

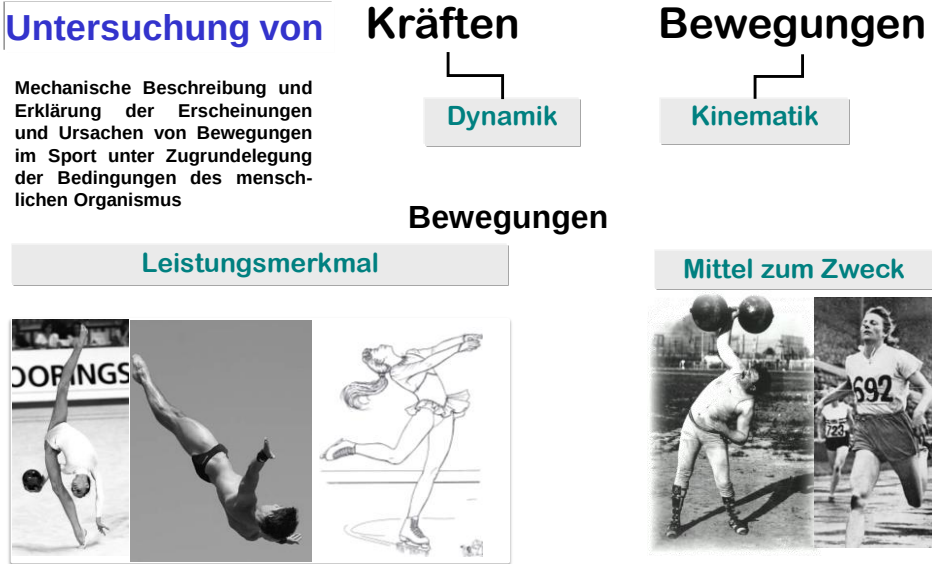
1 Biomechanik sportlicher Bewegungen

Inhalt

1. Allgemeine Aspekte der angewandten Biomechanik
2. biomechanischer Aspekte der Sportarten
 - Radsport
 - Golf
 - Fußball
 - Skisprung
3. Beispiele für biomechanische Arbeiten von Studenten
 - Mountainbike
 - Voltigieren
 - Eiskunstlauf

KOMPEDIUM Kapitel III
Themenblock 1: Sportliche Technik, Technologie im Sport

2 Biomechanik sportlicher Bewegungen



<http://www.jetztmalen.de/img/eiskunstlauf-3-b2720.jpg>
http://www.youthguide.ch/youthguide/www.youthguide.ch/klt/content/images/wasserspringen_003.jpg
<http://ard.ndr.de/peking2008/sportarten/gewichtheben/historie22.html>

3 Biomechanik sportlicher Bewegungen

Aspekte

Leistungssteigerung

Vermeidung von Überlastung

Athlet – sportliche Technik

Interaktion Gerät / Ausrüstung



- Gegner
- Gerät
- Umwelt



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2f/Oscar_Pistorius_2_Daegu_2011.jpg

4 Biomechanik sportlicher Bewegungen



- Badminton
- Basketball
- Bogenschießen
- Boxen
- Fechten
- Fußball
- Wasserball
- Gewichtheben
- Golf
- Handball
- Hockey
- Judo
- Kanurennsport
- Kanuslalom
- Leichtathletik
- Moderner Fünfkampf
- Bahnradrennen
- Rad BMX, Mountainbike
- Rad-Straßenrennen
- Reitsport
- Ringen
- Rudern
- Rugby
- Schießen
- Kunst- Turmspringen
- Schwimmsport
- Segeln
- Taekwondo
- Tennis
- Tischtennis
- Triathlon
- Kunstturnen
- Rhythmische Sportgymnastik
- Trampolin
- Beachvolleyball
- Volleyball



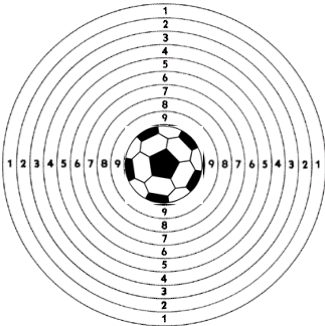
- Trigonometrie
- Vektorrechnung
- Wahrscheinlichkeitsrechnung
- Koordinatensysteme
- Differenzial- und Integralrechnung
- Kinematik - Bewegungsgesetze
- Newtonsche Axiome: Trägheit
- Newtonsche Axiome: Grundgesetz
- Newtonsche Axiome: Actio Reaction
- Impulssatz
- Energiesatz
- Masse
- Gravitation
- Trägheit
- Massenträgheitsmoment
- Kräftezerlegung und -Addition
- Drehimpulssatz
- Drehmoment
- Hebel, Hebelgesetz
- Hubarbeit
- Beschleunigungsarbeit
- Deformationsarbeit
- Körperschwerpunkt
- Reibung
- mechanische Leistung
- Wirkungsgrad
- Satz von Steiner
- Gleichgewichtslagen
- Statik
- Thermodynamik
- Energieerhaltungssatz
- Entropie
- allgemeine Relativitätstheorie
- Druck, Zug, Biegung
- mechanische Spannung und Dehnung
- Strömungsgesetz, Auftrieb



5 Biomechanik sportlicher Bewegungen



Ziel: Beispiele



für mechanische und biomechanische Aspekte im Sport
anhand einiger Sportarten!
Es ist hierbei nicht notwendig (evtl. hilfreich) mitzurechnen



6 Biomechanik sportlicher Bewegungen



Quelle: Schlichting, H.J. Suhr, W. Physik in unserer Zeit 2/2008 (39)

7 Biomechanik sportlicher Bewegungen

Radsport

→

AB = 40km

t_{hin}

= 1,33 h

t_{rück}

= 4,0 h

t_{gesamt}

= 5,33 h

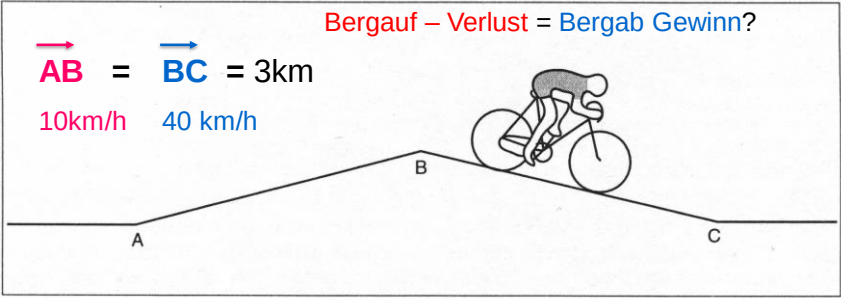
$V_m = \frac{v_{hin} + v_{rück}}{2}$

= 20 km/h

?

$V_m = \frac{s_{hin} + s_{rück}}{t}$

= 15 km/h



Zeitbedarf bei gleichmäßigen 30 km/h: $t = \frac{6 \text{ km}}{30 \text{ km/h}} = 0,2 \text{ h} = 12 \text{ min}$

Grassmann, M. (2002) Fahrradphysik und Biomechanik

8 Biomechanik sportlicher Bewegungen

Radsport

Er will so schnell wie möglich von A nach B?

Zeit für → AB = ← ACB?

Für die Beschleunigung entlang der schiefen Ebene gilt: $a = g \cdot \sin \alpha$

$x = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{\frac{2x}{g \cdot \sin \alpha}}$

Benötigte Zeit von A nach B:

$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 200 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot \sin 30^\circ}} = 9,03 \text{ s}$

Benötigte Zeit von A nach C:

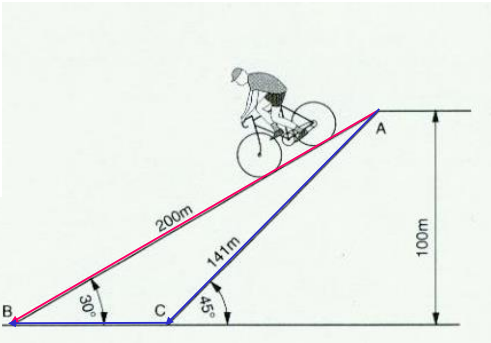
$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 141 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot \sin 45^\circ}} = 6,38 \text{ s}$

Geschwindigkeit im Punkt C $v = \sqrt{2g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 100 \text{ m}} = 44,3 \text{ m/s}$

Benötigte Zeit von C nach B:

$t = \frac{x}{v} = \frac{73 \text{ m}}{44,3 \text{ m/s}} = 1,65 \text{ s}$

8,03



Grassmann, M. (2002) Fahrradphysik und Biomechanik

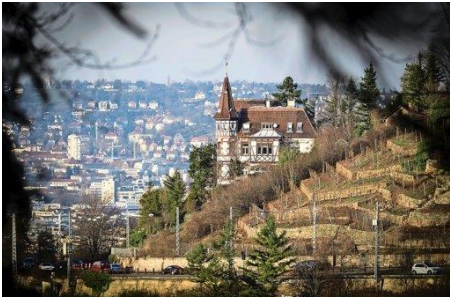
9 Biomechanik sportlicher Bewegungen

Radsport

Geht es mit dem Fahrrad eine Steigung mit dem Steigungswinkel σ hinauf, so lastet nicht mehr das Gesamtgewicht F_G von Fahrer und Fahrrad auf der Fahrbahn, sondern nur noch die Komponente

$F_N = F_G \cos\sigma.$

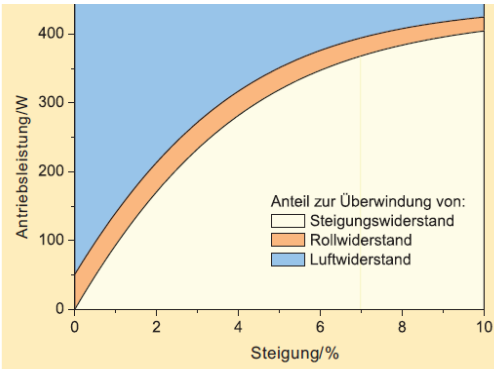
Parallel zur Fahrbahn wirkt daher die hangabwärts gerichtete Komponente $F_{Steig} = F_G \sin\sigma,$



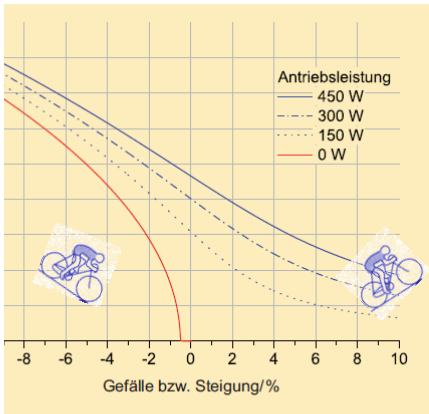
W. SUHR; H. J. SCHLICHTING. Phys. Unserer Zeit 6/2007 (38)

10 Biomechanik sportlicher Bewegungen

Radsport



Auf 450 W Antriebsleistung entfallende Anteile, die zur Überwindung der je nach Steigung der Fahrbahn variierenden Fahrwiderstände nötig sind. (Hierfür und ebenso für Abbildung 4 und 6 verwendete Modellparameter: Rollwiderstandsbeiwert $c_R = 0,005$, Luftwiderstandsfläche $c_w A = 0,3 \text{ m}^2$, Luftdichte $\rho = 1,22 \text{ kg/m}^3$, Masse Fahrer + Rad = 80 kg.)



und Steigungsstrecken erreichbare Höchstgeschwindigkeit, je nach aufgebrachter Antriebsleistung. Bei wird der Rollwiderstand ($c_R = 0,005$) erst ab einem $\pm 0,5 \%$ überwunden.

W. SUHR; H. J. SCHLICHTING. Phys. Unserer Zeit 6/2007 (38)

11 Biomechanik sportlicher Bewegungen

Radsport

Bild 47 Ein idealisierter Stromlinienkörper erfährt keinen Druck- bzw. Strömungswiderstand, denn der Druck in p_1 ist gleich dem Druck in p_2 .

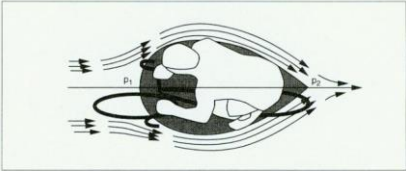
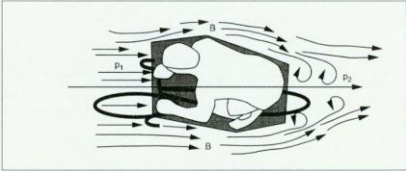


Bild 48 Die Strömungslinien hinter dem Radfahrer bilden Wirbelfelder. Sie reißen ab und »verbrauchen« einen Teil der Bewegungsenergie des Fahrers. Der Druck in p_2 ist kleiner als in p_1 .



Gesamt-widerstand
 F_{ges}

Fahr-widerstand
 F_F

Fahrrad-widerstand
 F_{Rad}

Beschleunigungs-widerstand
 F_a

Steigungs-widerstand
 F_{St}

Luft-widerstand
 F_L

Reibungs-widerstand der drehenden Teile

Roll-widerstand
 F_R

Schwin-gungs-widerstand
 F_{Schw}

transla-torischer Beschleunigungs-widerstand
 $F_{a,trans}$

rota-torischer Beschleunigungs-widerstand
 $F_{a,rot}$

Walk-widerstand
 F_W

Abroll-widerstand
 F_r

Luftwiderstand

Strömungswiderstand (Druckwiderstand)

>>

Reibungswiderstand (Zähigkeitswiderstand)

$$F_{ts} = \frac{1}{2} c_w \rho A v^2 s$$
$$F_l = \frac{1}{2} c_w \rho A v^2$$

Grassmann, M. (2002) Fahrradphysik und Biomechanik, S.59ff.

12 Biomechanik sportlicher Bewegungen

Radsport

$$F_l = \frac{1}{2} c_w \rho A v^2$$



Grassmann, M. (2002) Fahrradphysik und Biomechanik, S.63f.

13 Biomechanik sportlicher Bewegungen

Radsport

$\epsilon = E_{in}/s = P_{in}/v$ (1a)

$\bar{\epsilon} = \epsilon/m_N$ (1b)

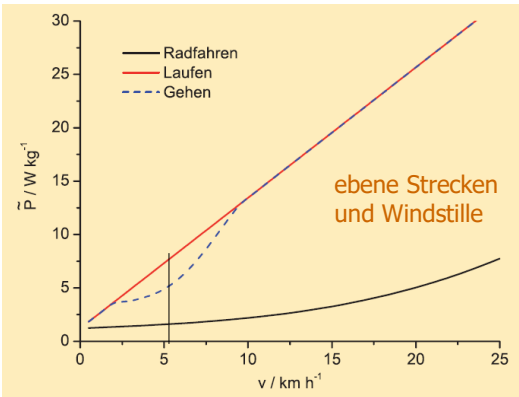
$P_{in} = P_{out}/\eta + P_{GU}, \quad (2)$

$P_{out,R} = \mu \, m \, g \, v + \varrho \, c_W \, A \, v^3/2$

$m = m_R + m_N$

$P_{in,L} = a \, m_N \, v + P_{GU},$
mit $a = 4,4 \text{ kJ}/(\text{kg km})$

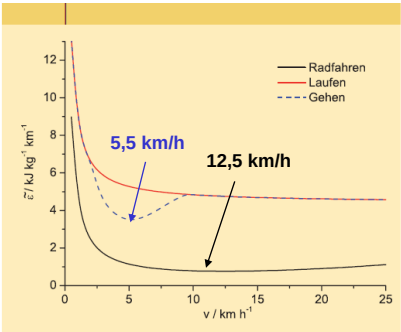
Leistungsinput zu Fuß und per Rad



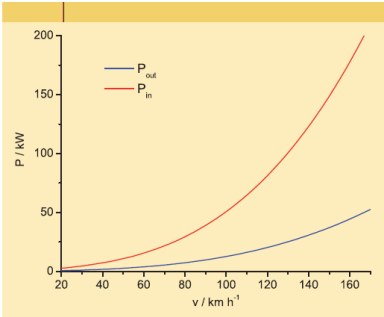
	Fahrrad	Kleinwagen
Leergewicht	15 kg	850 kg
Gewicht des Fahrers	70 kg	70 kg
Frontfläche	0,5 m ²	2,35 m ²
c _w -Wert	0,85	0,32
Rollwiderstands-koeffizient	0,005	0,012
max. Leistungsoutput	je nach Fahrtdauer zwischen 75 W (dauernd) und 200 W (1 Stunde) variierend	
Kraftstoffverbrauch auf 10 km	bei 20 km/h ≙ 28 g Schokolade (660 kJ) bei 30 km/h ≙ 44 g Schokolade (1040 kJ) Ø Stadt ≙ 42 g Schokolade (1000 kJ)	bei 90 km/h 0,49 l (16 MJ) bei 120 km/h 0,68 l (23 MJ) Ø Stadt 0,79 l (26 MJ)

Schlichting, H.J. Suhr, W. Physik in unserer Zeit 2/2008 (39)

14 Biomechanik sportlicher Bewegungen



Spezifische energetische Transportkosten eines 70 kg schweren Menschen beim Laufen, Gehen und Radfahren als Funktion der Geschwindigkeit.



Leistungsinput und Leistungsoutput beim Auto, hier einem Kleinwagen (Tabelle 1), mit einer Person. Die dem biologischen Grundumsatz entsprechende Leerlaufleistung als zusätzlicher Energieverbraucher ist hier nicht berücksichtigt.

	Fahrrad	Kleinwagen
Leergewicht	15 kg	850 kg
Gewicht des Fahrers	70 kg	70 kg
Frontfläche	0,5 m²	2,35 m²
c _w -Wert	0,85	0,32
Rollwiderstands-koeffizient	0,005	0,012
max. Leistungsoutput	Je nach Fahrtdauer zwischen 75 W (dauernd) und 200 W (1 Stunde) variierend	
Kraftstoffverbrauch auf 10 km	bei 20 km/h ≙ 28 g Schokolade (660 kJ) bei 30 km/h ≙ 44 g Schokolade (1040 kJ) Ø Stadt ≙ 42 g Schokolade (1000 kJ)	bei 90 km/h 0,49 l (16 MJ) bei 120 km/h 0,68 l (23 MJ) Ø Stadt 0,79 l (26 MJ)

Schlichting, H.J. Suhr, W. Physik in unserer Zeit 2/2008 (39)

15 Biomechanik sportlicher Bewegungen



Amazing Basketball Experiment! The Magnus Effect - How Amazing Basketball Experiment! The Magnus Effect

16 Biomechanik sportlicher Bewegungen

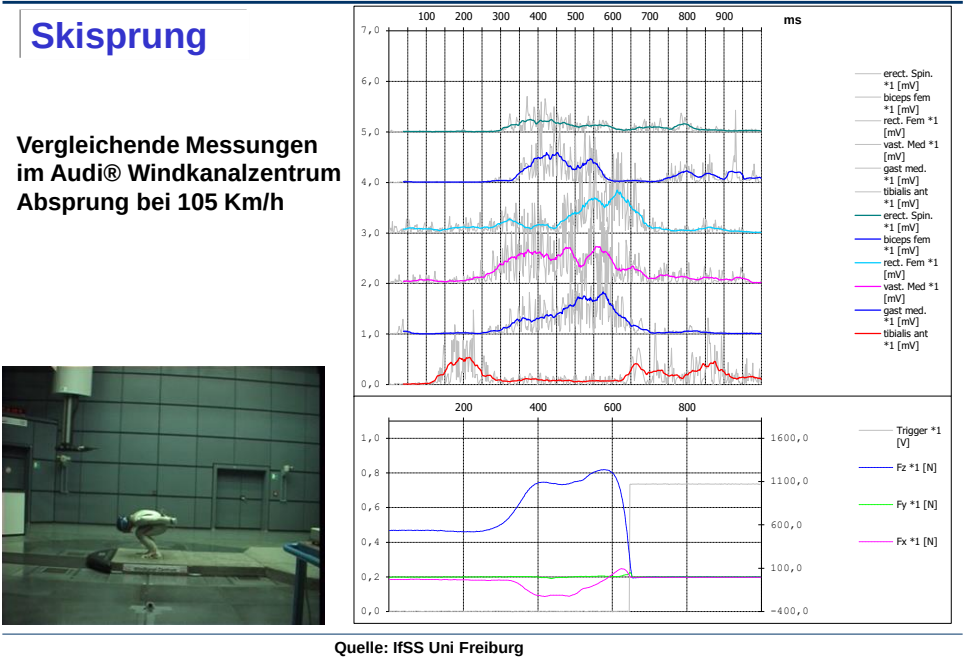
Skisprung



<http://hkkk.fi/~niininen/athl.html>

Quelle: IfSS Uni Freiburg

17 Biomechanik sportlicher Bewegungen



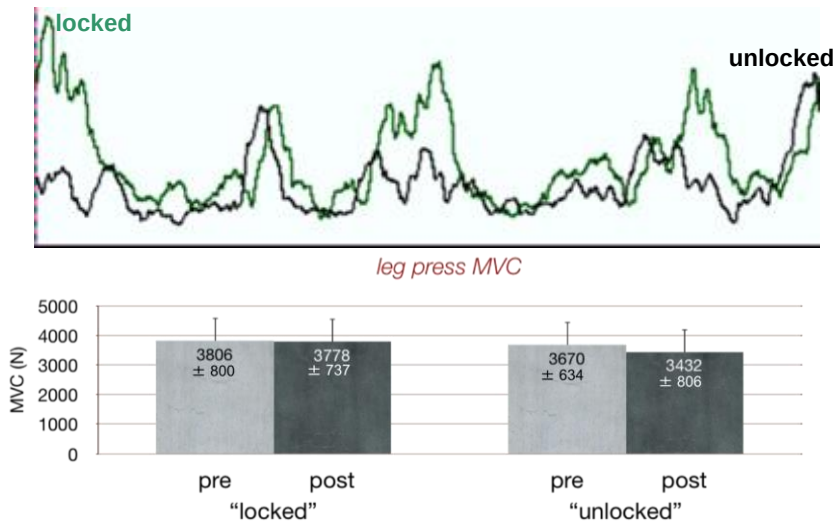
18 Biomechanik sportlicher Bewegungen



19 Biomechanik sportlicher Bewegungen

Mountainbike

Ergebnisse



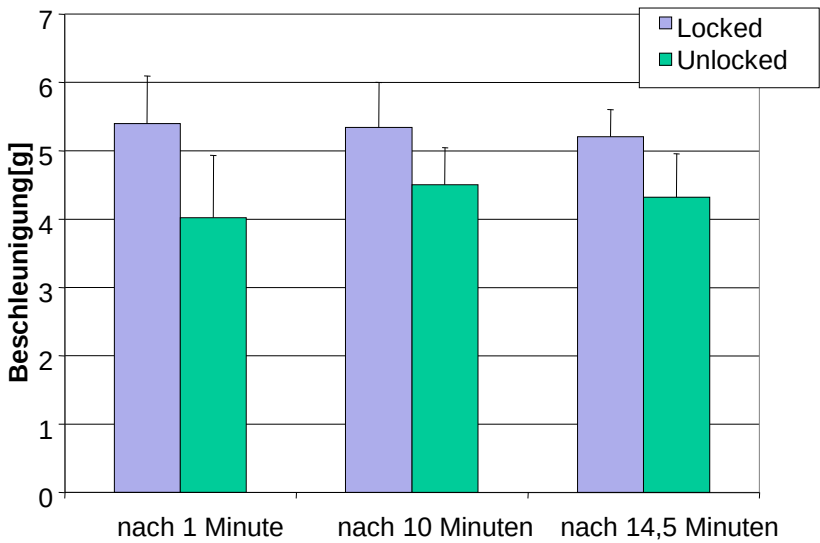
Müller, S. (2009) Magisterarbeit , Universität Stuttgart

Bubeck; Müller, Alt: 15th ECSS Congress 2010 Antalya

20 Biomechanik sportlicher Bewegungen

Mountainbike

Ergebnisse



Müller, S. (2009) Magisterarbeit , Universität Stuttgart

Bubeck; Müller, Alt: 15th ECSS Congress 2010 Antalya

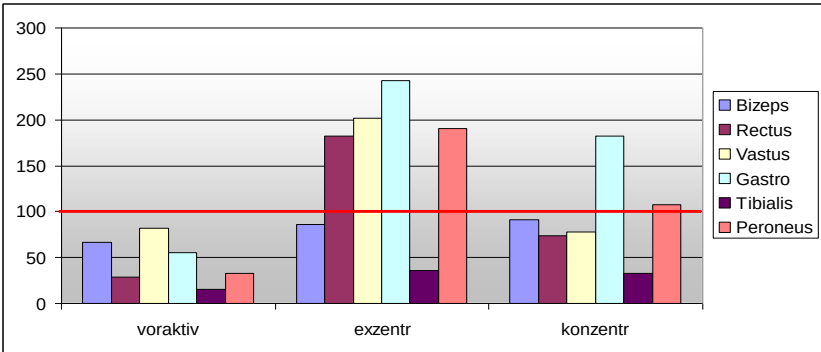
21 Biomechanik sportlicher Bewegungen

Voltigieren

Was bewirkt sensomotorisches Training?

Ziel: • Welche Anpassungen gibt es nach jahrelangem sensomotorischen Training?

iEMG-Aktivität beim: „Aufsprung“ relativ zu 100% MVC

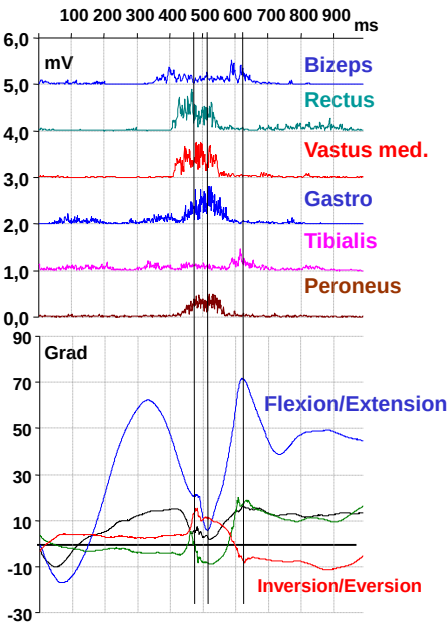


Reule, C. (2006) Staatsexamensarbeit, Universität Stuttgart

Alt, Brand, Reule: DVS Kongress 2006 Bad Sassendorf

22 Biomechanik sportlicher Bewegungen

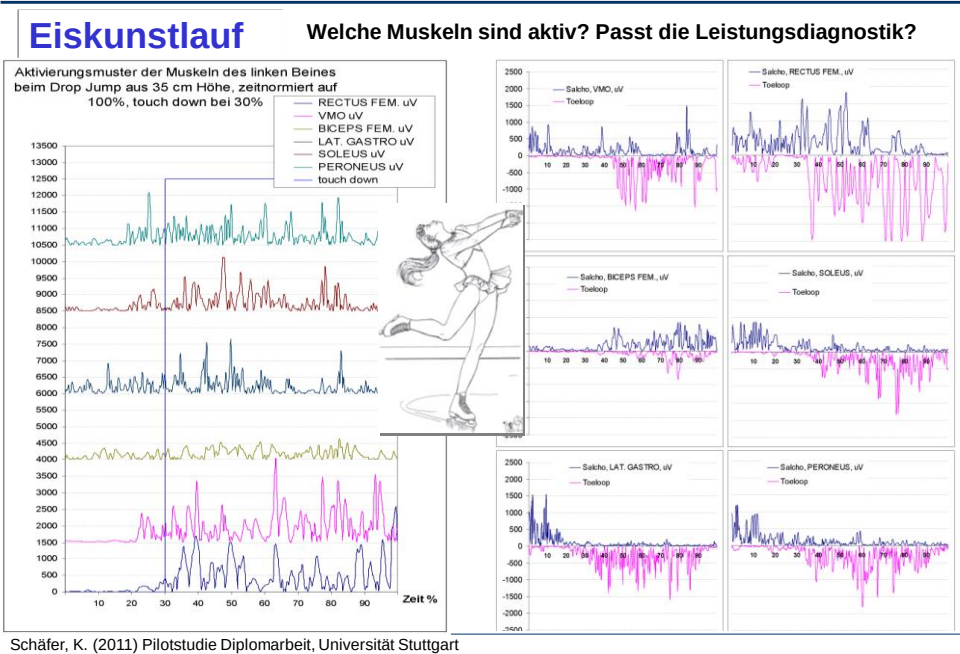
Voltigieren



Reule, C. (2005) Staatsexamensarbeit, Universität Stuttgart

Alt, Brand, Reule: DVS Kongress 2006 Bad Sassendorf

23 Biomechanik sportlicher Bewegungen



24 Biomechanik sportlicher Bewegungen

Messplatztraining

Sport und Wissenschaft
Beihefte zu den Leipziger Sportwissenschaftlichen Beiträgen

Messplatztraining

J. Krug / H.-J. Minow (Hrsg.)

Academia 10

5. Gemeinsames dvs-Symposium der Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft 2002

Inhalt	
Inhalt	
Vorwort	1
Hauptreferate:	
Reinhard Daus/Jürgen Krug/Stefan Panzer/Christoph Igel: Motorisches Lernen, Messplätze, Messplatztraining	3
Jürgen Krug/Hartmut Hermann/Falk Naundorf/Stefan Panzer/Klaus Wagner: Messplatztraining: Konzepte, Entwicklungsstand und Ausblick	13
Wladimir I. Ljach: Der Einfluss von Farfel auf die Entwicklung sportmotorischer Messplätze	28
Winfried Hacker: Zur psychischen Regulation motorischen Handelns - Regulations„ebenen“	39
Thomas Weiss/Wolfgang H. R. Miltner: Zentralthemale Aktivierung und motorisches Lernen	47
Gregorie I. Popov: Der Einfluss von I.P. Ratov auf die Entwicklung von Trainingsgeräten (Trainer) für den Leistungssport	58
Arndt Plitzner/Dieter Gohlitz: Messplätze im Ergometrie-Zentrum des Instituts für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT)	69
Erich Müller/Hermann Schwameder/Christian Raschner/Josef Kröll: Messplätze und Messplatztraining in Wintersportarten	84
Referate:	
Harry Bähr/Ralf Buckwitz: Leistungsportbezogener Einsatz von Messplätzen am OSP Berlin – eine Systematisierung und ausgewählte Problemstellungen	97
Sven Bruhn/Wilfried Alt/Markus Gruber/Ansgar Schwirtz/Albert Gollhofer: Leistungsdiagnostik im Skisprung – ein Messplatz auf dem Weg vom Labor ins Feld	104
Marina Claus/Hartmut Hermann: Biomechanische Einflussfaktoren auf die Effizienz von Skistock-Abdruckbewegungen und Lösungsansätze ihrer Objektivierung im Rahmen eines Messplatztrainings	110
Jürgen Edelmann-Nusser/Andreas Hohmann/Martin Hofmann/ Andreas Krüger/Kai Sikorski/Kerstin Witte: Evaluation eines schwimmspezifischen Messplatzes	117

Krug, J. 2002, DVS Symposium

25

Biomechanik sportlicher Bewegungen





Badminton
Basketball
Bogenschießen
Boxen
Fechten
Fußball
Wasserball
Gewichtheben
Golf
Handball
Hockey
Judo
Kanurennsport
Kanuslalom
Leichtathletik
Moderner Fünfkampf
Bahnradrennen
Rad BMX, Mountainbike
Rad-Straßenrennen
Reitsport
Ringens
Rudern
Rugby
Schießen
Kunst- Turmspringen
Schwimmsport
Segeln
Taekwondo
Tennis
Tischtennis
Triathlon
Kunstturnen
Rhythmische Sportgymnastik
Trampolin
Beachvolleyball
Volleyball



Trigonometrie
Vektorrechnung
Wahrscheinlichkeitsrechnung
Koordinatensysteme
Differenzial- und Integralrechnung
Kinematik - Bewegungsgesetze
Newtonsche Axiome: Trägheit
Newtonsche Axiome: Grundgesetz
Newtonsche Axiome: Actio Reaction
Impulssatz
Energiesatz
Masse
Gravitation
Trägheit
Massenträgheitsmoment
Kräftezerlegung und -Addition
Drehimpulssatz
Drehmoment
Hebel, Hebelgesetz
Hubarbeit
Beschleunigungsarbeit
Deformationsarbeit
Körperschwerpunkt
Reibung
mechanische Leistung
Wirkungsgrad
Satz von Steiner
Gleichgewichtslagen
Statik
Thermodynamik
Energieerhaltungssatz
Entropie
allgemeine Relativitätstheorie
Druck, Zug, Biegung
mechanische Spannung und Dehnung
Strömungsgesetz, Auftrieb



26

Biomechanik sportlicher Bewegungen

Radsport

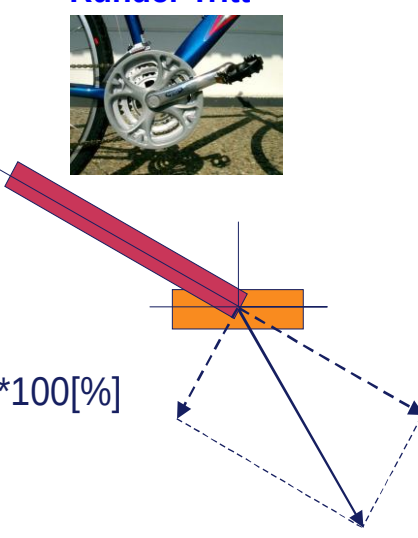


Wirkungsgrad

$$\frac{\sum_{0}^{360} F_{\text{tangential}}}{\sum_{0}^{360} F_{\text{resultierend}}} \cdot 100[\%]$$

Quelle: Radlabor
IfSS Uni Freiburg

Runder Tritt



27 Biomechanik sportlicher Bewegungen
