

# DIPLOMA

Private staatlich anerkannte Hochschule  
University of Applied Sciences

diploma.de

Spitmann / Egner

## Biomechanik und Zusammenführung der PT-Techniken

Studienheft Nr. 1048  
1. Auflage 06/2022

## **Verfasser**

### **Martin Spitmann**

stellv. Schulleiter Fachbereich Physiotherapie der Berufsfachschule für Physiotherapie an den Bernd-Blindow-Schulen Bückeburg

### **Prof. Dr. Christoph Egner (Dipl.- Physiotherapeut)**

Studiendekan der Studiengänge Medizinalfachberufe (Bachelor und Master) und Bachelor Physiotherapie an der DIPLOMA Hochschule

Leseprobe

© by DIPLOMA Private Hochschulgesellschaft mbH

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung und des Nachdrucks, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

### **DIPLOMA Hochschule**

University of Applied Sciences

Am Hegeberg 2

37242 Bad Sooden-Allendorf

Tel. +49 (0) 56 52 58 77 70, Fax +49 (0) 56 52 58 77 729

Inhaltsverzeichnis	Seite
<i>Glossar</i>	7
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	9
<b>1 Einleitung</b>	<b>10</b>
<b>2 Biomechanische Grundlagen</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Anwendungsbereiche der Biomechanik</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Physikalische Grundlagen</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Bewegungsanalyse</b>	<b>16</b>
2.3.1 Geometrische Bewegungsformen	17
2.3.2 Zeitliche Bewegungsarten	18
<b>2.4 Gleichgewicht</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Biomechanische Betrachtung in Bezug auf den menschlichen Körper</b>	<b>20</b>
<b>2.6 Biomechanische Anwendung auf den menschlichen Körper</b>	<b>21</b>
<b>3 Biomechanik der Gewebeformen</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Biomechanische Grundlagen des Bindegewebes</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Aufbau des Bindegewebes</b>	<b>24</b>
3.2.1 Typen von Bindegewebsfasern	25
3.2.2 Mechanische Überlastung des Bindegewebes	25
3.2.3 Mechanische Unterbelastung des Bindegewebes	27
<b>3.3 Biomechanische Grundlagen des Knorpels</b>	<b>28</b>
3.3.1 Mechanische Eigenschaften des hyalinen Knorpels	29
3.3.2 Mechanische Überlastung des hyalinen Knorpels	29
3.3.3 Mechanische Unterbelastung des hyalinen Knorpels	30
<b>3.4 Biomechanische Grundlagen der Bandscheibe</b>	<b>31</b>
3.4.1 Mechanische Überlastung der Bandscheiben	32
3.4.2 Mechanische Unterbelastung der Bandscheiben	32
<b>3.5 Biomechanische Grundlagen der Muskulatur</b>	<b>32</b>
<b>3.6 Aufbau eines Skelettmuskels</b>	<b>33</b>
<b>3.7 Mechanische Eigenschaften der Muskulatur</b>	<b>36</b>
3.7.1 Kontraktion	36
3.7.2 Dehnung	37
3.7.3 Elastizität	38
3.7.4 Arbeitsweisen der Muskulatur	39
3.7.5 Funktionsumkehr	39
3.7.6 Verschaltung in der Muskulatur	40
<b>4 Biomechanik größerer Systeme</b>	<b>42</b>
<b>4.1 Biomechanische Grundlagen des Nervensystems</b>	<b>42</b>
4.1.1 Aufbau des Nervensystems	42
4.1.2 Mechanische Überlastung des Nervengewebes	45
4.1.3 Mechanische Unterbelastung des Nervengewebes	46
<b>4.2 Biomechanische Grundlagen des kardiopulmonalen Systems</b>	<b>47</b>
4.2.1 Biomechanik des kardiopulmonalen Systems	47
4.2.2 Mechanische Eigenschaften in Bezug auf den Blutdruck	48

## Biomechanik und Zusammenführung der PT-Techniken

4.2.3	Über- und Unterbelastung des kardiopulmonalen Systems	50
<b>5</b>	<b>Biomechanische Zusammenhänge im menschlichen Körper</b>	<b>52</b>
<b>5.1</b>	<b>Biomechanik von Gelenken</b>	<b>52</b>
5.1.1	Arthrokinematik	53
5.1.2	Gelenkstabilität	54
<b>5.2</b>	<b>Biomechanik von Sehnen und Gelenken im Zusammenhang</b>	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>Analyse ausgewählter physiotherapeutischer Behandlungstechniken auf Grundlage biomechanischer Gegebenheiten</b>	<b>57</b>
<b>6.1</b>	<b>Funktionelle Rückenschule</b>	<b>57</b>
<b>6.2</b>	<b>Muskuläre Kontraktion</b>	<b>57</b>
<b>6.3</b>	<b>Elastische Bänder</b>	<b>58</b>
<b>6.4</b>	<b>Manuelle Therapie</b>	<b>58</b>
<b>6.5</b>	<b>Freifunktionelles Training</b>	<b>59</b>
<b>7</b>	<b>Biomechanik in der hilfsmittelbasierten/gerätespezifischen Physiotherapiebehandlung</b>	<b>61</b>
<b>8</b>	<b>Kinetik in der Therapie</b>	<b>62</b>
<b>8.1</b>	<b>Der menschliche Körper in seiner kinematischen Kettenfunktion</b>	<b>62</b>
8.1.1	Offene kinematische Kette	62
8.1.2	Geschlossene kinematische Kette	63
<b>8.2</b>	<b>Kinematisches Gehen</b>	<b>63</b>
<b>Lösungen der Übungsaufgaben</b>	<b>LÖ</b>	<b>65</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>70</b>

# Biomechanik und Zusammenführung der PT-Techniken

## Glossar

<b>Arthrokinematik</b>	Bewegung der Gelenkflächen zueinander
<b>Chondrozyten</b>	knorpelbildende Zellen
<b>Diffusion</b>	Durchmischung von Stoffen
<b>Epiglottis</b>	Kehldeckel
<b>Gallert</b>	Masse, die aus eingedicktem Saft (z.B. Kollagen) besteht, einen gelartigen Zustand aufweist und viskoelastische Eigenschaften besitzt
<b>Gewichtskraft</b>	ortsabhängige Kraft auf einen Körper durch die Wirkung der Schwerkraft
<b>Herzschlagvolumen</b>	Blutvolumen, das bei einem Herzschlag aus dem linken Herzen ausgeworfen wird
<b>holistisch</b>	ganzheitlich
<b>hyaliner Knorpel</b>	Gelenkknorpel
<b>Hypomochlion</b>	Widerlager eines Hebels
<b>Körperschwerpunkt</b>	Massenmittelpunkt eines Körpers
<b>Kraftangriffspunkt</b>	Bereich, an dem eine Kraft ansetzt und wirkt
<b>Latenzperiode</b>	der Moment, in dem der Muskel nicht erneut kontrahieren kann
<b>Mechanotransduktion</b>	Umwandlung von physikalischen Signalen in molekulare Prozesse
<b>Motoneuron</b>	Nervenzellen, die die Skelettmuskulatur innervieren
<b>motorische Endplatte</b>	reizübertragende Verbindung von Nervenfasern zu Muskel
<b>Osteokinematik</b>	Bewegung des Knochens im Raum
<b>Schwerelinie</b>	gedachte Verbindungslinie, die die einwirkende Schwerkraft durch den Körperschwerpunkt mit dem Erdmittelpunkt verbindet
<b>somatosensorisch</b>	Körperwahrnehmung aus Muskeln, Gelenken, Haut und Organen
<b>subchondral</b>	unter dem Knorpel liegend
<b>Synovialflüssigkeit</b>	Gelenkflüssigkeit
<b>Teilschwerpunkt</b>	Schwerpunkt eines Teilbereichs eines gesamten Körpers
<b>Tetanus</b>	Dauerkontraktion eines Muskels

## Biomechanik und Zusammenführung der PT-Techniken

<b>Unterstützungsfläche</b>	die von den Auflagepunkten eingerahmte Fläche
<b>Vasodilatation</b>	Gefäßweiterung
<b>Vasokonstriktion</b>	Gefäßverengung
<b>vestibulär</b>	das Gleichgewichtsorgan betreffend
<b>Viskosität</b>	Zustand der Zähflüssigkeit
<b>viskoelastisch</b>	Vereinigung von festem und flüssigem Zustand
<b>visuell</b>	das Sehen betreffend

Leseprobe

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Cover des Buches von Hüter-Becker und Dölken	10
Abb. 2: Teilbereiche der Mechanik	13
Abb. 3: Geometrische Bewegungsformen mit Bezug zum Körperschwerpunkt	18
Abb. 4: Gleichgewichtsarten	20
Abb. 5: Kollagenfasertypen	25
Abb. 6: Wundheilungsphasen	26
Abb. 7: schematischer Aufbau des hyalinen Knorpels	29
Abb. 8: Stufenbildung nach intraartikulärer Fraktur	30
Abb. 9: Faserung von verletztem Knorpel	30
Abb. 10: Kreuzender Verlauf des Anulus fibrosus	31
Abb. 11: Aufbau eines Skelettmuskels	34
Abb. 12: Muskelspindel und Golgi-Sehnenorgan	35
Abb. 13: Bindegewebsschichten einer Nervenfasern	43
Abb. 14: Aufbau eines Neurons	43
Abb. 15: Rückenmarkshäute	44
Abb. 16: Ansammlung von Faszikeln	45
Abb. 17: Zusammenhang Belastung und Belastbarkeit	50
Abb. 18: Rollen im Gelenk	53
Abb. 19: Parameter der Gelenkstabilität	54
Abb. 20: Wirkungslinie der Schultermuskulatur	56
Abb. 21: Zusammenspiel von Patella und M. quadriceps femoris	56
Abb. 22: Biomechanik bei Dorsalextension und Plantarflexion	59

## 1 Einleitung

Die Ausführungen dieses Studienheftes orientieren sich an unterschiedlichsten Werken, um die Biomechanik unter möglichst vielen Gesichtspunkten mit der Physiotherapie sowie den PT-Techniken zu verknüpfen. Dafür werden neben den klassischen Anatomie- und Physiologiebüchern auch spezielle Werke über physiotherapeutische Techniken sowie über die Biomechanik im Sport verwendet.

Ein großer Anteil dieses Studienheftes basiert auf der von Antje Hüter-Becker und Mechthild Dölken (2011) herausgegebenen Literatur mit dem Titel „Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre“. Dieses Werk ist prägnant, anschaulich und detailliert geschrieben, sodass die Inhalte einen guten Praxisbezug darstellen und für die biomechanische Betrachtungsweise sehr dienlich sind.

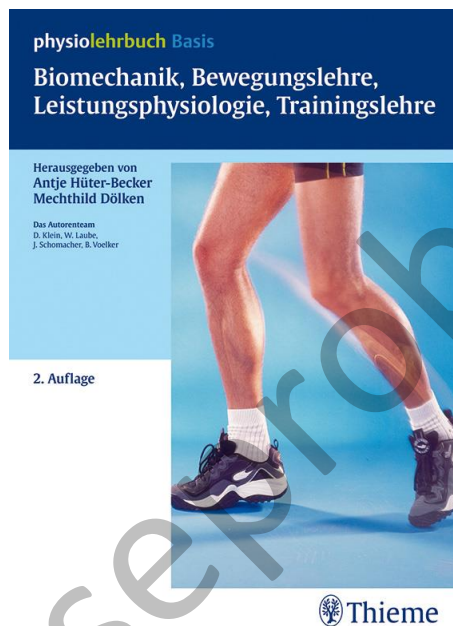


Abb. 1: Cover des Buches von Hüter-Becker und Dölken (2011)

Die Kernliteratur der einzelnen Kapitel ist im Vorfeld, zusammen mit den Lernzielen, aufgeführt. Einzelne dieser Werke sind im Online Campus in der Online-Bibliothek abrufbar. Loggen Sie sich dafür mit Ihrem persönlichen Account ein und rufen Sie die Werke in den jeweiligen Verlagen der Bibliothek auf.

In dem Ihnen vorliegenden Studienheft werden Lesehinweise sowie Unterstützungen in Form von Erklärungen und Aufgabenstellungen für das Erreichen der Lernziele gegeben. Die Lernziele der einzelnen Kapitel des vorliegenden Werkes sind jeweils vor Beginn des Abschnitts deutlich formuliert. Machen Sie sich vor der Bearbeitung des Begleitheftes dessen Lernziele bewusst und reflektieren Sie immer wieder das Erreichen eben dieser Lernziele.

Besonders wichtige und prägnante Aspekte werden in dem vorliegenden Werk deutlich hervorgehoben, sodass diese beim Lesen direkt auffallen und Ihnen bei dem Selbststudium mit diesem Heft verdeutlicht werden.

Die Funktion eines Studienheftes besteht darin, Ihnen Unterstützung für das Selbststudium zu geben. Die hier bearbeiteten Themen verstehen sich als elementares Wissen im Kontext der Biomechanik und im Zusammenhang mit physiotherapeutischen Techniken und Behandlungsverfahren. Sie sind so aufgebaut, dass Sie es ergänzend zu der Basisliteratur und Ihren Vorlesungen nutzen können, um



## Biomechanik und Zusammenführung der PT-Techniken

Themenkomplexe aufzuarbeiten bzw. zu vertiefen. Prüfen Sie Ihr Wissen anschließend mittels der Übungsaufgaben zur Selbstkontrolle.

Leseprobe

## 2 Biomechanische Grundlagen

### Lernziele:

Nach dem Studium dieses Kapitels und der Werke „*Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre*“ (2011) von Antje Hüter-Becker, Mechtild Dölken und Kollegen sowie „*Anatomie Physiologie für die Physiotherapie*“ (2016) von Christoff Zalpour sind Sie in der Lage,

- den Begriff Biomechanik in seine Unterteilungen zu gliedern,
- die Teilbereiche der Biomechanik zu differenzieren und zu erläutern,
- die Biomechanik in den unterschiedlichen Bereichen anzuwenden,
- die Bewegungsformen zu differenzieren und zu erläutern,
- die biomechanischen Aspekte auf den menschlichen Körper zu projizieren und diese mit alltäglichen Funktionen zu verknüpfen sowie
- bei Abweichung der Norm Verknüpfungen zu Störungen des menschlichen Körpers auf biomechanischer Ebene zu erkennen.

Zunächst lässt sich der Begriff Biomechanik in gleichberechtigte Unterpunkte gliedern. Bei der strukturellen Betrachtungsweise fallen das Wort „**Bio**“ sowie der Begriff „**Mechanik**“ auf.

**Definition Biologie:** „Wissenschaft von der belebten Natur und den Gesetzmäßigkeiten im Ablauf des Lebens von Pflanze, Tier und Mensch“  
(Duden Onlineredaktion, o. J.)

**Definition Mechanik:** „Wissenschaft von der Bewegung der Körper unter dem Einfluss äußerer Kräfte oder Wechselwirkungen“  
(Duden Onlineredaktion (o. J.)

Bei der zusammenhängenden Betrachtung von Biologie und Mechanik, also der Biomechanik, werden folglich die mechanischen Aspekte mit denen der Biologie in Einklang gebracht und somit die Wirkungsweisen der Physik auf die lebenden Systeme betrachtet. Genauer beschrieben untersucht und erläutert die Biomechanik die Ursachen von Bewegung und die Wirkungen von Kraft auf die Bewegung. Auch die menschlichen Bewegungen sind Resultate von eintreffenden und einwirkenden Kräften (vgl. Hüter-Becker, et al., 2011), sodass eine Betrachtung des menschlichen Systems unter biomechanischen Gesichtspunkten einen therapeutischen Mehrwert schafft. Daher sind die biomechanischen Aspekte wichtige Instrumente zur Optimierung von Bewegungsparametern sowie zur Einstufung der Belastbarkeit der Patientinnen und Patienten. Als Wissenschaftsdisziplin ist die biomechanische Betrachtung ebenso nützlich zur Beschreibung der räumlich-zeitlichen Bewegungen wie zur Suche nach den Ursachen für das Zustandekommen von Bewegung.

# Biomechanik und Zusammenführung der PT-Techniken

Zusammenfassend lässt sich die Biomechanik im Sinne der physiotherapeutischen Betrachtung folgendermaßen darstellen:

## Bio

biologische Grundlagen:

- Anatomie
- Biologie/Biochemie
- Physiologie

⇒ beinhaltet funktionell anatomische und neurophysiologische Gesichtspunkte

## Mechanik

mechanische Grundlagen:

- Physik (Teilbereich Mechanik)
- Mathematik

⇒ optimale Bewegungsabläufe müssen physikalische und mechanische Gesetze berücksichtigen

Zur weiteren Differenzierung wird die Mechanik in die Kinematik und Kinetik untergliedert. Dabei wird die Kinematik als die Lehre von möglichen Bewegungen beschrieben und als deskriptiv angesehen. Die Kinetik stellt den Zusammenhang zwischen Kraft und Bewegung her und wird in Statik und Dynamik unterteilt. Die Statik untersucht die Bedingungen, bei denen die Kräfte im Gleichgewicht sind und somit keine Bewegung entsteht. Die Dynamik beschreibt und definiert Bewegungen, die aufgrund einwirkender Kräfte auf die jeweiligen Körper entstehen. Sie wird daher als explanative Wissenschaft beschrieben (vgl. Wick, 2013).



Abb. 2: Teilbereiche der Mechanik, Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Hüter-Becker, Schewe & Heipertz 1999

**Definition Kinematik:** „Kinematik ist die Lehre von den Bewegungen; ohne Berücksichtigung von Masse und Kraft. Sie beschreibt nur die räumliche Bewegung in Abhängigkeit von der Zeit.“

(Hüter-Becker, Schewe & Heipertz, 1999, S. 8)

**Definition Kinetik:** „Kinetik ist die Lehre vom Zusammenhang zwischen Kraft und Bewegung (Kraft als Ursache der Bewegung oder des Gleichgewichts).“

(ebd.)

## Biomechanik und Zusammenführung der PT-Techniken

**Definition Statik:** „Statik untersucht die Bedingungen, unter denen die Kräfte miteinander im Gleichgewicht stehen (keine Bewegungsänderungen).“  
(ebd.)

**Definition Dynamik:** „Dynamik untersucht die von Kräften hervorgerufenen Bewegungen.“  
(ebd.)

Eine andere Betrachtungsweise der Teilbereiche der Biomechanik zielt auf die Teilbereiche der Biomechanik mit Bezug auf den menschlichen Körper. Nach Zalpour (2016) ergeben sich daraus die nachfolgend erläuterten Teilbereiche. Für eine detaillierte Beleuchtung der folgenden Inhalte wird das entsprechende Werk „Anatomie Physiologie für die Physiotherapie“ von Christoff Zalpour (2016) empfohlen:

### Anthropometrie

Die Anthropometrie bezieht sich auf Messverfahren, die den menschlichen Körper in Bezug auf Größen- und Gewichtsverhältnisse messen. In diesem Zusammenhang ist auch eine Berechnung bzw. Messung des Körperschwerpunktes Teil der Anthropometrie. Die Ermittlung des Schwerpunktes dient der Berechnung der Schwerkrafteinwirkung.

### Leistungsbiomechanik

In diesem Kontext werden die Strukturen und Funktionen von Gewebeformen und biologischen Systemen unter Leistungsbedingungen analysiert. Zu diesen Leistungsbedingungen zählen sportliche sowie körperliche Aktivitäten im Allgemeinen. Die Beanspruchung der jeweiligen Strukturen verändert sich unter diesen Bedingungen, was in der Leistungsbiomechanik betrachtet wird.

### funktionell-anatomische Biomechanik

In diesem Teilgebiet werden Zusammenhänge zwischen mechanischen Kräften und der funktionellen Anatomie beschrieben. Diesbezüglich wird z.B. untersucht, inwiefern die Zugrichtung eines Muskels wirkt und was für Kraftformen ausgelöst werden. Des Weiteren wird über die Gelenkform die Belastbarkeit für unterschiedliche Belastungsformen wie z.B. Druck- und Scherkräften angegeben.

### physiologische Biomechanik

In der physiologischen Biomechanik werden die mechanischen Prozesse im menschlichen Körper in Bezug auf die Funktionsweise von Strukturen und Gewebeformen untersucht. Exemplarisch zu erwähnen ist in diesem Bereich das Muskelgewebe, das im Sinne der Funktionsweise betrachtet wird. Dazu wird beispielsweise die Kontraktionsfähigkeit im Zusammenhang mit Reibungs- und Dehnungskräften untersucht. Mögliche Endergebnisse, die sich daraus ergeben, sind beispielsweise die optimale Vorspannung eines Muskels, in der die bestmögliche Kraft aufgebracht und entwickelt werden kann.

### systemorientierte Biomechanik

In diesem Teilgebiet wird der menschliche Körper in seinen Systemen beurteilt. Hierzu zählt beispielsweise das Muskel-Skelett-System, aus dem – betrachtet auf den gesamten Körper – größere und komplexere Funktionen formuliert werden. Beim Muskel-Skelett-System werden beispielsweise die Muskelketten der systemorientierten Biomechanik zugeordnet.

## 2.1 Anwendungsbereiche der Biomechanik

Zur therapeutischen Anwendung der Biomechanik ist im Vorfeld die Verdeutlichung der Anwendungsgebiete förderlich. Zu einem großen Teil finden die inhaltlichen Aspekte im therapeutischen Bereich im Sinne der kurativen bzw. rehabilitativen Behandlung Anwendung. Des Weiteren haben sie einen großen Stellenwert bei der Betrachtung und Einschätzung von Belastungen und Belastbarkeit. Dies ist für das physiotherapeutische Arbeiten von großer Bedeutung, da eine Dysbalance im Sinne der Belastung und Belastbarkeit bei vielen Pathologien einen großen Einfluss findet und oftmals eine entscheidende Ursache für eine Pathologie darstellt. Zur Analyse und Interpretation des Gesundheitszustands sind biomechanische Aspekte unterschiedlicher Gewebeformen aufschlussreich, beispielsweise im Sinne der funktionellen Anatomie und der Biomechanik. Ebenso werden diese Inhalte präventiv im Sinne der Ergonomie und der Arbeitsmedizin angewendet (vgl. Zalpour, 2016).

Das Anwendungsfeld erstreckt sich folglich über weit mehr als reine mechanische Gesetzgebungen und das Einwirken physikalischer Kräfte und sollte daher als therapeutisches Tool immer wieder in den zuvor beschriebenen Bereichen Anwendung finden, um die eigenen Maßnahmen im Sinne der Untersuchung und Behandlung adäquat nachvollziehen und auch reflektieren zu können.

Im therapeutischen Sinn fließt die Biomechanik in vielerlei Hinsicht in die Therapie mit ein. Einen großen Anteil stellen die Befunderhebung sowie die Analyse des aktuellen Zustandes der zu behandelnden Person dar. Mithilfe der Biomechanik werden Bewegungen auf Belastung hin untersucht und die Mechanik von Gelenken beurteilt. Um eben diese Belastungsstufen auch im Rahmen der Teilbelastung konkret berechnen und definieren zu können, dient die Biomechanik in Form von Rechenparametern der Ermittlung solcher Belastungsstufen, um positiv im Sinne der Wundheilung zu belasten. Dies stellt den zweiten, großen Teil des therapeutischen Bezugs zur Biomechanik dar (vgl. Koller, 2017).

## 2.2 Physikalische Grundlagen

Zur Analyse und Berechnung von einwirkenden Kräften sind entsprechende Größen und Maßeinheiten essenziell. Dazu gehören Grundgrößen und Grundeinheiten, die auch Basisgrößen und Basiseinheiten genannt werden, die standardisiert verwendet und dokumentiert werden. Dazu zählen beispielsweise die folgenden Basisgrößen:

- Länge = s
- Zeit = t
- Masse = m
- Drehmoment = M
- Gewichtskraft = G
- Kraft = F

mit den zugehörigen exemplarischen Basiseinheiten:

- Meter = [m]
- Sekunde = [s]
- Kilogramm = [kg]
- Newtonmeter = [Nm]
- Newton = [N]

Bei gleichem Formelzeichen (z. B. s bei Länge und Sekunde) dienen die eckigen Klammern zur klaren Zuordnung zu einer Einheit.

## Biomechanik und Zusammenführung der PT-Techniken

Aus der Kombination von Basisgrößen und Basiseinheiten lassen sich nun die abgeleiteten Größen mittels einer definierten Formel berechnen und in den entsprechenden Einheiten darstellen. So lässt sich die Geschwindigkeit ( $v$ ) mit der Formel  $v = s/t$  berechnen und in [m/s] wiedergeben. Weitere exemplarische Größen, Einheiten und Berechnungen können in der Literatur „Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie und Trainingslehre“ von Hüter-Becker und Kollegen (2011) in dem Kapitel „*Physikalische, mechanische und mathematische Grundlagen*“ nachgelesen und vertieft studiert werden.

Nun fällt in der mechanischen Sichtweise sehr häufig der Begriff des Messens. Konkreter formuliert bedeutet das Messen von physikalischen Größen, dass die tatsächliche Messgröße mit der jeweiligen Messeinheit verglichen und anschließend in Messwerten dargestellt wird.

**Merke:**            **Messen heißt vergleichen!**  
(Hüter-Becker et al., 2011, S. 9)

Um nun die Messwerte übersichtlich darzustellen, eignen sich Koordinatensysteme in unterschiedlicher Form. Dazu zählen die rechtwinkligen Koordinatensysteme, die kartesischen und die Polarkoordinatensysteme.

Im Rahmen der Ganganalyse werden die Kraftangriffspunkte gemessen und in einem rechtwinkligen Koordinatensystem präsentiert. Zur Bewertung gilt, dass die Geschwindigkeit der Bewegung umso geringer ist, je kürzer die Abstände der Messpunkte zueinander sind. Je größer die Abstände zueinander sind, desto größer ist auch die Geschwindigkeit (vgl. Hüter-Becker et al., 2011).

Anhand solcher Darstellungen lässt sich beispielsweise der Ablauf einer Standbeinphase analysieren. Dabei besteht die Möglichkeit zu überprüfen, ob der Übergang von Standbein- zu Spielbeinphase im Seitenvergleich gleichmäßig und physiologisch ist. Diese eventuell auftretenden Unterschiede würden sich mit hoher Wahrscheinlichkeit mit bloßem Auge nicht erkennen lassen.

Die Darstellung der Hebelgesetze ist ein weiterer Aspekt der physikalischen Grundlagen. Diese Inhalte werden im Grunde in nahezu jeder Literatur, die das Thema der Biomechanik aufgreift, dargestellt. Eine sehr gut zu verstehende und visualisierte Veranschaulichung mit Praxisbezug bieten die Werke von Zalpour (2016), Wappelhorst, Kittelmann und Röbbelen (2006) sowie von Hüter-Becker und Kollegen (2011).

### 2.3 Bewegungsanalyse

Die Bewegung stellt die Veränderung eines Körpers in zeitlich und örtlicher Abhängigkeit dar (vgl. Hüter-Becker et al., 2011). Diese Veränderungen sind aber lediglich unter Bezugnahme eines weiteren Körpers erkennbar. Regulär ist zu beachten, dass Bewegungen und Geschwindigkeiten sich unterschiedlich intensiv anfühlen, je nachdem, mit welchem weiteren Körper sie in Zusammenhang gebracht werden. Dieser Gedanke ist therapeutisch relevant, denn eine Bewegung oder auch eine Haltung kann z.B. schief aussehen, wenn der Bezugskörper schief ist und dadurch ein solches Empfinden illusioniert.

Bewegungen können unter geometrischen und zeitlichen Gesichtspunkten beleuchtet und unterschiedlich dargestellt werden.

### 2.3.1 Geometrische Bewegungsformen

Bei der geometrischen Darstellung werden die Translation und Rotation beschrieben. Die Translation stellt dabei eine geradlinige Bewegung dar, während die Rotation als eine Drehbewegung anzusehen ist. Die komplexen menschlichen Bewegungen lassen sich dabei kaum in isolierte Bewegungen unterteilen, sodass in den meisten Fällen eine Kombination aus Translation und Rotation entsteht. Dies erfolgt durch eine Kombination von Bewegungen in mehreren Gelenken. Die meisten Muskelkontraktionen würden bei isolierter Anspannung eine Rotationsbewegung im Gelenk auslösen. Erst wenn mehrere Muskeln zusammenhängend kontrahieren und somit zusammenhängende Bewegungen in mehreren Gelenken auslösen, kann sich der menschliche Körper geradlinig bewegen, beispielsweise auf dem Erdboden (vgl. Wick, 2013).

**Definition Translation:** „Bei der Translation bewegt sich ein Körper auf einer geraden Linie oder auf einer beliebig gekrümmten Kurve im Raum. Dabei dreht sich der Körper selbst nicht. Alle seine Massepunkte bewegen sich auf parallelen Geraden (lineare Bewegung).“  
(Hüter-Becker et al., 1999, S. 22)

**Definition Rotation:** „Bei der Rotation dreht sich ein Körper um eine Achse oder einen Mittelpunkt. Dabei kann der Drehpunkt innerhalb oder außerhalb des Körpers liegen. Alle Massepunkte eines Körpers bewegen sich auf konzentrischen Kreisen (anguläre Bewegung).“  
(ebd.)

Ob sich ein Körper nun rotatorisch oder translatorisch bewegt, hängt von der Kraftwirkungslinie und dem Körperschwerpunkt ab. Wenn die Kraftwirkungslinie direkt in den Körperschwerpunkt trifft, wird sich der jeweilige Körper translatorisch bewegen. Dies ist in Abbildung 3 bei Pfeil 1 ersichtlich. Trifft die Kraftwirkungslinie jedoch außerhalb des Körperschwerpunktes ein, so wie in Abbildung 3 Pfeil 2 dargestellt, wird sich der Körper rotatorisch bewegen (vgl. Wick, 2013).

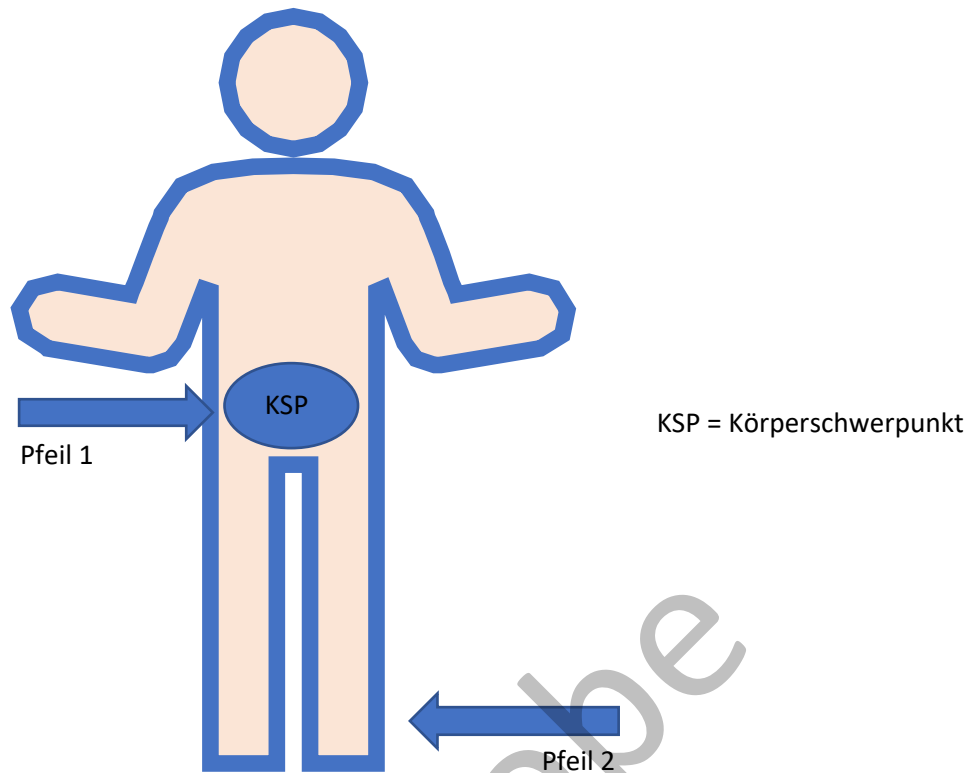


Abb. 3: Geometrische Bewegungsformen mit Bezug zum Körperschwerpunkt,  
Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Wick 2013, S. 41

Neben der Rotation und Translation werden zusätzlich noch die Bewegungen der Osteokinematik und Arthrokinematik unterschieden. Aufgrund des engen Bezugs zu den Gelenken werden diese Inhalte in dem dazugehörigen Kapitel 5.1 erläutert.

## 2.3.2 Zeitliche Bewegungsarten

Unter zeitlicher Betrachtung werden die Bewegungen in gleichförmige und ungleichförmige Bewegungen unterteilt. Die gleichförmigen Bewegungen weisen eine konstante Bewegungsgeschwindigkeit auf, die nicht verändert wird. Die ungleichförmigen Bewegungen weisen als Charaktereigenschaft die Veränderung von Geschwindigkeit in einem positiven Sinn (also eine Beschleunigung) und in einem negativen Sinn (also eine Abbremsung bzw. Verzögerung) auf.

Die Beschleunigung bzw. Verzögerung kann dann weiter in die gleichmäßig bzw. ungleichmäßig beschleunigte oder verzögerte Bewegung untergliedert werden. Bei der gleichmäßigen Beschleunigung/Verzögerung ist diese durchgehend konstant, während die ungleichmäßige Beschleunigung/Verzögerung variabel ist.

## 2.4 Gleichgewicht

Das Gleichgewicht eines Menschen ist in der Physiotherapie durchaus ein wesentlicher Aspekt im Rahmen der Therapie. Besonders bei neurologischen Pathologien, bei denen durch zentrale Störungen das Gleichgewicht nicht mehr oder nur bedingt gehalten werden kann, aber auch in anderen Fachbereichen, in denen durch motorische Entwicklungsrückstände (z. B. durch muskuläre Defizite) die Funktion zum Halten des Gleichgewichts eingeschränkt ist.



## Biomechanik und Zusammenführung der PT-Techniken

Für den Alltag ist das Gleichgewicht von immenser Bedeutung, weil durch das Freibleiben der Arme in aufgerichteter Position deutlich komplexere, größere und zusammenhängende Bewegungen ermöglicht werden. Die Menschen erhalten durch das Gleichgewicht in Bezug auf die Schwerkraft und die Unterstützungsfläche also Stabilität und Aktivität im täglichen Leben. Die vermeintlich einfache Assoziation, dass man mit einem adäquaten Gleichgewicht einfach *nicht hinfällt*, ist in dem eigentlichen Kontrollprozess tatsächlich doch sehr komplex. Insgesamt verleiht das Gleichgewicht den Menschen Harmonie und Sicherheit in Bezug auf das äußere Umfeld und stellt daher auch eine Grundlage für das motorische System und für die Bewegungen im Allgemeinen dar.

Bei einer Störung des Gleichgewichts sind die Menschen in ihrer Funktionsfähigkeit deutlich eingeschränkt, was neben sozialen Einschränkungen auch deutliche mechanische Belastungsveränderungen der Gewebeformen miteinschließt. In der Formulierung und Beschreibung des Gleichgewichts wird häufig der Begriff der posturalen Kontrolle synonym verwendet, manchmal jedoch auch als Teil des Gleichgewichts angesehen. Im Wesentlichen arbeitet das zentrale Nervensystem zum Erhalt des Gleichgewichts mit den sensomotorischen und muskuloskelettalen Systemen zusammen, um die durch Bewegung ausgelöste Verschiebung des Körperschwerpunktes zu regulieren und diese innerhalb der Unterstützungsfläche zu halten (vgl. Bassoe Gjelsvik & Syre, 2017). Dabei erhält es stetig visuelle, vestibuläre und somatosensorische Reize. Je nach Situation haben diese Reize eine unterschiedliche Dominanz abhängig von den Anforderungen in der jeweiligen Situation. So lässt sich trotz Ausschalten des visuellen Systems in vielen Situationen das Gleichgewicht aufrechterhalten (vgl. Verra & Oesch, 2019).

Bei der mechanischen Betrachtungsweise des Gleichgewichts werden die unterschiedlichen Gleichgewichtsarten sowie die mechanischen Bedingungen für den Erhalt des Gleichgewichts kommuniziert. So herrscht dann ein Gleichgewicht in dem jeweiligen Körper – wobei hier nicht ausschließlich der menschliche Körper gemeint ist –, „wenn die Summe aller Kräfte und Momente gleich null ist“ (Hüter-Becker et al., 2011, S. 45). Zur Erläuterung dieser Gleichgewichtsarten sind im Vorfeld Begriffsklärungen notwendig, die essenziell im Bereich des mechanischen Gleichgewichts sind. Dazu gehören der Schwerpunkt, die Schwerelinie sowie die Unterstützungsfläche.

Der *Schwerpunkt* wird auch als Massenmittelpunkt bezeichnet und beschreibt den Bereich des Körpers, in dem sich alle Massen und Gewichte vereinigen. Dieser kann innerhalb und außerhalb eines Körpers liegen. Bei Bewegungen, wie es z.B. im menschlichen Körper stetig der Fall ist, verschiebt sich der Schwerpunkt innerhalb oder außerhalb des Körpers. Je größer die Bewegung ausfällt, desto größer die entsprechende Reaktion des Schwerpunktes. Beim menschlichen Körper ist der Schwerpunkt dauerhaft in Bewegung, da bereits die Pulsation in den Blutgefäßen oder auch die Bewegung der Lunge beim Atmen eine Verschiebung des Körperschwerpunktes auslöst. Der Schwerpunkt ist im Prinzip ein fiktiver Punkt, der der Ermittlung der einwirkenden Kräfte dient.

Die Verbindung des Körperschwerpunktes zum Erdmittelpunkt erfolgt dabei über die *Schwerelinie*. Sie wird als Wirkungslinie der resultierenden Kräfte bezeichnet und zeigt auf, wohin eben diese resultierenden Kräfte aufgrund der einwirkenden Kräfte wirken. Diese Kräfte können dabei innerhalb der Unterstützungsfläche liegen, sodass der Körper aufrecht bleibt, oder auch außerhalb der Unterstützungsfläche liegen, sodass der Körper ins Kippen gerät.

Das menschliche Gehen ist dabei eine Abfolge von Kippungen des Körperschwerpunktes außerhalb der Unterstützungsfläche, was durch das Fortsetzen der Beine aufgefangen und als Fortbewegung genutzt wird. Die *Unterstützungsfläche* ist dabei die von den Auflagepunkten eingerahmte Fläche. Die Unterstützungsfläche ist an dieser Stelle ein Aspekt, der sich sehr gut zur Variation der Gleichgewichtsanforderungen nutzen lässt. So wird durch eine Vergrößerung dieser Fläche die Standfestigkeit des Körpers wesentlich besser und für den Menschen ist das Aufrechterhalten des Gleichgewichts mit einer vergrößerten Unterstützungsfläche deutlich leichter. Bei einer Verkleinerung dieser Fläche fällt eben dieses Aufrechterhalten des Gleichgewichts deutlich schwerer (vgl. Hüter-Becker et al., 2011).

Im Folgenden werden die Gleichgewichtsarten

- stabil,
- labil und
- indifferent

dargestellt. Klar zu äußern ist im Vorfeld, dass das Verhalten des Körperschwerpunktes im Zusammenhang mit der Schwerelinie die Gleichgewichtslage deutlich beeinflusst.

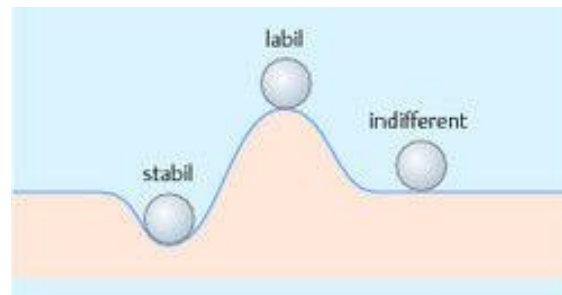


Abb. 4: Gleichgewichtsarten,  
Quelle: Hüter-Becker et al. 2011, S. 45

Bei dem stabilen Gleichgewicht erfährt der Körper, der durch den Verlust von Gleichgewicht in Bewegung geraten ist, Rückstellkräfte, mit denen dieser eigenständig in das Gleichgewicht zurückkehrt. Das labile Gleichgewicht beschreibt einen Verlust von Gleichgewicht aufgrund von Lageveränderungen. Der Körper kehrt nicht zurück in die ursprüngliche Position. Das indifferente Gleichgewicht stellt eine Veränderung der ursprünglichen Lage des Körpers dar. Nach der Veränderung bleibt der Körper jedoch in einer neuen Ausgangslage im Gleichgewicht.

## 2.5 Biomechanische Betrachtung in Bezug auf den menschlichen Körper

Für das therapeutische Arbeiten finden die biomechanischen Grundsätze Anwendung bei der Betrachtung ebendieser im Hinblick auf entsprechende Körperstrukturen und Körperfunktionen. Bei den Körperstrukturen werden einzelne Gewebeformen unter biomechanischen Gesichtspunkten beleuchtet. Bei den Körperfunktionen spielen die biomechanischen Aspekte eine Rolle bei der Betrachtung der Funktionsweise des menschlichen Körpers sowie bei der Anwendung von Trainings- und Therapiemethoden. Ein wesentlicher physiotherapeutischer Grundsatz besteht darin, dass die Gewebeformen und die Körperfunktionen bei Missachtung und Nichtgebrauch quantitativ und qualitativ schlechter werden. In den nachfolgenden Kapiteln wird dieser Grundsatz deutlich.

Daraus ergeben sich zwei exemplarische, aber wegweisende Merksätze:

**Merke:**            **Use it or lose it!**  
                         **Die Funktion formt das Organ!**  
                         (in Anlehnung an Meert, 2017)

Dieser Grundsatz basiert auf der Erkenntnis, dass jeder Reiz im Körper des Organismus eine Reaktion hervorruft. Dies ist gleichzeitig auch ein mechanisches Gesetz, dass jede Aktion eine Reaktion auslöst. Im Positiven bedeutet dies eine Entwicklung der Gewebeform. Bei adäquater Reizintensität wird sich

die Gewebeform diesen Reizen langsam aber stetig anpassen und somit an Quantität und Qualität zunehmen. Zu intensive Reize rufen Verletzungen unterschiedlichster Art hervor. Zu schwache Reize hingegen lösen einen Prozess der Atrophie aus. Im Grunde ist eine Atrophie erst einmal ein physiologischer Prozess, da hierdurch scheinbar nicht benötigtes Gewebe abgebaut wird und somit Energieressourcen eingespart werden. Fehlt jedoch im Anschluss der Aufbauprozess des Gewebes, wird die Körperfunktion (z. B. die Gelenkstabilität) massiv beeinträchtigt.

In den folgenden Kapiteln werden die Gewebeformen im Detail unter biomechanischen Gesichtspunkten beleuchtet. Anschließend wird der Zusammenhang zwischen Biomechanik und den Körperfunktionen sowie Krankheitsbildern und Therapiemaßnahmen dargestellt.

### 2.6 Biomechanische Anwendung auf den menschlichen Körper

Die Biomechanik ist auch relevant im Sinne der funktionellen Zusammenhänge von Haltung und Bewegung. Beide haben einen wesentlichen Anteil in der physiotherapeutischen Untersuchung und Behandlung, sodass auch hier die biomechanische Sichtweise wichtige Erkenntnisse bringt. Um nicht nur die Funktionsstörungen der Patientinnen und Patienten als isolierte Krankheit zu betrachten, unterstützt die Biomechanik im Sinne der Betrachtung von Funktionsketten und zusammenhängenden Störungen. An dieser Stelle wird kontextuell auch auf die weiteren Kapitel 6 und 8 verwiesen, um ebendiese Zusammenhänge zu intensivieren und zu vertiefen.

Die aufrechte Haltung, die nach Zalpour (2016) auch als symmetrisches Stehen bezeichnet wird, beschreibt die gleichmäßige Gewichtsverteilung des Körpers über beide Beine, während die Füße ca. 30 cm auseinander stehen. Würde man nun eine gedachte Linie, das sogenannte Lot, aus dem Körperschwerpunkt zum Boden ziehen, so würde diese Linie im Bereich der Basis der Metatarsalknochen enden. Dabei geht diese gedachte Linie durch das gestreckte Kniegelenk, durch die Kniegelenksachse. Die Knieextension sollte dabei jedoch keine Hyperextension sein, was bei entsprechender Funktionsfähigkeit durch den Musculus gastrocnemius sowie die ischiocrurale Muskulatur verhindert wird. Die flektorische Komponente wird durch den Tonus des Musculus quadriceps femoris verhindert (vgl. Zalpour, 2016). Somit ist zu erkennen, dass für den aufrechten Stand ein koordiniertes Zusammenspiel der ventralen und dorsalen Muskelketten erfolgen muss. Der Endpunkt der zuvor beschriebenen Lotlinie ist jedoch stetig variabel und wird sich durchgehend verschieben, manchmal in größerem Umfang und manchmal in kleinerem. Der Grund dafür liegt in der stetigen Herz- und Lungenaktivität sowie der Gefäßpulsation. Die Schwankungen des Körpers gehen dabei in sämtliche Richtungen. Der Körper des Menschen ist in stehender Position im Normalfall immer etwas nach ventral gerichtet. Das Fallen nach vorn wird dabei von der dauerhaften Aktivität der Wadenmuskulatur verhindert (vgl. Zalpour, 2016). Wenn man nun bedenkt, dass durch unterschiedlichste Pathologien die Wadenmuskulatur in zu geringem Ausmaß aktiv ist, beispielsweise nach einer traumatischen Verletzung dieser Muskulatur oder auch der Achillessehne sowie durch neurologische Defizite in der Versorgung dieser Muskulatur, wird durch diese mechanische Betrachtungsweise deutlich, dass die aufrechte Haltung dieser betroffenen Menschen erschwert wird oder gar nicht mehr möglich ist. In dem Fall, bei dem die aufrechte Haltung erschwert ist, werden andere Strukturen eingreifen und unterstützen müssen, um das symmetrische Stehen zu bewahren. Hier sind exemplarisch die Rumpfmuskulatur oder auch die restliche dorsale Beinmuskulatur zu erwähnen, was anschließend jedoch wieder zu einer mechanischen Überlastung der zuvor genannten Strukturen führt. Der Rumpf des Menschen ist in dieser Betrachtungsweise als Teilschwerpunkt anzusehen. Hierzu zählen ebenfalls der Kopf und die Arme. Die Arme hängen beim symmetrischen Stand in entspannter Position mit leicht flektierten Ellenbogen und einer Mittelstellung von Pronation und Supination neben dem Körper. Zusammengefasst befindet sich der Teilschwerpunkt ca. auf Höhe des Th 10. Um die Position des Rumpfes und des Beckens zu bewahren und somit ein koordiniertes Zusammenspiel zwischen Rumpf und Armen mit der unteren Extremität zu erreichen, ist hierbei der Musculus erector spinae gezielt aktiv (vgl. Zalpour, 2016). Auch an dieser Stelle ist eine

## Biomechanik und Zusammenführung der PT-Techniken

Verknüpfung herzustellen, um pathologische Gegebenheiten zu erschließen. Sobald sich die Konstellation von Körperschwerpunkt und Teilkörperschwerpunkt verändert, weil einzelne Muskeln nicht ausreichend aktiv oder auch Gelenke in der Beweglichkeit eingeschränkt sind, was eine Veränderung der Schwerpunkte zur Folge hat, wird beispielsweise der *Musculus erector spinae* mechanisch überbelastet und der Grundtonus dieses Muskels erhöht, was im Folgenden u.a. zu einer Schmerzsituation führen kann. An dieser Stelle wird auf die Kapitel 3.7 bis 3.9 verwiesen, in denen der Aufbau, die Funktionsfähigkeit, die Mechanik und auch die Belastungsformen der Muskulatur im Detail dargestellt werden.

Weitere alltägliche Aktivitäten wie beispielsweise das Sitzen, das Aufstehen aus der liegenden Position oder auch das Heben werden in dem Werk „*Anatomie und Physiologie für die Physiotherapie*“ von Christoff Zalpour (2016) näher beschrieben, was an dieser Stelle als Leseempfehlung anzusehen ist.

### Übungsaufgaben zur Selbstkontrolle

# SK

1. Unterteilen Sie die Biomechanik in ihre Einzelteile und erläutern Sie diese.
2. Unterscheiden Sie die Bewegungen Translation und Rotation und erläutern Sie die Begrifflichkeiten an einem therapeutischen Beispiel.
3. Erläutern Sie, inwiefern der Körperschwerpunkt für die Bewegungen der Translation und der Rotation ausschlaggebend ist.
4. Beschreiben Sie in Ihren eigenen Worten die Notwendigkeit eines funktionierenden Gleichgewichts für den Menschen.
5. Erläutern Sie anhand einer therapeutischen Situation die Merksätze „Use it or lose it“ bzw. „Die Funktion formt das Organ.“
6. Verdeutlichen Sie den Zusammenhang zwischen dem Körperschwerpunkt und dem Tonus der umliegenden Muskulatur im Rahmen des symmetrischen Stehens.

1. Die Biomechanik wird in die Begrifflichkeiten „Biologie“ und „Mechanik“ unterteilt. Dabei beschreibt die Biologie die Wissenschaft der belebten Natur bzw. des lebenden Systems, während die Mechanik die Wissenschaft von Bewegungen und Körpern unter der Wechselwirkung und Einflussnahme von äußeren Kräften darstellt. Die Mechanik wird anschließend weiter unterteilt in die Gebiete Kinematik und Kinetik. Die Kinematik umfasst dabei die räumliche Bewegung in Abhängigkeit von der Zeit, während die Kinetik die Kraft als Ursache für Bewegungen oder das Gleichgewicht untersucht. Dieser Teilbereich wird dann noch weiter in die Unterkategorien Dynamik und Statik unterteilt. Bei der Dynamik werden die von Kräften hervorgerufenen Bewegungen untersucht, während es bei der Statik um das Gleichgewicht eines Körpers geht.
2. Bei der Translation bewegt sich ein Körper, indem seine einzelnen Massepunkte sich alle in dieselbe Richtung auf einer parallelen Geraden bewegen. Bei der Rotation hingegen dreht sich der Körper um die eigene Achse. Die Mittelpunkte des Körpers bewegen sich dabei auf konzentrischen Kreisen.
3. Der Körperschwerpunkt ist insofern ausschlaggebend für die Bewegungsart, als er die äußeren Kräfte im Rahmen einer Kraftwirkungslinie aufnimmt. Trifft diese Kraftwirkungslinie nun direkt in den Körperschwerpunkt, so wird der Körper translatorisch bewegt. Befindet sich der Körperschwerpunkt außerhalb der Kraftwirkungslinie, so wird ebendieser rotatorisch bewegt. Der Körperschwerpunkt ist somit nicht allein für die Bewegungsart verantwortlich, sondern steht immer unter dem Einfluss der wirkenden Kräfte im Rahmen einer Kraftwirkungslinie.
4. Durch das Gleichgewicht ist der Mensch in der Lage, große und kleine Bewegungen durchzuführen. Das Gleichgewicht hält den Körper in der aufrechten Position bzw. insofern an Ort und Stelle, als dass einwirkende Kräfte den Körper nicht ins Schwanken oder gar zu Fall bringen. Aufgrund der Komplexität im Alltag sowie der alltäglichen Bewegungen, die durchgeführt werden, muss der Körper sehr häufig und auch großen Kräften entgegenwirken, um handlungsfähig zu bleiben. Eine eigenständige Teilhabe am Leben lässt sich somit nur dann erreichen, wenn der Mensch ein funktionierendes Gleichgewicht hat.
5. Die Merksätze „Use it or lose it“ bzw. „Die Funktion formt das Organ“ beschreiben, dass jegliche Strukturen nur unter dem angedachten Gebrauch ebendieser Struktur erhalten bleiben bzw. sich im Wundheilungsprozess entwickeln. Dabei richtet sich die Qualität der Struktur an der äußeren Belastung aus, wodurch das Endergebnis im Sinne der strukturellen Belastbarkeit immens beeinflusst wird. Die äußeren Reize sind dabei immer entsprechend der Belastbarkeit der Struktur zu adaptieren. Zu beachten ist jedoch auch, dass die Belastbarkeit wiederum aus der Belastung resultiert. Eine Ruhigstellung nach einem Supinationstrauma, bei dem einzelne Bandstrukturen rupturiert sind, ist am ehesten in der Entzündungsphase klinisch relevant. In dieser frühen Phase könnte zu viel Belastung die Wundheilung stören und negativ beeinflussen. Spätestens ab der Proliferationsphase sind äußere Reize notwendig, damit die verletzte Struktur anfängt, sich zu entwickeln und mithilfe äußerer Reize zu adaptieren. Diese Reize gilt es dann stetig und unter Berücksichtigung der Beschwerdesymptomatik zu steigern. Eine zu lang anhaltende Ruhigstellung sorgt für eine Atrophie der nicht belasteten Strukturen, um den Körper stets möglichst ökonomisch zu versorgen.

## Literaturverzeichnis

- Amberger, R./Brucha, T./Dierlmeier, D./Mummert, T./Pechmann, D./Schulte, M. (2017): *Integrative Manuelle Therapie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Aumüller, G./Aust, G./Engele, J./Kirsch, J./Maio, G. (2020): *Anatomie*. (5.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Basso Gjelsvik, E. B./Syre, L. (2017): *Die Bobath-Therapie in der Erwachsenenneurologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Dudenredaktion (o. J.): *Biologie, Mechanik*. In: *Duden online*, <https://www.duden.de/rechtschreibung/Mechanik> und <https://www.duden.de/rechtschreibung/Biologie> (letzter Zugriff: 22.06.2022).
- Faller, A./Schünke, M. (2016): *Der Körper des Menschen – Einführung in Bau und Funktion*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag Stuttgart.
- Huch, R./Jürgens, D. K. (Hrsg.) (2019): *Mensch Körper Krankheit*. München: Urban & Fischer.
- Hüter-Becker, A./Schewe, H./Heipertz, W. (1999): *Physiotherapie – Biomechanik, Arbeitsmedizin, Ergonomie* (Band 1). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Hüter-Becker, A./Dölken, M./Klein, D./Laube, W./Schomacher, J./Volker, B. (2011): *Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Hüter-Becker, A./Dölken, M. (2015): *Physiotherapie in der Orthopädie* (3.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Jesel, M. (2015): *Neurologie für Physiotherapeuten*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Kipp, M./Radlanski, K. (2017): *Neuroanatomie – Nachschlagen Lernen Verstehen* (1.). Berlin: KVM – der Medizinverlag.
- Koller, T. (2017): *Physiotherapeutische Diagnostik*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Koller, T. (2020): *Klinische Umsetzung der Biomechanik in der postoperativen Nachbehandlung – Leitfaden für Physiotherapeuten und Ergotherapeuten*. Wiesbaden: Springer Verlag.
- Meert, F. G. (2017): *Das Becken aus osteopathischer Sicht – funktionelle Zusammenhänge nach dem Tensegrity-Modell* (3.). München: Elsevier GmbH.
- Merz, P. (Hrsg.) (2021): *Physiotherapie in der Inneren Medizin*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- De Morree, J. J. (2013): *Dynamik des menschlichen Bindegewebes – Funktion, Schädigung und Wiederherstellung* (2.). München: Urban & Fischer.
- Schünke, M. (2018): *Topografie und Funktion des Bewegungssystems – funktionelle Anatomie für Physiotherapeuten* (3.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Schwarz, J. (2011): *Physiopraxis – das Fachmagazin für Physiotherapie. Therapie nach lumbaler Bandscheiben-OP – verstaubte Ansichten* (09). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

## Biomechanik und Zusammenführung der PT-Techniken

Schwegler, J./Lucius, R. (2015): *Der Mensch – Anatomie und Physiologie* (6.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Silbernagl, S./Lang, F. (2013): *Taschenatlas Pathophysiologie* (4.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Trepel, M. (2017): *Neuroanatomie – Struktur und Funktion* (7.). München: Urban & Fischer.

Verra, M./Oesch, P. (2019): *Muskuloskeletale Physiotherapie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Wappelhorst, U./Kittelmann, A./Röbbelen, C. (2006): *Lehr- und Arbeitsbuch Funktionelle Anatomie*. München, Jena: Urban & Fischer.

Wick, D. (2013): *Biomechanik im Sport – Lehrbuch der biomechanischen Grundlagen sportlicher Bewegungen* (3.). Berlin: Spitta Verlag.

Wondrasch, B./Aldrian, S. (2013): *Sportphysio. Einführung – Diagnostik und operative Therapie von Gelenknorpelschäden* (01). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Zalpour, C. (2016): *Anatomie Physiologie für die Physiotherapie* (4.). München, Jena: Urban & Fischer.

Leseprobe

# DIPLOMA

Private staatlich anerkannte Hochschule  
University of Applied Sciences

## DIPLOMA Hochschule

### Zentralverwaltung

Herminenstraße 17f  
31675 Bückeburg

Tel.: +49 (0)5722 28 69 97 32  
info@diploma.de  
[www.diploma.de](http://www.diploma.de)



Leseprobe



## Sie wollen mehr erfahren?

Unser aktuelles Studienangebot und weitere Informationen finden Sie auf [www.diploma.de](http://www.diploma.de) oder besuchen Sie uns zu einer persönlichen Studienberatung an einem DIPLOMA-Studienzentrum in Ihrer Nähe.