

Versuchsprotokoll

Squat Jump

1. November 2012

HEDDA SCHEER, B.A.

WS 2012/13
BIOMECHANISCHES PRAKTIKUM
DR. MARTIN HILLEBRECHT

1 Theoretischer Hintergrund

Im Rahmen sportlicher Betätigung verlangen viele Disziplinen dem Sporttreibenden die Bewegungsform des Springens ab. Diese Fertigkeit kann Grundlage diverser sportlicher Übungen und/oder Techniken sein. Bspw. im Basketball oder beim Skispringen nimmt das Springen eine zentrale Rolle ein.

Zur Operationalisierung dieser Bewegungsform können biomechanische Messungen durchgeführt werden. Mithilfe der quantitativen Messdaten ist eine objektive Bewegungsanalyse und -beurteilung möglich. Auf Grundlage der Datenauswertung können gezielte Korrekturmaßnahmen zur Bewegung formuliert werden. Dies ist vor allem im Leistungs- und Spitzensport zur Optimierung von Bewegungstechniken – wie bspw. des Springens – von großer Relevanz (Hillebrecht, 1996, S.20).

Im Folgenden soll der elementare Sprung des *Squat Jump* betrachtet werden. Hierbei springt ein Proband aus der statischen Hockposition nach oben ab. Die Arme werden hüfthoch angelegt und sollen während der Bewegung nicht aktiv beteiligt sein. Ziel ist es, so hoch wie möglich zu springen. Die erreichte Flughöhe wird als Leistungsindex betrachtet und repräsentiert die konzentrische Kraftfähigkeit der Sprungmuskulatur. Zur besseren Anschaulichkeit des Sprungs dient folgende Abbildung:

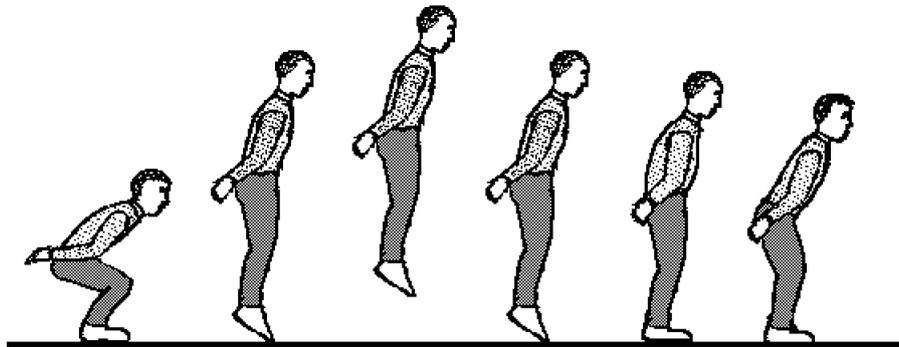


Abbildung 1: *Squat Jump* (Hillebrecht, 1996, S.24)

2 Versuchsdurchführung und (Mess-)Methodik

Zur Messbarmachung der vertikal wirkenden Kräfte beim *Squat Jump* verwenden wir eine Kraftmessplattform. Dieses Instrument kann mithilfe von Sensoren Druck wahrnehmen und in messbare elektrische Spannung umwandeln. Erfasste Spannungen werden über eine Interface-Box an den A/D-Wandler weitergeleitet, der das analoge Eingangssignal digitalisiert. Die Genauigkeit dieses elektronischen Gerätes ist umso höher, je mehr Bit zur Verfügung stehen. Um eine möglichst feine Auflösung zu erhalten verwenden wir ein 13 Bit Gerät (Amplitudenzahl = 2^{13}

= 8192). Da nur die Kraft zum Erdmittelpunkt (F_Z) von Bedeutung ist, wird mit eindimensionalem Einzug gemessen.

Zur Implementierung der Messdaten des NI-DAQ-Geräts, wird die „Measurement & Automation“ - Softwareanwendung verwendet. Hier wird u.a. festgelegt, dass es sich um eine 1-kanalige Datenumgebung handelt. Diese Einstellungen sind Voraussetzung um die eigentliche Messung mit der Software „DASY LAB“ durchführen zu können. Die eingehenden Spannungen werden graphisch über der Zeitachse (Messintervall bzw. Abtastrate = 1000 Hz) auf einem Kanal dargestellt und als ASCII-Datei gespeichert. Zur späteren Weiterverwendung und -auswertung der Daten kann die Spannung [V] in Kraft [N] umgerechnet werden. Die verwendete Kraftmessplattform ist geeicht. Ein Volt entspricht hier einer Kraft von 1007 Newton.

Der Proband führt den *Squat Jump* auf der Kraftmessplattform wie beschrieben aus. Als Ergebnis ergibt sich folgender Kraft-Zeit-Verlauf:

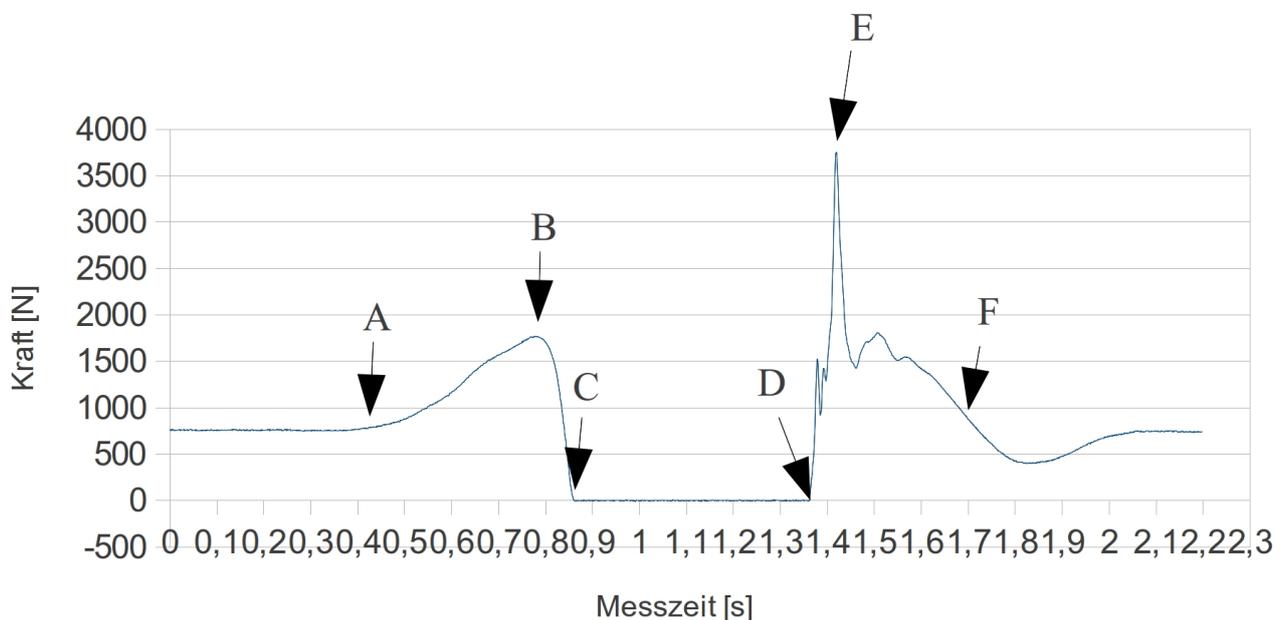


Abbildung 2: Kraft-Zeit-Verlauf *Squat Jump*

3 Auswertung der Ergebnisse

Zunächst steht der Proband ruhig auf der Kraftmessplattform. Es gilt das Grundgesetz der Mechanik bzw. das 2. newtonsche Axiom:

„Nach dem 2. newtonschen Gesetz muss zur Überwindung der Massenträgheit und zur Beschleunigung des Körpers eine externe Kraft (Schwerkraft, Luft-, Wasserwiderstand, Krafteinwirkung des Gegners usw.) oder eine körperinterne Kraft erzeugt werden (Absprungkraft, Abstoßkraft beim Tiefstart, Wurfkraft usw.). Die gerichtete Kraft F wird durch die Multiplikation der Masse m mit der Beschleunigung a

berechnet ($F = m \cdot a$; phys. Einheit: N). Weisen mehrere Teilkräfte in dieselbe Richtung, addieren sich diese, während sich entgegengerichtete Teilkräfte subtrahieren“ (Wollny, 2010, S.296).

Die Kraft ist also solange konstant, wie die Beschleunigung (hier: $a = g = 9.81 \frac{m}{s^2}$) und die Masse sich nicht verändern ($\sim t = 0,394s$) [Punkt A]. Mit Beginn der Streckbewegung erfolgt ein Beschleunigungsstoß, wobei die Kraft die auf die Messplatte wirkt, auf bis zu 1773 N zunimmt [Punkt B]. Der Beschleunigungsstoß endet mit dem Absprung [Punkt C] $\sim t = 0,859s$. Integriert man die wirkenden Kräfte (abzüglich der Gewichtskraft, d.h. $F_z - F_{Gew.}$) über die Zeit – d.h. $\int F * t$ – so ergibt sich ein Kraftstoß zum Abflugzeitpunkt von 202 N. Der Kraftstoß ist identisch mit der Fläche unter der Kraft-Zeitkurve. Je größer dieser ist, desto größer ist der daraus resultierende Impuls, der den Probanden entgegengesetzt zur Gewichtskraft beschleunigt. Es gilt also:

$$\int F * t = m * v \quad (1)$$

Nach der Flugphase [Punkt C – D; $F = 0$] von $\Delta t = 0,502s$, kommt der Proband wieder auf der Kraftmessplatte auf. In Folge der Landung erfolgt die Abbremsbewegung, wobei der Proband für 20 – 30 Millisekunden Maximalbelastungen von $\sim 3700 N$ aushalten muss [Punkt E], bis er sein Gewichtskraftniveau wieder erreicht hat [Punkt F].

Im Sinne der Leistungsdiagnostik ist die erreichte Flughöhe von Interesse. Zur Berechnung gibt es zwei Möglichkeiten (Hillebrecht, 1996, S.25):

I. *Flugzeithöhe bestimmen:*

Dazu kann die Formel für den freien Fall verwendet werden:

$$h = \frac{1}{2}g * t^2 \quad (2)$$

Da es sich in unserem Versuch allerdings um keinen „klassischen“ freien Fall handelt, sondern der Streck sprung eine aufsteigende und eine absteigende Phase hat, ist die Flugzeit zu halbieren.

Daher gilt:

$$h_{\max} = \frac{1}{2}g * \left(\frac{t}{2}\right)^2 \quad (3)$$

$$\Rightarrow h_{\max} = \frac{1}{2} * 9,81 * 0,251^2 = 0,309 \quad (4)$$

Die maximale Flughöhe entspricht also 0,309m.

II. *Beschleunigungsstoß bestimmen:*

Anhand der Abfluggeschwindigkeit v lässt sich ebenfalls die Flughöhe ermitteln. Wie be-

schrieben entspricht der Kraftstoß dem Impuls. Daher gilt:

$$v = \frac{\int F * t}{m} \quad (5)$$

Die einzelnen Kraftwerte während des Beschleunigungsstoßes sind also über die Zeit zu integrieren und durch die Masse des Probanden zu dividieren. Die Masse lässt sich gemäß $F = m * a \Leftrightarrow m = \frac{F}{g}$ leicht ermitteln. Hier beträgt sie $\sim 77,38\text{kg}$.

$$v\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right] := \frac{\text{Kraftstoß bis zum Abflugzeitpunkt}}{\text{Masse}} \quad (6)$$

$$\Rightarrow v\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right] = \frac{202,3678}{77,376} = 2,6154 \quad (7)$$

Aus der Abfluggeschwindigkeit kann nun die Flughöhe ermittelt werden. Es gilt:

$$h = \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

Die Impulshöhe entspricht also

$$\frac{2,6154^2}{2 * 9,81} = 0,3486\text{m}. \quad (9)$$

Grundsätzlich führen beide Verfahren zu validen Ergebnissen. Im hier durchgeführten und beschriebenen Versuch ist die Kraftmessplatte auf dem Fußboden jedoch nicht korrekt fixiert. Infolgedessen kann keine genaue Gewichtskraftbestimmung ($F_{\text{Gew.}}$) erfolgen. Zudem ist die einwandfreie Eichung der Kraftmessplatte fraglich.

Mit Bezug auf den Leistungsindex „Flughöhe“, ist auf eine präzise Ausführung des Sprungs durch den Probanden zu achten. D.h., dass die Bewegungsausführung exakt der des *Squat Jump* entsprechen muss:

- Ein Armeinsatz ist nicht zulässig. Werden die Arme (minimal) in die aktive Bewegung einbezogen, sind die Messdaten verfälscht und der Sprung muss in korrekter Ausführung wiederholt werden.
- Die Beine dürfen in der Luft nicht angezogen werden. Dadurch würde sich die Flugzeit des Probanden künstlich verlängern. Entsprechend würde die Geschwindigkeit zunehmen und der Landestoß wäre größer als der produzierte Kraftstoß.

Letztlich sei im Hinblick auf die Sprungoptimierung, das *biomechanische Prinzip des optimalen Beschleunigungswegs* benannt: Um einen möglichst großen Bewegungsimpuls zu erzielen, sollte die Absprunggeschwindigkeit maximiert werden. Voraussetzung hierfür ist ein optimaler (und kein maximaler) Beschleunigungsweg. Ist die Länge des Beschleunigungsweges, welche hier vom

Winkel der Hockposition abhängig ist, zu groß, wird die Flughöhe durch schlechte Hebelverhältnisse gemindert. Ist der Beschleunigungsweg zu kurz, ist der Kraftimpuls nicht maximal. Diesbezüglich ist der *Squat Jump* ebenfalls auf die Winkel der Hockposition hin zu analysieren (Wastl, 2005, S.23; Wollny, 2010, S. 329).

Literaturverzeichnis

- Hillebrecht, M. (1996). Biomechanik im Sporttheorieunterricht: Kraft und Kraft-Zeitverläufe. *Betrifft Sport*, 18(2), 20 - 26.
- Wastl, P. (2005). *Biomechanische Betrachtungsweise*. Zugriff am 18. November 2012 auf <http://user.phil-fak.uni-duesseldorf.de/~wastl/Wastl/Training/BL-03Biomechanik.PDF>
- Wollny, R. (2010). *Bewegungswissenschaft: Ein Lehrbuch in 12 Lektionen* (2. Aufl., Bd. 5). Aachen: Meyer & Meyer Verlag.