

DR. MARTIN HILLEBRECHT

Biomechanik im Sporttheorieunterricht

- Bestimmung der Lage des Massenmittelpunkts (Schwerpunkts) -

1. DER SCHWERPUNKT UND SEINE BEDEUTUNG

Aus eigener Erfahrung wissen wir, daß alle Gegenstände einen Punkt aufweisen, an dem man sie im Gleichgewicht balancieren kann. So kann man z.B. einen Gymnastikstab etwa in der Mitte des Stabes mit einem Finger unterstützen und ihn dort ausbalancieren. Dieser Punkt, der sich auch durch das Zusammenschieben der Finger von außen nach innen am Stab sehr leicht finden läßt, wird der Schwerpunkt genannt. Der Schwerpunkt ist abhängig von der Massenverteilung und der Ausdehnung des Objektes, das betrachtet wird. Nehmen wir wieder den Gymnastikstab und befestigen ein kleines Gewicht an dem einen Ende des Stabes, so werden wir feststellen, daß der Unterstützungspunkt, an dem der Stab im Gleichgewicht zu halten ist, in Richtung des Gewichts verschoben ist.

Bei sehr komplexen Gebilden, die auch eine nicht symetrische, dreidimensionale Struktur zeigen, ist die Ermittlung des Schwerpunkts nur über mehrmaliges Aufhängen des Gebildes in den drei Ebenen möglich. Die sich dabei ergebenden Stützkraftvektoren schneiden sich im Schwerpunkt des Körpers.

Nehmen wir den Menschen als Beispiel, so werden wir einige weitere auf den ersten Blick erstaunliche Phänomene feststellen. Der Mensch ist durch seinen Körperbau und dabei insbesondere durch seine Gelenksfunktionen in der Lage, seinen Schwerpunkt zu verändern. Durch die Änderung der Massenverteilung, z.B. durch das Anheben der Arme, verschiebt sich auch der Schwerpunkt des Menschen. Hebt ein Mensch z.B. im Stehen seine Arme über den Kopf, verschiebt sich, dem obigen Beispiel mit dem Gymnastikstab und der Anbringung von weiterem Gewicht entsprechend, sein Schwerpunkt nach oben.

Sehr anschaulich kann man dies mit einem Holzmodell eines Menschen zeigen, daß man in Geschäften für künstlerischen Bedarf kaufen

kann. Aber auch eine gewöhnliche Puppe reicht in der Regel aus, um dieses Phänomen zu verdeutlichen.

Man legt dazu die Puppe, mit an den Körper angelegten Armen, auf einen Finger und sucht den Punkt, an dem man die Puppe im Gleichgewicht halten kann. Nun wiederholt man das gleiche Vorgehen mit der Puppe, nachdem man die Arme der Puppe nach oben gestreckt hat. Es ist festzustellen, daß sich der Unterstützungspunkt, an dem die Puppe im Gleichgewicht liegt, in Richtung Kopf verschoben hat. Der Schwerpunkt der Puppe hat sich durch die Veränderung der Massenanteile der Arme verschoben.



Abbildung 1: Bestimmen des Schwerpunktes bei einem Puppenmodell

1. Der Schwerpunkt und seine Bedeutung

Wir sehen an diesem Beispiel sehr deutlich, daß eine Veränderung der Massenverteilung auch eine Veränderung der Lage des Schwerpunkts nach sich zieht.

Erstaunlich erscheint im Anschluß an das gerade erlebte Experiment, daß der Schwerpunkt des Menschen sogar aus dem Körper heraus wandern kann. Dies ist natürlich nur dann möglich, wenn große Massenteile weit von der Körperlängsachse entfernt sind.



Abbildung 2: Puppenmodell Flopposition, Golfball markiert in etwa die Position des Schwerpunktes

Wirken Kräfte auf einen Körper und verlaufen die Kraftangriffspunkte durch den Schwerpunkt des Körpers, so können wir eine reine Translationbewegung des Körpers beobachten. Dies ist z.B. bei einer Flatteraufgabe beim Volleyball der Fall. Dort wird der Ball zentral oder zentrisch getroffen. Beobachtet man den Ballflug, so wird man feststellen, daß sich der Ball nicht dreht.

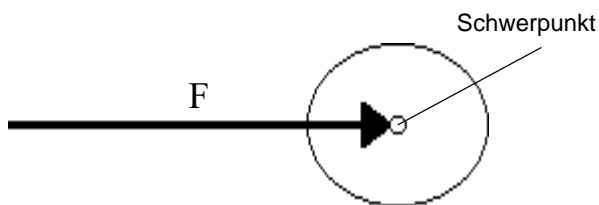


Abbildung 3: Zentraler Kraftstoß durch den Schwerpunkt

Anders verhält sich ein Körper, wenn der Kraftangriffspunkt nicht durch den Körperschwerpunkt verläuft. Am Beispiel des Balles finden wir dann Rotationen des Balles, die zu Topspin- oder Slice-Schlägen führen. Ebenso können natürlich Seitwärtsrotationen auftreten.

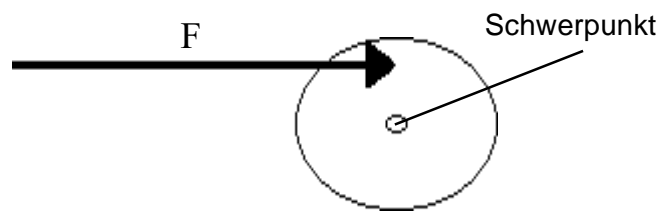


Abbildung 4: Dezentraler Kraftstoß

Für die Sportpraxis ist es natürlich interessant zu wissen, wo sich bei sportlichen Bewegungen der Schwerpunkt befindet und welche Folgen dies für die Bewegungsausführung hat. Betrachten wir das obige Beispiel mit dezentralen Kraftstößen, so ergeben sich daraus wichtige Aussagen zur Gestaltung von Bewegungen. Ein Beispiel aus dem Wasserspringen soll diesen Sachverhalt verdeutlichen.

In den folgenden Abbildungen ist jeweils ein Wasserspringer abgebildet. Abbildung 5 zeigt einen Salto vorwärts, Abbildung 6 einen Auerbachsalto, der vorwärts abgesprungen wird, dann aber rückwärts gedreht wird. Die Wirkung der Kräfte ist durch den Pfeil angedeutet. Im ersten Beispiel wirkt die Kraft hinter dem Schwerpunkt des Springers und erzeugt dadurch ein Drehmoment nach vorn => Vorwärtssalto. Im zweiten Beispiel wirkt die Kraft aber vor dem Schwerpunkt, was zu einer Rückwärtsrotation des Körper führt. Wir sehen also, daß Kenntnisse über die Lage des Schwerpunktes wertvolle Informationen über die Bewegungsausführung geben können.

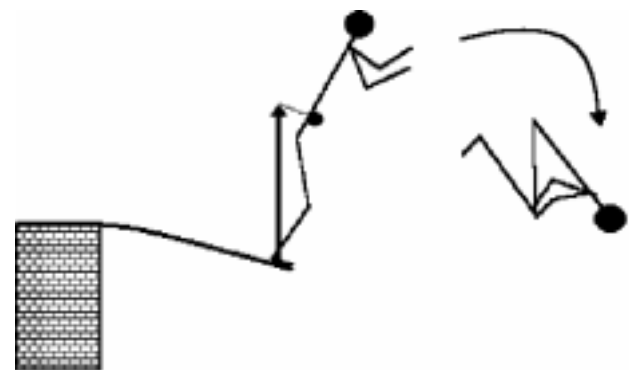


Abbildung 5: Salto vorwärts, Kraftwirkung verläuft hinter dem Schwerpunkt

2. Methoden der Schwerpunktsbestimmung 35

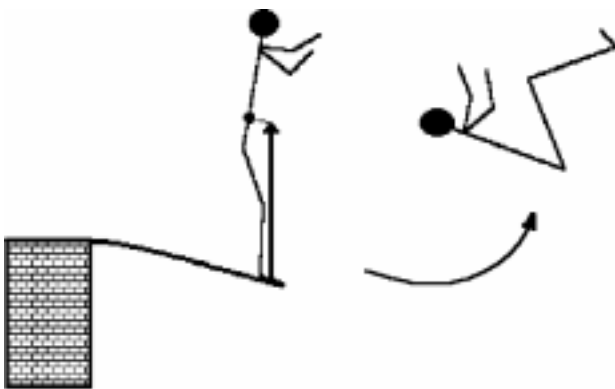
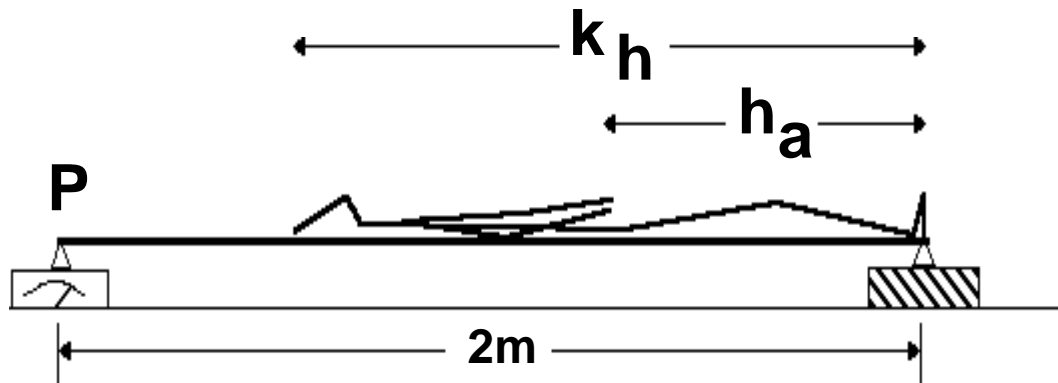


Abbildung 6: Auerbachsalto, Kraftwirkung verläuft vor dem Schwerpunkt

Methode, nämlich das Aufhängen des Körpers an verschiedenen Eckpunkten, die wir bei unserem Holzmännchen vor einiger Zeit angewendet haben, läßt sich beim Menschen natürlich nicht realisieren. Die ersten Methoden den Schwerpunkt des Menschen zu bestimmen, wurden mittels eines Brettes, daß auf einem Prismenstab gelagert war, durchgeführt. Dazu verschob man den Menschen auf dem im Gleichgewicht liegenden Brett, bis das Gesamtsystem Brett-Mensch im Gleichgewicht war. Der Unterstützungspunkt kennzeichnete dann den Schwerpunkt. Der Nachteil dieser Methode ist, daß der Schwerpunkt nur in einer ausgestreckten Körperhaltung genau zu bestimmen ist. Körperhaltungen bei denen der Schwerpunkt den Körper verläßt, können so nicht untersucht werden. Mit dem gleichen Manko hat die 2. Methode, die ich jetzt vorstellen will, zu kämpfen. Sie arbeitet mit sogenannten Schwerpunktswaagen. Dazu wird die Versuchsperson auf ein Brett gelegt, das an einem Ende auf einem Prismenstab gelagert wird und am anderen Ende auf einer Waage aufliegt. Aus der angezeigten Gewichts-differenz zwischen unbelastetem Brett und belastetem Brett kann man die Höhe des KSP berechnen.

2. METHODEN DER SCHWERPUNKTSBESTIMMUNG

Die Methode der Schwerpunktsbestimmung wollen wir nun etwas genauer betrachten. Die



Waage

- h_a = absolute KSP-Höhe
- k_h = Körperhöhe
- P = Waageanzeige bei belastetem Brett
- P_0 = Waageanzeige bei unbelastetem Brett
- G = Körpergewicht

$$h_a = \frac{P - P_0}{G} * 2$$

Abbildung 7: Schwerpunktswaage

2. Methoden der Schwerpunktsbestimmung

Auch bei diesem Verfahren lässt sich der Schwerpunkt nur in einer Ebene und nicht als Punkt bestimmen. Es ist daher nicht geeignet für spezielle sportliche Probleme.

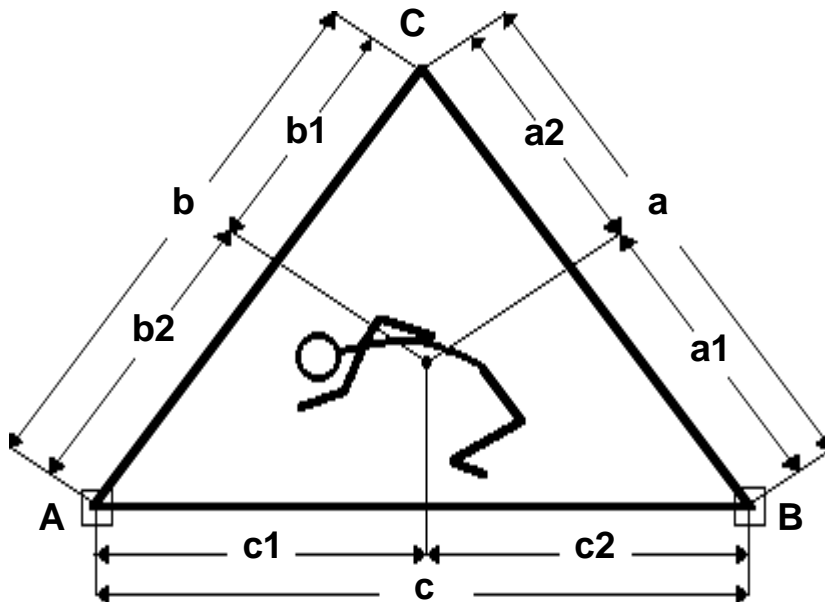
Eine genauere Bestimmung ermöglicht in diesem Fall die Dreieckschwerpunktwaage. Man benutzt dazu ein gleichseitiges Dreiecksbrett, auf dem die Testperson gelagert wird. An zwei Punkten wird das Brett auf jeweils einer Waage gelagert.

An den Punkten A und B liegt die Platte auf den Waagen auf. Der Punkt C ist fest gelagert. Je nach Lage des Körpers des Sportler wirken

bestimmte Teile seines Eigengewichtes auf die drei Aufleger A, B, und C. Die Summe der drei Teilgewichte ist gleich dem Eigengewicht G.

$$A + B + C = G$$

Aus den jeweiligen Teilgewichten und den bekannten Längen a, b und c des Dreiecks kann die genaue Lage des KSP bestimmt werden. Das rechnerische Verfahren geht aus der folgenden Abbildung hervor. Der Schnittpunkt der durch b1 und c1 verlaufenden Geraden ergibt den Schwerpunkt.



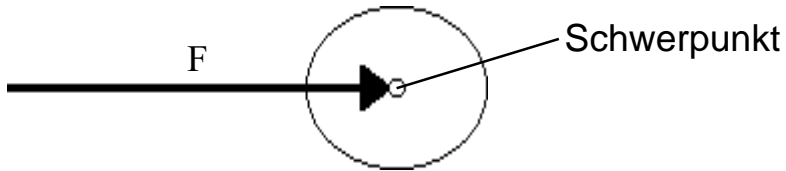
$$c1 = \frac{B * c + C * c/2}{G}$$

a = b = c
G = Gesamtgewicht
Brett + Person!

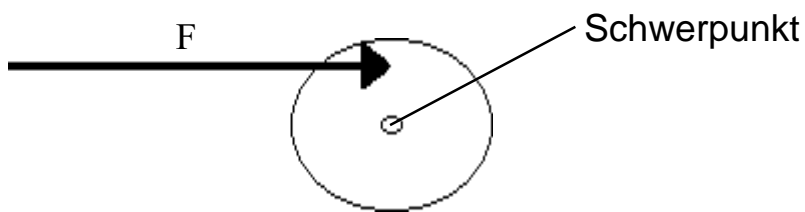
$$b1 = \frac{A * b + B * b/2}{G}$$

Abbildung 8: Dreieckskörperschwerpunktwaage

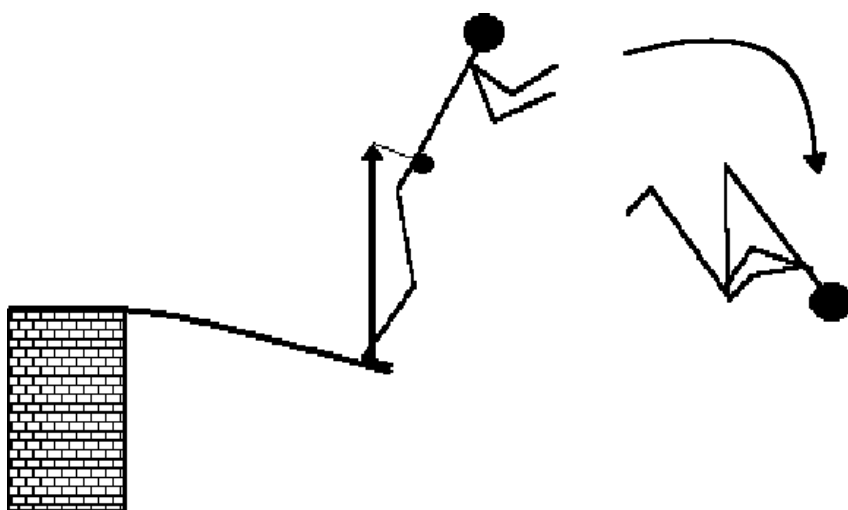
Kopiervorlagen



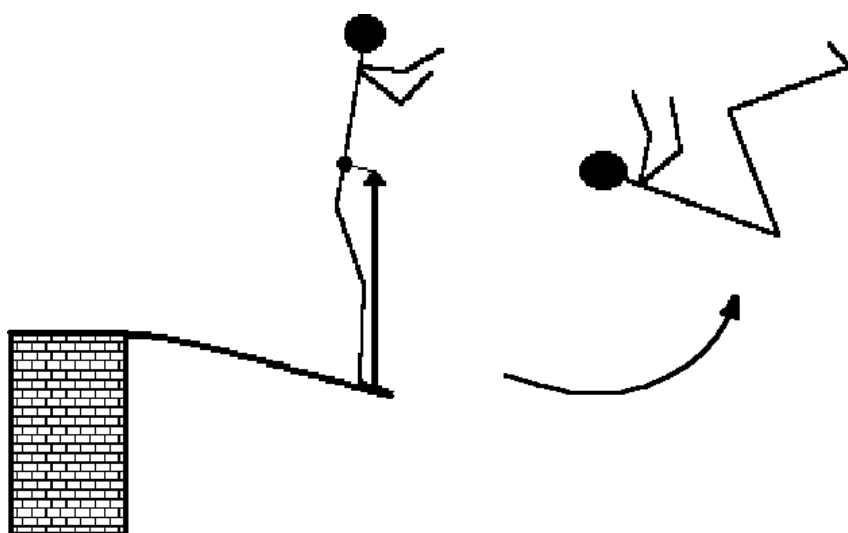
Zentraler Kraftstoß durch den Schwerpunkt



Dezentraler Kraftstoß am Schwerpunkt vorbei => Rotation

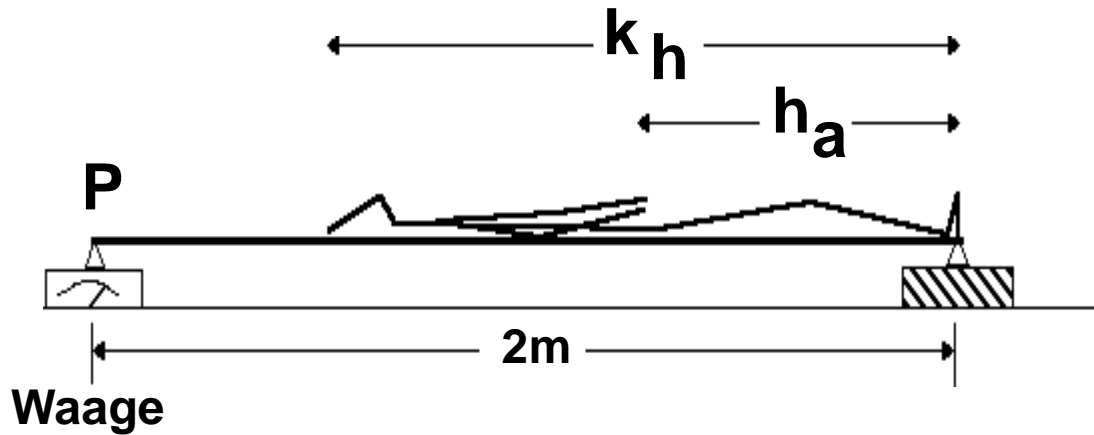


Dezentraler Kraftstoß hinter dem Schwerpunkt => Rotation vorwärts



Dezentraler Kraftstoß vor dem Schwerpunkt => Rotation rückwärts

Körperschwerpunktwaage



h_a = absolute KSP-Höhe

k_h = Körperhöhe

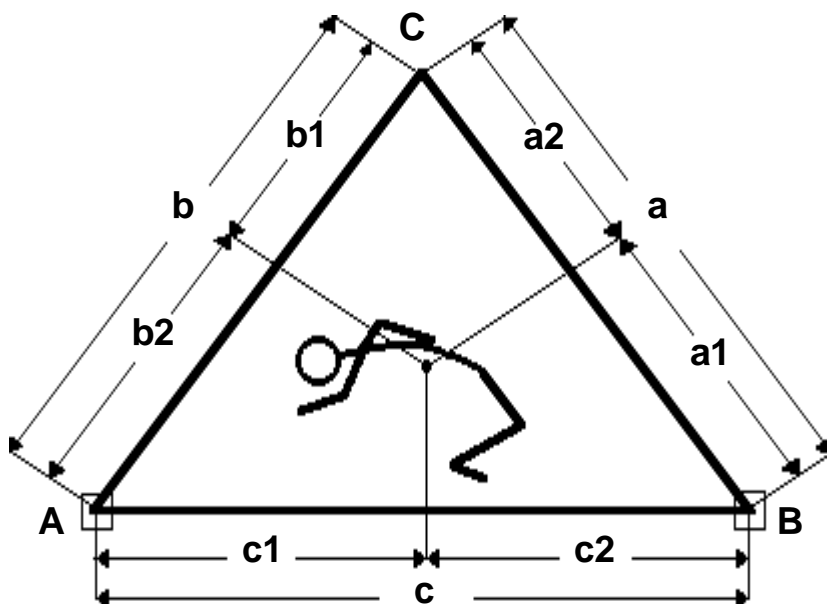
P = Waageanzeige bei belastetem Brett

P_0 = Waageanzeige bei unbelastetem Brett

G = Körpergewicht

$$h_a = \frac{P - P_0}{G} * 2$$

Dreieckskörperschwerpunktwaage



$a = b = c$

G = Gesamtgewicht

Brett + Person!

$$c1 = \frac{B * c + C * c/2}{G}$$

$$b1 = \frac{A * b + B * b/2}{G}$$