bei einfachen Bewegungen grosse Mühe haben, auf gute Leistungen zu kommen. Bei sehr komplexen Bewegungen, die ein hohes Mass an Koordination verlangen, ist es jedoch möglich, dass der langsame, aber sehr gut koordinierte Athlet die bessere Leistung bringen kann. Dies ist bei zyklischen Bewegungsabläufen (z.B. Sprint) häufiger der Fall, weil dort das Zusammenspiel zwischen den Agonisten und Antagonisten (intermuskuläre Koordination) eine grössere Bedeutung hat als bei azyklischen Sportarten (z.B. Hochsprung).

Die Muskelfaserzusammensetzung hat auch einen entscheidenden Einfluss auf die Schnelligkeitsausdauer, weil die Energiebereitstellung der schnellen Fasern anders funktioniert als jene der langsamen Fasern (siehe Training der Schnelligkeitsausdauer).

3.2.2 Muskelkraft, Belastung

Viele Autoren haben mit Untersuchungen belegt, dass zwischen der Maximalkraft, der Schnellkraft und der Bewegungsschnelligkeit ein enger Zusammenhang besteht. Eine grosse Maximalkraft hat positive Auswirkungen auf die Schnellkraft und auf die Bewegungsschnelligkeit, oder eine Steigerung der Maximalkraft bewirkt auch eine Verbesserung der beiden anderen Komponenten.

Anhand einer Untersuchung (KUNZ, 1972) an 10 Maximalkrafttraining gewohnten Athleten (Gewichtheber, Zehnkämpfer) konnte gezeigt werden, dass diese bei einer eingelenkigen Bewegung (Unterarmeugen) sowohl in der Maximalkraft als auch in der Schnellkraft und in der Schnelligkeit bessere Leistungen erzielten als Sportlehrerstudenten, die kein Maximalkrafttraining durchführten (Abbildung 1). Dabei waren die Unterschiede im reinen Schnellkeitsbereich (ohne Belastung) sogar grösser als im Schnellkraftbereich (30% der Maximalbelastung).

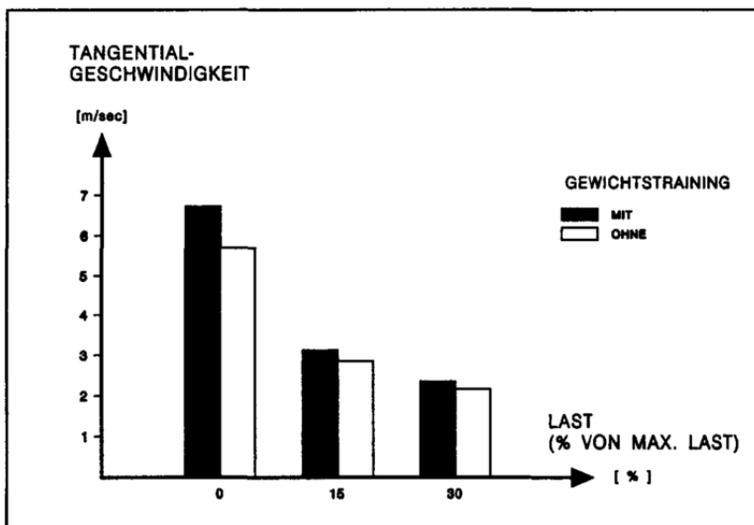


Abbildung 1: Der Einfluss des Maximalkrafttrainings auf die Bewegungsgeschwindigkeit.

SCHMIDTBLEICHER hat anhand einer Untersuchung gezeigt, dass Athleten mit einem Maximalkrafttraining auch bei schnellen Bewegungen in bezug auf die Maximalkraft, die Bewegungsschnelligkeit und die Ausführungszeit grössere Fortschritte erzielten als Sportler mit einem Schnellkrafttraining (Abbildung 2).

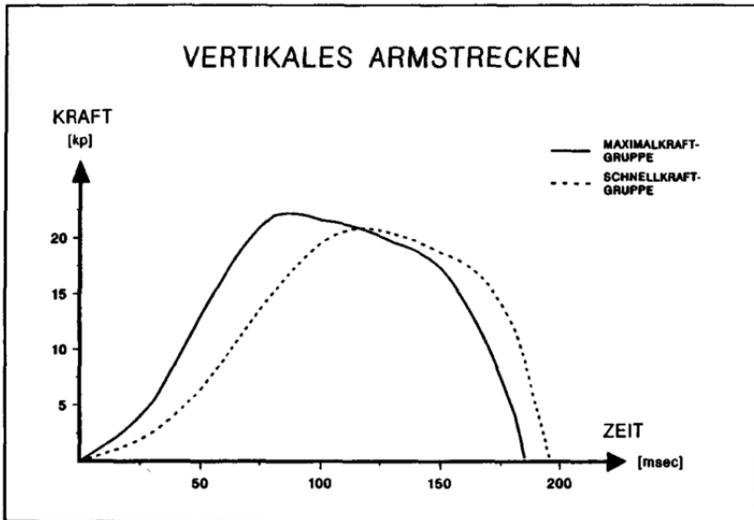


Abbildung 2: Kraftverlauf beim Hochstossen eines 3.5 kg schweren Widerstandes (Schmidtbleicher, 1980).

Die Maximalkraft trainierende Gruppe erreicht höhere maximale Kraftwerte, hat einen schnelleren Kraftanstieg und eine kürzere Ausführungszeit als die Schnellkraftgruppe.

Demgegenüber stellte LETZELTER fest, dass Maximalkraft trainierende Athleten bei der Maximalkraft und beim Bewegen grosser Belastungen grössere Fortschritte erreichten als Schnellkraft trainierende Athleten. Diese erzielten dagegen die grösseren Fortschritte bei Schnellkraft- und Schnelligkeitstests (Abbildungen 3 und 4).

Beim 30-m-Sprint, einer Schnelligkeitsdisziplin, machte die Gruppe der Schnellkraft trainierenden Sportler nach einer 6 wöchigen Trainingsphase deutlich grössere Fortschritte als die Maximalkraftgruppe. Die gleiche Tendenz zeigte sich beim vertikalen Differenzsprung. Dagegen hatte die Maximalkraftgruppe bei den tiefen Kniebeugen und beim Bankdrücken einen grösseren Leistungszuwachs. Diese Tendenzen waren auch bei den Sportlerinnen ähnlich, wogegen sich die Testresultate der Kontrollgruppen beim zweiten Test nicht von jenen des ersten Tests unterschieden.

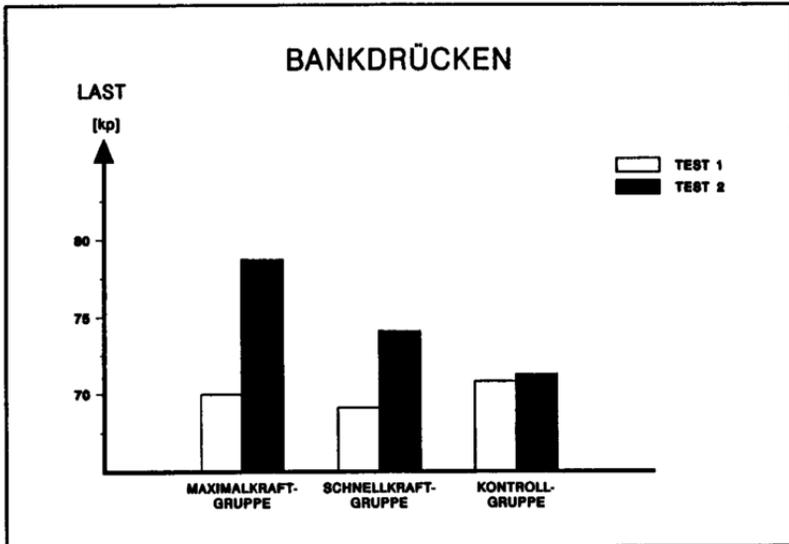
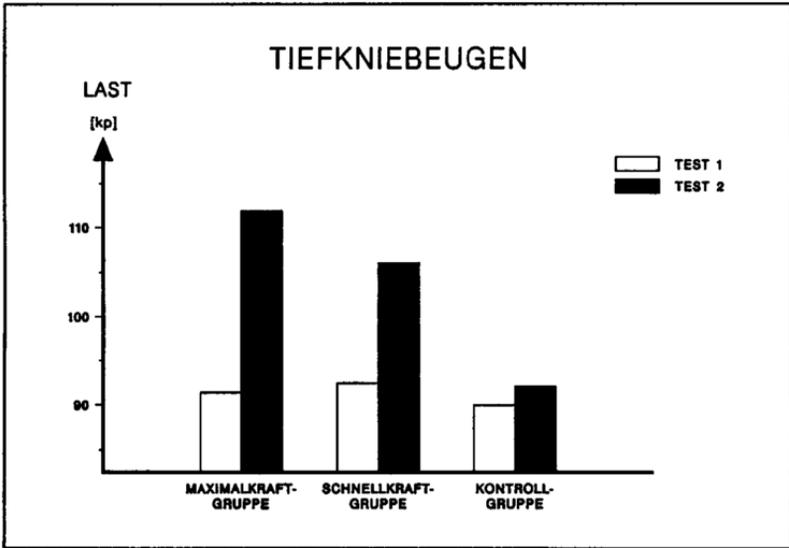


Abbildung 3: Leistungsentwicklung in den tiefen Kniebeugen und im Bankdrücken nach einer 6wöchigen Trainingsphase (Letzelter, 1985).

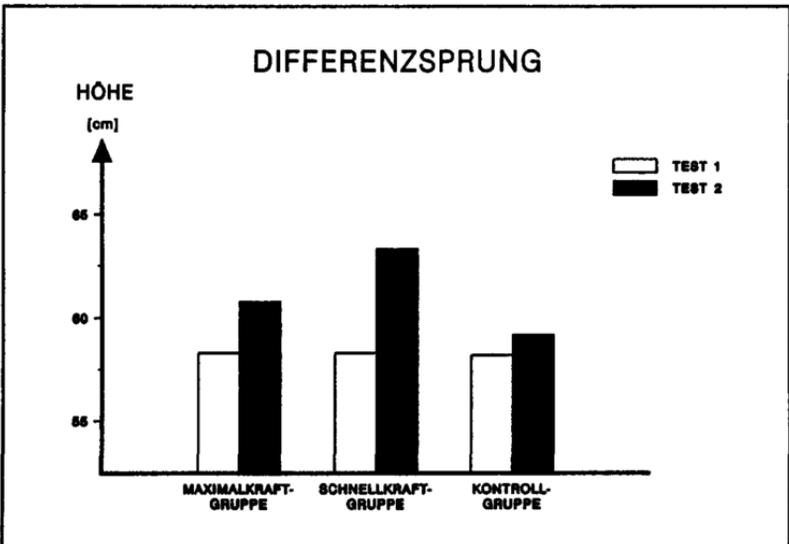
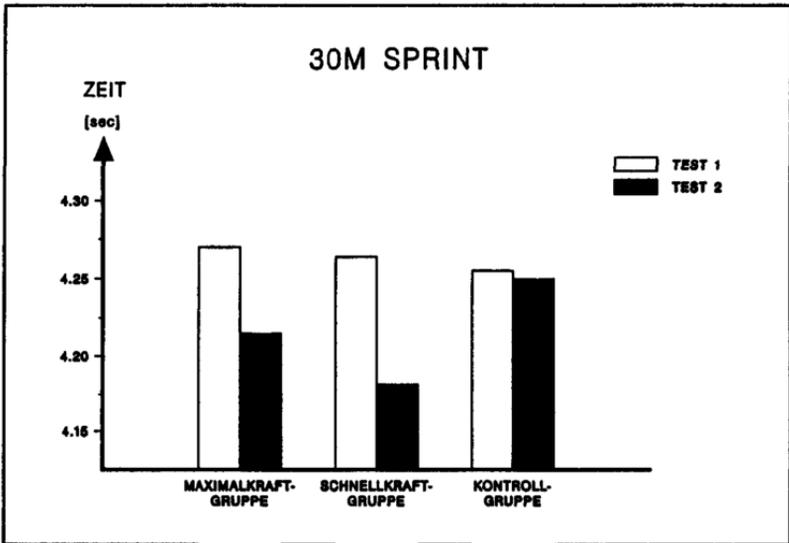


Abbildung 4: Leistungsentwicklung im 30-m-Sprint und im vertikalen Differenzsprung nach einer 6wöchigen Trainingsphase (Letzelter, 1985).

LETZELTER konnte anhand von Korrelationsrechnungen auch belegen, dass z.B. beim Sprungkrafttraining der Zusammenhang zwischen der Maximalkraft und der Sprungkraft mit zunehmender Belastung beim Springen immer grösser wird. Während die Maximalkraft die Sprungkraft ohne Belastung nur zu 21% bestimmt, wird die Sprungkraft bei einer zusätzlichen Last von 10% des Maximums mit 49% bestimmt (Abbildung 5).

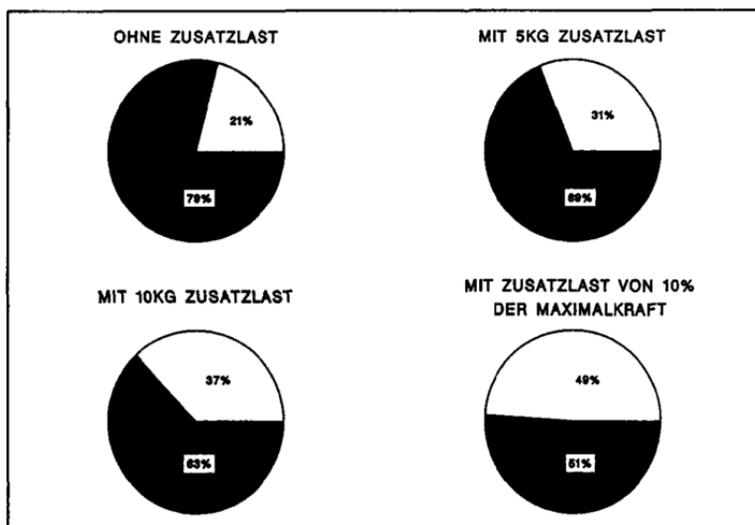


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen der Maximalkraft und der Sprungkraft bei unterschiedlichen Belastungen (Letzelter, 1985).

Für diese unterschiedlichen und zum Teil widersprüchlichen Ergebnisse in bezug auf den Zusammenhang zwischen der Maximalkraft und der Bewegungsschnelligkeit gibt es verschiedene Ursachen. Untersuchungsergebnisse sind immer von den untersuchten Sportlern, von der Versuchsdurchführung, von der Motivation, usw. abhängig. Während beispielsweise bei den Untersuchungen von KUNZ und SCHMIDTBLEICHER die Sportler bei koordinativ sehr wenig anspruchsvollen Labortests (Armbeugen, Armstrecken) untersucht wurden, waren die Tests von LETZELTER praxisbezogener und verlangten eine bessere Bewegungskoordination. Ueberdies trainierte die Maximalkraftgruppe bei SCHMIDTBLEICHER die gleiche Bewegung wie beim Test und im Bereich zwischen 90 und 100% des Maximums, während die Schnellkraftgruppe mit 30%

des Maximums und kleinen Wiederholungszahlen (7) arbeitete. Dagegen bestand das Training der Testgruppen bei LETZELTER aus komplexen gebräuchlichen Trainingsübungen (z.B. Kniebeugen, Reissen, Bankdrücken, usw.). Die Belastungen lagen bei der Maximalkraftgruppe zwischen 75 und 95% und bei der Schnellkraftgruppe zwischen 40 und 70%. Auch waren die getesteten Sportler kraftmässig auf einem höheren Niveau als die Sportler bei der Untersuchung von SCHMIDTBLEICHER. Es ist deshalb verständlich, dass die Resultate der beschriebenen Untersuchungen nicht gleich ausfallen konnten.

Die Fragestellung über den Einfluss der Kraft auf die Bewegungsschnelligkeit enthält viele Problemkreise, die im folgenden etwas geklärt werden sollen.

Die Maximalkraft setzt sich zusammen aus der intramuskulären Koordination, die sich auf die Kraft pro cm^2 Fläche auswirkt, und dem Muskelquerschnitt. Beim Training der intramuskulären Koordination, das heisst beim Training mit maximalem Krafteinsatz mit sehr hohen, aber auch kleineren Belastungen, werden mehr schnelle Muskelfasern rekrutiert als beim Training mit geringem Einsatz. Das extreme Maximalkrafttraining mit sehr kleinen Wiederholungszahlen (1-4) und Belastungen von 90-100% der maximalen Belastung garantiert deshalb ein intramuskuläres Koordinationstraining der schnellen Muskelfasern, weil der Sportler durch die hohen Belastungen gezwungen ist, sich maximal einzusetzen. Ein Training der schnellen Muskelfasern bedeutet immer eine Verbesserung der Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskulatur und damit eine Erhöhung der Bewegungsschnelligkeit auf allen Belastungsstufen, sofern die Bewegungskoordination (intermuskuläre Koordination) stimmt. Deshalb sind die guten Ergebnisse der Maximalkraftgruppe in der Untersuchung von SCHMIDTBLEICHER durchaus verständlich.

Bei einem Muskelquerschnittstraining zur Steigerung der Maximalkraft sind die Wiederholungszahlen normalerweise grösser als beim intramuskulären Koordinationstraining, der Krafteinsatz, ausser eventuell bei den letzten Wiederholungen, nicht maximal und die Bewegungsgeschwindigkeit nicht sehr gross (z.B. auch dynamisch langsames Krafttraining). Bei einem solchen Training werden hauptsächlich die langsamen Muskelfasern aktiviert und querschnittsmässig vergrössert. Die Wirkung auf die schnellen Muskelfasern ist geringer. Deshalb ist ein solches Maximalkrafttraining kein optimales Training zur Steigerung der Bewegungsschnelligkeit,

vor allem nicht auf kleinen Belastungsstufen. Es kann aber durchaus positive Auswirkungen haben, weil eine höhere Maximalkraft auch höhere Belastungen zulässt. Ein Sportler, der nicht in der Lage ist, z.B. beim Bankdrücken 100kg hochzudrücken, erreicht demnach bei dieser Belastung auch keine Bewegungsschnelligkeit. Dagegen kann der Athlet mit einer Bestleistung von 150kg die 100kg schwere Hantel relativ schnell hochbewegen. Je kleiner die Belastung ist, desto kleiner ist auch der Vorteil eines grossen Muskelquerschnittes. Es ist sogar möglich, dass Sportler mit einer kleineren Maximalkraft bei geringen Belastungen wesentlich höhere Geschwindigkeitswerte erreichen.

Im angesprochenen Fragenkomplex ist auch die Bewegungsausführung von entscheidender Bedeutung. Bei den Uebungen tiefe Kniebeugen oder Bankdrücken ist es beispielsweise möglich, die Hantel langsam hochzubringen. Je geringer die Bewegungsgeschwindigkeit ist, umso eher können die langsamen tonischen Muskeln und die langsamen Muskelfasern die Bewegung unterstützen und mithelfen, eine hohe Maximalkraft zu produzieren. Dies ist bei Kraftübungen wie Umsetzen oder Reissen nicht möglich. Die Bewegung kann nur schnell ausgeführt werden, das heisst die schnellen phasischen Muskeln und die schnellen Muskelfasern sind für die Maximalkraft verantwortlich. Anders formuliert kann auch gesagt werden: Bei den einen Uebungen hat der Muskelquerschnitt einen stark maximalkraftbestimmenden Einfluss, bei den anderen Uebungen hat die intramuskuläre Koordination eine grössere Bedeutung. Dementsprechend müsste z.B. die Uebung Reissen einen deutlicheren Einfluss auf die Schnellkraft und die Bewegungsschnelligkeit haben als die Uebung Kniebeugen. Diese Aussage kann durch eine Untersuchung an den Schweizer Zehnkämpfern bestätigt werden (Tabelle 1).

Uebung	Kniebeugen	Reissen
Kugelschocken vw.	0.38	0.75
Medizinballwerfen mit Anlauf	0.48	0.73
Froschhüpfen aus Stand	0.40	0.59
30m Sprint	—	0.48
Froschhüpfen auf Zeit	—	0.96

Tabelle 1: Korrelationskoeffizienten der Testübungen Kniebeugen und Reissen.

Die Uebung Reissen hat zu allen Testübungen im Schnellkraft- und Schnelligkeitsbereich eine grössere Beziehung als die Uebung Kniebeugen. Diese Ergebnisse machen deutlich, dass das Maximalkrafttraining zur Verbesserung der Schnellkraft und der Bewegungsschnelligkeit auf die Aktivierung der schnellen Muskelfasern ausgerichtet sein muss und somit ein Training der intramuskulären Koordination sein sollte.

Auch das Schnellkrafttraining muss, wenn damit die Bewegungsschnelligkeit gefördert werden soll, mit maximalem Einsatz ausgeführt werden. Bei Belastungen von 30–60% des Maximums sollen 12–6 Wiederholungen absolviert werden. Die Arbeitszeit soll 15 Sekunden nicht übersteigen (Ermüdung). Beim Schnellkrafttraining mit maximalem Einsatz werden ebenfalls wie beim Maximalkrafttraining (intramuskuläre Koordination) primär die schnellen Muskelfasern trainiert. Die Wirkung auf die langsamen Muskelfasern ist gering, weil die Bewegungsgeschwindigkeit für diese Fasern zu gross ist. Mit dem Schnellkrafttraining werden deshalb sicher nicht die "falschen" Muskelfasern trainiert, wie das beim Maximalkrafttraining der Fall sein könnte. Das grosse Problem besteht beim Schnellkrafttraining darin, dass im Gegensatz zum Maximalkrafttraining der Zwang für einen maximalen Krafteinsatz durch die kleineren Belastungen wegfällt und die Trainingswirkung somit nicht immer optimal ist.

Die Bewegungsausführung spielt auch beim Schnellkrafttraining eine entscheidene Rolle. Schnelle Bewegungen aus der Ruhestellung (z.B. Standardsprünge) bewirken eine geringere Aktivierung der Muskulatur als Bewegungsformen, bei denen mit grosser Bewegungsgeschwindigkeit zyklisch gearbeitet wird (z.B. fortgesetzte Tiefsprünge). (Siehe auch Kapitel Bewegungsausführung.)

Die Frage, ob ein Maximalkraft- oder ein Schnellkrafttraining für eine Sportart wichtiger ist, hängt auch von der Bedeutung der absoluten oder der relativen Kraft in der betreffenden Sportart ab. In allen Sportarten, bei denen die absolute Kraft sehr wichtig ist (z.B. Kugelstossen, z.T. Kampfsportarten), bringt das Maximalkrafttraining auch eine verbesserte Bewegungsschnelligkeit. In denjenigen Sportarten, in denen die relative Kraft, d.h. die Kraft pro Körpergewicht die Leistung bestimmt (z.B. Sprint, Sprünge), ist es wichtig, viel Kraft bei eher kleinem Körpergewicht zu haben. Dazu eignet sich das Schnellkrafttraining

wahrscheinlich besser. Diese Aussage wird durch die Testresultate von LETZELTER bestätigt.

Der Einfluss des Krafttrainings auf die Bewegungsschnelligkeit ist wahrscheinlich auch abhängig von der Komplexität der Bewegung. Bei einfachen Bewegungen hat die Bewegungskoordination eine geringere Bedeutung als bei sehr anspruchsvollen Bewegungen. Es scheint, dass die Bewegungsschnelligkeit bei einfachen Bewegungen sehr gut durch ein Maximalkrafttraining, bei koordinativ anspruchsvollen Bewegungen eher durch ein Schnellkrafttraining gesteigert werden kann.

Zusammengefasst kann die Bedeutung der Kraft und des Krafttrainings auf die Schnelligkeit folgendermassen formuliert werden:

- Das Maximalkrafttraining ist ein gutes Schnelligkeitstraining für Sportarten, bei denen hohe Widerstände überwunden werden müssen, die koordinativ nicht sehr anspruchsvoll und eher azyklisch sind.
- Das Schnellkrafttraining scheint bei koordinativ anspruchsvollen und eher zyklischen Sportarten und bei geringem Widerstand die Bewegungsschnelligkeit besser zu fördern.
- Je nach den Voraussetzungen der Sportler können teilweise unterschiedliche Tendenzen festgestellt werden.

3.2.3 Bewegungsausführung, Koordination

Die Bewegungsschnelligkeit wird auch durch die Bewegungsausführung beeinflusst. Es ist beispielsweise sehr schwierig, aus der Ruhestellung eine explosive Bewegung auszuführen. Mit einer Ausholbewegung können höhere Geschwindigkeiten erreicht werden (Abbildung 6).

Sowohl ohne Belastung, als auch mit 15 und 30% der maximalen Belastung kann mit einer Ausholbewegung beim Unterarmbeugen eine höhere Bewegungsschnelligkeit erreicht werden. Unter einer Ausholbewegung versteht man zuerst eine Bewegung in der negativen Bewegungsrichtung (exzentrische Muskelarbeit) und anschliessend eine Bewegung in der positiven Richtung (konzentrische Muskelarbeit). Durch die negative Bewegung wird der Muskel gedehnt und bereits beim Abbremsen aktiviert, so dass bei der Bewegungsumkehr zu Beginn der positiven Bewegung schon eine relativ grosse Anfangskraft vorhanden ist (Abbildung 7).

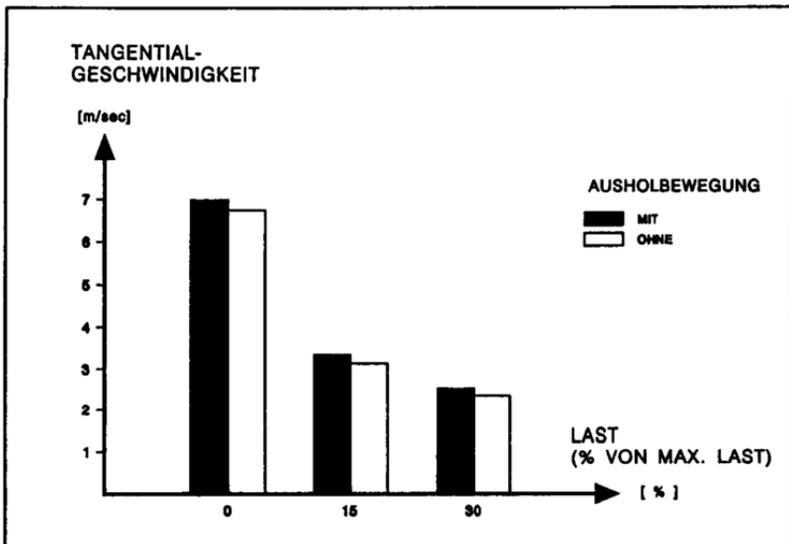


Abbildung 6: Bewegungsschnelligkeit in Abhängigkeit der Bewegungsausführung und der Belastung.

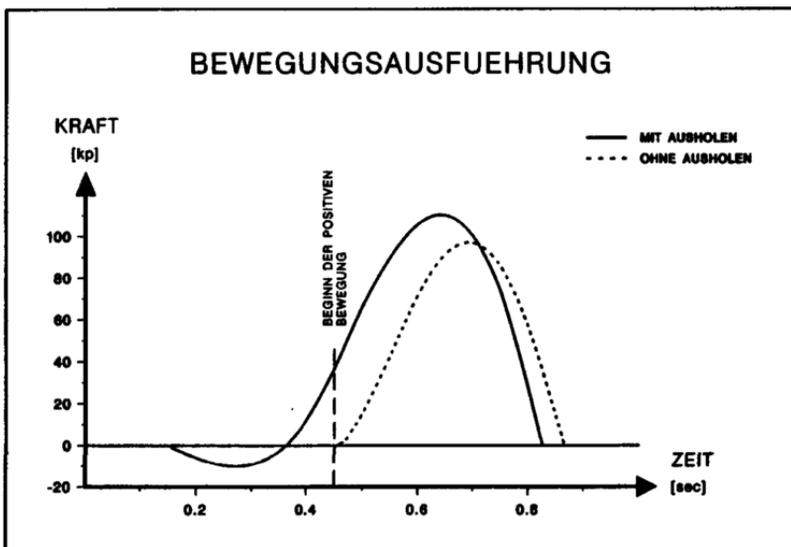


Abbildung 7: Kraftverlauf bei unterschiedlicher Bewegungsausführung.

Wenn die Muskulatur beim Abbremsen der negativen Bewegung schnell gedehnt wird, kann sie über den Dehnreflexmechanismus stärker aktiviert werden. Daraus resultiert neben der grösseren Anfangskraft auch ein grösseres Kraftmaximum, ein grösserer Impuls (Fläche unter der Kraftkurve) und dadurch eine grössere Bewegungsgeschwindigkeit.

Schematisch dargestellt läuft der Dehnreflex folgendermassen ab:

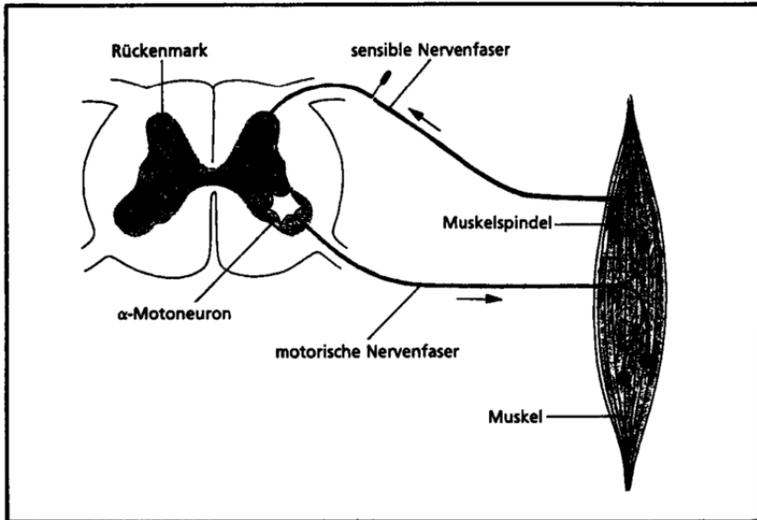


Abbildung 8: Der Dehnreflex (SPRING et al., 1986).

In der Muskulatur sind parallel zu den Muskelfasern Muskelspindeln eingelagert, welche die Längenänderung des Muskels registrieren. Wenn nun ein Muskel schnell gedehnt wird, wird diese Information über schnell leitende Nervenfasern an die dazugehörigen α -Motoneurone im Rückenmark übermittelt. Diese werden gereizt und bewirken ihrerseits über die motorischen Nervenfasern eine Reizung der Muskulatur. Neben der willkürlichen Aktivierung der Muskelfasern werden bei dieser zusätzlichen Reizung vor allem die schnellen Muskelfasern aktiviert, so dass dadurch eine wesentlich grössere Kraft produziert werden kann und daraus auch eine höhere Bewegungsgeschwindigkeit entsteht. Die grössere Kraft bewirkt aber nicht eine im gleichen Mass grössere Bewegungsgeschwindigkeit, da für die Bremsphase und die Bewegungsumkehr mehr Kraft benötigt wird als bei einer Bewegung aus der Ruhestellung. So wird

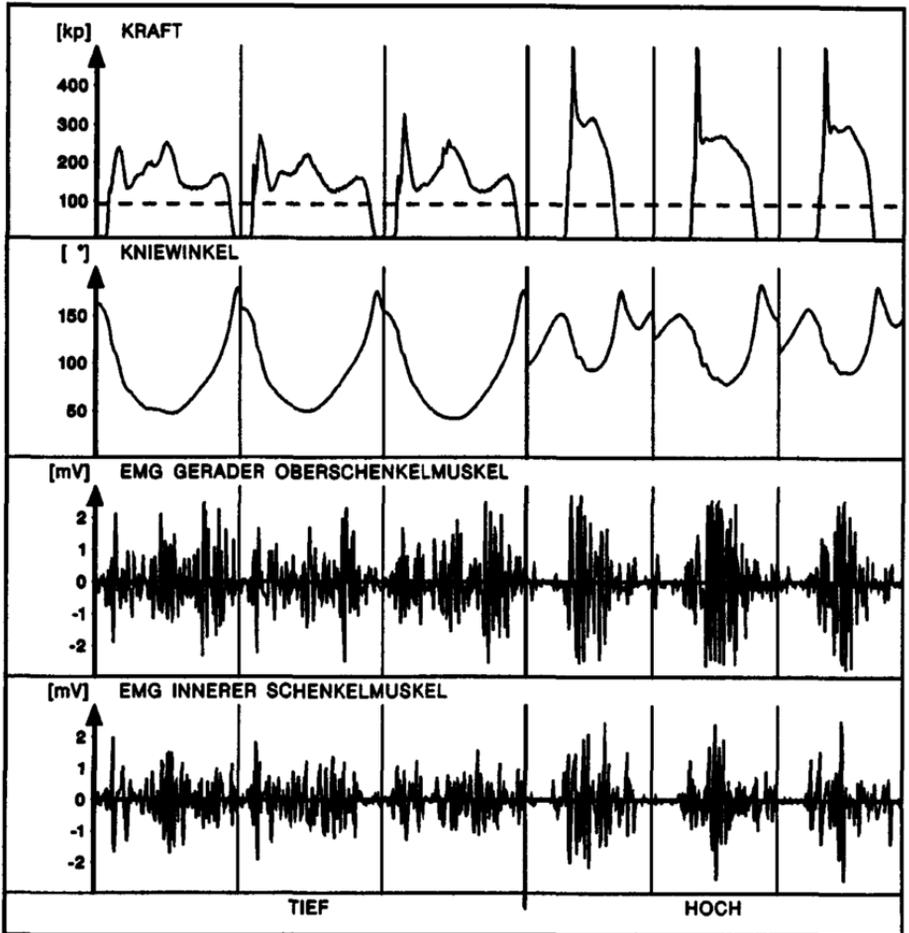


Abbildung 9: Muskelaktivität bei Tiefsprüngen mit unterschiedlich langem Bremsweg.

z.B. beim Tiefsprungtraining ein grosser Teil der zusätzlich produzierten Kraft dazu gebraucht, die Abwärtsbewegung abzubremsen und in eine Aufwärtsbewegung umzulenken. Um den Dehnreflex bei einer Bewegung ausnützen zu können, muss der vorinnervierte Muskel relativ schnell über einen eher kurzen Weg gedehnt werden. So kann z.B. bei den Tiefsprüngen der Dehnreflex nur ausgenützt werden, wenn die Abwärtsbewegung nicht bis in die tiefe Hocke ausgefedert wird (Abbildung 9).

Die Wirkung des Dehnreflexes bei einer sportlichen Bewegung, z.B. bei einem Hochsprung-Absprung, kann durch Training verbessert werden. Der wichtigste Punkt dabei ist die willentliche Vorspannung der Sprungmuskulatur (aktives Aufsetzen), so dass die Muskeldehnung schneller erfolgt und einen grösseren reflektorischen Reiz auslöst. Die so erreichte höhere Kraft wird in der Fachsprache auch als reaktive Kraft bezeichnet. Dass das Ausnützen des Dehnreflexes trainierbar ist, kann mit einer Untersuchung beim Ballwerfen gezeigt werden (Abbildung 10).

Während ungeübte Speerwerfer mit einer Ausholbewegung keine höheren Abwurfgeschwindigkeiten erreichten, waren die Geschwindigkeiten bei gut trainierten Speerwerfern mit einer Ausholbewegung deutlich grösser. Die Abwurfgeschwindigkeiten können mit der Ausholbewegung nur gesteigert werden, wenn der Sportler diese Bewegung schnell und mit vorgespannter Muskulatur ausführt, das heisst, wenn er diese Bewegung häufig übt und sie koordinativ beherrscht.

Die reaktive Kraft ist vor allem bei zeitlich kurzen Bewegungen entscheidend. Wer z.B. beim Weitsprung den Sprungfuss nicht aktiv mit vorgespannter Muskulatur aufsetzen und damit sofort eine grosse Kraft entwickeln kann, wird bei den kurzen Kontaktzeiten von 0.10–0.13s nicht in der Lage sein, seinen Körper genügend zu beschleunigen und mit einem optimal grossen Abflugwinkel von 18–22° wegzuspringen. Andererseits spielt die Vorspannung beim tiefen Froschhüpfen keine wesentliche Rolle, weil der Bremsweg und die Kontaktzeit eher lang sind.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das Ausnützen des Dehnreflexmechanismus, z.B. durch aktives Aufsetzen oder durch eine Ausholbewegung, grössere Bewegungsgeschwindigkeiten ermöglicht. Allerdings ist bei jeder Sportart zu überlegen, ob solche Bewegungen überhaupt sinnvoll sind (z.B. Ueberraschen des Gegners, Zeitverlust durch eine Ausholbewegung bei einem Start auf ein Kommando).

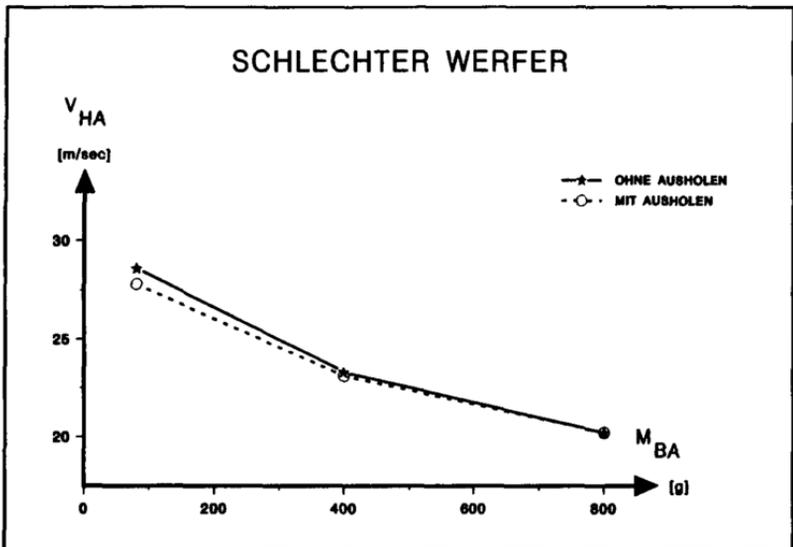
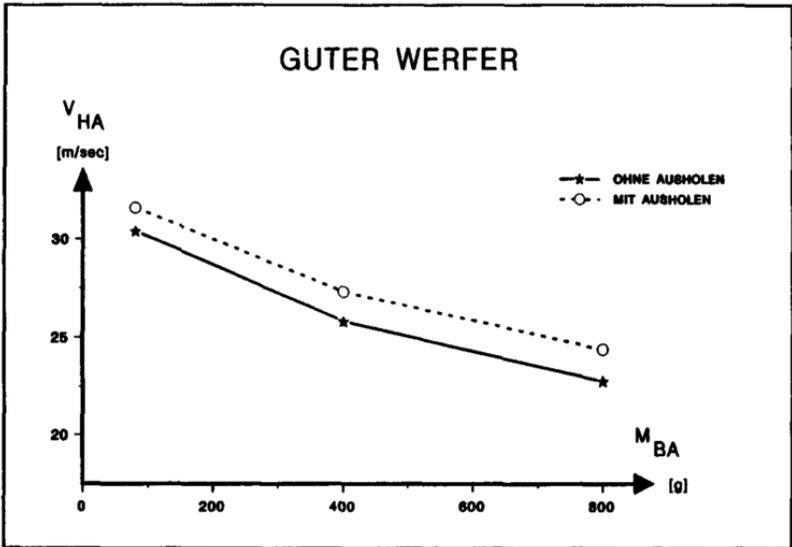


Abbildung 10: Auswirkung der Ausholbewegung auf die Geschwindigkeit der Hand beim Ballwerfen mit unterschiedlichen Belastungen.

3.2.4 Muskelaktivität

Die Aktivität der Muskulatur ist abhängig von der äusseren Belastung. Das heisst, durch grosse Widerstände wird die Muskulatur gezwungen, intensiver zu arbeiten. Andererseits bewirkt eine intensivere Muskelarbeit bei gleichbleibendem Widerstand eine Erhöhung der Bewegungsgeschwindigkeit. Während sich eine Belastungserhöhung zwangsweise in einer grösseren Muskelaktivität auswirkt, muss eine grössere Bewegungsgeschwindigkeit über einen grösseren Willensaufwand erreicht werden.

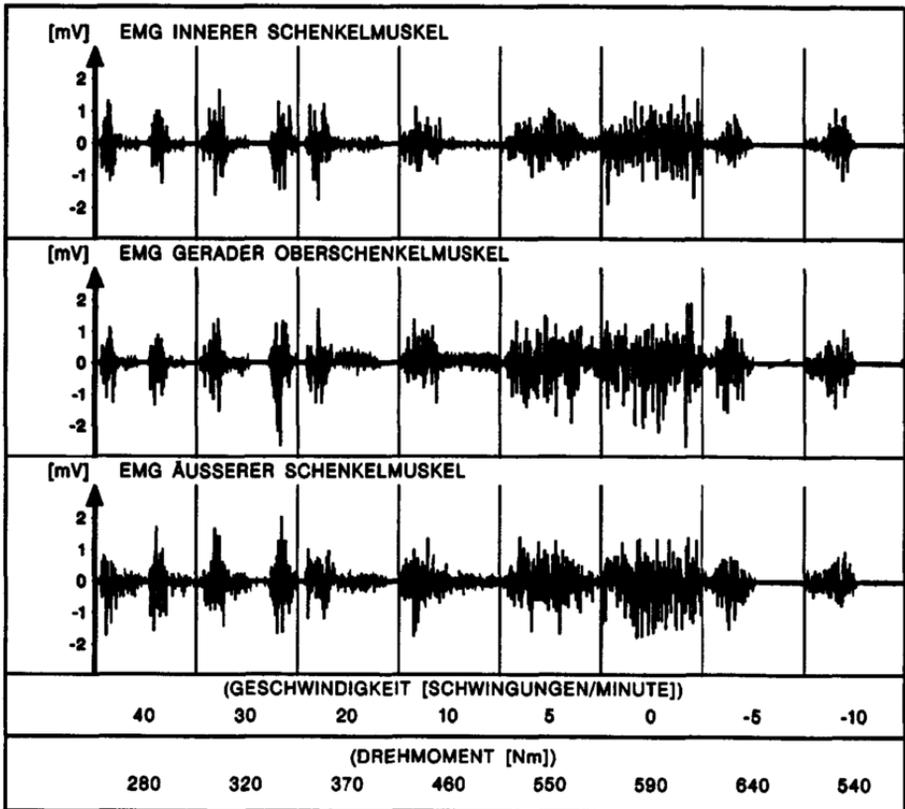


Abbildung 11: Kraft und Muskelaktivität bei unterschiedlichen, konstanten Geschwindigkeiten (Schnell, Desmodrom).

Wenn bei einer Versuchsreihe mit unterschiedlichen, aber über die Bewegung *konstanten* Geschwindigkeiten versucht wird, eine maximale Kraft zu produzieren, kann festgestellt werden, dass die Aktivität der Muskulatur immer etwa gleich bleibt (Abbildung 11).

Trotz der gleichen Muskelaktivität vermindert sich die von der Muskulatur auf den Hebelarm der Kraftmaschine produzierte Kraft bei einer Verdoppelung der Bewegungsgeschwindigkeit um etwa 20%.

Wenn bei einer im Sport üblichen Bewegung, z.B. beim Bankdrücken, die Hantel *beschleunigt* wird, so vermindert sich die produzierte Kraft bei doppelter Geschwindigkeit um rund die Hälfte. Diese grosse Kraftdifferenz hat als Ursache einerseits die Zunahme der innermuskulären Reibung bei grösseren Geschwindigkeiten und andererseits die Abnahme der Muskelaktivität einzelner Muskeln bei grossen Bewegungsgeschwindigkeiten. Beim Beschleunigen der Hantel wird ihr Widerstand auf die Muskelfasern, insbesondere auf die langsamen Fasern, immer geringer, so dass diese ab einem gewissen Punkt nichts mehr zu einer Geschwindigkeitssteigerung beitragen können und ihre Aktivierung entfällt. So kann beim Bankdrücken festgestellt werden, dass der üblicherweise als schnell bezeichnete hintere Oberarmmuskel (Trizeps) bei allen Belastungen und Geschwindigkeiten ähnlich aktiv ist, wogegen der eher langsame Brustmuskel (Pectoralis) bei kleinen Belastungen und dementsprechend grossen Bewegungsgeschwindigkeiten mehr als 50% weniger Aktivität aufweist (Abbildung 12). Diese Aktivitätsunterschiede können je nach Faserzusammensetzung von Athlet zu Athlet verschieden sein.

Bei den Kniebeugen mit der Scheibenhantel ist die Situation nicht ganz vergleichbar mit dem Bankdrücken, weil dabei immer die Masse des Körpers mitgehoben werden muss. Das heisst, auch ohne Hantel beträgt der äussere Widerstand ungefähr 30% des Maximums. Trotzdem kann aber auch hier festgestellt werden, dass die Muskeln je nach Belastung und Bewegungsausführung unterschiedlich arbeiten (Abbildung 13).

Beim einen Sportler nimmt mit zunehmender Belastung und dementsprechend kleinerer Bewegungsschnelligkeit die Aktivität des grossen Gesässmuskels, beim anderen Sportler jene des inneren Schenkelmuskels deutlich ab. Dies ist einerseits ein Zeichen dafür, dass die beiden Athleten nicht mit den gleichen Muskeln arbeiten (z.T. andere Bewegungsausführung), dass bei ihnen aber möglicherweise auch die Anteile der schnellen Fasern bei den einzelnen Muskeln unterschiedlich sind.

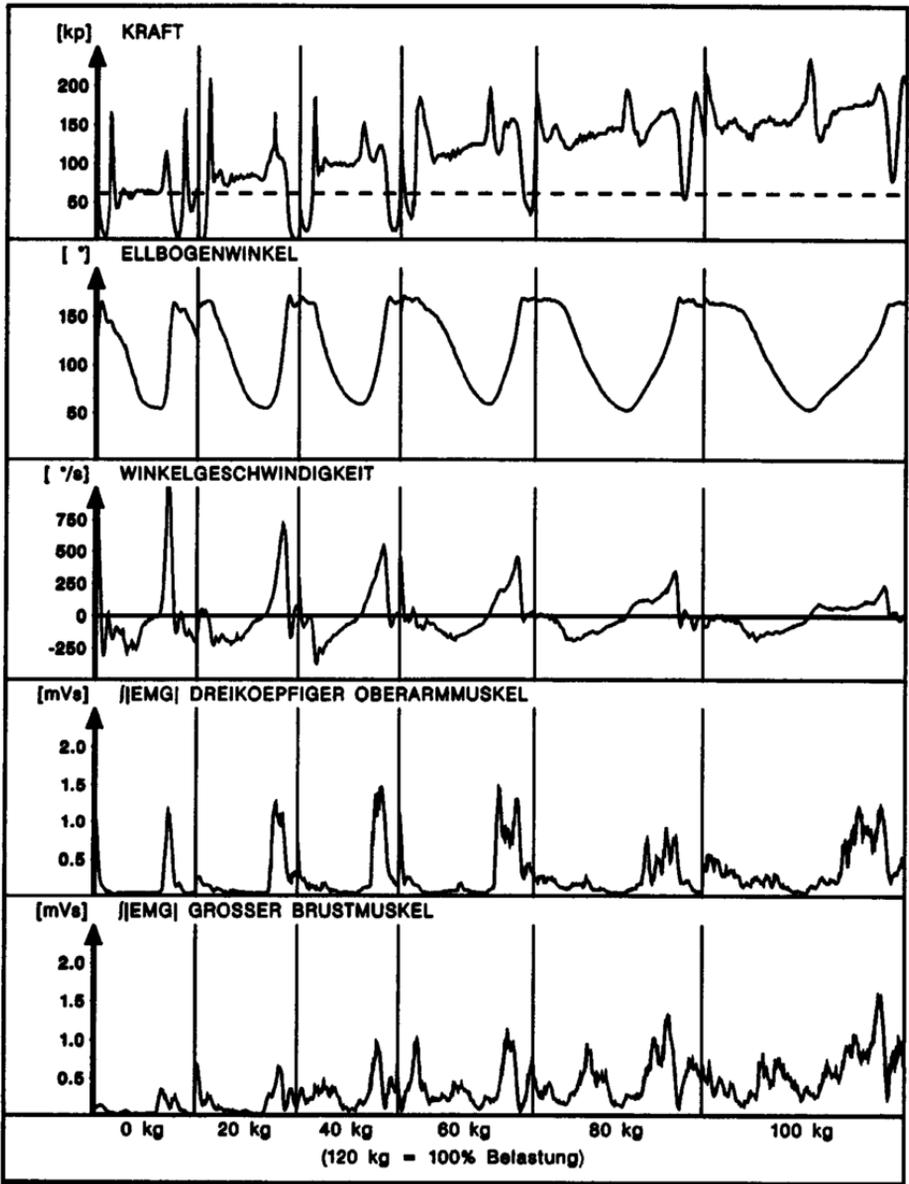


Abbildung 12: Kraft, Bewegungsschnelligkeit und Muskelaktivität beim Bankdrücken.

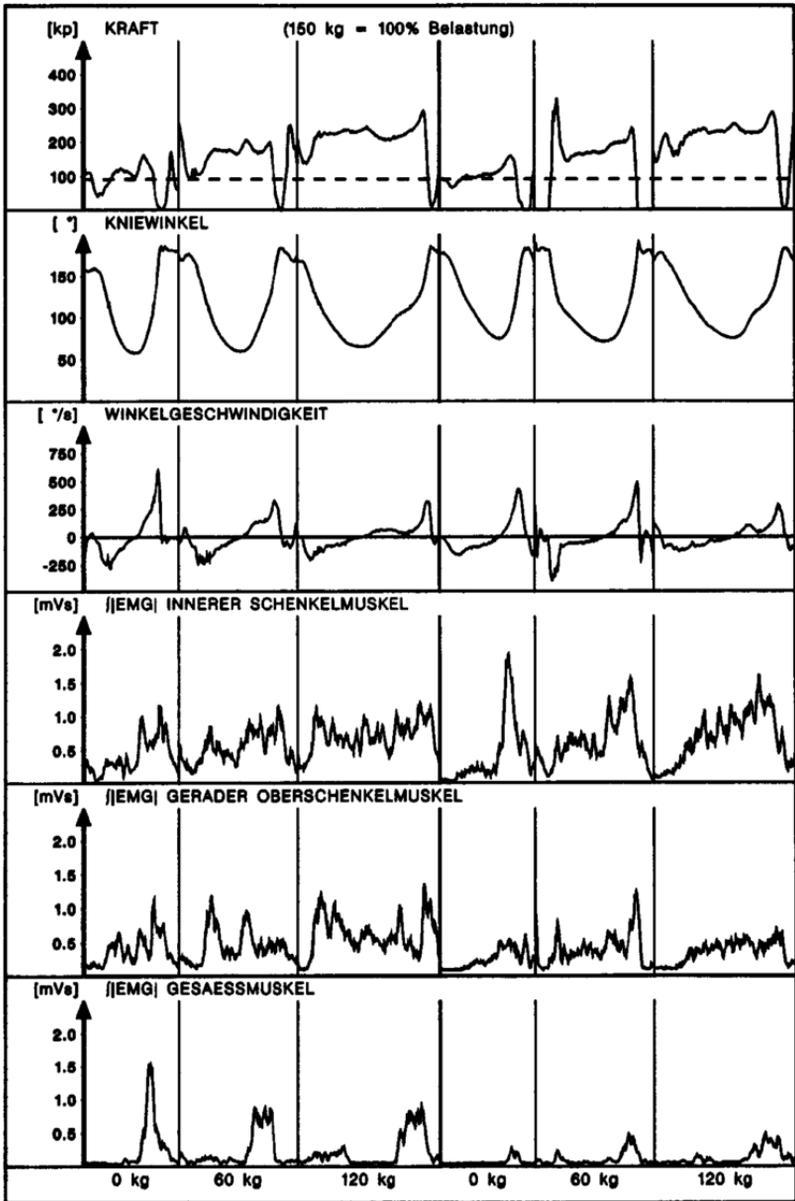


Abbildung 13: Kraft, Bewegungsschnelligkeit und Muskelaktivität bei den tiefen Kniebeugen (2 Athleten).

Die Muskelaktivität ist aber nicht nur von der Belastung und der Bewegungsschnelligkeit, sondern auch von der Winkelstellung abhängig. So wird die Aktivität des inneren Schenkelmuskels bei beidbeinigen Strecksprüngen mit kleinen Belastungen (20kp) aus den tieferen Kniewinkelstellungen immer grösser (Abbildung 14).

Die Erklärung liegt darin, dass bei eher gestreckten Beinen die Belastung zu gering ist, um den Muskel stark zu aktivieren. Bei tiefen Kniewinkelstellungen, und damit ungünstigeren Hebelverhältnissen, muss die Muskulatur viel energischer reagieren, um die Abwärtsbewegung abzubremsen und wieder schnell wegzuspringen.

Bei beidbeinigen Strecksprüngen mit 100kp Belastung sind die Muskelaktivitäten des inneren und des geraden Schenkelmuskels bei den hohen Kniewinkelstellungen grösser als bei den tiefen Positionen, weil durch die hohe Belastung die Muskulatur bereits bei fast gestreckten Beinen stark aktiviert werden muss und zusätzlich durch den kurzen Bremsweg der Dehnreflex wirkt. Bei den tiefen Kniewinkelstellungen dauert das Abbremsen länger, was die Wirkung des Dehnreflexes grösstenteils verhindert. Dazu sind auch die Hebelverhältnisse ungünstig, so dass die Bewegungsumkehr und die anschliessende Streckbewegung viel länger dauern (Abbildung 15). Daraus wird verständlich, warum man bei hohen Anlaufgeschwindigkeiten nicht aus tiefen Winkelstellungen wegspringen kann.

Aus den Muskelaktivitätsmessungen können verschiedene Folgerungen abgeleitet werden:

Da die Muskelaktivität und damit auch die intermuskuläre Koordination von der Belastung, der Bewegungsgeschwindigkeit, der Winkelstellung und der Bewegungsausführung abhängig sind, muss dieses muskuläre Zusammenspiel vornehmlich wettkampffählich trainiert werden.

Während sich bei koordinativ sehr einfachen Bewegungen ein Maximalkrafttraining unmittelbar in einer höheren Bewegungsschnelligkeit auswirken kann, ist dies bei anspruchsvollen Bewegungen weniger der Fall.

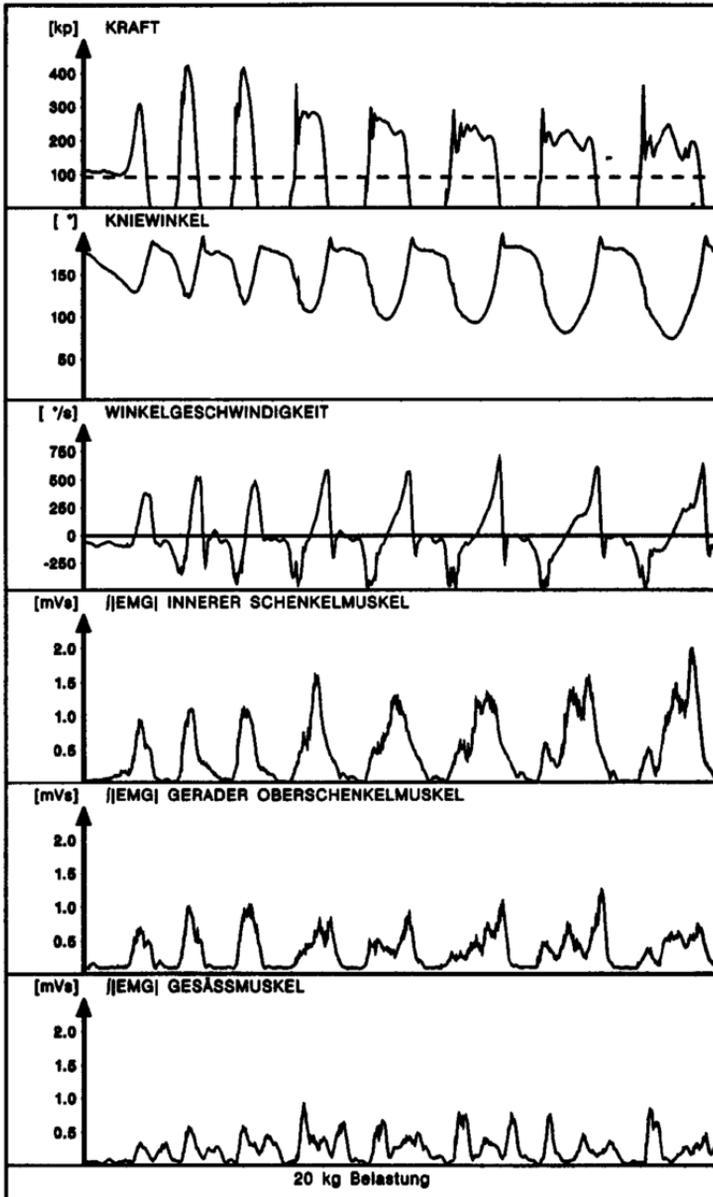


Abbildung 14: Muskelaktivität beim Hüpfen mit 20kp Belastung und unterschiedlichen Kniewinkelstellungen.

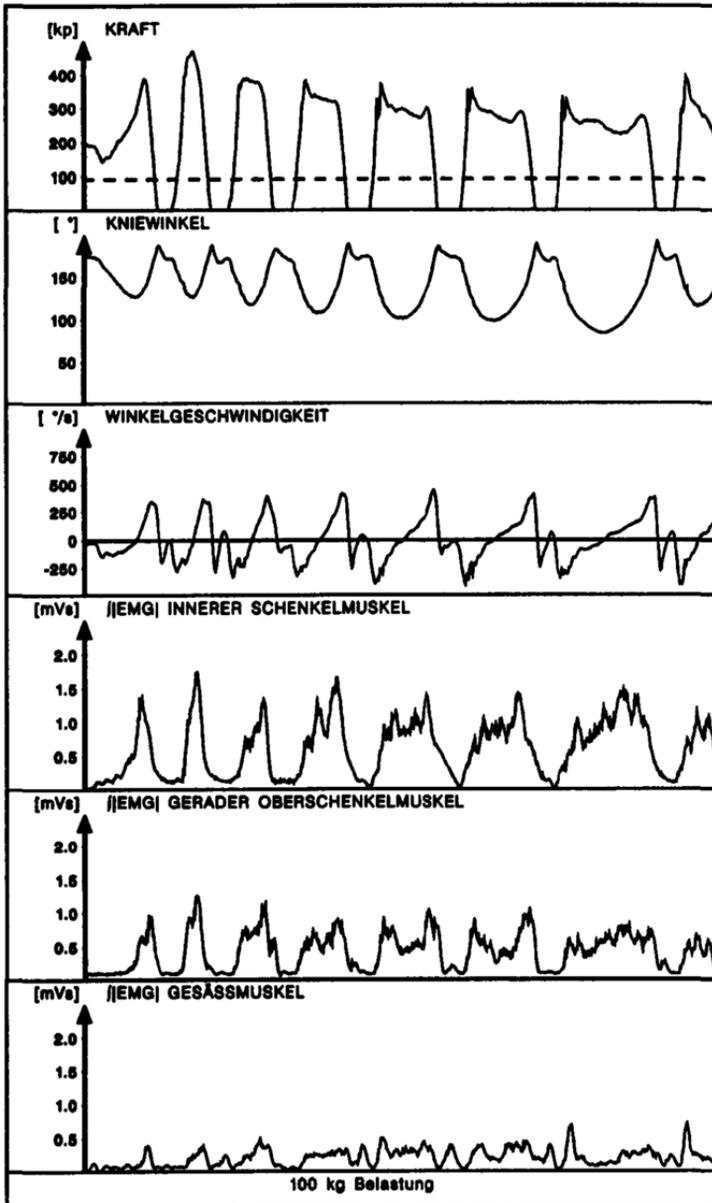


Abbildung 15: Muskelaktivität beim Hüpfen mit 100kp Belastung und unterschiedlichen Kniewinkelstellungen.

3.2.5 Hebelverhältnisse

Alle Bewegungen im Alltag und im Sport sind das Resultat von Drehmomenten (Drehmoment = Kraft x Hebelarm). Die Wirkungslinie der Muskelkraft geht nie durch den Drehpunkt im Gelenk (Abbildung 16). Deshalb ist die Bewegung immer abhängig von der Grösse der Kraft und des entsprechenden Hebelarmes.

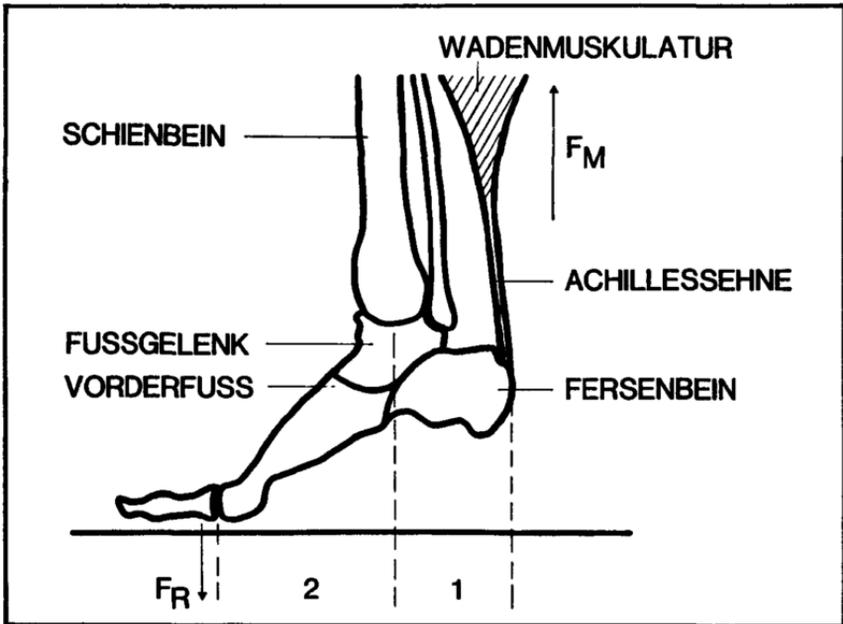


Abbildung 16: Hebelverhältnisse im Fussgelenk.

Die Hebelverhältnisse (Verhältnis zwischen Kraft- und Lastarm) sind, relativ gesehen, bei grossen und bei kleinen Personen ähnlich. So ist z.B. beim menschlichen Fuss das Verhältnis zwischen dem Kraftarm (Abstand der Achillessehne zum Drehpunkt im Gelenk) und dem Lastarm (Abstand des Fussballens zum Drehpunkt im Gelenk) ungefähr 1 : 2. Dies bedeutet, dass beim einbeinigen Zehenstand die Wadenmuskulatur doppelt soviel Kraft leisten muss als das eigene Körpergewicht beträgt. Absolut gesehen muss der 100kp schwere Athlet beim Zehenstand mit seiner Wadenmuskulatur 200kp, der 50kp schwere Athlet aber nur 100kp Kraft produzieren. Das doppelte Körpergewicht bedeutet aber nicht doppelt soviel Muskelkraft, weil das Körpergewicht vom Volumen, die Kraft aber

vom Muskelquerschnitt abhängig ist. Deshalb ist es z.B. beim Gewichtheben für einen doppelt so schweren Athleten nicht möglich, die doppelte Belastung zu heben, oder ein grosser und schwerer Kunstturner wird bei allen Kraftteilen Mühe haben. Wenn das eigene Körpergewicht bewegt werden muss, ist es am günstigsten, relativ viel Kraft bei möglichst kleinem Körpergewicht zu haben. Kleine Athleten mit kurzen Hebelarmen sind deshalb im Vorteil.

Wenn grosse Bewegungsgeschwindigkeiten erreicht werden sollen, sind dagegen die Sportler mit den langen Hebeln im Vorteil, sofern die Widerstände eher klein und die eigene Muskelkraft gross genug sind. So wird beispielsweise ein Sportler mit 20% längeren Unterarmen bei gleicher Winkelgeschwindigkeit eine um 20% grössere tangentielle Handgeschwindigkeit erreichen als ein Athlet mit kurzen Unterarmen (Abbildung 17).

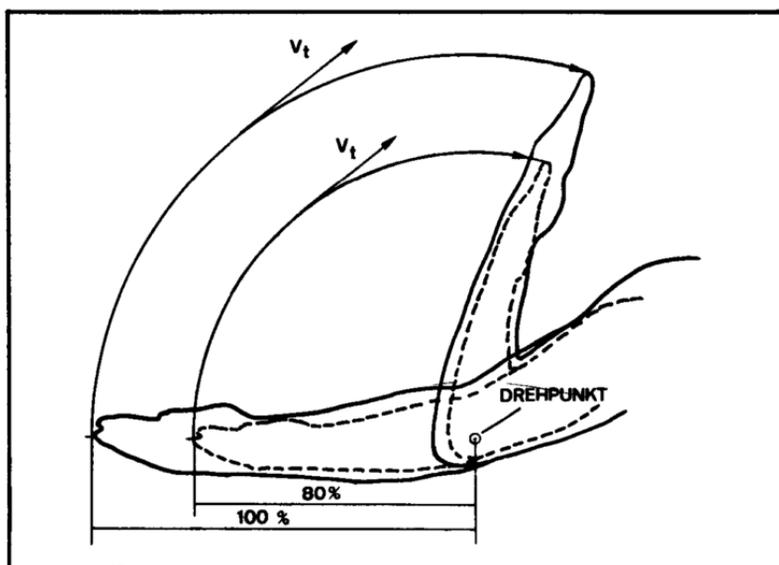


Abbildung 17: Bewegungsgeschwindigkeit und Beschleunigungsweg beim Ellbogenbeugen.

Wie aus Abbildung 17 hervorgeht, haben Sportler mit langen Hebelarmen auch einen grösseren Beschleunigungsweg, was sich bei günstigen Kraftvoraussetzungen, z.B. in den Wurfdisziplinen, beim Handballspielen oder auch beim Tennisspielen günstig auswirken kann. Lange Hebelarme garantieren aber noch keine Topleistungen, da die grossen Sportler oft Mühe haben, ihre Bewegungen gut zu koordinieren.

Im folgenden soll anhand eines praktischen Beispieler der Einfluss der Hebelverhältnisse auf die Bewegungsgeschwindigkeit erläutert werden. Beim 100-m-Lauf hat der grosse Sprinter in der Start- und in der Beschleunigungsphase normalerweise Schwierigkeiten, auf Touren zu kommen, weil in diesen Phasen der eigene Körper aus der Ruhestellung auf eine hohe Geschwindigkeit beschleunigt werden muss. Der massgebende Konditionsfaktor ist dabei die Schnellkraft, und darin sind die Athleten mit langen Hebeln etwas benachteiligt. In der Hochgeschwindigkeitsphase wird die Schnelligkeit zur wichtigsten leistungsbestimmenden Grösse, was für die grossen Sprinter einen Vorteil bedeutet, da sie mit einer ähnlichen Winkelgeschwindigkeit einen grösseren Beschleunigungsweg haben. Bei den kleinen Athleten ist die Situation eher umgekehrt. Sie sind häufig gute Starter, können aber in der Schlussphase oft nicht mehr mithalten, weil ihr Beschleunigungsweg kleiner ist und die Schrittfrequenz nicht beliebig erhöht werden kann.

3.3 Leistung

Die Leistung im sportlichen Sinne hängt in den meisten Fällen stark von der physikalischen Leistung ab, sie ist ihr aber nicht gleichzusetzen. So ist beispielsweise die physikalische Leistung eines Läufers mit einer Masse von 70kg wesentlich höher als jene eines Läufers mit 60kg, wenn beide die gleiche sportliche Leistung erzielen (Laufzeit).

Die physikalische Leistung wird folgendermassen definiert:

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Kraft} \times \text{Weg}}{\text{Zeit}} = \text{Kraft} \times \text{Geschwindigkeit}$$

Damit wird ausgedrückt, dass es zum Erzielen einer hohen Leistung günstig ist, eine grosse Last über einen langen Beschleunigungsweg, aber in kurzer Zeit zu bewegen. Es heisst aber auch, dass die Muskulatur eine möglichst grosse Kraft produzieren und sich dabei sehr schnell verkürzen sollte.

In den meisten Sportarten hat die physikalische Leistung (Watt) eine grössere Bedeutung als die Maximalkraft. Es ist entscheidend, innerhalb kurzer Zeit viel Kraft zu produzieren. So kann z.B. ein Weitspringer nur weit springen, wenn er in der Lage ist, während der sehr kurzen Kontaktzeit beim Absprung viel Kraft zu produzieren. Für die Praxis bedeutet dies, dass beim Training vor allem darauf geachtet werden sollte, die *Leistung* zu maximieren.

Bei der Leistung kann unterschieden werden in mittlere Leistung und momentane Leistung. Die mittlere Leistung ist der Mittelwert der Leistung über einen Bewegungsablauf oder über 6–10 zyklisch wiederholte Bewegungen. Die momentane Leistung ist der Leistungswert zu einer bestimmten Zeit während eines Bewegungsablaufes. Das Leistungsmaximum kann dabei je nach Gelenkwinkelstellung sehr verschieden sein. Normalerweise wird die grösstmögliche mittlere Leistung nicht bei maximalen Widerständen erreicht, weil dort die Bewegungsgeschwindigkeit zu klein ist. Sie wird aber auch nicht bei der höchstmöglichen Bewegungsgeschwindigkeit erreicht, weil dabei die produzierte Kraft zu klein ist. In Abbildung 18 sind drei mittlere Leistungskurven von drei unterschiedlichen Bewegungsabläufen dargestellt. Dabei sind sowohl die Widerstände (Last) als auch die Leistungen relativ zu den Maximalwerten aufgezeichnet.

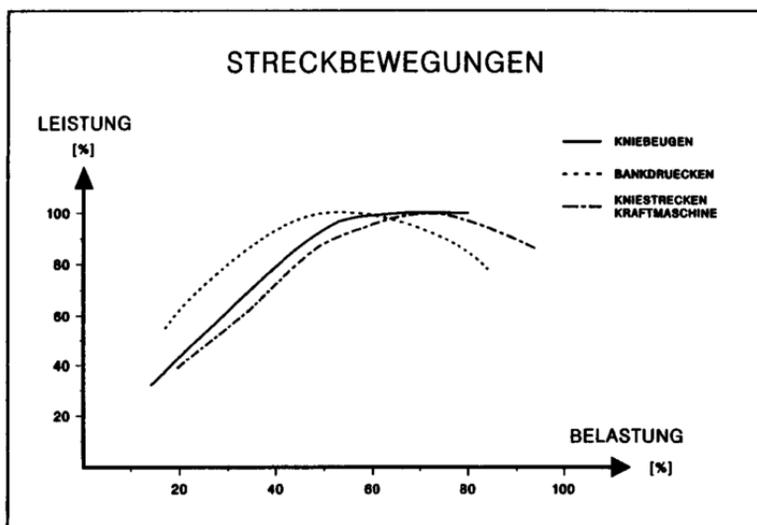


Abbildung 18: Mittlere Leistung in Abhängigkeit des Widerstandes.

Bei der Beinstreckung am Schnelltrainer liegt das Leistungsmaximum bei über 70% der maximalen Belastung. Der Grund dafür liegt an dem sich während der Bewegung ändernden Widerstand der Maschine (1 : 2 Uebersetzung). Aus diesem Leistungsverlauf ist ersichtlich, dass sich das Training an dieser Kraftmaschine als Leistungstraining bei hohen Belastungen sehr gut eignet. Es ist aber als Leistungstraining bei kleinen

Belastungen, das heisst als Schnellkraft- und Schnelligkeitstraining, nicht sinnvoll.

Die grossen Unterschiede im Leistungsmaximum zwischen dem Bankdrücken und dem Kniebeugen sind auf den ersten Blick etwas überraschend. Während beim Bankdrücken das Leistungsmaximum bei etwa 50% der maximalen Belastung erreicht wird, ist dies bei den tiefen Kniebeugen bei etwa 70–80% der Fall. Diese Unterschiede sind folgendermassen zu erklären: Beim Bankdrücken wird neben der Hantel nur die Masse der Arme mitbewegt, bei den Kniebeugen dagegen der ganze Körper. Beim Berechnen der Last muss deshalb das Gewicht der Hantel und des Körpers addiert werden. Die so errechneten Leistungen zeigen einen ähnlichen Verlauf wie jene beim Bankdrücken, ihr Höhepunkt wird aber etwa bei 60% der berechneten Maximallast erreicht (Abbildung 19).

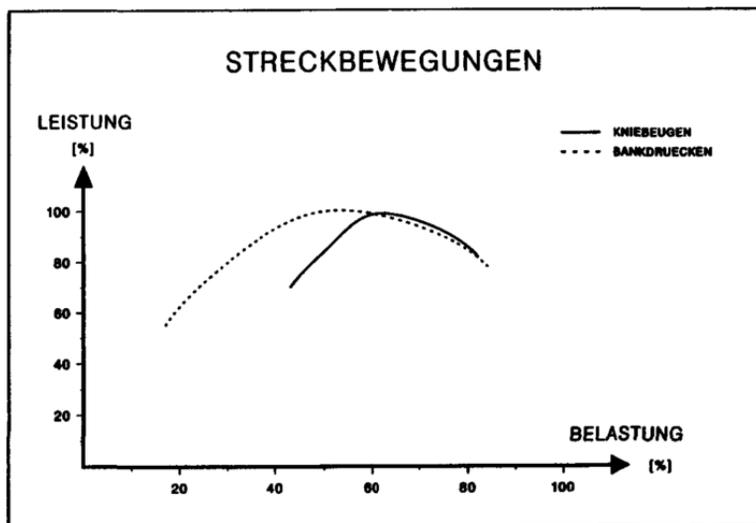


Abbildung 19: Mittlere Leistungen beim Bankdrücken und bei den Kniebeugen (unter Berücksichtigung des Körpergewichtes).

Der Grund für das um 10% differierende Leistungsmaximum liegt wahrscheinlich darin, dass beim Kniebeugen normalerweise mit prozentual höheren Belastungen gearbeitet wird als beim Bankdrücken und das Leistungsmaximum deswegen auch bei höheren Belastungswerten liegt. Die Hauptwirkung eines solchen Trainings liegt somit vornehmlich bei einer Steigerung der Maximalkraft. Will man aber das Leistungsmaximum

eher bei tieferen Belastungen erzielen, muss beim Training vor allem auf das Erreichen hoher Geschwindigkeiten geachtet werden. Da das eigene Körpergewicht bereits eine Belastung von 30–40% der maximalen Belastung darstellt, ist selbst ein Sprungkrafttraining kein eigentliches Schnelligkeitstraining mehr. Um die Schnelligkeitskomponente extrem zu forcieren, müsste somit z.B. an der Beinpresse mit 20–50kp Belastung gearbeitet werden.

Bei einer sportlichen Bewegung, z.B. beim Bankdrücken oder Kniebeugen, ist die Leistung nicht über den ganzen Bewegungsumfang konstant (Abbildung 20). Sie ist dann am grössten, wenn das Verhältnis zwischen der Kraft und der Geschwindigkeit optimal ist. Die Leistung ist deswegen nicht über den ganzen Bewegungsumfang konstant, weil sich die Hebelverhältnisse während der Bewegung ständig ändern. Dies bewirkt, dass z.B. beim Bankdrücken in einer Winkelstellung des Ellbogens von 80–100° bedeutend weniger grosse Lasten gehoben werden können als bei fast gestreckten Armen. Deshalb ist auch bei den ungünstigen Hebelverhältnissen die Bewegungsgeschwindigkeit und damit die Leistung weniger gross. Das Maximum der momentanen Leistung verschiebt sich über den Bewegungsablauf in Abhängigkeit des Widerstandes. Bei einer Belastung von 100% liegt es, z.B. beim Bankdrücken, bei einem Ellbogenwinkel von 150–170°. Je kleiner die Belastung wird, umso früher wird auch das Leistungsmaximum erreicht. Ohne Belastung liegt dieses zu Beginn der Bewegung bei einem Winkel von 50–60°.

Diese Leistungsverläufe zeigen, dass bei der Hantelarbeit, wie auch bei den meisten sportlichen Disziplinen, während einer Bewegung verschiedene Faktoren trainiert werden. Bei der Arbeit mit hohen Belastungen wird in den ungünstigen Winkelstellungen (tief) die Maximalkraft und in den günstigen Winkelstellungen (hoch) die Schnellkraft (Leistung) gefördert. Bei mittleren Belastungen wird in den tiefen Winkelstellungen die Schnellkraft (Leistung) und in den hohen Stellungen die Schnelligkeit trainiert. Bei geringen Belastungen wird fast ausschliesslich die Schnelligkeit gefördert.

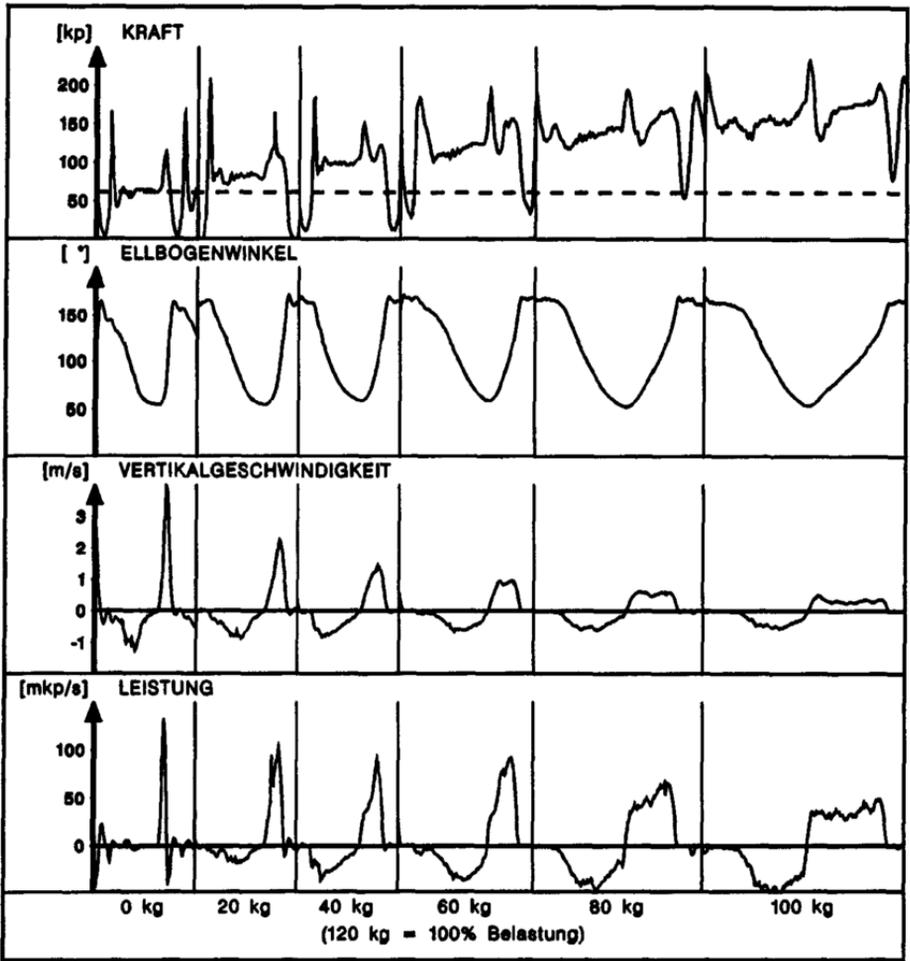


Abbildung 20: Leistungsverlauf beim Bankdrücken in Abhängigkeit der Belastung.