

Bewegungsapparat Hund

Funktionelle Anatomie, Biomechanik und Pathophysiologie

Mima Hohmann

2. Auflage



Mima Hohmann

Bewegungsapparat Hund

Funktionelle Anatomie, Biomechanik
und Pathophysiologie

2., aktualisierte Auflage

900 Abbildungen

Georg Thieme Verlag
Stuttgart • New York

Anschrift der Autorin

Dr. med. vet. Mima **Hohmann**
Mahlmannstr. 15
04107 Leipzig
Deutschland

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Ihre Meinung ist uns wichtig! Bitte schreiben Sie uns unter:
www.thieme.de/service/feedback.html

© 2018 Georg Thieme Verlag KG
Rüdigerstr. 14
70469 Stuttgart
Deutschland

www.thieme.de

1. Auflage 2015 Sonntag Verlag
in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG

Umschlaggestaltung: Thieme Gruppe
Umschlagfoto: Hilde Hildenhagen und Digital Vision
Zeichnungen: Angelika Brauner, Hohenpeißenberg
Satz und E-Book-Produktion: SOMMER media GmbH & Co. KG,
Feuchtwangen
gesetzt aus Arbortext APP-Desktop 9.1 Unicode M180

DOI 10.1055/b-006-149642

ISBN 978-3-13-241812-7

Auch erhältlich als E-Book:
eISBN (PDF) 978-3-13-241813-4
eISBN (epub) 978-3-13-241814-1

Wichtiger Hinweis: Wie jede Wissenschaft ist die Veterinärmedizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Erkenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie anbelangt. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt darauf verwandt haben, dass diese Angabe **dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes** entspricht.

Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. **Jeder Benutzer ist angehalten**, durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate und gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. **Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers.** Autoren und Verlag appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende Ungenauigkeiten dem Verlag mitzuteilen. Vor der Anwendung bei Tieren, die der Lebensmittelgewinnung dienen, ist auf die in den einzelnen deutschsprachigen Ländern unterschiedlichen Zulassungen und Anwendungsbeschränkungen zu achten.

Geschützte Warennamen (Warenzeichen ®) werden nicht immer besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen oder die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Vorwort zur 2. Auflage

Lieber Leserinnen und Leser, auch wenn man denkt, die Anatomie bleibt doch gleich, was soll man denn da noch Neues dazu schreiben, bleibt doch die Wissenschaft nicht auf der Stelle stehen. Sie bewegt sich und aus diesem Grunde habe ich diese Auflage um die neuesten Erkenntnisse aus der Forschung und meine Praxiserfahrungen erweitert.

So wurden größere Ergänzungen in den Kapiteln über die Knochen und Knorpel, im Gelenkkapitel, in den Abschnitten über das Ellbogengelenk, das Karpal- und Tarsalgelenk, die Patella, die Zehengelenke, die Brustwirbelsäule und das Iliosakralgelenk eingefügt. Das Muskelkapitel wurde mit der Untersuchung der Schultersehnen

komplett neu erweitert. Kleinere Neuerungen und Ergänzungen noch zu erwähnen, würde hier allerdings zu weit führen. Lassen Sie sich einfach überraschen.

Kleine Schreibfehler wurden selbstverständlich auch korrigiert. Ich hoffe, dass Sie keine mehr in diesem Buch vorfinden. Falls doch, schreiben Sie mich bitte an. Über weitere Anregungen oder Ideen von Ihnen für die 3. Auflage würde ich mich sehr freuen.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen viel Erfolg beim Lesen und Umsetzen.

Mima Hohmann

Leipzig, September 2017

Vorwort zur 1. Auflage

„Ein Vorwort ist für ein Buch so wichtig und so hübsch wie der Vorgarten für ein Haus. Natürlich gibt es auch Häuser ohne Vorgärtchen und Bücher ohne Vorwörtchen, Verzeihung, ohne Vorwort. Aber mit einem Vorgarten, nein, mit einem Vorwort sind mir die Bücher lieber. Ich bin nicht dafür, dass die Besucher gleich mit der Tür ins Haus fallen. Es ist weder für die Besucher gut, noch fürs Haus. Und für die Tür auch nicht.“ Erich Kästner kann ich da nur zustimmen.

Während des Studiums der Veterinärmedizin habe ich die Muskeln mit Ansatz, Ursprung, Funktion und Innervation in mich hineingepaukt, wie es viele vor mir getan haben und wie viele es nach mir tun werden, ohne wirklich zu realisieren, welche Funktion der einzelne Muskel oder die Muskelgruppe hat. Welche Muskeln sind notwendig, um die Pfote zu heben oder den Kopf zu wenden? Man lernte nur einzelne Muskeln, keine Muskelgruppen, Muskelketten oder Funktionseinheiten. Später, im normalen Praxisalltag, kommt man kaum noch dazu, sich mit Muskelfunktionen oder Muskelketten auseinanderzusetzen, außer als Chirurg oder wenn man physiotherapeutisch arbeitet.

Dabei hat sich die Evolution so viel dabei gedacht, den Organismus zu bewegen. Die Genialität des Bewegungsapparats mit seiner vollendeten Statik und Dynamik zu erkennen, finde ich faszinierend. Der Knochen ist kein totes Material, er lebt und kann sich durch Umgestaltung der Knochenstruktur an veränderte Bewegung anpassen, außerdem stabilisiert und bewegt er mithilfe der Muskeln den Körper. Kein Muskel agiert alleine. Es sind immer Muskelketten, die eine komplette Bewegung ermöglichen.

Welcher Muskel ist nun für welche Bewegung zuständig, wo ist sein Ursprung, sein Ansatz? Man kann schon verzweifeln, wenn man nur ein Anatomiebuch besitzt und eine diesbezügliche Darstellung fehlt. Warum also noch ein Buch über den Bewegungsapparat des Hundes? Die meisten Anatomiebücher für Veterinärmediziner be-

fassen sich mit der deskriptiven und der topographischen Anatomie der Tiere. Wie sieht es aber mit den funktionellen Gesichtspunkten der einzelnen Strukturen wie z. B. eines Muskels oder eines Gelenks in diesen Büchern aus? Meist wird nur sehr kurz auf die Funktion einer einzelnen Struktur oder eines Organs eingegangen, aber die Gesamtsicht fehlt leider.

Grundanliegen dieses Buches ist es, ein Verständnis für die tiefen Zusammenhänge, Verflechtungen und Beziehungen zwischen den verschiedenen Funktionen und Strukturen wie Knochen, Bändern, Sehnen, Gelenken und Muskeln innerhalb des Körpers, respektive eines Hundekörpers, zu schaffen und anschaulich darzustellen. Aber um den Körper als ein lebendiges Ganzes zu sehen, muss man erst einmal seine „Einzelteile“ und ihre einzigartige Struktur und Funktionsweise betrachten. Dies darzustellen und die vorhandenen Wechselbeziehungen aufzuzeigen und dem Leser bildhaft darzustellen, das ist das Anliegen dieses Buches.

Es wurde unter anderem auch für die kommende Generation der Studierenden der Veterinärmedizin geschrieben, damit sie schon während des Studiums ein besseres Verständnis für die Bewegung des Hundes entwickeln können. Des Weiteren richtet es sich aber auch an alle physiotherapeutisch und osteopathisch arbeitenden Kolleginnen und Kollegen, Tiertherapeuten und Tiertrainer, die sich möglichst umfassend und dennoch mit einem gewissen Praxisbezug über die funktionelle Anatomie informieren oder damit intensiver auseinandersetzen möchten.

Ich wünsche allen Lesern, dass Sie sich von meinem Enthusiasmus für dieses Thema anstecken lassen und sich mehr Menschen für den Bewegungsapparat, respektive für die funktionelle Anatomie des Hundes interessieren werden und mehr geforscht wird.

Mima Hohmann
Leipzig, Juni 2015

Widmung

*Dieses Buch widme ich allen zwei- und vierbeinigen Freunden,
die mich gelehrt haben zu beobachten, zu sehen, zu fühlen,
Zusammenhänge zu erkennen und mein Herz zu öffnen.*

Geleitwort

„Bewegung ist Leben“ – dies trifft auf Mensch und Tier in gleicher Weise zu. Bewegung ist Voraussetzung für Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit unserer Haustiere und hängt ganz entscheidend von einem gesunden und funktionierenden Bewegungsapparat ab. Dies betrifft nicht nur Hochleistungssportler wie Windhunde und Gebrauchshunde, sondern auch den Dackel oder Labrador von nebenan mit einem Bandscheibenvorfall oder einer Kniegelenksarthrose nach einem vorderen Kreuzbandriss.

Erkrankungen des Bewegungsapparats sind von großer Bedeutung in der Veterinärmedizin und der Tierphysiotherapie. Das Wohl unserer Tiere hängt direkt mit der Fähigkeit und Möglichkeit, sich schmerzfrei bewegen zu können, zusammen. Zahlreiche Erkrankungen des Bewegungsapparats sowie Verletzungen durch Unfälle oder Überbeanspruchung schränken die Bewegungsfähigkeit aufgrund der mit ihnen einhergehenden Schmerzen ein.

Profunde Kenntnisse der funktionellen Anatomie, der Biomechanik und der Pathophysiologie sind die Grundlage jedweder professionellen und erfolgreichen Diagnostik und Therapie am Bewegungsapparat. Für die Tierphysiotherapeuten sind diese Kenntnisse schlichtweg unverzichtbar. Das vorliegende Buch von Frau Dr. Hohmann deckt damit für die Diagnostik, aber insbesondere für die Therapie, ganz entscheidende Disziplinen und Bereiche ab. Das Wissen aus diesen Bereichen wird sowohl im Überblick als auch im Detail sehr umfassend dargestellt. Der Anwendungsbezug insbesondere in der Physiotherapie und das funktionelle Verständnis werden durch die überaus zahlreichen, sehr instruktiven und anschaulichen Abbildungen hergestellt. Eine herausragende Besonderheit sind die extra für dieses Buch angefertigten anatomischen Muskelmodelle, die von der Autorin in akribischer und geduldiger Kleinarbeit an einem Hundeskelett modelliert wurden und die funktionelle Anatomie von Muskeln und Muskelgruppen sehr einprägsam präsentieren und nachhaltig vermitteln.

Frau Dr. Hohmann ist eine außerordentlich erfahrene und erfolgreiche Kleintierärztin, Physiotherapeutin, Homöopathin und Buchautorin mit einer Leidenschaft für funktionelle Anatomie. Ihre Erfahrung aus der täglichen Arbeit mit Patienten in der Praxis und ihr enormes praktisches und theoretisches Fachwissen verbinden sich in dem vorliegenden Buch in einzigartiger Weise zum Wohle der Patienten. Dieses Buch ist eindeutig aus der Praxis für die Praxis geschrieben. Dabei ist es Frau Dr. Hohmann gelungen, eine enorme Fülle an anatomischen und pathophysiologischen Fakten im Kontext der praktischen Anwendung zu vermitteln; eine sehr gelungene Synthese aus theoretischem Faktenwissen und seiner praktischen Anwendung. Für eine erfolgreiche Physiotherapie des Bewegungsapparats sind jenseits des anatomischen Grundverständnisses und Überblicks oftmals sehr genaue Detailkenntnisse zu Struktur und Funktion erforderlich. Diese Informationen sind in Frau Dr. Hohmanns neuestem Buch verfügbar. Den fachlichen Bedürfnissen der Tierphysiotherapie am Kleintierpatienten wird dieses Buch in hervorragender Weise gerecht, es ist ein einzigartiges Nachschlagewerk für Tierärzte, Tierphysiotherapeuten und Studierende für deren tägliche Arbeit am Patienten.

Möge dieses Buch weite Verbreitung und das in ihm verfügbare Wissen tägliche Anwendung an zahlreichen Patienten finden. Frau Dr. Hohmanns Werk schafft zweifelsohne Grundlagen zur erfolgreichen Tierphysiotherapie des Bewegungsapparats zahlreicher Patienten und liefert so einen wertvollen Beitrag zum Wohlbefinden unserer Haustiere. Ganz im Sinne der eingangs genannten Feststellung: „Bewegung ist Leben“.

Prof. Dr. med. vet. Ch. K. W. Mülling
Leipzig, Januar 2015

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 2. Auflage	5
Vorwort zur 1. Auflage	6
Widmung	7
Geleitwort	8
Autorenvorstellung	13

Teil 1

Grundlagen

1 Bewegung ist Leben	16
1.1 Einleitung	16
1.2 Evolution der Bewegung	17
1.2.1 Definition der Bewegung.	17
1.2.2 Evolutionäre Gründe für Bewegung.	17
1.2.3 Voraussetzungen für Bewegung	18
1.2.4 Störungen der Bewegung	19
1.3 Allgemeines zur Bewegung.	20
1.3.1 Orientierung	20
1.3.2 Bewusste Bewegung	20
2 Statik und Dynamik des Hundes	22
2.1 Statik	22
2.2 Statikveränderungen und deren Folgen	23
2.2.1 Statikveränderungen, Knochenumgestaltungen und gestörte Gelenkfunktionen	24
2.2.2 Statikveränderungen und Muskelfunktionsstörungen	25
2.3 Bewegungsdynamik des Hundes	27
2.3.1 Schwerkraft und Antischwerkraftmuskel.	27
2.3.2 Messungen des Brems- und Beschleunigungsweges.	29
3 Schwerpunkt und Unterstützungsfläche.	31
3.1 Schwerpunkt	31
3.2 Die Unterstützungsfläche	32
3.2.1 Physiologische Veränderungen und ihre Auswirkungen auf die Unterstützungsfläche	32
3.2.2 Pathologische Veränderungen und ihre Auswirkungen auf die Unterstützungsfläche.	33

Teil 2

Grundlagen der Anatomie

4 Der Knochen	38
4.1 Einleitung	38
4.2 Allgemeiner Aufbau	38
4.2.1 Bestandteile des Knochens.	38
4.2.2 Makroskopischer Aufbau	38
4.2.3 Mikroskopischer Aufbau	38
4.3 Knochenformen	39
4.4 Statik des Knochens	40
4.5 Funktion des Knochens	41
4.6 Knochenwachstum.	41
4.6.1 Die Knochendichte	42
4.7 Knochenabbau	42
4.7.1 Knochen und Alter	42

4.8	Der piezoelektrische Effekt	43
4.9	Folgen des Bewegungsmangels für den Hund.	46
4.10	Funktionsstörungen der Knochen	47
5	Das Gelenk	49
5.1	Einteilungen der Gelenke	49
5.2	Der Gelenkaufbau	50
5.2.1	Die Gelenkflächen.	50
5.2.2	Der Gelenkknorpel	51
5.2.3	Gelenkkapsel (Capsula articularis)	55
5.2.4	Synovia	56
5.2.5	Gelenkbänder	56
5.2.6	Intraartikuläre Strukturen	57
5.3	Allgemeine Biomechanik eines Gelenks	58
5.3.1	Gelenkbewegungen und Gelenkbeweglichkeit	59
5.4	Die Gelenke im Einzelnen	62
5.4.1	Rumpf-Schulter-Gelenk.	62
5.4.2	Das Schultergelenk (Art. humeri)	67
5.4.3	Das Ellbogengelenk (Art. cubiti)	70
5.4.4	Das Radioulnargelenk (Art. radioulnaris)	75
5.4.5	Das Karpalgelenk (Art. carpi)	75
5.4.6	Die Zehengelenke der Vorderextremität	79
5.4.7	Die Wirbelsäule	81
5.4.8	Das Iliosakralgelenk (ISG)	89
5.4.9	Das Hüftgelenk (Art. coxae)	97
5.4.10	Das Kniegelenk (Art. genus)	107
5.4.11	Das Tarsalgelenk (Art. tarsi, Sprunggelenk)	123
5.4.12	Die Zehengelenke der Hinterextremität	127
6	Die Muskulatur – Bewegungsantrieb Nr. 1	129
6.1	Anatomie der Muskulatur.	129
6.1.1	Aufbau des Muskels.	129
6.1.2	Funktion des Muskels.	137
6.1.3	Muskeltypen und Kontraktionsformen	140
6.2	Der wachsende Muskel	142
6.3	Der verkürzte Muskel	142
6.4	Der alternde Muskel	142
6.5	Die Muskelkette	146
6.6	Hilfseinrichtungen der Muskulatur	147
7	Markante Knochenpunkte und tastbare Muskeln	150
7.1	Einleitung	150
7.2	Der Körper im Ganzen	150
7.2.1	Frontalansicht	150
7.2.2	Kaudalansicht	152
7.2.3	Lateralansicht	153
7.2.4	Dorsalansicht	154
7.2.5	Ventralansicht	156
7.3	Der Kopf	157
7.4	Die Vordergliedmaße	158
7.5	Die Hintergliedmaße.	162

Teil 3

Funktionelle Anatomie

8	Die Bewegung des Hundes.	166
8.1	Die Bewegungsarten des Hundes	166
8.1.1	Bewegung ohne Ortsveränderung	166
8.1.2	Bewegung mit Ortsveränderung	167
8.1.3	Die Selbststabilisierung der Gliedmaße	171
8.2	Die Gangarten des Hundes	172
8.2.1	Der Schritt	172
8.2.2	Der Trab	174
8.2.3	Der Passgang	176
8.2.4	Der Galopp	178
8.2.5	Der Sprung	180
8.2.6	Die Schrittlänge	181
8.3	Die Beweglichkeit des Hundes	182
8.4	Beweglichkeit der Vordergliedmaße und Hintergliedmaße.	182
9	Muskeln in Bewegung mit Untersuchungsgang und Pathophysiologie	184
9.1	Grundlagen	184
9.1.1	Kenndaten der Muskeln	185
9.1.2	Synergisten und Antagonisten	186
9.2	Muskeln der Vordergliedmaße im Überblick.	186
9.2.1	Funktionsgruppen der Vordergliedmaße	186
9.2.2	Muskeln des Schultergürtels.	190
9.2.3	Eigenmuskeln der Schultergliedmaße	191
9.3	Muskeln der Vordergliedmaße im Detail	192
9.3.1	Muskeln des Schultergürtels.	192
9.3.2	Muskeln des Schultergelenks	208
9.3.3	Muskeln des Ellbogengelenks	220
9.3.4	Muskeln des Radioulnargelenks	230
9.3.5	Muskeln des Karpalgelenks	235
9.3.6	Muskeln der Zehengelenke	241
9.3.7	Die Vordergliedmaße im Querschnitt	263
9.4	Muskeln der Wirbelsäule im Überblick	266
9.4.1	Die autochthone Rückenmuskulatur	266
9.4.2	Die epaxiale und hypaxiale Stammuskulatur	267
9.4.3	Übersicht über die Muskeln des Stammes	268
9.5	Muskeln der Wirbelsäule im Detail	273
9.5.1	Muskeln der Halswirbelsäule.	273
9.5.2	Muskeln der Brustwand	308
9.5.3	Muskeln der Bauchwand	319
9.5.4	Muskeln der Lendenregion.	326
9.5.5	Muskeln der Rute	328
9.5.6	Die Wirbelsäule im Querschnitt.	338
9.6	Muskeln der Hintergliedmaße im Überblick	344
9.6.1	Funktionsgruppen der Hintergliedmaße.	344
9.6.2	Muskeln des Beckengürtels (innere Lendenmuskeln).	346
9.6.3	Eigenmuskeln der Beckengliedmaße	346
9.6.4	Die Hintergliedmaße und die Schrittlänge.	349
9.7	Muskeln der Hintergliedmaße im Detail	350
9.7.1	Muskeln des Beckengürtels (innere Lendenmuskeln).	350
9.7.2	Eigenmuskeln der Beckengliedmaße	355
9.7.3	Muskeln des Kniegelenks.	384
9.7.4	Muskeln des Tarsalgelenks.	391

9.7.5	Muskeln der Zehengelenke	398
9.7.6	Die Hintergliedmaße im Querschnitt.	412
10	Klinischer Bezug zu ideomotorischen Bewegungen	416
10.1	Grundlagen	416
10.2	Praktische Beispiele	417

Teil 4

Anhang

11	Glossar.	422
12	Literaturverzeichnis	430
13	Schlusswort	436
	Sachverzeichnis	439

Autorenvorstellung



In der Stadt des Jugendstils, im schönen südhessischen Darmstadt, erblickte **Mima Hohmann** das Licht der Welt und wollte schon mit 6 Jahren Tierärztin werden. In der Wartezeit auf den Studienplatz studierte sie 2 Semester Chemie, absolvierte die Ausbildung zur Veterinärmedizinisch-technischen Assistentin (VMTA) und arbeitete kurze Zeit in einem Lebensmittellabor, bevor sie dann das Studium der Tiermedizin in Hannover begann. Das Studium beendete sie 1994 mit der Approbation und promovierte anschließend (1996) mit einer geschichtlichen Arbeit: Die VMTA – Berufsentwicklung und Geschichte der Lehranstalt in Hannover.

In der Zeit der Doktorarbeit und weitere 1½ Jahre danach absolvierte sie bundesweite Vertretungen in Klein- und Großtierpraxen, gefolgt von einer 3-jährigen Assistenz in einer Gemischtpraxis in Oldenburg.

Bereits seit 1994 beschäftigt sich Frau Hohmann mit den einzelnen Gebieten der Homöopathie, der Akupunktur, der Bachblütentherapie, der Bluteigel- und der Neuraltherapie. Seit 1998 zählt auch die Tierphysiotherapie zur ihrem Leistungsspektrum.

2001 erlangte sie die Zusatzbezeichnungen Homöopathie und Physiotherapie und ließ sich in Leipzig mit einer spezialisierten Praxis für Homöopathie und Physiotherapie nieder. Im gleichen Jahr nahm sie die Lehrtätigkeit als Dozentin für Homöopathie und Tierphysiotherapie auf.

Seit Oktober 2016 ist Frau Dr. Hohmann Fachtierärztin für Physiotherapie und Rehabilitationsmedizin.

Frau Hohmann ist Autorin des Buches „Physiotherapie in der Kleintierpraxis“, erschienen im Sonntag Verlag.

Mitglied der Akademie für tierärztliche Fortbildung (ATF)

Mitglied und Schatzmeisterin der Gesellschaft für ganzheitliche Tiermedizin (GGTM)

Gründungsmitglied des Tierärztlichen Arbeitskreises Physiotherapie und Osteopathie (TAPO)



Quelle: Zeel – endlich wieder beweglich.
Broschüre der Firma HEEL, 2012

Teil 1

Grundlagen

1	Bewegung ist Leben	16
2	Statik und Dynamik des Hundes	22
3	Schwerpunkt und Unterstützungsfläche	31

1 Bewegung ist Leben

1.1

Einleitung

Das Wort „Anatomie“ kommt aus dem Griechischen und bedeutet „auseinanderschneiden, zergliedern“. Schon im Altertum wurden Tiere und Menschen sezziert, um Einblicke und Erkenntnisse in ihren strukturellen Aufbau zu gewinnen. Die Anatomie wurde unterteilt in die makroskopische (allein durch Betrachtung erfassbare Strukturen) und die mikroskopische Anatomie (Zytologie, Histologie). Zusammenfassend wird sie als sog. **deskriptive Anatomie** bezeichnet.

Die Analyse des Körpers nach größeren Einheiten wie z. B. Organ-, Blut-, Lymph- und Nervensystem, um nur einige zu nennen, wird als **systematische Anatomie** bezeichnet. Durch die Entwicklung der systematischen Anatomie sind die Voraussetzungen für die topographische Anatomie, die sich mit dem räumlichen Nebeneinander der verschiedenen Systeme und Organe unter Berücksichtigung der Körperregionen befasst, geschaffen worden. Die vergleichende Anatomie beschäftigt sich mit der stammesgeschichtlichen Entwicklung, der Phylogenese, der verschiedenen Organismen. Die **molekulare Anatomie** setzt sich mit dem molekularen Aufbau der einzelnen Zellbestandteile auseinander. Durch die neuen Untersuchungstechniken wie den diagnostischen Ultraschall, die Magnetresonanztomographie und Computertomographie entstand die sog. **Schnittanatomie**.

Die **funktionelle Anatomie** ist ein weiteres Teilgebiet der Anatomie, das sich auf die Erforschung der Körperstrukturen und deren funktioneller Bedeutung konzentriert. Sie fragt nach dem „Wie“ und dem „Warum“ der anatomischen Strukturen und ermöglicht so ein grundlegendes Verständnis der Funktion des tierischen Körpers, hier des Hundes. Jede Bewegung des Körpers setzt das ungestörte Zusammenspiel einerseits von passiven Strukturen wie Knochen, Knorpel und Sehnen und andererseits von einem aktiven Bewegungsapparat, der Muskulatur, voraus. Die Muskulatur setzt über Sehnen oder Faszien am Knochen an. Die Knochen wiederum sind über ein oder mehrere Gelenke beweglich bzw. über Synarthrosen elastisch bis fest miteinander verbunden. Die Gelenkform, z. B. das Scharniergelenk oder das Kugelgelenk, geben in Verbindung mit der Bandsicherung die möglichen Bewegungsrichtungen vor. Durch die gelenkübergreifende Muskulatur wird jede Körperstellung im dreidimensionalen Raum stabilisiert.

Die funktionellen Zusammenhänge stehen in diesem Buch im Vordergrund, um das Studium der Anatomie noch anschaulicher und lebensnaher zu gestalten. Allerdings wurde auf die Darstellung der funktionellen Anato-

mie des Nerven- und Organsystems verzichtet, da dies den Rahmen des Buches sprengen würde.

Die Untersuchungs- und Behandlungstechniken z. B. in der Veterinärmedizin sowie in der Tierphysiotherapie und Osteopathie setzen detaillierte Kenntnisse des Bewegungsapparats voraus. Einige Strukturveränderungen, die z. B. durch die Tierphysiotherapie oder die Osteopathie positiv beeinflusst werden können, kann man zwar nicht diagnostisch darstellen, aber palpatorisch erfassen. Ihre Funktion zu verstehen, ist die Voraussetzung für die Wiederherstellung nach einer Störung eines Gelenks, eines Muskels oder einer Muskelgruppe, eines Organs oder in einem Teilbereich des Bewegungsapparats.

Es soll versucht werden, auf das „**Wie**“ der Funktion, als auch auf das „**Warum**“ der Funktion der einzelnen Strukturen des passiven und aktiven Bewegungsapparats einzugehen, Bewegungsabläufe und Verkettungen zu erläutern und damit ein grundlegendes Verständnis der Architektur des tierischen Körpers zu ermöglichen.

Es wird kurz auf die **Anatomie des Knochens** und seine Veränderlichkeit durch die Bewegung eingegangen, den Schwerpunkt und die Veränderung der Unterstützungsfläche, um dann ausführlich auf die „bewegenden Elemente“ einzugehen. Ohne Statik und Dynamik ist keine Bewegung möglich, die aus diesem Grund hier auch nicht fehlen dürfen.

Die **Muskulatur** wird zwischenzeitlich von einigen Wissenschaftlern als selbständiges Organ betrachtet, da sie in ihrer Funktion und Arbeitsweise immer komplexer erscheint. Aus diesem Grund wird auch die Muskulatur ausführlicher beschrieben.

Der Muskel wird in der veterinärmedizinischen Anatomie meist als Einzelaktivist dargestellt, so z. B. der M. biceps brachii als Beuger des Ellbogengelenks. Er bewegt das Ellbogengelenk aber nicht alleine. Die funktionelle Anatomie des Hundes steckt zwar noch in den „Kinderschuhen“, aber die Erkenntnisse über die Bewegung des Hundes sind in letzter Zeit exponentiell gewachsen. Es sind die Verknüpfungen und Verkettungen mehrerer Muskeln, die z. B. die Flexion des Ellbogengelenks bewirken. Eines vorweg: Der M. biceps verhindert nach neuesten Erkenntnissen das Überstrecken des Ellbogengelenks, am Ende der Stemmphase, wenn der Hund geht. Der M. biceps brachii beugt das Ellbogengelenk nur, wenn der Hund auf dem Rücken liegt und die Pfote anzieht [64].

Die Topographie der Muskulatur, ihre Ursprünge und Ansätze sowie ihre Lage zu den sich bewegenden Knochenstrukturen und zur Bewegungsachse sind für das Gesamtverständnis der Funktion notwendig. Aus diesem Grund wird besonderer Wert auf die Darstellung der Muskeln gelegt und detailliert darauf eingegangen.

Die Wirkung und Funktion des einzelnen Muskels wie Beugen, Strecken und Zur-Seite-Neigen wird durch seinen Ursprung und Ansatz festgelegt. Allerdings ist dabei wichtig, dass man nicht einfach von der Muskelfunktion beim Menschen auf das Tier schließen kann. Die tatsächliche Bewegung resultiert zum einen aus dem vierbeinigen Gang des Tieres und zum anderen aus dem Zusammenspiel mehrerer Muskeln. Wirken sie zusammen, so sind sie **Synergisten**. Wirken sie gegeneinander, so sind es **Antagonisten** (Gegenspieler). Aber auch hier gibt es keine strikte Trennung zwischen Antagonist und Synergist, denn oft wird die angestrebte Bewegungsrichtung vom Antagonisten eingeleitet, um dann vom Synergisten ausgeführt zu werden.

Eine gut ausgebildete Muskulatur ist Voraussetzung dafür, dass ein Gelenk in jeder beliebigen physiologischen Stellung stabilisiert werden kann, und sie trägt zum Großteil zur Entlastung der Wirbelsäule bei. Außerdem wirkt sie mittelfristig kompensatorisch bei verletzten Band- und Knorpelstrukturen (z. B. bei einer kongenitalen Patellaluxation 1.–2. Grades).

Solide Grundkenntnisse der funktionellen Anatomie und der Biomechanik sind für jeden Tierarzt, Osteopathen und Tierphysiotherapeuten von entscheidender Bedeutung, denn diese Kenntnisse ermöglichen es, ein für den Hund entsprechendes Trainingsprogramm, z. B. im Rahmen der Prävention (HD, ED), oder eine gezielte Therapie während der Rehabilitation (z. B. nach einer Kreuzbandriss- oder Frakturoperation) oder für die Konditionssteigerung im Sport zu erstellen.

Bei alldem sollte man aber nicht die Lebensqualität des Tieres außer Acht lassen und die Freude, die ein gesunder Hund dem Hundebesitzer bereitet. Viel Erfolg beim Lesen, Lernen und Umsetzen des Wissens.

1.2

Evolution der Bewegung

Zu Beginn der Evolution war der Urknall oder „das Wort“, die reine Information und damit der Beginn des Seins, des Lebens. „Es werde Licht ...“ – Licht ist nichts anderes als Energie und diese Energie ermöglichte es, dass sich Atome und später Aminosäuren organisierten, daraus organische Strukturen entstanden und sich am Ende zwei Informationsstränge entwickelten, die DNA und RNA, die die Grundlage des Lebens bilden.

Die ersten Bewegungen des Lebens waren primitivste Stoffwechselvorgänge, die sich im Laufe der Evolution immer mehr strukturierten, differenzierten und komplexer wurden, um nach einigen Millionen Jahren die ersten Einzeller entstehen zu lassen.

Ein wichtiges Elixier des Lebens und der Bewegung auf unserem Planeten ist das Wasser. Die Bewegungen des Wassers sind auch in uns noch vorhanden, so sehen wir wellenförmige Bewegungen in der Darmperistaltik. Des

Weiteren bewegt sich jedes Organ in uns. Nichts ist starr und fest. Alles fließt „Panta rhei“. Unsere Nieren bewegen sich z. B. mit jedem Atemzug 3 cm nach kranial und wieder nach kaudal und sind dabei nicht einmal Wandernieren. Diese Bewegungen führen sie ca. 16–20-mal pro Minute aus, d. h., im Monat wandern unsere Nieren zwischen 1,9–2,4 km! Mehr als mancher Mensch im Monat.

Unser Herz schlägt im Durchschnitt 75-mal pro Minute, d. h. am Tag 108 000-mal.

Die wellenförmigen, rhythmischen Bewegungen spiegeln sich schon in unserer Entwicklung als Embryo wider. Wer länger osteopathisch arbeitet, fühlt die wellenförmigen Bewegungen des primären Atemrhythmus und kann die Bewegung der inneren Organe spüren. Der gesamte Organismus ist ständig in Bewegung, auch in scheinbarer Ruhe.

1.2.1 Definition der Bewegung

Aber wie definiert man nun Bewegung?

Bewegung wird im physikalischen Sinne als Änderung des Ortes eines Beobachtungsobjektes mit der Zeit verstanden. Fortbewegung, auch Lokomotion genannt, wird allgemein als aktive Bewegung biologischer Individuen (Lebewesen) mit Ortsveränderung bezeichnet. Bei der Lokomotion unterscheidet man außerdem die Motorik, also die Bewegungsfähigkeit des Organismus in sich (Lokomotorik), von der Taxis, der Bewegung gewisser Körperachsen. Bewegung ist folglich die Ortsveränderung eines Körpers oder Massepunktes mit entweder gleichbleibender oder veränderlicher Geschwindigkeit. Am Pflanzen- und Tierkörper ist Selbstbewegung ein Lebenszeichen und fast allen mehrzelligen Tieren ist Selbstbewegung durch Muskeln eigen.

1.2.2 Evolutionäre Gründe für Bewegung

Warum bewegen wir uns?

Die ersten Lebensformen wiesen einen eigenen Stoffwechsel auf, der Leben erst ermöglichte. Die Organismen, die sich im Laufe der Evolution entwickelten, wollten und wollen sich vermehren und suchen einen geeigneten Partner zum Informationsaustausch. Die Sonderform dabei sind Viren, Lebensformen, die den Stoffwechsel anderer Organismen nutzen, um Informationen auszutauschen und sich zu vermehren. Zu Beginn wurde Bewegung also nur genutzt, um RNA- oder DNA-Stränge auszutauschen. Wer sich nicht bewegen konnte, entwickelte Strukturen, die sich bewegen, und damit war der Grundstock für die Samen(zellen) geschaffen. Die entstandenen höheren Lebensformen bildeten Spermien und im Laufe der Evolution ein ausgeklügeltes Sexualverhalten aus, um einen zu engen Genpool zu verhindern. Daraus entstand die Partnersuche. Die Bewegung vom Wasser an Land erlaubte den Organismen, neue Lebensräume zu besiedeln wie den Luftraum und die Erdoberfläche. Aber warum

ding die Zelle überhaupt an, sich zu bewegen? Am Anfang standen nur Stoffwechselfvorgänge im Vordergrund, gefolgt von dem Ziel der Vermehrung. Bewegung entstand also, um Leben zu ermöglichen, und später, um neue Lebensräume zu finden.

Bewegung ist nur möglich, weil zu Beginn die Information stand und immer noch steht (RNA, DNA), Licht als Energiequelle diente und dient (Biophotonen), Wasser die Grundlage des Lebens und der Ausgangspunkt der Bewegung war und ist, das Aktionspotenzial und Stoffwechsel entstanden sind und entstehen, Vermehrung für den Weiterbestand der Lebensform notwendig war und ist, damit neue Lebensräume von verschiedenen Tierarten besiedelt werden konnten und können.

Bewegung ist also nicht nur der Weg von A nach B. Ohne Bewegung wäre Leben überhaupt nicht erst entstanden. Wie meinte Aristoteles: „Das Leben besteht in der Bewegung.“

1.2.3 Voraussetzungen für Bewegung

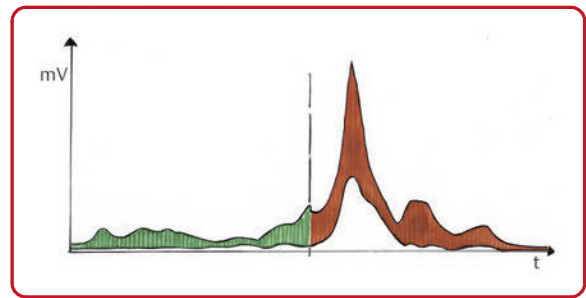
Warum ist Bewegung bei höheren Lebensformen möglich?

Im Laufe der Evolution entwickelten höhere Lebensformen Muskeln, Sehnen, Bänder, Faszien und Knochen. Sie ermöglichten ihnen eine schnellere Bewegung sowohl im Wasser, in der Luft als auch an Land. Der Knochen strukturierte den Körper und gab ihm seine Form, die Bänder stabilisierten höher belastete Strukturen des Knochen-systems und die Faszien und Muskeln verbanden die gesamte Struktur zu einem Ganzen, einer Einheit. Die Muskulatur, die Schwerpunkt in diesem Buch ist, weist eine Besonderheit auf: ihren Muskeltonus, ihre eigene Spannung. Diese weist eine hohe Bandbreite an verschiedenen Spannungszuständen auf.

Faszien, Bänder, Sehnen und Knochen besitzen ebenfalls eine eigene Spannung, die aber im Vergleich zur Muskulatur sehr gering ist in ihren Spannungsspektren.

Die Spannung der Muskulatur kann nur aufgrund eines Aktionspotenzials aktiviert und aufrechterhalten werden. Das Ruhemembranpotenzial einer Muskelzelle entsteht durch die Natrium- und Kalium-ATPase und entspricht dem Kalium⁺-Potenzial. Das Aktionspotenzial dagegen besitzt eine charakteristische Form und ist hauptsächlich durch den schnellen Natrium⁺-Einstrom bedingt. In der Zelle entsteht eine elektrische Spannung. Aus dieser Spannung entsteht das Aktionspotenzial. Kommt es in der Zelle zu einer vorübergehenden charakteristischen Abweichung des Membranpotenzials vom Ruhemembranpotenzial, so spricht man von einem **Aktionspotenzial**, auch **elektrische Erregung** genannt.

Das Aktionspotenzial ist ein singuläres Ereignis, das einen binären Charakter aufweist, d. h., es gibt kein starkes oder schwaches Aktionspotenzial, es erfolgt entweder eine Reaktion oder nicht, die Alles-oder-Nichts-Reaktion. Wir haben hier also das erste in der Natur entwickelte



► **Abb. 1.1** EMG-Messung der Muskelaktivität des M. trapezius (modifiziert nach [32]); Grün = Aktivität des M. trapezius während der Stemmphase. Rot = Aktivität des M. trapezius während der Vorschwingphase.

„binäre System“, das „Alles-oder-Nichts-Gesetz“ oder in Computersprache ausgedrückt: Eins oder Null. Ohne dieses Aktionspotenzial wäre keine Bewegung möglich.

Durch die Entwicklung des Aktionspotenzials ist es der Zelle, der pflanzlichen sowie der tierischen, möglich, eine Erregungsleitung auszulösen. Die tierische Zelle löst durch das Aktionspotenzial im Nervensystem eine Erregung aus und dies führt zur Kontraktion in der Muskulatur (► **Abb. 1.1**).

Allerdings wird nicht der komplette Muskel kontrahiert, sondern der Muskel wird selektiv, regional und lokal angesprochen und aktiviert, sonst wären keine feinmotorischen Bewegungen möglich [88]. Es ist am wahrscheinlichsten, dass jeder Muskelfaszikel einzeln nach dem „Alles-oder-Nichts-Gesetz“ aktiviert werden kann. Über den Muskel läuft eine Kontraktionswelle hinweg und die Muskelfaszikel können bei Bedarf einer nach dem anderen angesprochen werden. Mehrere Muskelfaszikel bilden einzelne Kompartimente und diese können einzeln reagieren und kontrahieren. Es ist also eine selektive, lokale Aktivierung möglich. Auf der anderen Seite können aber die Kompartimente auch gleichzeitig kontrahieren, z. B. beim M. tripces brachii bei der Katze.

Bewegung ist nur möglich, weil sie einem Rhythmus zwischen Aktion und Ruhe unterliegt. Der höhere Organismus unterliegt dem Tag-Nacht-Rhythmus und benötigt ihn, um in seiner Ruhephase die Regeneration des Körpers zuzulassen. In der Wachstumsphase und auch im Training eines Hundes sind Ruhe- und Regenerationspausen elementar. Viele Hundebesitzer überschätzen die Leistungsfähigkeit ihrer Welpen und überfordern sie, nicht nur mental, sondern auch körperlich. Im einfachsten Fall zeigt der Hund Bewegungsunlust durch Muskelkater, im schlimmsten Fall entsteht eine Grünspannfraktur oder z. B. ein fragmentierter Processus anconeus oder coronoideus medialis am Ellbogengelenk. In Kombination mit einem fütterungsbedingten Kohlenhydratüberschuss und/oder einer rassespezifischen Disposition haben wir dann Hunde mit einer hochgradigen Hüft- und/oder Ellbogendysplasie zwischen dem 6. und 10. Lebensmonat in der Praxis stehen. Hier besteht ein großer Aufklärungs-

bedarf der Welpenbesitzer und ein großer Forschungsbedarf über die Bewegungsleistungen von Hundewelpen in Abhängigkeit von Rasse, Alter, Haltungs- und Fütterungsbedingungen. Aber auch beim alten Hund werden Trainingsausmaß und Trainingsdauer oft überschritten. Altersgerechtes Training ist für viele Hundebesitzer ein Fremdwort, genauso wie „Abtrainieren“. Man kann einen Hund nicht von einem Tag auf den anderen aus seinem Training herausnehmen. Das Sportlerherz muss langsam abtrainiert werden. Man kann zwar einen alten Hund mit der Begründung „Der ist alt, der braucht keine Bewegung mehr“ zu Hause lassen, aber tiergerecht ist diese Haltung nicht. Auch alte Hunde brauchen Bewegung in Maßen, der Konstitution und Kondition angepasst.

1.2.4 Störungen der Bewegung

Was passiert bei Störungen der Bewegung oder Beeinflussungen von außen?

Wird Bewegung gestört, kann das zu Störungen in der Homöostase, zu Spannungsänderungen oder -veränderungen in einem Muskel, einer Muskelgruppe oder Muskelkette, in der Folge zur Erkrankung des Organismus und im schlimmsten Fall zum Tod des Lebewesens führen.

Der Organismus versucht immer wieder Gesundheit zu erlangen und setzt verschiedene Mechanismen in Bewegung, um diese zu erreichen. Es entstehen Kompensationsmechanismen. Erst auf zellulärer, dann auf funktioneller und später auf struktureller Ebene.

So wird z. B. am Knochen, den wir anatomisch als eine feste Struktur ansehen, durch die Änderung der piezoelektrischen Felder infolge einer Fehlhaltung erst auf zellulärer Ebene das elektromagnetische Feld um den Knochen herum verändert. Bleibt diese Änderung des elektrischen Spannungsfeldes bestehen, wird die funktionelle Ebene ebenfalls beeinflusst. Dies wirkt sich mit der Zeit auch auf die strukturelle Ebene des Knochens aus. Die Osteophyten werden aktiviert und strukturieren den Knochen entsprechend um. Im schlimmsten Fall kann daraus eine Arthrose oder Spondylose entstehen. Aber auch eine chronische Gastritis kann das piezoelektrische Feld ändern und im thorakolumbalen Übergang zur Spondylose führen [200].

Die Bewegung des Hundes beeinflussen wir z. B. auch durch eine Winkeländerung an einem Gelenk, entweder durch züchterische Maßnahmen, Fehlernährung oder durch eine Gelenkoperation, um nur einige Möglichkeiten zu erwähnen. So kann eine Winkeländerung am Tibiaplateau, z. B. nach einer Knie-OP, Auswirkungen auf den gesamten Organismus, seine Statik und Dynamik zeigen und zu sichtbaren Veränderungen in der Bewegung führen. Im schlimmsten Fall sehen wir Schon- und Fehlhaltungen am Tier, meist läuft der Hund jedoch ohne sichtbare Probleme.

Der Organismus versucht immer Veränderungen zu kompensieren, also auszugleichen, egal welche Ursache ihnen zugrunde liegt (Zucht, Fütterung, Unfall, Operation). Die Frage, die wir uns bei der Untersuchung und Therapie von Bewegungsstörungen stellen müssen, sollte nicht lauten „Wie kann ich diese Kompensation in die Rückläufigkeit bringen und sie wieder aufheben?“, sondern „Hat diese Kompensation eine stabilisierende Funktion bei diesem Tier, die man positiv beeinflussen kann oder nicht?“.

Manche Bewegungskompensationen sind notwendig und erlauben dem Lebewesen seine jetzige Bewegung. Nimmt man dem Tier in dieser Lebenssituation seine komplette Kompensation, kann es passieren, dass es nicht mehr bewegungs- und lebensfähig ist. In solchen Fällen versucht man, den Kompensationsmechanismus zu erkennen und seine Folgen am Hund zu lindern, z. B. die Verspannungen im lumbalen Bereich bei Spondylose durch Massage zu reduzieren, den Gelenkschmerz bei Ellbogenarthrose durch Bewegungstherapie in Form von passiver, passiv-assistiver Bewegung oder Schwimmtherapie usw. zu verringern oder aufzulösen.

Bewegt sich der Organismus nicht mehr in seinem individuellen Rhythmus, kann es zur Stase in der Matrix, der Grundsubstanz, und in Folge zur Ausbildung einer Funktions- und Strukturveränderung auf zellulärer, später auf organischer Ebene kommen. Es entstehen bei Störungen der Homöostase pH-Wert-Änderungen im Organismus. Gesundes Gewebe ist leicht basisch. Bei Erkrankung sinkt der pH-Wert und das Gewebe wird sauer und damit schmerzhaft. Der Teufelskreis Schmerz kommt in Gang:

Geringgradiger Schmerz \Rightarrow Verspannung \Rightarrow Freisetzung von Schmerzmediatoren \Rightarrow mittelgradiger Schmerz \Rightarrow weitere Verspannungen \Rightarrow Freisetzung von Schmerzmediatoren \Rightarrow hochgradiger Schmerz \Rightarrow weitere Verspannung \Rightarrow Freisetzung von Schmerzmediatoren \Rightarrow Folge: Der Schmerz verselbständigt sich und leider reagiert der Bewegungsapparat immer auf jede Art von Schmerz [200].

Außerdem sind Stoffwechselprodukte an der Schmerzentstehung beteiligt, u. a. bei exzentrischen Muskelkontraktionen: Man kontrahiert die Muskeln, dehnt aber gleichzeitig den gesamten Muskelstrang. Dies führt zu Muskelkater und einer großen Anzahl anfallender Stoffwechselprodukte, die den Muskelschmerz noch verstärken.

Wird der Teufelskreis nicht unterbrochen, sondern weiter gefördert, so entstehen Bewegungseinschränkungen, Leistungsschwund, Durchblutungsstörungen, später Muskeltrophie und in deren Folge Bewegungsunfähigkeit. Erfolgt keine Behandlung, kommt es im schlimmsten Fall zum Stillstand auf allen Ebenen und im Endeffekt zum Tod. Doch selbst der Tod ist nur eine scheinbare Ruhe. Für den toten Organismus ist das Leben beendet, aber im Organismus selbst bewegen sich auf molekularer

Ebene die verschiedensten Bakterien, Enzyme, Eiweiße, Fette usw., sie zerfallen und stellen mit ihren atomaren Strukturen wieder das Ausgangsmaterial zur Entstehung von neuer Bewegung dar.

1.3

Allgemeines zur Bewegung

1.3.1 Orientierung

Die Orientierung des Tierkörpers im dreidimensionalen Raum erfolgt über die Sinnesorgane und ihre verschiedenen Rezeptoren. Die Propriozeptoren fungieren als mechanische und statische Rezeptoren. Sie dienen dazu, dem ZNS die Haltung und Stellung sowie die Bewegung des Hundes im dreidimensionalen Raum zu vermitteln. Jegliche Spannungsänderung in der Gelenkkapsel, am Bandapparat, in der Sehne oder im Muskel wird von ihnen registriert. Im Gegensatz zu den Propriozeptoren besitzen die Nozizeptoren (Schmerzrezeptoren) eine höhere Reizschwelle. Dadurch werden sie erst aktiviert, wenn eine größere Belastung auf die Gelenkkapsel einwirkt. Man findet die Nozizeptoren in der Haut, an den Gelenkstrukturen, in der Muskulatur sowie in den inneren Organen. Durch einen erhöhten Druck im Gelenk selbst oder an den Gelenkstrukturen, z. B. bei einem Gelenkguss oder durch eine Entzündung im Gelenkbereich, entsteht Nozizeption, Schmerz.

Wird der Körper vom Schwerpunkt entfernt, also bewegt, wird über die Sinnesorgane des Körpers als auch über die Rezeptoren- und Muskelaktivität das Gleichgewicht wiederhergestellt.

1.3.2 Bewusste Bewegung

Die Bewegung des Tieres wird durch Knochen, Muskeln, Sehnen und Bänder ermöglicht. Die Muskulatur gewährleistet dabei eine aktive Anpassung von Stellung und Bewegung im dreidimensionalen Raum. Die passive Bewegungssteuerung erfolgt durch die nichtkontraktile Strukturen der Gelenkkapsel und der Bänder. Durch sie wird der physiologische Bewegungsstopp gesteuert und der achsengerechte Ablauf der Gelenkbewegung ermöglicht. Bei einer Störung des achsengerechten Ablaufs der Bewegung, z. B. durch eine funktionelle oder strukturelle Ursache, wird die Muskulatur eingesetzt. Über propriozeptive und nozizeptive Feedbackafferenzen, die sich in den Gelenkkapseln und den gelenksumgebenden Bändern befinden, erhält die Muskulatur die Informationen über den gestörten Bewegungsablauf und führt die Korrektur aus. Muskelspindeln sind die Rezeptoren in den Stell- und Halterelexen. Sie sind damit auch für die Koordination von bewussten Bewegungsabläufen essenziell.

Schon bei der kleinsten Bewegung werden zwei Knochen über ein Gelenk gegeneinander bewegt. Dabei ist das Gelenk meist der Drehpunkt, also der Ort, an dem Be-

wegung stattfindet. Diese Bewegung wird durch die körpereigenen Kräfte oder durch äußere Kräfte (z. B. bei der passiven Bewegung) ausgelöst. Die Körperteile und die Knochenstrukturen dienen bei diesen Bewegungen als Hebel, die die Bewegung anzeigen. Erfolgt eine Winkeländerung zwischen den Hebeln, so entsteht Bewegung. Die dabei entstandene Bewegungsachse ist eine gedachte Linie, die sich um die Hebelarme bewegt. Über aufsteigende (spinokortikale) und absteigende (kortikospinale) Bahnen sowie über die Lokomotionszentren (Großhirnrinde, subthalamischer Kern, Kleinhirn, Hirnstamm – Nucleus ruber, mesenzephalisches Lokomotionszentrum, segmentale Reflexbögen: C5–Th1 Zervikalschwellung und L4–L6 Lumbalschwellung) wird der Bewegungsablauf reguliert. Durch periphere Feedbackafferenzen werden gespeicherte Bewegungsmuster aktualisiert.

Die Großhirnrinde steuert den Willen und die Entschlusskraft, sich in Bewegung zu setzen. Sie beeinflusst über die motorischen absteigenden Bahnen den subthalamischen Kern. Dieser ist verantwortlich für die Abstimmung bzw. Zielsetzung von Spontanbewegungen. Der subthalamische Kern ist dem mesenzephalischen Lokomotionszentrum vorangestellt. Das mesenzephalische Lokomotionszentrum ist bilateral symmetrisch angelegt und befindet sich auf Höhe des rostralen Mittelhirns. Es stimmt die Spontanbewegungen aufeinander ab. Durch eine Läsion im subthalamischen Kern ist das Gangbild des Hundes fast physiologisch, allerdings kann er keine zielgerichtete Bewegung mehr ausführen. Er zeigt oft eine Drangbewegung nach vorne.

Die fein abgestimmten Bewegungsabläufe werden durch das Kleinhirn gesteuert. Es regelt gemeinsam mit dem vestibulären System den Muskeltonus und das Gleichgewicht.

Bei der Stimulation des physiologischen Bewegungsablaufs wird abwechselnd eine Extension (= Stemmphase) und eine Flexion (= Vorschwingphase) der Gliedmaße eingeleitet. Die segmentalen Reflexbögen, die sich zwischen der Vorder- und Hintergliedmaße befinden, stellen den internen Regelkreis dar, der die kontralaterale Seite so steuert, dass eine wechselseitige Bewegung ausgeführt wird. Dadurch befindet sich z. B. die rechte Vordergliedmaße in der Vorschwingphase in Flexion (+), während die Extension blockiert wird (-). Die linke Vordergliedmaße befindet sich zur gleichen Zeit in der Stemmphase, also in Extension (+), während die Flexion blockiert wird (-). Bei Rückenmarksläsionen im thorakolumbalen Bereich wird dieser Regelkreis sichtbar. Die Bewegungen der Vordergliedmaße werden über die Zervikal- und Lumbalschwellung mit den Bewegungen der Hintergliedmaße koordiniert. Die propriospinalen Bahnen, die aus afferenten und efferenten Bahnen bestehen, sind für die ausgeübte Bewegung zuständig. Durchtrennt man das thorakale Rückenmark, nehmen die propriospinalen Bahnen mit der Zeit selbständig externe Stimuli auf und es erfolgt eine motorische Bewegung. Ein Hypertonus der

Hintergliedmaßenmuskulatur kann sich entwickeln und es entsteht ein unkoordinierter Bewegungsablauf, den man als spinales Gehen („spinal walking“) bezeichnet.

Aber die Bewegung der Gliedmaße wird nicht nur über das Rückenmark gesteuert, sondern auch über Muskelspindeln und die spezielle Beinconfiguration des Tieres. Tritt der Hund z. B. in ein Mäuseloch, so werden die Ausweichbewegungen über die Zick-Zack-Konstruktion des Beines ausgeglichen (laut Fischer und seinen Jenaer Kolleginnen und Kollegen eine „intelligente Mechanik“ [64]). Bei einem Fehltritt kann der Hund beim Auffüßen die Gliedmaße weiterführen. Eventuell wird in einem oder mehreren Gelenken stärker eingeknickt, ohne dass ein

größerer Steueraufwand dafür notwendig wäre. Diese spezielle Beinconstruction kann also in erheblichem Maße auf Unregelmäßigkeiten reagieren. Durch eine sehr hohe Anzahl von Muskelspindeln in den kurzen Muskeln der Pfote, z. B. den Mm. lumbricales oder den Mm. interflexorii, besitzt das Tier eine muskeleigene Sensorik, die für die Stabilisierung der Muskelvorspannung, der Erhaltung einer bestimmten Gelenkstellung sowie der Körperhaltung verantwortlich ist. Sie stellt ein wichtiges Rückkopplungssystem zwischen der Gliedmaße und dem Rückenmark dar. Der Hund ist dadurch in der Lage, die Gliedmaßenstellung auf Rückenmarksebene zu koordinieren und zu korrigieren.

2 Statik und Dynamik des Hundes

2.1

Statik

Statik befasst sich mit dem Gleichgewicht von Kräften, die sich auf einen belebten oder unbelebten Körper auswirken. Beim Hund bedeutet Statik die Wahrung der unbewegten Haltung im Stand und Ruhe des Tierkörpers im dreidimensionalen Raum. Das Eigengewicht des Hundes wird dabei gegen den Schwerpunkt und die Schwerkraft eingesetzt. Dort, wo sich ventrale und dorsale Kräfte des Hundekörpers im Gleichgewicht befinden, liegt der Schwerpunkt. Der Schwerpunkt des Hundes ist nur ein imaginärer Punkt und die Schwerkraft zieht nur an diesem Punkt. Der Körper bleibt so lange im Gleichgewicht, wie das Lot des Schwerpunktes die Unterstützungsfläche trifft. Die Unterstützungsfläche (S.31) beim Hund ist die kleinste Fläche, die die Kontaktstellen aktivierter Körperabschnitte mit der Unterlage einschließt. Dabei befinden sich die Gliedmaßen im Stand in Extension und die Brust-Rücken-Becken-Linie verläuft parallel zum Untergrund. Der Kopf wird durch den Hals und den Nacken im Gleichgewicht gehalten. Stehen ist also nur durch Reflexaktivität möglich. Über verschiedene Rezeptoren wie z. B. Dehnungs- und Mechanorezeptoren, durch seine aktiven Lokomotionszentren und durch die Arbeit des vestibulären Systems ist der Hund erst in der Lage, zu stehen und sich zu bewegen.

Die physiologische Haltung des Hundes gewährleisten Stützstrukturen wie Bänder, Sehnen, Faszien, Knochen und Gelenke. Für die Körperhaltung im Raum und für seine Bewegungen sind dynamische Strukturen wie die Muskeln und ihre sehnigen Anheftungen zuständig.

Die Körperkonstruktion des Hundes wird mit einer „Bogensehnenbrücke“ (► Abb. 2.1) verglichen. Die Brust- und Lendenwirbelsäule und das Becken mitsamt ihrer Muskulatur und der Sehnen stellen den Brückenbogen dar. Der Brückenbogen ist gekennzeichnet durch seine Beweglichkeit, seine Elastizität durch die Zwischenwirbelscheiben, die verspannenden Ligamente sowie seine Tragfähigkeit. Die Brückensehne wird aus dem Brustbein, der Linea alba und der Bauchmuskulatur gebildet.

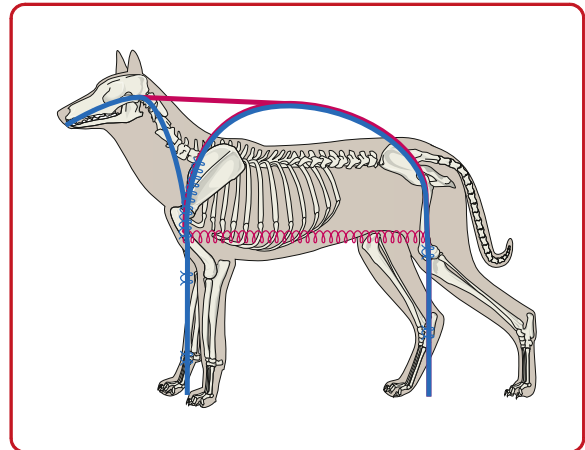
Die Bogensehne wird mit dem Brückenbogen über die Rippen, die schiefe Bauchmuskulatur und deren Aponeurosen verbunden. Durch diese Konstruktion ist die „Bogensehnenbrücke“ eine hochbelastungsfähige Einheit.

Die Vordergliedmaßen sind flexibel mit der Bogensehnenbrücke verbunden. Der Brustkorb des Hundes ruht geradezu in einem muskulösen Tragegurt. Dieser wird aus dem M. serratus ventralis und den Mm. pectorales gebildet. Durch den muskulösen Tragegurt wird der Zug der Bogensehne nur indirekt auf den Brückenbogen übertragen und die Bewegungen des Tieres werden elastisch

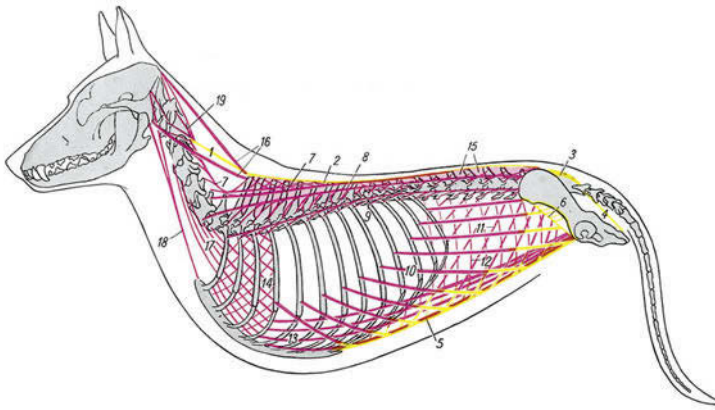
und stoßbrechend abgefangen. Aus diesem Grund ist in der Abbildung an der Vordergliedmaße die „Bogensehnenbrücke“ als stoßdämpfende Metallfeder dargestellt. Die Hintergliedmaßen sind im Gegensatz dazu relativ fest (über das Kreuzbein) mit der Bogensehnenbrücke verbunden. Dadurch wird der Druck direkt von den Hintergliedmaßen auf das Becken und auf den Brückenbogen übertragen.

Durch die vordere Stütze, gebildet aus Kopf und Hals, und die hintere Stütze, bestehend aus Kreuzbein und Schwanz, kann der Körper die auf ihn wirkenden Kräfte während des Standes und in Bewegung ausgleichen. Der Körperschwerpunkt kann durch die vordere Stütze problemlos durch Heben oder Senken der Kopf-Hals-Verbindung verlagert werden.

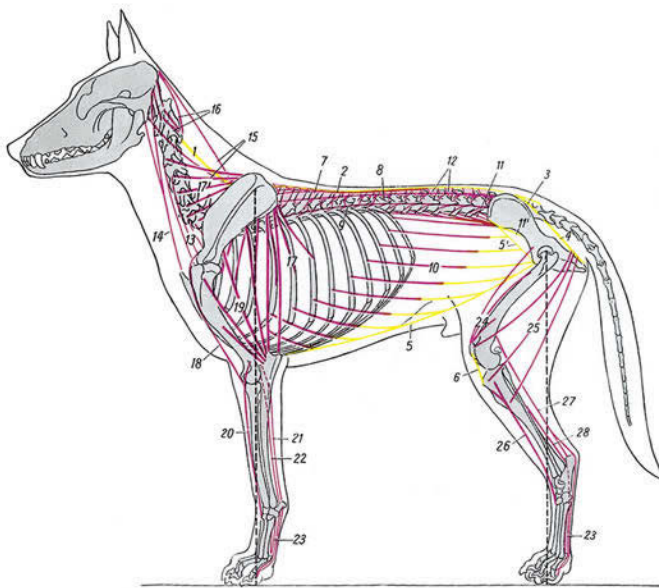
Die Gliedmaßen wirken in der Statik und Dynamik als regelrechte Hebelwerke der Bogensehnenbrückenkonstruktion. Die Vordergliedmaßen fungieren als Auffanghebelwerke, die das Gewicht, das die Hintergliedmaßen bei Bewegung verursachen, auffangen und abfedern. Die Hintergliedmaßen dagegen dienen als Wurf- oder Stemmhebelwerke, die die Hauptschubkräfte für die Vorwärtsbewegung liefern. Durch die Fixierung der gewinkelten Hebelwerke durch Bänder, Sehnen und Muskeln wird das Einknicken verhindert (► Abb. 2.2, ► Abb. 2.3). Hier sind besonders die Antischwerkraftmuskeln gefragt.



► **Abb. 2.1** Die „Bogensehnenbrücke“. Blau: Druckbeanspruchung. Die große blaue Sprungfeder stellt die Muskelschlinge der Vordergliedmaßen aufhängung, die kleinen Sprungfedern die Gelenke dar, die den auftretenden Druck bei Bewegung abfangen. Stoßdämpferfunktion. Rot: Zugbeanspruchung. Die große rote Sprungfeder stellt die ventrale Brust- und Bauchmuskulatur dar, die den Druck abfängt.



► **Abb. 2.2** Schematische Darstellung statisch wichtiger Bauelemente des Stammes des Hundes. 1 Nackenstrang, 2 Lig. supraspinale, 3 Lig. sacroiliaca dorsalia, 4 Lig. sacrotuberale, 5 Linea alba, 6 Lig. inguinale, 7 M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, 8 M. longissimus, 9 M. iliocostalis, 10 M. obliquus externus abdominis, 11 M. obliquus internus abdominis, 12 M. transversus abdominis, 13 M. rectus abdominis, 14 Mm. intercostales, 15 Mm. interspinales, 16 M. splenius, 17 Mm. scaleni, 18 M. sternocephalicus, 19 gerade und schiefe Kopfmuskeln. (aus Nickel R, Schummer A, Seiferle E. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band 1: Bewegungsapparat. Parey 2003)



► **Abb. 2.3** Schematische Darstellung statisch wichtiger Bauelemente des Stammes und der Gliedmaßen beim Hund. 1 Nackenstrang, 2 Lig. supraspinale, 3 Ligamenta sacroiliaca dorsalia, 4 Lig. sacrotuberale, 5 Linea alba, 5' Lig. inguinale, 6 gerades Knieband, 7 M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, 8 M. longissimus, 9 M. iliocostalis, 10 M. obliquus externus abdominis und übrige Bauchmuskeln, 11 M. psoas minor, 11' seine Sehne, 12 Mm. interspinales, 13 Mm. scaleni, 14 M. sternocephalicus, 15 M. splenius, 16 gerade und schiefe Kopfmuskeln, 17 Halsportion des M. serratus ventralis, 18 M. biceps brachii, 19 M. triceps brachii, 20 M. extensor carpi radialis, 21 M. flexor digitorum superficialis, 22 M. flexor digitorum profundus, 23 Mm. interossei, 24 M. quadriceps femoris, 25 M. biceps femoris, 26 M. tibialis cranialis, 27 M. flexor digitorum superficialis, 28 M. flexor digitorum profundus. (aus Nickel R, Schummer A, Seiferle E. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band 1: Bewegungsapparat. Parey 2003)

2.2

Statikveränderungen und deren Folgen

Viele Erkrankungen des Hundes können zu Veränderungen in der Statik führen. So können z.B. muskuläre und nervale Erkrankungen, degenerative oder entzündliche Veränderungen an den Bandscheiben, den Wirbelkörpern und Gelenkknochen Schmerzen auslösen, die sowohl als Folge wie auch als Ursache die Statik maßgeblich beeinflussen (► Tab. 2.1). So kann z.B. durch eine Instabilität in einem Gelenk die ausgelöste Nozizeption die segmentale

Muskulatur hemmen. Infolgedessen werden die Bänder in diesem Gebiet gereizt und es entsteht mit der Zeit eine Entzündung. Wird die Entzündung nicht erkannt, reagiert der Körper mit einer Kompensationsreaktion: Es erfolgt eine Verfestigung im betroffenen Gebiet durch Verquellung des Gewebes, später kommt es sogar zur Verknöcherung wie z.B. bei einer Ellbogenarthrose oder Spondylose. Durch diese Veränderungen kommt es zu funktionell beeinträchtigten Bewegungen in den Gelenken und in deren Folge zu Stellungsveränderungen in den verschiedenen Körperteilen. Bei Schon- und Fehlstellungen werden manche Gelenke vermehrt beansprucht bis hin zur Überbeanspruchung.

► **Tab. 2.1** Mögliche Störanfälligkeiten des Bewegungsapparats.

Teil des Bewegungsapparats	Funktion
Knochengestüt	<ul style="list-style-type: none"> • gewährleistet Stabilität des Bewegungsapparats
Gelenke	<ul style="list-style-type: none"> • Stabilitätsfaktor für die Statik • Bewegungsfaktor für die Dynamik
Muskulatur	<ul style="list-style-type: none"> • dient der Gelenkbeweglichkeit • tonische Muskulatur erhält die Statik • phasische Muskulatur dient der Dynamik
Rezeptoren an Gelenken und in Muskeln	<ul style="list-style-type: none"> • vermitteln Haltung, Stellung und Bewegung im dreidimensionalen Raum • dienen der Schadensabwägung durch verschiedene Rezeptoren • ermöglichen die Flucht

2.2.1 Statikveränderungen, Knochenumgestaltungen und gestörte Gelenkfunktionen

Aufgrund von skelettären Entwicklungsstörungen während des Wachstums durch Fehlernährung, diverse Vorerkrankungen des Welpen oder falsche Vorbehandlungen kann sich z. B. ein Gelenkpartner nicht richtig ausbilden. Es kommt im betroffenen Gelenk zu einer lokal gesteigerten Kraftübertragung auf den zweiten Gelenkpartner und der belastete Knorpel geht infolge der überhöhten Druckbelastung mit der Zeit zugrunde. Dabei wird auch die Federfunktion des Knorpels geringer. Bei Bewegung wirken sich die an- und abschwelenden dynamischen Kräfte negativ auf das Gelenk aus und der Knorpel wird weiter abgebaut und der Knochen eventuell sogar umgestaltet.

Folgen der Gelenkfunktionsstörung: Der Organismus versucht die Störungen im „normalen“ Funktionsablauf zu kompensieren. Der Circulus vitiosus der Dysbalance nimmt seinen Anfang. Die tonische Muskulatur inhibiert auf spinaler Ebene die phasischen Antagonisten, in Folge wird die phasische Muskulatur geschwächt und es kommt zur Gelenkfehlstellung. Das propriozeptive Feedback der Dysbalance wird verstärkt und für die abgeschwächte Muskulatur werden vermehrt Synergisten eingesetzt. Diese verstärken die Fehlstellung noch.

Die tonische Muskulatur wird bereits bei einer Gelenkfehlstellung um einige Grad stimuliert und die Verkürzungsneigung der Muskulatur aktiviert. Die veränderte Muskelbelastung führt zu einer funktionellen Anpassung. Die entstehende Dysbalance der Muskulatur kann zu Stellungsänderungen der Gelenkpartner und/oder des Nachbargelenks (Achsenabweichungen, Winkeländerungen, Rotationen) und/oder zu Instabilitäten im Gelenk führen.

Palpatorische Veränderungen bei einer Gelenkfunktionsstörung treten in Form von Einschränkungen des bestimmungsgemäßen Gebrauchs der anatomischen Struktur auf, z. B. durch ein gestörtes Gelenkspiel, harte Fede-

rung, reflektorische Veränderungen oder Schmerzen, und führen letztendlich zu Bewegungseinschränkungen.

Durch Verschiebung der Gelenkpartner gegeneinander werden besonders die exponierten Processus belastet, meist sogar überlastet. Im schlimmsten Fall führt die Fehlstellung des Gelenks zur Processusfraktur.

Der Organismus versucht natürlich dem im Gelenk entstehenden Schmerz auszuweichen, der die Gelenkfunktion am meisten beeinträchtigt. Infolgedessen entsteht ein invalisierender Circulus vitiosus mit Verklebungen, Fibrosen, Muskelatrophien, Muskelhypertonie in der ipsilateralen und der diagonalen Gliedmaßenmuskulatur, Schwerpunktverlagerungen nach kranial oder kaudal, eventuell sogar Rotation der gesamten Gliedmaße, Gelenkwinkelveränderungen usw. Beispiele sind: Hyperextension im Karpalgelenk, Epiphysenverletzungen, vorzeitiger Epiphysenschluss, Carpus valgus, Radius curvus.

Im Röntgenbild ist mit der Zeit die veränderte Inkongruenz immer ausgeprägter zu sehen. Sie weicht immer mehr von der „physiologischen Inkongruenz“ der Gelenkpartner ab. Die auf das Gelenk einwirkenden unphysiologischen Vektoren führen mit der Zeit durch die entstehende Malformation zum funktionellen Knochenumbau (reaktive Sklerosierung) und es entstehen die bekannten Folgeerkrankungen.

Das Gelenk wird auch durch die Einwirkung der umgebenden Muskulatur maßgeblich beeinflusst, z. B. durch einen Muskelfaserriss oder durch eine neurologische Koordinationsstörung des Tieres. Auch andere Erkrankungen können diese Folgeerscheinungen auslösen wie unten beschrieben. Besteht die Gelenkfunktionsstörung länger, kommt es zu Veränderungen im Gelenkaufbau und deswegen zu Veränderungen in der Gelenkstruktur. Diese sind durch bildgebende Verfahren gut nachweisbar.

Außerdem können Gelenkfehlstellungen Ausweichbewegungen in anderen Körperabschnitten auslösen. So kann z. B. eine Wirbelsäulenfehlstellung zur Kippung und Rotation des Beckens zur Gegenseite mit den entsprechenden Folgeerscheinungen führen.

Einige mögliche **Ursachen für eine gestörte Gelenkfunktion** und in deren Folge eine Gelenkfehlstellung sind:

- hochgradige Adipositas (und damit eine erhöhte Gewichtsbelastung der Gelenke und des Herz-Kreislauf-Systems, besonders belastet sind wachsende oder alte Hunde)
- Mangel- und/oder Fehlernährung (Kohlenhydratüberschussfütterung mit zu schnellem Wachstum usw.)
- angeborene lokomotorische Erkrankungen
- Wachstumsstörungen, z. B. Salter-Harris Typ I–V, Osteochondrosis dissecans, Enostose, Morbus Osgood-Schlatter, enchondrale Ossifikationsstörungen
- Störungen der Muskelspannung
- Verkürzung der elastischen und kontraktilen Strukturen

- Gewebeverquellungen, Gewebeverhärtungen und evtl. Gewebeverklebungen durch ein akutes Trauma wie z. B. Distorsion, Patellaluxation, Bänderriss
- nervale Erkrankungen, z. B. chronischer Bandscheibenvorfall
- degenerative Erkrankungen, z. B. Arthrose, Hüftdysplasie
- endokrinologische Erkrankungen, z. B. Hypothyreose, Hyperadrenokortizismus, Diabetes mellitus
- metabolische Erkrankungen, z. B. Hypervitaminose A, Hypovitaminose D
- immunologische Erkrankungen, z. B. systemischer Lupus erythematodes, rheumatoide Arthritis, idiopathisch immunmedierte Polyarthrit
- nichtinfektiöse entzündliche Gelenkerkrankungen, z. B. reaktive Polyarthrit (durch Pilze, Bakterien, Parasiten, Medikamente oder Vakzine hervorgerufen)
- infektiös entzündliche Gelenkerkrankungen, z. B. septische Arthritis, Osteomyelitis, Polyarthrit (durch Mykoplasmen, Rickettsien, Bakterien, Borreliose, Prototekten [Grünalgen] oder Pilze hervorgerufen); bei Jungtieren auch nach einer Gastroenteritis möglich
- aseptische Femurkopfnekrose (Legg-Calve-Perthes)
- Prostataerkrankungen
- zirkulatorische Grunderkrankungen können u. a. zu Veränderungen der Gelenkbiomechanik führen
- Tumoren u. a.

Bei **Statikveränderungen** ist es wichtig, die Kompensationsmechanismen zu erkennen und zielgerichtet zu therapieren. Dabei ist darauf zu achten, ob die Kompensationsmechanismen noch zu behandeln sind oder nicht, ohne dem Tier durch die falsche Therapie Schaden zuzufügen. Liegt „nur“ eine Funktionsstörung des Gelenks vor, ohne strukturelle Veränderungen, kann man eine Verringerung oder Beseitigung der Fehl- oder Überlastung des Gelenks und eine Normalisierung der peripheren Strukturen anstreben. Die muskuläre Dysbalance kann verbessert oder sogar vollständig wiederhergestellt werden. Durch Verringerung bzw. Beseitigung der Gelenkfunktionsstörung kann der Schmerz reduziert bzw. ebenfalls vollständig beseitigt werden. Der Hund kann wieder auf eine physiologische Haltung und Bewegung durch eine gezielte physiotherapeutische Behandlung konditioniert werden.

Bei einer **Strukturveränderung im Gelenk** steht die Lebensqualität des Tieres im Mittelpunkt. Der Schwerpunkt der Therapie dagegen liegt auf der Schmerzlinderung, der Verbesserung des Bewegungsausmaßes des Gelenks und der Funktionsverbesserung der umgebenden Gelenkstrukturen. Weitere Statikveränderungen sollten vermieden werden.

2.2.2 Statikveränderungen und Muskelfunktionsstörungen

Muskulatur verlangt nach Bewegung. Sie benötigt den Bewegungsreiz, um physiologisch auf Reize wie Belastung und Entlastung, Zug und Druck reagieren zu können. Kommt es zu einer Reizminderung oder zu einem vollständigen Fehlen von Bewegungsreizen, wird die Muskulatur nicht mehr optimal ernährt. Dies zieht Veränderungen und Funktionsstörungen des einzelnen Muskels nach sich und in Folge treten Störungen in der Bewegung auf. Durch Funktionsstörungen in der Muskulatur können Leistungs- und Funktionsminderungen in der Muskelkraft, der Ausdauer, dem Spannungszustand der Muskelstruktur und der Dehnungsfähigkeit des Muskels auftreten. Des Weiteren können die für die aktive Bewegung des Tieres zuständigen Halte- und Führungsfunktionen der Muskulatur beeinträchtigt sein. Muskelfunktionsstörungen können verschiedene Beschwerden oder Bewegungsdefizite für das Tier nach sich ziehen.

Durch eine Reduzierung der Muskelspannung (**Hypotonus**) kann z. B. die muskuläre Stabilität eines Gelenks beeinträchtigt werden oder es kann im schlimmsten Fall zum Ausfall der Gelenkfunktion kommen. Bleibt die Überbeanspruchung der gelenkumgebenden Strukturen längere Zeit bestehen, können degenerative Veränderungen am Gelenk oder in der Gelenkumgebung auftreten. Liegt eine zu hohe Muskelspannung vor (**Hypertonus**), kann es zu Bewegungseinschränkungen im Gelenk und seiner Umgebung kommen. Treten generalisierte Veränderungen in der Muskulatur auf, sind auf alle Fälle weiterführende Untersuchungen erforderlich.

Einige mögliche **Ursachen für Muskelfunktionsstörungen** können sein:

- **Hypotonus:** Hypotone Muskulatur weist besonders bei Kontraktion einen Druckschmerz im Muskel auf (**Kontraktionsschmerz**). Ein lokaler Hypotonus liegt z. B. bei einer schlaffen Lähmung oder bei einer Innervationsstörung vor. Bei einem bewusstlosen Tier liegt ein generalisierter Hypotonus vor.
- **Hypertonus:** Hypertone Muskulatur weist besonders bei einer Muskeldehnung Druckschmerz im Muskel auf (**Dehnungsschmerz**). Die Veränderung kann lokal auftreten, z. B. bei einer Myogelose, oder generalisiert, z. B. bei einer Tetraspastik. Die Muskulatur ermüdet sowohl bei einem Hypotonus als auch bei einem Hypertonus schneller. Die Kraftentfaltung der Muskulatur ist deutlich vermindert. Mit der Zeit läuft der Hund langsamer und die augenfälligen Symptome vermehren sich. Der Hund zeigt beim Aufstehen eine deutliche Steifigkeit und er muss sich erst „einlaufen“.
- Eine **Muskeldysbalance** liegt vor, wenn das Gleichgewicht zwischen Muskellänge und Muskelkraft gestört ist. Dies kann z. B. bei der gelenkumgebenden Muskulatur zu einem fehlerhaften Gelenkmechanismus führen.

- **Muskelinuffizienz:** Man unterscheidet zwischen einer passiven und einer aktiven Muskelinuffizienz. Bei der passiven Muskelinuffizienz lässt sich der Muskel nicht mehr so weit wie ein gesunder Muskel dehnen. Das Bewegungsmaß der Hebelarme kann nicht mehr bis zur Arretierung ausgeführt werden. Bei einer aktiven Muskelinuffizienz ist der Muskel nicht mehr in der Lage, die Extremstellung seiner Hebelarme durch Kontraktion aktiv zu fixieren. Physiologischerweise kommt das bei zweigelenkigen Muskeln vor, pathologischerweise bei eingelenkigen Muskeln.
- **Muskelprellung:** Durch direkte Gewalteinwirkungen auf die Muskulatur bildet sich ein Hämatom. Es kommt zu einer reaktiven Muskelverhärtung bis hin zum partiellen Zelluntergang. Die Muskulatur heilt narbig ab. Der Hund zeigt nach der Muskelprellung sofort akute Schmerzen sowie Lahmheit. Das Bewegungsausmaß ist schmerzhaft eingeschränkt.
- Eine **gestörte Muskelaktivität** ist bedingt durch zentrale und/oder periphere Paresen.
- **Muskelverkürzung (S. 142)**
- **Muskelzerrung:** Hier bleibt die anatomische Muskelstruktur erhalten. Es liegen krampfartige und schnell zunehmende Schmerzen vor.
- **Muskelriss:** Bei einem partiellen Muskelriss treten an der Stelle der Verletzung Dehnungs- und Anspannungsschmerzen auf. Bei einem vollständigen Muskelriss ist die Kontraktion des Muskels nicht mehr möglich. Es liegen akute, stechende Schmerzen, Hämatombildung und plötzliche, akute Lahmheit vor. Die Rupturstelle ist als deutliche Vertiefung zu fühlen.
- **Muskelatrophie:** Der unbewegte oder gelähmte Muskel verliert an Muskelsubstanz und an Muskelkraft. Die Folge: Muskelatrophie. Bleibt diese längere Zeit bestehen, kann es zur Muskelkontraktur kommen. Bei der Muskelatrophie ist die Durchblutung des Muskels und damit auch der Muskelstoffwechsel gestört. Dies fördert weiterhin die Atrophie. Man unterscheidet zwischen Inaktivitätsatrophie und degenerativer Atrophie.
 - **Inaktivitätsatrophie:** Der Muskel wird längere Zeit nicht vollständig beansprucht, z.B. durch Bewegungsmangel des Hundes oder nach einer Operation. Sie kann auch bei einer neurologischen Schädigung des oberen motorischen Neurons auftreten. Sie entwickelt sich langsam und wird erst nach 3–4 Wochen sichtbar. Viele alte Hunde leiden unter der Inaktivitätsatrophie, da der Besitzer denkt, dass der alte Hund mehr Ruhe benötigt.
 - **Degenerative Atrophie:** Sie tritt bei einer neurologischen Schädigung des unteren motorischen Neuronsystems auf (infranukleäre und nukleäre Lähmungen). Sie kann sich innerhalb einer Woche bis zu einem hochgradigen Stadium entwickeln. Der Muskel ist atonisch und kann reflektorisch nicht erregt werden. Der Hund weist relativ schnell Bewegungsstörungen auf, so z.B. bei der spinalen Muskelatro-

phie des Deutschen Schäferhundes oder der progressiven neurogenen Muskelatrophie des English Pointers. Sie kann auch durch parasitäre Erkrankungen wie Neosporose oder Leishmaniose ausgelöst werden, aber auch durch eine organische Erkrankung. So führt z.B. der Insulinmangel bei Diabetes mellitus zur Proteolyse und in Folge kommt es zur Muskelatrophie und Muskelschwäche.

- Bei einer **Hepatopathie** kann die Leber den insulinähnlichen Wachstumsfaktor I (insulin-like growth factor, IGF-I) nicht mehr bilden. Dieses IGF-I wirkt aber auf den Protein- und Zuckerstoffwechsel sowie auf den Knochen-, Muskel- und Knorpelstoffwechsel. Entwickelt sich ein IGF-I-Mangel, so entsteht aufgrund der Proteolyse ebenfalls eine Muskelatrophie und Muskelschwäche.

Myopathien

Weitere Muskelerkrankungen, die eine Muskelfunktionsstörung und oft auch eine Statikveränderung nach sich ziehen können, aber nicht zwangsläufig müssen, sind die **Funktions-** und die **Strukturmyopathie**. Bei der Funktionsmyopathie wird die morphologische Struktur der quergestreiften Muskulatur nicht verändert. Bei den Strukturmyopathien kommt es zu degenerativen und/oder entzündlichen Veränderungen der Muskulatur oder sie treten stoffwechselbedingt auf.

Die Symptome der beiden Myopathiearten sind sich recht ähnlich. Beim Hund treten schlaffe Lähmungen ohne Sensibilitätsstörungen auf. Je nach Schädigungsgrad sind die Eigenreflexe normal, herabgesetzt oder fehlen. Es treten vorwiegend symmetrische Veränderungen in den betroffenen Körperbereichen auf und häufig ist eine langsame, aber fortschreitende Muskelatrophie zu sehen. Im Blutbild sind die veränderten Muskelenzyme nachweisbar.

Myopathien können auftreten durch:

- vaskuläre Störungen (Ischämische Neuromyopathie) und metabolische Störungen (Hypothyreose, hypokaliämische Myopathie, Glukokortikoid-induzierte Myopathie)
- degenerative Erkrankungen (Myositis ossificans)
- entzündliche Erkrankungen (Myositis eosinophila, Polymyositis, Dermatomyositis)
- traumatische Einwirkungen (Myositis traumatica)
- infektiöse Erkrankungen (Toxoplasmose, Neosporose, Leptospirose)
- Neoplasien (primäre und/oder sekundäre Tumoren)
- Anomalien (Muskeldystrophie)
- Muskelschwäche (Myasthenia gravis, Hyperadrenokortizismus, Botulismus, Kataplexie, Narkolepsie, Hypomagnesiämie, metabolisch bedingte Muskelschwäche hervorgerufen durch Glukokortikoide)

2.3

Bewegungsdynamik des Hundes**2.3.1 Schwerkraft und Antischwerkraftmuskel**

Schwerkraft ist die Kraft, die in einem Schwerefeld (Gravitationsfeld) auf einen Körper einwirkt. Die Schwerkraft setzt sich zusammen aus der Anziehungskraft, die durch das Gravitationsfeld der Erde erzeugt wird, und der rotationsbedingten Zentrifugalkraft der Erde. Wenn man aufrecht steht, wirkt die rotationsbedingte Zentrifugalkraft auf den Körper und verhindert, dass wir regelrecht an der Erde kleben. Das Gravitationsfeld wirkt auf alle Teile des Körpers, nur die Berührungspunkte (Füße oder Pfoten) mit dem Boden sind stärker beansprucht.

In der Schwerelosigkeit und bei Bewegungsmangel werden die Osteoklasten im Knochen aktiv und es kommt zum Knochenabbau. Hier spielt das piezoelektrische Feld um den Knochen und die Körperzellen wieder eine Rolle. Fehlt die Veränderung im elektrischen Spannungsfeld durch die fehlende Bewegung, wirkt sich dies zuerst auf der funktionellen Ebene, später auch auf der strukturellen Ebene des Knochens aus. Die Osteoklasten werden aktiv und der Knochen wird umstrukturiert. Es entsteht eine Osteoporose, Muskelatrophie und dadurch bedingt ein massiver Kräfteverlust des Körpers.

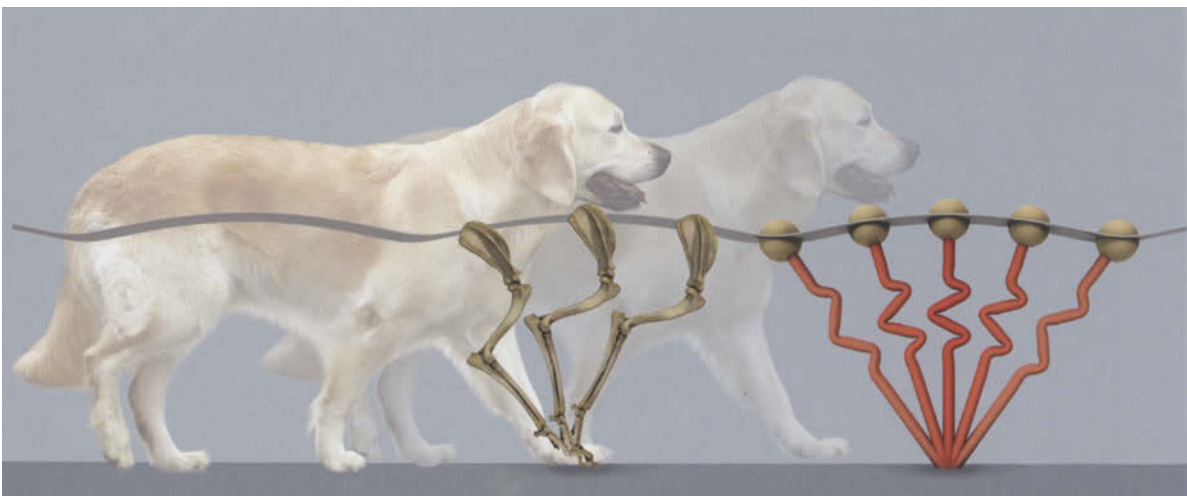
Schwerkraft und Bewegung

Die Schwerkraft wird beim Tier systematisch bei der Bewegung eingesetzt. So erfolgt z. B. die Flexion und Extension des Ellbogengelenks schwerkraftinduziert. Gleichzeitig kann der am Gelenk ansetzende Muskel den Grad der Flexion und Extension feindosiert abstimmen und wirkt so antagonistisch der schwerkraftinduzierten Bewegung entgegen. Bei der **Schrittbewegung** wird zu Beginn der Bewegung Energie zugeführt, da der Hund z. B. die Gliedmaße anheben muss. Dabei wird der Körper-

schwerpunkt sowohl horizontal als auch vertikal verlagert. Geht die Bewegung über einen bestimmten Punkt hinaus, fällt die Gliedmaße regelrecht nach vorne unten und dabei wird ein Teil der Energie wieder zurückgewonnen. Es wird also nur bis zur Mitte des Schrittes Energie verbraucht, nicht für die gesamte Schrittlänge. Im **Trab** wird die Gliedmaße unter der Körperlast eingestaucht, die Energie wird nach dorsal weitergeleitet, gespeichert und am Ende des Trabschritts wieder als elastische Energie freigesetzt. Im Schritt und Trab wird nicht für den gesamten Bewegungsablauf Energie benötigt, sondern immer nur für einen Teil der Fortbewegung. Der Hund nutzt damit sehr effektiv die Schwerkraft in Abhängigkeit von seiner Gangart für seine Fortbewegung aus.

Die Einsparungen der Energie während der Bewegung sind am effektivsten, wenn der Hund in einem gleichmäßigen und einem gleichbleibenden Tempo läuft, Schritt (► Abb. 2.4) oder Trab (► Abb. 2.5). Das Masse-Feder-Modell nach Reinhard Blickhan beschreibt, wie sich der Verlauf und das Verhalten des Körperschwerpunktes (durchgängige Linie) unter der Einwirkung der Schwerkraft verhält, in Abhängigkeit von der Nachgiebigkeit bzw. Steifigkeit der Gliedmaßen [15].

Im **Schritt** (► Abb. 2.4) zeigt der Körperschwerpunkt eine leicht wellige, gleichbleibende Linie (Rückenlinie) und die Gliedmaße wird dabei kaum eingestaucht. Der Körperschwerpunkt wird im Schritt bis zur Mitte der Stemmphase durch die Bewegung der Gliedmaße aktiv angehoben (die Linie geht hoch) und die aufgewendete Energie in potenzielle Energie umgewandelt. Die Gliedmaße wird beim Aufsetzen regelrecht zusammengeschoben sowie die Muskeln und Sehnen passiv gedehnt. In diesem Moment entsteht durch das schwerkraftinduzierte Zusammenschieben potenzielle Energie. Schon ab Mitte der Stemmphase wird die potenzielle, gespeicherte Energie in elastische, kinetische Energie umgewandelt (die Linie geht nach unten), dabei wird die Gliedmaße



► **Abb. 2.4** Der Schritt nach dem Masse-Feder-Modell nach Blickhan. (aus Zeel – endlich wieder beweglich. Broschüre der Firma HEEL, 2012)



► **Abb. 2.5** Der Trab nach dem Masse-Feder-Modell nach Blickhan. (aus Zeel – endlich wieder beweglich. Broschüre der Firma HEEL, 2012)

wieder auseinandergeschoben. Diese Energieumwandlung ist abhängig von der Steifigkeit der Gliedmaße bzw. auch der Gelenke und der sie umgebenden Strukturen. Mit zunehmender Geschwindigkeit nimmt die Steifigkeit der Gliedmaßen bzw. der Gelenke ab, da sie immer mehr eingestaucht werden.

Im **Trab** (► **Abb. 2.5**) zeigt der Körperschwerpunkt eine stärkere wellige, aber gleichbleibende Linie, was sich im deutlichen Auf- und Abwippen des Rumpfes während des Trabes zeigt. Die Gliedmaße wird zudem mehr eingestaucht und mehr potenzielle Energie erzeugt. Dies zeigt sich wiederum in der vermehrten Extension der Gliedmaße am Ende der Stemmphase. Im Galopp ist beim Greyhound durch die vertikale Auslenkung der Körperschwerpunkt doppelt so hoch wie im Schritt und Trab. Hier sind es nur 1%, im Galopp sind es 2% (nach Jayes und Alexander). Je elastischer und stabiler die Gliedmaße ist und damit auch ihre Bänder, Sehnen, Faszien, Muskeln und Gelenke, desto effektiver ist die Umwandlung von potenzieller Energie in elastische Energie.

Bei der Energieumwandlung von potenzieller Energie in kinetische Energie spielen nicht nur die Muskeln eine große Rolle, sondern auch die Gelenke. Im Trab werden von der Energie 96% im Ellbogengelenk, 38% im Schultergelenk und 60% im Kniegelenk zurückgewonnen. Im Galopp sind es im Ellbogengelenk unter 60%, im Schultergelenk 49% und im Kniegelenk nur 5%. Durch das Einstauchen des Fersensehnenstranges werden bis zu 97% der potenziellen Energie wieder in kinetische Energie zurückgewonnen. Die Schwerkraft ist also für die energiesparende Fortbewegung des Hundes sehr von Vorteil [64]. Die elastische, kinetische Energierückgewinnung ist für die Gliedmaße nachgewiesen worden, aber noch nicht für den Rücken. Es wurde die These aufgestellt, dass der Rücken keine Energie speichert und damit wäre auch erklärbar, warum der Galopp so energieeffizient ist. Eine Untersuchung steht jedoch noch aus.

Der Energieverbrauch steigt, wenn der Hund z.B. springt, bremst oder schnelle Richtungswechsel durchführt. Dabei wird der Körperschwerpunkt stark ausgelenkt und der Körper muss ein Mehr an Muskelarbeit leisten. Einen Vorteil haben allerdings diese unökonomischen Bewegungen, wenn sie nicht übertrieben werden: Der Gelenkknorpel wird auch in jenen Bereichen besser versorgt, in denen er bei gleichmäßiger Bewegung keine Belastung und dadurch eine schlechtere Ernährung erfährt. Damit wird zusätzlich die Funktionalität der Gelenkbeweglichkeit erhalten.

Der Antischwerkraftmuskel

Die Muskelaktivität, z.B. des *M. triceps brachii*, verhindert ein Zusammenklappen des Schultergelenks beim Aufsetzen und bei Bewegung der Vordergliedmaße in der Stemmphase [64]. Sie wirkt so der Schwerkraft entgegen, stabilisiert die Gelenke der Vordergliedmaße und ist in der Lage, Unebenheiten des Untergrundes auszugleichen. Die Gliedmaßen werden zum Großteil passiv durch die Wirkung der Schwerkraft in Bewegung gebeugt. Die Aufgabe der Strecken ist es, der Schwerkraft entgegenzuwirken. So ist das Verhältnis von Beugern zu Streckern z. B. am Ellbogengelenk 2:10, am Schultergelenk 3:10.

Von den Muskeln, die bis jetzt untersucht wurden, wirken die folgenden an der Vordergliedmaße als Antischwerkraftmuskeln:

- *M. rhomboideus, Pars cervicalis*
- *M. rhomboideus, Pars thoracica*
- *M. trapezius, Pars cervicalis*
- *M. trapezius, Pars thoracica*
- *M. supraspinatus*
- *M. deltoideus, Pars acromialis*
- *M. deltoideus, Pars scapularis*
- *M. teres major*
- *M. triceps brachii, Caput laterale*
- *M. triceps brachii, Caput mediale*

- M. triceps brachii, Caput longum
- M. triceps brachii, Caput accessorium
- M. flexor carpi ulnaris
- M. flexor digitorum profundus

Von den Muskeln, die bis jetzt untersucht wurden, wirken die folgenden an der Hintergliedmaße als Antischwerkraftmuskeln:

- M. gluteus medius
- M. gluteus superficialis
- M. vastus lateralis
- M. vastus medialis
- M. rectus femoris
- M. gastrocnemius
- M. flexor digitorum profundus
- M. flexor digitorum superficialis

Beim Hund fällt das Massenverhältnis der Bänder und Sehnen zu den Muskeln zugunsten der Muskeln aus, sie haben aber den Nachteil, dass sie schneller ermüden.

In der Vordergliedmaße liegt die Drehachse für die Schwerkraft am oberen Rand der Schulter und im proximalen Abschnitt des Antebrachiums. Wird nun durch eine Erkrankung in den Hintergliedmaßen der Körperschwerpunkt weiter nach kranial verschoben als normal, kommt es zu muskulären Verspannungen in den Vordergliedmaßen. Beachten Sie hierzu das Kapitel zum thorakoskapulären Gleiten (S.206). In der Hintergliedmaße liegt die Drehachse für die Schwerkraft im Hüftgelenk. Wird nun die Winkelung im Hüftgelenk durch züchterische Maßnahmen verändert, kann es zu Schwerpunktverschiebungen kommen und das Hüftgelenk wird verstärkt belastet. In Folge wird der Arthroseentwicklung in der Lendenwirbelsäule und den Hüften Vorschub geleistet.

2.3.2 Messungen des Brems- und Beschleunigungsweges

Die Muskulatur des Tieres ist im körpernahen Bereich konzentriert, da hier die Bewegung in den proximalen Muskeln gebildet und auf die distalen Muskeln, Bänder, Sehnen, Faszien und Knochen übertragen wird. Je körperferner, desto muskelärmer wird die Gliedmaße. Auf der Vordergliedmaße lasten 50% mehr Vertikalkräfte als auf der Hintergliedmaße. Das wurde durch Messungen der Bodenreaktionskräfte mithilfe von Bodenreaktionsplatten festgestellt. Die **Bodenreaktionskräfte** setzen sich aus mehreren Vektoren zusammen: der vertikalen Kraft, d. h. der axial wirkenden Bodenreaktionskraft, der kraniokaudalen Kraft, die sich in eine Brems- und eine Propulsionsphase unterteilen lässt, und der Kraft, die durch die Gliedmaße in mediolateraler Richtung ausgeübt wird. Die Messung dieser Kräfte erfolgt in der Regel in Newton (N), wobei zur besseren Vergleichbarkeit der Daten von Hunden unterschiedlicher Körpermasse häufig eine Nor-

mierung auf das Körpergewicht (% der Körpermasse) der Hunde vorgenommen wird.

Bei diesen Messungen wurde nachgewiesen, dass unterschiedliche Kraftlinien zwischen Vorder- und Hintergliedmaße vorliegen. Die Vordergliedmaße weist eine deutlich höhere Kraftlinie auf als die Hintergliedmaße. Daraus konnte gefolgert werden, dass der Bremsweg der Vordergliedmaße bis zur Mitte der Stemmphase geht, bevor die Gliedmaße in den Vorschub übergeht. Der Bremsweg und der Vorschub gleichen sich in der Vordergliedmaße oft aus, da der Vorschub von hinten in der Schultergürtelmuskulatur abgefangen wird (**Auffanghebelwerke**). Die Vordergliedmaße bremst insgesamt in der Vorwärtsbewegung länger und stärker im Gegensatz zur Hintergliedmaße. Zur Mitte der Stemmphase ist die Vertikalkraft am höchsten. Dabei liegt der Fußpunkt direkt unter dem Drehpunkt der Vordergliedmaße. Diese bremst im Schritt weit über die Hälfte der Stemmphase, während die Hintergliedmaße mehr Schub nach vorne gibt. Bei der Hintergliedmaße ist also der Bremsweg geringer, aber der Vorschub größer, d. h. aber auch, dass die Horizontalkraft aus der Hintergliedmaße beschleunigend nach vorne wirkt. Über die knöchernen Strukturen der Hintergliedmaße wie Femur und Hüftgelenk (**Stemmhebelwerke**), wird der Vorschub erzeugt und auf den Körper übertragen. Die letzten $\frac{2}{3}$ der Stemmphase dienen der Hintergliedmaße bereits wieder zum Vorschub. Dadurch, dass am Ende der Vorschwingphase die Vorwärtsbewegung muskulär ausgebremst wird, verringern sich auch die Bremskräfte, die auf die Vordergliedmaße beim Aufsetzen einwirken. Ausnahme: beim Start der Bewegung. In den ersten 4 Schritten des Hundes ist die Vordergliedmaße massiv am Vorschub beteiligt, danach übernimmt sie erst wieder die Aufgabe des größeren Bremsweges.

Die Vordergliedmaße erfährt im Trab mehr Schub nach vorne, da der Hund den Hals mehr nach vorne streckt als im Schritt und dadurch der Schwerpunkt verlagert wird.

Die **Bodenreaktionskräfte** sind nicht immer gleich, sondern abhängig von verschiedenen Größen:

- Gewicht und Größe des Hundes
- Aufsatzfläche der Pfote: Je größer und breiter die Pfoten, desto besser werden die Vertikalkräfte verteilt und abgefangen.
- Dauer der Stemmphase und damit der Geschwindigkeit der Gangart des Hundes und damit der Gewichtsverteilung auf der Vorder- und Hintergliedmaße: Die prozentuale Mehrbelastung der Vorgliedmaße ist von der Lage des Körperschwerpunktes und stark von der Rasse abhängig. So haben Rassen mit einem nach hinten verlagerten Körperschwerpunkt wie z. B. Rottweiler und Dobermann eine Belastung der Vordergliedmaße von 58–68%. Beim Deutschen Schäferhund tragen die Vordergliedmaßen 63% und die Hintergliedmaßen 37% des Körpergewichts [189]. Im Durchschnitt liegt die Gewichtsverteilung bei 60% auf den Vorder-