

Abbildung 46: Knöcherne Strukturen am Rumpf

#### 4.3.1 Wirbelsäule

Die Wirbelsäule (Columna vertebralis) ist mit einer Länge von rund 60 Zentimetern das zentrale Achsenorgan des Rumpfes. Ihr spezifischer Aufbau ermöglicht dem Menschen den aufrechten Gang, eine hohe Beweglichkeit und die Orientierung in alle Richtungen. Durch ihre Struktur (siehe Abbildung 47) und Flexibilität fängt sie Stöße und mechanische Belastungen ab. Überlebenswichtige Elemente des zentralen (Rückenmark) und des peripheren Nervensystems (Nervenbahnen) umhüllt und schützt die Wirbelsäule wie eine knöcherne Rüstung.

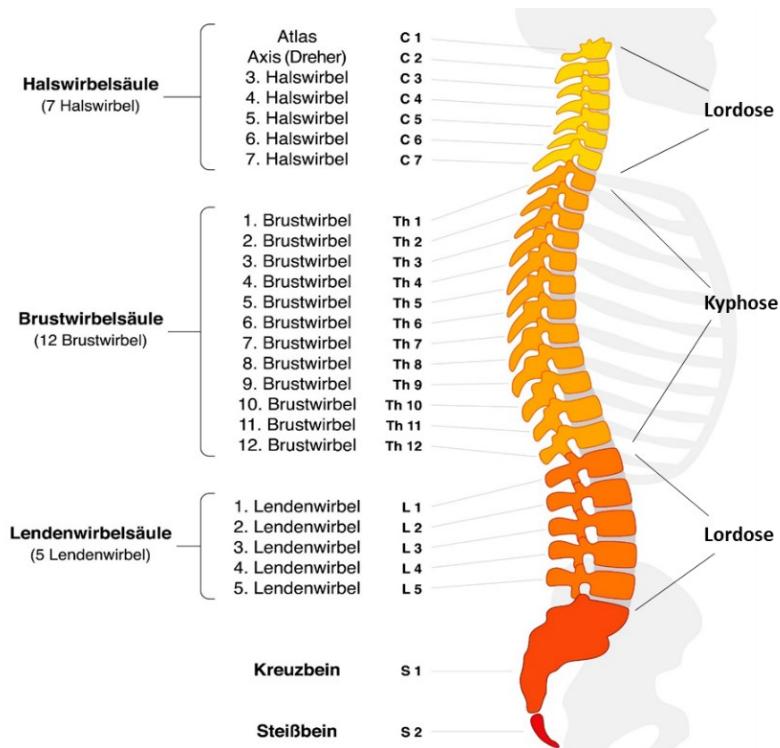


Abbildung 47: Abschnitte und spezifische Krümmungen der Wirbelsäule in der Sagittalebene

In ihrer Gesamtheit besteht der knöcherne Teil der Wirbelsäule aus fünf Abschnitten bzw. 33-34 Einzelsegmenten. Den freien oder beweglichen Teil bilden sieben Halswirbel (*Vertebrae cervicales*), zwölf Brustwirbel (*Vertebrae thoracicae*) und fünf (manchmal auch sechs) Lendenwirbel (*Vertebrae lumbales*). Fünf, im Laufe der Evolution zum Kreuzbein verwachsene, Kreuzwirbel (*Vertebrae sacrales*) und vier bis fünf zum Steißbein verwachsene Steißwirbel (*Vertebrae coccygeae*) bilden die beiden unteren, unbeweglichen Abschnitte der Wirbelsäule. Das kräftige Kreuzbein ist funktionell wie anatomisch in den Beckengürtel eingegliedert und überträgt (über die beiden *Iliosakralgelenke*) die hohe Last des Oberkörpers zum Becken.

Die Schwingung der Wirbelsäule in der Sagittalebene wird auch als Doppel-S-Form bezeichnet. Außer am Steißbein befindet sich am Umkehrpunkt der jeweiligen Schwingung gleichzeitig auch der Übergang zwischen den einzelnen Wirbelsäulenabschnitten. Die charakteristischen Krümmungen werden in der *HWS* und *LWS* (Hals- und Lendenwirbelsäule) als *Lordose*, in der *BWS* (Brustwirbelsäule) als *Kyphose* bezeichnet (siehe Abbildung 47). In der Frontalebene bildet die Wirbelsäule dagegen eine annähernd gerade Linie. Seitliche Abweichungen davon werden *Skoliose* genannt. Unphysiologische Abweichungen in der Doppel-S-Form werden je nach Ausprägung als *Hypolordose* (*Flachrücken*), *Hyperlordose* (*Hohlrücken*) oder *Hyperkyphose* (*Rundrücken*) bezeichnet (siehe Abbildung 48). Insgesamt nimmt die Beweglichkeit der Wirbelsäule von kranial nach kaudal ab, während Dicke und Breite der Wirbelkörper zunehmen und somit der nach unten steigenden Gewichtsbelastung gerecht werden. Funktionell kann die Wirbelsäule im Ganzen als dreiachsiges Gelenk gesehen werden. Das größte Bewegungsausmaß besteht mit etwa 240° in der Sagittalebene (Beugung und Streckung), gefolgt von der Transversalebene (Links- und Rechtsrotation) mit 210° und der Frontalebene (Seitneigung links und rechts) mit 180°.

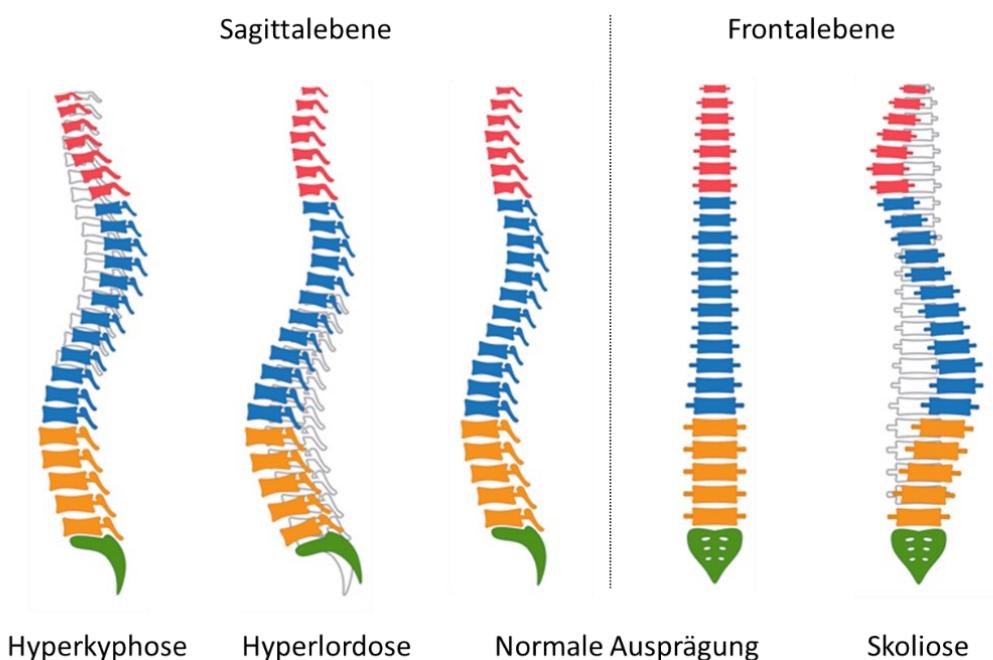


Abbildung 48: Deformitäten der Wirbelsäulenform

#### Wirbel und Bewegungssegmente

Die tragenden Einzelemente der Wirbelsäule werden als Wirbel (*Vertebrae*) bezeichnet und haben einen sehr ähnlichen Bauplan. Eine deutliche Abweichung zeigt allerdings der erste (*Atlas*) und der zweite Halswirbel (*Axis*), siehe Abbildung 49. Der Atlas besitzt entgegen allen anderen Wirbeln keinen Wirbelkörper (*Corpus vertebrae*), sondern lediglich einen knöchernen Ring, auf dessen Seitenflächen der

Schädel aufliegt. Vom caudal liegenden Axis ragt ein auffälliger Zahn (der *Axiszahn* oder *Dens axis*) in den Atlas hinein und bildet mit ihm ein Zapfengelenk, welches dem Kopf und den daran befindlichen Sinnesorganen eine besonders hohe Flexibilität erlauben.

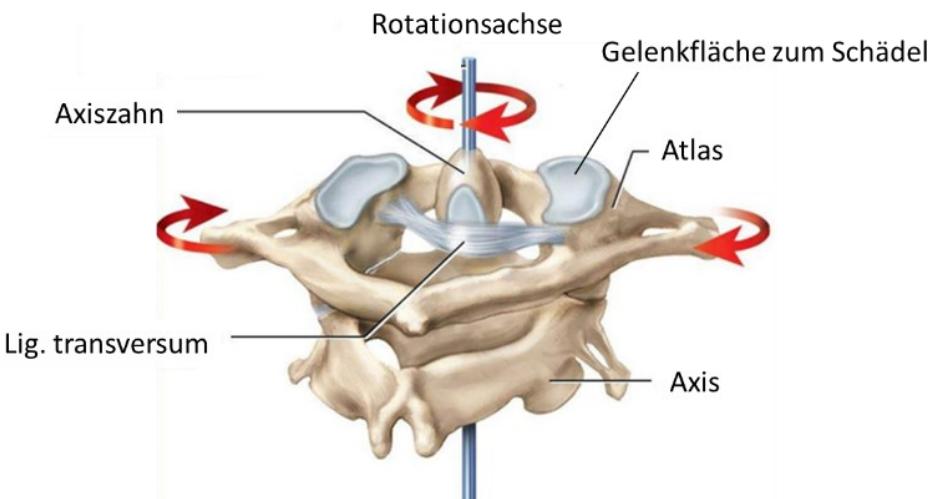


Abbildung 49: Erster und zweiter Halswirbel

Alle anderen Wirbel entsprechen einem je nach Abschnitt und Anforderung variierenden Grundmuster. Den typischen Aufbau zeigt Abbildung 50. Benachbarte Wirbel sind stets über eine zwischen ihren Wirbelkörpern liegende *Bandscheibe* (*Discus intervertebralis* oder auch Zwischenwirbelscheibe) und zwei Wirbelgelenke an den Wirbelbögen beweglich miteinander verbunden. Die zwischen den Wirbelbögen verbleibenden Wirbellöcher bilden in ihrer Gesamtheit den Wirbelkanal, der das Rückenmark und Nervenbahnen enthält.

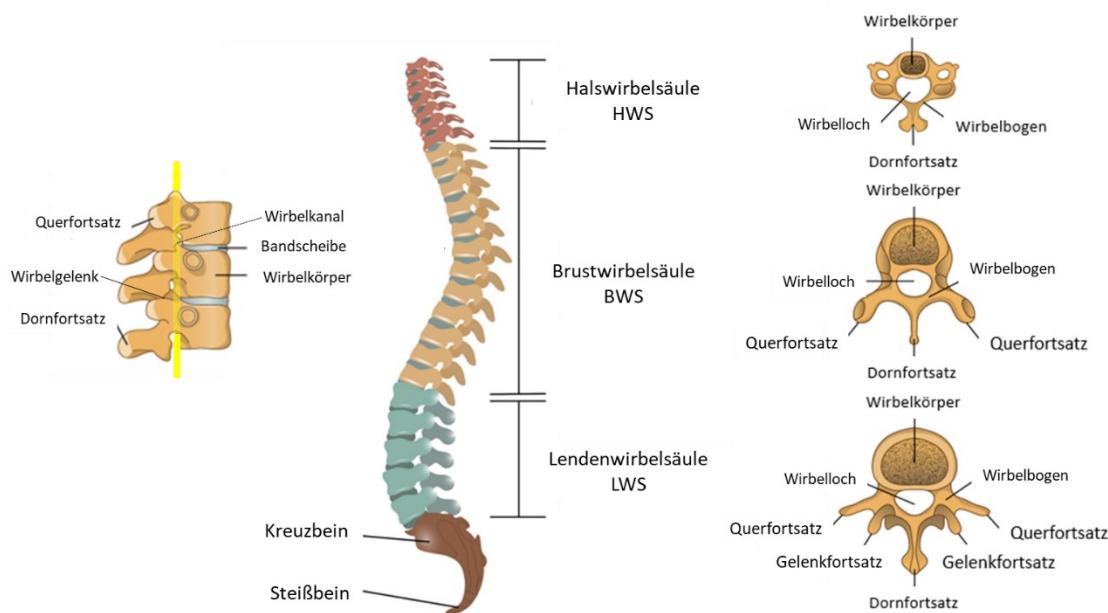


Abbildung 50: Aufbau und Strukturen der Wirbelsäulenabschnitte

Die kleinste funktionelle Einheit der Wirbelsäule wird als *Bewegungssegment* bezeichnet. Es besteht immer aus zwei benachbarten Wirbeln mit allen zugehörigen Strukturen (v. a. Bandscheibe, Gefäße, Gelenke, Muskeln, Bänder, Nerven). Ein einzelnes Bewegungssegment hat kein sehr hohes

Bewegungsausmaß, die gute Beweglichkeit der Wirbelsäule insgesamt resultiert aus der *Summe* ihrer vielen Segmente.

### Bandscheiben

Die 23 Zwischenwirbelscheiben oder Bandscheiben (*disci intervertebralis*) des Menschen beginnen am zweiten Halswirbel und liegen jeweils zwischen den Wirbelkörpern. Sie machen etwa ein Viertel der Wirbelsäulenlänge aus (mit einer täglichen Differenz von 1 – 2 cm durch den Quellungsdruck der Bandscheiben). Sie besitzen kein eigenes Blut- und Nervensystem, sondern ernähren sich, ähnlich den Gelenkknorpeln, durch *Diffusion*, weshalb ein Wechsel von Belastung und Entlastung bzw. Bewegung für die Bandscheiben von elementarer Bedeutung ist. Vergleichbar mit einem Schwamm geben sie unter Belastung Flüssigkeit ab und nehmen bei Entlastung Flüssigkeit und Nährstoffe aus der Umgebung auf. Ein niedrigerer Wassergehalt der Bandscheiben erklärt auch einen Teil des Verlustes an Körperhöhe im Altersverlauf. Die Degeneration der Bandscheiben beginnt im Grunde mit dem Erwachsenenalter und neben genetischen Veranlagungen tragen die Lebensumstände, insbesondere die Bewegungsgewohnheiten, erheblich zur Geschwindigkeit ihres Abbaus bei.

Der größte Teil einer Bandscheibe besteht aus ringförmig verlaufendem Faserknorpel und Bindegewebe, das mit den Wirbelkörpern sowie dem vorderen und hinteren Längsband verwachsen ist. Im Zentrum dieses straffen, aber elastischen *Faserrings* (*Anulus fibrosus*) befindet sich der mechanisch bedeutsame, gallertartige *Bandscheibenkern* (*Nucleus pulposus*), der Biegungen bzw. Bewegungen in alle Richtungen zulässt. Kommt es zu einem partiellen Nachgeben des umliegenden Faserrings spricht man von einer *Bandscheibenvorwölbung* (*Protrusion*). Im Gegensatz zum *Bandscheibenvorfall* (*Prolaps*), der Zerreißung des Faserrings mit einem Austritt von Kernflüssigkeit, ist sie reversibel. In Abbildung 51 lässt sich erkennen, dass Schädigungen der Bandscheibe leicht zu einer mehr oder minder ausgeprägten Reizung der in unmittelbarer Nähe verlaufenden Nervenwurzeln führen können, meist verbunden mit einer reflektorischen Verspannung der umgebenden Muskulatur. Symptome sind Schmerzen, Sensibilitätsstörungen, schlimmstenfalls auch Lähmungsscheinungen. Am häufigsten treten akute Schmerzen in der Lendenwirbelsäule als sogenannte *Lumbago* (*Hexenschuss*) oder als schwerwiegender *Ischialgie* (Reizung des Ischiadikus) auf. Die Bandscheibe selbst ist aufgrund fehlender Nervenfasern nicht schmerzsensibel.

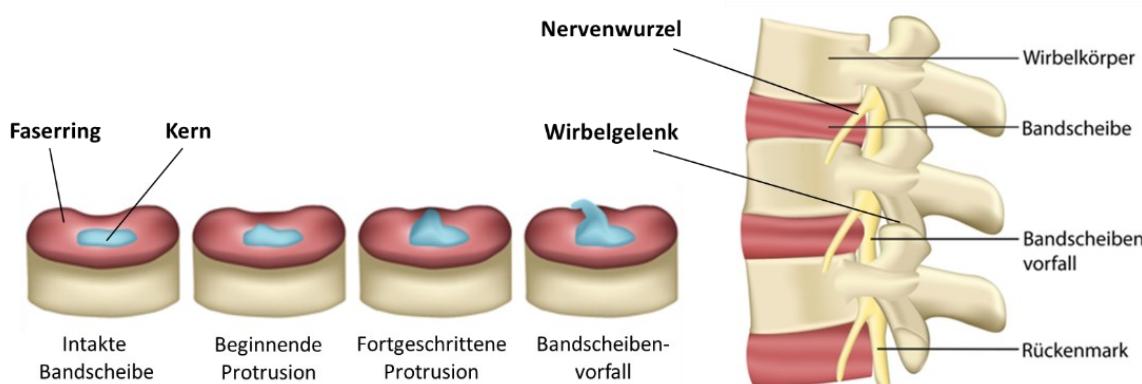


Abbildung 51: Intakte und geschädigte Bandscheibe

### 4.3.2 Becken

Das Becken bildet den unteren Abschluss des Rumpfes und ist Ursprung und Ansatz für zahlreiche Muskeln. Die Spezifität des ringförmigen Beckens (*Pelvis*) ermöglicht einerseits die aufrechte Haltung des Menschen, andererseits die Übertragung der gesamten Last des Oberkörpers auf die untere Extremität.

Bei den knöchernen Teilen des Beckens wird zwischen *Darmbein (Os ilium)*, *Schambein (Os pubis)* und *Sitzbein (Os ischii)* unterschieden, siehe Abbildung 52. Sie sind bis zum 16. Lebensjahr durch hyalinen Knorpel miteinander verbunden. Etwa ab dem 16. Lebensjahr sind die Knochen über eine knöcherne Verschmelzung (Synostose) miteinander verwachsen.

Am Becken zeigt sich ein deutlicher geschlechtsspezifischer Unterschied des Skeletts. Das weibliche Becken ist eher niedrig, breit und weit, das männliche vergleichsweise hoch, schmal und eng. Die *Iliosakralgelenke (Articulatio sacroiliaca oder Kreuzbein-Darmbeingelenk, oft mit ISG abgekürzt)* stellen die Verbindung zwischen Wirbelsäule und Becken dar. Mehrere äußerst kräftige Bänder schränken ihre Beweglichkeit erheblich ein. Aus diesem Grund sind sie keine wirklichen Bewegungsgelenke, sondern werden als sog. *Amphiarthrosen* bezeichnet.

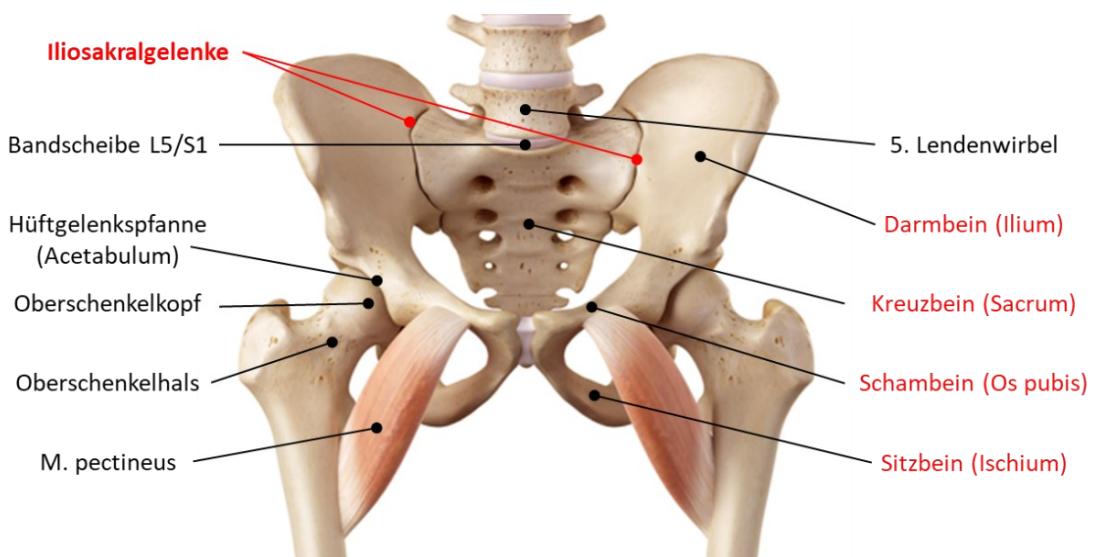


Abbildung 52: Das Becken mit umgebenden Strukturen

Die Nahtstelle vom Becken zum *Os femoris (Oberschenkelknochen oder auch Femur)* bzw. zu den Beinen stellen die beiden *Hüftgelenke (Articulatio coxae)* dar, sie werden im Kapitel „Untere Extremität“ näher beschrieben.

#### 4.3.3 Brustkorb

Brustbein, Rippen und Brustwirbelsäule bilden gemeinsam den Brustkorb (Cavea thoracis). Dieser wird oft mit dem lateinischen Begriff *Thorax* gleichgesetzt, was aber nicht ganz korrekt ist, denn der Thorax ist eigentlich nur ein Teil davon. Der Brustkorb schützt die darin liegenden Organe (v.a. Herz, Lunge) und bildet den Ansatz- bzw. Ursprungspunkt zahlreicher Muskeln und Bänder. In der Regel besitzt der Mensch 12 Rippenpaare, von denen die oberen sieben als echte Rippen und die unteren fünf als falsche Rippen bezeichnet werden (Abbildung 53). Dorsal sind alle 12 Rippenpaare über Gelenkflächen jeweils mit einem der 12 Brustwirbel verbunden. Ventral sind nur die echten Rippen direkt mit dem Brustbein verbunden, von den unechten dagegen sind die drei oberen Paare indirekt, d.h. über den Rippenbogen mit dem Brustbein verbunden, während die beiden untersten Paare als sog. „freie Rippen“ frei an der Bauchwand enden (Platzer, 2013). Die Abgrenzung zwischen der Brusthöhle und der caudal liegenden Bauchhöhle bildet das Zwerchfell (Diaphragma). Das Zwerchfell ist eine dünne Muskelplatte und der maßgebliche Antreiber der Bauchatmung. Die zwischen den Rippen liegende, zweischichtige Interkostalmuskulatur (Mm. intercostales interni/externi) hingegen ist die Hauptmuskultur für die Brustatmung.

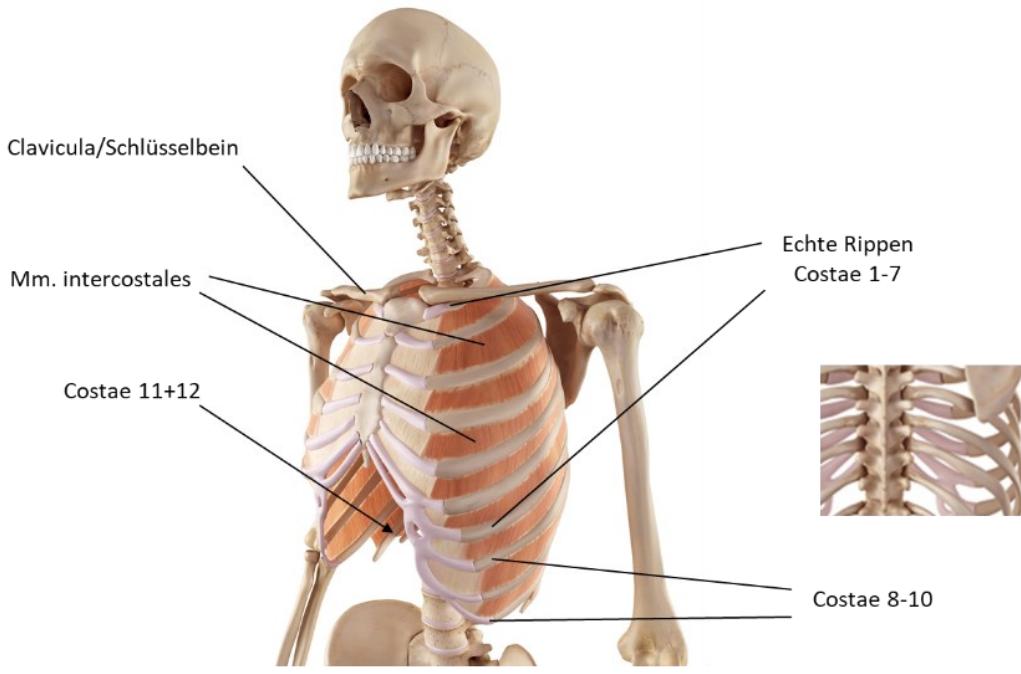


Abbildung 53: Brustkorb

#### 4.3.4 Schultergürtel

Der Schultergürtel (*Cingulum membra superioris*) stellt die Verbindung zwischen dem Stamm und der oberen Extremität her. Seine knöchernen Bestandteile sind die beiden *Schulterblätter* (*Scapulae*), die beiden *Schlüsselbeine* (*Claviculae*) und das *Brustbein* (*Sternum*). Im Gegensatz zum Beckengürtel umfasst der Schultergürtel mehrere Einzelknochen mit mehreren Gelenken. Dadurch bildet er eine sehr bewegliche Nahtstelle und ermöglicht den Armen und Händen einen erweiterten Aktionsradius. Insbesondere die *Elevation*, das Heben der Arme über einen Winkel von 90° hinaus, wird durch eine entsprechende Mitbewegung des Schultergürtels ermöglicht. Nur dadurch kann ein Arm-Rumpf-Winkel von bis zu 180° realisiert werden.

##### Gelenke im Schultergürtel:

- Schultergelenk (Gleno-humeral-Gelenk)
- Schultereckgelenk (Acromio-clavicular-Gelenk)
- Schulterdach-Oberarmkopfgelenk (Subacromiales Nebengelenk)
- Brustbein-Schlüsselbein-Gelenk (Sternoclavicular-Gelenk)
- Brustkorb-Schulterblatt-Gelenk

Das *innere Schlüsselbeingelenk* (*Art. sternoclavicularis* oder auch *Schlüsselbein-Brustbein-Gelenk*) stellt eine Stütze gegen den Thorax dar und ist die einzige knöcherne Verbindung des Schultergürtels zum Rumpf. Das dreiachsige Kugelgelenk wird durch straffe Bänder eingeschränkt, noch unbeweglicher ist allerdings das Kugelgelenk am äußeren Schlüsselbeinende, das *Schultereckgelenk* (*Art. acromioclavicularis*, kurz oft *AC-Gelenk* genannt). An Verschiebungen oder Bewegungen des Schultergürtels sind die beiden ventral liegenden Schlüsselbeingelenke meist gemeinsam beteiligt (Abbildung 54).

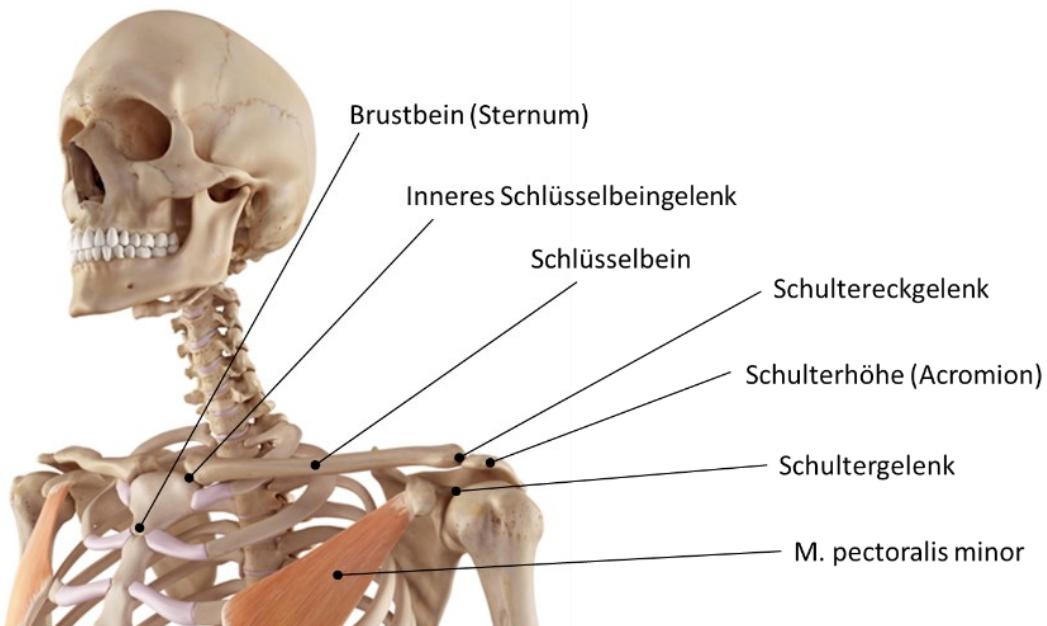


Abbildung 54: Schultergürtel Vorderseite

Das dorsal befindliche und auch als Nebengelenk betrachtete *Schulterblatt-Brustkorb-Gelenk* (*Art. scapulathoracalis*) dagegen ist kein echtes Gelenk und hat kaum funktionelle Bedeutung (Abbildung 55). Ein weiteres Nebengelenk ist das *Subakromialgelenk* (*Art. subacromialis*). Mit seinen zwei Schleimbeuteln bildet es ein Gleitlager für bestimmte Bewegungen im eigentlichen *Schultergelenk* (*Art. humeri*).

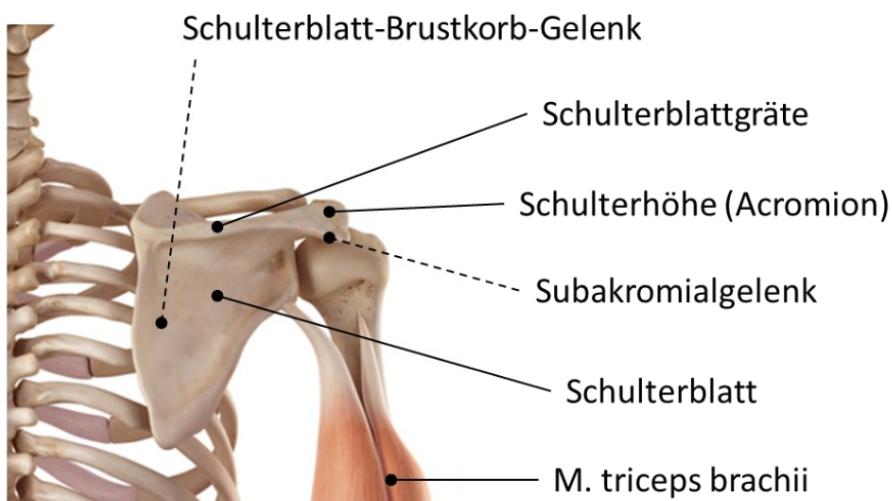


Abbildung 55: Schulter von hinten

Im Wesentlichen sind es sieben Muskeln, die auf den Schultergürtel einwirken (Abbildung 56).

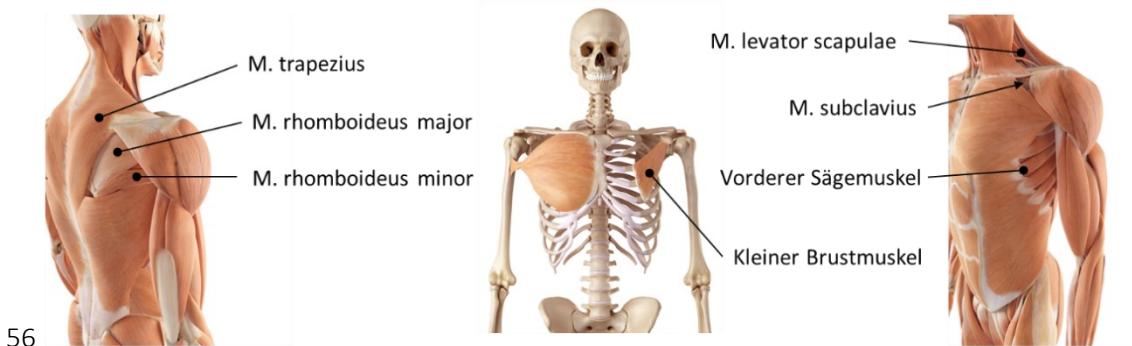
Auf der Rückseite liegen:

- M. trapezius (Kappenmuskel): je nach Anteil beim Heben, Senken und nach hinten Ziehen der Schulter beteiligt
- M. rhomboideus minor (Kleiner Rautenmuskel): zieht den Schultergürtel nach oben und innen
- M. rhomboideus major (Großer Rautenmuskel): zieht den Schultergürtel nach oben und innen
- M. levator scapulae (Schulterblattheber): Innenrotation, Abduktion, Adduktion

Auf der Vorderseite liegen dagegen:

- M. pectoralis minor (Kleiner Brustumskel): zieht Schulterblatt sowie Arm nach vorne und unten
- M. subclavius (Unterschlüsselbeinmuskel): beim Senken und nach vorne Ziehen der Schulter beteiligt, stabilisiert den Schultergürtel
- M. serratus anterior (Sägemuskel): je nach Anteil beim Heben und nach vorne Ziehen der Schulter beteiligt, besonders wichtig für die Elevation

Der M. trapezius und der M. serratus anterior sind von dieser Gruppe am deutlichsten von außen sichtbar, denn sie liegen zu einem Großteil oberflächlich, während die anderen Muskeln überwiegend tief-liegend bzw. verdeckt sind.



56

Abbildung 56: Muskeln des Schultergürtels

## 4.4 Obere Extremität

### 4.4.1 Schultergelenk

Das Schultergelenk (Art. humeri) besteht aus dem Oberarmknochen (*Humerus*), der Schultergelenkspfanne (Glenoid) und dem Schulterdach (Acromion = Teil des Schulterblattes). Das Schultergelenk ist ein Kugelgelenk, es bildet die knöcherne Verbindung zwischen dem Schultergürtel und den oberen Extremitäten. Es ist das beweglichste Gelenk des Menschen und auch das am meisten von Luxation (Ausrenkung bzw. ugs. Auskugelung) betroffene Gelenk. Maßgeblich für den hohen Bewegungsumfang dieses Gelenkes sind zwei Merkmale:

- Das Schultergelenk wird primär durch die umgebende Muskulatur, insbesondere die *Rotatorenmanschette* und den M. *deltoides* stabilisiert (siehe Abbildung 57 und Abbildung 58). Die vorhandenen Bänder stellen hier, im Gegensatz zu anderen Gelenken, nur eine relativ geringe Bewegungslimitierung dar.
- Der Gelenkkopf (*Caput Humeri*) ist in der Relation zur flachen Gelenkpfanne (*Cavitas glenoidalis*) der Scapula sehr groß, weniger als 30% seiner Fläche stehen mit der Gelenkpfanne in Verbindung. Die Beweglichkeit durch diese geringe knöcherne Begrenzung wird zusätzlich durch eine relativ ausgedehnte und schlaffe Gelenkkapsel begünstigt.

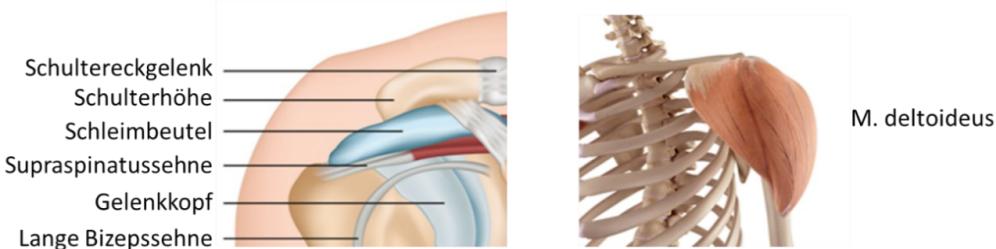


Abbildung 57: Schultergelenk und darüber liegender M. deltoideus

In Abbildung 58 lässt sich die Exponiertheit, Komplexität und Strukturdichte des Schultergelenks erkennen. Dies ermöglicht einerseits eine hohe Funktionalität dieses Gelenks, macht es andererseits aber auch anfällig für Traumata und Überlastungen. Nennenswerte Wirkung auf das Schultergelenk haben die nachfolgend aufgeführten, insgesamt elf Muskeln. Die vier Erstgenannten bilden dabei die sog. Rotatorenmanschette (siehe Abbildung 58):

- M. supraspinatus (Obergrätenmuskel): Abduktion
- M. infraspinatus (Untergrätenmuskel): Außenrotation, Abduktion, Adduktion
- M. teres minor (Kleiner Rundmuskel): Adduktion, Außenrotation, Retroversion
- M. subscapularis (Unterschulterblattmuskel): Innenrotation, Abduktion, Adduktion
- M. coracobrachialis (Hakenarmmuskel): Adduktion, Anteversion, Innenrotation
- M. pectoralis major: Abduktion, Anteversion, Innenrotation (siehe Abbildung 71: M. pectoralis major)
- M. deltoideus: an allen Bewegungen beteiligt (siehe Abbildung 72, Abbildung 57)
- M. latissimus dorsi: Adduktion, Retroversion, Innenrotation (siehe Abbildung 82)
- M. teres major (Großer Rundmuskel): Adduktion, Innenrotation, Retroversion (s. Abbildung 58)
- M. biceps brachii (Caput longum): Adduktion, Anteversion (siehe Abbildung 83)
- M. triceps brachii (Caput longum): Adduktion, Retroversion (siehe Abbildung 73)

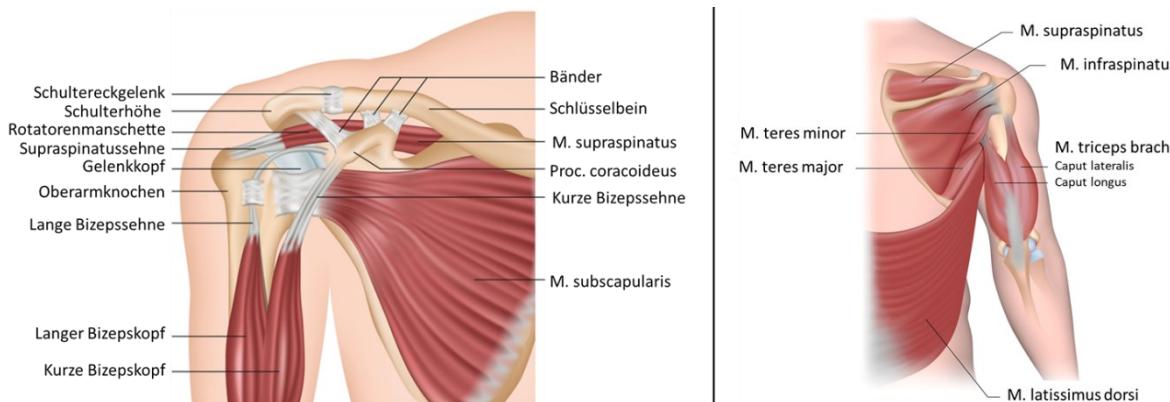


Abbildung 58: Schultergelenk und beteiligte Strukturen von vorne (li.) und hinten (re.)

#### 4.4.2 Ellenbogengelenk

Am Ellenbogengelenk (Art. cubiti) sind drei Knochen beteiligt. Dabei bilden der proximal liegende Oberarmknochen (*Humerus*) sowie die beiden distal befindlichen Unterarmknochen *Elle* (*Ulna*) und *Speiche* (*Radius*) mit ihren drei Teilgelenken *ein einzelnes* anatomisches Gelenk mit *einer* umgebenden Gelenkkapsel (Abbildung 59).

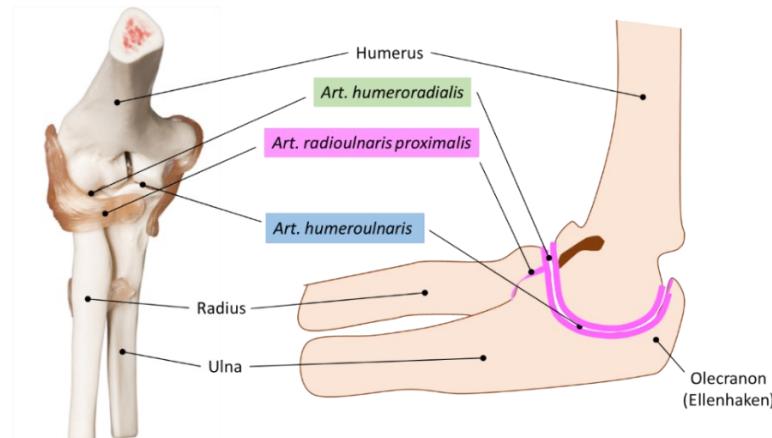


Abbildung 59: Das rechte Ellenbogengelenk mit seinen drei Teilgelenken von vorne und von der Seite

Das Ellenbogengelenk ist, als Ganzes betrachtet, ein *Drehwinkelgelenk* (auch *Drehscharniergelenk* oder lat. *Trochoginglymus*). Während Ulna und Humerus ein einachsiges Scharniergelenk bilden, lassen die beiden anderen Gelenke auch Drehbewegungen zu. Die daraus resultierende (als *Pronation* bzw. *Supination* bezeichnete) *Umwendefunktion* ermöglicht der distal liegenden Hand erheblich erweiterte Aktionsmöglichkeiten (Abbildung 60).

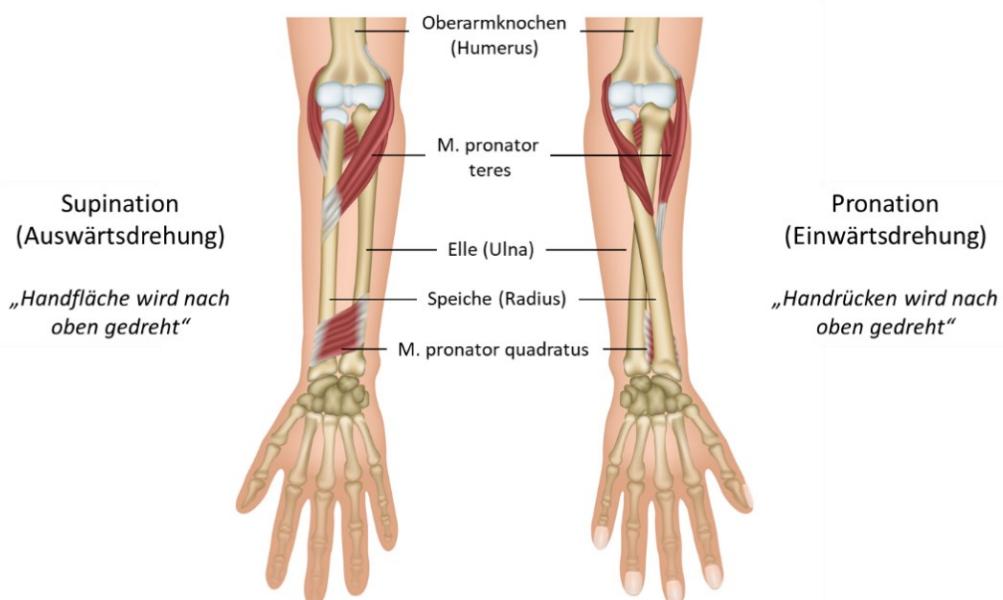


Abbildung 60: Umwendebewegung der rechten Hand

Abduktion und Adduktion hingegen werden durch die Knochen- und Bandführung im Ellenbogengelenk verhindert.

Typische gesundheitliche Beschwerden am Ellenbogengelenk sind Sehnenreizzungen oder Sehnenverletzungen der Streckmuskulatur auf der Außenseite (Tennisellenbogen) oder auf der Beugemuskulatur auf der Innenseite (Golferellenbogen). Neben dem Sport sind meist alltags- oder berufsbedingte Überlastungen die Ursache.