

B103

Biomechanik der Disziplinen

Mario Kamer





Ziele

- **Vertiefen** der Grundlagen aus Trainer C
- **Biomechanischen Prinzipien** hinter technischen Ausprägungen erkennen (und nutzen...)

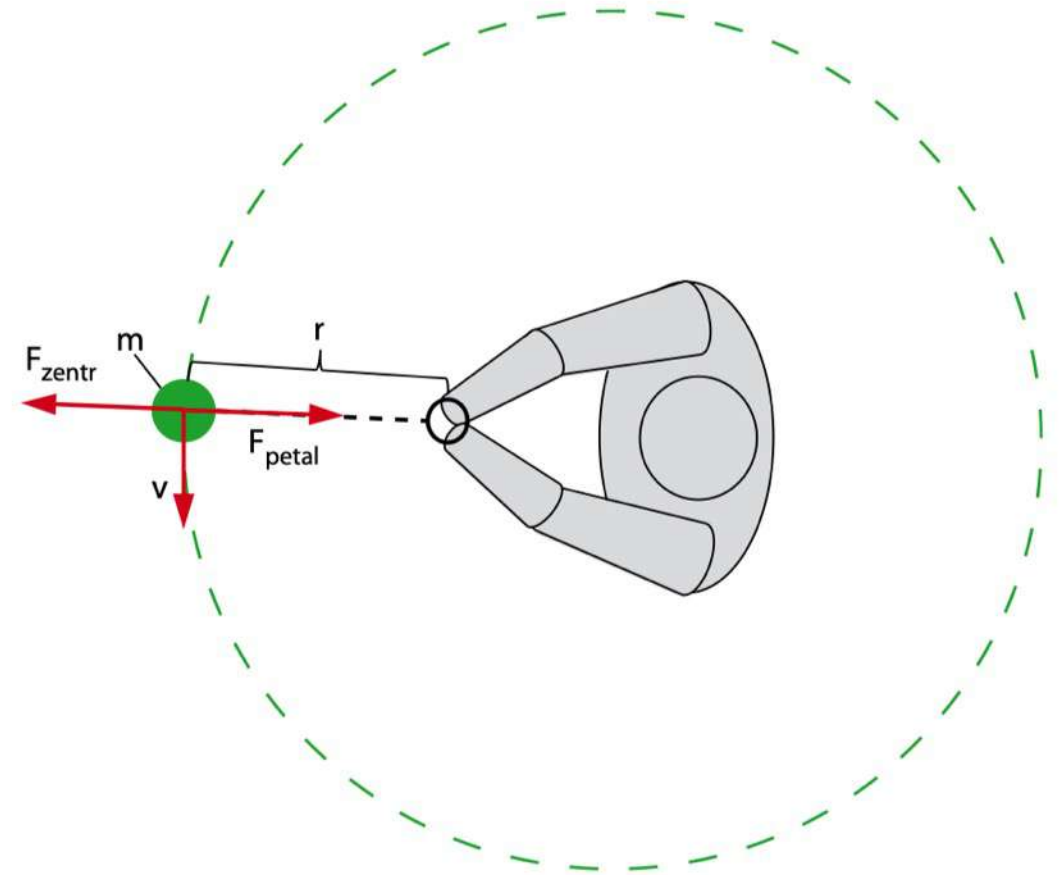
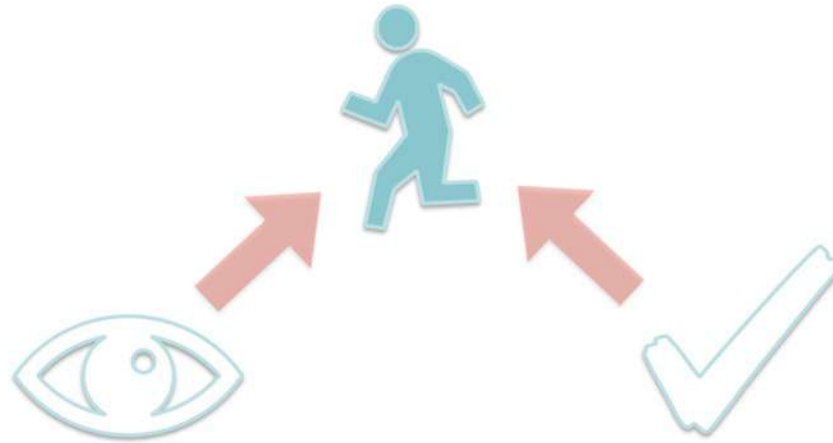


Bild: Schwameder et al. (2013)



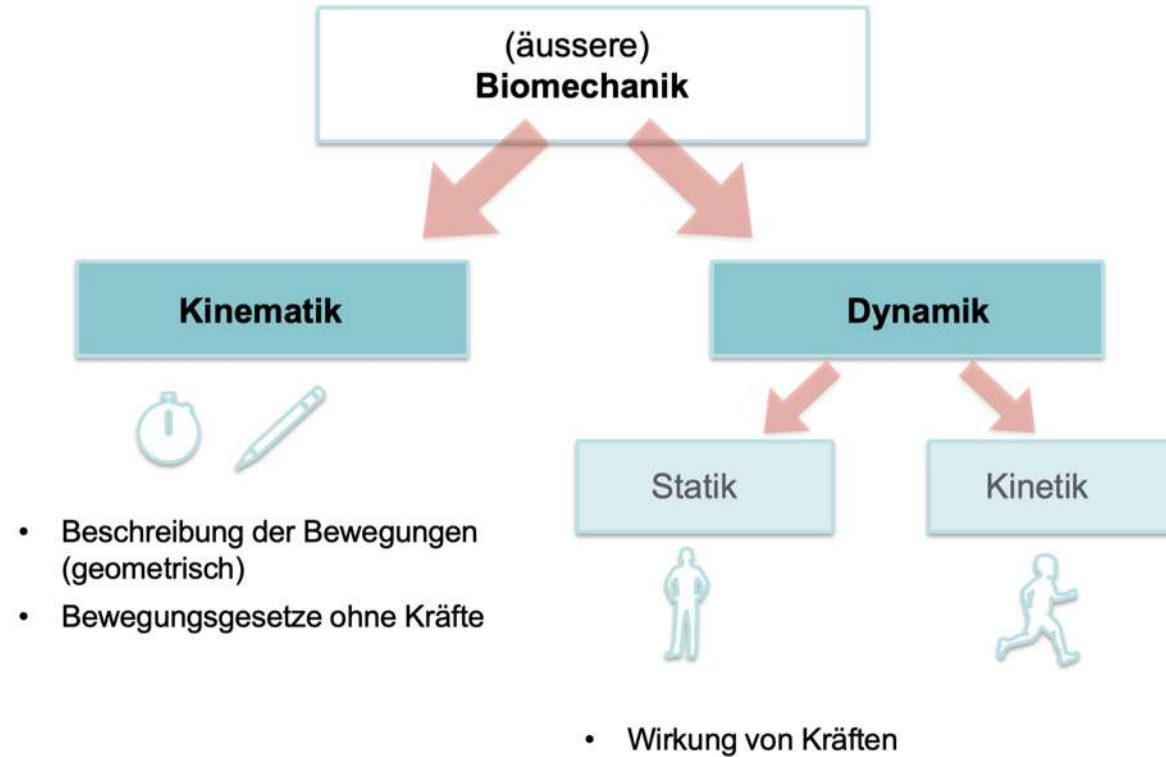
Ziele der Biomechanik



- Bewegungsabläufe analysieren und verstehen
- Bewegungsabläufe mithilfe von technischen und konditionellen Massnahmen korrigieren und optimieren



Was ist Biomechanik?





Grundgesetze der Mechanik

1. Trägheitsprinzip



2. Aktionsprinzip



3. Reaktionsprinzip

Trägheitsgesetz (erstes Newton'sches Gesetz)

Ein Körper verharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, sofern er nicht durch einwirkende Kräfte zur Änderung seines Zustands gezwungen wird.

Aktionsgesetz (Grundgesetz der Mechanik, zweites Newton'sches Gesetz)

Die Änderung der Bewegung einer Masse ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht längs der Wirkungsrichtung dieser Kraft.

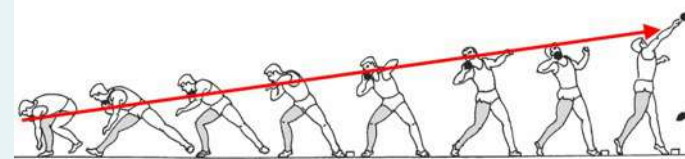
Reaktionsgesetz (drittes Newton'sches Gesetz)

Kräfte treten immer paarweise auf. Übt ein Körper A auf einen anderen Körper B eine Kraft aus (*actio*), so wirkt eine gleich große, aber entgegengerichtete Kraft von Körper B auf Körper A (*reactio*).



Biomechanische Prinzipien

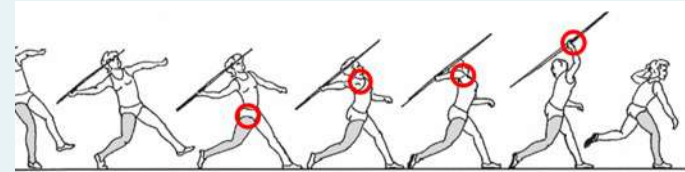
Prinzip des optimalen Beschleunigungswegs



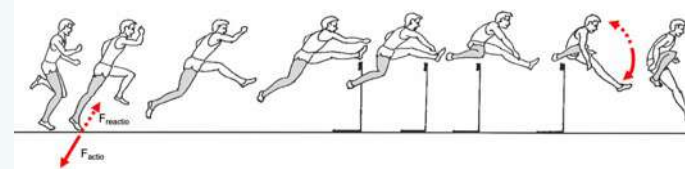
Prinzip der Anfangskraft



Prinzip der Koordination von Teilimpulsen



Prinzip der Gegenwirkung



Prinzip der Impulserhaltung



nach Hochmuth, 1981

Prinzip des optimalen Beschleunigungswegs

- Die **Länge** des Beschleunigungswegs ist unter Einbezug anatomischer und zeitlicher Gegebenheiten zu optimieren.
- Der Weg sollte **geradlinig** oder **stetig gekrümmt** sein.
- Soll die Endgeschwindigkeit maximal sein, müssen die **grössten Beschleunigungskräfte am Schluss** wirken.

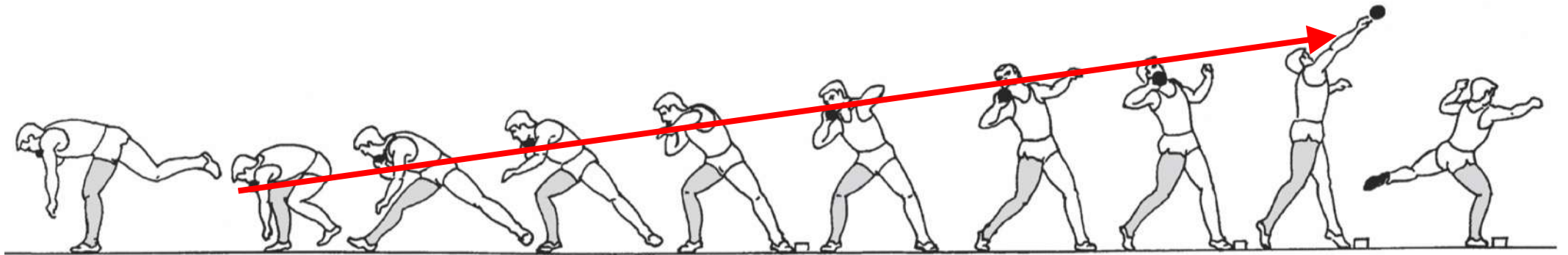
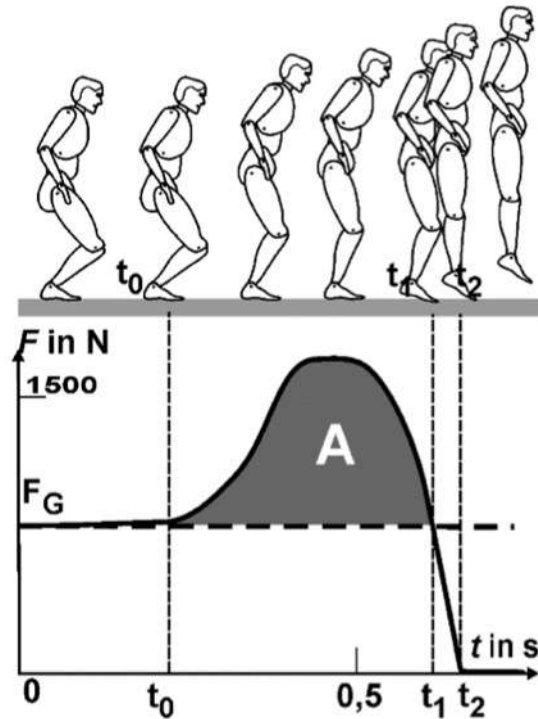


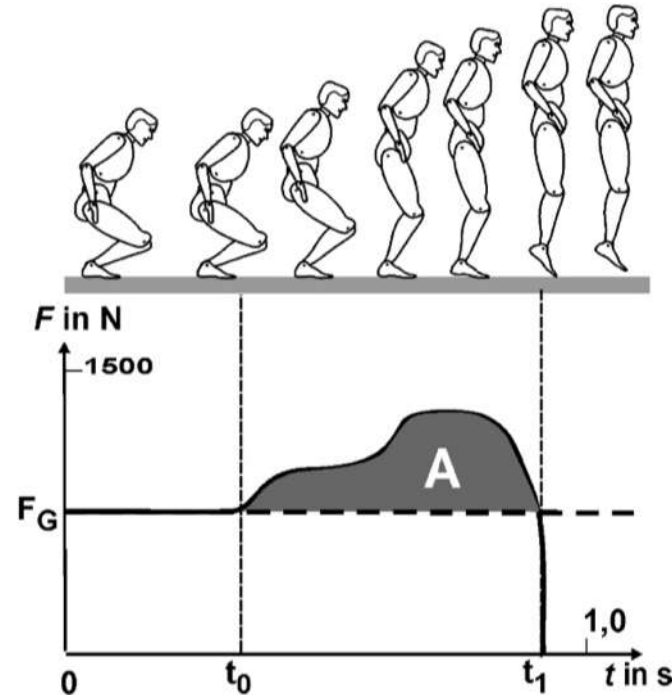
Bild: Swiss Athletics, 2020

Prinzip des optimalen Beschleunigungswegs

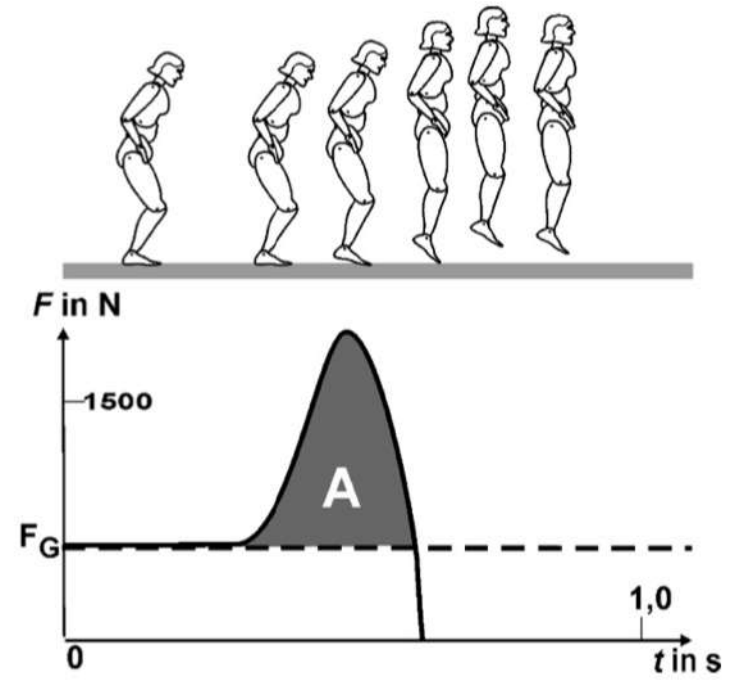
- Optimal \neq Maximal



Optimal



(zu) tiefe Hocke
(Kraftentfaltung schlecht)

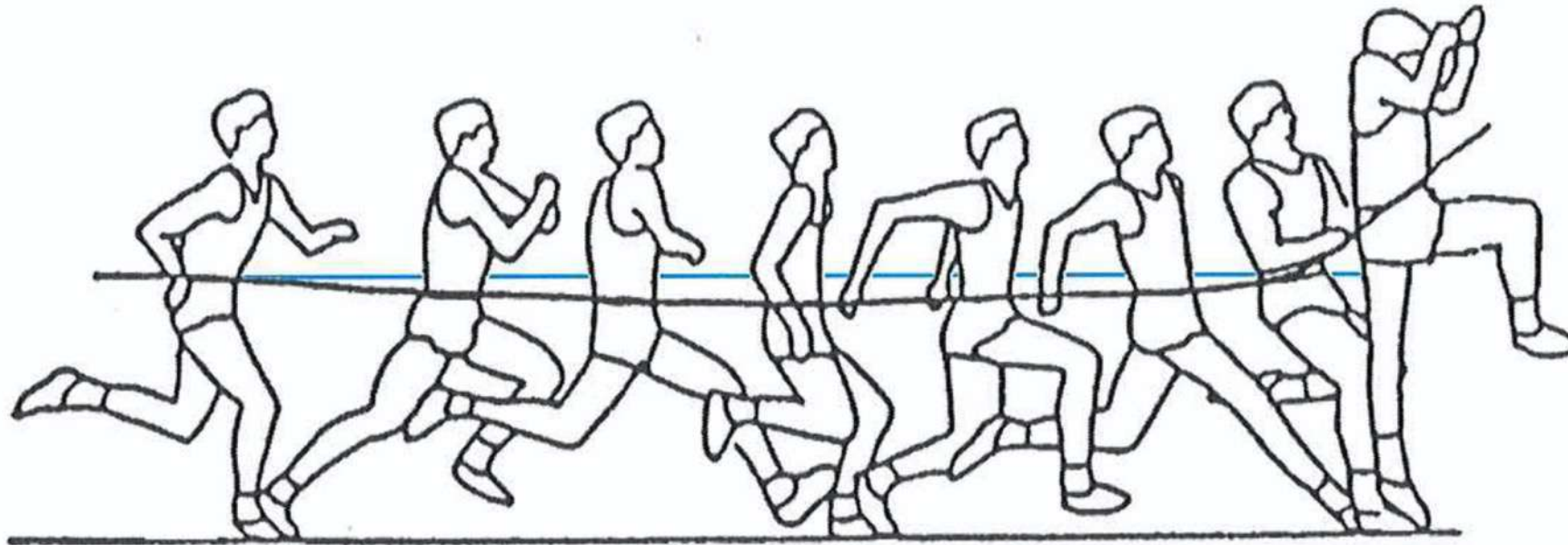


(zu) wenig Hocke
(Beschleunigungsweg kurz)



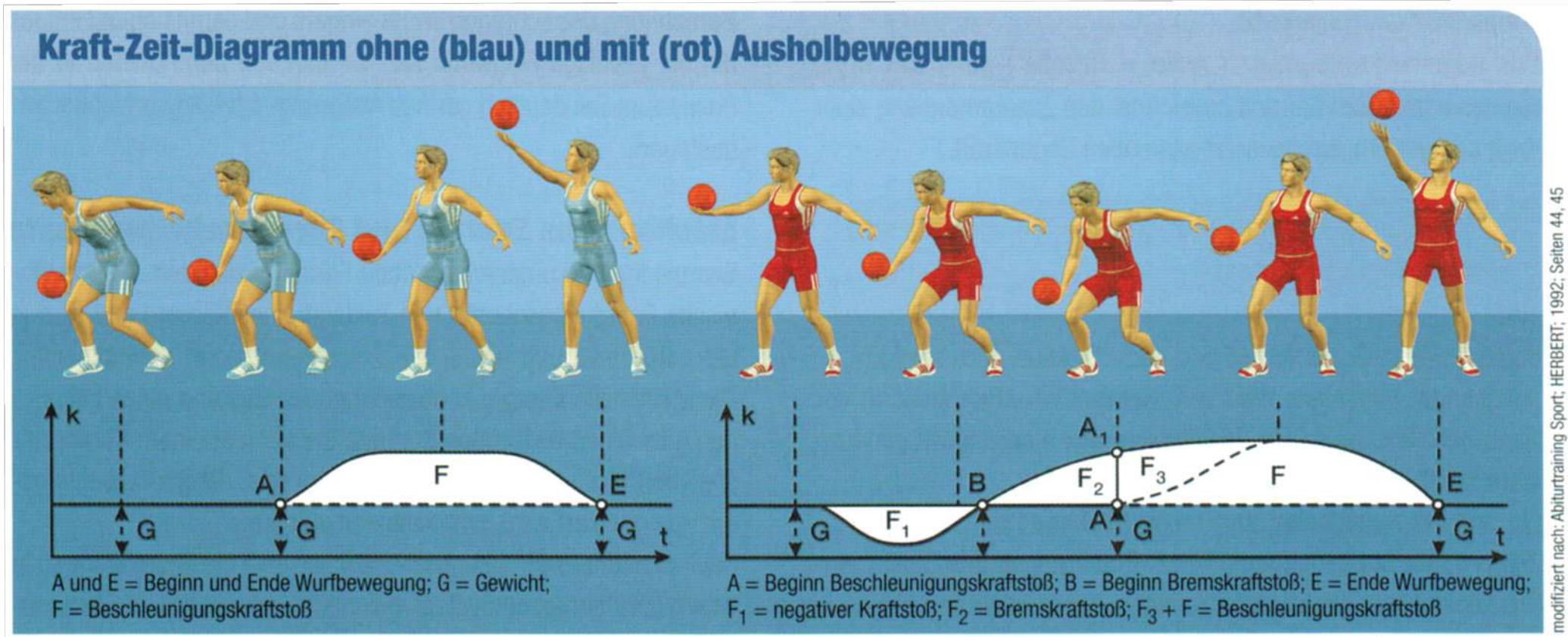
Prinzip der Anfangskraft

- Soll bei einer Bewegung eine **hohe Endgeschwindigkeit** erreicht werden, so ist sie durch eine **entgegengesetzt gerichtete Bewegung** einzuleiten.





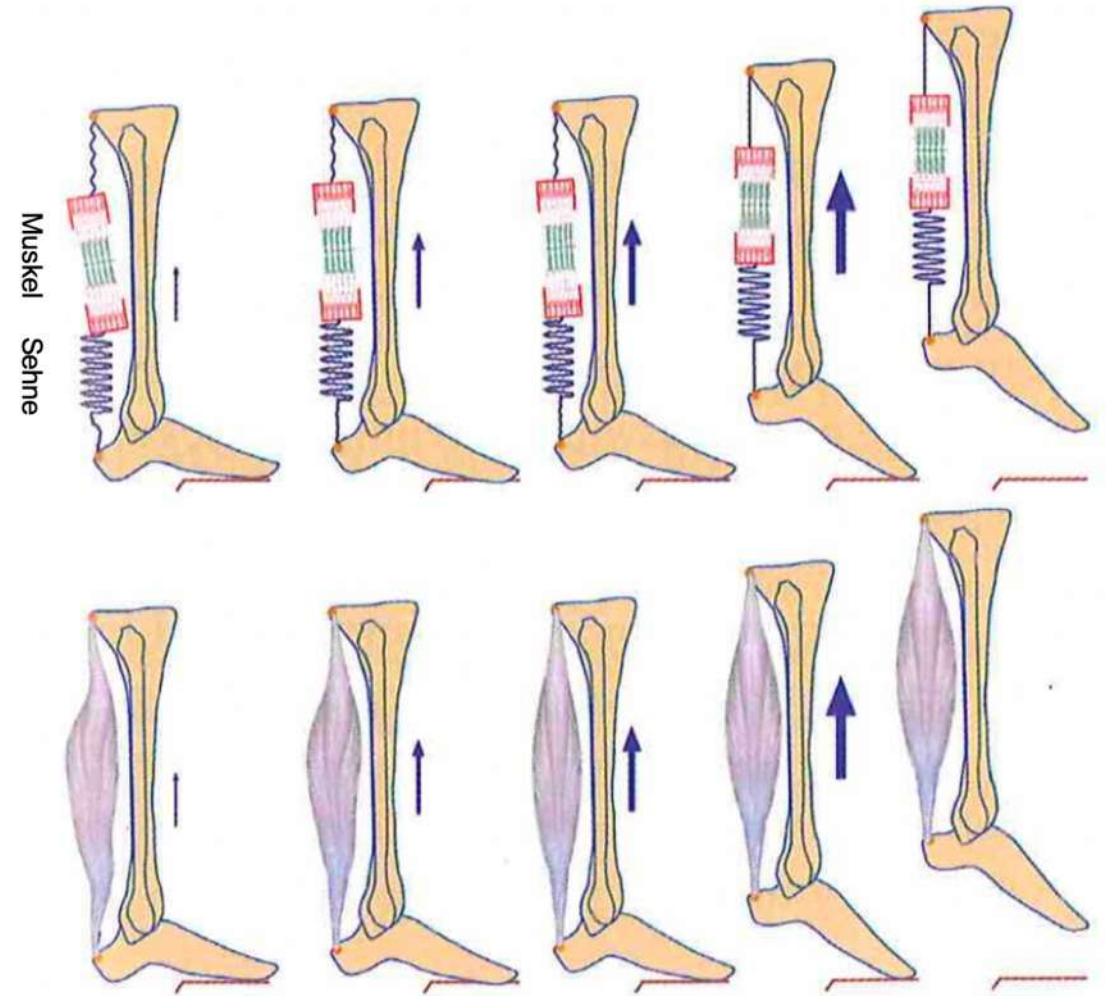
Prinzip der Anfangskraft



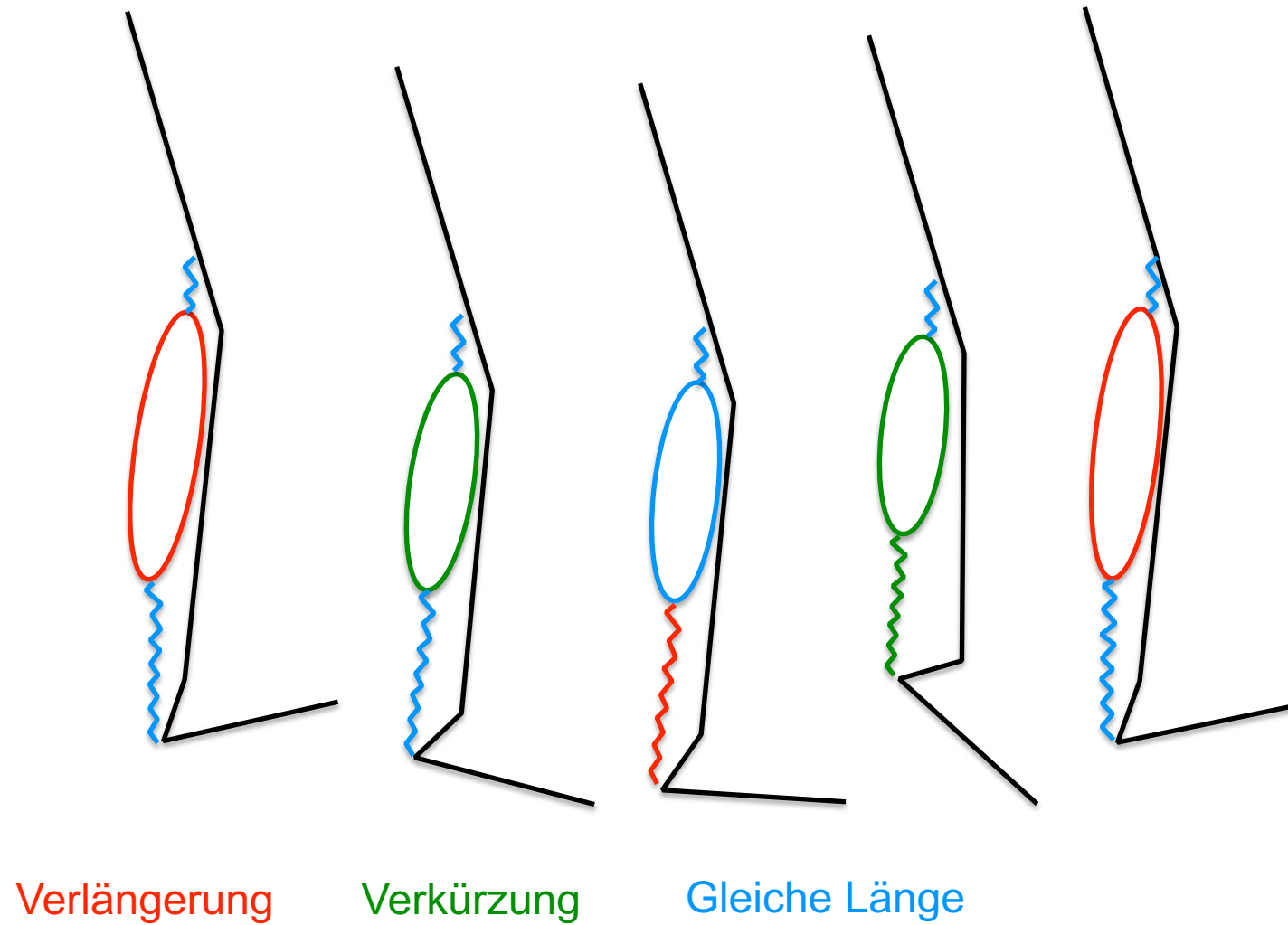


Muscle Slack

„Muskeln hängen im Körper wie schlaffe Seile und müssen zuerst unter Spannung gebracht werden, bevor eine effektive Muskelaktion stattfinden kann" (Bosch, 2016, S. 77)



Vorspannung & Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus



nach Fukashiro et al. (2006)



Prinzip der Anfangskraft

- Beispiele?!



Fotos SM U20/U23 2018: Ulf Schiller, Peter Mettler, Hans Spielmann



Prinzip der Koordination von Teilimpulsen

- Die Impulse einzelner Körperelemente addieren sich zum **Impuls des Körperschwerpunkts**.
- Die an der Bewegung beteiligten Einzelbewegungen sind **zeitlich und räumlich optimal zu koordinieren**.

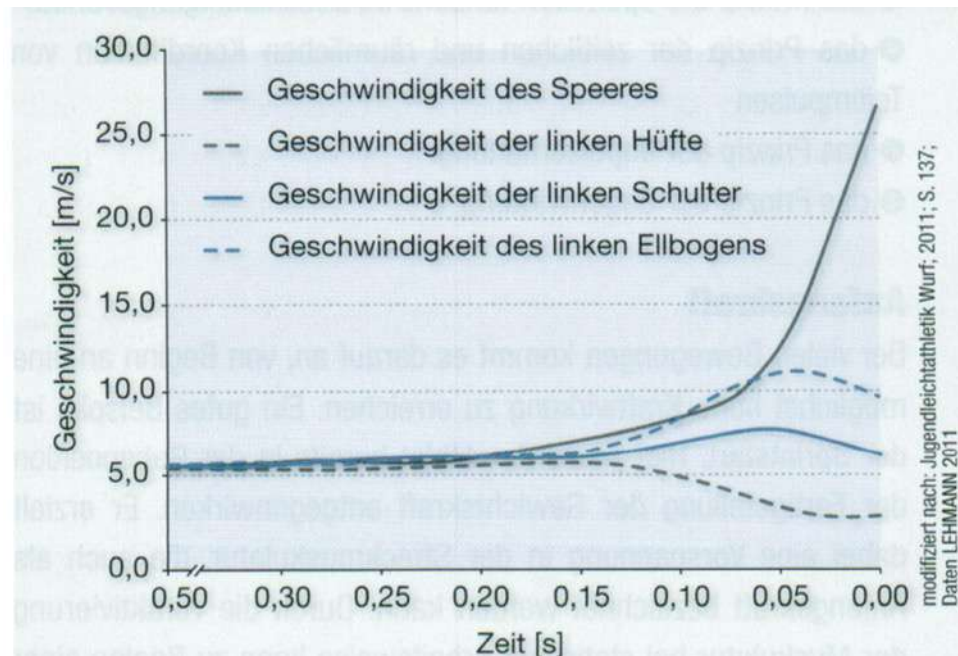
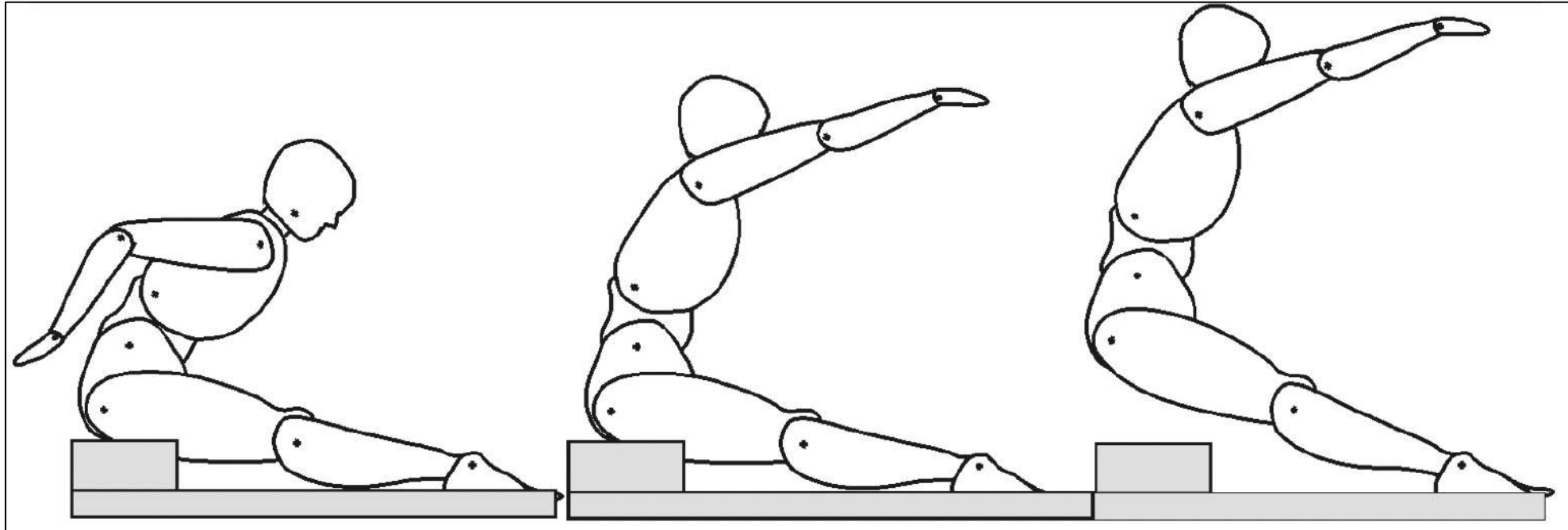


Bild: Bernhart (2012)



Prinzip der Koordination von Teilimpulsen: Impulsübertragung



- Schnellkräftiges Armhochschwingen, Stoppen der Arme in der Waagrechten führt bei Spannung in Rumpf zu Impulsübertragung

Göhner (2013)



Prinzip der Gegenwirkung

- Entspricht dem Reaktionsgesetz (drittes Newton'sches Gesetz)
- Das **Reaktionsprinzip** wird zur Einhaltung zweckmässiger Körperhaltungen ausgenutzt

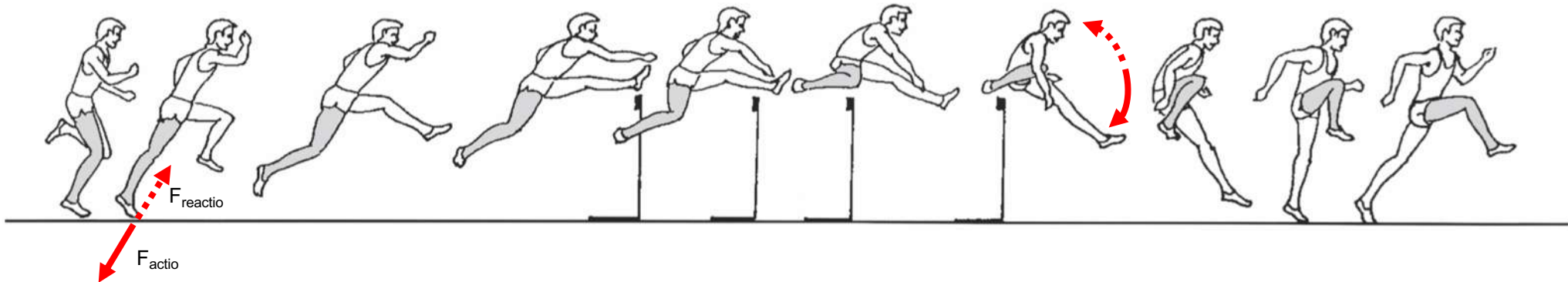


Bild: Swiss Athletics, 2020



Prinzip der Impulserhaltung

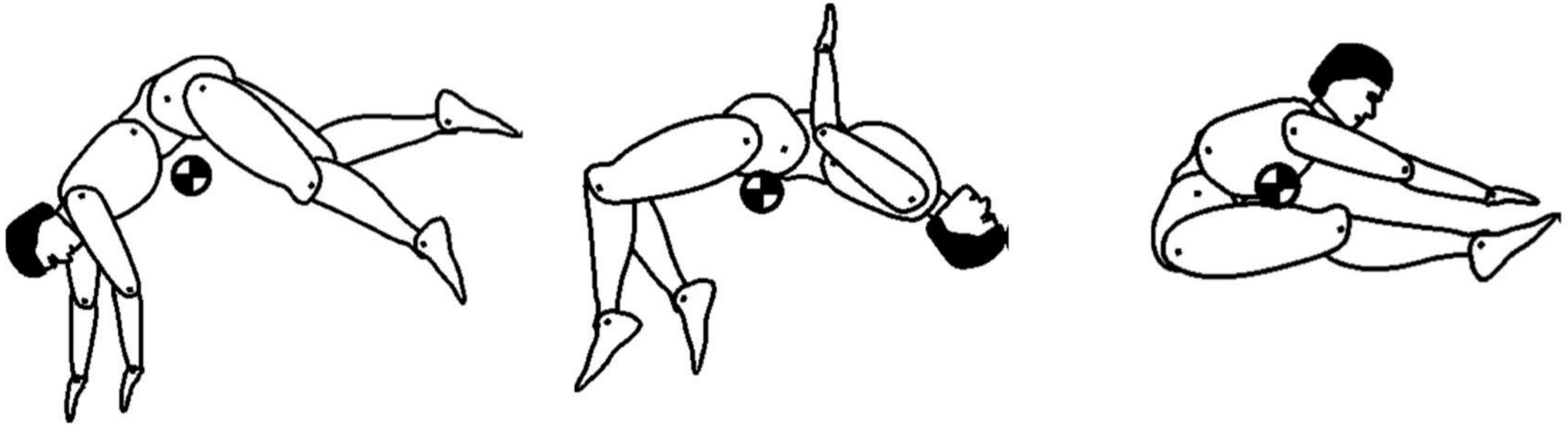
- Wirken keine Kräfte, bleibt ein Impuls zeitlich konstant.
- Bei Drehbewegungen kann das **Trägheitsmoment** des Körpers kurzfristig verändert und damit die **Winkelgeschwindigkeit gesteuert** werden.



Bild: Swiss Athletics, 2020

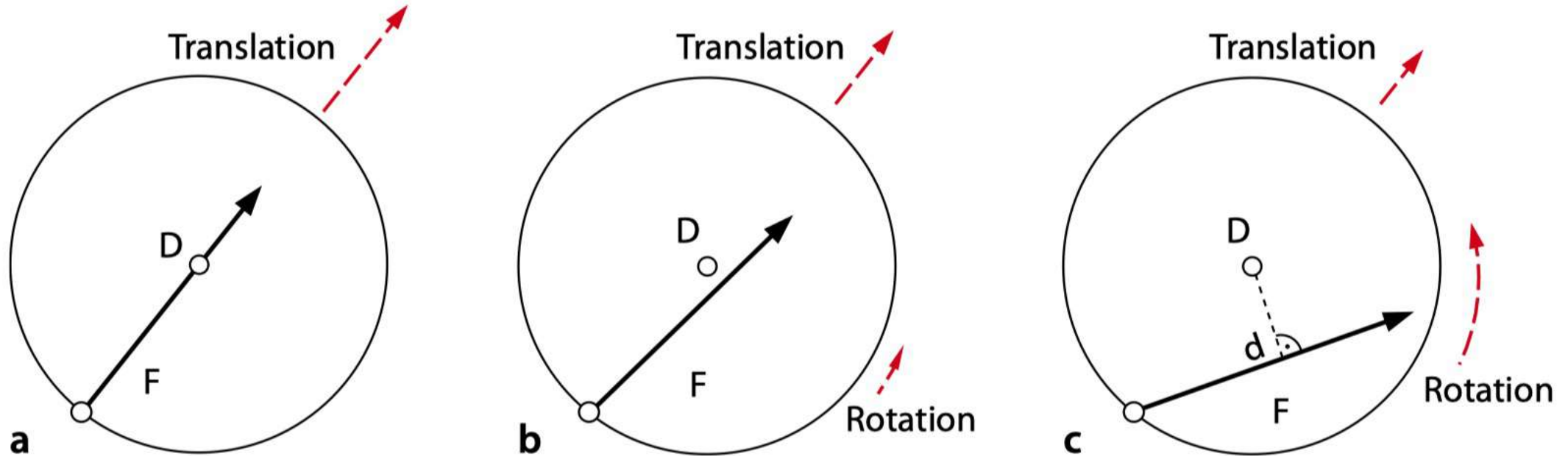


Körperschwerpunkt



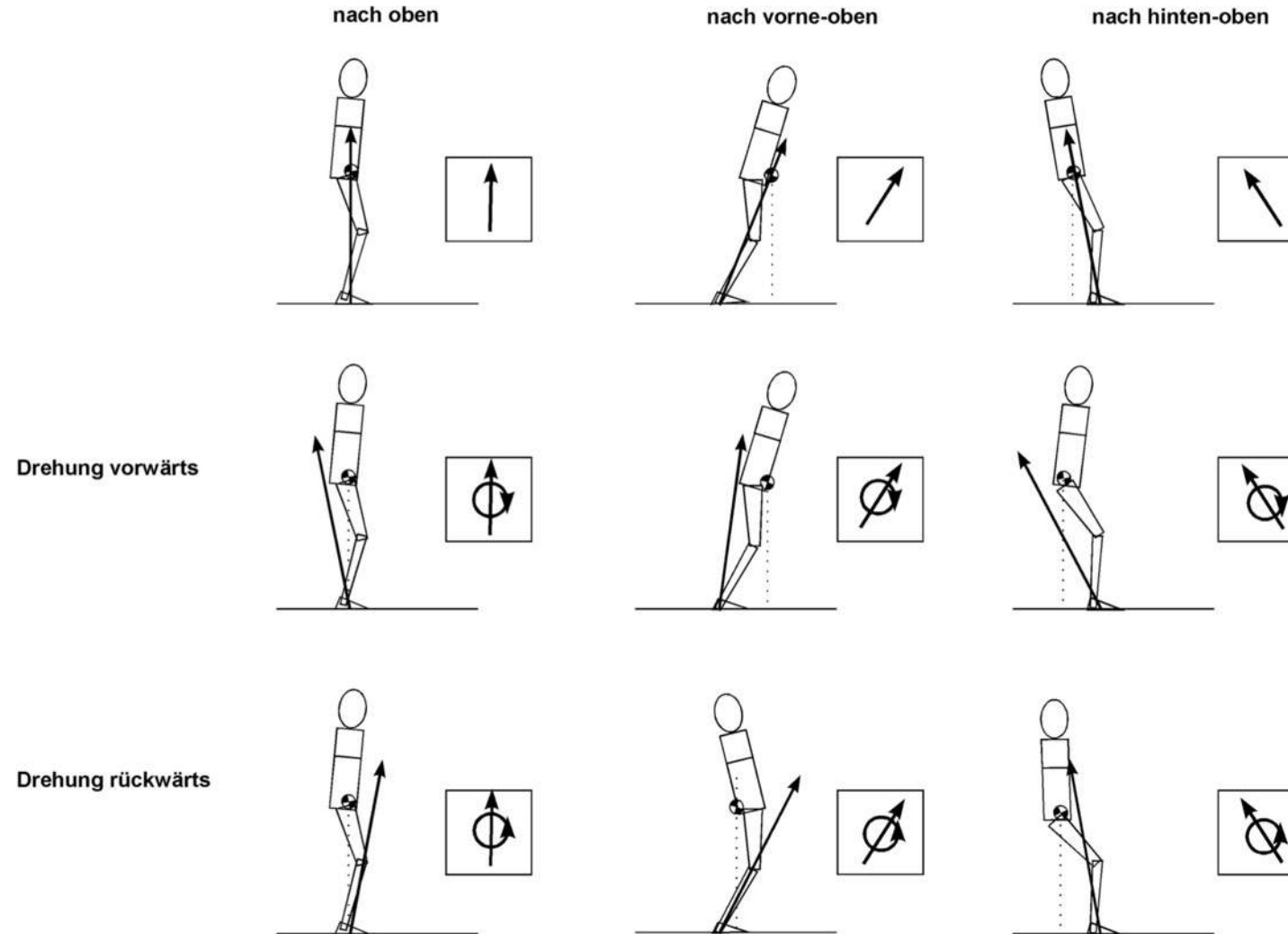
- Die Position des KSP ...
- ... ist abhängig von der Stellung der Körpersegmente.
- ... kann sich dementsprechend mit einer Bewegung ändern.
- ... kann sich auch ausserhalb des Körpers befinden.

Translation, Rotation und Körperschwerpunkt



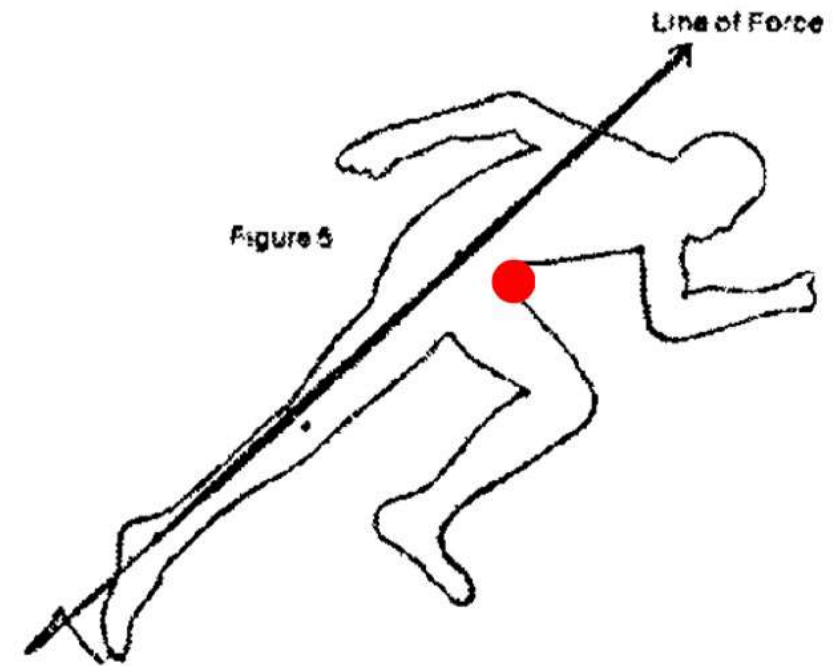
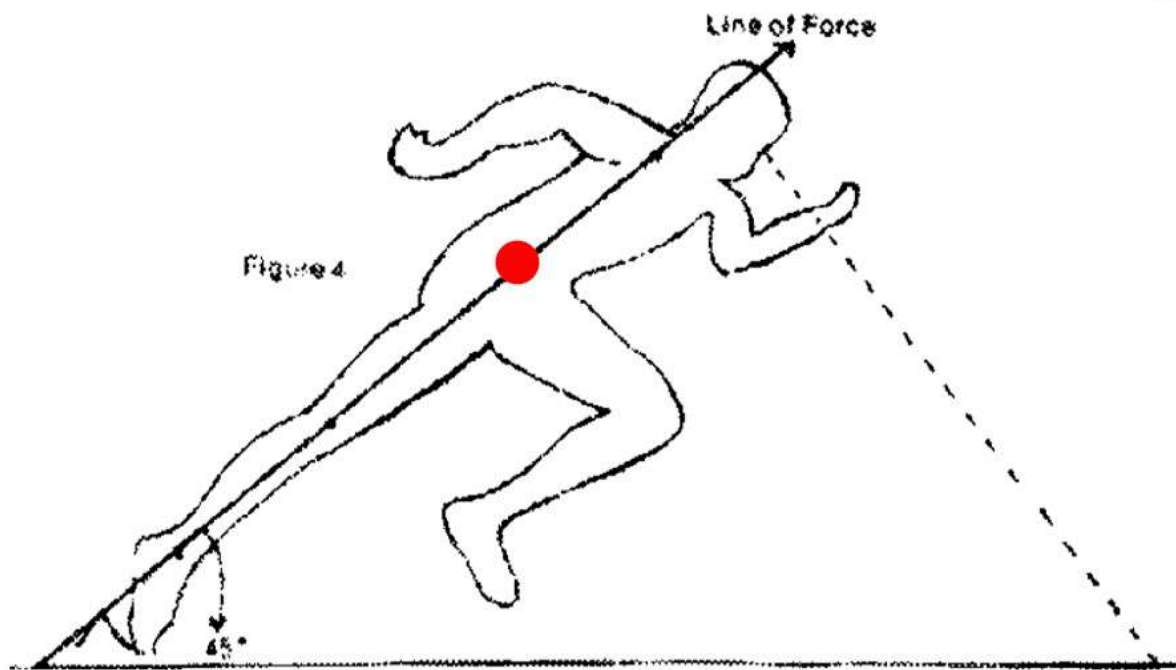
- Verläuft die Wirkungslinie einer Kraft (F) durch den Schwerpunkt (D) eines frei beweglichen Körpers, dann führt die Kraft ausschliesslich zu einer translatorischen Bewegung des Körpers

Translation, Rotation und Körperschwerpunkt





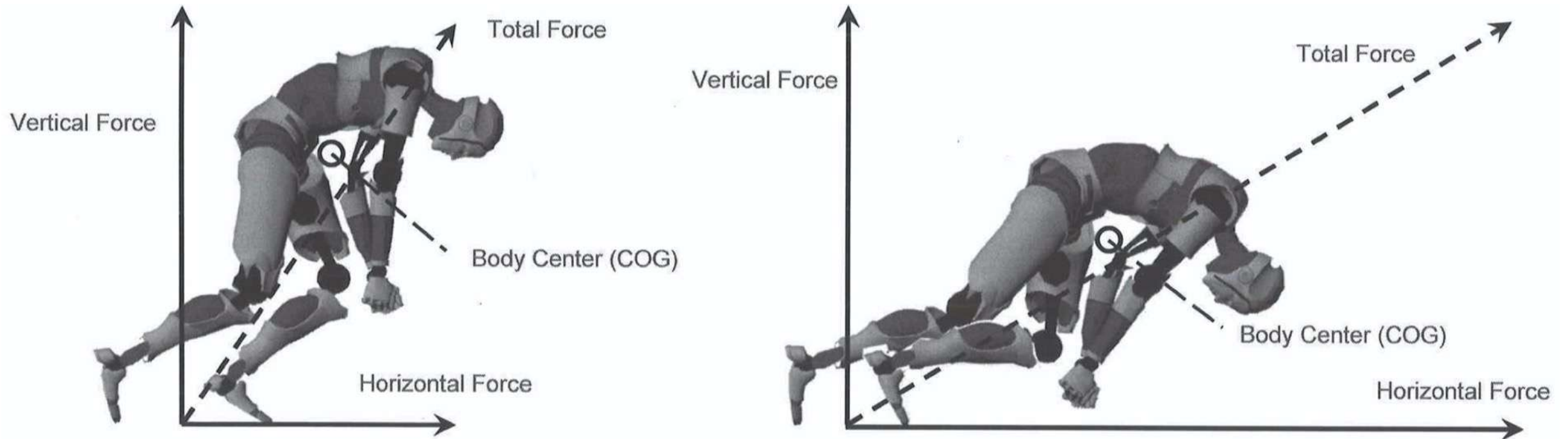
Biomechanische Aspekte des Sprints (Beschleunigung)



Letzelter & Letzelter (2005)



Biomechanische Aspekte des Sprints (Beschleunigung)



- Maximalkraft ist entscheidend

Mann & Murphy (2015)



Biomechanische Aspekte des Sprints (Beschleunigung)

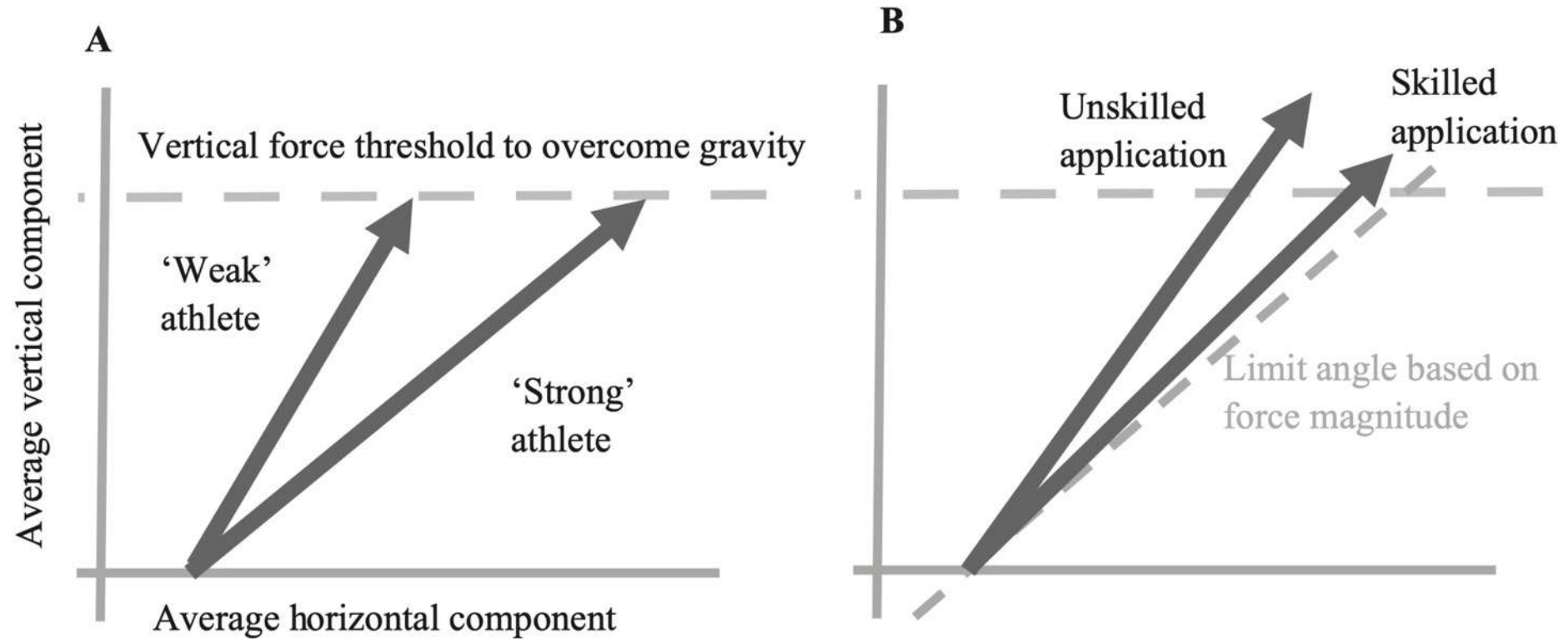
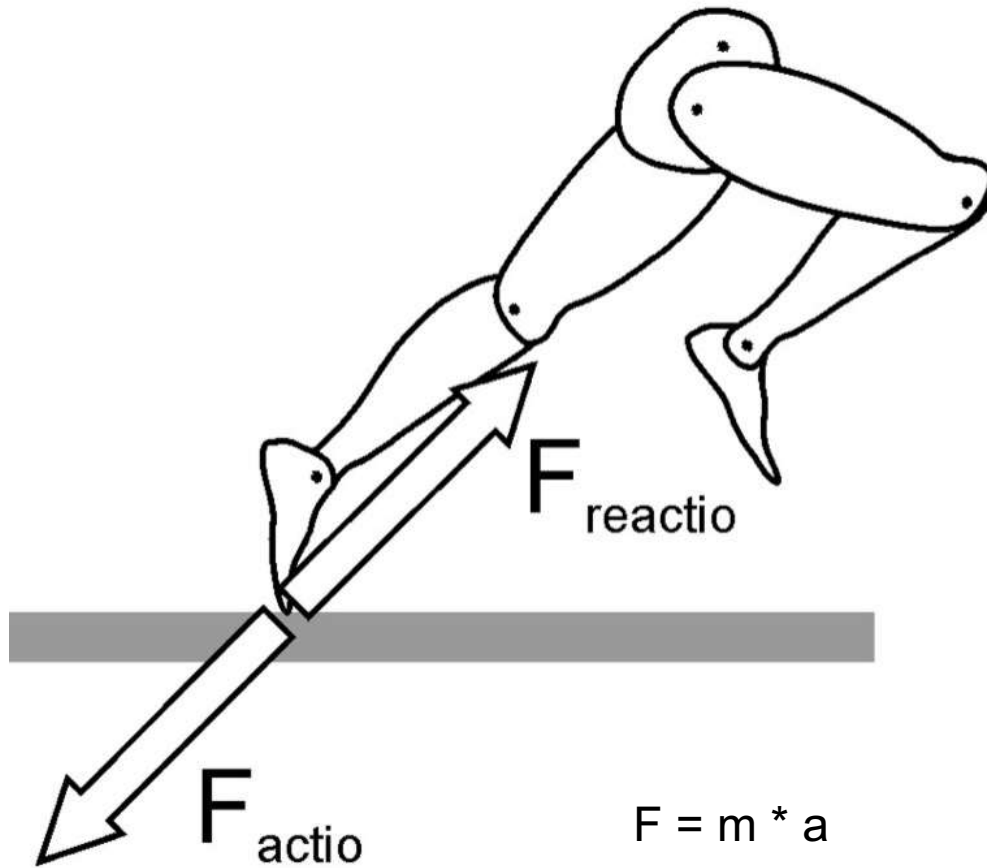


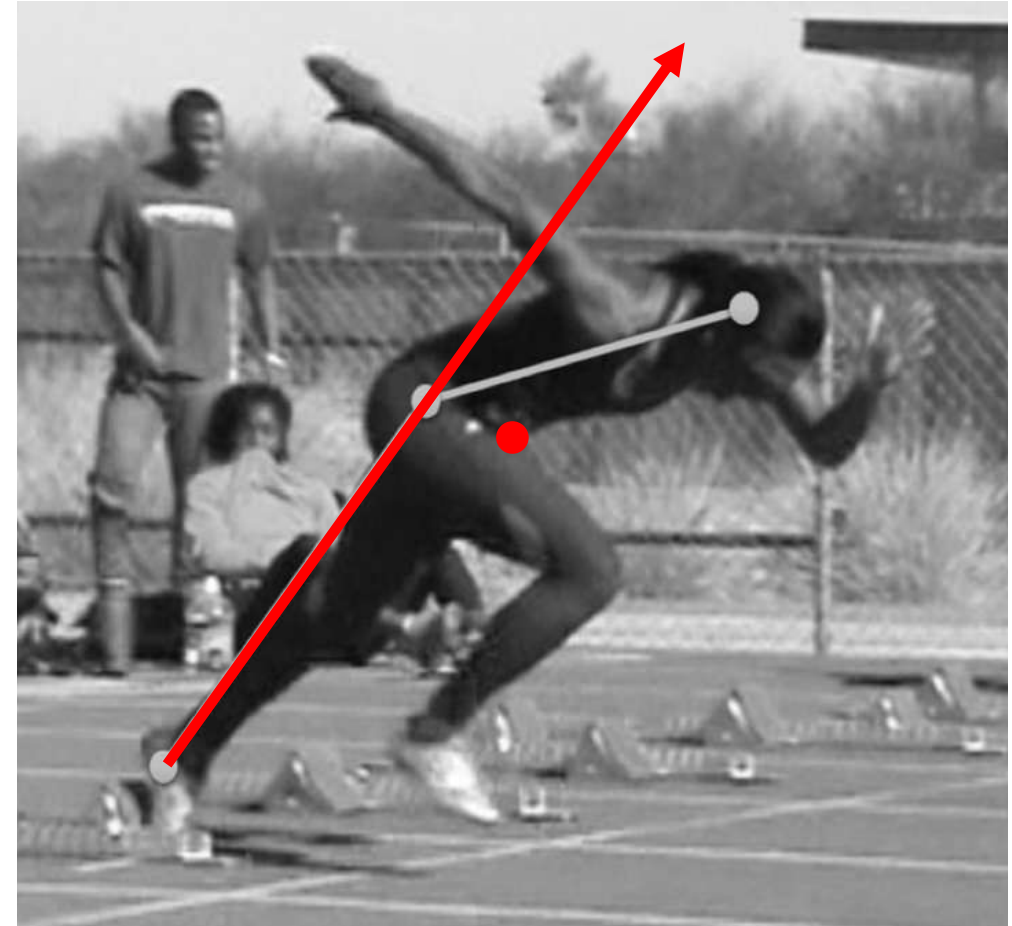
Figure 27.1 Average ground reaction force vector of two athletes during a step in the early acceleration phase



Biomechanische Aspekte des Sprint (Beschleunigung)



- Hart nach hinten unten pushen



- Vorlage der Kraft anpassen

Göhner (2013)



Biomechanische Aspekte des Sprints (Beschleunigung)

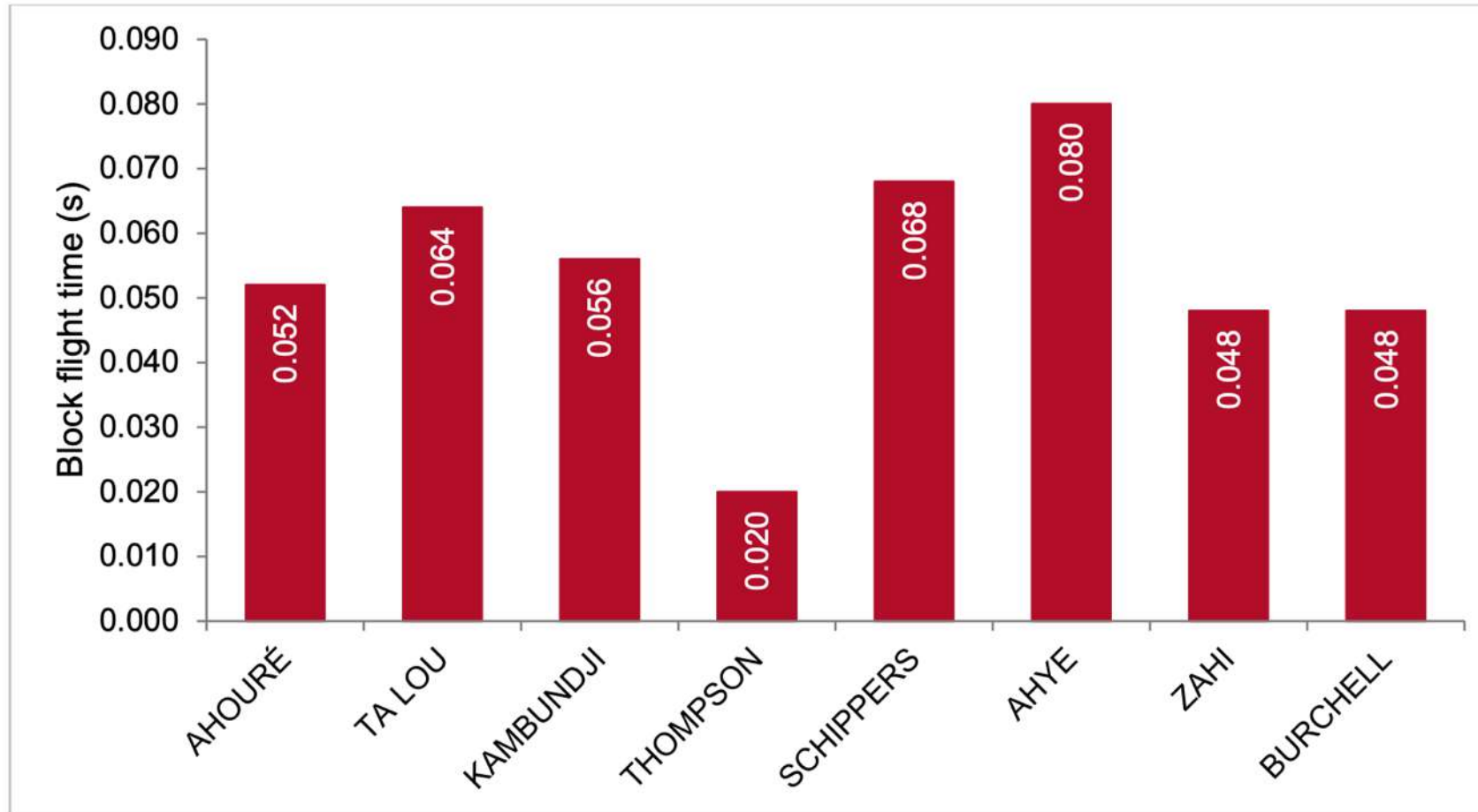


Figure 6. Block flight time (from block clearance to initial ground contact) for each of the finalists.

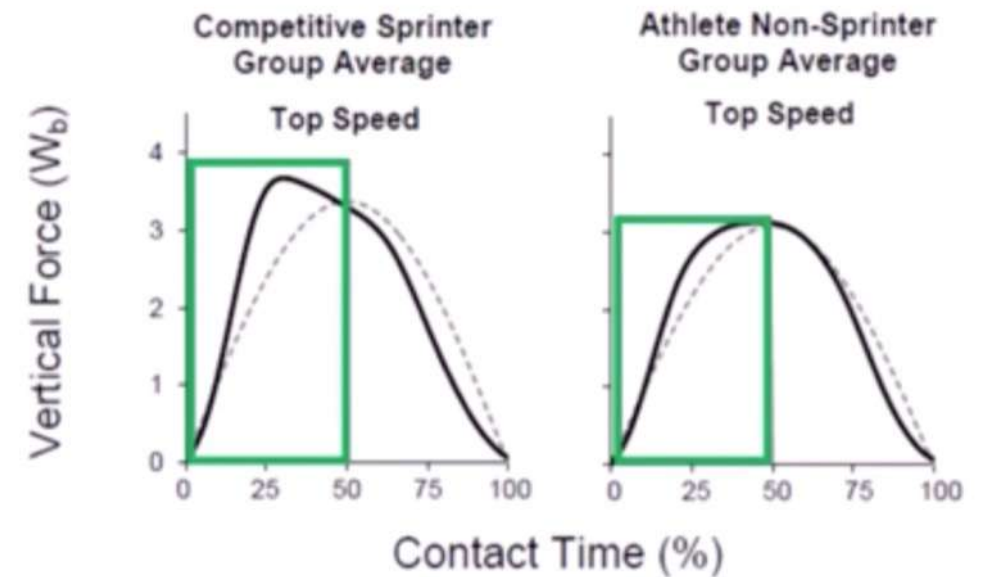
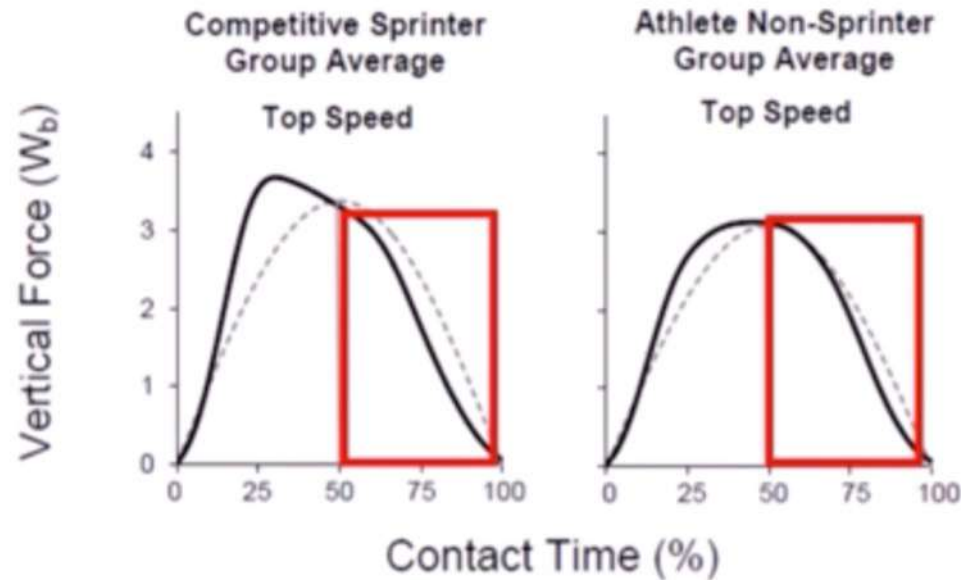
<https://www.worldathletics.org/download/download?filename=1062c381-6278-484f-bfaa-df42f4ab70f9.pdf&urlslug=Women's%2060m%20-%202018%20IAAF%20Indoor%20Championships%20Biomechanical%20Report>



Biomechanische Aspekte des Sprints: Stiffness

Forces in second half of contact are ~same

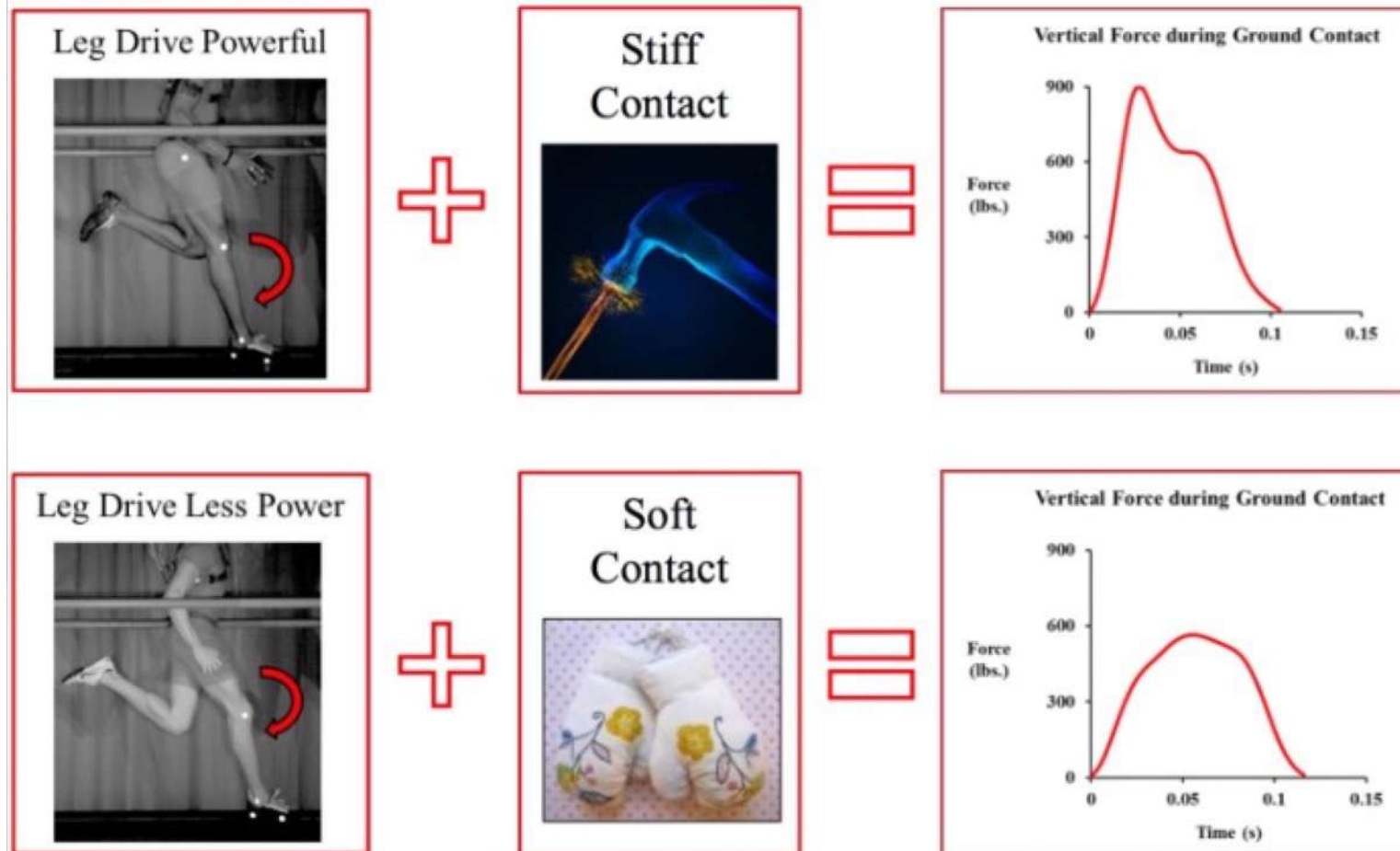
Sprinters: greater forces in first half of contact



Ken Clark in Pfaff, D., Vazel, P., McMillan, S., Behm, A., Tyler, K., Enyia, C., ... Boykin, M. (n.d.). Altis track & field education series: Coaching the short sprints.

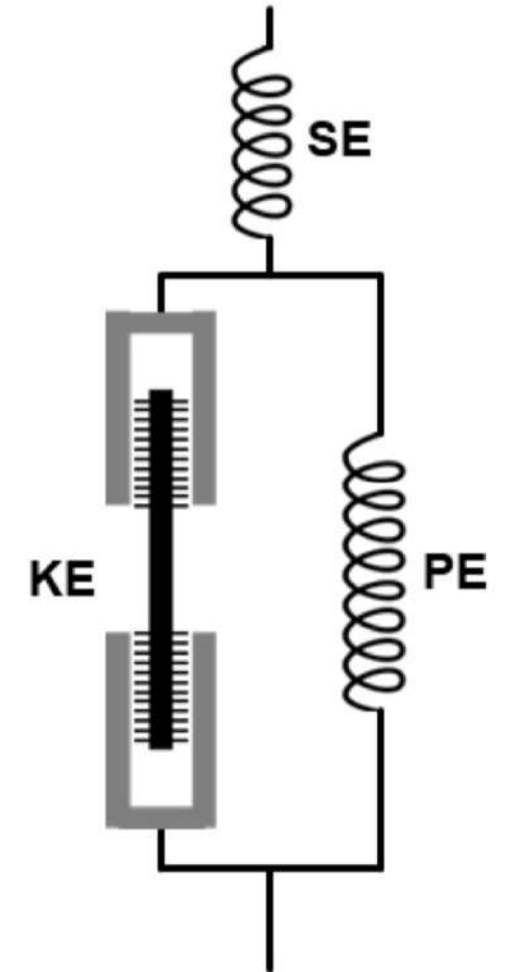
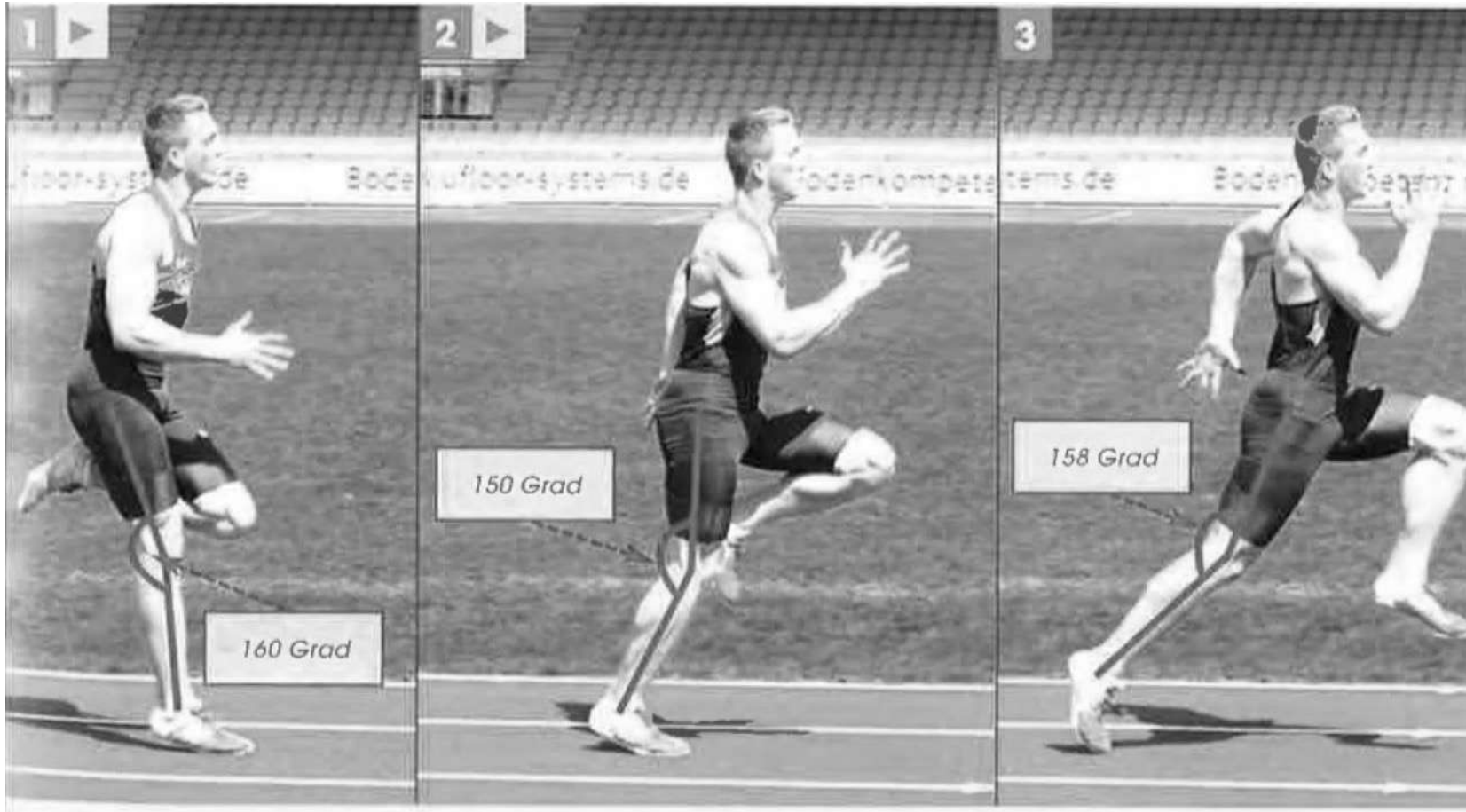


Biomechanische Aspekte des Sprints: Stiffness



Ken Clark in Pfaff, D., Vazel, P., McMillan, S., Behm, A., Tyler, K., Enyia, C., ... Boykin, M. (n.d.). Altis track & field education series: Coaching the short sprints.

Biomechanische Aspekte des Sprints

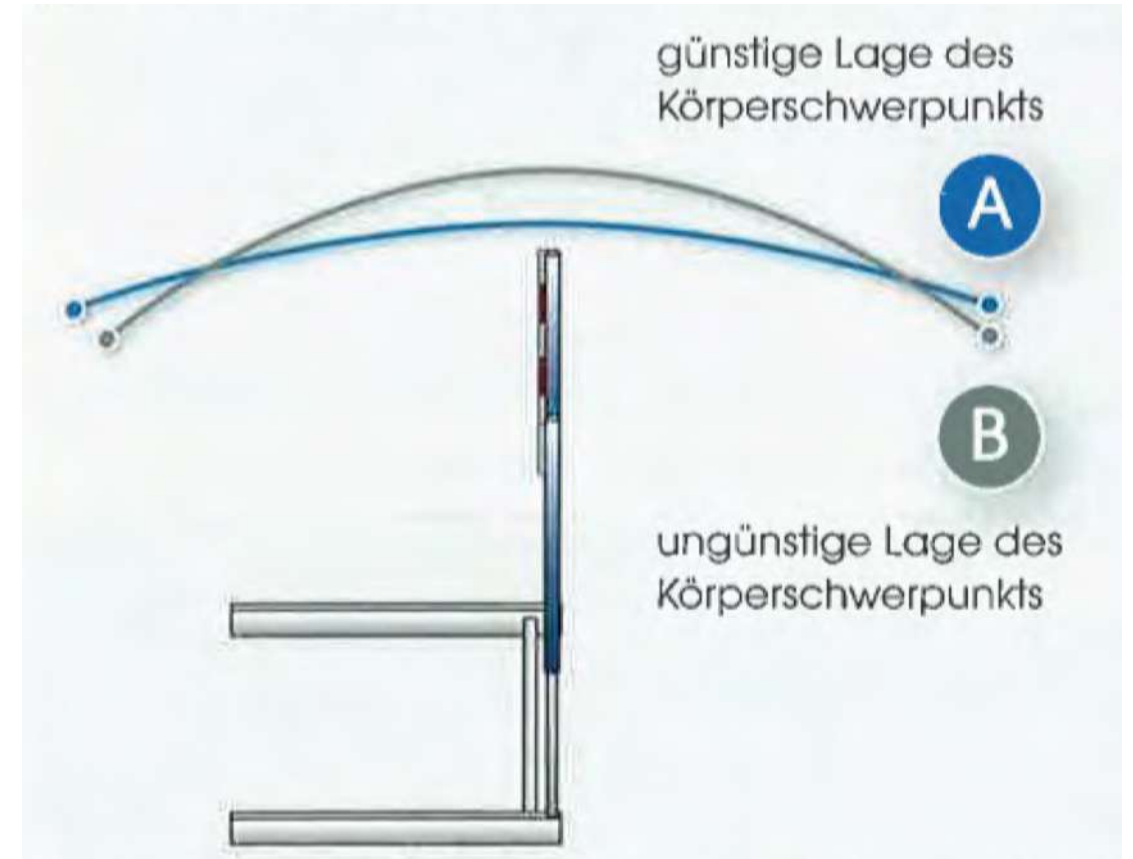


Killing et al., (2015); Künzell & Hossner (in prep.)

Biomechanische Aspekte des Hürdensprints










Oberstes Ziel: möglichst wenig Geschwindigkeit durch Hürdenschritt verlieren

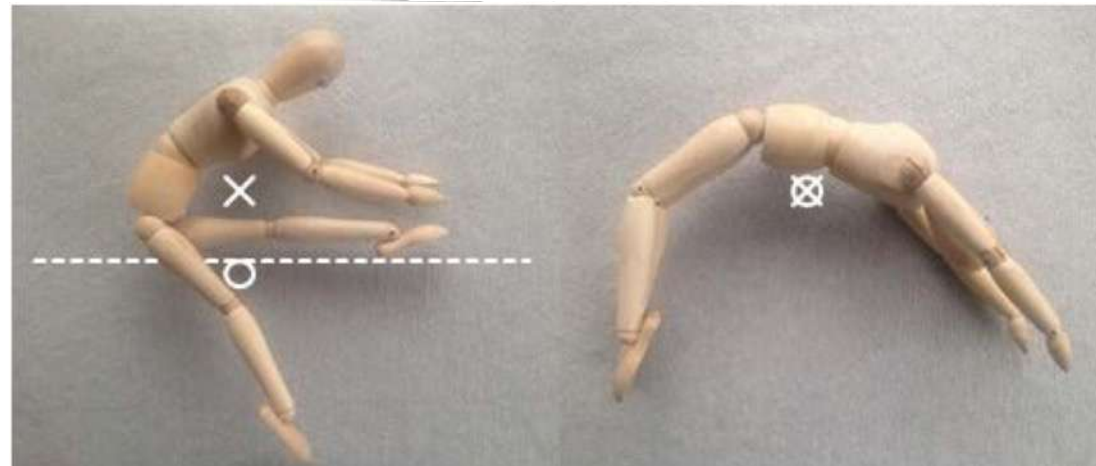
- **Bremskräfte** beim Abstoss vor der Hürde und Aufsetzen nach der Hürde **vermeiden**
- Hürde möglichst **flach** überlaufen



Killing et al. (2015); Strüder et al. (2013)

Biomechanische Aspekte des Hochsprungs

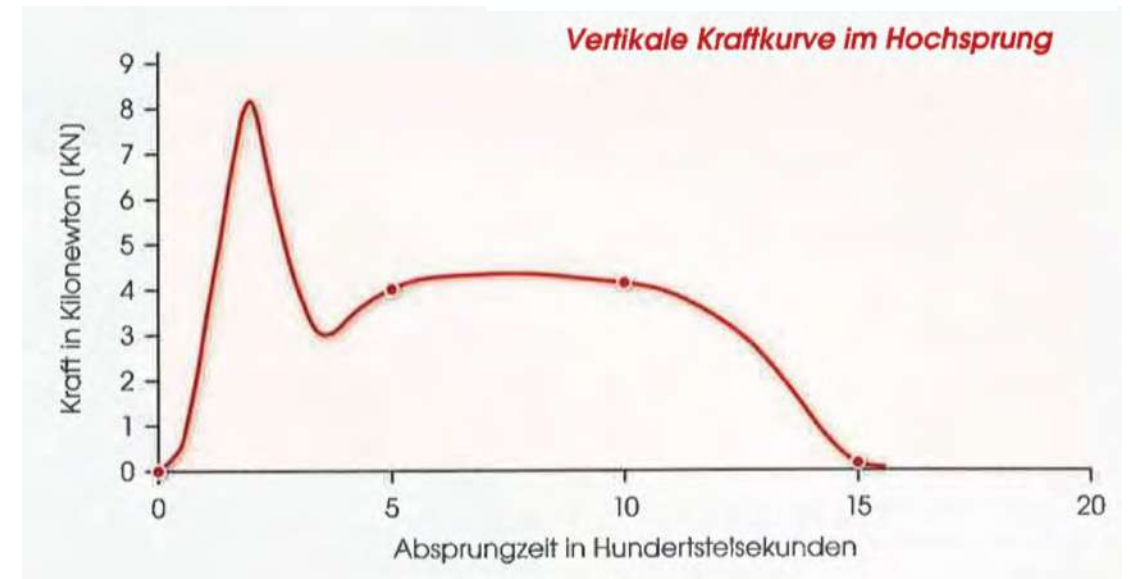
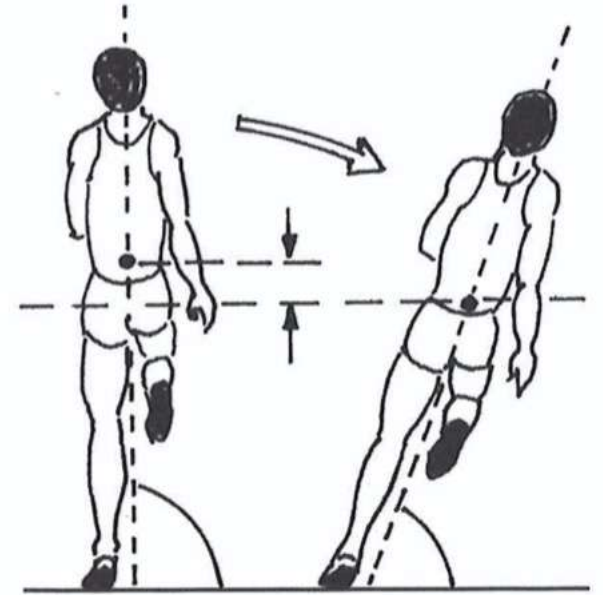
								
1898: 1,97 m	1908: 2,00 m	1914: 2,02 m	1933: 2,04 m	1936: 2,04 m	1963: 2,28 m	1971: 2,29 m	1978: 2,35 m	1993: 2,45 m
Scher- sprung	Scher- Kehr- sprung	Flanken- Roll- sprung	Tauch- Roll- sprung	Seiten- Roll- sprung	Schräg- Tauch- wälzer	Parallel- wäzler	Tauch- wälzer	Flop



Strüder et al. (2013); Künzell & Hossner (in prep.)

Biomechanische Aspekte des Hochsprungs

- Ein **grosser vertikaler Beschleunigungsweg** und eine **kurze Absprungdauer** versprechen eine höhere Abfluggeschwindigkeit
- Beschleunigungsweg muss optimal, nicht maximal sein!



Killing et al. (2015); Strüder et al. (2013)

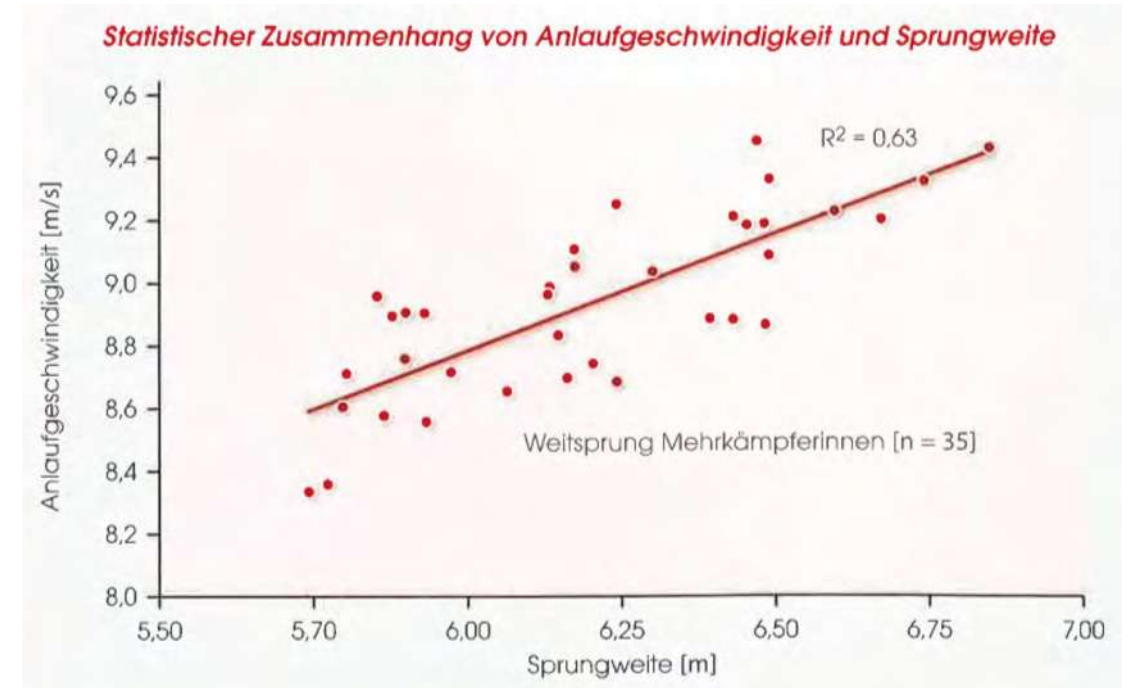
Biomechanische Aspekte des Hochsprungs



<https://www.youtube.com/watch?v=2CM9fDyJHOI>

Biomechanische Aspekte des Weitsprungs

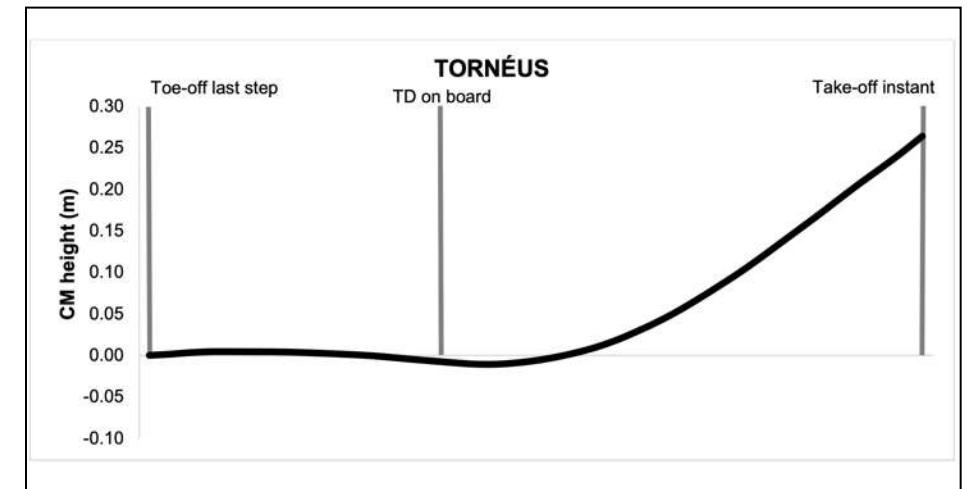
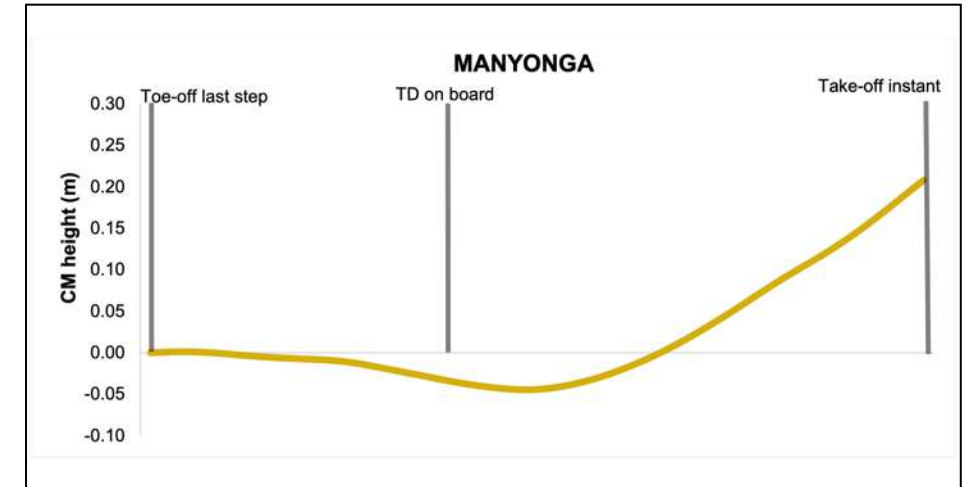
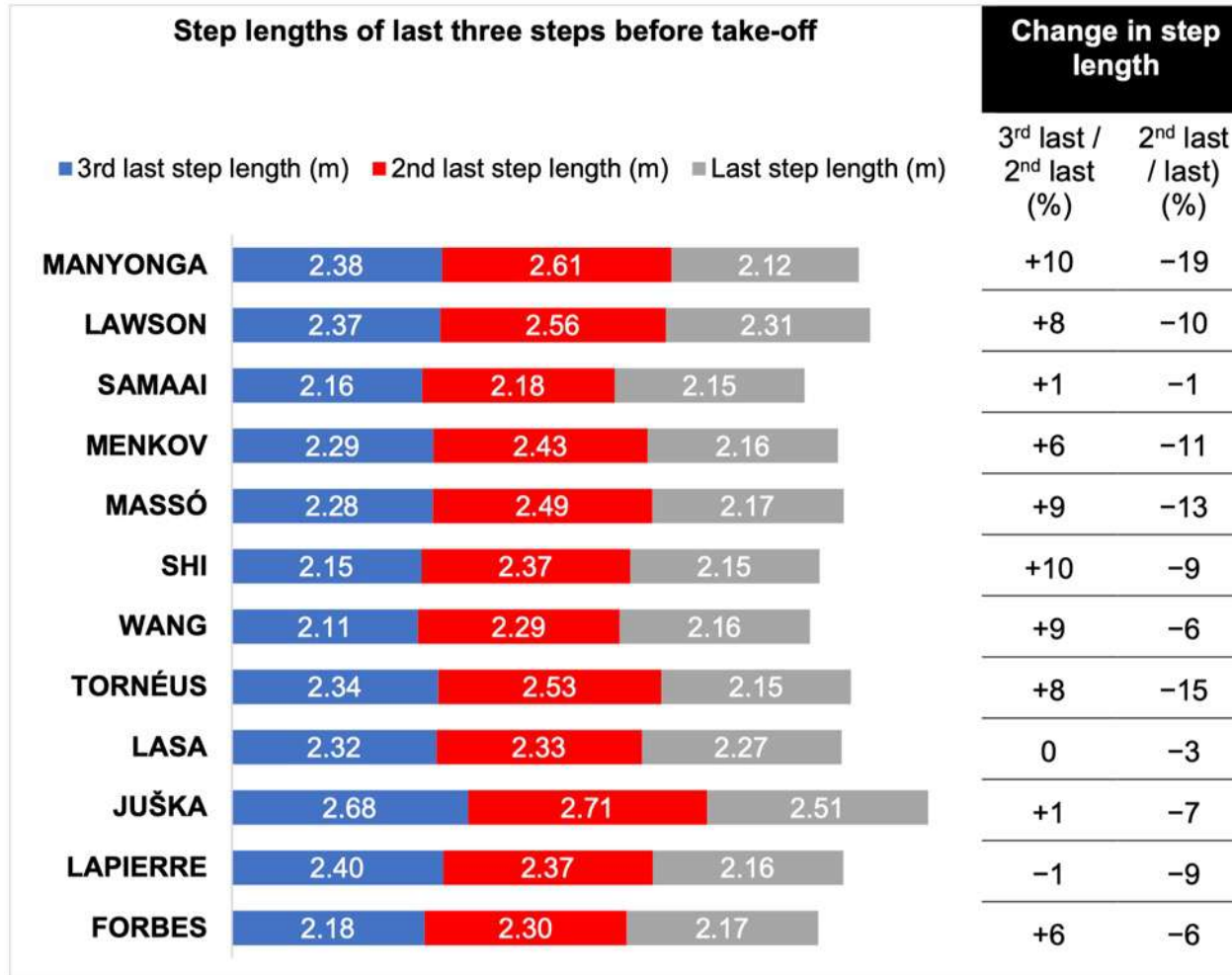
- Etwa **70 Prozent** der Sprungweite lassen sich auf Unterschiede bei der **Anlaufgeschwindigkeit** zurückführen.
- Wichtig ist eine gute, weil nicht bremsende Absprungtechnik.
- Absprungrhythmus dient der Absenkung des KSP.



Killing et al. (2015)



Biomechanische Aspekte des Weitsprungs



<https://www.worldathletics.org/download/download?filename=541b2212-f18d-4960-af2f-11d84609cfaa.pdf&urlslug=Men%27s%20long%20jump%20-%202017%20IAAF%20World%20Championships%20Biomechanical%20report>

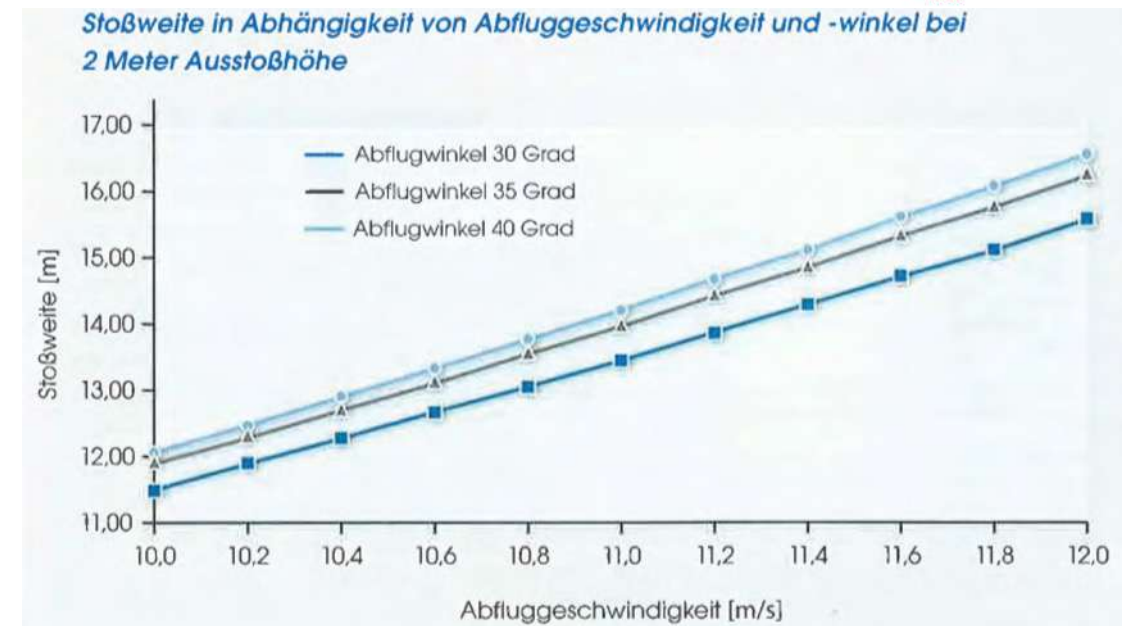
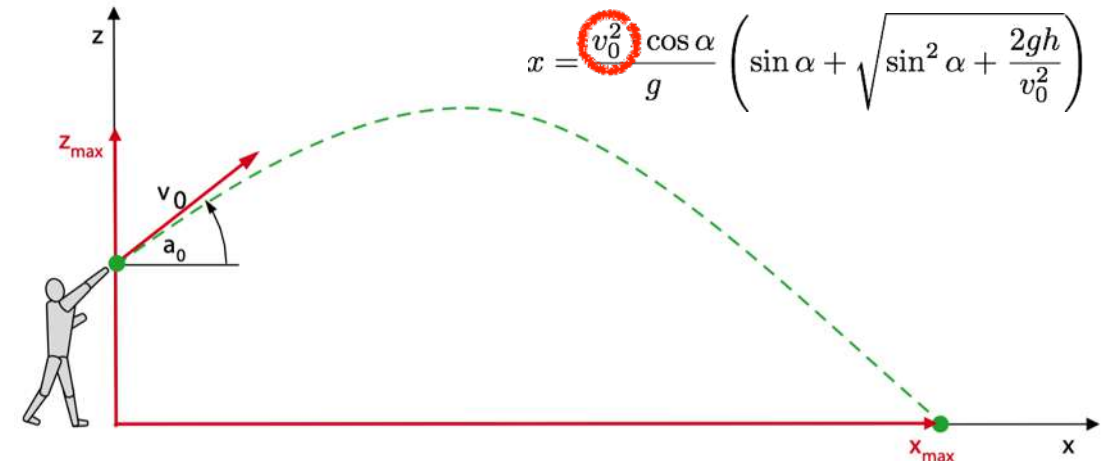
Biomechanische Aspekte des Weitsprungs

- Wer beim Weitsprungabsprung durch Vorlage des Oberkörpers und einen ungenügenden Schwungbeineinsatz ein Drehmoment vorwärts produziert, kann in der Luft diesen Drehimpuls nicht mehr stoppen und fällt bei der Landung nach vorne (Kunz, 2003)



Biomechanische Aspekte des Kugelstossens

- Die Flugweite ist in erster Linie abhängig von der **Ausstossgeschwindigkeit**, in zweiter Linie vom **Ausstosswinkel** und dann von der **Ausstosshöhe** (Gesetz des schrägen Wurfs).
- Geschwindigkeit durch Verlängerung des Beschleunigungswegs



Killing et al. (2015); Schwameder et al., 2013

Biomechanische Aspekte des Diskuswerfens

- Die Flugeigenschaften des Diskus werden durch die Faktoren Abwurf- und Anstellwinkel, die Eigenrotation des Geräts und die Windverhältnisse bestimmt.
- Der Diskus fliegt nur stabil, wenn er in Rotation versetzt wird.
- Je stärker die Verwindung, desto grösser der Beschleunigungsweg

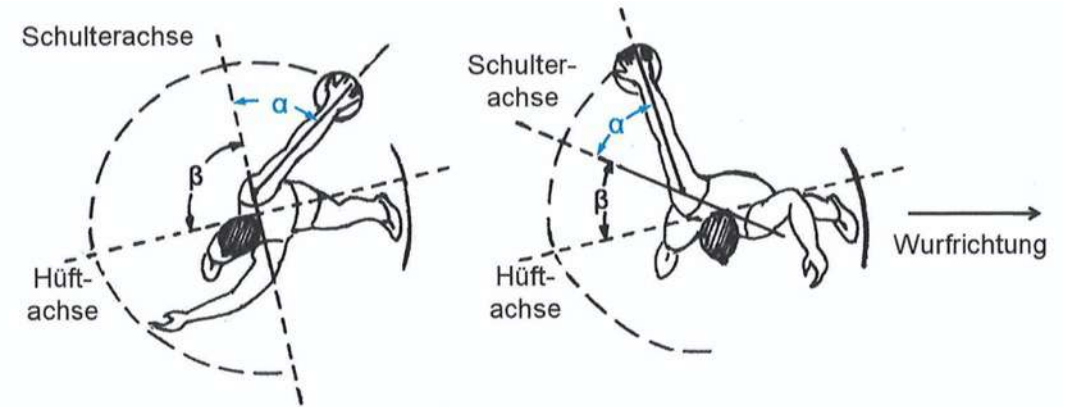


Abb. 14: Unterschiede in der Wurfauslage hinsichtlich des Schleppens (α) und der Verwindung (β) mit entsprechender Auswirkung auf den Beschleunigungsweg.

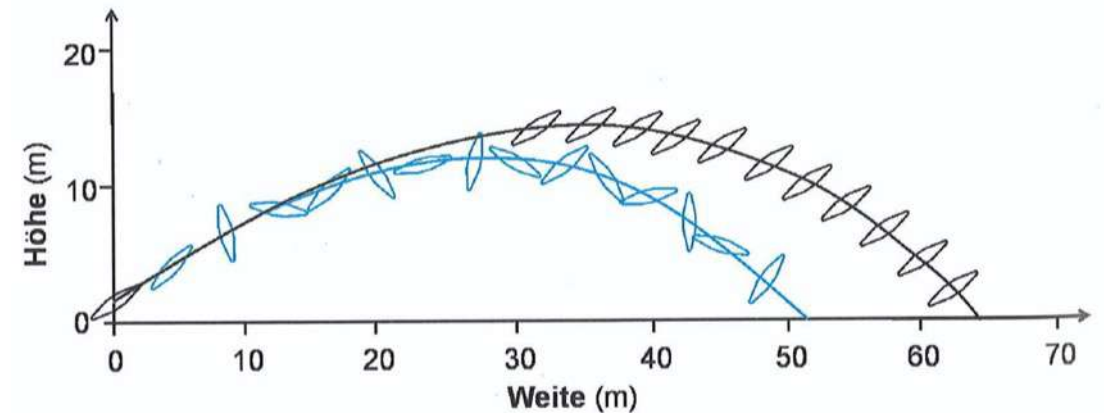
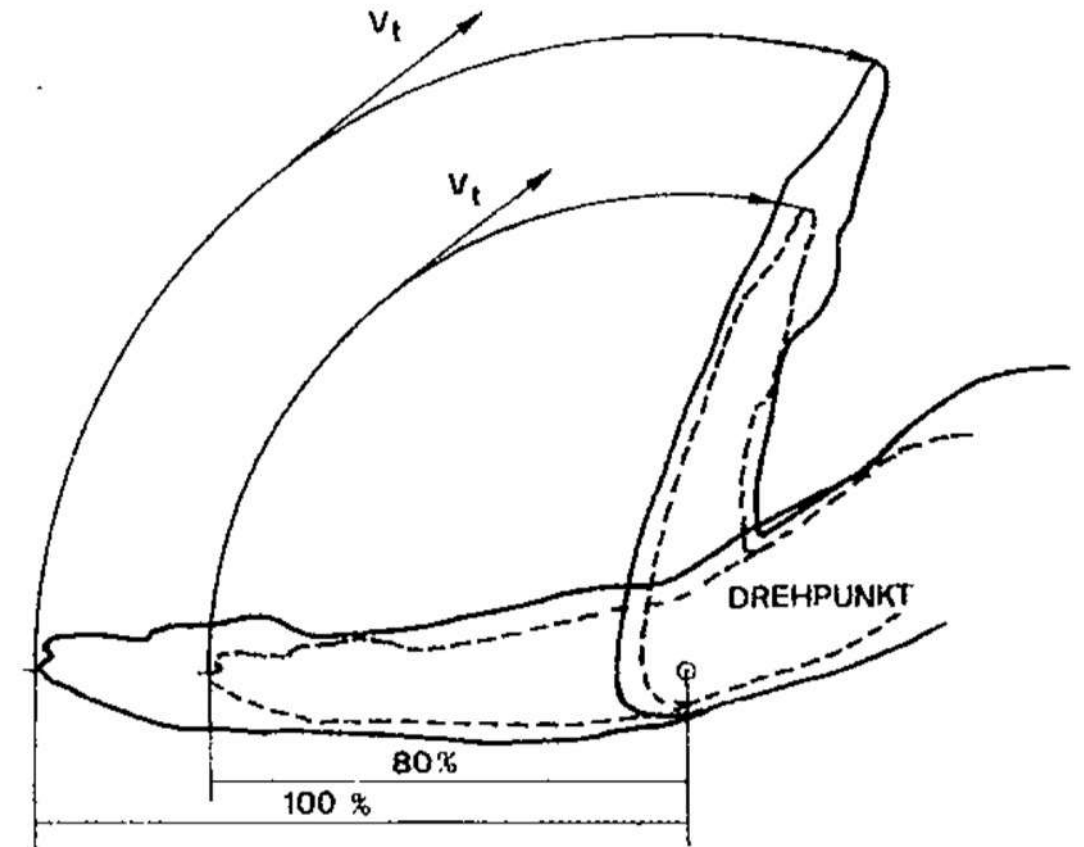


Abb. 20: Flugbahn bei gleicher Abfluggeschwindigkeit eines Diskus mit Rotation um die Symmetrieachse und günstiger Fluglage sowie eines Diskus ohne stabile Rotation (modifiziert nach Soong, 1982, zitiert nach Wank, 2006, S. 134)

Strüder et al. (2013)

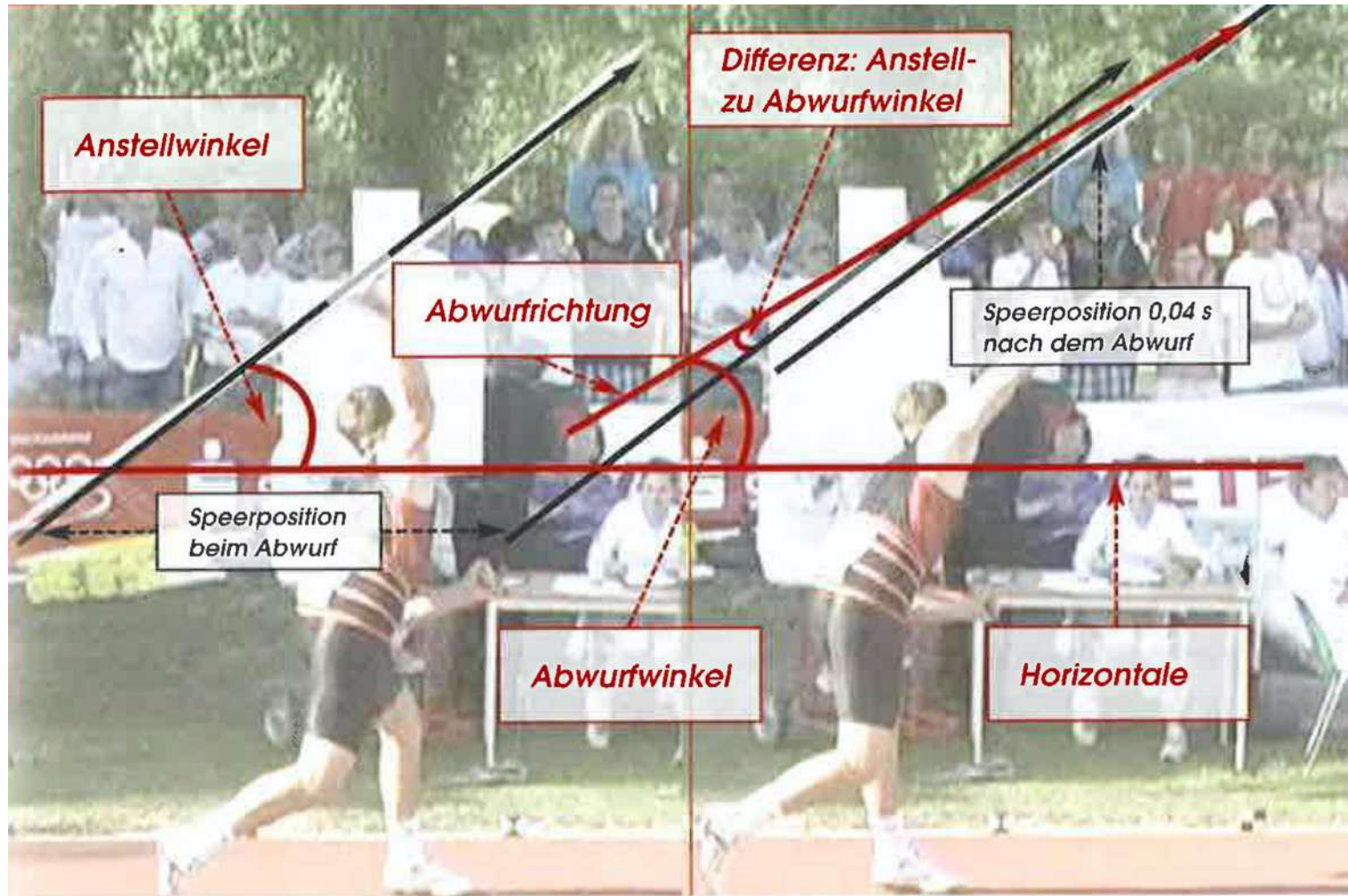
Biomechanische Aspekte des Diskuswurfs

- Mit langen Hebelarmen beziehungsweise grossen Radien bei Rotationsbewegungen können grosse Tangentialgeschwindigkeiten erreicht werden, sofern die Kraft vorhanden ist, die langen Hebel auch schnell zu bewegen (Beispiele: Diskuswerfen, Hammerwerfen).



Kunz (2003)

Biomechanische Aspekte des Speerwurfs

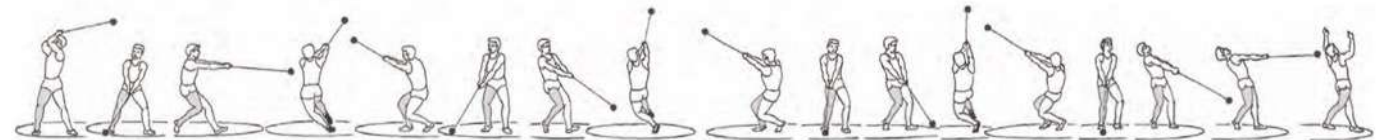
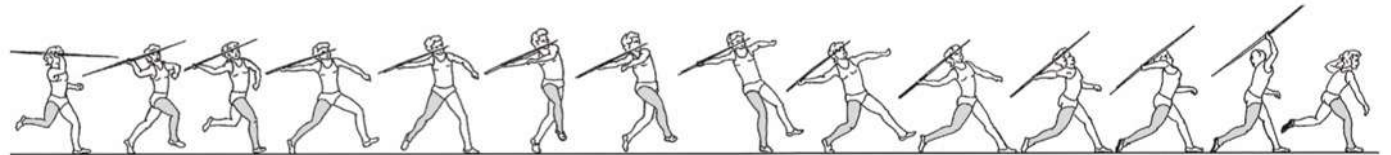
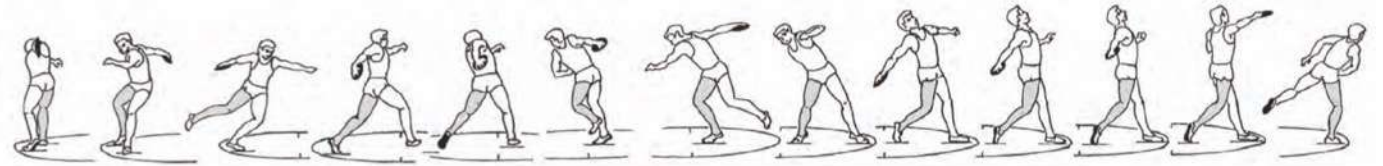
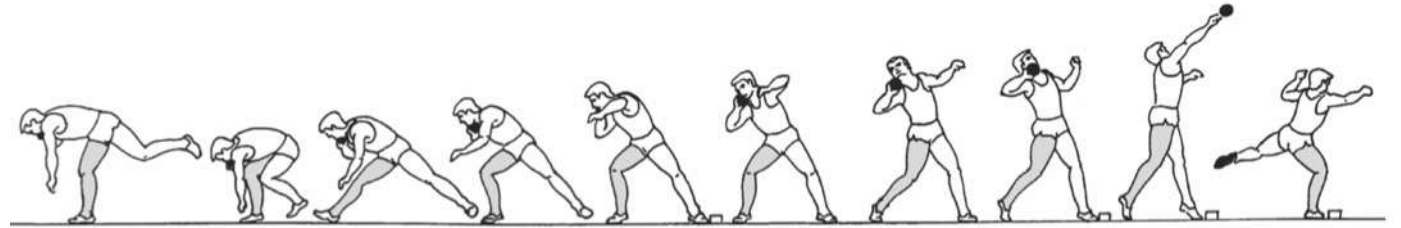


Killing et al. (2015)



Optimale Abflugwinkel

- Kugelstossen: 40-42°
- Diskuswerfen: 33-36°
- Speerwerfen: 35-38°
- Hammerwerfen: 42-44°




Kunz (2003); Swiss Athletics (2020)



Biomechanical Report



IAAF World Championships
LONDON 2017




BIOMECHANICAL REPORT
FOR THE
IAAF World Championships
LONDON 2017
High Jump Men's

Dr Gareth Nicholson and Dr Athanassios Bissas
Carnegie School of Sport

Stéphane Merlino
IAAF Project Leader



IAAF World Indoor Championships
BIRMINGHAM 2018
1-4 MARCH





BIOMECHANICAL REPORT
FOR THE
IAAF
WORLD INDOOR CHAMPIONSHIPS 2018
60 Metres Women


Josh Walker¹, Dr Catherine Tucker¹, Dr Giorgos Paradisis², Dr Ian Bezodis³
and Dr Athanassios Bissas¹

¹Carnegie School of Sport ²NKUA ³Cardiff Metropolitan University

Stéphane Merlino
IAAF Project Leader





IAAF World Championships
LONDON 2017



BIOMECHANICAL REPORT
FOR THE
IAAF World Championships
LONDON 2017
Discus Throw Men's

Dr Tim Bennett, Josh Walker and Dr Athanassios Bissas
Carnegie School of Sport

Stéphane Merlino
IAAF Project Leader



<https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/research-centre>



Literatur

- Bernhart, J. (2012). Was KSP, Trägheit & Co bedeuten. *Leichtathletiktraining*, (7), 18–23.
- Bosch, F. (2016a). *Strength Training and Coordination: An Integrative Approach*. Rotterdam: 2010Publishers.
- Bosch, F. (2016b). Das Feintuning der motorischen Kontrolle. In D. Joyce & D. Lewindon (Eds.), *Athletiktraining für sportliche Höchstleistung* (pp. 133–147). München: Riva.
- Göhner, U. (2013). *Sportliche Bewegungen erfolgreich analysieren*. Tübingen: Eigenverlag.
- Goodwin, J., Tawiah-Dodoo, J., Waghorn, R., & Wild, J. (2018). Sprint running. In A. Turner (Ed.), *Routledge Handbook of Strength and Conditioning* (pp. 473–505). Milton Park: Routledge.
- Hochmuth, G. (1981). *Biomechanik sportlicher Bewegungen*. Berlin: Sportverlag.
- Killing, W., Bernhart, J., Buder, K., Eberle, F., Flakus, K., Hallmann, C., & Kühne, W. (2015). *Jugendleichtathletik Mehrkampf: Rahmentrainingsplan des Deutschen Leichtathletik-Verbandes für die Mehrkampfdisziplinen im Aufbautraining*. Münster: Philippka-Sportverlag.
- Kunz, H. (2003). *Biomechaniker der Leichtathletik*. Lyss: Schweizerischer Leichtathletik-Verband.
- Künzell, S., & Hossner, E.-J. (in perp.). *Einführung in die Bewegungswissenschaft*. Wiebelsheim: Limpert.
- Letzelter, M., & Letzelter, S. (2005). *Der Sprint. Eine Bewegungs- und Trainingslehre*. Mainz: Johannes Gutenberg-Universität.
- Mann, R., & Murphy, A. (2015). *The mechanics of sprinting and hurdling*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Schwameder, H., Alt, W., Gollhofer, A., & Stein, T. (2013). Struktur sportlicher Bewegung – Sportbiomechanik. In A. Güllich & M. Krüger (Hrsg.), *Sport - Das Lehrbuch für das Sportstudium* (S. 123–170). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Strüder, H., Jonath, U., & Scholz, K. (2013). *Leichtathletik. Trainings- und Bewegungswissenschaft - Theorie und Praxis aller Disziplinen*. Köln: Strauss.