

Georg Kassat

# **Biomechanik für Nicht-Biomechaniker**

Alltägliche bewegungstechnisch-sportpraktische Aspekte

Fitness – Contur – Verlag 1993

# Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Translation oder fortschreitende Bewegung</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Kraft — ein verkanntes Ereignis</b>	<b>3</b>
1.1	In kleinen Schritten zum Kraftbegriff . . . . .	3
1.1.1	Was uns bewegt: Kraft . . . . .	3
1.1.2	Nur kleine Unterschiede von Kraft und Beschleunigung . .	5
1.1.3	Zwei elementare Eigenschaften der Kraft . . . . .	7
1.1.4	Das unscheinbare Trägheitsgesetz . . . . .	9
1.1.5	Bekannte Beispiele spezieller Kräfte . . . . .	12
1.1.6	Die deformierende Wirkung der Kraft . . . . .	15
1.2	Die anschauliche Handhabung von Kräften . . . . .	16
1.2.1	Das Abbild einer Kraft . . . . .	16
1.2.2	Wann sind Kräfte gleich? . . . . .	17
1.2.3	Die Unabhängigkeit gleichzeitig wirkender Kräfte . . . . .	19
1.2.4	Interpretationsprobleme bei Komponentenzerlegungen . . .	22
1.3	Kraft und Gegenkraft (actio-reactio) im Detail . . . . .	25
1.3.1	Kraft: weder aktiv-noch passiv . . . . .	25
1.3.2	Überall Kraft und Gegenkraft . . . . .	26
1.3.3	Kraft und Gegenkraft: unzertrennbar . . . . .	29
1.3.4	Gleich große und entgegengesetzt gerichtete Kräfte . . . . .	30
1.3.5	Unabdingbar für Kraft und Gegenkraft: Zwei Körper . . . .	31
1.3.6	Kraft und Gegenkraft als Kraftabtausch . . . . .	33
1.4	Verwirrende Trägheitskräfte . . . . .	36
1.4.1	Ein unglücklicher Begriff für eine fiktive Kraft . . . . .	36
1.4.2	Schein-Kräfte aufgrund falscher Orientierung . . . . .	38
1.4.3	Trägheitskraft und Reaktionskraft: grundverschieden . . . .	39
1.4.4	Schein-Erklärungen durch Trägheitskräfte . . . . .	41
<b>2</b>	<b>Körperschwerpunkt — eine praktische Idee</b>	<b>47</b>
2.1	Ein Körper und sein Stellvertreter . . . . .	47
2.1.1	Der vermeintliche Angriffspunkt der Schwerkraft . . . . .	47

2.1.2	Die Konstruktion des Körperschwerpunktes als Massenmittelpunkt . . . . .	50
2.1.3	Der menschliche Körperschwerpunkt: so ruhelos wie folgsam	53
2.1.4	Die praktische Bedeutung eines nicht greifbaren Punktes . .	55
2.2	Das Zusammenspiel mehrerer Körper . . . . .	61
2.2.1	Innere und äußere Kräfte: je nach Ansicht . . . . .	61
2.2.2	Der Schwerpunkt des abgeschlossenen Systems: für innere Kräfte unangreifbar . . . . .	62
2.2.3	Der Schwerpunktsatz I in der Praxis . . . . .	64
2.2.4	Der Schwerpunkt des offenen Systems: von äußeren Kräften betroffen . . . . .	66
2.2.5	Der Schwerpunktsatz II in der Praxis . . . . .	67
2.2.6	Innere und äußere Kräfte in spezieller Mission . . . . .	69
2.2.7	Drei Ansichten zu einem Absprung . . . . .	71
3	<b>Impuls — das Produkt von Kraft und Zeit</b>	<b>73</b>
3.1	Ein anscheinend bekannter Begriff . . . . .	73
3.1.1	Impuls: Vom Kraftstoß zur Bewegungsgröße . . . . .	73
3.1.2	Impuls als zeitliche Summe von Kräften? . . . . .	75
3.1.3	Horizontal- und Vertikalimpuls: ein spezielles Bezugssystem	76
3.1.4	Impulsbetrachtungen von Bewegungen: unentbehrlich . . .	77
3.2	Gefragte und fragliche Anwendung des Impulses . . . . .	78
3.2.1	Die Problematik von Impulsmaximierungen . . . . .	78
3.2.2	Der Impulserhaltungssatz: Bekanntes in anderer Form . . .	81
3.2.3	Aufsummierung von Teilimpulsen aus praktischer Sicht . .	82
3.2.4	Durch actio–reactio zur Impulsübertragung . . . . .	85
II	<b>Rotation oder Drehbewegung</b>	<b>89</b>
4	<b>Drehmoment — eine Art Drehkraft</b>	<b>91</b>
4.1	Zum Entstehen von Drehbewegungen . . . . .	91
4.1.1	Kraft und exzentrische Kraftwirkung: grundverschieden . .	91
4.1.2	Das Drehmoment als Präzisierung der Drehkraft . . . . .	93
4.1.3	Drehmomente in allen sportlichen Bewegungen . . . . .	95
4.2	Das problematische Kräftepaar . . . . .	101
4.2.1	Die ursprüngliche Vorstellung vom Entstehen der Drehung .	101
4.2.2	Vom Kräftepaar zum Drehmoment: ganz einfach . . . . .	102
4.2.3	Vom Drehmoment zum Kräftepaar: erstaunliche Nebenergebnisse . . . . .	103
4.2.4	Probleme entbehrlicher Anwendungen . . . . .	105

4.3	Besonderheiten des Drehwiderstandes . . . . .	108
4.3.1	Offensichtliche Abhängigkeiten des Drehwiderstandes . . . .	108
4.3.2	Das Trägheitsmoment: nur eine Präzisierung der Drehmasse	110
4.3.3	Variable Trägheitsmomente des menschlichen Körpers . . .	111
4.3.4	Der Steiner'sche Satz: zwei Drehanteile — zwei Trägheitsmomente . . . . .	115
<b>5</b>	<b>Drehmoment-Reaktion — Drehmomente in Tateinheit</b>	<b>119</b>
5.1	Anschauliche Grundlagen eines neuen Begriffes . . . . .	119
5.1.1	Ein Muskel und zwei Muskelkraftdrehmomente . . . . .	119
5.1.2	Drehmoment-Reaktion und actio-reactio im Vergleich . . .	120
5.2	Drehmoment-Reaktion in jeder Bewegung . . . . .	121
5.2.1	Drehmoment-Reaktion bei ungleichen Drehwiderständen: ungleiche Auswirkungen . . . . .	121
5.2.2	Drehmoment-Reaktion bei äußerer Einwirkung: ein zentraler Technikaspekt . . . . .	124
5.2.3	Drehmoment-Reaktion im rotierenden Körpersystem: scheinbare Widersprüche . . . . .	130
<b>6</b>	<b>Drehimpuls — das Produkt von Drehmoment und Zeit</b>	<b>135</b>
6.1	Inhalt und Darstellung des Drehimpulses . . . . .	135
6.1.1	Impuls und Drehimpuls im Vergleich . . . . .	135
6.1.2	Vektordarstellung der Rotation: eine nützliche Vereinbarung	136
6.2	Anwendungsvielfalt der Drehimpulserhaltung . . . . .	139
6.2.1	Drehimpulserhaltung: die einfache Lösung vieler Fragen . .	139
6.2.2	Die Aufsummierung von Drehimpulsen aufgrund der Drehimpulserhaltung . . . . .	144
6.2.3	Durch Drehmoment-Reaktion zur Drehimpulsübertragung .	145
6.3	Scheindrehungen als Drehungen ohne Drehimpuls . . . . .	148
6.3.1	Wann dreht sich ein Körpersystem? . . . . .	148
6.3.2	Katzendrehung, Kardanwelle oder hula-hooping? . . . .	151
6.3.3	Des Rätsels Lösung: Drehmoment-Reaktion . . . . .	155

### III Bewegung und Energie 159

<b>7</b>	<b>Energie — Arbeitsvermögen in diversen Formen</b>	<b>161</b>
7.1	Durch Arbeit zur Energie . . . . .	161
7.1.1	Was ist Arbeit? . . . . .	161
7.1.2	Im Sport wird gearbeitet! . . . . .	163
7.1.3	Energie als gespeicherte Arbeit . . . . .	165
7.1.4	Energieumwandlung und Energieerhaltung . . . . .	166

7.1.5	Energie: kein Begriff für alle Fälle . . . . .	169
7.2	Einfache Anwendungen des Energiebegriffs . . . . .	171
7.2.1	Potentielle Energie: der Aspekt der Höhe . . . . .	171
7.2.2	Kinetische Energie: das unterschätzte $v^2$ . . . . .	173
7.2.3	Deformationsenergie: zur Mit-Arbeit von Sportgeräten . . .	177
7.3	Energiebetrachtungen zur Pendelbewegung . . . . .	179
7.3.1	Zum Begriff und zur Entstehung der Pendelbewegung . . .	179
7.3.2	Das Problem der Schwingungsverstärkung . . . . .	181
7.3.3	Das schnelle kurze Pendel . . . . .	188
7.4	Die Energie rotierender Körper . . . . .	191
7.4.1	Rotationsenergie: kinetische Energie in spezieller Form . . .	191
7.4.2	Zum Umgang mit der Rotationsenergie . . . . .	193
7.4.3	Ein überraschender Energiegewinn . . . . .	195

**Literaturverzeichnis****199**