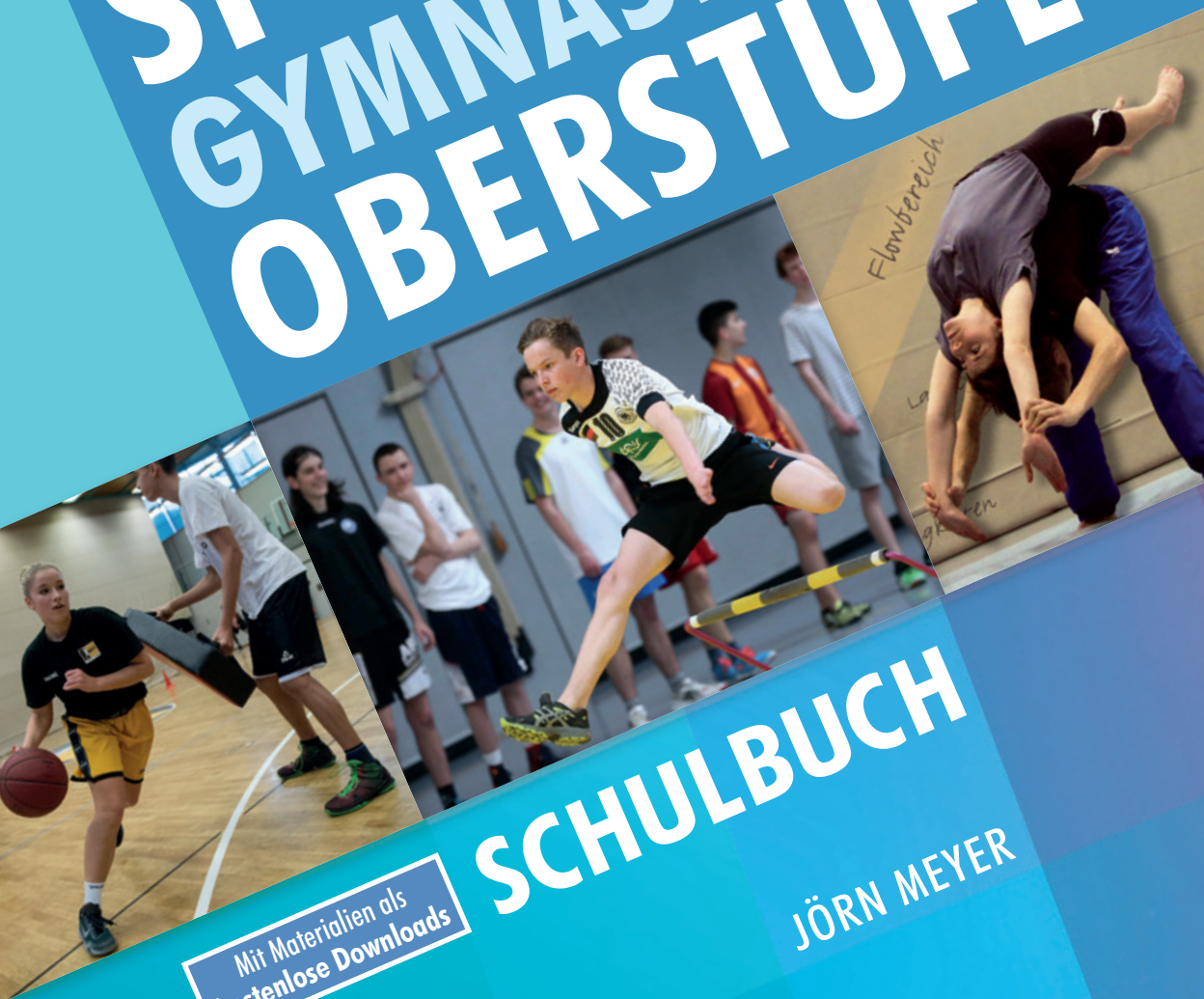


EDITION SCHULSPORT

# SPORT IN DER GYMNASIALEN OBERSTUFE



Mit Materialien als  
kostenlose Downloads

## SCHULBUCH

JÖRN MEYER

MEYER  
& MEYER  
VERLAG

Sport in der gymnasialen Oberstufe

### **Dieses Buch gehört:**

Name	
Vorname	
Straße	
PLZ Wohnort	
Schule	

### **Danksagung**

Ich bedanke mich bei meinen Eltern für die zahlreichen Stunden des Korrigierens und Diskutierens sowie bei meinem basketball- und sportverrückten Freund Theo für seine Inspiration.

Zu danken ist an dieser Stelle Dr. Stefanie Binus für ihre Unterstützung in sportmedizinischen Fragen, Dr. Alexandra Schek für ihre ernährungswissenschaftliche Beratung, Prof. Dr. Ulrich Göhner, der zur fachlichen Schärfung der Biomechanik beigetragen hat, und den zahlreichen Sportkolleginnen und -kollegen für ihre kritischen Anmerkungen.

Ebenso dankbar bin ich Dr. Heinz Aschebrock und Dr. h. c. Rolf-Peter Pack für das in mich gesetzte Vertrauen und Riccardo Rip für die kompetente und verlässliche Unterstützung bei der Umsetzung dieses Buchprojekts.

Ein besonderer Dank geht darüber hinaus an meine Kollegin Rike Reher für ihren unermüdlichen Einsatz bei der Anfertigung der Buchzeichnungen.

### **Allgemeiner Hinweis:**

Das vorliegende Buch wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch erfolgen alle Angaben ohne Gewähr. Weder der Autor noch der Verlag können für eventuelle Nachteile oder Schäden, die aus den im Buch vorgestellten Informationen resultieren, Haftung übernehmen.

Edition Schulsport Band 33

Jörn Meyer

# Sport in der **GYMNASIALEN OBERSTUFE**

Schulbuch

Meyer & Meyer Verlag

Herausgeber der Edition Schulsport:  
Dr. Heinz Aschebrock & Dr. h. c. Rolf-Peter Pack

**Sport in der gymnasialen Oberstufe**

**Edition Schulsport Band 33**

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Details sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie das Recht der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren – ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, gespeichert, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2020 by Meyer & Meyer Verlag, Aachen

2. überarbeitete Auflage

Auckland, Beirut, Dubai, Högendorf, Hongkong, Indianapolis, Kairo, Kapstadt,  
Manila, Maidenhead, Neu-Delhi, Singapur, Sydney, Teheran, Wien

 Member of the World Sport Publishers' Association (WSPA)

9783840313349

E-Mail: [verlag@m-m-sports.com](mailto:verlag@m-m-sports.com)

[www.dersportverlag.de](http://www.dersportverlag.de)

# INHALT

VORWORT DER HERAUSGEBER DER „EDITION SCHULSPORT“ .....	12
SO LERNEN SIE MIT DIESEM SCHULBUCH .....	14
TEIL I: BEWEGUNGSSTRUKTUR UND BEWEGUNGSLEARNEN .....	16
LEKTION 1: WIE HÄNGEN SPORT UND BEWEGUNG ZUSAMMEN? .....	18
1.1 Sportbegriff .....	20
1.2 Kennzeichnung von sportlichen Bewegungen .....	22
1.3 Außen- und Innenaspekt von sportlichen Bewegungen .....	26
1.4 Prüfungsvorbereitung .....	28
LEKTION 2: WIE WERDEN SPORTLICHE BEWEGUNGEN ANALYSIERT? .....	30
2.1 Betrachtungsweisen bei der Analyse sportlicher Bewegungen .....	32
2.2 Biomechanische Bewegungsanalyse .....	35
2.3 Morphologische Bewegungsanalyse .....	70
2.4 Funktionale Bewegungsanalyse .....	77
2.5 Prüfungsvorbereitung .....	90
LEKTION 3: WIE WERDEN BEWEGUNGEN VOM KÖRPER GESTEUERT? .....	92
3.1 Grundbegriffe der Sportmotorik .....	94
3.2 Sensomotorische Systeme .....	97
3.3 Kognitive und dynamische Systeme .....	107
3.4 Prüfungsvorbereitung .....	110

<b>LEKTION 4: WELCHE BEDEUTUNG HAT DIE KOORDINATION IM SPORT?</b>	<b>112</b>
4.1 Koordination und Technik	114
4.2 Modell der koordinativen Fähigkeiten	115
4.3 Koordinations-Anforderungs-Regler-Modell (KAR-Modell)	119
4.4 Methodische Grundformel zur Koordinationsschulung	124
4.5 Koordinationstraining im Kontext exekutiver Funktionen	129
4.6 Prüfungsvorbereitung	133

<b>LEKTION 5: WIE WERDEN BEWEGUNGEN IM SPORT GELERNT UND GELEHRT?</b>	<b>134</b>
5.1 Phasen sportmotorischen Lernens	136
5.2 Ganzheitsmethode versus Teillernmethode	142
5.3 Neulernen sportlicher Bewegungen	144
5.4 Prüfungsvorbereitung	155

## **TEIL II: BEWEGUNGSGESTALTUNG** 156

<b>LEKTION 6: WIE WERDEN BEWEGUNGEN GESTALTET?</b>	<b>158</b>
6.1 Bewegung gestalten und Bewegungsgestaltung	160
6.2 Gestalten können – Gestaltungsfähigkeit entwickeln	164
6.3 Prüfungsvorbereitung	170

<b>LEKTION 7: WIE UNTERSCHIEDEN SICH IM TANZEN CHOREOGRAFIE UND IMPROVISATION?</b>	<b>172</b>
7.1 Choreografie und Improvisation – Gegensatzpaar oder Synonyme?	174
7.2 Vermittlung von tänzerischer Choreografie und Tanzimprovisation	181
7.3 Prüfungsvorbereitung	185

## TEIL III: WAGNIS UND VERANTWORTUNG ..... 186

### LEKTION 8: WIE HÄNGEN WAGNIS, RISIKO UND TRENDS IM SPORT ZUSAMMEN? ..... 188

- 8.1 Begriffliche Abgrenzungen von Wagnis und Risiko ..... 190
- 8.2 Chancen und Grenzen sportlicher Wagnisse ..... 191
- 8.3 Trendsportarten: Vom sportlichen Trend zum Massenphänomen ..... 196
- 8.4 Prüfungsvorbereitung ..... 199

### LEKTION 9: WAS MOTIVIERT MENSCHEN ZUM SPORTTREIBEN? ..... 200

- 9.1 Kategorisierung von Motiven im Sport ..... 202
- 9.2 Motivation als prozessbezogenes Ergebnis von Motivanregung ..... 210
- 9.3 Emotionen im Sport ..... 213
- 9.4 Angstlust, Reizsuchverhalten und Flow-Erleben ..... 218
- 9.5 Prüfungsvorbereitung ..... 224

## TEIL IV: LEISTUNG ..... 226

### LEKTION 10: WAS BEDEUTEN LEISTUNG UND TRAINING IM SPORT? ..... 228

- 10.1 Leistung und Leisten im Sport ..... 230
- 10.2 Sportliches Training ..... 237
- 10.3 Prüfungsvorbereitung ..... 239

### LEKTION 11: WELCHE BIOLOGISCHEN GESETZMÄSSIGKEITEN BESTIMMEN SPORTLICHES TRAINING? ..... 240

- 11.1 Allgemeine Gesetze zur biologischen Anpassung durch Training ..... 242
- 11.2 Trainingsprinzipien und Belastungskomponenten ..... 253
- 11.3 Prüfungsvorbereitung ..... 257



<b>LEKTION 12: WIE ENTSTEHT AUSDAUER?</b>	<b>258</b>
12.1 Grundbegriffe	260
12.2 Energiebereitstellung bei Ausdauerbelastungen	264
12.3 Kriterien zur Messung der Ausdauerleistungsfähigkeit	276
12.4 Steuerung der Intensität bei Ausdauerbelastungen	282
12.5 Biologische Anpassungen durch Ausdauertraining	286
12.6 Methoden und Inhalte von Ausdauertraining	290
12.7 Prüfungsvorbereitung	299
<b>LEKTION 13: WAS MACHT EIN GUTES KRAFTTRAINING AUS?</b>	<b>300</b>
13.1 Grundbegriffe	302
13.2 Auswirkung von Krafttraining auf das neuromuskuläre System	311
13.3 Allgemeine Grundsätze von Krafttraining	314
13.4 Methoden und Inhalte von Krafttraining	317
13.5 Prüfungsvorbereitung	331
<b>LEKTION 14: WIE KANN DIE SCHNELLIGKEIT VERBESSERT WERDEN?</b>	<b>332</b>
14.1 Grundbegriffe	334
14.2 Methoden und Inhalte von Schnelligkeitstraining	337
14.3 Prüfungsvorbereitung	343
<b>LEKTION 15: WELCHE WIRKUNGEN ERZIELT EIN TRAINING DER BEWEGLICHKEIT?</b>	<b>344</b>
15.1 Grundbegriffe	346
15.2 Biologische Grundlagen zum Beweglichkeitstraining	347
15.3 Methoden und Inhalte von Beweglichkeitstraining	353
15.4 Prüfungsvorbereitung	358
<b>LEKTION 16: WIE WERDEN SPORTLICHE LEISTUNGEN GEMESSEN?</b>	<b>360</b>
16.1 Grundbegriffe	362
16.2 Ausdauertests	364
16.3 Krafttests	372
16.4 Schnelligkeitstests	376
16.5 Beweglichkeitstests	378
16.6 Prüfungsvorbereitung	380

<b>LEKTION 17: WAS MOTIVIERT MENSCHEN ZU SPORTLICHEN LEISTUNGEN?</b>	<b>382</b>
17.1 Leistungsmotiviertes Handeln	384
17.2 Modelle zur Erklärung leistungsmotivierten Handelns	387
17.3 Prüfungsvorbereitung	397
<b>TEIL V: KOOPERATION UND KONKURRENZ</b>	<b>398</b>
<b>LEKTION 18: WIE ERFOLGT DAS LERNEN UND LEHREN VON SPORTSPIELEN?</b>	<b>400</b>
18.1 Spielen und sportliches Wettkämpfen	402
18.2 Konzepte zur Vermittlung Großer Spiele	407
18.3 Prüfungsvorbereitung	422
<b>LEKTION 19: WANN IST SPORT AGGRESSIV UND UNFAIR?</b>	<b>424</b>
19.1 Aggression und Aggressivität	426
19.2 Entstehung von Aggression im Sport	432
19.3 Fairness im Sport	438
19.4 Aggressionsvermeidung und Fairnesserziehung im Sport	450
19.5 Prüfungsvorbereitung	454
<b>TEIL VI: GESUNDHEIT</b>	<b>456</b>
<b>LEKTION 20: WAS BEDEUTET GESUNDHEIT?</b>	<b>458</b>
20.1 Gesundheitsbegriffe	460
20.2 Gesundheitsmodelle	462
20.3 Prüfungsvorbereitung	476
<b>LEKTION 21: INWIEFERN IST SPORT GESUND?</b>	<b>478</b>
21.1 Wirkungszusammenhänge von Sport und Gesundheit	480
21.2 Ziele und Merkmale von Gesundheitssport	489
21.3 Stress und Stressbewältigung im Kontext von Sport und Gesundheit	491
21.4 Prüfungsvorbereitung	496

<b>LEKTION 22: WELCHE ROLLE SPIELT DOPING IM SPORT?</b> .....	<b>498</b>
22.1 Definition von Doping .....	500
22.2 Wirkung von Doping auf den Organismus und die Psyche .....	503
22.3 Begründungen für das Dopingverbot im Wettkampfsport .....	510
22.4 Soziologische Erklärungsansätze für Doping .....	513
22.5 Prüfungsvorbereitung .....	515
<b>LEKTION 23: WELCHE ERNÄHRUNG IST FÜR SPORTLER GESUND?</b> .....	<b>516</b>
23.1 Grundlegende Ernährungsempfehlungen – Basis für ein gesundes Leben .....	519
23.2 Gewichtsreduktion – Luxus einer Konsumgesellschaft .....	525
23.3 Prüfungsvorbereitung .....	535
<b>STICHWORTVERZEICHNIS</b> .....	<b>536</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>542</b>
<b>DER AUTOR</b> .....	<b>558</b>
<b>BILDNACHWEIS</b> .....	<b>559</b>



## VORWORT DER HERAUSGEBER DER „EDITION SCHULSPORT“

Das Schulbuch ist ein wichtiges Hilfsmittel für die Unterstützung des Unterrichts und hat in vielen Fächern der gymnasialen Oberstufe eine lange Tradition. Eine Ausnahme bilden Schulbücher für das Fach Sport in der gymnasialen Oberstufe. In diesem Fach gibt es keine lange Tradition und zugleich einen Mangel an zeitgemäßen Schulbüchern. Dieses Defizit hängt insbesondere damit zusammen, dass das Fach Sport im Zuge der grundlegenden Reform der gymnasialen Oberstufe durch die Kultusministerkonferenz im Jahr 1972 zwar als prinzipiell gleichwertiges Fach im Kanon aller Fächer anerkannt wurde, diese Anerkennung jedoch nach wie vor in der Sportwissenschaft und in der Schulverwaltung kontrovers diskutiert und in den verschiedenen Bundesländern unterschiedlich bewertet und umgesetzt wird. So ist das Fach Sport z. B. in etwa der Hälfte der Bundesländer zurzeit nicht als viertes Abiturprüfungsfach zugelassen. Auch die Konzepte und die Organisation des Leistungsfachs Sport in der gymnasialen Oberstufe unterscheiden sich von Bundesland zu Bundesland erheblich. Additive Konzepte eines sportpraktischen Unterrichts an der Sportstätte auf der einen Seite und eines Theorieunterrichts im Klassenraum auf der anderen Seite stehen neben verschiedenen Modellen mit einer starken Theorie-Praxis-Verknüpfung.

Angesichts dieser heterogenen Entwicklung ist der Versuch, ein Schulbuch für das Fach Sport in der gymnasialen Oberstufe zu erarbeiten, das zu möglichst vielen Unterrichtskonzepten und Organisationsmodellen passt und von möglichst vielen Sportlehrkräften als wirksame Unterstützung ihres Unterrichts empfunden und eingesetzt wird, eine große Herausforderung. Ein zeitgemäßes Schulbuch für das Fach Sport in der gymnasialen Oberstufe, das den sportdidaktischen und oberstufendidaktischen Ansprüchen entspricht, muss vor allem den für das Bewegungsfach Sport unerlässlichen Theorie-Praxis-Bezug anregen und herstellen und ein reflektiertes sportpraktisches Handeln im Sportunterricht unterstützen. Diese Anforderung wird zurzeit unter dem Label „reflektierte Praxis“ in der Sportdidaktik facettenreich, auch im Kontext der Professionalisierung von Sportlehrkräften, diskutiert.

Jörn Meyer, der Autor dieses Schulbuchs, hat sich der hier skizzierten Herausforderung gestellt. Bei der Bewältigung dieser anspruchsvollen Aufgabe ist er nicht abbilddidaktisch vorgegangen, indem er sich an den sportwissenschaftlichen Teildisziplinen orientiert hat. Er wählte vielmehr einen handlungs- und problemfeldorientierten Zugang, wobei er sich sowohl an den pädagogischen Perspektiven eines erziehenden Sportunterrichts als auch an den aktuellen kompetenzorientierten Standards der curricularen Vorgaben für das Fach Sport in der gymnasialen Oberstufe orientiert hat. Mit diesem Ansatz kann das

vorliegende Schulbuch insbesondere die handlungs- und problemfeldorientierten Konzepte und Modelle eines guten Sportunterrichts in der gymnasialen Oberstufe wirksam unterstützen.

Den Schülerinnen und Schülern wird durch dieses Schulbuch ein motivierender Zugang zur Bearbeitung eines großen Spektrums von Theorie- und Problemfeldern im gesellschaftlichen Handlungsfeld Sport eröffnet. Die zum kostenfreien Download angebotenen Ergänzungsmaterialien bieten ihnen darüber hinaus interessante Möglichkeiten zum selbstständigen Arbeiten. Den Sportlehrkräften bieten die ergänzenden Materialien vielfältige Planungsalternativen für ihren Unterricht.

Wir hoffen, dass dieses Buch von möglichst vielen Lehrkräften in allen Bundesländern zur Unterstützung eines zeitgemäßen, oberstufenspezifischen Sportunterrichts eingesetzt wird. Vor allem aber wünschen wir uns, dass möglichst viele Schülerinnen und Schüler dieses Buch mit Interesse bearbeiten. Dabei soll es die Erschließung eines mehrperspektivischen sportfachlichen Zugangs zur wissenschaftspropädeutischen Bildung fördern und zur Selbstverwirklichung in sozialer Verantwortung im gesellschaftlichen Handlungsfeld Bewegung, Spiel und Sport beitragen.

**Heinz Aschebrock**

**Rolf-Peter Pack**

## SO LERNEN SIE MIT DIESEM SCHULBUCH

Die Struktur des Buchs orientiert sich an den Inhaltsfeldern des Sports und ist in **sechs Teile** – jeder Teil wird farblich abgehoben – mit insgesamt 23 Lektionen eingeteilt:

**Teil I: Bewegungsstruktur und Bewegungslernen**

**Teil II: Bewegungsgestaltung**

**Teil III: Wagnis und Verantwortung**

**Teil IV: Leistung**

**Teil V: Kooperation und Konkurrenz**

**Teil VI: Gesundheit**

Innerhalb einer **Lektion** werden die zentralen Aussagen meist zu Beginn eines Unterkapitels farblich hervorgehoben. Zahlreiche **Anwendungsaufgaben** ermöglichen einen vertieften Zugang zum Unterrichtsgegenstand. Im Abschnitt **Prüfungsvorbereitung** ermöglichen **Prüfungsaufgaben** eine optimale Vorbereitung auf Klausuren und mündliche Prüfungen.

Bei einigen Aufgaben ist ein QR-Code angegeben, der auf ein **Arbeitsblatt im PDF-Format** führt. Die Arbeitsblätter eignen sich für den Einsatz in der Sporthalle und dienen als motivierende Vorbereitung auf Klausuren und das schriftliche Sportabitur. An dieser Stelle können alle Arbeitsblätter gebündelt heruntergeladen werden:

**A**

Alle Arbeitsblätter des Lehrbuchs



Darüber hinaus sind zahlreiche **Zusatzinformationstexte im PDF-Format** zum vertieften Weiterarbeiten ebenfalls über einen QR-Code erreichbar:

**i**

Zusatzinformationstexte



Ferner kann ein **Glossar** mit Erklärung zu zentralen Begriffen im Schulbuch **im PDF-Format** online heruntergeladen werden:

**i**

Glossar zum Schulbuch









# TEILLI



# BEWEGUNGSSTRUKTUR UND BEWEGUNGSLERNEN

LEKTION 1: WIE HÄNGEN SPORT UND BEWEGUNG ZUSAMMEN?	18
LEKTION 2: WIE WERDEN SPORTLICHE BEWEGUNGEN ANALYSIERT?	30
LEKTION 3: WIE WERDEN BEWEGUNGEN VOM KÖRPER GESTEUERT?	92
LEKTION 4: WELCHE BEDEUTUNG HAT DIE KOORDINATION IM SPORT?	112
LEKTION 5: WIE WERDEN BEWEGUNGEN IM SPORT GELERNT UND GELEHRT?	134



# LEKTION 1

## WIE HÄNGEN SPORT UND BEWEGUNG ZUSAMMEN?

1.1	SPORTBEGRIFF	20
1.2	KENNZEICHNUNG VON SPORTLICHEN BEWEGUNGEN	22
1.3	AUSSEN- UND INNENASPEKT VON SPORTLICHEN BEWEGUNGEN	26
1.4	PRÜFUNGSVORBEREITUNG	28

# LEKTION 1: WIE HÄNGEN SPORT UND BEWEGUNG ZUSAMMEN?

## 1.1 SPORTBEGRIFF

- ▶ Aufgrund ihres unterschiedlichen Zugangs zum Sport als integrativer Wissenschaft sind die begrifflichen Festlegungen von Sport recht unterschiedlich. Der „klassische“ Sport zeichnet sich durch körperliche Bewegung, Leistungsprinzip, eine sportliche Norm und eine zweckfreie und unproduktive Eigenwelt aus.

Das Wort **Sport** stammt aus dem Englischen und leitet sich aus dem englischen Wort „disport“ ab, das mit „Zeitvertreib, Zerstreuung, Vergnügen, Spiel“ übersetzt werden kann. „Seit Beginn des 20. Jahrhunderts hat sich Sport zu einem umgangssprachlichen, weltweit gebrauchten Begriff entwickelt. Eine präzise oder gar eindeutige begriffliche Abgrenzung lässt sich deshalb nicht vornehmen“ (Prohl & Röthig, 2003, S. 493).

Dem widerspricht der Sportwissenschaftler Tiedemann (2019). Auf seiner Homepage plädiert er für das Aufstellen einer Sportdefinition, da „jeder Wissenschaftler einen möglichst klaren Begriff vom Gegenstand seiner Wissenschaft haben und ihn in seinen Veröffentlichungen erläutern“ können muss. Er definiert **Sport** folgendermaßen: „Sport ist ein kulturelles Tätigkeitsfeld, in dem Menschen sich freiwillig in eine Beziehung zu anderen Menschen begeben mit der bewussten Absicht, ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten insbesondere im Gebiet der Bewegungskunst zu entwickeln und sich mit diesen anderen Menschen auf Grundlage der gesellschaftlich akzeptierten ethischen Werte nach selbstgesetzten oder übernommenen Regeln zu vergleichen.“

Tiedemann (2019) grenzt diesen Sportbegriff vom Begriff der **Bewegungskultur** als ein Tätigkeitsfeld ab, „in dem Menschen sich mit ihrer Natur und Umwelt auseinandersetzen und dabei bewusst und absichtsvoll ihre insbesondere körperlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten entwickeln, gestalten und darstellen, um einen für sie bedeutsamen individuellen oder auch gemeinsamen Gewinn und Genuss zu erleben.“

Die Sportmediziner Hollmann und Strüder (2009, S. 128) definieren **Sport** aus medizinischer Sicht als muskuläre Beanspruchung mit Wettkampfcharakter oder mit dem Ziel einer herausragenden persönlichen Leistung. Für die deutschen Sportsoziologen Heinemann (1986; 1998; 2007) und Grieswelle (1978) zählen folgende Aspekte zu den wichtigsten **Elementen des klassischen Sports**: Sport ist **körperliche Bewegung**, Sport unterliegt dem **Leistungsprinzip**, Sport ist durch soziale **Normen** geregelt, Sport bildet eine zweckfreie und unproduktive **Eigenwelt** und Sport findet in Vereinen statt.

Die zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten im Bereich **Sport als eine integrative Wissenschaft** (vgl. Abb. 1.1) zeigen, dass die entsprechenden Wissenschaftler unter dem Begriff Sport recht unterschiedliche Bedeutungen verknüpfen. Dies verwundert nicht, da z. B. Sportsoziologen und Sportmediziner einen ganz spezifischen und damit auch unterschiedlichen Blick auf Sport haben.

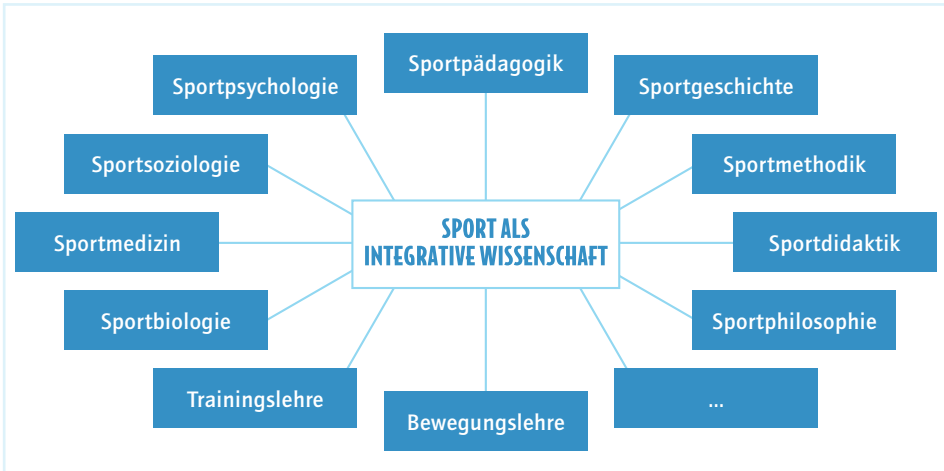


Abb. 1.1: Die Sportwissenschaft ist eine integrative Wissenschaft.

i

**Sportmodelle und Sinnrichtungen von Sport**



A

Außerirdische besuchen die Erde



A

Ist es Sport oder hat es mit Sport nichts zu tun?



A

Konstituierende Elemente von Sport



A

Klettern



## 1.2 KENNZEICHNUNG VON SPORTLICHEN BEWEGUNGEN

### 1 Was zeichnet eine sportliche Bewegung aus?

- a) **Nennen** Sie Begriffe, die eine sportliche Bewegung für Sie kennzeichnen.
- b) **Begründen** Sie auf der Basis Ihrer Kennzeichnungen, ob folgende Bewegungen für Sie sportliche Bewegungen sind: Jonglieren von Bällen, Seilspringen, Sackhüpfen, Holzhacken, Fingerhakeln.
- c) **Beurteilen** Sie Ihre Begründungen aus b) unter Berücksichtigung der Ausführungen in Kap. 1.2.

In diesem Abschnitt wollen wir in Anlehnung an den deutschen Sportwissenschaftler Ulrich Göhner (2017, S. 4-7) zwei Zugänge nutzen, sportliche Bewegungen zu kennzeichnen. Zum einen werden wir auf indirektem Wege **Merkmale sportlicher Bewegungen** herleiten, indem wir zunächst fragen, welche Bewegungen keine sportlichen Bewegungen sind. Anschließend wird mit dem **Versporten von Alltagsbewegungen** ein zweiter Zugang dargestellt.

► **Merkmale sportlicher Bewegungen:** Sportliche Bewegungen sind zweckfrei, dürfen nicht durch maschinelle Vorgänge ersetzt werden und sind Lösungen einer sporttypischen Bewegungsaufgabe.

Um zu entscheiden, ob eine Bewegung eine sportliche Bewegung ist, soll zunächst auf indirektem Wege überlegt werden, welche Bewegungen keine sportlichen Bewegungen darstellen. Wählen wir die Bewegungen „einen Autoreifen wechseln“, „eine Hecke schneiden“, „eine Kuchenteig kneten“, „Einkaufstaschen tragen“, so wird niemand anzweifeln, dass dies Bewegungen sind. Aber kaum jemand würde behaupten, dass dies sportliche Bewegungen sind. Woran liegt es, dass die obigen Bewegungen keine sportlichen Bewegungen sind? Was unterscheidet diese Bewegungen von sportlichen Bewegungen? Sind Alltagsbewegungen grundsätzlich keine sportlichen Bewegungen?

Um diese Fragen zu beantworten, können drei Merkmale für eine sportliche Bewegung genannt werden:

- **Merkmal 1:** Sportliche Bewegungen sind zweckfrei.
- **Merkmal 2:** Sportliche Bewegungen dürfen nicht durch maschinelle Vorgänge ersetzt werden.
- **Merkmal 3:** Sportliche Bewegungen sind durch sporttypische Bewegungsaufgaben bestimmt.

Wenn man an das Gehen denkt, wird man diese Bewegungen sowohl im Alltag als auch in sportlichen Wettkämpfen wiederfinden. Bei genauer Betrachtung erkennt man, dass Gehen als Alltagsbewegung keine **zweckfreie Bewegung** ist. Sie dient dazu, eine im Alltag wichtige Aufgabe zu erledigen. Sportliche Bewegungen scheinen zweckfrei zu sein: Wir müssen im Alltag nicht notwendigerweise um die Wette rennen, wir müssen nicht möglichst weit springen oder werfen, um unsere täglichen Aufgaben zu erledigen. Wenn eine sportliche Bewegung einen Sinn hat, dann liegt dieser nur in ihr selbst, für den Alltag scheint sie nicht notwendig zu sein. Beispielsweise kommt ein 400-m-Läufer dort ins Ziel, wo er gestartet ist und hat sich dabei vollkommen verausgabt.

Die Zweckfreiheit sportlicher Bewegungen einerseits und die Zweckgerichtetheit von Alltagsbewegungen andererseits führt uns zu einem weiteren Merkmal sportlicher Bewegungen. Um einen Kuchenteig zu kneten, müssen nicht zwangsläufig die Hände verwendet werden, sondern können auch dafür vorgesehene Maschinen eingesetzt werden. Für die Bewältigung von oft mühseligen Alltagsbewegungen werden Maschinen entwickelt. Sie treten fast überall an die Stelle der menschlichen Bewegung. Bei sportlicher Bewegung wäre dies durchaus auch möglich, aber wird nicht gemacht. Sportliche Bewegungen kennzeichnen sich durch eine motorische Aktivität, die **nicht durch Maschinen ersetzt** werden darf. Wo im Sport gelaufen wird, darf nicht Fahrrad gefahren werden. Wo geworfen wird, darf keine Wurfmaschine genutzt werden. Wo im Sport geschwommen wird, dürfen keine unerlaubten Antriebsgeräte verwendet werden.

Bisher haben wir sportliche Bewegungen von Alltagsbewegungen abgegrenzt. Will man nun die Vielfalt an sportlichen Bewegungen voneinander unterscheiden, führt dies zum Begriff der **Bewegungsaufgabe**. Jede sportliche Bewegung gehört zu einer spezifischen Bewegungsaufgabe. Der Hochspringer muss einbeinig abspringen und dann eine hochgelegte Latte überwinden. Dabei kann er unterschiedliche sportliche Bewegungen einsetzen, um die Aufgabe zu lösen. Während Anfänger den Schersprung favorisieren, springen Fortgeschrittene mit der Floptechnik. Es besteht eine Äquivalenz zwischen einer sportlichen Bewegung und der Lösung einer im Sport anerkannten Bewegungsaufgabe. Dies führt zu folgendem wichtigen **Merksatz** (Göhner, 2017, S. 4):

- ▶ Eine menschliche Bewegung ist genau dann eine sportliche Bewegung, wenn sie die Lösung einer im Sport anerkannten Bewegungsaufgabe ist.

**Bemerkung:** Eine sportliche Bewegung, die Lösung einer sporttypischen Bewegungsaufgabe ist, wird in der Sportwissenschaft auch mit den Begriffen *Technik* oder *Bewegungsfertigkeit* (kurz: Fertigkeit) bezeichnet (vgl. Kap. 4.1).



Jede Lösung einer Bewegungsaufgabe hat den in der Bewegungsaufgabe direkt oder implizit genannten Einflussgrößen zu genügen (vgl. Abb. 1.2):

- Die **Einflussgrößen einer Bewegungsaufgabe** legen fest, welches Objekt, auch *Movendum* genannt, in welche *Zielsituation* zu bringen ist, welche *Regeln* dabei einzuhalten sind, welchen Vorgaben die Sportstätte genügen muss und welche *Hilfsmittel* (z. B. Sportschuhe, Sportkleidung, Griffe, Schläger oder andere Sportgeräte und Bewegungshilfen) der Sportler einsetzen darf.

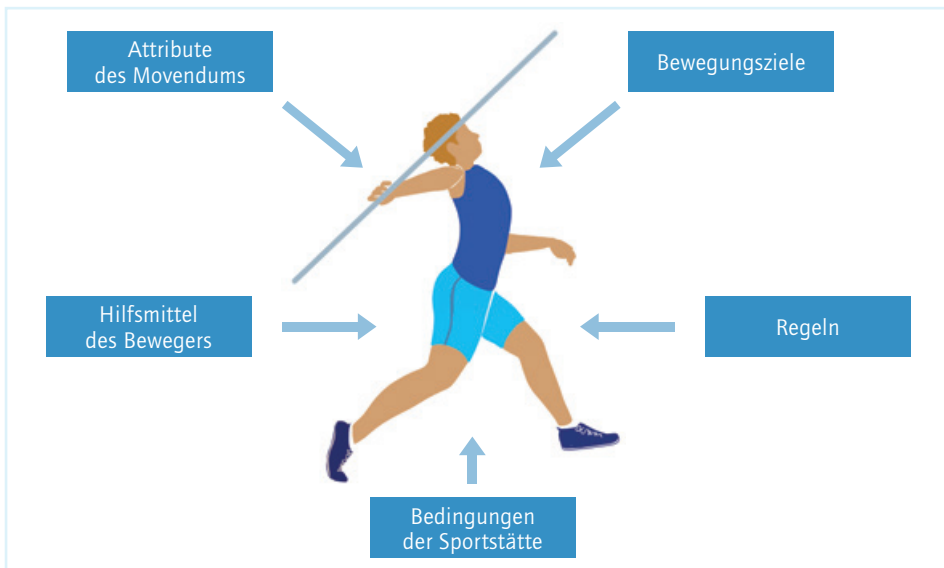


Abb. 1.2: Eine Bewegungsaufgabe wird beeinflusst durch Attribute des Movendums (z. B. Objekteigenschaften des Speers), Bewegungsziele (z. B. Distanzmaximierung), Regeln (z. B. der Speer darf nicht geschleudert werden), die Sportstätte (z. B. Wurfsektor) und Hilfsmittel des Bewegers (z. B. Spikes).

### Beispiele:

- Beim **Speerwerfen** ist das Ziel, den Speer möglichst weit zu werfen (**Distanzmaximierung**). Die Wurfbewegung ist nicht (wie z. B. im Handball) beliebig; Regeln schreiben vor, dass nicht geschleudert werden darf, an welcher Stelle der Speer zu tragen ist, dass keine Hilfsmittel, wie z. B. Wurfchlingen, eingesetzt werden dürfen und dass nach dem Abwurf der Abwurfraum nicht übertreten werden darf. Die Sportstätte ist der über verschiedene Begrenzungen festgelegte Abwurfraum samt Wurfsektor. Als indirekte Hilfsmittel sind jedoch Sportschuhe zugelassen, die eine „Verankerung“ der Füße während des Abwerfens ermöglichen.

- Beim **Fußball** ist das Movendum der Ball, der ganz bestimmten Eigenschaften genügen muss. Das Ziel ist es, häufiger ein Tor zu erreichen als der Gegner (**Trefferoptimierung**). Um ein Tor zu erzielen, muss der Ball hinter die Torlinie gebracht werden. Hierfür sind alle Körperteile außer der Hand und dem Arm einsetzbar. Die Sportstätte ist das Fußballfeld, für das viele Vorschriften gelten. Ein wichtiges Hilfsmittel für die Fußballspieler sind die Fußballschuhe, die ebenfalls bestimmten Vorgaben genügen müssen.
- Beim **Brustschwimmen** ist das Movendum der Schwimmer selbst. Das Ziel ist das Durchschwimmen einer Strecke in möglichst kurzer Zeit (**Zeitminimierung**). Die Schwimmbewegung ist relativ genau vorgeschrieben: Die Armbewegungen sollen zu jeder Zeit gleichzeitig ohne jegliche wechselseitige Bewegung in der gleichen waagerechten Ebene ausgeführt werden, und die Hände dürfen – außer beim ersten Zug nach dem Start und nach jeder Wende – nicht weiter als bis zu den Hüften nach hinten gebracht werden. Auch die Beinbewegungen sollen zu jeder Zeit gleichzeitig und auf der gleichen horizontalen Ebene ohne jeglichen Wechselschlag stattfinden. Dabei müssen die Füße in der Rückwärtsbewegung auswärts gedreht sein. Wechselschlag- oder Delfinschlagbewegungen sind nicht zulässig. Das Schwimmen erfolgt ausschließlich in Bauchlage. Die Sportstätte ist ein Schwimmbecken mit abgegrenzten Schwimmbahnen. Hilfsmittel sind für den Schwimmer nicht erlaubt.
- ▶ **Das Versporten von Alltagsbewegungen eröffnet einen zweiten Zugang zu typischen Merkmalen einer sportlichen Bewegung: Unproduktivität und Eigenwelt, Leistungsprinzip sowie Normen und Regelwerk.**

Göhner (2017, S. 6-7) nennt im **Versporten von Bewegungen** einen zweiten Zugang zum Erkennen der typischen Merkmale einer sportlichen Bewegung. So gibt es sportliche Wettbewerbe, bei denen Sportler z. B. klassische Waldarbeiterbewegungen ausführen. Die Athleten teilen in einem sportlichen Wettbewerb Baumstämme mit einer Motorsäge, Axt oder einer meterlangen Baumsäge und transportieren die bearbeiteten Teile an eine passende Stelle. Was ist dabei geschehen?

Bei der Versportung von Bewegungen wurde die traditionelle Sinngebung aufgehoben. Es geht nicht mehr um den Zweck, passendes Nutz- und Brennholz zu erzeugen. Der Sinn der sportlichen Bewegungen ist vom Alltagsgebrauch befreit (**Unproduktivität**), es geht nur um den Bewegungsvorgang selbst (**Eigenwelt**): Das Spalten und Abtransportieren von Holz soll möglichst schnell erfolgen (**Leistungsprinzip**). Der Bewegungsvorgang ist dabei bestimmten Regeln unterworfen, indem die Baumstämme und die Spaltwerkzeuge z. B. alle gleich sein müssen (**Normen und Regelwerk**).

## 2 Kennzeichnung von sportlichen Bewegungen

- Nennen** Sie sportliche Bewegungen, die aus Alltagsbewegungen entstanden sind.
- Erläutern** Sie die Einflussgrößen einer Bewegungsaufgabe am Beispiel des Kraulschwimmens und des Basketballs.
- Erläutern** Sie, welche Bewegungsaufgaben beim Feuerwehrsport bewältigt werden müssen.
- Erklären** Sie, wie man typische Bewegungen eines Maurers, Malers oder Schreiners zu sportlichen Bewegungen machen könnte.



### Entstehung und Optimierung sportlicher Bewegungen



## 1.3 AUSSEN- UND INNENASPEKT VON SPORTLICHEN BEWEGUNGEN

- ▶ Sportliche Bewegungen können mithilfe der Biomechanik als **Außenaspekt von Bewegungen** von außen beobachtet, beschrieben, begründet und optimiert werden. Die Motorikforschung untersucht den **Innenaspekt von Bewegungen**, der sich auf innere Prozesse einer sportlichen Bewegung bezieht.

Die Bewegungslehre kann sportliche Bewegungen aus der Sicht eines Beobachters (von außen) oder aus der Perspektive des Sportlers (von innen) betrachten. Daher unterscheidet man zwischen einem Innen- und Außenaspekt einer sportlichen Bewegung (vgl. Abb. 1.3).

Werden Bewegungen von außen betrachtet (**Außenaspekt von Bewegungen**), stehen z. B. folgende Fragen im Vordergrund: Wie lässt sich die sportliche Bewegung strukturieren und beschreiben? Welche mechanischen und biologischen Voraussetzungen gibt es? Was ist eine zweckmäßige sportliche Technik? Zur Beantwortung der obigen Fragen dienen Beobachtungen, Bewegungsanalysen, Vergleiche und das Anwenden physikalischer und biologischer Erkenntnisse.

Bei der Untersuchung der internen Bewegungssteuerung (**Innenaspekt von Bewegungen**) ist der Mensch als wahrnehmendes, denkendes und handelndes Wesen Ausgangspunkt folgender Fragestellungen: Welche Prozesse laufen in dem sich bewegenden

Sportler ab? Wie werden Bewegungen gelernt, gesteuert und reguliert? Als Untersuchungsmethoden bei der Betrachtung des Innenaspekts von Bewegungen werden Gesetzmäßigkeiten der Bewegungskoordination, der Neurophysiologie und der Handlungspsychologie herangezogen.

	
<b>Außenaspekt von Bewegungen</b>	<b>Innenaspekt von Bewegungen</b>
Bewegungen aus Sicht des Beobachters von außen betrachtet	Bewegungen aus Sicht des Sportlers von innen betrachtet
<b>Beispiele</b>	<b>Beispiele</b>
Physikalisch-biologische Bewegungsvoraussetzungen, Bewegungsbeschreibung, zweckmäßige Bewegungen	Bewegungslernen, Bewegungssteuerung, Bewegungsregulation, innere Steuer- und Regelprozesse
<b>Methoden</b>	<b>Methoden</b>
Beobachtung, Analyse, Vergleich, Anwendung physikalischer und biologischer Erkenntnisse	Gesetzmäßigkeiten der Bewegungskoordination, Neurophysiologie und Handlungspsychologie

Abb. 1.3: Innen- und Außenaspekt von Bewegungen

Dieses Lehrbuch behandelt Innen- und Außenaspekt einer sportlichen Bewegung, insbesondere im Rahmen folgender Anwendungsfelder:

- **Bewegungsanalyse:** Bewegungen können im Rahmen einer Bewegungsanalyse beobachtet, beschrieben und begründet werden, um so zu einer Bewegungsoptimierung beizutragen (vgl. Lektion 2: Wie werden sportliche Bewegungen analysiert?).
- **Motorisches Lernen:** Durch Betrachtung neuromuskulärer Steuerungsprozesse kann das motorische Lernen besser verstanden werden (vgl. Lektion 3: Wie werden Bewegungen vom Körper gesteuert?).
- **Koordinationsschulung:** Druckbedingungen und Informationsanforderungen tragen dazu bei, dass das koordinative Anforderungsniveau einer Bewegungsaufgabe verändert werden kann (vgl. Lektion 4: Welche Bedeutung hat Koordination im Sport?).

- **Lernen und Lehren sportlicher Bewegungen:** Lernprozesse müssen geplant, strukturiert und an die Bedürfnisse des Lernenden angepasst werden (vgl. Lektion 5: Wie werden Bewegungen im Sport gelernt und gelehrt?).
- **Gestaltung und Gestalten von Bewegungen:** Im Prozess der Formgebung von Bewegungen spielt beim Choreografieren und Improvisieren das Variieren und Kombinieren von Bewegungen eine zentrale Rolle (vgl. Lektion 6: Wie werden Bewegungen gestaltet? Und Lektion 7: Wie unterscheiden sich im Tanzen Choreografie und Improvisation?).
- **Sportspielvermittlung:** Die Vermittlung Großer Spiele ist ein wichtiger Bestandteil der Bewegungslehre, da neben der Spielidee komplexe Spielhandlungen erlernt werden müssen (vgl. Lektion 18: Wie erfolgt das Lernen und Lehren von Sportspielen?).

## 1.4 PRÜFUNGSVORBEREITUNG

### 3 Sport und sportliche Bewegungen

- a) **Stellen** Sie die Begriffe „Sport“ und „Bewegungskultur“ nach Tiedemann **dar** und **beurteilen** Sie auf der Basis dieser Definitionen, wie „Schulsport“, „Boxen“ und „Tanzen“ verortet werden könnten.
- b) **Geben** Sie die Merkmale einer sportlichen Bewegung **an** und **beurteilen** Sie, ob das Jonglieren eine sportliche Bewegung ist.
- c) **Erläutern** Sie die fünf Einflussgrößen einer Bewegungsaufgabe am Beispiel des Hochspringens in der Leichtathletik und **geben** Sie möglichst viele Hochsprungstechniken **an**.
- d) **Erläutern** Sie am Beispiel der Lektionen 2 bis 5 von Teil I dieses Lehrbuchs, inwiefern dort der Innen- und Außenaspekt sportlicher Bewegungen behandelt wird.





# LEKTION 2

## WIE WERDEN SPORTLICHE BEWEGUNGEN ANALYSIERT?

2.1	BETRACHTUNGSWEISEN BEI DER ANALYSE SPORTLICHER BEWEGUNGEN	32
2.2	BIOMECHANISCHE BEWEGUNGSANALYSE	35
2.3	MORPHOLOGISCHE BEWEGUNGSANALYSE	70
2.4	FUNKTIONALE BEWEGUNGSANALYSE	77
2.5	PRÜFUNGSVORBEREITUNG	90



## LEKTION 2: WIE WERDEN SPORTLICHE BEWEGUNGEN ANALYSIERT?

### 2.1 BETRACHTUNGSWEISEN BEI DER ANALYSE SPORTLICHER BEWEGUNGEN

- ▶ Sportliche Bewegungen können aus einer biomechanischen, morphologischen und funktionalen sowie anatomisch-physiologischen, fähigkeitsanalytischen, psychologischen oder soziokulturellen Perspektive analysiert werden.

Die **Bewegungsanalyse** zerlegt sportliche Bewegungen in Bestandteile und untersucht deren Beziehungen (Olivier et al., 2013, S. 23). Dabei können unterschiedliche Betrachtungsweisen herangezogen werden. Drei Hauptansätze sind die biomechanische (Kap. 2.2), morphologische (Kap. 2.3) und funktionale Bewegungsanalyse (Kap. 2.4).

Am **Beispiel des Weitspringens** sollen diese drei Analysemöglichkeiten veranschaulicht werden.

Das Weitspringen kann aus einer **biomechanischen** Perspektive untersucht werden, indem z. B. physikalische Einflussgrößen für die Sprungweite beim Abspringen beschrieben werden (vgl. Abb. 2.1).

Mögliche **biomechanische Analysefragen** könnten lauten: Was ist der optimale Abprungwinkel? Wie kann die horizontale Anlaufgeschwindigkeit in einen möglichst hohen resultierenden Kraftstoß beim Abspringen umgesetzt werden?

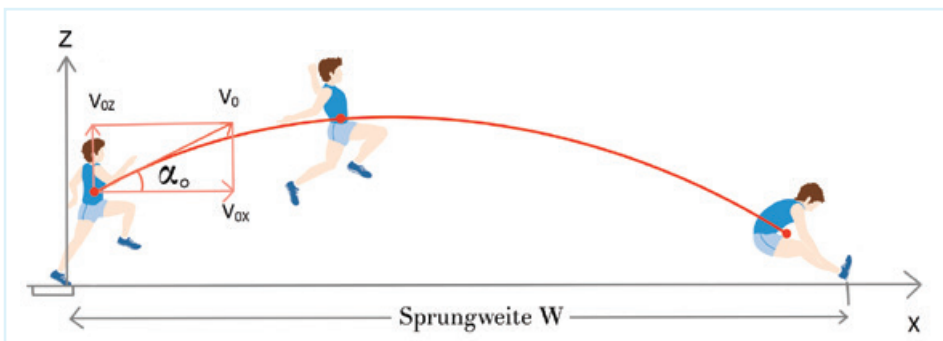


Abb. 2.1: Im Weitsprung wird die Flugbahn des Springers durch die Abfluggeschwindigkeit und den Abflugwinkel beim Abspringen sowie durch den Luftwiderstand (z. B. Gegenwind) eindeutig festgelegt. Die Geschwindigkeit beim Abspringen kann dabei zerlegt werden in eine horizontale und in eine vertikale Geschwindigkeitskomponente (modifiziert nach Jonath et al., 1995b, S. 105).

Das Weitspringen kann **morphologisch** (altgriechisch *morphé*: Gestalt, Form) nach seiner Phasenstruktur unterteilt und auf qualitative Bewegungsmerkmale untersucht werden. Durch ein maximal schnelles Anlaufen wird ein optimales Abspringen vorbereitet. Das Abspringen erfolgt mit hoher Bewegungspräzision möglichst vom Absprungbalken nach vorne oben, sodass nach den Gesetzen der Physik eine möglichst große Flugweite erzielt werden kann. Am Ende der Flugphase werden Hände und Beine klappmesserartig nach vorne gebracht, um ein optimales Landen zu ermöglichen. Der Ablauf des Weitspringens weist somit eine dreiphasige Struktur aus Vorbereitungsphase, Hauptphase und Endphase auf (vgl. Abb. 2.2).

Mögliche **morphologische Analysefragen** könnten sein: Welche Bedeutung hat der Bewegungsrhythmus für die Effektivität des Weitsprungs? Welche Rolle spielt der Bewegungsfluss in der Struktur des Weitsprungs?

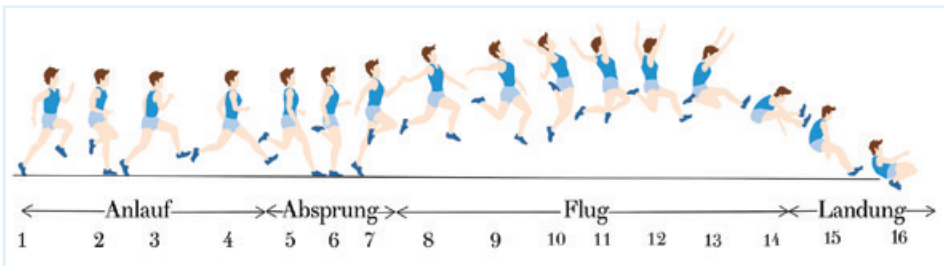


Abb. 2.2: Phasenstruktur der Laufsprungtechnik (modifiziert nach Jonath et al., 1995b, S. 108-109)

Die Laufsprungtechnik aus Abb. 2.2 ist eine Lösungsmöglichkeit, mit einem einbeinigen Absprung eine möglichst große Weite zu erzielen. Unter **funktionaler** Perspektive kann beim Weitspringen gefragt werden, **wozu** die Laufsprungtechnik verwendet wird. Da die Flugbahn nach dem Abspringen nicht mehr verändert werden kann, besitzen die **Aktionen** in der Luft die **Funktion** einer optimalen Landungsvorbereitung. Nun wird deutlich, warum gute Weitspringer und ihre Trainer besonderen Wert auf eine bestimmte Flugtechnik legen. Es verwundert daher nicht, dass im Leistungssport neben der Laufsprung- auch die Hangsprung- und in seltenen Fällen die Schrittweitsprungtechnik anzutreffen ist. Bei den Olympischen Spielen 1936 wurde Jesse Owens mit dem sogenannten *Hocksprung* Olympiasieger, einer Sprungtechnik, die gerade im Breitensport aufgrund der geringen zur Verfügung stehenden Flugzeit Sinn macht (vgl. Abb. 2.3).

Mögliche **funktionale Analysefragen** lauten: Wozu bringt ein Springer am Ende der Flugphase Hände und Beine klappmesserartig nach vorne? Welche Funktion besitzt die Aktion des Abspringens?

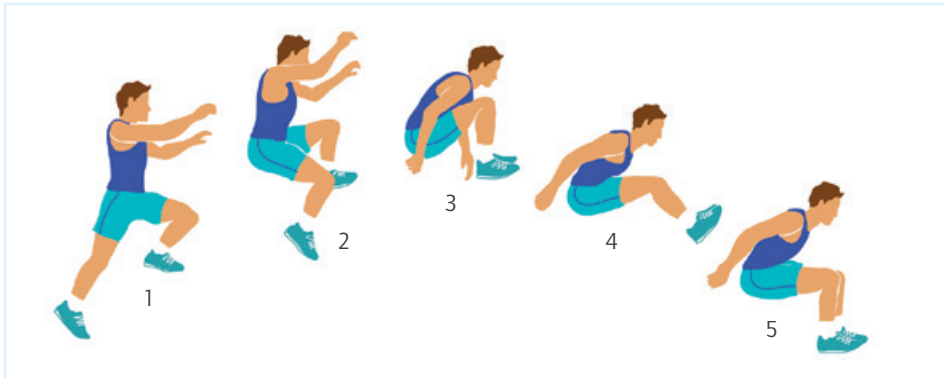


Abb. 2.3: Die Hocksprungtechnik (modifiziert nach Göhner, 2017, S. 34)

Neben den eben dargestellten Betrachtungsweisen kann eine Bewegung auch **anatomisch-physiologisch**, **fähigkeitsanalytisch**, **psychologisch** oder **soziokulturell** untersucht werden. Eine anatomisch-physiologische Betrachtungsweise von Sportbewegungen untersucht, inwiefern das neuromuskuläre System für das Funktionieren einer Bewegung verantwortlich gemacht werden kann. Fähigkeitsanalytische Bewegungsanalysen erforschen die (z. B. konditionellen oder koordinativen) Fähigkeiten eines Sportlers, die er benötigt, um die diversen Bewegungsaufgaben aus dem Sport zu bewältigen. Während eine psychologische Bewegungsanalyse ihr Interesse auf psychische Einflussfaktoren richtet, konzentriert sich die soziokulturelle Betrachtungsweise auf soziokulturelle Entwicklungen von sportlichen Bewegungen.

#### 4 Betrachtungsweisen bei der Analyse einer sportlichen Bewegung

- Nennen** Sie Beispiele für eine anatomisch-physiologische, fähigkeitsanalytische, psychologische oder soziokulturelle Betrachtungsweise einer sportlichen Bewegung.
- Die Gymnastik wird unterteilt in funktionelle, rhythmische und tänzerische Gymnastik sowie in die rhythmische Sportgymnastik. **Begründen** Sie, welcher Teilbereich unter welcher Perspektive gesehen wird.
- Erläutern** Sie, warum leichtathletische Bewegungen eher unter biomechanischer Perspektive betrachtet werden und Bewegungen aus dem Tanz und der Gymnastik eher unter morphologischer.
- Nordic Walking ist eine erst in jüngerer Zeit aufgekommene sportliche Bewegung. **Beurteilen** Sie, unter welcher Perspektive Nordic Walking gesehen werden kann.

## 2.2 BIOMECHANISCHE BEWEGUNGSANALYSE

Die sportwissenschaftliche Disziplin, die Begriffe, Methoden und Gesetzmäßigkeiten der Physik verwendet, nennt man **Biomechanik**. Der Begriff Biomechanik setzt sich zusammen aus „Bios“ (griechisch: Leben) und „Mechanik“ als Teildisziplin der Physik. Kurz:

- Die **Biomechanik im Sport** befasst sich mit **mechanischen Aspekten lebender Systeme im Sport**.

In diesem Kapitel werden die grundlegenden Bewegungsarten Translation und Rotation sowie wichtige biomechanische Gesetze und Größen qualitativ mithilfe von sportlichen Bewegungen verdeutlicht. Im Anschluss werden sportartenspezifische und allgemeingültige Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten dargestellt, die zur Bewertung der biomechanischen Zweckmäßigkeit einer sportlichen Bewegung herangezogen werden (biomechanische Prinzipien).

### Translation und Rotation

Bewegungen in der Biomechanik werden auf zwei grundlegende **Bewegungsarten** zurückgeführt, auf die **Translation** und die **Rotation**. In Anlehnung an Göhner (2017, S. 46) lässt sich die Translation geometrisch beschreiben:

- Eine **Translation** ist eine Bewegung, bei der alle Punkte des betrachteten Körpers deckungsgleiche Bahnen durchlaufen.

Der **Ski- oder Snowboardfahrer** bewegt sich bei planem Untergrund translatorisch entlang einer Geraden (vgl. Abb. 2.4a). Dagegen wird beim **Fußsprung** ins Wasser eine Translation ausgeführt, die parabelförmig ist (vgl. Abb. 2.4b). Im Sport ist es aber sehr viel häufiger so, dass nicht der gesamte Sportlerkörper, sondern nur Teilkörper eine Translation ausführen. Es gilt dann, dass nur die Punkte des Teilkörpers deckungsgleiche Bahnen durchlaufen. Ein Beispiel für eine Translation eines Teilkörpers ist die für das Skisporttraining häufig empfohlene **Kniebeuge**, bei der alle Punkte des Oberkörpers samt Kopf, an einer senkrechten Wand angelehnt, durch das Kniebeugen deckungsgleiche Bahnen vollziehen.

Göhner (2017, S. 46) definiert die Rotation folgendermaßen:

- Eine **Rotation** ist eine Bewegung, bei der alle Punkte des betrachteten Körpers um eine gemeinsame Achse drehen.

Die **Räder beim Fahrrad** führen Rotationen um die Radachsen aus, das **Schwingen eines Seils** beim Ropeskipping führt (fast) eine Rotation mit einer durch die Hände gehenden Drehachse aus und sowohl die **Riesenfelge** im Reckturnen als auch das Stützen im **flüch-**

tigen **Handstehen** beim Stützüberschlag sind Rotationen mit der Reckstange bzw. den Handgelenken als Drehachse (vgl. Abb. 2.4c und d).

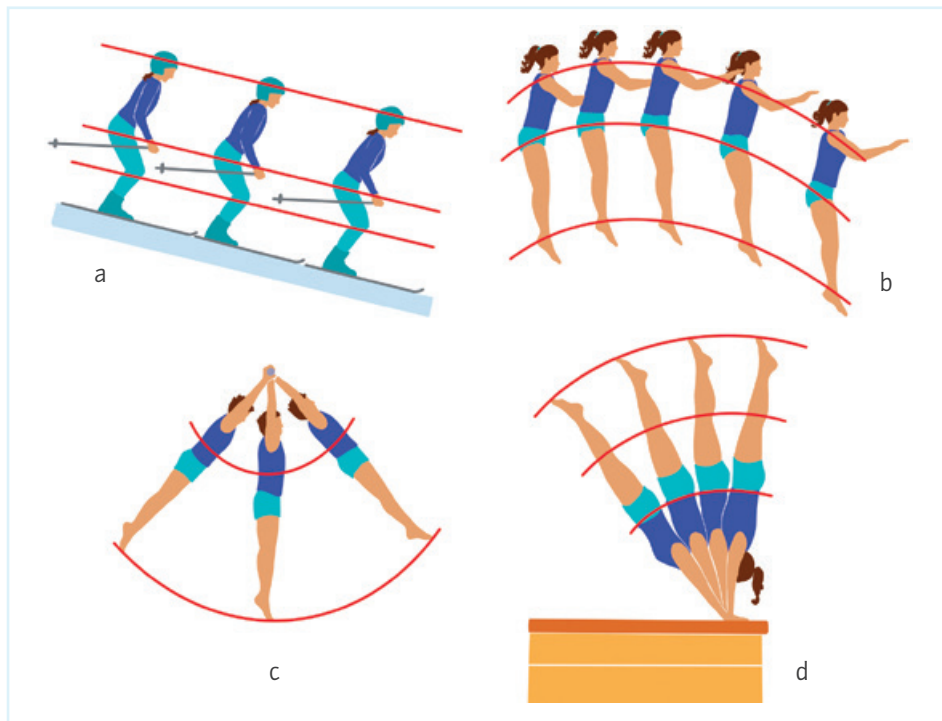
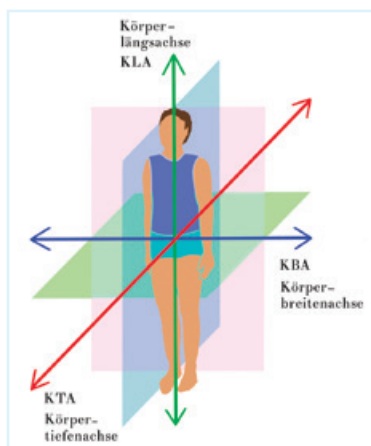


Abb. 2.4: Das Skifahren (a) und ein Fußsprung ins Wasser (b) sind typische Translationen, die beim Skifahren geradlinig und beim Fußsprung ins Wasser parabelförmig sind. Bei der Riesenturmfahrt im Reckturnen (c) und beim flüchtigen Handstehen (d) dreht sich der Turner um die durch die Reckstange bzw. die Handgelenke gehende Drehachse (modifiziert nach Göhner, 2017, S. 45).



Für sportliche Bewegungen sind bei Drehungen im Flug zwei Achsen des menschlichen Körpers von besonderer Bedeutung. Die **Körperbreitenachse** (KBA) ist bei allen Saltobewegungen und die **Körperlängsachse** (KLA) ist bei allen Schraubenbewegungen wichtig. Die Drehung um die **Körpertiefenachse** (KTA) findet man im Bodenturnen und Parkouring beim freien Rad und beim Salto seitwärts. Abb. 2.5 stellt die Drehachsen des menschlichen Körpers dar.

Abb. 2.5: Die Drehachsen des menschlichen Körpers

Die meisten sportlichen Bewegungen bestehen aus **Überlagerungen von Translationen und Rotationen**. Betrachtet man das Angleiten im Kugelstoßen (O'Brien-Technik), erkennt man Translationen für die Kugel, den Stoßarm und den Rumpf, während z. B. der Unterschenkel des Stoßbeins eine Drehung um das obere Sprunggelenk und der Oberschenkel eine Drehung um das Kniegelenk ausführt.

**Bemerkung:** Es gibt **Grenzfälle**, bei denen eine Translation nur für den Körperschwerpunkt herausgehoben wird. Beim Salto vorwärts aus dem Anlauf bewegt sich der Körperschwerpunkt nach dem Absprung translatorisch auf einer parabelförmigen Bahn, während der Körper des Turners eine Rotation um eine sich räumlich verändernde Körperbreitenachse ausführt.

## 5 Bewegungsarten bei sportlichen Bewegungen

**Erläutern** Sie, aus welchen grundlegenden Bewegungsarten die folgenden sportlichen Bewegungen bestehen: Radfahren, Kniebeugen (in stets senkrechter oder leicht vorgebeugter Oberkörperlage), Rollen rückwärts, Bankdrücken, Basketballsprungwurf aus dem Stand. **Geben** Sie bei einer Translation die Form der Bewegungsbahn und bei einer Rotation die Drehachsen und drehenden Körperteile **an**.

## A

### Translation und Rotation



## Newtonsche Gesetze der Mechanik

Ein Skateboarder fährt auf einer Straße gleichmäßig mit konstanter Geschwindigkeit. Er passt nicht auf und fährt gegen eine Bordsteinkante, die das Skateboard abrupt abbremsst. Der Skater kann sich nicht auf den Beinen halten, fällt nach vorn und liegt schließlich bäuchlings auf dem Boden. Man könnte fragen, was die Ursache ist, dass der Skater sich nach dem Stopp „in Bewegung setzt“. Diese Frage ist allerdings falsch gestellt. Der Skater ändert seine Bewegungsgeschwindigkeit nämlich nicht und bewegt sich (jedenfalls zu Beginn) mit konstanter Geschwindigkeit weiter, solange keine äußere Kraft auf ihn wirkt. Die äußere Kraft, die seine Füße schließlich abbremsst, ist die Reibungskraft, die vom abgebremsten Skateboard ausgeübt wird. Durch dieses Beispiel wird das erste **Newtonsche Gesetz (Trägheitsgesetz)** deutlich:

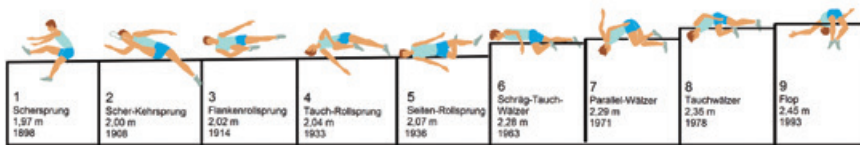
- Ein Körper verharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, seinen Zustand zu ändern.

Das Beharrungsvermögen eines Körpers bei Translationen wird durch die **Masse** beschrieben. Bei Translationen können größere Massen nur durch größere Kräfte den Bewegungszustand ändern. Die Masse beschreibt bei translatorischen Bewegungen nicht nur, wie schwer ein Körper ist, sondern auch wie träge. Ein Körper ist auch bezüglich einer Rotation träge. Im Unterschied zur Masse bei Translationen kann ein Sportler bei Rotationen seine Trägheit verändern. Ein eng gehockter Salto vorwärts hat ein geringeres **Trägheitsmoment (Drehwiderstand)** als ein gestreckter Salto. Dementsprechend ist ein gehockter Körper leichter in Drehung zu versetzen als ein gestreckter. Dies ist z. B. der Grund, warum beim Sprinten die Arme und das Schwungbein stärker angewinkelt werden als beim Gehen (vgl. Prinzip der Impulserhaltung).

## 6 Warum springt man mit dem Rücken über die Latte?

1968 überraschte der Hochspringer Richard Fosbury mit einer neuen Hochsprungtechnik. Er sprang als erster Hochspringer mit dem Rücken über die Latte. Bis dahin galt der Tauchwölzer als die „optimale“ Sprungtechnik.

In der folgenden Abbildung wird die Entwicklung der Hochsprungtechnik dargestellt (modifiziert nach Jonath et al., 1995b, S. 244-245):



**Vergleichen** Sie die Schersprung- und die Flopsprungtechnik im Hinblick auf den Anlauf, das Absprungbein und die Position über der Latte und **begründen** Sie, warum sich die Flopsprungtechnik als besonders zweckmäßig herausgestellt hat.

Wenn man im Alltag von der „Trägheit des Körpers“ spricht, ist meist nicht das Trägheitsgesetz gemeint, sondern die aufgebrachte Kraft bei der Geschwindigkeitsänderung. Ein schwerer Körper lässt sich z. B. schwerer anschieben bzw. abbremsen als ein leichter. Hinter dieser Formulierung steckt das **zweite Newtonsche Gesetz (Bewegungsgesetz)**:

- Kraft ist die Ursache für Geschwindigkeitsänderungen. Dabei ist die Kraft proportional zur Geschwindigkeitsänderung. Kurz: Kraft ist gleich Masse mal Beschleunigung (**Grundgleichung der Mechanik**).

Wendet man das dynamische Grundgesetz auf das Kugelstoßen an, so wird eine doppelt so große Kraft eine Kugel doppelt so stark beschleunigen, sodass damit bei gleichem Abflugwinkel eine größere (nicht doppelt so große!) Weite erreicht wird. Aus der Grundgleichung der Mechanik ergibt sich auch, dass Masse und Beschleunigung bei konstanter Kraft umgekehrt proportional zueinander sind. Die Beschleunigung einer 6-kg-Kugel ist gegenüber einer 3-kg-Kugel daher nur halb so groß, wenn die Zeitdauer der Krafteinwirkung gleich groß bleibt.

## 7 Kräfte im Sport

Es lässt sich im Sport eine Reihe von Möglichkeiten nennen, eine Kraft zu erzeugen und damit Beschleunigung oder Verformung zu bewirken. Bedeutsam für sportliche Bewegungen sind beispielsweise die **Gewichtskraft**, die **Reibungskraft**, **Muskelkraft** (vgl. biomechanisches Prinzip der Gegenwirkung), menschliche **Aktionskräfte** wie die Sprungkraft, Wurf- und Stoßkraft. Beim Segeln sorgt die **Widerstandskraft** des Segels für einen guten Vortrieb des Boots, wenn die Segel richtig „im Wind“ liegen. Bei einem Kurvenlauf nimmt der Sportler die **Zentrifugalkraft** wahr, die ihn nach außen drängt. Von außen gesehen, sorgt die nach innen wirkende **Zentripetalkraft** dafür, dass der Sportler nicht tangential aus der Bahn geworfen wird.

- Nennen** Sie je zwei Sportarten oder Disziplinen, in denen die Gewichtskraft [Widerstandskraft, Zentrifugalkraft] eine zentrale Rolle spielt. **Begründen** Sie Ihre Auswahl.
- Erklären** Sie den Unterschied von Zentrifugal- und Zentripetalkraft an zwei sportlichen Beispielen.
- Geben** Sie je zwei sportliche Situationen **an**, in denen Reibungskräfte erwünscht bzw. unerwünscht sind.
- Nennen** Sie möglichst viele Aktionskräfte.

Zwei Inlineskater stehen sich gegenüber und halten gemeinsam ein Seil. Der eine versucht, den anderen zu sich heranzuziehen. Er muss feststellen, dass dies zugleich auch immer so wirkt, als würde sein Gegenüber ihn heranziehen. Die Mechanik erfasst dieses Phänomen mit dem **dritten Newtonschen Gesetz (Wechselwirkungsgesetz)**:

- ▶ Wenn ein Körper eine Kraft auf einen zweiten Körper ausübt (*actio*), so übt auch der zweite Körper eine gleich große und entgegengesetzt gerichtete Kraft auf den ersten Körper aus (*reactio*). Beachten Sie: Kraft und Gegenkraft greifen niemals am gleichen Körper an.



Das Wechselwirkungsgesetz ist die Grundlage für alle sportlichen Fortbewegungen. Der **Läufer**, der sich vom Boden abdrückt, führt eine Aktionskraft in Richtung Boden aus. Die sichtbare Veränderung beim Laufen wird durch die Reaktionskraft möglich, die den Läufer nach vorne oben wegdrückt (vgl. Abb. 2.6 links).

Bei sportlichen Bewegungen sollte man Aktionskraft und Reaktionskraft auseinanderhalten können, wie das Beispiel des **Fußballstoßes** zeigt. Die vom Bein erzeugte Schusskraft wirkt als Aktionskraft auf den Ball, die vom Ball ausgehende Reaktionskraft wirkt auf das Bein (vgl. Abb. 2.6 Mitte). Erstere gibt dem Ball die gewünschte Flugrichtung, Letztere bewirkt das Abbremsen des Beinvorschwungs.

Um beim **Hockstand in Ruhe** stehen zu können, muss die senkrecht nach unten führende Aktionskraft so groß sein wie die Gewichtskraft, weil nur dann die am Körper angreifende Reaktionskraft die Wirkung der Gewichtskraft aufhebt (vgl. Abb. 2.6 rechts).

**Bemerkung:** Aufgrund der zentralen Bedeutung des Wechselwirkungsgesetzes für sportliche Bewegungen findet man dieses Gesetz im **biomechanischen Prinzip der Gegenwirkung** wieder.

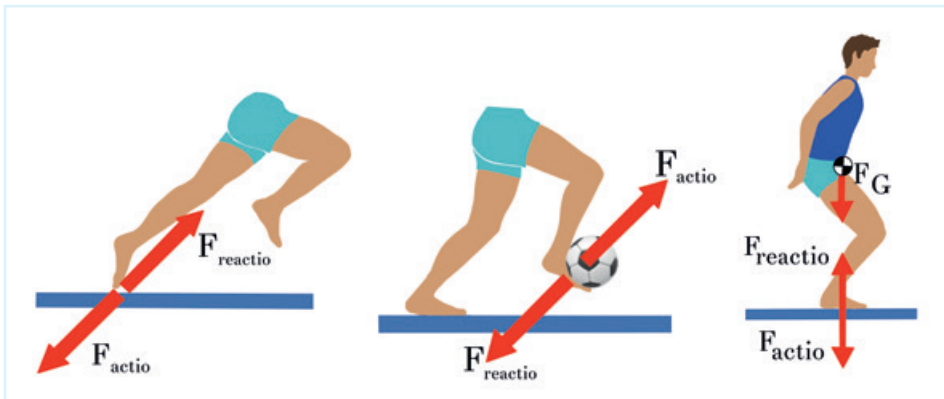


Abb. 2.6: Aktionskraft und Reaktionskraft beim Laufen (links), beim Fußballstoß (Mitte) und beim einfachen Hockstand (rechts) (modifiziert nach Göhner, 2017, S. 52, 72)

## 8 Fangen eines Medizinballs

Zwei Personen passen sich einen schweren Medizinball kraftvoll hin und her zu. **Erläutern** Sie das Wechselwirkungsgesetz in der Situation des Ballfangens und **geben** Sie die Aktions- und Reaktionskraft an.

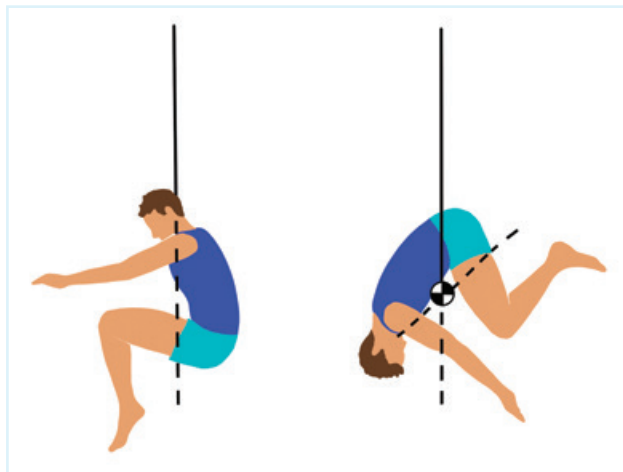
## Körperschwerpunkt, Gleichgewicht und Standfestigkeit

Neben den Grundbewegungsarten sportlicher Bewegungen und den drei Grundgesetzen der Mechanik spielt der Körperschwerpunkt eine zentrale Rolle für biomechanische Analysen. Es gilt folgende Festlegung für den **Körperschwerpunkt**:

- Wird ein Körper in seinem **Körperschwerpunkt** unterstützt, so befindet er sich in jeder Lage im Gleichgewicht. Am Körperschwerpunkt greift die Gewichtskraft an. Er kann ein Körperpunkt sein, also z. B. der Bauchnabel. Es kann aber auch sein, dass er kein Körperpunkt ist, weil er außerhalb des Körpers liegt (z. B. bei der Lattenüberquerung mit einer gut ausgeführten Floptechnik im Hochsprung).

Doch wie kann der KSP bestimmt werden? Die Antwort ist nicht einfach, da man den KSP nur über seine Wirkung erkennen kann. Die bekannteste Wirkung ist folgende: Wird ein Körper im KSP drehbar gelagert, dann bewirkt die Gewichtskraft – da kein Kraftarm vorliegt – kein **Drehmoment** und damit keine Drehung. Geht die Drehachse nicht durch den KSP, kann die Gewichtskraft ein Drehmoment liefern. Diese Überlegung wird zur Bestimmung des Körperschwerpunkts genutzt: Ein frei beweglicher Körper wird an einem Faden aufgehängt. Der KSP liegt stets senkrecht unter dem Aufhängepunkt auf der Wirkungslinie der Gewichtskraft. Durch das Aufhängen an zwei unterschiedlichen Körperpunkten kann die räumliche Position des Körperschwerpunkts durch den Schnittpunkt der beiden Wirkungslinien (Lote) ermittelt werden (vgl. Abb. 2.7).

*Abb. 2.7: Das zweimalige Aufhängen eines Modellkörpers an einem Faden ist ein einfaches Mittel, um die Lage des KSP als Schnittpunkt der beiden Lote 1 und 2 zu bestimmen (Göhner, 2017, S. 55).*



Das Verfahren des zweimaligen Aufhängens lässt sich in der Praxis nicht so leicht umsetzen. Heute ist es möglich, über dreidimensionale Computermodelle und unter Berücksichtigung der Gewebedichten, Körper- und Teilschwerpunkte rechnerisch zu ermitteln.

Der Körperschwerpunkt bei Sportlern liegt in der Regel nicht an der gleichen Stelle des Körpers, da man Körperteile gegeneinander bewegen kann. Insbesondere kann er auch außerhalb des Körpers liegen, wie dies bei der Lattenüberquerung im Stabhochsprung oder bei einer gut ausgeführten Floptechnik im Hochsprung der Fall ist (vgl. Abb. 2.8).

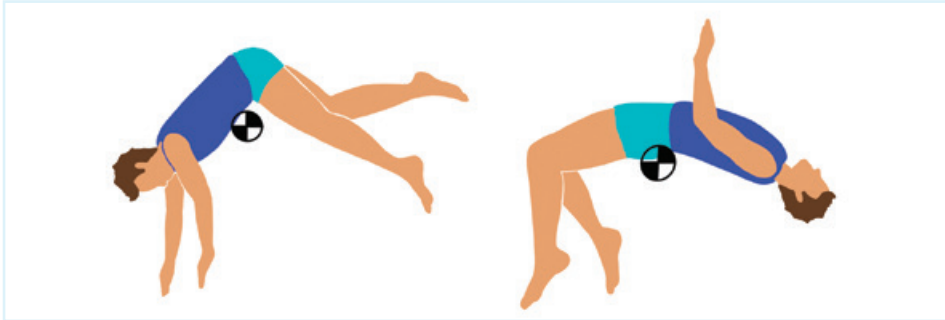


Abb. 2.8: Beim Stabhochsprung und bei guter Floptechnik liegt der Körperschwerpunkt außerhalb des Körpers und das kann dazu führen, dass der Körper eines guten Hochspringers die Latte überqueren kann, während sein Körperschwerpunkt unterhalb der Latte bleibt.

Nachdem geklärt ist, wie man den KSP ermitteln kann, soll nun dargestellt werden, wie der KSP und das Gleichgewicht eines Körpers zusammenhängt. Aus physikalischer Sicht gilt folgende Beschreibung des **Gesamtgleichgewichts**:

- Ein Körper befindet sich im **Gleichgewicht**, wenn die **Summe aller** (eine Translation bewirkenden) **Kräfte** und **aller** (eine Rotation bewirkenden) **Drehmomente je null** ist.

Beim einfachen Hockstand muss die Aktionskraft die gleiche Größe wie die Gewichtskraft haben, damit sich die **Bodenreaktionskraft** (Gegenkraft zur Aktionskraft) und die Gewichtskraft zu null addieren (vgl. Abb. 2.9 links). Kippt die Person aus dem Hockstand so weit nach vorne, dass der Schwerpunkt nicht mehr über der Standfläche liegt, verliert die Person ihr Gleichgewicht. Es entsteht ein **Drehmoment**, das als Produkt der Gewichtskraft und dem dazugehörigen Kraftarm (Entfernung der Wirkungslinie der Gewichtskraft vom Drehpunkt auf der Standfläche) berechnet werden kann (vgl. Abb. 2.9 rechts). Insgesamt gilt folgendes Kriterium für die **Standfestigkeit** eines Körpers:

- Geht die **Wirkungslinie der Gewichtskraft eines Körpers (Schwerelinie)** durch die **Standfläche (Unterstützungsfläche)** des Körpers, befindet sich der Körper im Gleichgewicht. Verläuft die Schwerelinie außerhalb der Unterstützungsfläche, kippt der Körper um.

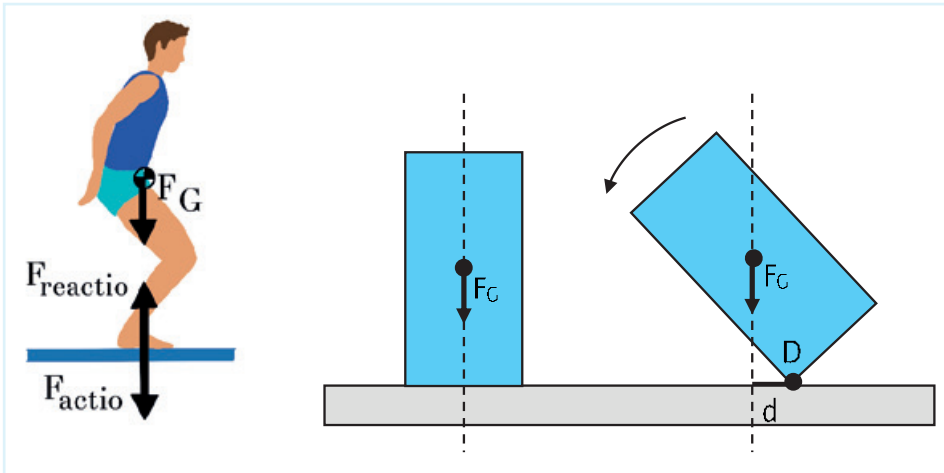


Abb. 2.9: Links: Aktionskraft und Reaktionskraft addieren sich zu null. Rechts: Verläuft die Schwerlinie außerhalb der Unterstütsfläche (hier ist es eine Linie), kippt der Körper. Es entsteht ein durch die Gewichtskraft erzeugtes Drehmoment um die Drehachse  $D$  mit dem Kraftarm  $d$ .

Abb. 2.10: Turner schieben Kopf und Schultern weit nach vorne, wenn sie sich aus dem Handstand in die Stützwaage absenken. So ist sichergestellt, dass der KSP über der Stützstelle bleibt und durch die Gewichtskraft kein Drehmoment erzeugt wird (Göhner, 2017, S. 55).



**Stabile Gleichgewichtszustände** sind dadurch gekennzeichnet, dass sich bei kleineren Abweichungen die Gleichgewichtssituation von alleine einstellt. Beim **labilen Gleichgewicht** führen kleinste Abweichung sofort zu weiteren Abweichungen und damit zum Gleichgewichtsverlust. Im Sport gibt es viele Situationen, in denen das Gleichgewicht hergestellt bzw. beibehalten werden muss.

In der **Akrobatik** müssen die Sportler menschliche Pyramiden aufbauen und halten. Auch der Turner muss beim Übergang vom Handstand zur **Stützwaage** darauf achten, dass der Körperschwerpunkt über der Unterstütsfläche liegt (vgl. Abb. 2.10). Es gibt aber auch Situationen im Sport, in denen das Gleichgewicht bewusst labil gestaltet werden soll. Der **100-m-Sprinter** geht beim Start in der Fertigposition so weit nach vorne, dass er sich kaum noch in dieser Position halten kann.

## 9 Standfestigkeit und Gleichgewicht

- Beschreiben** Sie Möglichkeiten, wie die Standfestigkeit verbessert werden kann.
- Erläutern** Sie, warum es einer Person nicht möglich ist, mit einem Einbeinstand so zu stehen, dass sie sich seitlich mit der Schulter an die Wand anlehnt und dabei auf dem der Wand zugewandten Bein steht. **Begründen** Sie, warum der gleiche Einbeinstand ohne Wandanlehnung klappt.
- Knien Sie sich auf den Boden und setzen Sie sich mit Ihrem Gesäß auf Ihre Fersen. Nun beugen Sie sich leicht nach vorne und legen die Unterarme auf den Boden, wobei die Ellbogen Ihre Knie berühren. Ihre rechte ausgestreckte Hand markiert den Punkt, an dem Sie eine Streichholzschachtel aufrecht hinstellen. Jetzt legen Sie die Hände auf den unteren Rücken und versuchen, die Streichholzschachtel mit der Nase umzustoßen, ohne die Arme zu Hilfe zu nehmen und ohne mit dem Kopf den Boden zu berühren. **Begründen** Sie, warum es einige Mitschülerinnen und Mitschüler schaffen, die Schachtel umzustoßen, andere nicht.

A

Körperschwerpunkt



A

Kraft als Vektor



## Impuls und Drehimpuls

A

Praxis-Theorie-Verknüpfung zum Impuls



Der **Impuls** stellt eine wichtige mechanische Größe dar und beschreibt umgangssprachlich die *Wucht* eines Körpers. Es gilt:

- Ein **Impuls** erfasst bei einer Translation den Bewegungszustand eines Körpers und entspricht dem Produkt aus Masse und Geschwindigkeit.

Jeder in Bewegung befindliche Körper besitzt einen bestimmten Bewegungszustand, also einen bestimmten Impuls. Dieser Zustand kann nicht allein durch die Geschwindigkeit ausgedrückt werden. Auch die Masse ist hier von Bedeutung. Zwei Körper mit gleicher Geschwindigkeit und Geschwindigkeitsrichtung haben nur dann den gleichen Impuls, wenn die Körper die gleichen Massen haben.

Im **Sport** spielt allerdings weniger der Impuls eine Rolle, sondern vielmehr die **Impulsänderung**. Man will einen Speer, eine Kugel oder manchmal auch den eigenen Körper auf möglichst hohe Geschwindigkeit bringen. Für diese Geschwindigkeitsänderung ist nach dem dynamischen Grundgesetz eine Kraft notwendig. Wirkt eine Kraft für eine bestimmte Zeit auf den Körper ein, spricht man von einem **Kraftstoß**, der durch das Produkt aus Kraft und Zeitdauer der Krafteinwirkung berechnet wird. Die Suche nach der optimalen Krafteinwirkung ist ein typisch sportspezifisches Problem, wie das Beispiel des Rodelstarts zeigt. Beim **Rodelstart** zieht der Fahrer mit größter Kraft am Startbügel. Er versucht, sich mit größter Geschwindigkeit in die Bahn zu katapultieren. Danach schlägt er noch wie ein Pinguin auf das Eis ein. Damit wird die Krafteinwirkung auf den Schlitten über einen längeren Zeitraum möglichst hochgehalten, was eine höhere Geschwindigkeitsänderung zur Folge hat. Der Rodler nutzt den **Impulssatz** aus:

- **Der Kraftstoß (Produkt aus Kraft und einwirkender Zeitdauer) ist gleich der Impulsänderung (Produkt aus Masse und Geschwindigkeitsänderung).**

Die Änderung des Impulses ist gleichbedeutend mit der Änderung der Geschwindigkeit, da der Sportler während des Kraftstoßes seine Masse nicht verändern kann. Diese Änderung hat in der Regel eine Zielsetzung: Es ist eine möglichst große Geschwindigkeit am Ende des Kraftstoßes zu gewinnen.

## 10 Bedeutung des Impulssatzes im Sport

- a) **Erläutern** Sie den Impulssatz an zwei sportlichen Beispielen.
- b) **Beweisen** Sie mit dem Impulssatz, dass die Endgeschwindigkeit eines Körpers über die Höhe des Kraftstoßes, die Masse und die Anfangsgeschwindigkeit berechnet werden kann.

Die Höhe des Kraftstoßes und die daraus resultierende Endgeschwindigkeit kann über **Kraft-Zeit-Kurven** ermittelt werden. Stellt man die Krafteinwirkung grafisch dar, entspricht der Kraftstoß dem Inhalt der Fläche zwischen Graf und Zeitachse über dem Zeitraum der Krafteinwirkung.

## A

## Kraft-Zeit-Kurven bei sportlichen Bewegungen



In Analogie zum Impuls bei Translationsbewegungen gilt bei Drehbewegungen für den **Drehimpuls**:

- ▶ Bei einer Rotation ist der **Drehimpuls** das Produkt aus Trägheitsmoment (Drehwiderstand) und Winkelgeschwindigkeit.

Überträgt man die Überlegungen zum Kraftstoß auf Rotationsbewegungen, führt uns dies zum Drehmomentenstoß. Wirkt ein Drehmoment über eine bestimmte Zeit auf einen Körper, dann wird mit dem Produkt aus Drehmoment und einwirkender Zeitdauer der **Drehmomentenstoß** definiert. Bei Verlängerung der Wirkungsdauer des Drehmoments wird eine größere Änderung der Winkelgeschwindigkeit bzw. des Drehimpulses und damit bei entsprechend hohem Drehmoment ein größerer Drehmomentenstoß erzeugt. Nach dem **Drehimpulssatz** gilt:

- ▶ Der **Drehmomentenstoß** (Produkt aus Drehmoment und einwirkender Zeitdauer) ist gleich der **Drehimpulsänderung** (Produkt aus Drehwiderstand und Änderung der Winkelgeschwindigkeit).

**Beispiel:** Die Hilfestellung beim Flick-Flack (Handstützüberschlag rückwärts), bei dem ein Sportler über eine Schub- und Drehhilfe am Gesäß durch zwei Helfer unterstützt wird, kann als Drehmomentenstoß angesehen werden.

**11 Erläutern** Sie an zwei unterschiedlichen sportlichen Bewegungen, dass durch ein Drehmoment ein Drehmomentenstoß erzeugt wird.

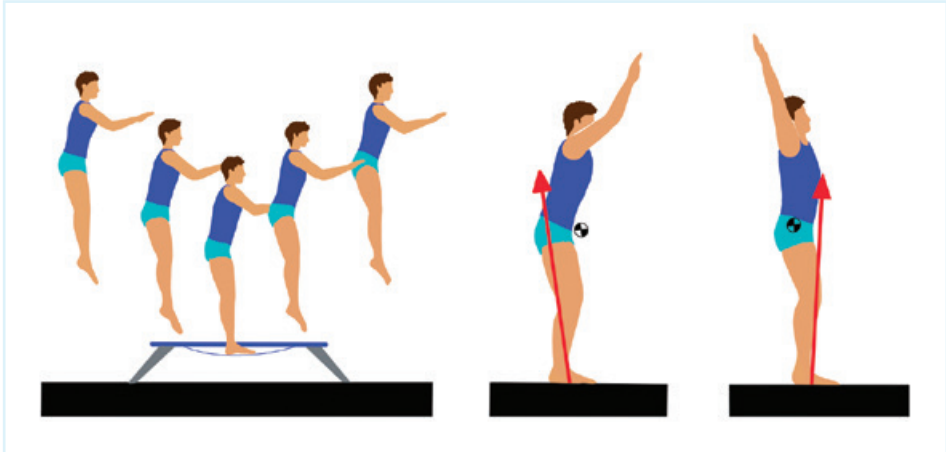
**Bemerkung:** Auf die Bedeutung der Drehimpulsänderung für sportliche Bewegungen wird im biomechanischen Prinzip der Impulserhaltung ausführlicher eingegangen.

### Zentraler und nicht zentraler Kraftstoß

Um die Frage zu beantworten, ob z. B. aus einer Sprungbewegung eine Translation oder zusätzlich eine Rotation entsteht, muss die Wirkungslinie der Bodenreaktionskraft im Moment des Absprungs in Beziehung zum Körperschwerpunkt gesetzt werden:

- ▶ Geht die Kraftwirkungslinie beim Abspringen **durch den Körperschwerpunkt**, entsteht eine **Translation ohne Rotation**. Eine **Translation mit Rotation** entsteht folglich immer dann, wenn die Wirkungslinie einer Kraft **nicht durch den Körperschwerpunkt** verläuft.

Physikalisch gesehen, handelt es sich bei Sprüngen, die keine Rotation auslösen, um **zentrale Kraftstöße**, während Sprünge mit anschließender Rotation vorwärts oder rückwärts **nicht zentrale Kraftstöße** darstellen. Abb. 2.11 verdeutlicht die drei möglichen Bewegungsarten nach einem Sprung.



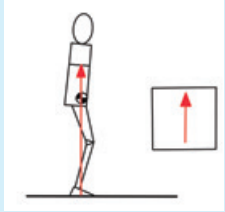
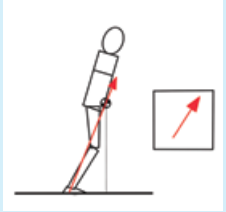
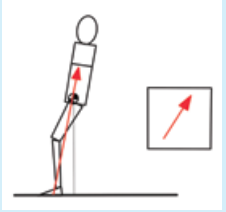
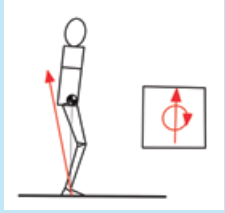
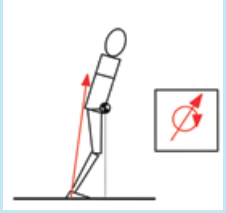
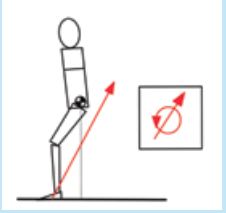
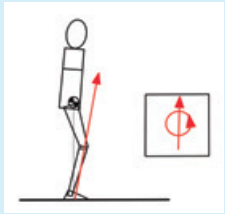
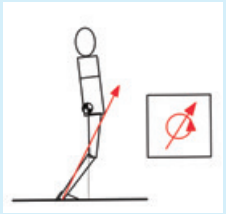
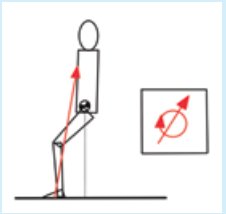
*Abb. 2.11: Links: Um beim Fußsprung nur eine Translation zu erreichen, muss ein zentraler Kraftstoß ausgeführt werden. Mitte und rechts: Jeder Kraftstoß beim Abspringen bewirkt eine Translation mit Rotation, wenn die durch die Sprungkraft ausgelöste Bodenreaktionskraft am Körperschwerpunkt vorbeiläuft, die Kraftwirkungslinie also nicht durch den Körperschwerpunkt geht. Bei der mittleren Figur ergibt sich aus einem Ruhezustand eine Vorwärtsdrehung, bei der rechten Figur eine Rückwärtsdrehung (Cöhner 2017, S. 60).*

Den Unterschied zwischen einem zentralen und nicht zentralen Kraftstoß kann man gut am Beispiel des Weitsprungs verdeutlichen. Würde die Wirkungslinie der Absprungkraft nicht durch den Körperschwerpunkt verlaufen, so ergäbe sich neben der gewünschten Translation auch noch eine unerwünschte Rotation. Zwar gab es Springer, die den Weitsprung mit einer Saltotechnik gesprungen sind, diese wurde aber nach ihrer Entdeckung verboten (Was könnte der Grund gewesen sein?).

Nachdem geklärt ist, wann aus einer Sprungbewegung eine Translation ohne oder mit Rotation entsteht, wollen wir die Frage beantworten, in welche Richtung die Translation verläuft. Befindet sich die senkrechte Projektion des KSP des Springers beim Abspringen auf, vor oder hinter der Absprungstelle, so erfolgt die Translation nach oben, nach vorne oben oder nach hinten oben. Durch Kombination der Bewegungsarten Translation ohne oder mit Rotation sowie der Bewegungsrichtungen der Translation erhält man neun Möglichkeiten, die nach dem Abspringen denkbar sind (vgl. Tab. 2.1).



Tab. 2.1: Es gibt für das Abspringen nach oben mit und ohne Drehung grundsätzlich neun Möglichkeiten: Der Körperschwerpunkt kann senkrecht über der Absprungstelle, vor oder hinter ihr liegen. Die Bodenreaktionskraft kann durch den Körperschwerpunkt gehen oder vor bzw. hinter ihm vorbeiwirken (modifiziert nach Göhner, 2017, S. 61).

	Translation nach oben	Translation nach vorne oben	Translation nach hinten oben
Translation ohne Rotation			
	Fußsprünge im Bodenturnen, Trampolinturnen und Wasserspringen		
Translation mit Rotation vorwärts			
	Salto vorwärts im Trampolin	Salto vorwärts (Wasserspringen)	Delfinsprünge (Wasserspringen)
Translation mit Rotation rückwärts			
	Salto rückwärts im Trampolin	Auerbachsprünge (Wasserspringen)	Salto rückwärts im Bodenturnen

## A

## Zentraler und nichtzentraler Kraftstoß beim Abspringen



**Bemerkung:** Ist das Movendum nun ein Gerät, das mit der Hand beschleunigt wird, kann dies mit einem zentralen oder nicht zentralen Stoß erfolgen. Im Falle eines zentralen Kraftstoßes könnte im Sport der Begriff **Stoß** (z. B. Kugelstoßen) verwendet werden. Für einen nicht zentralen und rotationsauslösenden Kraftstoß wäre die Verwendung des Begriffs **Wurf** (z. B. Fastball im Baseball) denkbar (vgl. Abb. 2.12).

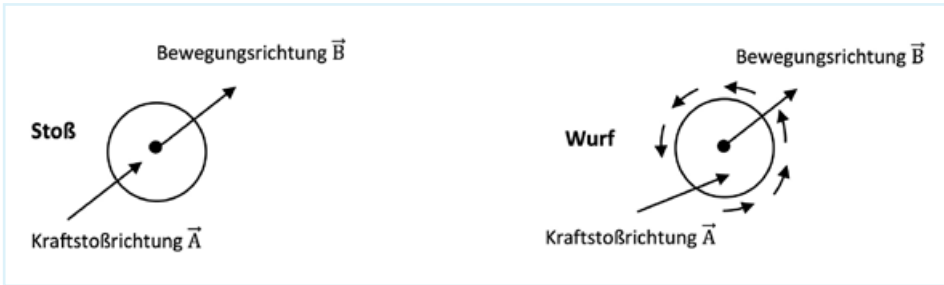


Abb. 2.12: Links (zentraler Stoß): Beim **Stoß** verläuft die Kraftstoßrichtung durch den Schwerpunkt z. B. der Kugel. Rechts (nicht zentraler Stoß): Beim **Wurf** verläuft die Kraftstoßrichtung nicht durch den Schwerpunkt des Balls (z. B. Fastball im Baseball).

## A

### Wurf- und Stoßbewegungen



### Biomechanische Prinzipien

- Sportartübergreifende, allgemeingültige Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten, die zur Bewertung der biomechanischen Zweckmäßigkeit einer sportlichen Technik herangezogen werden, heißen **biomechanische Prinzipien**.

Die zur Lösung einer Bewegungsaufgabe eingesetzten sportlichen Bewegungen können danach bewertet werden, wie zweckmäßig sie zur Erreichung des Bewegungsziels sind. Will ein Basketballer einen Freiwurf versenken, sollte er nach Einnahme der Grundstellung Ausholbewegungen (Gegenbewegungen durch Beugen der Arme und Beine) möglichst unterdrücken, um einen zielgenauen Abwurf zu ermöglichen (vgl. Kritikós & Meyer, 2004). Dagegen wird ein Speerwerfer den Speer möglichst weit zurückführen, um den Beschleunigungsweg im Hinblick auf eine möglichst hohe Abfluggeschwindigkeit zu erhöhen. Die beiden Beispiele verdeutlichen, dass die biomechanische Zweckmäßigkeit einer sportlichen Bewegung mithilfe von grundlegenden Gesetzmäßigkeiten und Erkenntnissen bewertet werden kann. In den obigen Beispielen beeinflusst die Zielsetzung der Aufgabe (Zielgenauigkeit beim Freiwurf versus maximale Abfluggeschwindigkeit beim Speerwurf) die Gestaltung des Beschleunigungswegs.

Neben biomechanischen Prinzipien können auch die Technikleitbilder von Spitzensportlern, die Lernzeit zum Aneignen der sportlichen Bewegung und die Belastungsverträglichkeit als Kriterien für die Zweckmäßigkeit einer sportlichen Technik herangezogen werden (Wick, 2013, S. 137). Eine zweckdienliche Technik im Sport muss stets auch individuelle biomechanische Voraussetzungen und Eigenschaften (Größe, Hebel- und Kraftverhältnisse) berücksichtigen. Insgesamt gilt:

- ▶ Eine sportliche Bewegung kann nur dann optimal sein, wenn sie aus biomechanischer Sicht zweckmäßig ist und gleichzeitig das Niveau der individuellen biomechanischen Voraussetzungen und Eigenschaften möglichst hoch ist.

In Anlehnung an Hochmuth (1981), Wick (2013) und Olivier et al. (2013) lassen sich sieben biomechanische Prinzipien nennen, die seit der Einführung durch Hochmuth 1967 heftig diskutiert und bis 1981 dahin gehend modifiziert wurden, dass ihre Aussagen sich nur auf bestimmte Gruppen strukturverwandter Bewegungsabläufe oder Zielstellungen beziehen:

1. Prinzip der Anfangskraft,
2. Prinzip des optimalen Beschleunigungswegs,
3. Prinzip der zeitlichen und räumlichen Koordination von Einzelimpulsen,
4. Prinzip der optimalen Tendenz im Beschleunigungsverlauf,
5. Prinzip der Impulserhaltung,
6. Prinzip der Gegenwirkung,
7. Prinzip der Kinetion und Modulation.

**Bemerkung:** Die oben angedeutete Kritik an den biomechanischen Prinzipien kann vor allem an zwei Aspekten festgemacht werden (vgl. z. B. Baumann, 1989, S. 98). Zum einen stellen einige biomechanische Prinzipien nur mechanische Gesetzmäßigkeiten dar (z. B. ist das Prinzip der Impulserhaltung die Beschreibung des Drehimpulserhaltungssatzes). Zum anderen beziehen sich alle Prinzipien nur auf bestimmte Sportsituationen und besitzen daher keinen allgemeingültigen Charakter. Dennoch sind sie bei kritischer Anwendung hilfreiche Leitlinien bei der Beurteilung sportlicher Techniken. Aus diesen Gründen beschränkt sich z. B. Göhner (2017) auf die ersten drei der oben genannten biomechanischen Prinzipien.

A

Der „optimale“ Strecksprung



- **Prinzip der Anfangskraft:** Bei einer Beuge- und Streckbewegung mit sofortiger Bewegungsumkehr ist durch das Abbremsen der Beugebewegung zu Beginn der Streckbewegung eine positive **Anfangskraft** für die Beschleunigung vorhanden. Das Verhältnis der beim Abbremsen und Beschleunigen zu entwickelnden Kraftstöße muss optimal sein und der maximal mögliche Kraftwert soll nicht schon beim Abbremsen, sondern erst während des Beschleunigungskraftstoßes erreicht werden (Göhner, 2017, S. 64).

**Ausgangsproblem:** Ein Sportler nimmt sich für einen senkrecht nach oben führenden Sprung aus dem Stand vor, möglichst hoch zu springen. Er überlegt sich mehrere Möglichkeiten: hochspringen wie ein Skispringer ohne gegenläufige Auftaktbewegung, hochspringen mit einer Auftaktbewegung eines Gewichthebers mit einem kräftigen, in die tiefe Hocke führenden Auftakt oder hochspringen wie ein Basketballer nur mit ganz geringem Auftakt. Was ist effektiver?

Ist eine hohe Endgeschwindigkeit oder ein großer Impuls zu erreichen, muss nach den Gesetzen der Mechanik ein großer Kraftstoß vorausgehen. Der Kraftstoß kann vor allem durch Vergrößerung der Kraftwerte während des Stoßes erhöht werden. Eine zweite Möglichkeit ist eine Verlängerung der Zeitdauer der Krafteinwirkung, die im Prinzip des optimalen Beschleunigungswegs thematisiert wird. Das Prinzip der Anfangskraft zeigt, dass man die Kraft auch zu Beginn einer Bewegung vergrößern kann: Man nutzt aus, dass man eine gegenläufige Bewegung vorschalten kann, die abzubremesen ist. Durch das Abbremsen entsteht eine **Anfangskraft**, die ausgenutzt werden kann, wenn nach dem Abbremsen ohne Zeitverzögerung in die eigentliche Streckbewegung übergegangen wird.

Am Beispiel des **Counter-Movement-Jumps (CMJ)** soll das Prinzip der Anfangskraft erläutert werden. Der CMJ ist ein beidbeiniger Absprung in die Höhe, bei dem eine Gegenbewegung als Auftaktbewegung der eigentlichen Absprungbewegung vorgeschaltet wird. Beim CMJ senkt der Sportler aus dem Stand heraus seinen Körperschwerpunkt, indem er Sprung-, Knie- und Hüftgelenke beugt (Ausholbewegung der Beine). Das Tiefgehen wird abgebremst und der Sportler springt ohne Armeinsatz (die Hände befinden sich auf dem Rücken) senkrecht nach oben. Mithilfe des Kraft-Zeit-Verlaufs kann der Kraftstoß als Fläche zwischen der Kraft-Zeit-Kurve und der Gewichtslinie ( $y = F_G$ ) ermittelt werden. Je größer der Flächeninhalt ist, desto größer ist der Kraftstoß bzw. die Absprunggeschwindigkeit. Abb. 2.13 zeigt den Kraft-Zeit-Verlauf beim CMJ.

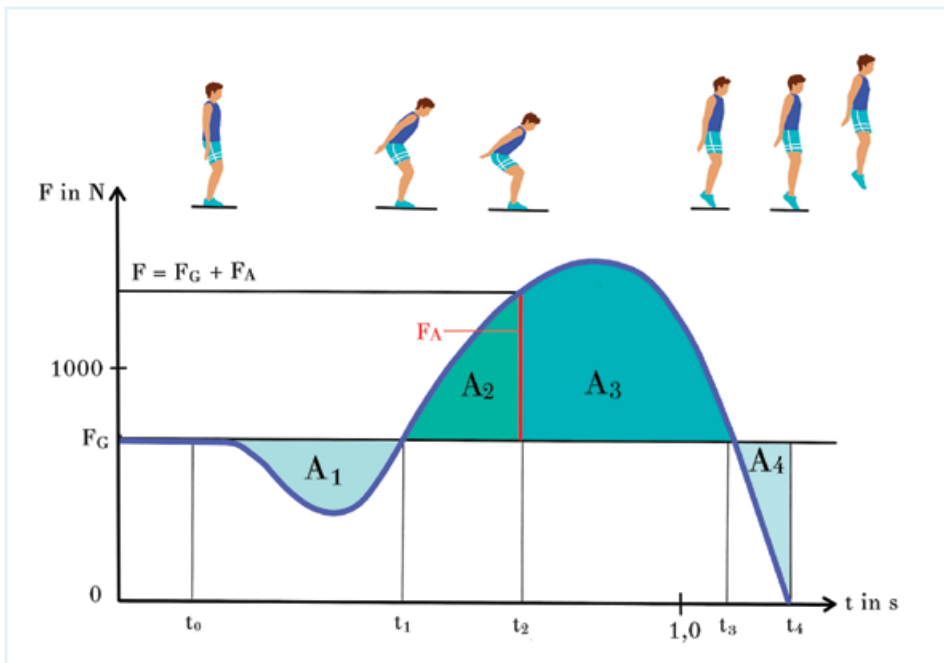


Abb. 2.13: Kraft-Zeit-Kurve beim Counter-Movement-Jump: Durch das Tiefgehen wird zunächst ein nach unten gerichteter Abwärtskraftstoß  $A_1$  erzeugt. Das Tiefgehen wird anschließend abgebremst und es entsteht ein nach oben gerichteter Bremskraftstoß  $A_2$ , der betragsmäßig die Größe von  $A_1$  hat. Der zum Zeitpunkt  $t_2$  über der Gewichtskraft  $F_G$  liegende Teil der Bodenreaktionskraft erzeugt eine Vorspannung und eine damit verbundene Anfangskraft  $F_A$ . Die Höhe der Anfangskraft  $F_A$  unterstützt bei fließendem Übergang von der Beuge- zur Streckbewegung den nachfolgenden Aufwärtskraftstoß  $A_3$ .  $A_3$  ist der eigentliche Absprungkraftstoß. Er liefert den für die Aufwärtsbewegung verantwortlichen Bewegungsimpuls. Der Bremskraftstoß  $A_4$ , der entsteht, wenn kurz vor dem Absprung zwischen  $t_3$  und  $t_4$  die Bodenreaktionskraft geringer als die Gewichtskraft ist, stellt den ersten Teil des Bremskraftstoßes dar. Er führt bereits vor dem Verlassen des Bodens zu einer Verminderung der Aufwärtsbewegung (modifiziert nach Göhner, 2017, S. 65-66).

Bis zum Zeitpunkt  $t_0$  steht der Sportler zunächst in Ruhe auf der Kraftmessplatte. Die Kurve entspricht der Gewichtslinie ( $y = F_G$ ).

Der Sportler beginnt **ab dem Zeitpunkt  $t_0$**  mit der Abwärtsbewegung. Es kommt durch die Senkung des Körperschwerpunkts zu einer Entlastung der Kraftmessplatte. Die Bodenreaktionskraft ist nun kleiner als die Gewichtskraft  $F_G$ . Die Differenzkraft zwischen Gewichtskraft  $F_G$  und Bodenreaktionskraft beschleunigt den Körper **bis zum Zeitpunkt  $t_1$**  nach unten. Es ergibt sich, bezogen auf die Gewichtskraft  $F_G$ , ein negativer **Abwärtskraftstoß  $A_1$** .

Ab dem Zeitpunkt  $t_1$  wird die Abwärtsbewegung abgebremst, sodass die Bodenreaktionskraft größer ist als die Gewichtskraft. Zum Zeitpunkt  $t_1$  ist die Abwärtsgeschwindigkeit daher maximal. Zum Zeitpunkt  $t_2$  ist die Abwärtsbewegung beendet. Es entsteht, bezogen auf die Gewichtskraft  $F_G$ , ein positiver **Bremskraftstoß**  $A_2$ , der, sobald der tiefste Punkt erreicht wurde, betragsmäßig genauso groß ist wie der negative Kraftstoß  $A_1$ . Der über der Gewichtskraft liegende Anteil der Bodenreaktionskraft wird als positive **Anfangskraft**  $F_A$  bezeichnet.

Bei guter Bewegungsausführung und einem fließenden Übergang von der Auftakt- zur Streckbewegung steigt die Kraft-Zeit-Kurve **ab dem Zeitpunkt**  $t_3$  weiter an, was zu einer größeren Absprunggeschwindigkeit, verbunden mit einer größeren Sprunghöhe, führt. Die Fläche  $A_3$ , welche die Kraft-Zeit-Kurve, die Vertikale von  $t_2$  und die Gerade  $y = F_G$  (Gewichtslinie) einschließt, entspricht dem **Aufwärtskraftstoß**  $A_3$  der Bewegung. Zum Zeitpunkt  $t_3$  liegt die größte Aufwärtsgeschwindigkeit vor.

Im Zeitraum  $t_3$  bis  $t_4$  reicht die Bodenreaktionskraft nicht mehr für eine weitere Aufwärtsbeschleunigung aus. Ab dem Zeitpunkt  $t_3$  wird die Aufwärtsbewegung bereits abgebremst, sodass die Bodenreaktionskraft kleiner als die Gewichtskraft ist (**Bremskraftstoß der Aufwärtsbewegung**  $A_4$ ), ein freier Flug liegt aber noch nicht vor. Das Ende der Sprungbewegung ist durch das Verlassen der Messplatte zum Zeitpunkt  $t_4$  gekennzeichnet. Die Flughöhe wird daher exakt durch den Kraftstoß bestimmt, welcher der Differenz  $A_3 - A_4$  entspricht.

**Fassen wir zusammen:**

- Der Verlauf der senkrecht nach oben führenden Bodenreaktionskraft bestimmt mit der Gewichtslinie zusammen vier für den Absprung wichtige charakteristische Kraftstöße. Sie sind durch die Flächen  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  und  $A_4$  repräsentiert.  $A_1$  ist der für die Abwärtsbewegung verantwortliche Kraftstoß (**Abwärtskraftstoß**).  $A_2$  ist der für das Abbremsen der Abwärtsbewegung benötigte **Bremskraftstoß**. Es gilt immer  $A_1 = A_2$ .  $A_3$  ist der eigentliche **Aufwärtskraftstoß**. Er liefert den für die Aufwärtsbewegung verantwortlichen Bewegungsimpuls.  $A_4$  ist der erste Teil des **Bremskraftstoßes** dieser **Aufwärtsbewegung**. Er führt bereits vor dem Verlassen des Bodens zu einer Verminderung der Aufwärtsgeschwindigkeit. Daher entspricht die Differenz  $A_3 - A_4$  dem exakten Kraftstoß, der eine bestimmte Flughöhe zur Folge hat.

Ohne Auftaktbewegung der Beine wäre die Anfangskraft  $F_A$  null. Es würde in diesem Fall keine zusätzliche Unterstützung der Absprunggeschwindigkeit und eine damit verbundene größere Sprunghöhe stattfinden. Einen Streck sprung ohne Auftaktbewegung nennt man **Squat-Jump (SJ)**. Abb. 2.14 stellt die Kraft-Zeit-Kurven des CMJ und SJ im Vergleich dar.

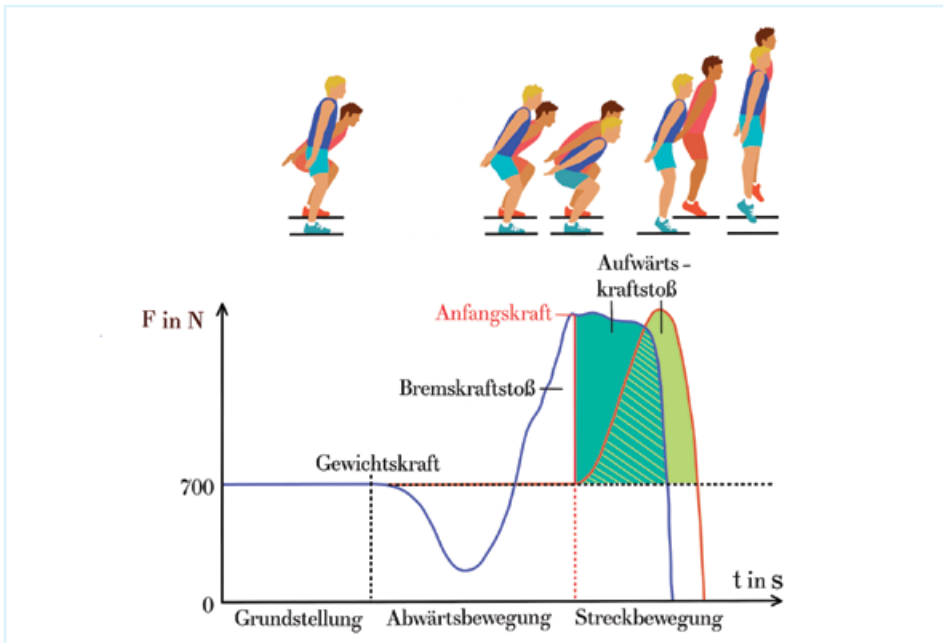


Abb. 2.14: Die positive Kraftstoßbilanz ist beim CMJ aufgrund des Bremskraftstoßes deutlich höher als beim SJ, bei dem ohne Auftaktbewegung der Beine abgesprungen wird.

Es gilt folgender **Merksatz**:

- Ein Streck sprung mit optimaler Auftaktbewegung der Beine erzielt eine bessere Sprunghöhe als ein Streck sprung ohne Auftaktbewegung.

Für die optimale Ausführung eines CMJ soll der Sportler zwar eine große Anfangskraft entwickeln. Er soll jedoch nicht schon beim Abbremsen, sondern erst in der Absprunghase sein Kraftmaximum erreichen. Die Größe der Anfangskraft ist für jeden Sportler optimal zu gestalten, nicht maximal. Ob die Gegenbewegung, das Beugen, sehr weit oder weniger weit ausgeführt wird, ist von der Leistungsfähigkeit des Sportlers abhängig.

Das Prinzip der Anfangskraft kann **physiologisch** durch den folgenden Mechanismus beschrieben werden: Durch das Abbremsen der Auftaktbewegung wird die Arbeitsmuskulatur abrupt vorgedehnt. Einerseits wird durch die Dehnung der elastischen Komponenten von Muskeln und Sehnen kinetische Energie gespeichert, die den nachfolgenden Aufwärtskraftstoß vergrößert. Andererseits wird durch die plötzliche Dehnung des Arbeitsmuskels über die Muskelspindeln der Muskeldehnungsreflex ausgelöst, der in der Folge zu einer zusätzlichen Innervation ansonsten nicht aktiver Muskelfasern der Arbeitsmuskulatur und einer damit verbundenen, schnelleren Kraftentwicklung bei anschließender Kontraktion führt (vgl. Kap. 3.2 und Kap. 15.2).

**Beachten Sie:** Kommt es beim CMJ zu keiner fließenden Bewegungsumkehr von Beugen und Strecken der Beine, „verpufft“ die erzeugte Anfangskraft und der erzeugte Absprungstoß fällt deutlich niedriger aus. Denn bleibt der Springer beim CMJ in der Hockstellung stehen, macht er in Wirklichkeit keinen CMJ, sondern ein Tiefgehen und danach einen SJ (vgl. Aufgabe 21 und Abb. 2.36).

Das Prinzip der Anfangskraft ist nicht nur auf Absprungbewegungen beschränkt. Es gilt z. B. auch bei Wurf- und Stoßbewegungen. Beim Speerwerfen aus dem Stand unterstützt das Zurücknehmen des Speers mit der fließenden Bewegungsumkehr das Erreichen einer maximalen Endgeschwindigkeit beim Abwerfen. Beachten Sie aber, dass beim Speerwerfen aus dem Lauf eine bewusste Wurfverzögerung ohne fließenden Übergang erfolgt, um Kraftimpulse der unteren Extremitäten auf die oberen Extremitäten übertragen zu können (vgl. Prinzip der zeitlichen und räumlichen Koordination von Einzelimpulsen bzw. Go-and-Stop-Prinzip).

## 12 Schon fit?

- Unterschiedliche Verläufe der Kraft-Zeit-Kurven von CMJs können zu gleichen Flughöhen führen. **Erklären** Sie diese Aussage.
- Begründen** Sie, weshalb Kraft-Zeit-Kurven mit größeren Maximalkraftwerten (größeren Kraftspitzen) nicht notwendig zu größeren Sprunghöhen führen.
- Beurteilen** Sie, ob sich eine (unterstützende) Armbewegung auf den Verlauf der Kraft-Zeit-Kurve auswirkt.
- Bewerten** Sie die beiden Sprünge, deren Kraft-Zeit-Verlauf in der folgenden Abb. 2.15 dargestellt ist.

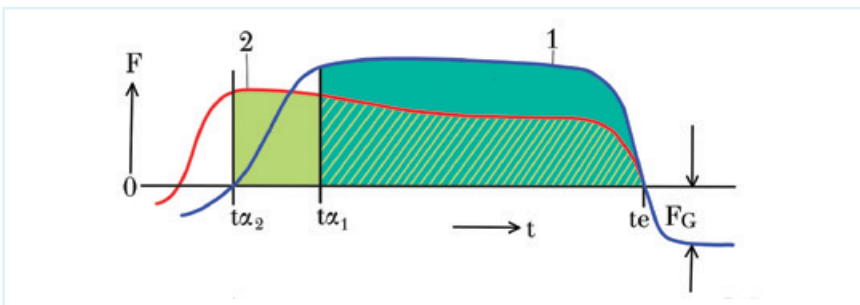


Abb. 2.15: Kraft-Zeit-Verlauf von zwei CMJs mit stärkerer (2) und weniger starker Ausholbewegung (1). Dabei sind  $t_{\alpha_1}$  und  $t_{\alpha_2}$  die Startzeitpunkte der jeweiligen Streckbewegungen und  $t_e$  das Ende der Aufwärtsbewegung kurz vor dem Abheben vom Boden.