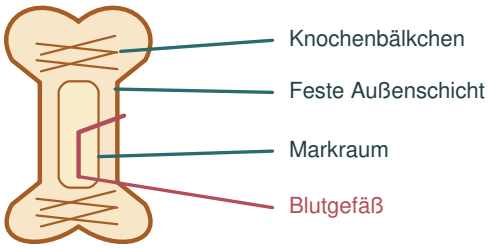
01 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Ein lebendes Gerüst mit vielen Aufgaben

Du stehst auf, greifst nach deiner Tasche und gehst los. Hinter diesen alltäglichen Bewegungen steckt ein Gerüst aus lebendem Gewebe. Seine Form passt zu den Kräften und Aufgaben an verschiedenen Körperstellen.



Schematischer Knochenausschnitt: feste Außenschicht, Bälkchen, Markraum und Blutversorgung. Die Zeichnung zeigt ein Bauprinzip; Größen und Gewebeanteile sind vereinfacht.

1 · Halt, Schutz und weitere Aufgaben

Das **Skelett** besteht aus Knochen und ihren Verbindungen. Es stützt den Körper und bietet Muskeln Ansatzstellen. Der Schädel umgibt das Gehirn. Wirbel bilden einen geschützten Kanal für das Rückenmark. Rippen und Brustbein schützen Organe im Brustraum und ermöglichen zugleich Atembewegungen.

In bestimmten Knochen liegt rotes **Knochenmark**. Dort entstehen Blutzellen. Knochen speichern außerdem Mineralstoffe, besonders Calcium und Phosphat. Dadurch ist das Skelett auch mit Blutbildung und Stoffhaushalt verbunden.

2 · Festes Material mit lebenden Zellen

Ein Knochen ist ein Organ mit mehreren Geweben. Er enthält Knochenzellen, Blutgefäße, Nerven und häufig Mark. Eine feste Außenschicht umgibt Bereiche mit feinen Knochenbälkchen. Diese innere Bauweise verbindet Stabilität mit vergleichsweise geringem Gewicht.

Die Grundsubstanz enthält biegsame **Kollagenfasern** und harte Mineralbestandteile. Zusammen ergeben sie ein belastbares Material. Verschiedene Knochenzellen bauen Gewebe auf, erhalten es oder tragen es ab. So erneuert sich Knochen im Laufe des Lebens.

3 · Die Form passt zur Aufgabe

Lange Knochen wie der Oberarmknochen wirken bei Bewegungen als Hebel. Flächige Knochen wie Teile des Schädels bilden schützende Wände. Wirbel verbinden Stütze und Beweglichkeit. Der Körperstamm trägt Kopf, Brustkorb und Wirbelsäule; Schulter- und Beckengürtel verbinden ihn mit Armen und Beinen.

An vielen Verbindungen liegt elastischer **Knorpel**. Seine Eigenschaften ergänzen die Härte des Knochens. Aus der Lage und Form einer Struktur kannst du deshalb Vermutungen über ihre Aufgabe entwickeln.

Das gehört zusammen: Knochen stützen und schützen. Als lebende Organe sind sie zugleich an Blutbildung, Mineralspeicherung und ständiger Erneuerung beteiligt.

Wähle im 3D-Atlas Schädel, Rippen und Oberarmknochen. Vergleiche jeweils Lage, Form und die angegebene Aufgabe.

01 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Knochen erkennen: Form, Lage und Nachbarn zusammen betrachten

Drei Formen - verschiedene Schwerpunkte

Schädel
Flächige Knochen bilden gemeinsam Schutz für das Gehirn.

Oberarmknochen
Ein langer Knochen überträgt Kräfte zwischen Schulter und Unterarm.

Wirbel
Knochen stützen den Rumpf und umgeben den Wirbelkanal.

Form und Aufgabe gehören zusammen. Jeder dieser Knochen hat weitere Aufgaben; die Übersicht hebt jeweils einen Zusammenhang hervor.

Ein einzelner Knochen wird verständlicher, wenn du ihn zuerst im ganzen Skelett und danach einzeln betrachtest. Seine **Lage** zeigt, welche Teile er verbindet oder schützt. Seine **Form** verrät, wo Kräfte übertragen werden können. Am Oberarmknochen liegt oben eine rundliche Gelenkfläche für die Schulter; unten beteiligen sich andere Flächen an der Verbindung zum Unterarm. Ein flächiger Schädelknochen erfüllt dagegen eine andere Aufgabe. Er bildet mit Nachbarknochen eine schützende Hülle. Aus der äußeren Form allein kannst du aber nicht alles erkennen: Blutgefäße, Knochenzellen und die feine innere Struktur gehören ebenfalls zum Knochen.

Die äußere feste Knochenschicht und das innere Netz aus **Knochenbälkchen** ergänzen sich. Das Bälkchennetz ist nicht einfach ein zufälliges Lochmuster. Seine Anordnung hängt mit den Belastungen zusammen. Zwischen den Bälkchen liegen Räume, die unter anderem Mark enthalten können. Auch der feste Teil wird durch kleine Gefäße versorgt. Dadurch bleibt das Material lebendig und kann umgebaut werden. Das unterscheidet einen echten Knochen von einem Kunststoffmodell. Die sichtbare äußere Form gehört deshalb mit dem Wissen über Versorgung, Gewebe und Aufgabe zusammen. Die passende Frage lautet nicht nur „Wie heißt dieser Knochen?“, sondern auch „Wofür passt seine Bauweise?“.

Auch die Blutbildung verbindet das Skelett mit anderen Organsystemen. Im roten Knochenmark entstehen unter anderem rote Blutzellen, die später Sauerstoff transportieren. Ein Knochen kann also gleichzeitig eine mechanische Aufgabe und eine Aufgabe für die Versorgung des ganzen Körpers erfüllen.

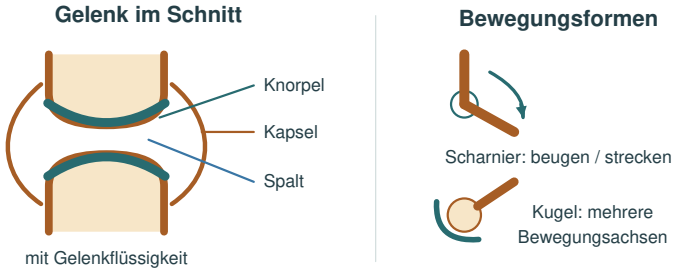
Ein Oberarmknochen aus zwei Blickrichtungen
Wähle den Oberarmknochen zuerst im ganzen Skelett. Welche Knochen liegen oberhalb und unterhalb? Zeige ihn danach einzeln und drehe ihn. Die unterschiedlichen Enden passen zu unterschiedlichen Verbindungen. Erst beide Ansichten zusammen erklären seine Lage und seine Rolle bei der Bewegung.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Knochen bestehen vollständig aus hartem, unbelebtem Material.
So stimmt es: Knochen sind Organe mit lebenden Zellen, Gefäßen und Nerven. Harte Mineralbestandteile, Kollagen und die innere Bauweise ergeben gemeinsam ein belastbares, veränderbares Gewebe.

02 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Beweglichkeit entsteht an Verbindungen

Beim Beugen des Arms ändern zwei Knochen ihre Stellung zueinander. Eine Bewegung gelingt, weil die Form des Gelenks, seine Sicherung und die Zugrichtung der Muskeln zusammenpassen.



Vereinfachtes Gelenk im Schnitt und zwei Bewegungsformen. Knorpel, Gelenkspalt und Kapsel sind deutlicher getrennt als im Körper.

4 · Ein bewegliches Gelenk verstehen

In einem typischen beweglichen **Gelenk** treffen zwei mit Knorpel bedeckte Knochenflächen aufeinander. Eine Gelenkkapsel umschließt den Bereich. Im schmalen Gelenkspalt liegt Flüssigkeit, die das Gleiten unterstützt. Knorpel verteilt Druck und hilft, Belastungen abzufangen.

Bänder verbinden Knochen mit Knochen und sichern die Bewegung. Form, Kapsel, Bänder und umgebende Muskeln bestimmen gemeinsam, welche Bewegungen möglich sind. Die Zeichnung zeigt die Grundidee; einzelne Gelenke besitzen zusätzliche Strukturen.

5 · Gelenkformen erlauben verschiedene Bewegungen

Ein **Scharniergelenk** ermöglicht vor allem Beugen und Strecken, ähnlich einem Türscharnier. Das Ellenbogengelenk enthält eine solche Verbindung. An Schulter und Hüfte liegen **Kugelgelenke**. Ihre Form ermöglicht Bewegungen um mehrere Achsen.

Beim Beugen wird der Winkel zwischen zwei Körperteilen meist kleiner, beim Strecken größer. Eine Drehbewegung verändert die Ausrichtung um eine Achse. Für eine ganze Handlung wirken oft mehrere Gelenke gemeinsam, etwa Schulter, Ellenbogen und Hand beim Greifen.

6 · Muskeln ziehen über Sehnen

Ein Skelettmuskel entwickelt Zugkraft, wenn seine Fasern aktiviert werden. **Sehnen** übertragen diese Kraft auf Knochen. Der Knochen bewegt sich dadurch um ein Gelenk. Beim Beugen des Ellenbogens arbeiten mehrere Beugemuskeln zusammen; für das Strecken wird besonders der Trizeps aktiv.

Solche Muskeln wirken als **Gegenspieler**. Das Nervensystem stimmt ihre Aktivität ab. Ein Muskel kann auch Kraft entwickeln, während die Körperhaltung gleich bleibt, zum Beispiel beim ruhigen Halten einer Tasche.

Das gehört zusammen: Gelenkform und Sicherung begrenzen die Bewegung. Muskeln erzeugen Zugkräfte; Sehnen übertragen sie, Bänder sichern Knochenverbindungen.

Öffne „Gelenke bewegen“. Vergleiche die angebotenen Bewegungsachsen von Ellenbogen und Schulter und setze das Gelenk danach zurück.

02 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Beugen und Drehen sind verschiedene Bewegungen

Welche Bewegung passt zum Gelenk?

Ellenbogen: Scharnieranteil
Beugen und Strecken verändern vor allem einen Winkel.

Unterarm: Drehgelenke
Speiche und Hand drehen sich gegenüber der Elle.

Schulter: Kugelgelenk
Der Oberarm bewegt sich um mehrere Achsen.

Die Gegenüberstellung trennt Bewegungsarten. Ganze Alltagshandlungen kombinieren mehrere Gelenke und Muskeln.

Wenn du den Ellenbogen beugst, verändert sich der Winkel zwischen Oberarm und Unterarm. Drehst du dagegen die Handfläche nach unten, bewegen sich Speiche und Elle anders zueinander. Diese **Unterarmdrehung** ist nicht dieselbe Bewegung wie Beugen und Strecken. Mehrere Gelenkverbindungen arbeiten dabei zusammen. Deshalb führt die Werkstatt den Scharnieranteil des Ellenbogens und die Unterarmdrehung getrennt auf. So kannst du erkennen, welche Knochen sich jeweils gegeneinander bewegen. Auch im Alltag laufen mehrere Bewegungen oft gleichzeitig ab: Beim Einschenken wird der Arm gehalten, der Ellenbogen eingestellt und der Unterarm gedreht.

Ein **Kugelgelenk** erlaubt Bewegungen um mehrere Achsen. Die Schulter kann den Oberarm nach vorn, zur Seite und um seine Längsachse bewegen. Das heißt jedoch nicht, dass jede beliebige Bewegung ungehindert möglich ist. Gelenkflächen, Kapsel, Bänder und Muskeln begrenzen und führen sie. Die Stabilität entsteht also aus dem Zusammenwirken mehrerer Strukturen. Der Knorpel erleichtert das Gleiten der Kontaktflächen und verteilt Druck. Die Gelenkflüssigkeit unterstützt diesen Vorgang. Muskeln liefern die Zugkraft; das Gelenk selbst ist kein Motor. Wenn du im Modell einen Winkelregler verschiebst, ersetzt deine Eingabe die Kräfte, die im Körper durch abgestimmte Muskelaktivität entstehen würden.

Sehnen und Bänder sind ebenfalls zu unterscheiden. Sehnen übertragen meist Muskelzug auf Knochen. Bänder verbinden Knochen miteinander und stabilisieren ihre Lage. Beide bestehen aus belastbarem Bindegewebe, übernehmen an einem Gelenk aber unterschiedliche Aufgaben.

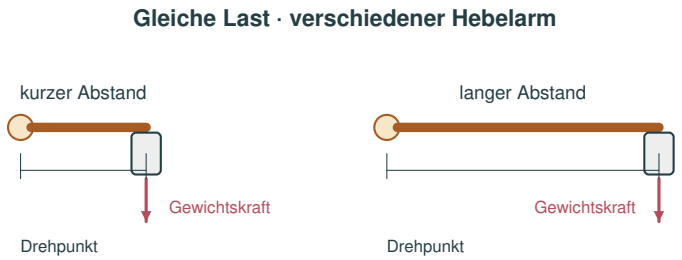
Eine Tasse zum Mund führen
Zuerst bringst du den Arm in eine passende Richtung. Dann beugst du den Ellenbogen. Durch eine zusätzliche Unterarmdrehung richtest du den Henkel aus. Eine einzelne Gelenkform erklärt die ganze Handlung noch nicht. Zerlege die Bewegung in Teilbewegungen und ordne jeder die beteiligten Knochen zu.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Die Handfläche wird durch das Beugen des Ellenbogens nach unten gedreht.
So stimmt es: Beugen verändert den Winkel zwischen Ober- und Unterarm. Die Drehung der Handfläche entsteht vor allem durch die Bewegung von Speiche und Elle gegeneinander.

03 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Bewegung verbindet den ganzen Körper

Eine Tasche nahe am Körper fühlt sich anders an als dieselbe Tasche am ausgestreckten Arm. Dieses Beispiel verbindet Anatomie mit Physik und zeigt, wie das Skelett auf Anforderungen reagiert.



Gleiche Last, unterschiedlicher Abstand zum Drehpunkt. Die Zeichnung zeigt das Hebelprinzip; Muskelansätze und Körperproportionen sind vereinfacht.

7 · Knochen wirken als Hebel

Bei einer Armbewegung bildet das Gelenk einen Drehpunkt. Die Muskelkraft und die Gewichtskraft der getragenen Last greifen an verschiedenen Stellen an. Ihre Drehwirkung hängt von der Kraft und ihrem senkrechten Abstand zum Drehpunkt ab. Dieser Abstand heißt **Hebelarm**.

Am ausgestreckten Arm hat die Last meist einen größeren Hebelarm. Die Muskeln müssen entsprechend mehr Drehwirkung ausgleichen. Dieselbe Masse kann daher je nach Haltung unterschiedlich anstrengend zu halten sein.

8 · Wachstum und Anpassung

Während des Wachstums verlängern sich viele Knochen an knorpeligen **Wachstumsfugen**. Dort entsteht neues Gewebe, das nach und nach durch Knochen ersetzt wird. Mit dem Abschluss des Längenwachstums schließen sich diese Bereiche. Knochenumbau begleitet uns anschließend weiter.

Belastungen beeinflussen den Umbau. Auch Ernährung und Hormone wirken mit: Der Körper braucht Baustoffe und passende Signale. Bewegung, Verdauung und Hormonsystem gehören deshalb zur Erklärung, wie Knochen wachsen und ihre Struktur erhalten.

9 · Vom Nervensignal zur Handlung

Vor einer gezielten Bewegung verarbeitet das Nervensystem Informationen. Es aktiviert passende Muskeln; Sinnesorgane melden dabei Körperstellung und Belastung zurück. Die Muskeln benötigen Sauerstoff und Nährstoffe aus dem Blut. Bei ihrer Arbeit entsteht auch Wärme.

Ein Skelettmodell macht Knochenlagen und Gelenkstellungen sichtbar. Für die vollständige Erklärung ergänzt du die im Modell vereinfachten Muskeln, Sehnen, Bänder und Nervensignale. Frage immer: Welche Struktur übernimmt welche Aufgabe, und mit wem arbeitet sie zusammen?

Das gehört zusammen: Nervensystem, Muskeln und Skelett steuern gemeinsam Bewegung. Blutversorgung, Ernährung und Hormone ermöglichen Versorgung, Wachstum und Anpassung.

Fachbücher und Quellen stehen auf Seite 7. Die Onlinefassung verlinkt außerdem die passenden Lehrbuchkapitel.

03 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Eine Körperhaltung verändert die nötige Muskelkraft

Vom Nervensignal zur gehaltenen Last

1. Nervensystem
Es aktiviert und koordiniert passende Muskeln.

→

2. Muskel und Sehne
Zugkraft wird auf den Knochen übertragen.

→

3. Knochen und Gelenk
Die Kraft erzeugt eine Drehwirkung um den Gelenkpunkt.

→

4. Gleichgewicht der Wirkungen
Die Haltung bleibt, wenn sich die Drehwirkungen ausgleichen.

Beim Halten können Kräfte wirken, ohne dass Bewegung sichtbar ist. Für eine genaue Rechnung müssten alle Kräfte und ihre Hebelarme berücksichtigt werden.

Beim Halten einer Tasche zieht deren Gewichtskraft nach unten. Entscheidend ist aber auch, wie weit ihre Wirkungslinie vom Gelenk entfernt liegt. Der **Hebelarm** ist der senkrechte Abstand zwischen Wirkungslinie und Drehpunkt. Bei gleichem Gewicht erzeugt ein größerer Hebelarm eine größere Drehwirkung. Deshalb kann es anstrengender sein, eine Tasche mit weit vorgestrecktem Arm zu halten. Die Muskeln müssen die entgegengesetzte Drehwirkung erzeugen. Ihre Ansatzstellen liegen oft nahe am Gelenk. Dadurch kann eine vergleichsweise große Muskelkraft nötig sein, auch wenn die Last in der Hand gar nicht besonders schwer erscheint.

Diese Kräfte wirken nicht nur auf die bewegten Knochen. Auch Gelenkflächen und stabilisierende Muskeln werden belastet. Eine ruhige Haltung bedeutet daher nicht, dass die Muskeln untätig sind. Sie können Kraft entwickeln, ohne dass sich der Gelenkwinkel sichtbar verändert. Auf längere Sicht beeinflusst Belastung außerdem den **Knochenumbau**. Aufbau und Abbau von Gewebe gehören zu einem geregelten Prozess; passende Versorgung und hormonelle Signale wirken mit. Diese Anpassung erfolgt über längere Zeit und hängt von vielen Bedingungen ab. Für deine Erklärung trennst du deshalb die sofortige mechanische Wirkung einer Haltung von der langsamen biologischen Anpassung des Gewebes.

Zur Koordination gehören **Rückmeldungen** aus Muskeln, Sehnen und Gelenken. Sie informieren das Nervensystem über Stellung und Belastung. Zusammen mit Sehen und Gleichgewichtssinn helfen sie, eine Bewegung laufend anzupassen, etwa beim Stehen auf unebenem Boden.

Gleiche Tasche, andere Haltung
Denke dir dieselbe leichte Tasche einmal nah am Körper und einmal am vorgestreckten Arm. Ihre Masse bleibt gleich. Trotzdem ändert sich die Drehwirkung um die Schulter, weil sich der senkrechte Abstand verändert. Im Modell vergleichst du die Haltungen; die Muskelkräfte ergänzt du als gedachte Pfeile.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Wenn sich nichts bewegt, arbeiten auch keine Muskeln.
So stimmt es: Muskeln können eine Last halten und dabei Kraft entwickeln. Sichtbare Bewegung ist nicht nötig; die Drehwirkungen können sich im Gleichgewicht gegenseitig ausgleichen.

Wissen anwenden und weiterdenken

Drei ergänzende Entdeckeraufträge. Erkläre deine Beobachtungen mit den Zusammenhängen aus dem Wissenstext.

1 · 3D-Atlas

Ausprobieren: Wähle „Schädel“, „Rippen“ und „Oberarmknochen“. Vergleiche Ganzkörperansicht und „Auswahl einzeln zeigen“.

Beobachten: Welche Formmerkmale erkennst du? Welche Nachbarstrukturen werden erst im ganzen Skelett deutlich?

Erklären: Wie kannst du aus Lage und Form eine Aufgabe begründen, statt nur den Namen zu nennen?

Modellgrenze: Der Atlas zeigt anatomische Oberflächen. Knochenmark, Gefäße, Knochenbälkchen und Gewebeumbau sind nicht als Schnittmodell dargestellt.

2 · Gelenke bewegen

Ausprobieren: Vergleiche „Ellenbogen“, „Unterarmdrehung“ und „Schulter“. Betätige jeweils nur einen angebotenen Bewegungsregler.

Beobachten: Welche Knochen folgen dem Regler? Wie viele Bewegungsachsen bietet das ausgewählte Gelenk?

Erklären: Warum benötigt das Einschenken aus einer Flasche mehr als nur eine Scharnierbewegung?

Modellgrenze: Drehpunkte, Bewegungsgrenzen und gekoppelte Bewegungen sind vereinfacht. Muskeln, Bänder und Knorpel werden im 3D-Modell nicht vollständig gezeigt.

3 · Gelenke bewegen

Ausprobieren: Stelle an der Schulter einen nach vorn angehobenen Arm ein. Vergleiche am Ellenbogen eine stärker gebeugte und eine gestreckte Haltung.

Beobachten: Wie verändert sich die Lage der Hand relativ zur Schulter? Welche gedachte Gewichtskraft hätte den größeren Hebelarm?

Erklären: Warum genügt es nicht, nur die Masse einer gehaltenen Last zu kennen?

Modellgrenze: Das Modell berechnet keine Muskelkräfte. Die Handposition erlaubt einen qualitativen Vergleich; reale Lasten und Muskelansätze müssen gedanklich ergänzt werden.

Interaktive Werkstatt öffnen →

Fachliche Quellen und weiterführende Literatur

Anatomy and Physiology 2e

Taschenatlas Physiologie