Einteilung der Gelenke (A–K)

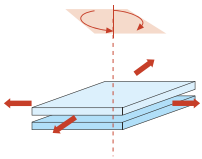
Gelenke können nach verschiedenen Gesichtspunkten eingeteilt werden. Eine der Einteilungen bezieht sich auf die **Achsen**, und man unterscheidet ein-, zwei- oder vielachsige Gelenke. Eine zweite Einteilung bezieht sich auf die **Freiheitsgrade**. Diese geben die Beweglichkeit zweier Gelenkkörper zueinander an. Man gliedert daher die Gelenke in solche mit einem, mit zwei oder mit drei Freiheitsgraden. Eine andere Gliederung berücksichtigt die **Zahl der Gelenkkörper**, wonach man einfache und zusammengesetzte Gelenke unterscheiden kann. Das einfache Gelenk, *Articulatio simplex*, besteht aus zwei Körpern, die in einer Kapsel liegen. Befinden sich in einer Gelenkkapsel mehr als zwei Gelenkkörper, spricht man von einer *Articulatio composita* (z. B. Ellbogengelenk, **B**).

Verschiedene Gelenke können nun miteinander kombiniert sein. *Zwangsläufig kombinierte* Gelenke sind solche, die sich an verschiedenen Stellen zweier Knochen befinden (z. B. proximales und distales Radioulnargelenk). *Kraftschlüssig kombinierte* Gelenke werden durch die Funktion eines oder mehrerer Muskeln, die mehrere Gelenke überspannen, in Tätigkeit gesetzt (z. B. Hand- und Fingergelenke durch die Fingerbeuger, S. 173 (S. 195)).

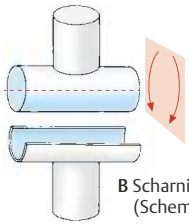
Ferner kann man die Gelenke nach der **Form der Gelenkkörper** einteilen:
Die *Articulatio plana* ein Gelenk mit zwei ebenen Gelenkflächen, besitzt zwei Freiheitsgrade. Durch parallele, ungekrümmte Gelenkflächen sind auch Verschiebungen (Translation) möglich – anterior-posterior und medio-lateral. Zusammen mit Rotationen ergeben sich sechs Bewegungsrichtungen, wie z. B. bei den Zygapophysealgelenken.
Das **Scharniergelenk**, *Ginglymus* (**B**), besteht aus einem konvexen und einem konkaven Gelenkkörper. Häufig findet sich im konkaven Gelenkkörper eine leistenförmige Erhebung, die in eine Furche des konvexen Gelenkkörpers hineinreicht. Es entspricht einer zylinderförmigen Gelenkfläche, die sich in einem Hohlzylinder bewegt. Durch straffe seitliche Bänder, Ligg. collateralia (**1**), erfolgt eine weitere Fixierung. Scharniergelenke haben einen Freiheitsgrad (z. B. Articulatio humeroulnaris, **C**). Der Ginglymus und die Articulatio trochoidea werden unter dem Überbegriff *Articulatio cylindrica* zusammengefasst.
Das Drehgelenk, *Articulatio trochoidea,* kann als **Zapfengelenk** z. B. Articulatio radioulnaris distalis (**E**) oder **Radgelenk** ausgebildet sein. Im Zapfengelenk dreht sich ein länglicher konvexer Zapfen in einer konkaven Führung. Im Radgelenk rotiert eine flachere zylindrische Fläche wie ein Rad (**D**). Beide sind einachsig und haben einen Freiheitsgrad. Bei beiden Gelenken findet sich ein konvexer zylindrisch geformter und ein entsprechender konkaver Gelenkkörper. Die Gelenkachse verläuft durch den zylindrischen Körper. Beim Zapfengelenk dreht sich der konvexe Gelenkkörper innerhalb des durch Bandmassen (Lig. anulare **2**) vergrößerten konkaven Gelenkkörpers (z. B. proximales Radioulnargelenk, **B**). Beim Radgelenk dagegen bewegt sich der konkave Gelenkkörper um den konvexen (z. B. distales Radioulnargelenk).
Das **Eigelenk** (**F**), *Articulatio ellipsoidea*, besitzt eine konvexe und eine konkave ellipsenförmige Gelenkfläche. Es besitzt zwei Freiheitsgrade und ist zweiachsig. Zwei Hauptachsen sind vorhanden. Als zusammengesetzte Bewegung ermöglicht es das Kreisen (z. B. Radiokarpalgelenk, **G**).
Das **Sattelgelenk**, *Articulatio sellaris* (**H**), besteht aus zwei sattelförmigen Gelenkkörpern, wobei an jedem Gelenkkörper eine konvexe und eine konkave Krümmung vorhanden sind. Sie greifen wie zwei Sättel ineinander. Es besitzt zwei Freiheitsgrade und zwei Hauptachsen, ist jedoch auch vielachsig. Kreisen ist möglich (z. B. Articulatio carpometacarpalis pollicis, **I**). Eigelenk und Sattelgelenk besitzen zwar zwei Freiheitsgrade und ermöglichen Zirkumduktion, erlauben aber aufgrund ihrer Form keine echte Rotation um die Längsachse.
Das **Kugelgelenk**, *Articulatio sphaeroidea* (**J**), ist vielachsig und besitzt eine Pfanne und einen Gelenkkopf. Die Gelenkfläche ist kugelförmig, die Pfanne konkav – vergleichbar mit einer Kugel in einer Hohlkugel. Im Kugelgelenk sind Bewegungen in drei Freiheitsgraden möglich, und es besitzt drei Hauptachsen (z. B. Articulatio humeri, **K**). Ein Kugelgelenk hat somit sechs standardisierten Bewegungsrichtungen. Eine Sonderform des Kugelgelenks ist das **Nussgelenk**, *Enarthrosis,* bei dem die Pfanne über den Äquator des Gelenkkopfes hinausreicht. Ein Nussgelenk ist meist das Hüftgelenk, das allerdings nur durch das Labrum articulare eine Pfannenvergrößerung erfährt.

Eine Sonderform der Gelenke stellt das straffe Gelenk, **Amphiarthrose**, dar. Es besitzt nur eine äußerst geringe Beweglichkeit, da straffe Bänder und eine straffe Kapsel, sowie häufig unebene Gelenkflächen vorhanden sind (z. B. Articulatio sacroiliaca).

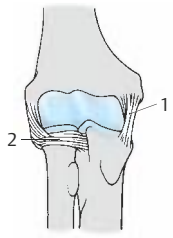
aus: Platzer u.a., Taschenatlas Anatomie – Bewegungsapparat (ISBN 9783132461901) © 2026 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York



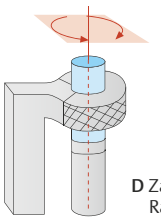
A planes Gelenk (Schema)



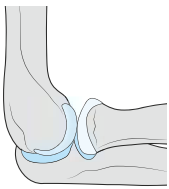
B Scharniergelenk (Schema)



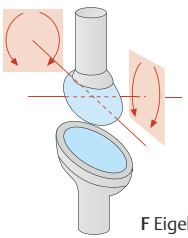
C Articulatio cubitii mit Articulatio humero-ulnaris, Articulatio radio-ulnaris proximalis und Articulatio humeroradialis



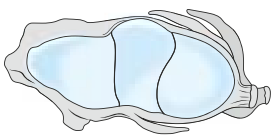
D Zapfen- oder Radgelenk (Schema)



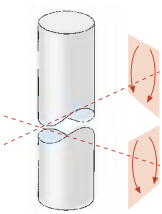
E Articulatio radioulnaris distalis



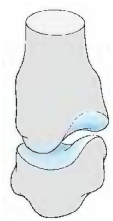
F Eigelenk (Schema)



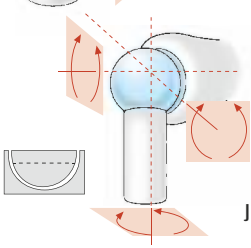
G Radiokarpalgelenk (Querschnitt)



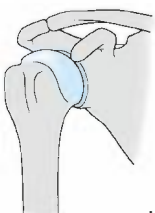
H Sattelgelenk (Schema)



I Articulatio carpometacarpalis pollicis



J Kugelgelenk (Schema)



K Articulatio humeri

Abb. 1.14 Einteilung der Gelenke

aus: Platzer u.a., Taschenatlas Anatomie – Bewegungsapparat (ISBN 9783132461901) © 2026 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Einteilung der Skelettmuskeln (A–F)

Bei den Skelettmuskeln unterscheidet man einen Ursprung, *Origo,* und einen Ansatz, *Insertio.* Der Ursprung liegt am unbeweglicheren Knochen, *Punctum fixum*, der Ansatz am beweglicheren Knochen, *Punctum mobile.* An den Extremitäten ist der Ursprung in der Regel proximal, der Ansatz distal gelegen. *Punctum fixum* und *Punctum mobile* lassen sich aber auch umdrehen (z. B. beim Klimmzug). Am Ursprung findet sich häufig ein Muskelkopf, *Caput,* der in den Muskelbauch, *Venter* (**1**), übergeht und mit der Sehne, *Tendo* (**2**), endigt. Die Muskelkraft ist abhängig vom physiologischen Querschnitt. Dieser ist die Summe der Querschnitte aller Fasern. Daraus wird die absolute Muskelkraft errechnet.

Die Anordnung des Muskelbauches ist abhängig vom verfügbaren Platz. Für die Wirkung ist jeweils die wirksame Endstrecke wichtig. Die Sehne eines Muskels kann z. B. um ein Skelettstück, *Trochlea muscularis,* als Drehpunkt, *Hypomochlion,* herumgebogen sein. Eine lange Sehne kann sich vorteilhaft erweisen, wenn am Organ selbst ein Platzmangel besteht. Das beste Beispiel dafür sind die langen Fingermuskeln, bei denen die Muskelbäuche am Unterarm gelegen sind, die Wirkung sich aber erst an den Fingern zeigt.

Man unterscheidet je nach dem Verhalten der Muskelfasern zur Sehne verschiedene Muskelformen. Der spindelförmige Muskel, **M. fusiformis** (**A**), besteht aus langen Fasern, die ausgiebige, jedoch wenig kraftvolle Bewegungen ermöglichen. Die Sehne ist beim M. fusiformis relativ kurz. Eine andere Form ist der einfach gefiederte Muskel, der **M. unipennatus** (**B**), der eine lange durchgehende Sehne hat, an der die kurzen Muskelfasern ansetzen. Dadurch wird ein relativ hoher physiologischer Querschnitt erreicht, daher eine größere Muskelkraft wirksam. Der doppeltgefiederte Muskel, **M. bipennatus** (**C**), entspricht im Aufbau dem M. unipennatus, nur ist der Ansatz der Muskelfasern an der Sehne doppelseitig. Der mehrfach gefiederte Muskel wird sinngemäß als **M. multipennatus** bezeichnet.

Ferner kann man auch mehrere Ursprünge eines Muskels beschreiben, man unterscheidet dann zwei-, drei- oder vierköpfige Muskel. Diese einzelnen Köpfe vereinigen sich zu einem Muskelbauch und enden in einer gemeinsamen Sehne. Muskeln dieser Art sind z. B. der M. biceps (**D**) oder M. triceps brachii.

Wenn ein Muskel zwar nur einen Kopf, jedoch eine (oder mehrere) Zwischensehne(n), *Intersectio tendinea* (**3**), besitzt, dann spricht man von einem zwei- oder mehrbäuchigen Muskel (**E**). Ein zweibäuchiger Muskel, **M. biventer**, hat hintereinandergeschaltet zwei annähernd gleich große Muskelabschnitte. Der Form nach lässt sich auch ein platter Muskel, **M. planus** (**F**), von dreieckiger Form, *M. triangularis,* mit einer platten Sehne, *Aponeurose* (**4**), von einem viereckigen platten Muskel, *M. quadratus,* unterscheiden.

Muskeln können ein oder mehr Gelenke überschreiten, man spricht von *ein-, zwei* oder *mehrgelenkigen Muskeln.* Diese können dann in den einzelnen Gelenken verschiedene, unter Umständen entgegengesetzte Bewegungen ermöglichen. Als Beispiel sind hier die Mm. interossei der Hand zu nennen, die im Grundgelenk beugen, in den Mittel- und Endgelenken der Finger jedoch strecken.

Die Muskeln, die bei einer Bewegung zusammenwirken, sind **Synergisten** und jene, die entgegengesetzt dieser Bewegung in Tätigkeit treten, **Antagonisten**. Die Kombination von Synergisten und Antagonisten kann für verschiedene Bewegungen wechseln. Bei der Beugung in der Handwurzel sind z. B. mehrere Muskeln Synergisten, die bei einer Radialabduktion z. T. als Antagonisten wirksam werden.

Für die Funktion der Muskeln ist es wichtig, dass sie auch in Ruhe einen Spannungszustand, *Muskeltonus,* besitzen. Man kann am Muskel eine *aktive* und eine *passive Insuffizienz* feststellen. Bei aktiver Insuffizienz erschöpft sich der Muskel, wenn er seine maximale Verkürzung erreicht hat. Bei passiver Insuffizienz ist von anderer Seite die Endstellung bereits erreicht (z. B. die Unmöglichkeit des Faustschlusses in der Beugestellung der Hand). Man unterscheidet bei der Muskelwirkung eine aktive *Bewegungs-* und eine passive *Haltefunktion.* Ein Muskel kann passiv als Haltemuskel und aktiv als Bewegungsmuskel funktionieren.

aus: Platzer u.a., Taschenatlas Anatomie – Bewegungsapparat (ISBN 9783132461901) © 2026 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

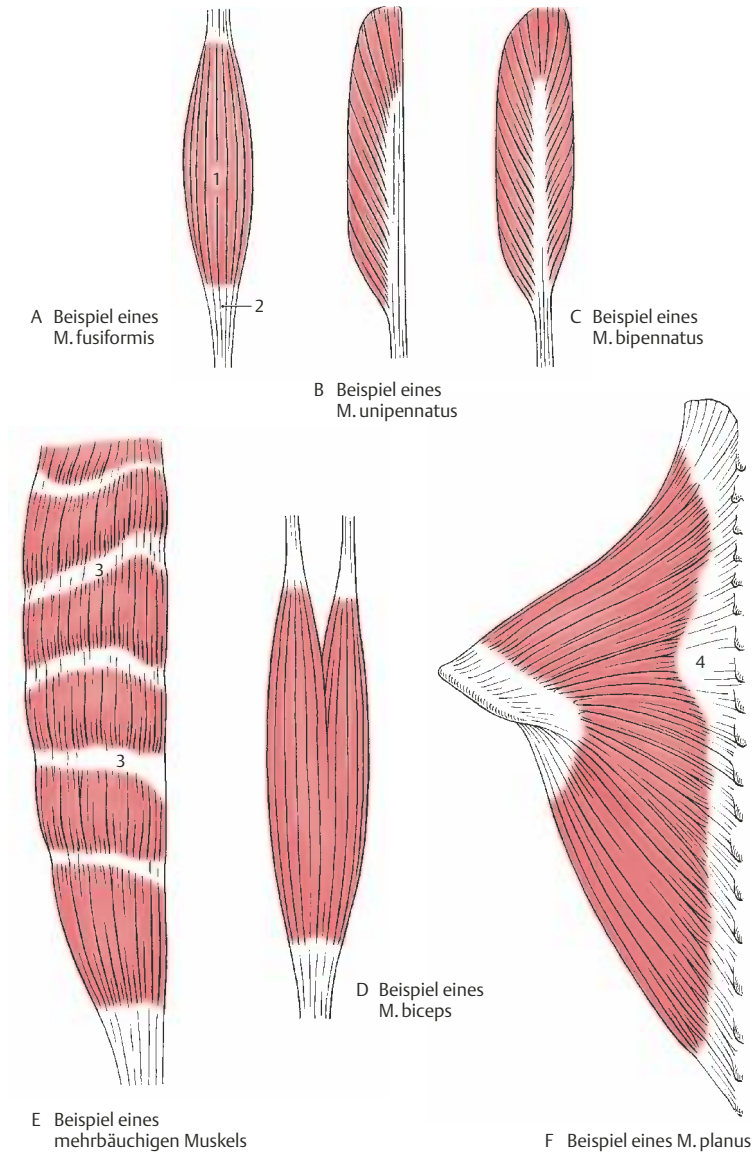


Abb. 1.15 Einteilung der Skelettmuskeln

aus: Platzer u.a., Taschenatlas Anatomie – Bewegungsapparat (ISBN 9783132461901) © 2026 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Hilfseinrichtungen der Skelettmuskeln (A–D)

Für die Funktion der Muskeln sind verschiedene Hilfseinrichtungen unerlässlich. Dazu gehören:

- bindegewebige Hüllen, **Faszien**, die einzelne Muskeln oder Muskelgruppen umkleiden und so ein Aneinandergleiten der verschiedenen Muskeln erst ermöglichen.
- Sehnenscheiden, **Vaginae tendinum** (**A, B**), die die Gleitfähigkeit einer Sehne verbessern. Die innere Schicht, das *Stratum synoviale,* besitzt ein inneres viszerales Blatt (**1**), das unmittelbar um die Sehne (**2**) gelegen ist und mit dem parietalen Blatt (**3**) über das *Mesotendineum* (**4**) verbunden ist. Zwischen dem viszeralen und parietalen Blatt befindet sich die Synovia und verbessert die Gleitfähigkeit. Nach außen zu schließt ein *Stratum fibrosum* (**5**) an das Stratum synoviale an.
- Gleitbeutel, **Bursae synoviales** (**C, 6**), die die Aufgabe haben, einen Muskel, der unmittelbar um einen Knochen herumgleitet, zu schützen.
- Sesamknorpeln und Sesamknochen, **Ossa sesamoidea** (**D**), finden sich an jenen Stellen, wo Sehnen einem Druck ausgesetzt sind. Als größter Sesamknochen gilt die Patella (**7**), die einerseits am Kniegelenk beteiligt ist und andererseits über das Lig. patellae (**8**) die Quadrizepssehne (**9**) an der Tibia befestigt.
- Fettansammlungen, **Corpora adiposa**, liegen zwischen den einzelnen Muskeln und verbessern ebenfalls die Gleitfähigkeit. Solche Fettkörper (z. B. der axilläre Fettkörper) finden sich in variabler Zahl im ganzen Körper an bestimmten Stellen.

Untersuchungen der Muskelfunktion

Die Muskelfunktion kann nach verschiedenen Methoden beurteilt werden. Die einfachste Methode ist die der *Palpation* und *Inspektion.* Bei bestimmten Bewegungen kann die Form eines Muskels bestimmt werden.

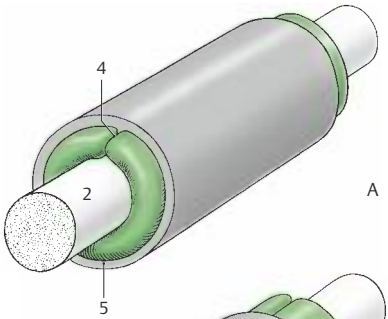
Die *anatomische Methode* ermöglicht durch Präparation die Darstellung eines Muskels. Dabei kann man den Ursprung, den Verlauf und den Ansatz feststellen. Jedoch sind an der Leiche keine exakten Ergebnisse die Funktion betreffend zu erwarten. Es handelt sich dabei um eine indirekte Methode, die nur Rückschlüsse erlaubt und das Zusammenwirken einzelner Muskeln nicht berücksichtigt.

Als eine weitere Methode bietet sich die Untersuchung mittels *elektrischer Reizung* an. Sie wird so durchgeführt, dass die Reizung an der Nerveneintrittsstelle in den Muskel erfolgt. Diese Methode hat den Nachteil, dass sie erstens nur an oberflächlich liegenden Muskeln anwendbar ist, und zweitens eine Maximalkontraktion eines Muskels hervorruft, ohne Berücksichtigung des Umstandes, dass andere Muskeln diese Maximalkontraktion eines Muskels behindern bzw. einschränken können.

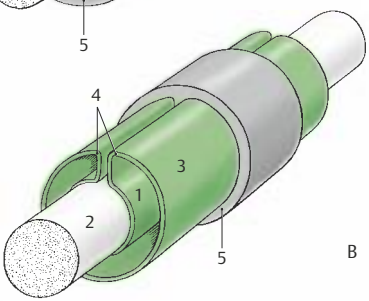
Als andere Methode gilt die *Elektromyografie,* bei der die Ableitung der Aktionsströme durch direkt in den Muskel eingeführte Elektroden erfolgt. Mithilfe der Elektromyografie erkennt man, dass bei Steigerung der Anstrengung immer mehr motorische Einheiten (Muskelfasern mit motorischen Endplatten und Nerven, s. Bd. 3) aktiviert werden. Die Elektromyografie hat gezeigt, dass nie alle Fasern gleichzeitig in Tätigkeit sind. Während ein Teil erschlafft, kontrahiert sich der andere, sodass eine gleichmäßige Spannungszu- oder -abnahme erreicht wird.

Einschränkend ist auch bei dieser Methode zu sagen, dass es schwierig ist, den Anteil einzelner Muskeln an einer bestimmten Bewegung genau zu definieren.

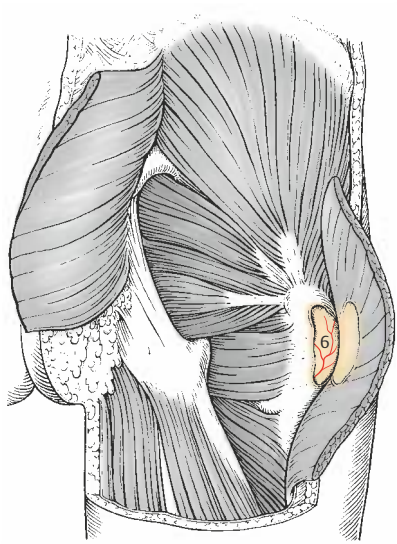
aus: Platzer u.a., Taschenatlas Anatomie – Bewegungsapparat (ISBN 9783132461901) © 2026 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York



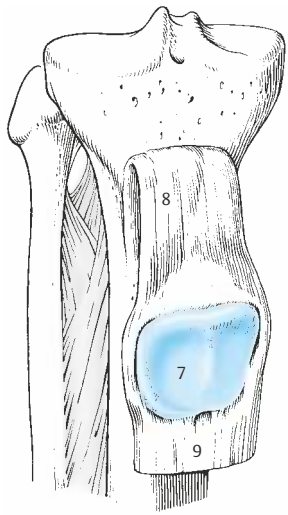
A Vagina synovialis tendinis mit vollständiger Vagina fibrosa



B Vagina synovialis tendinis mit ringförmiger Vagina fibrosa



C Bursa synovialis



D Sesamknochen (Patella)

Abb. 1.16 Hilfseinrichtungen der Skelettmuskeln

aus: Platzer u.a., Taschenatlas Anatomie – Bewegungsapparat (ISBN 9783132461901) © 2026 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Einführung in die Biomechanik (A, B)

Physikalische Grundgrößen und ihre Bedeutung

Die Biomechanik untersucht die mechanischen Prinzipien des Bewegungsapparates. Sie nutzt die Gesetzmäßigkeiten der Physik und überträgt diese auf biologische Strukturen. Bewegungen lassen sich in Einzelparameter zerlegen, z. B. Ort, Zeit, Geschwindigkeit, Kraft, Winkel, Beschleunigung und Drehmoment. Die Modellierung dieser Parameter erlaubt Aussagen über Belastung und Überbelastung (z. B. Verletzungsmechanismen, Knochenfrakturen) und bildet die Grundlage für physiologische Vorgänge sowie therapeutische Maßnahmen.

Die SI-Einheit der **Kraft** (**F**) ist Newton [N]. Ein Newton beschleunigt eine Masse von 1 kg mit 1 m/s² ($N = kg \cdot \frac{m}{s}$). Befindet sich ein Körper in Ruhe oder in gleichförmiger Bewegung, sind die resultierenden Kräfte und Momente im Gleichgewicht. Auf der Erde bewirkt die Schwerkraft (g = 9,81 m/s²), dass eine Masse von 1 kg mit einer Kraft von 9,81 N auf eine Unterlage drückt. Neben der Gewichtskraft können Kräfte am menschlichen Körper auch durch Muskelkontraktionen entstehen.

Druck (**P**) berücksichtigt die Fläche, auf die eine Kraft wirkt und wird in der Einheit Pascal [Pa] angegeben: $Pa = \frac{N}{m^2}$. Im Körper ist Druck vor allem an Gelenken relevant, wo der Gelenkknorpel die Kräfte gleichmäßig verteilt, und den Knochen schützt. Beispiel Bandscheibe: Sie wirkt als elastischer Stoßdämpfer, indem sie axial wirkende Kräfte gleichmäßig auf die Wirbelkörper überträgt und gleichzeitig Beweglichkeit ermöglicht.

Eine Sonderform des Drucks ist die **Spannung**: Sie beschreibt die inneren Kraftverhältnisse in einem Festkörper, bezogen auf eine Schnittfläche. Am Knochen unterscheidet man **Normalspannungen** (σ), die senkrecht auf den Querschnitt wirken (Druck- und Zugspannung), und **Querspannungen** (τ), die parallel auf den Querschnitt wirken (Schub- oder Scherspannung). Bei Biegung entstehen gleichzeitig Zug- und Druckspannungen (Biegespannung). Wirkt die Schubspannung umlaufend um die Längsachse, entstehen Torsionsspannungen.

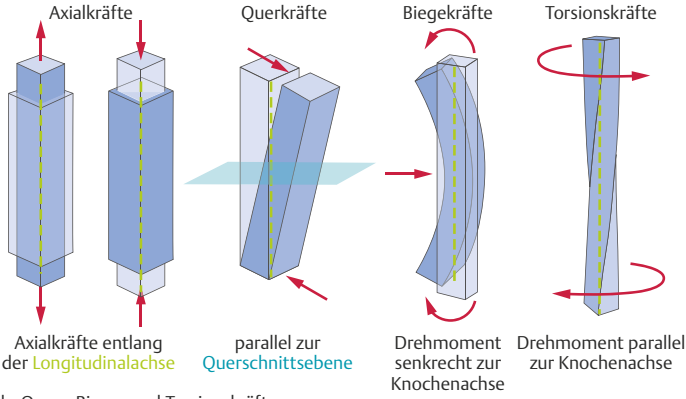
Belastungen am Knochen lassen sich in Axial-, Quer-, Biege- und Torsionskräfte gliedern. Axialkräfte wirken entlang der Längsachse (z. B. Schwerkraft auf die Tibia). Querkräfte wirken senkrecht zur Längsachse. Biegebelastungen entstehen durch Querkräfte und resultierende Biegemomente. Torsionskräfte wirken als Drehmomente um die Längsachse (**A**).

Belastungsreaktion des Knochens

Die Substantia compacta und die Substantia spongiosa reagiert unterschiedlich auf Belastungen. **Zugspannungen** werden vom Knochen nur in etwa 60 % der maximal tolerierten Druckspannung verkraftet. Torsionsbelastungen sind besonders kritisch (z. B. Skifahren), da die verlängerten Hebelarme hohe Drehmomente auf das Bein erzeugen können. Durch Beckenanatomie und Femurgeometrie (Winkel zwischen Collum und Diaphyse) sowie alternierende Belastung bei Stand und Gang treten an der unteren Extremität regelmäßig Biegespannungen auf. Ein Beispiel für eine übermäßige Biegespannung ist die Oberschenkelhalsfraktur im Alter als wichtigstes Niedrigenergietrauma der unteren Extremität.

Übermäßige Biegespannungen können durch **Zuggurtungen** (**B**) kompensiert werden: Muskeln und Bänder erzeugen eine Gegenkraft, die das Drehmoment ausgleicht. Ein Beispiel ist der Tractus iliotibialis, der die im Femur entstehende Biegespannung kompensiert – statisch durch kollagene Faserzüge und dynamisch durch den M. tensor fasciae latae sowie den am Tractus ansetzenden M. gluteus maximus. Auch agonistisch wirkende Muskeln mit unterschiedlichen Hebelarmen können Biegespannungen gegenseitig kompensieren, z. B. der M. brachioradialis im Zusammenspiel mit dem M. biceps brachii (muskuläre Zuggurtung).

aus: Platzer u.a., Taschenatlas Anatomie – Bewegungsapparat (ISBN 9783132461901) © 2026 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York



A Axial-, Quer-, Biege- und Torsionskräfte



B Zuggurtung (nach Schünke M, Schulte E, Schumacher U. PROMETHEUS LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Illustrationen von Voll M und Wesker K. 6. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2022)

Abb. 1.17 Belastungen am Knochen

aus: Platzer u.a., Taschenatlas Anatomie – Bewegungsapparat (ISBN 9783132461901) © 2026 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Hebelmechanik und Drehmoment (A, B)

Bewegungen des menschlichen Körpers entstehen überwiegend durch **Drehbewegungen an Gelenken**. Die rotatorische Kraft am Gelenk wird als **Drehmoment** (M) bezeichnet und berechnet sich aus der wirkenden Kraft (F) und dem Hebelarm (a): $M = F \cdot a$

Die Länge des Hebelarms entspricht dem Abstand zwischen dem Drehpunkt des Gelenks und dem Angriffspunkt der Kraft. Voraussetzung für diese Gleichung ist, dass die Kraft orthogonal am Hebelarm angreift. Da Muskeln selten im rechten Winkel ansetzen, muss der **Winkel** (**α**) berücksichtigt werden: $M = F \cdot a \cdot \sin(\alpha)$

Bei 90° ist das Drehmoment maximal, bei 0° beträgt es null. Während der Bewegung verändert sich der Winkel kontinuierlich, wodurch sich auch der effektive Hebelarm ändert.

Anatomischer Hebel

Der anatomische Hebel ergibt sich aus der topographischen Beziehung zwischen **Ursprung** (**Origo**), **Ansatz** (**Insertio**) und der **Gelenkachse**. Die Kontraktion erzeugt einen Kraftvektor. Dieser bewegt das distale Segment entsprechend dieser räumlichen Beziehung (z. B. Flexion des Unterarms durch den ventralen Verlauf des M. biceps brachii).

Biomechanischer Hebel

Neben der anatomischen Anordnung werden die funktionellen Hebelverhältnisse berücksichtigt:

- **Kraftarm:** Abstand zwischen Gelenkachse und Ansatzpunkt der Muskelkraft
- **Lastarm:** Abstand zwischen Gelenkachse und Angriffspunkt der Last

Das Verhältnis von Kraftarm zu Lastarm bestimmt, ob ein Hebel **kraftgünstig** oder **geschwindigkeitsgünstig** ist. Ein längererer Kraftarm reduziert die notwendige Muskelkraft (z. B M. triceps surae bei der Plantarflexion); ein kürzerer Kraftarm ermöglicht größere Geschwindigkeiten (z. B. Unterarmflexion durch den M. biceps brachii).

Das **Hebelgesetz** beschreibt die Beziehung zwischen Kraftarm und Lastarm:

$$F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$$

Entsprechend gilt für das Gelenk:

$$F_{Muskel} \cdot a_{Kraftarm} = F_{Last} \cdot a_{Lastarm}$$

Da der Kraftarm im menschlichen Körper meist kürzer ist als der Lastarm, sind hohe Muskelkräfte nötig, was große Endgeschwindigkeiten ermöglicht (z. B. Wurfbewegungen). (**A**).

Virtueller Hebelarm

Zur Beschreibung der Winkeländerung dient der **virtuelle Hebelarm** (**av**), definiert als Senkrechte zwischen Kraftvektor und Gelenkdrehpunkt. Er verändert sich mit der Gelenkstellung und beeinflusst das Drehmoment:

$$M = F_S \cdot a_v$$

Auch für Lasten gilt dieses Prinzip:

$$M_L = F_L \cdot b_v$$

Funktionelle Konsequenzen: An einem Gelenk wirken meist Muskeln mit unterschiedlichen Hebelarmen zusammen, um große Bewegungsausschläge bei optimaler Summenmomentbildung zu erzielen.

Klinischer Hinweis. Veränderungen der Hebelverhältnisse – z. B. durch Gelenkfehlstellungen, Operationen oder Prothesen – beeinflussen Kraft und Bewegungsumfang deutlich. Selbst kleine Änderungen des Muskelansatzes wirken sich merklich aus.

Schwerpunkt und Trägheit

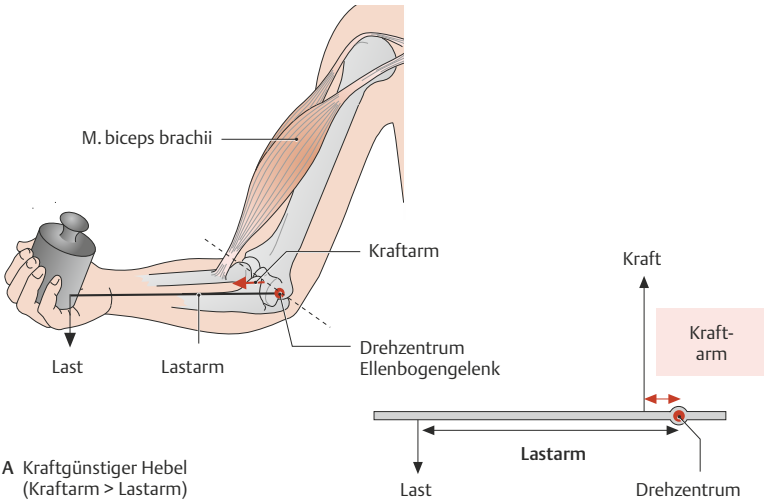
Neben Hebelmechanik und Drehmoment bestimmen die Lage des **Körperschwerpunkts** und die **Trägheitseigenschaften** die biomechanische Funktion des Bewegungsapparates.

Der **Schwerpunkt** ist der Punkt, in dem die Masse eines Körpers konzentriert erscheint. Beim Menschen liegt er im Stand etwa vor dem Wirbel S2. Durch Bewegungen wie Rumpfbeugung oder Beinflexion verschiebt er sich. Bleibt er innerhalb der Unterstützungsfläche (Standfläche der Füße), ist die Haltung stabil; verlässt er diese, muss aktiv gegengesteuert werden – das ist wichtig für Balance und Sturzprävention.

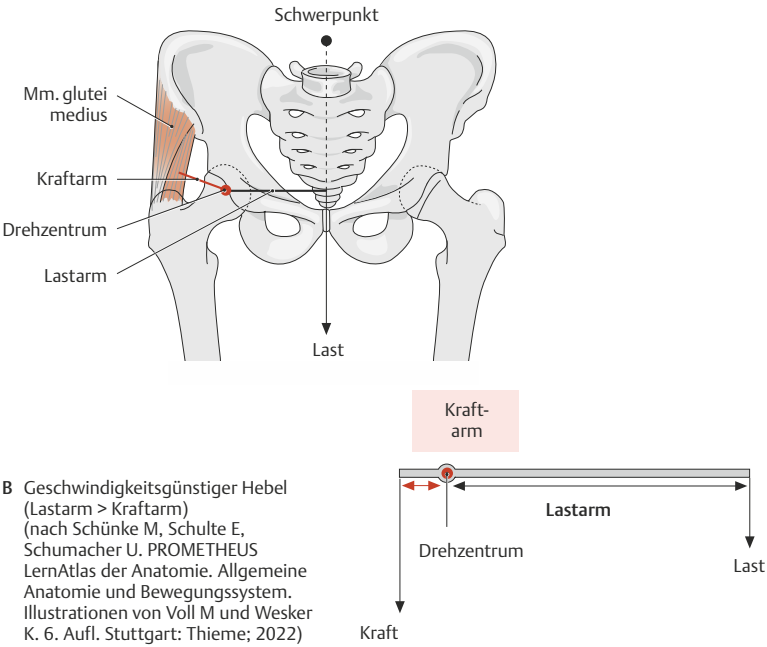
Die **Trägheit** bewirkt, dass ein Körper seine Bewegung beibehält, solange keine äußeren Kräfte entgegenwirken. Für Gelenkbewegungen ist das **Trägheitsmoment** entscheidend: Es hängt von der Masse und ihrer Entfernung zur Drehachse ab. Ein angewinkeltes Bein hat ein geringeres Trägheitsmoment als ein gestrecktes, da die Masse näher an der Achse liegt – ein Prinzip, das Eiskunstläufer bei Pirouetten nutzen.

Schwerpunkt, Hebelmechanik und Trägheit wirken zusammen und bestimmen die Bewegungssicherheit.

aus: Platzer u.a., Taschenatlas Anatomie – Bewegungsapparat (ISBN 9783132461901) © 2026 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York



A Kraftgünstiger Hebel (Kraftarm > Lastarm)



B Geschwindigkeitsgünstiger Hebel (Lastarm > Kraftarm) (nach Schünke M, Schulte E, Schumacher U. PROMETHEUS LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Illustrationen von Voll M und Wesker K. 6. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2022)

Abb. 1.18 Hebelmechanik und Drehmoment

aus: Platzer u.a., Taschenatlas Anatomie – Bewegungsapparat (ISBN 9783132461901) © 2026 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York